

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

MENACES ANTHROPIQUES SUR LES TOURBIÈRES :

ÉTUDE DE CAS AU CENTRE-DU-QUÉBEC

ESSAI

PRÉSENTÉ COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR

ÉLIA AUER

MARS 2025

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce document diplômant se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév. 12-2023). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je remercie chaleureusement ma tutrice, Laurie Guimond, pour ses précieuses recommandations, son encadrement, sa confiance, son expertise et son humour. C'est elle qui a porté à mon attention la Grande tourbière de Villeroy, en soulignant le contraste entre cet écosystème préservé et la culture massive de canneberges dans la région.

Je remercie les professeures Stéphanie Pellerin et Michelle Garneau, deux grandes passionnées des tourbières, pour leurs conseils, ainsi que Tanya Handa, qui m'a encouragée à persévérer dans des approches issues des sciences biologiques.

Merci à mes collègues et ami.es de la maîtrise qui m'ont toujours fait rire et réfléchir durant ce parcours intense. Merci à mes parents, Marie-Josée et Yanick, et à ma sœur Raphaëlle, pour leur soutien inconditionnel depuis le début.

Merci à Adrien, Laura, Emily, Marie-Pier pour leur présence. Merci à Arnaud, Louis, Rémi, Jacob, Estelle et, bien sûr, aux Becquets.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| REMERCIEMENTS..... | ii |
| LISTE DES FIGURES | iv |
| LISTE DES TABLEAUX | v |
| LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYME..... | vi |
| RÉSUMÉ | vii |
| INTRODUCTION | 1 |
| MÉTHODOLOGIE ET ANGLE D’APPROCHE | 4 |
| CHAPITRE 1 : CONTEXTE | 7 |
| 1.1 Milieux humides | 7 |
| 1.2 Tourbières..... | 8 |
| 1.3 Portrait des milieux humides du Centre-du-Québec..... | 9 |
| CHAPITRE 2 : ÉTUDE DE CAS | 12 |
| 2.1 Les tourbières de Villeroy et de Sainte-Marie-de-Blandford..... | 12 |
| 2.2 Biodiversité | 16 |
| 2.3 Menaces..... | 17 |
| 2.3.1 Cannebergières | 18 |
| 2.3.2 Agriculture intensive..... | 19 |
| 2.3.3 Drainage forestier..... | 21 |
| 2.3.4 Autoroute et routes secondaires..... | 23 |
| 2.3.5 Espèces exotiques envahissantes..... | 25 |
| CHAPITRE 3 : DISCUSSION..... | 28 |
| 3.1 Synthèse des menaces..... | 28 |
| 3.2 Solutions..... | 30 |
| 3.2.1 Conservation et restauration..... | 30 |
| 3.2.2 Gestion des intrants | 32 |
| 3.3 Appréhender les tourbières..... | 34 |
| CONCLUSION | 37 |
| BIBLIOGRAPHIE | 39 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 2.1 Tourbière de Sainte-Marie-de-Blandford (SMB) et Grande tourbière de Villeroy..... | 12 |
| Figure 2.2 Schéma du complexe tourbeux de Villeroy..... | 13 |
| Figure 2.3 Schéma du complexe tourbeux de Sainte-Marie-de-Blandford..... | 14 |
| Figure 2.4.A Cannebergière au sud de la tourbière de SMB..... | 15 |
| Figure 2.4.B Cannebergière au sud de la tourbière de Villeroy. | 15 |
| Figure 2.4.C Cannebergières entre les deux tourbières..... | 15 |
| Figure 2.5 Réserve naturelle de la Grande tourbière de Villeroy, secteurs privés..... | 23 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 3.1 Synthèse des menaces et des conséquences sur les tourbières de Villeroy et de Sainte-Marie-de-Blandford..... | 30 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYME

| | |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| APCQ | Association des producteurs de canneberges du Québec |
| CRECQ | Conseil régional de l'environnement du Centre-du-Québec |
| EEE | Espèces exotiques envahissantes |
| ha | Hectares |
| IPBES | Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques |
| MDDEFP | Ministère du développement durable, de l'environnement, de la faune et des parcs (aujourd'hui MELCCFP) |
| MELCCFP | Ministère de l'environnement, de la lutte contre les changements climatiques, de la faune et des parcs (anciennement MDDEFP) |
| MRC | Municipalité régionale de comté |
| ONU | Organisation des Nations unies |
| PRCMH | Plan régional de conservation des milieux humides |
| SMB | Sainte-Marie-de-Blandford |
| UNESCO | Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture |

RÉSUMÉ

Malgré la reconnaissance scientifique internationale de l'importance des milieux humides pour le bien-être humain et la régulation des écosystèmes, les milieux humides du Québec continuent d'être dégradés, perturbés ou perdus, notamment dans la vallée du Saint-Laurent, au Québec, Canada. Le Centre-du-Québec figure parmi les régions de la vallée du Saint-Laurent où les superficies de milieux humides perturbés sont les plus élevées. À partir d'une étude de cas sur deux tourbières du Centre-du-Québec, cet essai rend compte des facteurs qui menacent leur intégrité. Comment la Grande tourbière de Villeroy et la tourbière de Sainte-Marie-de-Blandford sont-elles menacées par des pressions anthropiques? Les différentes menaces pesant potentiellement sur ces deux tourbières sont analysées à partir de rapports régionaux et d'une revue de littérature sur cinq facteurs nuisibles : les cannebergières, l'agriculture intensive, le drainage pour la foresterie, l'autoroute 20 et les espèces exotiques envahissantes. Il semble que des perturbations initiales sur les tourbières peuvent favoriser des perturbations subséquentes, notamment la prolifération d'espèces envahissantes, et qu'il importe de prendre en compte les impacts cumulatifs de ces facteurs nuisibles. Face à ces différentes menaces locales, en plus de celles liées aux changements climatiques, un statut de protection pour les milieux humides est nécessaire pour éviter leur perte, mais ne garantit pas le maintien ni de leur intégrité ni de leurs importantes fonctions écologiques. Différentes solutions sont proposées, dont la conservation, la restauration et la gestion des intrants agricoles. À partir des travaux de Robin Wall Kimmerer et d'Anna Lowenhaupt Tsing, une réflexion sur la responsabilité envers les milieux naturels est amenée : celle de protéger et de prendre soin des espèces qui les habitent, telles que les sphaignes, ces bryophytes qui contribuent au bien-être des êtres vivants, humains et non humains.

Mots clés : Tourbières, milieux humides, intégrité écologique, interconnectivité, conservation, agriculture, fonctions écologiques, biodiversité, Centre-du-Québec.

INTRODUCTION

Les milieux humides sont reconnus internationalement pour leurs importantes fonctions écologiques pour la biodiversité, le cycle du carbone et la régulation de l'eau (Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), 1971 ; Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES), 2021 ; Organisation des Nations unies (ONU), 2022). Au Québec, les milieux humides ont été vastement détruits pour et par des usages anthropiques depuis la colonisation du territoire et continuent de l'être à ce jour (Pellerin et Poulin, 2013 ; Commissaire au développement durable, 2023). Les tourbières n'y font pas exception, notamment dans le Centre-du-Québec (Poulin et Pellerin, 2013).

Cet essai s'intéresse à deux tourbières du Centre-du-Québec : la Grande tourbière de Villeroy et la tourbière de Sainte-Marie-de-Blandford. Riches en biodiversité et remplissant d'importantes fonctions écologiques, elles ont été épargnées d'une conversion à des fins économiques ou résidentielles dans la région. Néanmoins, elles sont enclavées de part et d'autre par différentes pressions anthropiques menaçant leur intégrité. En prenant ces deux tourbières comme étude de cas, cet essai analyse les pressions anthropiques régionales environnant les tourbières de Villeroy et de Sainte-Marie-de-Blandford et identifie de quelles manières ces pressions les menacent.

Les milieux humides sont des réservoirs de biodiversité, abritant de nombreuses espèces qui en dépendent (Zedler et Kercher, 2005). Ces milieux ont d'importantes capacités de séquestration et de stockage du carbone, un des principaux gaz responsables de l'effet de serre (Villa et Bernal, 2018 ; Beaulne *et al.*, 2021). Les milieux humides filtrent également les polluants issus des activités anthropiques, contribuant au maintien de la qualité de l'eau (Zedler et Kercher, 2005). Ils agissent comme régulateurs des niveaux d'eau et contribuent à limiter les inondations (Fossey et Rousseau, 2016 ; Loiselle *et al.*, 2023). Au Québec, même si différentes lois protègent les milieux humides (p. ex : Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques, 2017), l'inefficacité de cette réglementation est régulièrement soulignée et de nombreux milieux humides continuent d'être détruits ou dégradés (Poulin *et al.*, 2016 ; Commissaire au développement durable, 2023). La région administrative du Centre-du-Québec figure parmi les régions du sud du Québec où les superficies

de milieux humides perturbés sont les plus élevées (Poulin et Pellerin, 2013). Depuis le début de la colonisation de ce territoire, les milieux humides du Centre-du-Québec ont été perturbés par des activités humaines en étant très vastement drainés pour le développement agricole, résidentiel et industriel. Les tourbières, le type de milieu humide stockant le plus de carbone (Loiselle *et al.*, 2023), sont à risque de conversion pour des usages anthropiques dans cette région, malgré leur capacité d'atténuation des changements climatiques (Avard *et al.*, 2013).

Toutefois, deux tourbières centricoises épargnées de perturbations sont dignes d'attention : la Grande tourbière de Villeroy et la tourbière de Sainte-Marie-de-Blandford. Ces tourbières n'ont pas été converties pour le développement d'infrastructures ou d'autres activités économiques, mais quelles menaces planent sur elles? Comment les différentes activités anthropiques impactent-elles ces précieux écosystèmes? De manière plus large, cet essai s'intéresse à la nécessité de prendre soin des tourbières et des espèces qui les habitent et de valoriser une forme de lien avec ces dernières. Pour lutter contre la dégradation des écosystèmes, des auteures telles que Robin Wall Kimmerer et Anna Lowenhaupt Tsing mettent en valeur une forme de réciprocité au sein du vivant et un sentiment de responsabilité envers la terre, les espèces qui les habitent et les générations futures.

Les questions de recherche élaborées pour explorer cette problématique vont comme suit. La question principale est : Quelles sont les menaces pesant sur la Grande tourbière de Villeroy et la tourbière de Sainte-Marie-de-Blandford? Les questions secondaires sont : 1) Quelles sont les conséquences de ces menaces sur l'écosystème des tourbières? 2) Face à ces menaces, quelles sont les solutions possibles?

Pour y jeter un éclairage, l'essai se structure ainsi. Au premier chapitre, le sujet de recherche est contextualisé en définissant les milieux humides et les tourbières, puis en dressant un portrait des milieux humides du Centre-du-Québec.

Au deuxième chapitre, les deux tourbières en question et leur biodiversité sont présentées. Ensuite, sont étudiées cinq menaces pesant potentiellement sur elles : les cannebergières, l'agriculture intensive, le drainage pour la foresterie, les routes et les espèces exotiques envahissantes. La culture de la canneberge est étudiée séparément de l'agriculture intensive, car cette production particulière

se faisant directement sur les tourbières ou en bordure de celles-ci représente à elle seule la cause première de la destruction des tourbières du Centre-du-Québec depuis les 60 dernières années (Avard *et al.*, 2013). La distinction entre les cannebergières et l'agriculture intensive en général permet de mettre en évidence la spécificité de la production de canneberges dans la région et de l'ampleur de ses dommages pour les tourbières.

Finalement, au troisième chapitre, des solutions sont proposées pour atténuer l'effet de ces menaces. Notamment, l'insuffisance d'un statut de conservation pour préserver l'intégralité des tourbières et une meilleure gestion des intrants agricoles sont discutées. Une réflexion sur les manières d'appréhender les tourbières à partir d'une philosophie de la réciprocité et de la responsabilité est également amenée. Cette réflexion suggère de considérer non seulement les conséquences écologiques des pressions exercées sur les tourbières, mais aussi la responsabilité de les protéger en reconnaissant notre implication dans un réseau de relations avec les êtres vivants, dont les humains, la faune et la flore.

MÉTHODOLOGIE ET ANGLE D'APPROCHE

Dans cet essai, la méthode de l'étude de cas est employée. L'étude de cas peut être définie comme une « présentation [de] cas concrets, destinés à provoquer l'intérêt sur un problème général, à illustrer une définition, ou à faire réfléchir le lecteur en vue d'un diagnostic » (Mucchielli, 1993). Dans ce contexte, les pressions sur deux tourbières en particulier sont étudiées, afin d'amener les lecteurs à comprendre la problématique plus large de perte et de dégradation des tourbières et des milieux humides dans le sud du Québec. Cette étude de cas permet non seulement de mettre en lumière ces cas concrets, mais aussi de les relier à une réflexion plus vaste sur le rapport des humains à la nature. Elle mène à une discussion sur les relations qu'ils entretiennent avec le monde naturel et notre responsabilité envers celui-ci. Je procède donc à un rapprochement, puis à un éloignement de mon étude de cas : la problématique générale est d'abord contextualisée, puis les deux cas sont détaillés et étudiés en profondeur. Finalement, des pistes de solution sont amenées, ainsi qu'une réflexion générale sur la problématique de dégradation des milieux naturels au regard de ce que l'étude a révélé.

Ce type d'approche se construit avec une vision écosystémique :

Une approche écosystémique tente, contrairement à une approche analytique, d'assumer la complexité et de l'intégrer comme composante intrinsèque de toute situation [...] on a fait valoir une forme de pensée « holistique » pour justifier une certaine intégration des connaissances et pour aborder cette complexité. (Forget et Lajeunesse, 2001)

En outre, il s'agit de combiner des perspectives écologiques à une compréhension sociale et économique d'un phénomène (Marmorek *et al.*, 1993). Pour ce faire, la complexité du phénomène de menaces sur les tourbières est illustrée en tenant compte du contexte socio-économique : l'agriculture est l'activité économique première de la région (CPTAQ, 2020). Il ne s'agit donc pas d'étudier isolément chaque pression sur les tourbières, mais d'y réfléchir dans un ensemble. Par exemple, dans les solutions, le changement des pratiques agricoles doit assurer une situation

économique intéressante pour les producteurs, et non être uniquement basé sur des intérêts écologiques.

Je dresse d'abord le portrait régional des perturbations aux milieux humides à partir d'une étude originale produite pour le Ministère du développement durable, de l'environnement, de la faune et des parcs (MDDEFP, aujourd'hui MELCCFP) intitulé « Analyse de la situation des milieux humides au Québec et recommandations à des fins de conservation et de gestion durable » (Pellerin et Poulin, 2013). Cette étude est particulièrement instructive pour comprendre l'ampleur de chaque perturbation par municipalité régionale de comté (MRC).

Ensuite, afin d'identifier les menaces qui pèsent potentiellement sur les tourbières de Villeroy et de Sainte-Marie-de-Blandford, je me base sur deux types de documents. Les premiers types de documents sont les Plans régionaux de conservation des milieux humides et hydriques (PRCMHH) du Centre-du-Québec (Canards Illimités, 2006), de la MRC de Bécancour (GROBEC, 2023) et de la MRC de l'Érable (CRECQ, 2021). Le second type de document est le rapport du Projet de protection et de mise en valeur de la Grande tourbière de Villeroy (CRECQ, 2006), étude et plaidoyer pour la protection de la tourbière – un projet toujours en cours à ce jour, mais non achevé.

Dans les deux types de documents et pour les deux MRC, les pressions potentielles sur les deux tourbières sont généralement les mêmes : les cannebergières, le drainage pour la foresterie et les infrastructures routières. Chacune d'entre elle est présentée et liée avec la littérature scientifique pertinente, puis deux autres menaces sont exposées : l'agriculture intensive et les espèces exotiques envahissantes. Pour étudier chaque menace et comprendre ses impacts possibles sur les tourbières, des articles scientifiques revus par les pairs ont été cherchés sur les bases de données Google Scholar, Sofia UQAM et Scopus. Les articles ont été triés en fonction du résumé et de la méthode, puis sélectionnés en fonction de leur pertinence pour répondre aux questions de recherche. Les informations pertinentes ont alors été reformulées pour construire une compréhension des conséquences de chaque menace étudiée. En cas de synthèses d'études ou de méta-analyses, les conclusions ont été colligées, puis les études primaires les plus pertinentes ont été consultées. La vaste majorité des articles sélectionnés portent sur des tourbières au Québec ou aux États-Unis. Trois études sur des tourbières européennes ont été conservées, alors que toutes les autres études

ont été écartées, en raison des différences climatiques pouvant mener à des conclusions ne s'appliquant pas aux deux tourbières étudiées ici.

Finalement, il importe de souligner que les menaces identifiées sont *potentielles*, puisque les informations recueillies dans la littérature portent sur des pressions sur d'autres tourbières avec des conditions climatiques similaires que celles étudiées dans cet essai, il ne s'agit donc pas d'une étude empirique.

CHAPITRE 1

CONTEXTE

Dans ce chapitre, le contexte dans lequel se situe l'étude de cas est annoncé. Les deux premières parties sont consacrées à la présentation des milieux humides, puis aux particularités des tourbières. En troisième partie, le portrait régional des milieux humides dans lequel se trouvent la tourbière de Villeroy et celle de Sainte-Marie-de-Blandford est décrit.

1.1 Milieux humides

Les milieux humides sont des écosystèmes diversifiés dont la dynamique écologique est influencée par la présence d'eau dans les sols (Lachance *et al.*, 2021) :

[Ils] se caractérisent par la présence, permanente ou temporaire, en surface ou à faible profondeur dans le sol, d'eau stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée. Ils peuvent être d'origine naturelle (perturbés ou non) ou artificielle [...] Au Québec, les milieux humides incluent notamment les eaux peu profondes (< 2 m), marais, marécages et tourbières. (Pellerin et Poulin, 2013, p.12)

Ainsi, trois éléments sont fondamentaux pour constituer un milieu humide. Premièrement, la présence d'eau, dont la profondeur, la durée de l'inondation, la période de l'année où les sols sont inondés et la fréquence des inondations influencera les caractéristiques du sol. Deuxièmement, les sols sont hydromorphes : la chimie et l'apparence sont influencées par l'eau. Troisièmement, les plantes sont hygrophiles, c'est-à-dire tolérant ou aimant les sols saturés en eau (MELCCFP, 2021).

Les milieux humides remplissent des fonctions écologiques fondamentales. Ils ont d'importantes capacités de séquestration du carbone et agissent comme puits de carbone, essentiels à la régulation du climat (Villa et Bernal, 2018). Ils agissent comme filtres aux nutriments, dont le phosphore et l'azote, et aux polluants, dont les pesticides et les produits chimiques, issus des terres agricoles, des routes, des industries et des résidences, contribuant à maintenir la qualité de l'eau (Zedler et Kercher, 2005). Ils agissent comme régulateurs des niveaux d'eau et contribuent à limiter les inondations, en stockant l'eau et en contrôlant son écoulement (Fossey et Rousseau, 2016).

De nombreuses espèces fauniques dépendent des milieux humides. Ces milieux représentent d'indispensables habitats grâce à la présence d'eau et à leur grande productivité végétale, procurant des réseaux trophiques complexes, des abris et des lieux de nidification pour les oiseaux migrateurs (Zedler et Kercher, 2005). Certains animaux, plantes et micro-organismes vivent et se reproduisent en permanence ou périodiquement dans un milieu humide, dépendent du milieu humide ou d'un autre organisme vivant dans le milieu humide (Junk *et al.*, 2006). Au Québec, ces milieux représentent des habitats singuliers dont dépendent plusieurs espèces vulnérables (MELCCFP, 2021).

1.2 Tourbières

Une tourbière est définie comme une :

surface de terrain recouverte de tourbe, résultant de l'accumulation de matière organique partiellement décomposée, laquelle atteint une épaisseur minimale de 30 cm, dont la nappe phréatique est habituellement au même niveau que le sol ou près de sa surface. (Lachance *et al.*, 2021, p.9)

Ainsi, dans une tourbière, l'accumulation de matière organique se fait plus rapidement que la décomposition des plantes, créant une tourbe riche en carbone organique (Williams-Mounsey *et al.*, 2021). La formation de la tourbe dans les tourbières est le résultat de différentes caractéristiques du sol qui ralentissent la décomposition de la matière organique, dont le mauvais drainage le rendant anoxique, l'acidité et la faible quantité de nutriments (Moore *et al.* 2018). Cela résulte en une immense capacité de stockage du carbone, contribuant à atténuer les changements climatiques (Loisel *et al.*, 2014 ; Gallé *et al.*, 2019 ; Williams-Mounsey *et al.*, 2021). L'accumulation de carbone dans les tourbières résulte de milliers d'années de décomposition lente dans des conditions anaérobiques et d'exposition à des perturbations naturelles telles que les feux et les inondations (Ovenden, 1998). La quantité de carbone accumulée dans le sol des tourbières pourrait dépasser celle accumulée par la biomasse aérienne (Scharlemann *et al.* 2014 ; Beaulne *et al.*, 2021).

On distingue généralement les tourbières boisées— où plus de 30% de la surface est recouverte par des arbres ou des arbustes – des tourbières ouvertes. Les tourbières ouvertes (moins de 30% d'espèces ligneuses) se sous-divisent deux grandes catégories : les tourbières minérotrophes (fen)

et les tourbières ombrotrophes (bog). La tourbière minérotrophe est une « tourbière recevant de l'eau riche en minéraux dissous [provenant de l'eau souterraine]. La végétation est dominée par des espèces graminoides et des mousses brunes » (Loiselle, 2023, p.22 adapté de Warner et Rubec, 1997).

La tourbière ombrotrophe, sur laquelle je me concentrerai dans cet essai, est une « tourbière dont l'eau provient exclusivement des précipitations, sans l'effet de l'eau souterraine ou de surface. La végétation est dominée par la sphaigne » (Loiselle, *op. cit.*). Les tourbières ombrotrophes sont naturellement acides et oligotrophes, en raison de leur approvisionnement en eau des précipitations plutôt qu'en eaux souterraines, laquelle est faible en nutriments (Gallé *et al.*, 2019). La présence d'eau, le faible apport en nutriments et l'acidité des tourbières ombrotrophes offrent des conditions stressantes pour certaines plantes, ayant résulté en la présence de plantes uniques spécialisées à ce type d'environnement (De Vriendt, 2016 ; Dubois *et al.*, 2020). Ainsi, un passage d'espèces spécialistes des tourbières ombrotrophes à des espèces généralistes, c'est-à-dire s'adaptant à une diversité d'environnements, peut être un indicateur d'une perte de l'intégrité de ces tourbières (Dubois *et al.*, 2020). Malgré leur unicité et leurs importantes fonctions écologiques, de nombreuses tourbières dans le sud du Québec ont été gravement dégradées ou perdues en raison des activités économiques et de transport (Poulin *et al.*, 2004 ; Avard *et al.*, 2013).

1.3 Portrait des milieux humides du Centre-du-Québec

Le Centre-du-Québec est une région fortement agricole : 93% de son territoire est en zone verte, c'est-à-dire que seules les activités liées à l'agriculture sont autorisées et protégées dans cette portion du territoire (CPTAQ, 2020). 93% du territoire est également de tenure privée, ce qui fait une caractéristique particulière de la région (Blais et Poisson, 2021). La sylviculture est également fortement insérée dans l'économie régionale, particulièrement dans la MRC de l'Érable, où le plus grand nombre d'entreprises sylvicoles de la région se trouvent. Ces deux types d'exploitation affectent les milieux naturels, dont les plus touchés sont les milieux humides (Blais et Poisson, 2021).

Dans l'*Analyse sur la situation des milieux humides au Québec* du MDDEFP, Pellerin et Poulin (2013) montrent que 19% des milieux humides des Basses-terres du Saint-Laurent ont été perturbés

dans les vingt années précédant le rapport, principalement par des activités agricoles (44% des perturbations) et sylvicoles (26%). Le Centre-du-Québec se trouve parmi les deux régions administratives, avec la Montérégie, où les milieux humides sont les plus perturbés, avec une perturbation de 21,5% des milieux humides du territoire centricois. Les perturbations de cette région sont, en ordre d'importance, la sylviculture, l'agriculture et la culture de canneberges. Bien que la culture de canneberges constitue une activité agricole, je réitère que celle-ci est distinguée de l'agriculture dans cet essai, étant donné la pression que ce type de culture exerce, à lui seul, sur les tourbières du Centre-du-Québec (Pellerin et Poulin, 2013 ; Avard *et al.*, 2013). La région centricoise est la principale productrice de canneberges, avec près de 84% des producteurs de canneberges québécois sur son territoire (MAPAQ, 2023).

Selon l'Analyse du MDDEFP (2013) pour la MRC de Bécancour, où se trouve la tourbière de Sainte-Marie-de-Blandford, 14,4% des milieux humides ont été perturbés récemment par les activités sylvicoles (64,1% des perturbations), agricoles (16,9%) et la culture de canneberges (12,2%). Pour la MRC de l'Érable, où se trouve la tourbière de Villeroy, plus d'un cinquième (21,9%) des milieux humides a été perturbé. Cela en fait la troisième MRC des Basses-terres du Saint-Laurent où les milieux humides sont les plus perturbés. Les données sur les types de perturbation sont manquantes (Pellerin et Poulin, 2013). On sait toutefois que la MRC de l'Érable est la première productrice de canneberges québécoise, concentrant 30 des 74 producteurs québécois sur son territoire (MAPAQ, 2023).

Pour les tourbières en particulier, une étude sur la grande région de Bécancour¹, intégrant la MRC de Bécancour et la quasi-totalité de la MRC de l'Érable, révèle que de 1966 à 2010, près du quart (24%) des superficies (5 433 ha) de tourbières existantes ont subi des perturbations « irréversibles » (Avard *et al.*, 2013). On estime que la culture de canneberges à gros fruits (*Vaccinium macrocarpon*) est la principale cause de leur disparition pour cette période. La culture de canneberges peut grandement nuire aux fonctions hydrologiques et aux dynamiques écosystémiques des tourbières, notamment l'accumulation de tourbe. En 2010, 7 015 ha supplémentaires (soit 30 % des superficies de 1966) avaient subi des perturbations « limitées »

¹ Délimitée comme « zone de gestion intégrée de l'eau Bécancour » par le gouvernement du Québec (Avard *et al.*, 2013)

telles que le creusage de canaux de drainage, de nouveaux chemins forestiers et l'exploitation forestière (Avard *et al.*, 2013).

On se trouve donc dans un contexte régional de fortes perturbations des milieux humides et des tourbières en raison d'activités économiques : foresterie, agriculture et cannebergières. Pour la culture de canneberges, ce sont les tourbières qui sont principalement affectées. Au prochain chapitre, les tourbières de Villeroy et de Sainte-Marie-de-Blandford sont présentées, ainsi que les différentes menaces pesant sur elles au regard de ce contexte régional.

CHAPITRE 2

ÉTUDE DE CAS

Dans ce chapitre, les menaces pesant potentiellement sur les tourbières de Villeroy et de Sainte-Marie-de-Blandford sont étudiées. Dans un premier temps, les deux tourbières et leur biodiversité sont présentées. Dans un second temps, cinq facteurs qui risquent de menacer l'intégrité écologique des tourbières sont analysés : la culture de canneberges, l'agriculture, le drainage pour la forestière, les routes et les espèces exotiques envahissantes.

2.1 Les tourbières de Villeroy et de Sainte-Marie-de-Blandford



Figure 2.1 Tourbière de Sainte-Marie-de-Blandford (SMB) et Grande tourbière de Villeroy.
Source : Google Earth, 8 mai 2024 (images satellites 2023, modifiées par Élia Auer).

Les tourbières de Sainte-Marie-de-Blandford et de Villeroy se trouvent dans la région administrative du Centre-du-Québec. Situées au sud du fleuve Saint-Laurent, ces deux tourbières se trouvent dans un paysage densément agricole.

La Grande tourbière de Villeroy est une tourbière ombrotrophe (bog) de 1590 hectares située dans la MRC de l'Érable. Ceinturée par une tourbière boisée et comportant un secteur minérotrophe (fen), la tourbière de Villeroy constitue un immense complexe tourbeux (CRECQ, 2006), tel qu'illustré dans la figure 2.2. La matière organique accumulée dans la tourbière a une épaisseur moyenne de 130 cm, et l'épaisseur la plus profonde qui a été mesurée est de 488 cm (Larocque *et al.*, 2004), ce qui est substantiel lorsqu'on la compare au minimum de 30 cm pour être classée comme une tourbière.

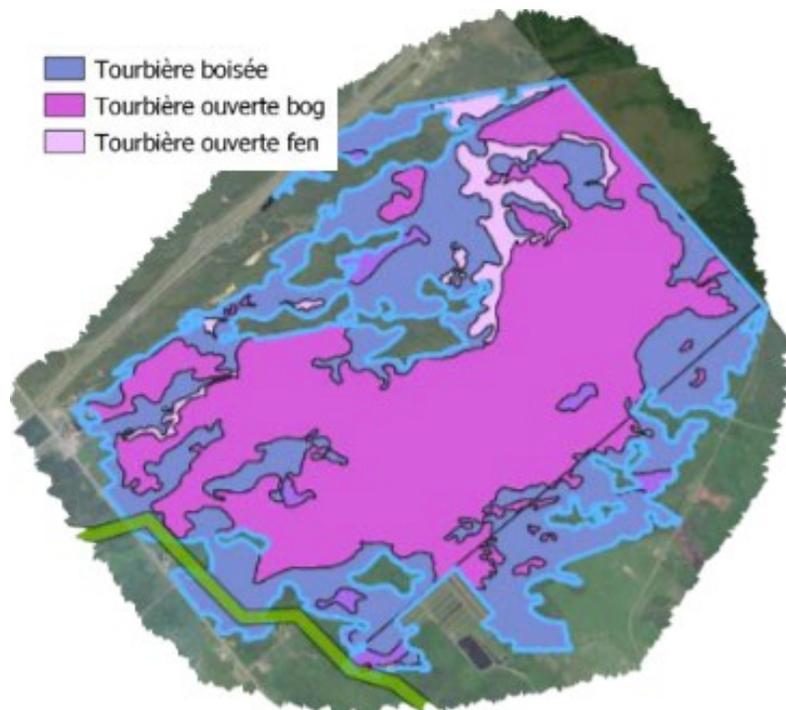


Figure 2.2 Schéma du complexe tourbeux de Villeroy.

Source : Poisson, 2020 (Blais et Poisson, 2021).

Cette tourbière fait partie du parc régional des Grande-Coulées, qui comporte une forêt, mais les différents secteurs du parc sont fragmentés par des routes et des terrains privés, dont la plupart sont destinés à la production agricole et de canneberges. La tourbière fait partie d'un projet de réserve

écologique depuis 20 ans, mais le statut n'a pas encore été attribué par le gouvernement du Québec. Toutefois, certaines propriétés avoisinant la tourbière sont enregistrées comme réserve naturelle en milieu privé. En vertu de la Loi sur le patrimoine naturel (C-61.01), la reconnaissance d'une réserve naturelle en milieu privé peut se faire de manière perpétuelle ou pour une durée d'un minimum de 25 ans (article 56).

La tourbière de Sainte-Marie-de-Blandford (SMB) est également une tourbière ombrotrophe, située dans la MRC de Bécancour. La tourbière a une superficie de 655 hectares et se trouve sous la gestion du parc régional de la rivière Gentilly. Comme la tourbière de Villerooy, celle de SMB n'est pas connectée au reste du parc régional, avec plusieurs kilomètres d'exploitations agricoles et une route régionale les divisant. La tourbière ne bénéficie d'aucun statut de conservation. En plus de son important centre ombrotrophe, la tourbière de SMB comporte plusieurs secteurs minérotrophes et boisés, tel qu'illustré dans la figure 2.3.

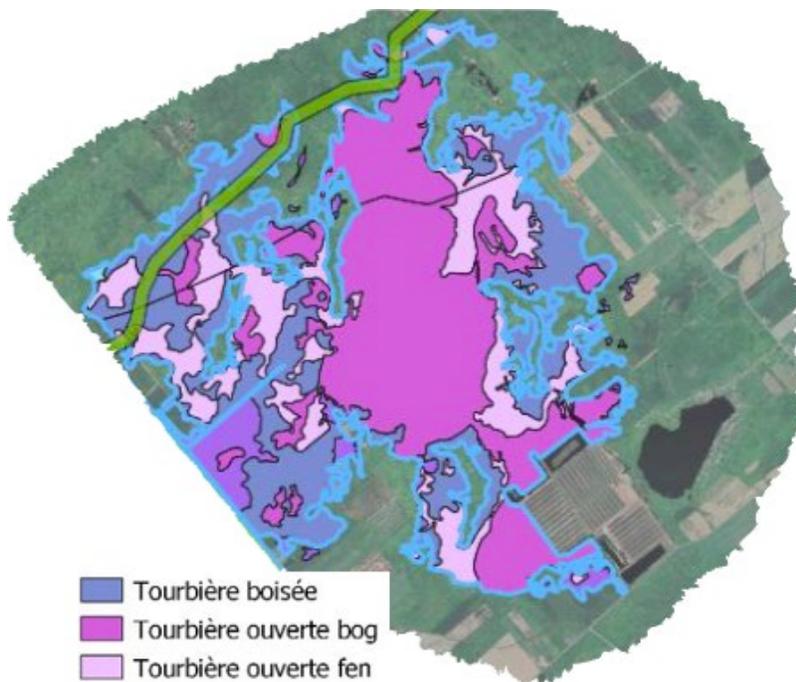


Figure 2.3 Schéma du complexe tourbeux de Sainte-Marie-de-Blandford.

Source : Poisson, 2020 (Blais et Poisson, 2021).

Les deux tourbières sont des milieux naturels isolés dans un vaste paysage agricole et sylvicole. Cela signifie qu'elles ne sont pas directement connectées à d'autres milieux naturels. Au sud de chacune des tourbières se trouve une grande cannebergière directement juxtaposée à la tourbière. Typiquement, les exploitations de canneberges forment des rangs étroits parallèles disposés en rectangles, comme montré par les photographies aériennes des figures 2.4.A et 2.4.B. Le paysage environnant les deux tourbières est fortement marqué par ces très nombreuses exploitations striées. La photographie aérienne de la figure 2.4.C offre un exemple de l'impressionnante concentration de cannebergières au sud des deux tourbières.



Figure 2.4.A SMB



Figure 2.4.B Villeroy

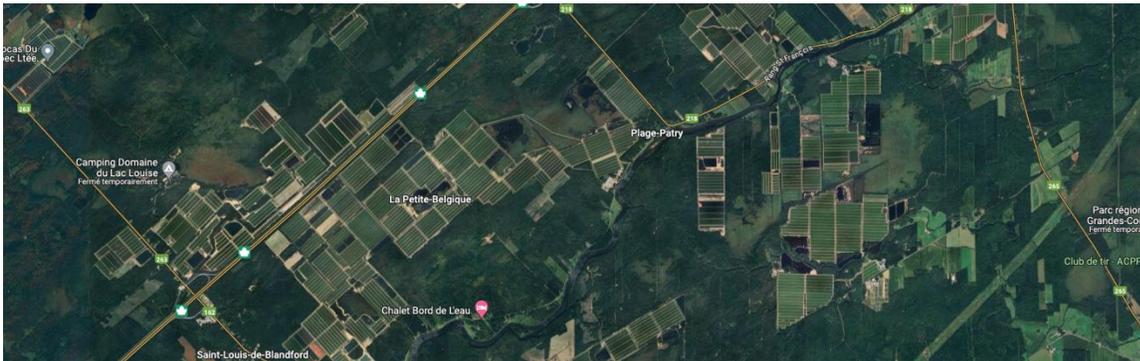


Figure 2.4.C Cannebergières entre les deux tourbières.

Figures 2.4.A Cannebergière au sud de la tourbière de SMB; 2.4.B Cannebergière au sud de la tourbière de Villeroy. 2.4.C Cannebergières entre les deux tourbières.

La tourbière de Sainte-Marie-de-Blandford se trouve à l'ouest; celle de Villeroy, à l'est.

Source : Google Maps, 2 avril 2024.

2.2 Biodiversité

Dans cette section, les concepts de biodiversité et d'intégrité écologique sont brièvement présentés, puis certaines espèces inventoriées dans les deux tourbières sont soulignées, afin de mettre en lumière les organismes vivants qui risquent d'être affectés par les différentes menaces explorées dans l'étude de cas. Les deux tourbières abritent de nombreuses espèces en commun, probablement en raison de la similitude de l'habitat qu'elles offrent.

La Convention sur la diversité biologique des Nations Unies de Rio de Janeiro (1992) définit la diversité biologique comme la « variabilité des organismes vivants [...] et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces, ainsi que celle des écosystèmes » (p.3). Un concept important relatif à la préservation de la biodiversité est l'intégrité écologique. Le gouvernement du Canada définit cette dernière comme le maintien de « la diversité des gènes, des espèces et des communautés [d'une] région [...] l'écosystème n'est pas complet s'il manque des parties » (2019). Ainsi, je retiendrai dans mon analyse que l'intégrité écologique des tourbières nécessite le maintien de la biodiversité en son sein, c'est-à-dire des différents éléments vivants qui la composent et de leur diversité.

De nombreuses espèces végétales ont été répertoriées dans les tourbières de Villeroy et de Sainte-Marie-de-Blandford. Dans les deux tourbières, des espèces spécialistes – c'est-à-dire vivant uniquement dans les tourbières – ont été identifiées. Parmi elles se trouvent les sphaignes, le genre de bryophyte le plus typique des tourbières ombrotrophes, qu'on appelle également tourbières à sphaigne; la sarracénie pourpre, une plante carnivore; la platanthère à gorge frangée, une orchidée rare; et la woodwardie de Virginie, une fougère de tourbière, sont connues. De nombreuses autres espèces végétales sont présentes sur les sites (CRECQ, 2006; Parc régional de la rivière Gentilly, s.-d.).

Les deux tourbières abritent de nombreux oiseaux. Parmi les espèces qui ont déjà été inventoriées dans les deux, notons la Maubèche des champs, le Bruant de Lincoln, la Paruline à couronne rousse, la Paruline du Canada et la Grive solitaire. Dans le Centre-du-Québec, une étude a révélé une corrélation positive entre les micro-habitats des tourbières ombrotrophes et la richesse spécifique aviaire, c'est-à-dire le nombre d'espèces présentes dans un milieu donné (Calmé et Desrochers,

2000). L'avifaune fréquentant les tourbières est majoritairement migratrice : les lieux sont convoités comme aires de repos et de reproduction. Certaines espèces aviaires dépendent des écosystèmes des tourbières (Environnement et changement climatique Canada et Fédération canadienne de la faune, 2013).

Dans la tourbière de Villeroy, le cerf de Virginie, l'orignal, l'ours noir et le lièvre d'Amérique ont été identifiés, mais aucun inventaire n'a été réalisé pour les petits mammifères, les invertébrés et l'herpétofaune (CRECQ, 2006). Aucun inventaire faunique pour la tourbière de SMB n'a été trouvé, mais le lieu est exploité par les chasseurs : on peut donc supposer la présence d'espèces fauniques convoitées pour la chasse.

Les tourbières ombrotrophes en général accueillent également des amphibiens et de nombreuses espèces d'insectes (Environnement et changement climatique Canada et Fédération canadienne de la faune, 2013 ; Batzer *et al.*, 2016). Finalement, même si les tourbières sont considérées comme des écosystèmes en « îlots » au sein d'un paysage non tourbeux, ils supportent vraisemblablement une riche diversité d'espèces (Batzer *et al.*, 2016 ; De Vriendt *et al.*, 2016).

Les tourbières ombrotrophes sont considérées comme ayant des caractéristiques « hostiles » à plusieurs espèces, surtout végétales, en raison de leur acidité et de leur pauvreté en nutriments (De Vriendt *et al.*, 2016). Les plantes qui y vivent sont donc spécialistes : ce type d'environnement est nécessaire à leur survie (Moore *et al.*, 2002). Un changement dans la composition d'espèces végétales, ou même une augmentation du nombre d'espèces n'est pas signe d'un gain au niveau de la biodiversité, mais représente plutôt un indicateur d'une homogénéisation de l'habitat ayant perdu ses caractéristiques spécifiques. À l'inverse, la résilience des écosystèmes peut être compromise par la perte de leurs espèces spécialistes, même s'il s'agit d'espèces rares (Chapin III *et al.*, 2000).

2.3 Menaces

Au regard du contexte régional présenté dans le dernier chapitre, j'identifie ici les différentes pressions pesant sur la Grande tourbière de Villeroy et la tourbière de Sainte-Marie-de-Blandford et j'explore comment celles-ci représentent des menaces potentielles aux tourbières. Par « menace », j'entends un facteur nuisant potentiellement à l'intégrité écologique des tourbières,

c'est-à-dire pouvant compromettre une partie ou l'ensemble des composantes de la tourbière, dont l'hydrologie, le sol, les propriétés chimiques, la végétation et la biodiversité.

Les menaces qui pèsent potentiellement sur les deux tourbières sont les cannebergières et le drainage pour la foresterie, concordant avec les deux grands secteurs économiques de la région. Une menace particulière à la tourbière de Villeroy est la présence de l'autoroute 20, qui a un effet néfaste particulier sur sa biodiversité et son intégrité. Seule une route régionale très peu fréquentée, la route 263, longe la tourbière de Sainte-Marie-de-Blandford. Deux autres menaces représentent d'importantes pressions pour les milieux humides : l'agriculture intensive et les espèces exotiques envahissantes. J'analyse chacune de ces menaces en les liant avec la littérature scientifique sur ces sujets.

2.3.1 Cannebergières

Premièrement, dans tous les documents, la conversion croissante des tourbières en cannebergières est identifiée comme une importante menace à celles-ci dans les MRC de Bécancour et de l'Érable. Au Québec, les cannebergières sont fertilisées (azote, phosphore, potassium, soufre, magnésium, cuivre) et les cultures non biologiques font usage de pesticides et d'herbicides (Association des producteurs de canneberges du Québec (APCQ), s.-d.). Chaque 3 à 4 ans, les champs sont ensablés pour procurer des nutriments aux plants. À l'automne, les champs sont inondés pour récolter les fruits (APCQ, s.-d.). La culture de canneberges à proximité d'autres milieux humides augmente l'apport en azote et en phosphore de ces derniers (Garrison et Fitzgerald, 2005). L'azote et le phosphore diminuent l'acidité des tourbières (Chapin *et al.*, 2004), altérant leur composition chimique et les espèces s'y trouvant (Williams-Mounsey *et al.*, 2021 ; Li *et al.*, 2023).

La culture de canneberges représente la première cause de leur disparition dans la grande région de Bécancour (Avard *et al.*, 2013). Cette culture se fait soit directement sur la matière organique des tourbières (moins de 20% des productions québécoises)² soit en bordure des tourbières (Poulin *et al.*, 2004). Alors que la première méthode est considérée comme une perte nette des tourbières

² Bien que ce type de production soit moins commun aujourd'hui, il a occasionné à lui seul près de 20% des pertes totales de tourbières entre 1966 et 2010 dans la grande région de Bécancour (Avard *et al.*, 2013).

affectées (Avard *et al.*, 2013), la seconde impacte sévèrement les tourbières, puisqu'elle implique le drainage des sols pour s'approvisionner en eau et contrôler les parasites (Poulin *et al.*, 2004).

De plus, le contrôle de la nappe phréatique par les producteurs de canneberges vient modifier l'hydrologie des milieux affectés et altérer ses caractéristiques : diminution de la diversité végétale autour de la culture, modification de la composition du sol et compaction, contamination de l'eau par les pesticides et les herbicides, prenant plus de temps à se décomposer en raison de l'acidité naturelle des tourbières ombrotrophes et du sol sablonneux (Wentzell *et al.*, 2021). Il semble également que la culture de canneberges perturbe bien plus de milieux humides que ceux directement convertis en cannebergières, changeant potentiellement leur composition végétale (Jorgensen et Nauman, 1994).

Même cinq ans après l'arrêt de la culture de canneberges, les prokaryotes du sol, un des types de microbes du sol, restent les mêmes que ceux des cultures actives (Andras *et al.*, 2020). Cela suggère que les conséquences négatives sur les fonctions du sol qui sont assurées par des communautés microbiennes persistent même après l'arrêt de la culture, sauf s'il y a un travail de restauration. Ces conséquences sont, entre autres, une diminution de la capacité à la dénitrification (azote) et une augmentation de la production de méthane (Andras *et al.*, 2020 ; Rubin *et al.*, 2021).

Ainsi, bien que nos deux tourbières ne fassent pas l'objet, à ma connaissance, d'une conversion imminente, les menaces pesant sur elles sont le drainage par les cultures périphériques, l'implantation de nouvelles cannebergières à proximité, l'expansion de celles déjà existantes, ainsi que la contamination des sols et de l'eau et l'altération des communautés végétales.

2.3.2 Agriculture intensive

L'agriculture intensive se caractérise par la recherche de rendements agricoles élevés par hectare cultivé, mobilisant du travail, des intrants comme des engrais et des pesticides, ainsi que des équipements et du matériel spécialisés (Bonny, 2011). L'intensification agricole au XX^e siècle est caractérisée par ses implications dans les émissions de gaz à effet de serre, par sa forte sélection végétale des produits cultivés et par une augmentation massive de l'usage d'engrais azotés et phosphatés (Montanarella *et al.*, 2016). Elle constitue également la principale cause de conversion

des terres et une importante menace pour la biodiversité (Montanarella *et al.*, 2016 ; United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2023). Mondialement, 25.5 millions d’hectares de tourbières ont été drainés pour des usages agricoles, dont 60% se trouvent en zones boréale et tempérée (Saurich *et al.*, 2019). Au Canada, l’agriculture est la cause première de destruction des milieux humides (Poulin *et al.*, 2004). En tant qu’activité économique principale du Centre-du-Québec, l’agriculture représente une menace pour les tourbières de cette région. Bien que les tourbières de Villeroy et de Sainte-Marie-de-Blandford ne semblent pas être converties éminemment pour des exploitations agricoles, la présence de terres agricoles adjacentes à celles-ci peut menacer leur intégrité. En effet, la pollution agricole et le drainage des tourbières risquent de modifier la végétation des tourbières et de perturber le cycle du carbone.

L’usage d’engrais composés d’azote et de phosphore – c’est-à-dire des nutriments – et de pesticides, insecticides et fongicides par les producteurs agricoles sont des sources de pollution agricole agissant comme facteurs limitants pour les tourbières. La pollution agricole se propage via l’atmosphère et par ruissellement de surface. Les tourbières ombrotrophes, alimentées par les précipitations venues de l’atmosphère, peuvent vivre un phénomène d’eutrophisation (Moore, 2002). L’eutrophisation est un processus naturel se produisant sur des centaines d’années, mais qui peut être accéléré par les activités humaines. Ce processus est causé par une surcharge de nutriments, tels que l’azote et le phosphore, dans un milieu humide ou hydrique. La surcharge de nutriments augmente d’abord la productivité biologique, mais réduit à terme la biodiversité et l’oxygène des cours d’eau (Hade, 2002 ; Wang *et al.*, 2021). L’eutrophisation est néfaste pour les tourbières puisqu’elle affecte sa végétation particulière exigeant un très faible apport en nutriments (Moore, 2002). En augmentant l’apport en nutriments, les plantes spécialistes des tourbières peuvent être remplacées par des plantes généralistes et compétitives (Moore, 2002 ; Pasquet *et al.*, 2014). Dans des situations de très forte pollution agricole en Angleterre, les mousses de sphaignes ont été pratiquement éradiquées du paysage (Moore, 2002).

Une étude sur des tourbières isolées dans un paysage densément agricole dans le sud du Québec, comme c’est le cas de nos deux tourbières, révèle que les perturbations issues de différentes activités anthropiques à proximité des tourbières peuvent radicalement altérer leur composition végétale (Pasquet *et al.*, 2014). L’étude soutient qu’un assèchement des marges des tourbières a lieu quand les terres agricoles environnantes drainent le sol pour favoriser leur production. Cela a

pour conséquence un changement dans la végétation des tourbières. Par exemple, le drainage sur les sols agricoles environnant les tourbières réduit progressivement l'humidité des marges des tourbières et augmente le couvert forestier. Ainsi, l'altération des communautés végétales causées par le drainage et la pollution agricole sont susceptibles d'entraîner des pertes de fonctions écologiques des tourbières, telles qu'une perturbation du processus d'accumulation de la tourbe et de séquestration du carbone. Finalement, il semble que les tourbières subissant des dégradations perdent une partie de leur résilience face à des stressseurs externes, par exemple leur capacité à se rétablir suite à une sécheresse (Pasquet *et al.*, 2014). Il sera montré comment ces dégradations augmentent également le risque d'invasion par des espèces exotiques envahissantes dans la section 2.3.5 *Espèces exotiques envahissantes*.

Finalement, le drainage des tourbières, qu'il soit pour l'agriculture ou la foresterie (voir 2.3.3 *Drainage forestier*) se traduit par une perte nette de carbone du sol vers l'atmosphère, contribuant à l'effet de serre (Moore, 2002). Lorsqu'une tourbière est drainée, labourée et fertilisée pour l'agriculture, le processus de décomposition de la tourbe est significativement accéléré, ce qui se traduit par d'importantes émissions de CO₂ et de N₂O (Maljanen *et al.*, 2010). Ces activités agricoles sur des tourbières, particulièrement le drainage, ont pour conséquences de transformer les tourbières, qui se trouvaient parmi les plus importants puits de carbone terrestres au monde, en l'un des plus grands émetteurs de gaz à effet de serre sur des terres cultivées (Tiemeyer *et al.*, 2016).

2.3.3 Drainage forestier

Deuxièmement, l'augmentation du drainage des tourbières pour des petites productions sylvicoles est identifiée comme menace à l'intégrité des deux tourbières (Canards Illimités, 2006 ; CRECQ, 2006; GROBEC, 2023). Certains propriétaires de lots privés en bordure de la tourbière de Villeroy drainent le sol pour améliorer le rendement forestier sur leur terrain. Selon ces propriétaires, la végétation change rapidement sur les sols drainés, favorisant des espèces sylvicoles plus intéressantes pour eux (CRECQ, 2006). Cela est une pratique connue au Québec (Poulin *et al.*, 2004). Il semble effectivement que le drainage des sols tourbeux contribue au boisement des tourbières (Pellerin et Lavoie, 2003). Néanmoins, une hausse du couvert forestier des tourbières risque de fortement modifier l'écosystème, dont l'hydrologie, l'accumulation de la matière

organique, le cycle du carbone et la biodiversité (Ohlson *et al.*, 2001 ; Pellerin et Lavoie, 2003). Le boisement des tourbières modifie en outre la composition végétale de celles-ci, les faisant passer d'espèces spécialistes des tourbières à des espèces adaptées à des milieux terrestres, des milieux anthropisés ou des espèces exotiques (Pellerin *et al.*, 2021).

Selon le Conseil régional en environnement du Centre-du-Québec (CRECQ) (2021), les petites productions sylvicoles sont bien présentes dans la région, mais rares sont celles qui représentent l'activité principale des propriétaires. Le CRECQ expose une dynamique régionale d'exploitation du territoire :

La dynamique de conservation des milieux naturels sur un territoire aussi fortement privé n'est pas encore très bien développée. Comme plusieurs citoyens possèdent un bois près de chez lui et que la culture d'exploitation des ressources naturelles est très bien ancrée en région, la conservation n'a pas encore été priorisée au niveau des élus et de la population. (Blais et Poisson, 2021)

La menace relève donc des actions menées par les propriétaires bordant les tourbières de Villeroy et de Sainte-Marie-de-Blandford. Le drainage forestier par les propriétaires peut modifier la composition végétale de la tourbière boisée, mais également contribuer au boisement de la tourbière ouverte ombrotrophe. Comme les figures 2.2 et 2.3 le montrent, les deux tourbières ouvertes sont encerclées par une tourbière boisée, ayant donc un potentiel pour l'extraction forestière. L'ensemble des terres environnant les deux tourbières est de tenure privée (Forêt ouverte, 2019). Toutefois, sept propriétaires des lots longeant l'autoroute 20 et la tourbière de Villeroy ont enregistré leurs terrains sous le titre de réserve naturelle en vertu de la Loi sur le patrimoine naturel, avec des secteurs de gestion à leur nom (voir figure 2.5) :

La réserve naturelle vise la conservation d'un milieu naturel situé sur des terres privées qui présente un intérêt pour assurer la conservation de la biodiversité, notamment en raison de ses caractéristiques biologiques, écologiques, fauniques, floristiques, géologiques, géomorphologiques ou paysagères. (C-61.01, article 56)

Une telle initiative semble être une solution intéressante à la conservation de la tourbière de Villeroy.

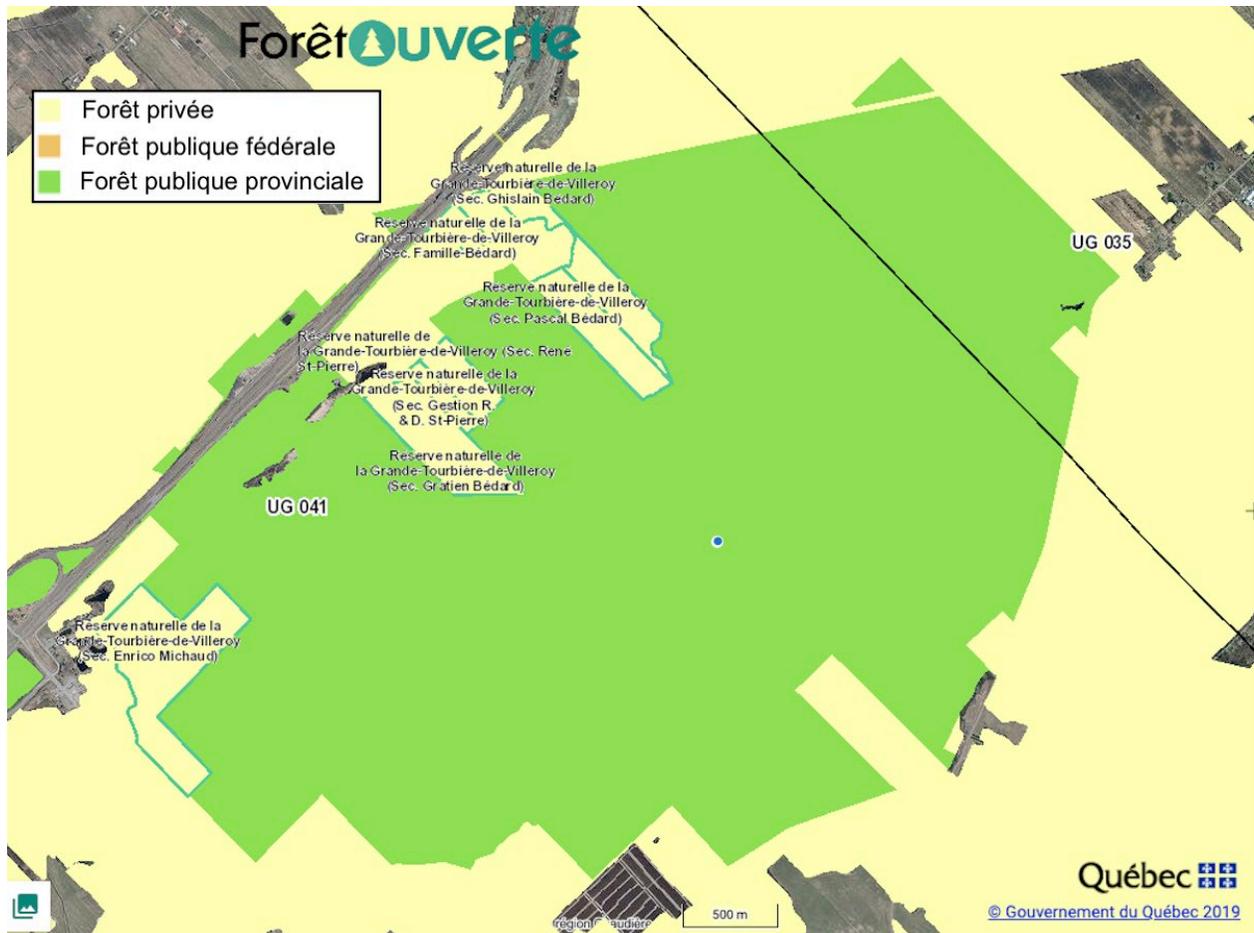


Figure 2.5 Réserve naturelle de la Grande tourbière de Villeroiy, secteurs privés.

Source : Forêt ouverte, 2019. Légende adaptée : Élia Auer, 9 mai 2024.

2.3.4 Autoroute et routes secondaires

Troisièmement, un axe routier majeur directement à la limite nord-ouest de la Grande tourbière de Villeroiy menace son intégrité. L'autoroute 20 a un débit quotidien de plus de 25 000 véhicules par jour dans le segment longeant la tourbière de Villeroiy (Gouvernement du Québec, 2022). La présence de cette autoroute couplée à celle de la route 265 en fait un lieu potentiellement attrayant pour le développement commercial ou industriel en raison de son accessibilité (CRECQ, 2006). Un développement commercial ou industriel aux abords de la tourbière menacerait d'en détruire une partie pour construire un bâtiment et minéraliser une partie du terrain, engendrant une perte nette de surface de la tourbière. Une pression qui n'est toutefois pas mentionnée dans les documents est l'effet des routes sur la biodiversité et la chimie des tourbières.

La composition des plantes de tourbières est affectée par les routes. Cette composition végétale est déterminante pour la formation de tourbe, causée par la décomposition partielle des plantes, et pour le fonctionnement hydrologique permettant l'accumulation et le stockage du carbone (Williams-Mounsey *et al.*, 2021). Comme mentionné précédemment, les deux tourbières ombrotrophes de cette étude de cas sont dominées par les mousses de sphaigne, qui croissent en sol acide. Toutefois, la poussière produite par les routes risque d'augmenter l'apport en calcium des tourbières limitrophes, augmentant ainsi leur pH et éliminant la présence de mousses de sphaigne aux abords des routes (Li *et al.*, 2023). Les espèces spécialistes adaptées à cet environnement pauvre et acide, telles que les sphaignes, sont particulièrement sensibles à l'enrichissement des sols et de l'eau par des nutriments (Williams-Mounsey *et al.*, 2021). Des éléments chimiques agissant comme nutriments tels que l'azote, le calcium, le sodium, le potassium et le magnésium proviennent de l'épandage du sel sur les routes, ainsi que des pots d'échappement (Pugh *et al.*, 1996 ; Williams-Mounsey *et al.*, 2021). Des expériences de fertilisation ont également révélé qu'une augmentation des apports en phosphore et en azote faisait basculer une composition végétale de mousse vers des plantes vascularisées (Bragazza *et al.*, 2012; Larmola *et al.*, 2013; Limpens *et al.*, 2011 dans Li *et al.*, 2023). Également, la pollution aérienne venue des routes risque de modifier la composition végétale des tourbières : en bordure des routes, les espèces plus adaptées à une forte présence d'azote prédominent (Bignal *et al.*, 2007).

Les tourbières ombrotrophes sont des îlots de fraîcheur : malgré la faible couverture d'arbres, la couverture de sphaignes et les dépôts tourbeux isolent le sol, rendant la température de la tourbière plus fraîche qu'à l'extérieur de la tourbière (Spitzer et Danks, 2006), et constituant des refuges pour les espèces adaptées aux sols plus froids (Gallé *et al.*, 2019). Toutefois, des différences de plus d'un degré Celsius ont été observées dans les mêmes tourbières entre un point de contrôle en bordure de route et un plus éloigné (Saraswati et Strack, 2019). Ces augmentations de température dans les tourbières peuvent induire une émission de méthane (Williams-Mounsey *et al.*, 2021), contribuant à l'effet de serre.

Selon Coffin (2007), les routes limitent les déplacements des animaux et représentent une cause importante de mortalité pour les mammifères et l'herpétofaune. Elles fragmentent l'accès aux ressources et aux routes migratoires. Elles affectent le paysage en altérant les dynamiques des

populations végétales et animales, les échanges matériels et la disponibilité des ressources. Elles peuvent séparer les populations pouvant se reproduire, affectant les grands et petits mammifères, les oiseaux, les insectes et l'herpétofaune. Comme les routes sont infranchissables pour certaines espèces, les échanges génétiques entre une population subdivisée cessent, réduisant ainsi la biodiversité. De plus, plusieurs espèces animales changent leur comportement afin d'éviter les routes. Par exemple, des oiseaux modifient leurs cris en réaction aux bouleversements induits par les routes. Ces modifications comportementales et le stress associé aux perturbations des routes peuvent affecter la survie de certaines espèces.

Finalement, les routes, en tant que lieu de forte circulation, facilitent également la propagation d'espèces exotiques envahissantes (Coffin, 2007). Pensons notamment au très envahissant *Phragmites australis*, le roseau commun des autoroutes, représentant un grand risque pour les milieux humides.

2.3.5 Espèces exotiques envahissantes

Les espèces exotiques envahissantes (EEE) font partie des menaces les plus importantes aux milieux humides et à la biodiversité (IPBES, 2021). Le MELCCFP définit les EEE comme suit :

Une espèce exotique envahissante (EEE) est un végétal, un animal ou un micro-organisme (virus, bactérie ou champignon) introduit hors de son aire de répartition naturelle, qui colonise de nouveaux sites ou de nouvelles régions à un rythme rapide et qui peut former des populations dominantes. (MELCCFP, s.-d.)

Présentement, la plateforme gouvernementale de déclaration des EEE Sentinelle, n'annonce aucune EEE dans les deux tourbières. Toutefois, près de la tourbière de Villeroy, plusieurs déclarations ont été faites concernant le roseau commun aux abords de l'autoroute 20 longeant la tourbière, de la salicaire pourpre, une plante envahissante de milieux humides, dans le stationnement menant à la tourbière, ainsi que de la berce du Caucase au sud-est de la tourbière. Au lac Rose, près de la tourbière de Sainte-Marie-de-Blandford, le myriophylle à épis, une plante aquatique très envahissante, est présent. Il est important de noter que l'absence de détection sur la plateforme Sentinelle ne garantit pas l'absence d'EEE, mais simplement que personne n'en a déclaré jusqu'à présent.

Selon Lázaro-Lobo et Ervin (2021), les milieux humides se trouvant près d'une occupation humaine, telle que des routes, des terres agricoles ou d'un contexte urbain, sont particulièrement à risque d'une colonisation par des EEE. Ces espèces modifient la composition (nombre d'espèces et abondance) et la structure (disposition spatiale) des plantes de milieux humides. Dans les milieux humides, les EEE peuvent proliférer rapidement, limiter la croissance d'autres espèces végétales, altérer les communautés microbiennes du sol et l'hydrologie, réduire l'habitat et le mouvement de la faune (Rudrappa *et al.* 2007 ; Lázaro-Lobo et Ervin, 2021 ; MELCCFP, 2023). Lorsque la composition et l'abondance de la végétation des milieux humides sont modifiées, comme avec une invasion d'EEE, la faune qui en dépend vit des perturbations majeures (Hudon *et al.*, 2018). Par exemple, la diversité d'oiseaux diminue avec la présence d'EEE et de différentes perturbations humaines (Howe *et al.*, 2007).

Les tourbières ombrotrophes sont des écosystèmes moins à risque d'invasion par des espèces exotiques envahissantes en raison de leurs conditions défavorables pour certaines plantes envahissantes (acidité, faible apport en azote et en phosphore) (Zefferman *et al.*, 2015). Toutefois, les tourbières sont nettement plus à risque d'être envahies par des EEE lorsqu'elles sont dégradées (Zedler et Kercher, 2004 ; Messier, 2017 ; Kopeć *et al.*, 2020). Notamment, le drainage modifie les conditions physicochimiques et hydriques des tourbières et les rend propices à l'envahissement par d'autres types de plantes (Messier, 2017 ; Pinceloup *et al.*, 2020). De plus, l'augmentation des dépôts d'azote, issus entre autres des routes et de l'agriculture, peut faire perdre aux sphaignes leur capacité à réguler l'écosystème de la tourbière et les rendre plus vulnérables à l'invasion de plantes envahissantes (Tomassen *et al.*, 2004). L'effet des apports d'azote sur la prolifération d'EEE est encore plus important lorsqu'il est couplé à du drainage ou à un assèchement de la tourbière (Tomassen *et al.*, 2004).

Puisque les sphaignes sont en grande partie responsables de l'accumulation du carbone de la tourbe, une prolifération de plantes envahissantes aux dépens des sphaignes risquerait de réduire la capacité de séquestration du carbone des tourbières (Gogo *et al.*, 2011). De plus, un changement dans la composition végétale des tourbières (tel qu'une augmentation des plantes vascularisées au profit des sphaignes) pourrait favoriser l'invasion d'autres plantes envahissantes en rendant accessibles des nutriments (Gogo *et al.*, 2011).

Ces types de dégradation (alcalinisation, drainage, apport en nutriments, changements dans la communauté végétale) favorisant la prolifération d'espèces exotiques envahissantes ont déjà été évoqués comme conséquences des autres activités humaines présentées dans ce chapitre. Ainsi, il semble que les différents facteurs de dégradation d'une tourbière n'agissent pas isolément, mais qu'ensemble, ils peuvent induire des menaces supplémentaires. Cela met en lumière l'importance de tenir compte des impacts cumulatifs dans l'analyse des menaces et de leurs conséquences.

Dans ce chapitre, une étude de cas portant sur la grande tourbière de Villeroy et sur la tourbière de Sainte-Marie-de-Blandford a été présentée. Ces deux tourbières, riches en biodiversité, ne bénéficient d'aucun statut de protection, mais pourraient être menacées par différentes activités anthropiques. J'ai identifié cinq menaces à l'intégrité écologique des tourbières à l'aide de rapports régionaux, d'un plan de conservation et d'articles scientifiques. Il ressort que l'agriculture intensive, la culture de canneberges et le drainage pour la foresterie, en tant qu'économies principales de la région, couplées aux routes et aux risques d'espèces exotiques envahissantes représentent des menaces à la biodiversité, notamment à la végétation, aux microbes et à la faune des tourbières, au cycle du carbone et au fonctionnement écologique de ces écosystèmes. Cette étude de cas a permis d'exposer les conséquences de certaines activités anthropiques et de comprendre que des dégradations des tourbières favorisent des dégradations subséquentes, telles que l'invasion par des espèces exotiques envahissantes.

CHAPITRE 3

DISCUSSION

Ce chapitre synthétise les différentes menaces présentées dans l'étude de cas. Une réflexion sur les solutions axées sur la conservation et la restauration est amenée, puis des pistes de gestion des intrants d'origine agricole entourant les tourbières sont proposées. Finalement, une discussion sur des manières d'appréhender les tourbières dans une optique de réciprocité et de responsabilité envers les autres espèces et les générations futures est exposée.

3.1 Synthèse des menaces

L'étude de cas présentée dans cet essai a démontré que les tourbières de Villeroy et de Sainte-Marie-de-Blandford, bien qu'épargnées d'une conversion vers des usages agricole, industriel ou de transport, subissent différentes pressions identifiées comme des menaces à leur intégrité écologique.

Premièrement, l'altération des communautés végétales est sans conteste la conséquence la plus marquée de tous les types de menaces. Principalement, la végétation particulière des tourbières ombrotrophes change lorsqu'elle est exposée à du drainage (par les cannebergières, l'agriculture et la sylviculture) et à un apport en nutriments et en polluants (par les cannebergières, l'agriculture et l'autoroute) ou à des plantes exotiques envahissantes. Ces changements dans la composition végétale peuvent perturber le cycle du carbone. Notamment, le remplacement des sphaignes par des plantes vascularisées risque de faire perdre aux tourbières une partie importante de leur capacité à stocker le carbone.

De plus, l'altération végétale représente un risque d'homogénéisation : en perdant les plantes spécifiques des tourbières, ces dernières perdent leur caractère unique et tendent à être dominées par des espèces généralistes (Pellerin *et al.*, 2023). Un des critères pour évaluer la pertinence de protection d'un écosystème et son importance pour la biodiversité est leur unicité écologique (Dubois *et al.*, 2020).

Les plantes exotiques envahissantes, modifiant elles aussi les communautés végétales des tourbières et risquant de réduire les habitats pour la faune, sont plus à risque de s'installer dans des tourbières drainées et enrichies par des nutriments. Le drainage, l'apport en nutriments et en polluants, l'altération végétale et la perturbation du cycle du carbone sont donc intimement liés. Cela met en évidence l'importance de tenir compte des impacts cumulatifs dans l'évaluation des menaces pesant sur des milieux naturels : plutôt que d'agir isolément, certaines pressions agissent de concert et se renforcent mutuellement.

Deuxièmement, les microbes du sol des tourbières, qui remplissent d'importantes fonctions de régulation de la chimie du sol, sont particulièrement affectés par la culture de canneberges et par les espèces exotiques envahissantes. Dans le cas des cannebergières, ce sont les perturbations du sol et de l'hydrologie par les producteurs qui altèrent les communautés microbiennes du sol. De même, les plantes exotiques envahissantes, telles que *Phragmites australis*, modifient elles-mêmes les communautés microbiennes du sol.

Troisièmement, un réchauffement des marges de la tourbière de Villeroy, une alcalinisation et une fragmentation de l'habitat pour la faune la fréquentant sont d'autres conséquences possibles de l'Autoroute 20. Les cannebergières, l'agriculture et la sylviculture représentent également des pertes nettes d'habitat pour la faune et la flore et contribuent à la fragmentation de ces derniers. Je m'y suis moins attardée dans cet essai, puisque ces phénomènes sont largement connus et non spécifiques aux tourbières. J'ai conservé la fragmentation comme conséquence des routes en raison de la particularité de la présence de l'Autoroute 20 traversant directement la bordure de la tourbière de Villeroy et affectant potentiellement la faune et la flore de cette tourbière.

Le tableau 3.1 présente une synthèse des menaces potentielles et de leurs conséquences associées sur les deux tourbières, à l'exception de l'Autoroute 20 dont les conséquences ne s'appliquent qu'à la tourbière de Villeroy.

Tableau 3.1. Synthèse des menaces et des conséquences sur les tourbières de Villeroy et de Sainte-Marie-de-Blandford

| | Conséquences | | Drainage | | | | | | |
|---------------------|---------------------|---|-----------------|---|---|---|---|---|---|
| Canneberges | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | |
| Agriculture | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | | | | |
| Sylviculture | ✓ | | ✓ | | ✓ | | | | |
| Autoroute 20 | | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ |
| | | | ✓ | ✓ | ✓ | | | ✓ | |

Source : Élia Auer, avril 2024.

3.2 Solutions

3.2.1 Conservation et restauration

À la lumière de la perte massive de milieux humides et de tourbières dans le sud du Québec et de ses nombreuses conséquences, il semble que la grande priorité est d'éviter la conversion des tourbières de Sainte-Marie-de-Blandford et de Villeroy en d'autres usages, qui se traduirait par une perte nette de milieux tourbeux. Ainsi, l'obtention d'un statut de conservation pour les deux tourbières serait décisive pour la pérennité de ces milieux. Il a été montré que la conservation est plus efficace en termes économiques et de préservation des fonctions écologiques que la réhabilitation ou la création de milieux humides (Corbin, 2023).

Toutefois, bien que la conservation soit souhaitable et nécessaire pour protéger les deux tourbières, un statut d'aire protégée peut s'avérer insuffisant pour faire face aux menaces identifiées dans cet

essai. Par exemple, une étude de Pasquet *et al.* (2014) a révélé que la végétation des tourbières dans des paysages fortement anthropisés, notamment par l'agriculture, peut substantiellement changer en moins de trente ans. Le drainage des marges des tourbières par les exploitations agricoles environnantes, provoquant un assèchement graduel du sol, se trouve parmi les raisons principales de changements dans la végétation. Il importe donc de faire des suivis réguliers de l'évolution de la végétation, puisqu'il s'agit « d'écosystèmes dynamiques », c'est-à-dire prompts aux changements. Selon l'étude, même si ces tourbières isolées dans un paysage densément agricole ont un statut de conservation, leur intégrité ne peut être préservée que si l'on gère leur protection activement : « l'implication plus large [des résultats de l'étude] est que la conservation des tourbières, principalement des tourbières ombrotrophes, dans des paysages fortement modifiés ne peut pas être dissociée de la restauration » (*trad. libre*, p.8). Cela implique donc qu'un statut de conservation peut être insuffisant pour assurer le maintien de ces écosystèmes et que ces derniers devraient activement être restaurés pour conserver leurs fonctions écologiques. Par exemple, la lutte contre les espèces exotiques envahissantes est une des stratégies de restauration employée dans différents milieux humides, dont le Boisé des terres noires dans Lanaudière, afin de favoriser la diversité biologique de la tourbière.

La restauration écologique peut être définie comme un « ensemble d'actions visant, à terme, à rétablir un caractère plus naturel à un écosystème dégradé ou artificialisé, en ce qui concerne sa composition, sa structure, sa dynamique et ses fonctions écologiques » (Limoges *et al.*, 2013, p. 23). Ainsi, une restauration continue des tourbières, visant à limiter les conséquences des différentes menaces identifiées dans cet essai, pourrait contribuer à préserver ou rétablir les dynamiques et les fonctions écologiques des deux tourbières. Toutefois, la restauration écologique est très onéreuse et complexe, demandant une main-d'œuvre substantielle (Holl et Aide, 2011). D'une part, le financement pour des actions de restauration pourrait notamment provenir du fonds québécois pour la restauration et la création de milieux humides, jusqu'ici très peu utilisé (Champagne, 2022) et en collaboration avec le projet Recherche et applications pour une restauration éclairée des milieux humides, piloté par des experts sur la question (Projet RARE, 2024). D'autre part, la mobilisation de citoyens bénévoles dans des activités de restauration serait favorable sur le plan financier, mais pourrait également encourager l'implication citoyenne et

l'appartenance aux tourbières, ainsi que l'envie de les protéger (Matagne, 2006 ; Buytaert *et al.*, 2014 ; Pearce-Higgins *et al.*, 2018).

Ainsi, le suivi de l'état des tourbières (p. ex : l'humidité, l'apport en nutriments, la végétation) et des activités de restauration, telle que la lutte contre d'éventuelles plantes envahissantes, pourraient être assurés par une forme de science participative. Cette dernière vise à acquérir une vaste base de données scientifiques en impliquant le public dans des activités de suivi, de conservation ou de restauration (Dias Da Silva *et al.*, 2017). L'apport du public pourrait être fortement complémentaire à celle des experts (Vereecken *et al.*, 2021), grâce à un savoir écologique local résultant de leurs observations et de leur expérience sur le terrain (Matagne, 2006 ; Thiel *et al.*, 2014). La présence de citoyens dans ces projets de suivi, de conservation et de restauration pourrait permettre une implication, une efficacité et une étendue autrement irréalisables (Downs *et al.*, 2021 ; Pearce-Higgins *et al.*, 2018).

3.2.2 Gestion des intrants

Parmi les menaces les plus marquées de la revue de littérature présentée, celles liées aux intrants agricoles et de la culture de canneberges sont particulièrement prononcées. La végétation des deux tourbières est menacée, entre autres, par l'apport en nutriments et en polluants. Parmi les solutions possibles, il serait pertinent d'élaborer un plan pour une meilleure gestion des intrants d'origine agricole et de cannebergières, afin de limiter les impacts sur les tourbières. Cette approche doit toutefois tenir compte des impacts sociaux et économiques sur les agriculteurs, un groupe social vivant déjà de fortes pressions réglementaires, économiques et climatiques (UPA, 2023). Dans le contexte des difficultés rencontrées par les agriculteurs québécois, l'imposition de nouvelles réglementations agricoles sans consultation et sans soutien financier ne semble pas souhaitable pour ce secteur. À l'inverse, des processus de coopération et un financement important dès le départ pourraient encourager des modifications dans la gestion des intrants afin de protéger davantage les tourbières.

Au Québec, les agriculteurs doivent se conformer au Règlement sur les exploitations agricoles de la Loi sur la qualité de l'environnement (chapitre Q-2, r. 26). Ce dernier les oblige à fournir un plan agroenvironnemental de fertilisation élaboré par un agronome, s'ils veulent utiliser des engrais. En

2022, le gouvernement du Québec a entamé une démarche de « modernisation » du Règlement en coopération avec différents acteurs du milieu agricole, municipal, professionnel et des groupes environnementaux et autochtones. Cela a mené à un règlement visant, entre autres, « un meilleur équilibre, au sein d'une entreprise agricole, entre les apports de phosphore des diverses matières fertilisantes utilisées et les besoins des plantes qui sont cultivées » (MELCCFP, 2022). Les limites de quantité d'engrais épandu par surface cultivée sont toutefois absentes du règlement; elles sont établies par les agronomes responsables des plans agroenvironnementaux de fertilisation.

Aux États-Unis, une recherche sur un modèle coopératif de réduction des apports de phosphore par les producteurs de canneberges a eu lieu (Mattson, 2015). Dans le contexte de perte de qualité de l'eau du lac White Island au Massachusetts, l'Université du Massachusetts, les producteurs de canneberges avec l'Association des producteurs de canneberges de Cape Cod, ainsi que la ville de Wareham – avec un soutien financier de l'Agence de protection environnementale des États-Unis – ont élaboré un plan de gestion du phosphore pour améliorer la qualité de l'eau du lac. Ils ont finalement instauré une limite maximale journalière d'épandage des engrais et des mesures d'atténuation des charges de phosphore, telles qu'une gestion des temps de décantation de l'eau dans les bassins avant d'être relâchée et un changement de la trajectoire de la décharge. Cela a eu pour conséquences une diminution importante des apports de phosphore dans le lac White Island et une amélioration de la qualité de l'eau. Les producteurs, initialement opposés au projet, ont finalement adhéré après plusieurs années d'implication et d'études montrant que la productivité des cannebergières ne diminuait pas avec un apport réduit en phosphore, ainsi que d'importantes subventions de l'Agence de protection environnementale des États-Unis.

Cet exemple montre que des modifications dans les pratiques et la réglementation agricoles sont possibles lorsqu'elles sont accompagnées d'une implication des producteurs agricoles et de leurs associations et syndicats, tels que, au Québec, l'Union des producteurs agricoles et l'Association des producteurs de canneberges du Québec, et d'un financement important.

Une autre solution possible serait d'étendre la réglementation sur les bandes riveraines aux tourbières. Une bande riveraine est une parcelle de végétation laissée intacte longeant un cours d'eau. Elle remplit de nombreuses fonctions écologiques, dont la rétention des nutriments et des contaminants, la stabilisation des berges, la régulation de la température de l'eau et des habitats

pour la biodiversité (MELCCFP, s.-d.). Au niveau réglementaire, « en milieu agricole, la bande riveraine correspond minimalement à une largeur de 3 mètres mesurée horizontalement à partir de la ligne des hautes eaux d'un cours d'eau ou d'un lac » (UPA, 2021). Il serait intéressant de conserver une bande riveraine aux extrémités des exploitations agricoles aux pourtours des tourbières, afin de limiter l'exportation de nutriments et de polluants dans celles-ci.

Il s'agit toutefois d'un enjeu complexe, puisque la bande riveraine, dans le règlement existant, n'est déjà souvent pas respectée et qu'il existe de nombreuses contraintes liées aux terres agricoles. Notamment, la volonté ou la possibilité de conserver une bande riveraine peut être limitée par la perte d'espace de culture, un manque d'espace pour faire circuler la machinerie si des bandes riveraines sont intégrées (certains espaces sont trop étroits), ainsi qu'un manque d'incitatifs économiques à conserver une bande riveraine.

3.3 Appréhender les tourbières

Cette section amène une réflexion sur les manières de se relier aux tourbières et à l'environnement, ainsi que sur les possibilités de changements. Selon Chimner *et al.* (2016), en plus des incitatifs économiques, « les tourbières sont aussi restaurées en raison de changements dans la philosophie de l'usage des terres et de leur gestion » (*trad. libre*, p.289). Selon ces auteurs, les changements dans la façon d'appréhender les tourbières viennent de la réalisation scientifique, citoyenne et gouvernementale de l'importance de ces milieux. Il semble donc nécessaire de réfléchir au rapport qu'on entretient avec les tourbières et, plus largement, au monde naturel.

D'abord, il apparaît peu surprenant que les études sur les pertes historiques de tourbières et des milieux humides prennent la colonisation européenne du territoire comme point de départ de la destruction (p. ex : Pellerin et Poulin, 2013). Les historiens de la destruction l'ont bien compris : le processus colonial – encore actif aujourd'hui – implique un accaparement et un contrôle des terres. À l'opposé, des auteurs autochtones tels que la botaniste potawatomi de la nation anishnaabeg Robin Wall Kimmerer (2021) mettent de l'avant une vision d'égalité par rapport aux différents êtres qui habitent la terre. Selon Wall Kimmerer, nous devons reconnaître que nous avons une responsabilité envers la terre : celle de la protéger et d'en prendre soin. À l'opposé de la hiérarchie occidentale où les humains sont au sommet de la pyramide et les plantes sont à la base,

nous devrions prendre exemple des plantes et des autres espèces puisque certaines ont été sur Terre depuis bien plus longtemps que les humains. Elles sont donc « plus adaptées » à la vie, nous offrant « des outils pour appréhender le monde » (p.78). Selon l’auteure, les adaptations évolutives des plantes sont étonnamment proches des besoins humains. Elle remarque d’ailleurs que dans certaines langues autochtones, le terme « plantes » signifie « celles qui prennent soin de nous ». Selon elle, « certaines espèces nous aident et nous guident », nous avons donc la responsabilité de leur rendre la pareille et les protéger contre ce qui les menace (p.212). Cet essai montre comment les sphaignes sont menacées par le drainage et un apport trop élevé en nutriments. Les sphaignes nous aident grandement : elles contribuent à rafraîchir les tourbières, en faisant d’elles des îlots de fraîcheur, et permettent le stockage du carbone, contribuant à atténuer les changements climatiques. Dans la vision exprimée par Wall Kimmerer, nous aurions la responsabilité de protéger cette espèce contre ce qui la menace et de la laisser nous guider, nous aider à appréhender le monde.

Ensuite, selon l’anthropologue américaine Anna Lowenhaupt Tsing (2022), de nombreux enjeux écologiques, tels que l’invasion d’espèces exotiques envahissantes, sont le résultat d’une inattention intentionnelle. Selon elle, on connaît depuis de nombreuses années le problème des EEE, mais on n’agit pas à la source : les échanges internationaux, le relâchement des eaux par les bateaux, le relâchement d’espèces exotiques en nature, le système de monoplantations, etc. Comme il a été constaté dans cet essai, les tourbières sont à risque d’invasion par les EEE en raison des activités anthropiques environnantes, les rendant susceptibles à des dégradations. Selon Tsing, les problèmes écologiques auxquels nous faisons face aujourd’hui sont, entre autres, la conséquence d’une dévalorisation de l’attention au profit de la vitesse, de la productivité. Pour elle, l’attention est une présence au monde, elle est au cœur de l’élan à prendre soin des autres et de l’environnement. Selon Tsing, les humains, en tant que partie intégrante de la nature, font partie d’un tissu interconnecté de relations. En son sein, l’attention et le soin sont nécessaires à la viabilité, à la pérennité du monde qu’elle nomme « l’habitabilité », c’est-à-dire les conditions qui rendent le monde habitable pour tous les êtres. Le concept de durabilité, employé par les économistes et les écologistes, est plutôt, pour elle, la “*sustain-ability*”, c’est-à-dire la capacité de soutenir la vie. Cette capacité découle des actions d’une multitude d’espèces, travaillant à rendre le monde habitable.

Ainsi, dans la perspective d’appréhender les tourbières de manière durable au sens de Tsing et de Wall Kimmerer, il semble judicieux de mettre au centre des orientations sociétales, des philosophies où la base des actions est de maintenir et de rendre le monde habitable. Selon Wall Kimmerer, pour guider nos actions, nous devrions nous assurer de laisser le monde intact ou dans un meilleur état pour les sept générations à venir. Les tourbières nous rendent d’incommensurables services et assurent d’indispensables fonctions écologiques, nous avons comme devoir de les protéger, elles et les espèces qui les habitent. L’une des pistes essentielles est alors de reconnaître et de ressentir que nous faisons partie d’un réseau de relations avec les espèces humaines et non humaines et que nous avons la responsabilité d’en prendre soin.

De telles visions mettent en évidence qu’un changement dans les manières d’appréhender les tourbières et le monde naturel est possible, et qu’il passe par le lien qu’on entretient avec les autres. Dans une entrevue au sujet de la dégradation de l’environnement et l’avenir, Tsing (2024) affirme : « Je pense que nous n’avons pas d’autre choix que d’essayer de faire de notre mieux pour vivre avec les autres et aller de l’avant. [...] Pour moi, aller de l’avant signifie en partie raconter des histoires vraiment terribles sur ce qui se passe dans le monde ». Ainsi, nommer et analyser les menaces qui pèsent sur des écosystèmes peut représenter un pas vers l’avant. Dans la même entrevue, la biologiste et philosophe Donna Haraway (2024) affirme « [qu’] il n’y aura pas de retour à un espace et un temps pleinement réparé. Pour autant, il peut y avoir des restaurations, des restitutions, des reconstructions, et l’inclusion de nouveaux êtres qui arrivent dans le monde [...] ».

Ces réflexions sont utiles pour lutter contre un sentiment d’impuissance et un certain immobilisme face aux dégradations environnementales. Tout comme les plantes, ces philosophies peuvent nous donner confiance et nous guider.

CONCLUSION

Cet essai avait comme objectifs d'identifier les menaces pesant sur la Grande tourbière de Villeroy et sur la tourbière de Sainte-Marie-de-Blandford, d'analyser les conséquences possibles de ces menaces sur l'écosystème des deux tourbières et de proposer des solutions, en réfléchissant notamment aux manières d'appréhender les tourbières. À partir d'une approche par étude de cas, l'essai a soulevé cinq grandes menaces et leurs conséquences possibles : les cannebergières, l'agriculture intensive, le drainage forestier, les routes et les espèces exotiques envahissantes. Il en ressort que les conséquences les plus marquées de ces menaces sont l'altération végétale et microbienne du sol, la perturbation du cycle du carbone, la fragmentation et la perte d'habitats fauniques, le réchauffement du sol et l'alcalinisation. Puisque les différentes conséquences identifiées n'agissent pas isolément, il importera de tenir compte des impacts cumulatifs dans les futurs plans de gestion de ces milieux, s'il y a lieu.

Cet essai s'est limité à identifier et analyser cinq menaces, tandis qu'il en existe d'autres. Notamment, la destruction de milieux humides autorisée par le gouvernement du Québec pour le développement industriel et résidentiel dans la région de Bécancour, récemment nommée la « Vallée de la transition énergétique » (Vallée de la transition énergétique, 2025 ; Lamothe, 2024) pourrait-elle également viser des tourbières? Une autre menace qui aurait pu être abordée est celle des changements climatiques, risquant de provoquer, entre autres, un grave assèchement des tourbières au sud du Canada, une libération de CO₂ et de méthane, entraînant une boucle de rétroaction positive (Tarnocai, 2009).

Au niveau des solutions, il apparaît que la conservation des deux tourbières est une avenue prioritaire, mais qu'elle devrait également être couplée à des suivis préventifs et de possibles travaux de restauration en cas de dégradations. Une gestion alternative des intrants agricoles, en particulier des engrais, en coopération avec les producteurs agricoles et de canneberges, afin de limiter les impacts sur les tourbières est souhaitable. Également, le maintien et l'installation de bandes riveraines autour des tourbières sont des avenues pour limiter les impacts des intrants d'origine agricole, notamment en filtrant une partie de ces derniers.

Enfin, différentes manières de se lier aux tourbières sont possibles. À travers une attention particulière et une présence au monde, un soin envers les espèces et une reconnaissance de leur importance s'ouvrent des possibilités de changements. Tandis que les sphaignes et les autres espèces des tourbières prennent soin de nous, en nous offrant fraîcheur, en filtrant l'eau et en contribuant à limiter les changements climatiques, nous devrions à notre tour prendre soin d'elles, les protéger contre ce qui les menace. Connaître, nommer ce qui les met à risque, se lier et partager des histoires sur les tourbières sont des pas vers leur protection.

BIBLIOGRAPHIE

- Andras, J. P., Rodriguez-Reillo, W. G., Truchon, A., Blanchard, J. L., Pierce, E. A. et Ballantine, K. A. (2020). Rewilding the small stuff: the effect of ecological restoration on prokaryotic communities of peatland soils. *FEMS Microbiology Ecology*, 96(10).
<https://doi.org/10.1093/femsec/fiaa144>
- Association des Producteurs de Canneberges du Québec (APCQ). (s.-d.). *Culture : Travaux saisonniers*. Notre canneberge.
<http://www.notrecanneberge.com/Contenu/SousPage/Canneberges/Culture/Travaux-saisonniers>
- Avard, K., Larocque, M. et Pellerin, S. (2013). Perturbations des tourbières de la région de Bécancour, Centre-du-Québec, entre 1966 et 2010. *Le Naturaliste canadien*, 137(1), 8-15.
<https://doi.org/10.7202/1013184ar>
- Batzer, D., Wu, H., Wheeler, T. et Eggert, S. (2016). Peatland Invertebrates. Dans D. Batzer et D. Boix (dir.), *Invertebrates in Freshwater Wetlands* (p. 219-250). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24978-0_7
- Beaulne, J., Garneau, M., Magnan, G. et Boucher, É. (2021). Peat deposits store more carbon than trees in forested peatlands of the boreal biome. *Scientific Reports*, 11(1), 2657.
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-82004-x>
- Signal, K. L., Ashmore, M. R., Headley, A. D., Stewart, K. et Weigert, K. (2007). Ecological impacts of air pollution from road transport on local vegetation. *Applied Geochemistry*, 22(6), 1265-1271. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2007.03.017>
- Blais, A. et Poisson, M.-C. (2021). *Noyaux d'intérêt de conservation de la biodiversité au Centre-du-Québec dans les Basses-terres du Saint-Laurent*. Conseil régional de l'environnement du Centre-du-Québec. https://crecq.qc.ca/wp/wp-content/uploads/2022/09/Noyaux-dinteret-de-conservation_CRECCQ-1.pdf
- Bonny, S. (2011). Ecologically intensive agriculture: Nature and challenges. *Cahiers Agricultures*, 20(6), 451-462. <https://doi.org/10.1684/agr.2011.0526>
- Buytaert, W., Zulkafli, Z., Grainger, S., Acosta, L., Alemie, T. C., Bastiaensen, J., De Bièvre, B., Bhusal, J., Clark, J., Dewulf, A., Foggin, M., Hannah, D. M., Hergarten, C., Isaeva, A., Karpouzoglou, T., Pandeya, B., Paudel, D., Sharma, K., Steenhuis, T., ... Zhumanova, M. (2014). Citizen science in hydrology and water resources: opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development. *Frontiers in Earth Science*, 2. <https://doi.org/10.3389/feart.2014.00026>
- Calmé, S. et Desrochers, A. (2000). Biogeographic aspects of the distribution of bird species breeding in Québec's peatlands. *Journal of Biogeography*, 27(3), 725-732.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2000.00434.x>

- Canards illimités Canada. (2006). *Plan de conservation des milieux humides et de leurs terres hautes adjacentes de la région administrative du Centre-du-Québec*. PRCMH.
https://www.ducks.ca/assets/2021/01/PRCMH_R17_CEQC_2006_portrait_texte.pdf
- Champagne, É.-P. (2022, 7 octobre). Compensations pour la destruction de milieux humides: Près de 100 millions dorment à Québec. *La Presse*, Environnement.
<https://www.lapresse.ca/actualites/environnement/2022-10-07/compensations-pour-la-destruction-de-milieux-humides/pres-de-100-millions-dorment-a-quebec.php>
- Chapin, F. S., Callaghan, T. V., Bergeron, Y., Fukuda, M., Johnstone, J. F., Juday, G. et Zimov, S. A. (2004). Global Change and the Boreal Forest: Thresholds, Shifting States or Gradual Change? *Ambio*, 33(6), 361-365.
- Chapin III, F. S., Zavaleta, E. S., Eviner, V. T., Naylor, R. L., Vitousek, P. M., Reynolds, H. L., Hooper, D. U., Lavorel, S., Sala, O. E., Hobbie, S. E., Mack, M. C. et Díaz, S. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405(6783), 234-242.
<https://doi.org/10.1038/35012241>
- Chimner, R., Cooper, D., Wurster, F. et Rochefort, L. (2016). An overview of peatland restoration in North America: Where are we after 25 years? *Restoration Ecology*, 25.
<https://doi.org/10.1111/rec.12434>
- Coffin, A. W. (2007). From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, 15(5), 396-406.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006>
- Commissaire au développement durable. (2023). *Rapport du Vérificateur général du Québec à l'Assemblée nationale pour l'année 2022-2023*.
https://www.vgq.qc.ca/Fichiers/Publications/rapport-cdd/202/cdd_avril2023_complet_web.pdf
- Corbin, M.-È. (2023). *Wetland Construction Is Not an Effective Strategy to Mitigate the Loss of Biodiversity and Habitat of Canadian Wetlands*. [Mémoire de maîtrise, Université d'Ottawa]. https://mysite.science.uottawa.ca/gblouin/theses/thesis_2023_Corbin.pdf
- CPTAQ. (2020). *Rapport annuel de gestion 2019-2020*. Commission de protection du territoire agricole du Québec, Gouvernement du Québec.
<https://www.cptaq.gouv.qc.ca/fileadmin/la-commission/publications/rapports-annuels/cptaq-rag-2019-2020.pdf>
- CRECQ. (2006). *Projet de protection et de mise en valeur de la Grande tourbière de Villeroy*.
https://municipalitevilleroy.ca/wp-content/uploads/2018/06/plan_conservation_tourbiere_villeroy.pdf
- CRECQ. (2021). *Plan régional des milieux humides, hydriques et naturels de la MRC de L'Érable*. Conseil régional de l'environnement du Centre-du-Québec pour la MRC de L'Érable. https://crecq.qc.ca/wp/wp-content/uploads/2021/11/PRMHH_Erable_28092021.pdf

- De Vriendt, L., Lemay, M.-A., Jean, M., Renaut, S., Pellerin, S., Joly, S., Belzile, F. et Poulin, M. (2016). Population isolation shapes plant genetics, phenotype and germination in naturally patchy ecosystems. *Journal of Plant Ecology*, rtw071. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtw071>
- Dias Da Silva, P., Heaton, L. et Millerand, F. (2017). Dossier : Des recherches participatives dans la production des savoirs liés à l'environnement – Une revue de littérature sur la « science citoyenne » : la production de connaissances naturalistes à l'ère numérique. *Natures Sciences Sociétés*, 25(4), 370-380. <https://doi.org/10.1051/nss/2018004>
- Downs, R. R., Ramapriyan, H. K., Peng, G. et Wei, Y. (2021). Perspectives on Citizen Science Data Quality. *Frontiers in Climate*, 3, 615032. <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.615032>
- Dubois, R., Proulx, R. et Pellerin, S. (2020). Ecological uniqueness of plant communities as a conservation criterion in lake-edge wetlands. *Biological Conservation*, 243, 108491. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108491>
- Environnement et Changement climatique Canada et Fédération canadienne de la faune. (2013). *Les Tourbières du Canada*. <https://www.hww.ca/fr/espaces-sauvages/les-tourbieres-du-canada.html>
- Forget, É. et Lajeunesse, S. (2001). Étude écosystémique: cas du secteur 103 de la zone portuaire de Montréal. *Vertigo*, 2(1). <https://doi.org/10.4000/vertigo.4065>
- Fossey, M. et Rousseau, A. N. (2016). Assessing the long-term hydrological services provided by wetlands under changing climate conditions: A case study approach of a Canadian watershed. *Journal of Hydrology*, 541, 1287-1302. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.08.032>
- Gallé, R., Samu, F., Zsigmond, A.-R., Gallé-Szpisjak, N. et Urák, I. (2019). Even the smallest habitat patch matters: on the fauna of peat bogs. *Journal of Insect Conservation*, 23(4), 699-705. <https://doi.org/10.1007/s10841-019-00164-8>
- Garrison, P. J. et Fitzgerald, S. A. (2005). The role of shoreland development and commercial cranberry farming in a lake in Wisconsin, USA. *Journal of Paleolimnology*, 33(2), 169-188. <https://doi.org/10.1007/s10933-004-3990-4>
- Gogo, S., Laggoun-Défarge, F., Delarue, F. et Lottier, N. (2011). Invasion of a Sphagnum-peatland by *Betula* spp and *Molinia caerulea* impacts organic matter biochemistry. Implications for carbon and nutrient cycling. *Biogeochemistry*, 106(1), 53-69. <https://doi.org/10.1007/s10533-010-9433-6>
- Gouvernement du Canada. (2019). *L'intégrité écologique*. Agence Parcs Canada. <https://parcs.canada.ca/nature/science/conservation/ie-ei>
- Gouvernement du Québec. (2022). *Débit de circulation*. Données Québec. <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/debit-de-circulation/resource/e876be7b-c983-4461-a6e0-dca532922f7e>

- GROBEC. (2023). *Plan régional des milieux humides et hydriques de la MRC de Bécancour*. <https://d12oqns8b3bfa8.cloudfront.net/mrc-becancour/PLAN-REGIONAL-DES-MILIEUX-HUMIDES-ET-HYDRIQUES-PORTRAIT-2023-06-07.pdf?v=1686575561>
- Hade, André. (2002). *Nos lacs: les connaître pour mieux les protéger*. (2e éd.). Fides.
- Howe, R. W., Regal, R. R., Hanowski, J., Niemi, G. J., Danz, N. P. et Smith, C. R. (2007). An Index of Ecological Condition Based on Bird Assemblages in Great Lakes Coastal Wetlands. *Journal of Great Lakes Research*, 33, 93-105. [https://doi.org/10.3394/0380-1330\(2007\)33\[93:AIOECB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3394/0380-1330(2007)33[93:AIOECB]2.0.CO;2)
- Hudon, C., Jean, M. et Létourneau, G. (2018). Temporal (1970–2016) changes in human pressures and wetland response in the St. Lawrence River (Québec, Canada). *Science of The Total Environment*, 643, 1137-1151. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.080>
- IPBES. (2021). *Scientific outcome of the IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5101125>
- Jorgensen, E. E. et Nauman, L. E. (1994). Disturbance in Wetlands Associated with Commercial Cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) Production. *American Midland Naturalist*, 132(1), 152. <https://doi.org/10.2307/2426209>
- Junk, W. J., Brown, M., Campbell, I. C., Finlayson, M., Gopal, B., Ramberg, L. et Warner, B. G. (2006). The comparative biodiversity of seven globally important wetlands: a synthesis. *Aquatic Sciences*, 68(3), 400-414. <https://doi.org/10.1007/s00027-006-0856-z>
- Kimmerer, R. W. (2021). *Tresser les herbes sacrées: sagesse ancestrale, science et enseignements des plantes*. Le Lotus & l'éléphant.
- Kopeć, D., Sabat-Tomala, A., Michalska-Hejduk, D., Jarocińska, A. et Niedzielko, J. (2020). Application of airborne hyperspectral data for mapping of invasive alien *Spiraea tomentosa* L.: a serious threat to peat bog plant communities. *Wetlands Ecology and Management*, 28(2), 357-373. <https://doi.org/10.1007/s11273-020-09719-y>
- Lachance, D., Fortin, G. et Dufour Tremblay, G. (2021). *Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional*. MELCCFP, Direction adjointe de la conservation des milieux humides. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rives/guide-identif-dellimit-milieux-humides.pdf>
- Lamothe, M. (2024, 2 février). Parc industriel de Bécancour : Cinq fois plus de milieux protégés, malgré la filière batterie. *Le Soleil*. <https://www.lesoleil.com/actualites/actualites-locales/2024/02/02/parc-industriel-de-becancour-bientot-cinq-fois-plus-de-milieux-proteges-malgre-la-filiere-batterie-A7TRBLLUBRG5LAUQWGYRD3GF6A/>
- Larocque, M., Colpron-Tremblay, J. et Lavoie, M. (2013). *Écohydrologie de la Grande tourbière de Villeroy* [Rapport de recherche]. UQAM, Université Laval, Centre d'études nordiques. <https://archipel.uqam.ca/7938/>

- Lázaro-Lobo, A. et Ervin, G. N. (2021). Wetland Invasion: a Multi-Faceted Challenge during a Time of Rapid Global Change. *Wetlands*, 41(5), 64. <https://doi.org/10.1007/s13157-021-01462-1>
- Li, X., Talbot, J., King, J. et Wang, M. (2023). Effects of road dust on vegetation composition and surface chemistry of three ombrotrophic peatlands in eastern Canada. *Geoderma*, 439, 116665. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116665>
- Limoges, B., Boisseau, G., Gratton, L. et Kasisi, R. (2013). Terminologie relative à la conservation de la biodiversité in situ. *Le Naturaliste canadien*, 137(2), 21-27. <https://doi.org/10.7202/1015490ar>
- Loisel, J., Yu, Z., Beilman, D. W., Camill, P., Alm, J., Amesbury, M. J., Anderson, D., Andersson, S., Bochicchio, C., Barber, K., Belyea, L. R., Bunbury, J., Chambers, F. M., Charman, D. J., De Vleeschouwer, F., Fiałkiewicz-Kozieł, B., Finkelstein, S. A., Gałka, M., Garneau, M., ... Zhou, W. (2014). A database and synthesis of northern peatland soil properties and Holocene carbon and nitrogen accumulation. *The Holocene*, 24(9). <https://doi.org/10.1177/0959683614538073>
- Loiselle, A., Proulx, R., Larocque, M. et Pellerin, S. (2023). Synergies and trade-offs among ecosystems functions and services for three types of lake-edge wetlands. *Ecological Indicators*, 154, 110547. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110547>
- Maljanen, M., Sigurdsson, B. D., Guðmundsson, J., Óskarsson, H., Huttunen, J. T. et Martikainen, P. J. (2010). Greenhouse gas balances of managed peatlands in the Nordic countries – present knowledge and gaps. *Biogeosciences*, 7(9). <https://doi.org/10.5194/bg-7-2711-2010>
- MAPAQ. (2023). *Canneberge*. Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec. <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/centreduquebec/occasionscroissance/Pages/Canneberge.aspx>
- Marmorek, D. R., British Columbia Ministry of Environment, L., and Parks, British Columbia Ministry of Forests et Canada Environment Canada. (1993). *Towards an ecosystem approach in British Columbia: results of a workshop on ecosystem goals and objectives*. Environment Canada : British Columbia Ministry of Environment, Lands and Parks : British Columbia Ministry of Forests.
- Matagne, P. (2006). « Les sciences citoyennes. Vigilance collective et rapport entre profane et scientifique dans les sciences naturalistes »: Compte rendu de colloque (Saint-Étienne, 13-14 janvier 2005). *Natures Sciences Sociétés*, 14(4), 425-427. <https://doi.org/10.1051/nss:2007012>
- Mattson, M. D. (2015). Managing phosphorus loads from agricultural cranberry bogs to restore White Island Pond. *Lake and Reservoir Management*, 31(4), 281-291. <https://doi.org/10.1080/10402381.2015.1079754>

- MELCCFP. (2021). *Guide d'élaboration d'un projet de restauration ou de création de milieux humides et hydriques*. <https://environnement.gouv.qc.ca/eau/milieux-humides/guide-elaboration-projet-restauration-creation-milieux-humideshydriques.pdf>.
- MELCCFP. (2022). *Québec lance une démarche de modernisation du Règlement sur les exploitations agricoles, en partenariat avec le milieu*. Gouvernement du Québec. <https://www.quebec.ca/nouvelles/actualites/details/quebec-lance-une-demarche-de-modernisation-du-reglement-sur-les-exploitations-agricoles-en-partenariat-avec-le-milieu-40508>
- MELCCFP. (2023). *Le roseau commun - Espèces exotiques envahissantes*. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/roseau-commun/index.htm>
- MELCCFP. (s. d.). *Espèces exotiques envahissantes (EEE)*. Biodiversité. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/index.asp>
- MELCCFP. (s.-d.). *Fonctions écologiques de la bande riveraine*. Indice de la qualité de la bande riveraine (IQBR). https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/iqbr/fonctions.htm
- Messier, F. (2017). *Évaluation de méthodes de lutte aux plantes envahissantes en tourbière: les cas de la quenouille et du roseau* [Mémoire de maîtrise, Université Laval]. <https://www.phragmites.crad.ulaval.ca/wp-content/uploads/2022/06/33408.pdf>
- Montanarella, L., Pennock, D., McKenzie, N., Alavipanah, S. K., Alegre, J., AlShankiti, A., Arrouays, D., Aulakh, M. S., Badraoui, M., Baptista, I., Black, H., Arbestain, M. C., Chude, V., Hempel, J., Henriquez, C. R., Hong, S. Y., Krasilnikov, P., Mamo, T., Mendonça-Santos, M. de L., ... Finka, M. (2016). État des ressources en sols du monde : Résumé technique. *Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture*, 92. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1e99778c-c797-4429-a253-7d5c5721dd36/content>
- Moore, P. D. (2002). The future of cool temperate bogs. *Environmental Conservation*, 29(1), 3-20. <https://doi.org/10.1017/S0376892902000024>
- Moore, T. R., Large, D., Talbot, J., Wang, M. et Riley, J. L. (2018). The Stoichiometry of Carbon, Hydrogen, and Oxygen in Peat. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 123(10), 3101-3110. <https://doi.org/10.1029/2018JG004574>
- Mucchielli, R. (1993). *La méthodes des cas* (8ème édition). Eyrolles. <https://www.eyrolles.com/Loisirs/Livre/la-methodes-des-cas-9782710109907/>
- Ohlson, M., Økland, R. H., Nordbakken, J.-F. et Dahlberg, B. (2001). Fatal Interactions between Scots Pine and Sphagnum Mosses in Bog Ecosystems. *Oikos*, 94(3), 425-432.

- ONU. (2022). *Convention sur la diversité biologique*. COP15. <https://www.cbd.int/doc/c/09f7/b86c/c90f54a67c2d4ea17297d93d/cop-15-17-fr.pdf>
- Ovenden, L. (1998). Peat Accumulation in Northern Wetlands. *Geological Survey of Canada, Quaternary Research*, 33(3). [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(90\)90063-Q](https://doi.org/10.1016/0033-5894(90)90063-Q)
- Parc régional de la rivière Gentilly. (s.-d.). *Tourbière*. Parc régional de la rivière Gentilly. <https://rivieregentilly.com/activite/tourbiere/>
- Pasquet, S., Pellerin, S. et Poulin, M. (2014). Three decades of vegetation changes in peatlands isolated in an agricultural landscape. *Applied Vegetation Science*, 18(2). <https://doi.org/10.1111/avsc.12142>
- Pearce-Higgins, J. W., Baillie, S. R., Boughey, K., Bourn, N. A. D., Foppen, R. P. B., Gillings, S., Gregory, R. D., Hunt, T., Jiguet, F., Lehtikoinen, A., Musgrove, A. J., Robinson, R. A., Roy, D. B., Siriwardena, G. M., Walker, K. J. et Wilson, J. D. (2018). Overcoming the challenges of public data archiving for citizen science biodiversity recording and monitoring schemes. *Journal of Applied Ecology*, 55(6), 2544-2551. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13180>
- Pellerin, S., Gratton, C., Lavoie, M. et Poulin, M. (2023). Différenciation biotique et perte de plantes de milieux humides dans les tourbières ombrotrophes boisées. *Le Naturaliste canadien*, 147(2), 57-68. <https://doi.org/10.7202/1105485ar>
- Pellerin, S. et Lavoie, C. (2003). Reconstructing the recent dynamics of mires using a multitechnique approach. *Journal of Ecology*, 91(6), 1008-1021. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2003.00834.x>
- Pellerin, S., Lavoie, M. et Talbot, J. (2021). Rapid broadleaved encroachment in a temperate bog induces species richness increase and compositional turnover. *Écoscience*, 28(3-4), 283-300. <https://doi.org/10.1080/11956860.2021.1907976>
- Pellerin, S. et Poulin, M. (2013, 18 avril). *Analyse de la situation des milieux humides au Québec et recommandations à des fins de conservation et de gestion durable*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rives/analyse-situation-milieux-humides-recommandations.pdf>
- Pinceloup, N., Poulin, M., Brice, M.-H. et Pellerin, S. (2020). Vegetation changes in temperate ombrotrophic peatlands over a 35 year period. *PLOS ONE*, 15(2), e0229146. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229146>
- Poulin, M., Rochefort, L., Pellerin, S. et Thibault, J. (2004). Threats and protection for peatlands in Eastern Canada. *Géocarrefour*, 79(4). <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.875>
- Projet RARE. (2024, 27 février). *À propos*. Projet RARE. <https://www.projetrare.ca/about-1>

- Pugh, A. L., Norton, S. A., Schaufli, M., Jacobson, G. L., Kahl, J. S., Brutsaert, W. F. et Mason, C. F. (1996). Interactions between peat and salt-contaminated runoff in Alton Bog, Maine, USA. *Journal of Hydrology*, 182(1), 83-104. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(95\)02934-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(95)02934-6)
- Rubin, R. L., Ballantine, K. A., Hegberg, A. et Andras, J. P. (2021). Flooding and ecological restoration promote wetland microbial communities and soil functions on former cranberry farmland. *PLOS ONE*, 16(12), e0260933. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260933>
- Rudrappa, T., Bonsall, J., Gallagher, J. L., Seliskar, D. M. et Bais, H. P. (2007). Root-secreted allelochemical in the noxious weed *Phragmites australis* deploys a reactive oxygen species response and microtubule assembly disruption to execute rhizotoxicity. *Journal of Chemical Ecology*, 33(10), 1898-1918. <https://doi.org/10.1007/s10886-007-9353-7>
- Saraswati, S. et Strack, M. (2019). Road Crossings Increase Methane Emissions From Adjacent Peatland. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 124(11). <https://doi.org/10.1029/2019JG005246>
- Säurich, A., Tiemeyer, B., Don, A., Fiedler, S., Bechtold, M., Amelung, W. et Freibauer, A. (2019). Drained organic soils under agriculture — The more degraded the soil the higher the specific basal respiration. *Geoderma*, 355(113911). <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113911>
- Scharlemann, J. P., Tanner, E. V., Hiederer, R. et Kapos, V. (2014). Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon Management*, 5(1), 81-91. <https://doi.org/10.4155/cmt.13.77>
- Spitzer, K. et Danks, H. V. (2006). Insect biodiversity of Boreal peat bogs. *Annual Review of Entomology*, 51(1), 137-161. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151036>
- Tarnocai, C. (2009). The Impact of Climate Change on Canadian Peatlands. *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, 34(4), 453-466. <https://doi.org/10.4296/cwrj3404453>
- Thiel, M., Penna-Díaz, M. A., Luna-Jorquera, G., Salas, S., Sellanes, J. et Stotz, W. (2014). Citizen Scientists and Marine Research: Volunteer Participants, Their Contributions, and Projection for the Future. Dans R. N. Hughes, D. J. Hughes et I. P. Smith (dir.), *Oceanography and Marine Biology* (257-314). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b17143-6>
- Tiemeyer, B., Albiac Borraz, E., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer, C., Drösler, M., Ebli, M., Eickenscheidt, T., Fiedler, S., Förster, C., Freibauer, A., Giebels, M., Glatzel, S., Heinichen, J., Hoffmann, M., Höper, H., Jurasinski, G., Leiber-Sauheitl, K., ... Zeitz, J. (2016). High emissions of greenhouse gases from grasslands on peat and other organic soils. *Global Change Biology*, 22(12). <https://doi.org/10.1111/gcb.13303>

- Tomassen, H. B. M., Smolders, A. J. P., Limpens, J., Lamers, L. P. M. et Roelofs, J. G. M. (2004). Expansion of invasive species on ombrotrophic bogs: desiccation or high N deposition? *Journal of Applied Ecology*, 41(1). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2004.00870.x>
- Tsing, A. L. (2022). *Proliférations*. Wildproject. <https://wildproject.org/livres/proliférations>
- Tsing, A. L. et Haraway, D. (2024, 23 février). *Conversation sur la Plantation*. Terrestres. <https://www.terrestres.org/2024/02/23/lerc-de-la-monoculture-et-de-la-standardisation-conversation-sur-la-plantation/>
- UNESCO. (1971). *The Convention on Wetlands*. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/original_1971_convention_e.pdf
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2023). *GAR Special Report: Measuring Resilience for the Sustainable Development Goals*. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR). <http://www.undrr.org/gar2023sr>
- UPA. (2021). Règlement sur les exploitations agricoles. https://www.upa.qc.ca/fileadmin/01_UPA_provincial/Prod_Outils_ressources/PDZA/LOI-06-REA.pdf 2021.
- UPA. (2023). Manifeste. https://www.upa.qc.ca/fileadmin/01_UPA_provincial/Congres/2023/2023-12-06_Manifeste.pdf
- Vallée de la transition énergétique. (2025). Vallée de la transition énergétique. <https://zivte.com/>
- Vereecken, N. J., Weekers, T., Marshall, L., D'Haeseleer, J., Cuypers, M., Pauly, A., Pasau, B., Leclercq, N., Tshibungu, A., Molenberg, J. et De Greef, S. (2021). Five years of citizen science and standardised field surveys in an informal urban green space reveal a threatened Eden for wild bees in Brussels, Belgium. *Insect Conservation and Diversity*, 14(6). <https://doi.org/10.1111/icad.12514>
- Villa, J. A. et Bernal, B. (2018). Carbon sequestration in wetlands, from science to practice: An overview of the biogeochemical process, measurement methods, and policy framework. *Ecological Engineering*, 114, 115-128. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.037>
- Wang, H., García Molinos, J., Heino, J., Zhang, H., Zhang, P. et Xu, J. (2021). Eutrophication causes invertebrate biodiversity loss and decreases cross-taxon congruence across anthropogenically-disturbed lakes. *Environment International*, 153(106494). <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106494>
- Wentzell, B. M., DeVito, E. D. et Shebitz, D. J. (2021). Effects of restoration strategies on vegetation establishment in retired cranberry bogs. *Plant Ecology*, 222(8). <https://doi.org/10.1007/s11258-021-01150-4>

- Williams-Mounsey, J., Grayson, R., Crowle, A. et Holden, J. (2021). A review of the effects of vehicular access roads on peatland ecohydrological processes. *Earth-Science Reviews*, 214. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103528>
- Zedler, J. B. et Kercher, S. (2004). Causes and Consequences of Invasive Plants in Wetlands: Opportunities, Opportunists, and Outcomes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 23(5), 431-452. <https://doi.org/10.1080/07352680490514673>
- Zedler, J. B. et Kercher, S. (2005). Wetland resources: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability. *Annual Review of Environment and Resources*, 30(1), 39-74. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144248>
- Zefferman, E., Stevens, J. T., Charles, G. K., Dunbar-Irwin, M., Emam, T., Fick, S., Morales, L. V., Wolf, K. M., Young, D. J. N. et Young, T. P. (2015). Plant communities in harsh sites are less invaded: a summary of observations and proposed explanations. *AoB Plants*, 7(plv056). <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv056>