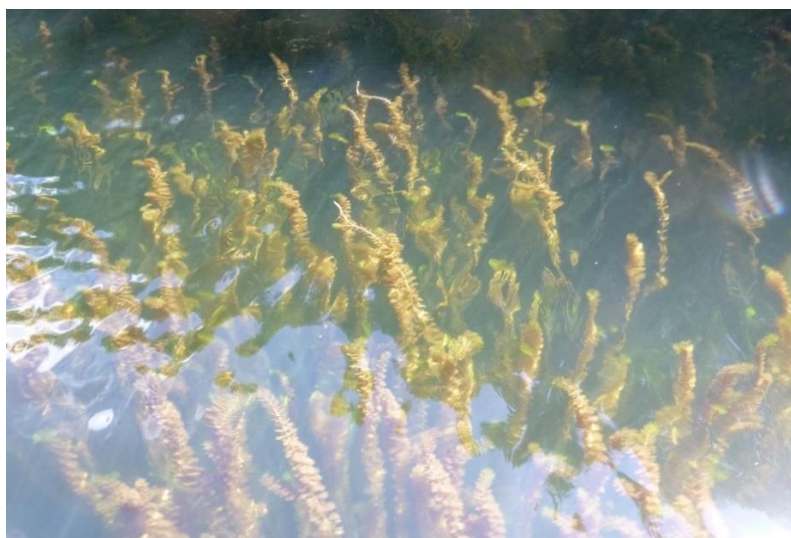


VULNÉRABILITÉ DES LACS DE SAINT-DONAT FACE À L'INTRODUCTION
ET LA PROPAGATION DU MYRIOPHYLLE À ÉPIS



Rapport produit par

Le Conseil régional de l'environnement des Laurentides



Rédaction

Élodie Basque
Chargée de projets Eau et lacs, CRE Laurentides

Révision

Anne Léger
Directrice générale, CRE Laurentides

Isabelle Saint-Germain
Directrice des projets et communications, CRE Laurentides

Richard Carignan, PhD

Note au lecteur : *Il est préférable de consulter la version électronique en couleur afin de faciliter la lecture*

Référence à citer :

Conseil régional de l'environnement des Laurentides (2022). ***Vulnérabilité des lacs de Saint-Donat face à l'introduction et la propagation du myriophylle à épis***, 2^e édition. 36 p.

Table des matières

<i>Listes des figures et tableaux</i>	II
<i>Acronymes</i>	III
<i>Définitions</i>	III
<i>Sommaire</i>	1
1. Mise en contexte	2
1.1 Les plantes aquatiques exotiques envahissantes et le myriophylle à épis	2
1.1.2 <i>Le myriophylle à épis</i>	2
1.2 La municipalité de Saint-Donat	4
2. Description du projet	6
2.1 But et objectifs	6
2.2 Types d'analyses	6
2.2.1 <i>Revue de la littérature</i>	6
2.2.2 <i>Analyse multicritère</i>	6
2.2.3 <i>Tests statistiques</i>	7
3. Résultats	8
3.1 Revue de la littérature scientifique	8
3.1.1 <i>Facteurs liés à l'introduction du myriophylle à épis</i>	8
3.1.2 <i>Facteurs liés à la propagation du myriophylle à épis</i>	11
3.2 Compilation des données pour les lacs des Laurentides	13
3.2.1 <i>Choix des lacs</i>	13
3.2.2 <i>Sources des données</i>	14
3.3 Tests statistiques	15
3.4 Analyse multicritère	16
3.4.1 <i>Vulnérabilité des lacs face à l'introduction du myriophylle à épis</i>	16
3.4.2 <i>Vulnérabilité des lacs face à la propagation du myriophylle à épis</i>	19
4. Discussion et recommandations	22
5. Limites de l'étude	24
6. Références	26
7. Annexes	29

Liste des figures

Figure 1. Les plans d'eau de Saint-Donat	5
Figure 2. Localisation approximative des signalements de myriophylle à épis dans les Laurentides, selon l'outil Sentinelle du MELCC	13
Figure 3. Vulnérabilité des lacs face à l'introduction du myriophylle à épis	17
Figure 4. Vulnérabilité des lacs face à la propagation du myriophylle à épis	20

Liste des tableaux

Tableau I. Résultats des tests de comparaison Kruskal-Wallis et Chi-carré entre les lacs affectés et non affectés pour les variables d'introduction.....	15
Tableau II. Critères pour la vulnérabilité à l'introduction du myriophylle à épis et pointage associé	16
Tableau III. Valeurs moyennes des pointages obtenus pour les critères d'introduction des lacs affectés et non affectés.....	18
Tableau IV. Vulnérabilité des lacs de Saint-Donat à l'introduction du myriophylle à épis.....	18
Tableau V. Critères pour la vulnérabilité à la propagation du myriophylle à épis et pointages associés.....	19
Tableau VI. Vulnérabilité des lacs de Saint-Donat à la propagation du myriophylle à épis	21

Acronymes

CRE	Conseil régional de l'environnement
MàÉ	Myriophylle à épis
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MRC	Municipalité régionale de comté
PAEE	Plante aquatique exotique envahissante
TNO	Territoire non organisé

Définitions

Note : La plupart des définitions proviennent de la Trousse des lacs ou d'autres ouvrages de la littérature utilisés pour la production de ce rapport. Les concepts propres à cette étude sont définis par les auteurs en fonction des besoins à exprimer.

Amont : Partie d'un cours d'eau située entre un point de référence et sa source.

Analyse multicritère : Analyse dont l'objectif est d'évaluer une situation, d'un problème en fonction de plusieurs critères.

Conductivité spécifique : Mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Un ion est un atome (constituant de base de la matière) ou un groupe d'atomes qui possède une charge électrique positive ou négative. Ainsi, plus l'eau contient d'ions, plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité est élevée.

Introduction (du myriophylle à épis) : Dans cette étude, on considère l'introduction dans un plan d'eau comme la probabilité qu'un plant, ou un fragment, y parvienne, sans égard à son implantation.

Macrophytes : Algues visibles et plantes des milieux aquatiques.

Méthode de classification par quantile : Système de classement ayant pour objectif que chaque classe contienne un nombre égal d'entités.

Myriophylle à épis (*Myriophyllum spicatum*) : Plante aquatique submergée et enracinée originaire de l'Europe, de l'Asie et de l'Afrique dont les feuilles, disposées en verticilles sont divisées, d'apparence plumeuse et composées de 12 à 24 paires de folioles.

Plante aquatique exotique envahissante : Plante aquatique qui est présente à l'extérieur de son aire de répartition naturelle et qui prospère au détriment des espèces indigènes.

Physicochimie : Ensemble des propriétés physiques et chimiques caractérisant un plan d'eau.

Propagation (du myriophylle à épis) : Dans cette étude, on considère la propagation comme étant le succès de colonisation à l'intérieur même d'un plan d'eau.

Tests statistiques (Kruskal-Wallis, Chi-carré) : Tests qui servent à déceler s'il y a une différence significative (qui n'est pas due au hasard) entre deux distributions de données.

Transparence de l'eau : Propriété de l'eau à transmettre la lumière. La quantité de matière organique dissoute et particulaire (sous forme d'algues) dans l'eau influence particulièrement la pénétration de la lumière dans un lac.

Unité de drainage : Territoire dont les eaux s'écoulent directement dans un plan d'eau sans passer par un cours d'eau (également appelé bassin versant immédiat).

Zone littorale : Zone qui comprend tous les secteurs d'un plan d'eau où la lumière pénètre jusqu'au fond et où, par extension, les plantes aquatiques peuvent croître.

Mise en garde

Cette étude se veut un premier jalon dans l'identification de la vulnérabilité des lacs face à l'introduction et à la propagation du myriophylle à épis, réalisé à partir d'une liste de critères issus de la littérature scientifique. Les auteures ne prétendent pas que cette liste utilisée pour fins d'analyse soit exhaustive. Ainsi, il importe de comprendre que l'ajout d'autres critères pourrait faire varier les résultats. Il s'agit néanmoins d'une première piste d'analyse qui pourra être bonifiée avec le temps.

De plus, il est important de noter que la méthodologie a été modifiée pour la deuxième édition de l'étude dans le but de minimiser la subjectivité de l'analyse.

Sommaire

Déjà présent dans une quarantaine de lacs de la région des Laurentides et dans quelques autres de Lanaudière, le myriophylle à épis ou son hybride (*M. spicatum* x *M. sibiricum*) se retrouvent dans plusieurs plans d'eau situés à proximité de la municipalité de Saint-Donat. Dans le but d'évaluer la vulnérabilité des lacs de la municipalité face à l'introduction et à la propagation de cette plante aquatique exotique envahissante, nous avons procédé à différentes analyses. Tout d'abord, une **revue de la littérature** scientifique a été réalisée afin d'identifier les critères de vulnérabilité prépondérants. Après avoir compilé les données de 42 lacs non affectés par le myriophylle à épis de Saint-Donat et de Saint-Adolphe-d'Howard ainsi que de 38 lacs affectés des Laurentides, des **tests statistiques** ont permis de valider le choix des critères pour déterminer la vulnérabilité à l'introduction. Ensuite, une **analyse multicritère**, qui consiste à l'attribution de points pour chaque critère, a permis d'identifier les lacs potentiellement les plus vulnérables à l'introduction et la propagation du myriophylle à épis.

Les tests statistiques montrent des différences significatives entre les groupes de lacs affectés et non affectés pour quatre des six critères liés à **l'introduction** du myriophylle à épis et considérés dans les analyses statistiques. Ceux ayant la plus grande influence seraient : la proximité d'un lac affecté et le nombre d'habitations riveraines.

L'analyse multicritère quant-à-elle, identifie les lacs Archambault, Pimbina, de la Montagne Noire, Ouareau et Provost comme étant les plus vulnérables à **l'introduction** du myriophylle à épis. Selon l'analyse de certaines propriétés morphométriques et physicochimiques, du niveau d'enrichissement des sédiments en éléments nutritifs et des usages, les lacs Beauchamp et des Aulnes seraient les plus vulnérables à la **propagation** du myriophylle à épis.

1. MISE EN CONTEXTE

1.1 Les plantes aquatiques exotiques envahissantes et le myriophylle à épis

Une plante aquatique est qualifiée d'exotique lorsqu'elle est présente à l'extérieur de son aire de répartition naturelle. Cette plante étrangère n'a bien souvent pas de « prédateurs » dans le nouveau milieu colonisé. Ce facteur, combiné à d'autres avantages liés aux modes de croissance et de reproduction, lui permet de devenir une féroce compétitrice des plantes indigènes, au point de devenir envahissante.

Les plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) peuvent représenter une sérieuse menace pour l'environnement. Elles peuvent altérer la composition des écosystèmes naturels et perturber la biodiversité locale. Leur prolifération a aussi des répercussions négatives sur l'économie et la société, notamment en affectant le tourisme et la villégiature. Des activités récréatives comme la pêche, le canotage et la baignade peuvent être limitées par la présence ou l'infestation des PAEE. La multiplication des PAEE peut même affecter négativement la valeur des propriétés riveraines (Olden et Tamayo, 2014a; Zhang et Boyle, 2010).

Le contrôle et la gestion des PAEE sont un vrai « casse-tête ». Une fois ces PAEE installées, il est presque impossible de limiter leur propagation. C'est pourquoi il faut éviter qu'elles ne colonisent nos lacs. Au Québec, plusieurs espèces de PAEE sont présentes et établies à des degrés variables dont la stratiote faux-aloès (*Stratiotes aloides*), appelée aussi aloès d'eau, l'hydrocharide grenouillette (*Hydrocharis morsus-ranae*), le faux-nymphéa pelté (*Nymphoides peltata*), la châtaigne d'eau (*Trapa natans*), le potamot crépu (*Potamogeton crispus*), la laitue d'eau (*Pistia stratiotes*)¹ et le myriophylle à épis (*Myriophyllum spicatum*).

1.1.1. Le myriophylle à épis

Le myriophylle à épis (MàÉ) est une espèce de PAEE eurasiennne bien établie au Québec. Cette plante aurait été introduite à la fin des années 50 le long du fleuve Saint-Laurent et se serait ensuite propagée dans les plans d'eau à l'intérieur des terres à partir des années 70. En 2017, elle se retrouvait dans 14 des 17 régions administratives du Québec (Jacob-Racine et Lavoie, 2018).

Cette plante submergée forme des herbiers très denses et peut croître à des profondeurs allant jusqu'à 10 mètres. On la retrouve généralement en plus grande abondance dans la zone peu profonde des lacs, variant de 1 à 4 mètres (Smith et Barko, 1990).

En plus de la rareté de ses « prédateurs » naturels, le myriophylle à épis dispose de trois atouts supplémentaires. Le premier réside dans le fait qu'il peut se reproduire par fragmentation de la tige. Ainsi, un petit morceau détaché peut couler au fond, prendre racine et donner naissance à un nouveau plant. La multiplication des fragments de tige permet au myriophylle à épis

¹ La présence d'une petite colonie (80 individus) de laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) a été signalée sur l'outil [Sentinelle](#) du MELCC en 2019, dans le lac des Deux-Montagnes. Étant une plante tropicale à subtropicale, il est probable que celle-ci ne puisse survivre dans les conditions climatiques du Québec, mais elle fait partie des plantes à suivre selon le *Protocole de détection et de suivi des plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) dans les lacs de villégiature du Québec*.

de coloniser rapidement les plans d'eau. La fragmentation se produit naturellement, à partir de la période de floraison de la plante, lorsqu'elle atteint la surface de l'eau, jusqu'à la fin de sa saison de croissance. Ce phénomène peut cependant être amplifié par les activités humaines qui contribuent à sectionner la plante. Les fragments de myriophylle à épis peuvent être transportés d'un plan d'eau à un autre par le courant, ainsi que par les embarcations (chaloupe, bateau, canot, kayak, hydravion, etc.) et le matériel nautique. En second lieu, le myriophylle à épis possède un système racinaire extrêmement bien développé qui lui permet de puiser ses nutriments en profondeur dans les sédiments. Enfin, la persistance des tiges sous la glace confère au myriophylle à épis un avantage considérable au début de la saison de croissance (Carignan R., 2019).

L'introduction du myriophylle à épis dans un plan d'eau ne génère pas toujours une prolifération massive et une augmentation effrénée de sa biomasse. En effet, certaines conditions favorisent la croissance et le développement du myriophylle à épis. Par exemple, les lacs peu profonds ayant des sédiments riches en éléments nutritifs offrent des conditions favorables à la prolifération de l'espèce et permettent la formation d'une canopée luxuriante à la surface de l'eau (Smith et Barko, 1990).

Plusieurs auteurs mentionnent un lien entre la prolifération du myriophylle à épis et la concentration en carbonates, laquelle est plus importante dans les eaux dures et alcalines s'écoulant des géologies carbonatées (Smith et Barko, 1990; Roley et Newman, 2008; Nichols, 1994; Buchan et Padilla, 2000). En effet, les anions carbonate (CO_3^{2-}) et bicarbonate (HCO_3^-) peuvent être assimilés par certaines plantes aquatiques qui les utilisent pour croître. Ainsi, le myriophylle à épis semble se développer favorablement dans les eaux ayant une alcalinité, un pH et une conductivité spécifique élevés (June-Wells *et al.*, 2013).



1.2 La municipalité de Saint-Donat

La municipalité de Saint-Donat est localisée dans la région de Lanaudière, sur le territoire de la MRC de Matawinie et du bassin versant de la rivière l'Assomption. Elle est bordée par les municipalités de Notre-Dame-de-la-Merci, Lantier, Lac-Supérieur, Val-des-Lacs, Sainte-Lucie-des-Laurentides et par le territoire non organisé (TNO) Lac-des-Dix-Milles situé dans le Parc National du Mont-Tremblant. Elle occupe une superficie de 389,08 km² et compte 3922 résidents permanents (MAMH, 2019a; ISQ, 2019). De plus, selon la MRC de Matawinie, la municipalité accueillait une population saisonnière de 5684 personnes (Municipalité de Saint-Donat, 2019b).

La municipalité de Saint-Donat est prisée pour la villégiature et les activités récréotouristiques. La proximité de la métropole combinée à la beauté des paysages, la richesse des milieux naturels, les deux stations de ski et la présence de nombreux lacs, attirent un grand nombre de villégiateurs à Saint-Donat, qui compte 345 plans d'eau dont 42 possèdent un toponyme officiel (Figure 1). Parmi ceux-ci, 18 lacs, dont Archambault et Ouareau regroupent la majorité des habitations de villégiature du territoire. La protection des lacs y est donc d'une importance capitale au niveau économique, social et environnemental. L'une des menaces qui pèsent sur leur état de santé est la prolifération de plantes aquatiques exotiques envahissantes.

En 2010, la municipalité de Saint-Donat a adopté un règlement pour la protection des plans d'eau contre les espèces exotiques envahissantes². Celui-ci stipule que chaque contribuable et non-contribuable doit se procurer un permis d'accès aux plans d'eau pour chaque embarcation motorisée. Un certificat de lavage doit également être obtenu par les non-contribuables, ainsi que les contribuables ayant visité un plan d'eau à l'extérieur de la municipalité. Le certificat de lavage est disponible au poste de lavage opéré par les employés de l'entreprise mandatée par la municipalité.

² Règlement sur la protection des plans d'eau contre les espèces exotiques envahissantes, Municipalité de Saint-Donat, [http://www.saint-donat.ca/files/10-803_F%20sur%20la%20protection%20des%20plans%20d'eau%20contre%20les%20especes%20exot%20enva%20\(Refondu-18-1009\)\(2\).pdf](http://www.saint-donat.ca/files/10-803_F%20sur%20la%20protection%20des%20plans%20d'eau%20contre%20les%20especes%20exot%20enva%20(Refondu-18-1009)(2).pdf)

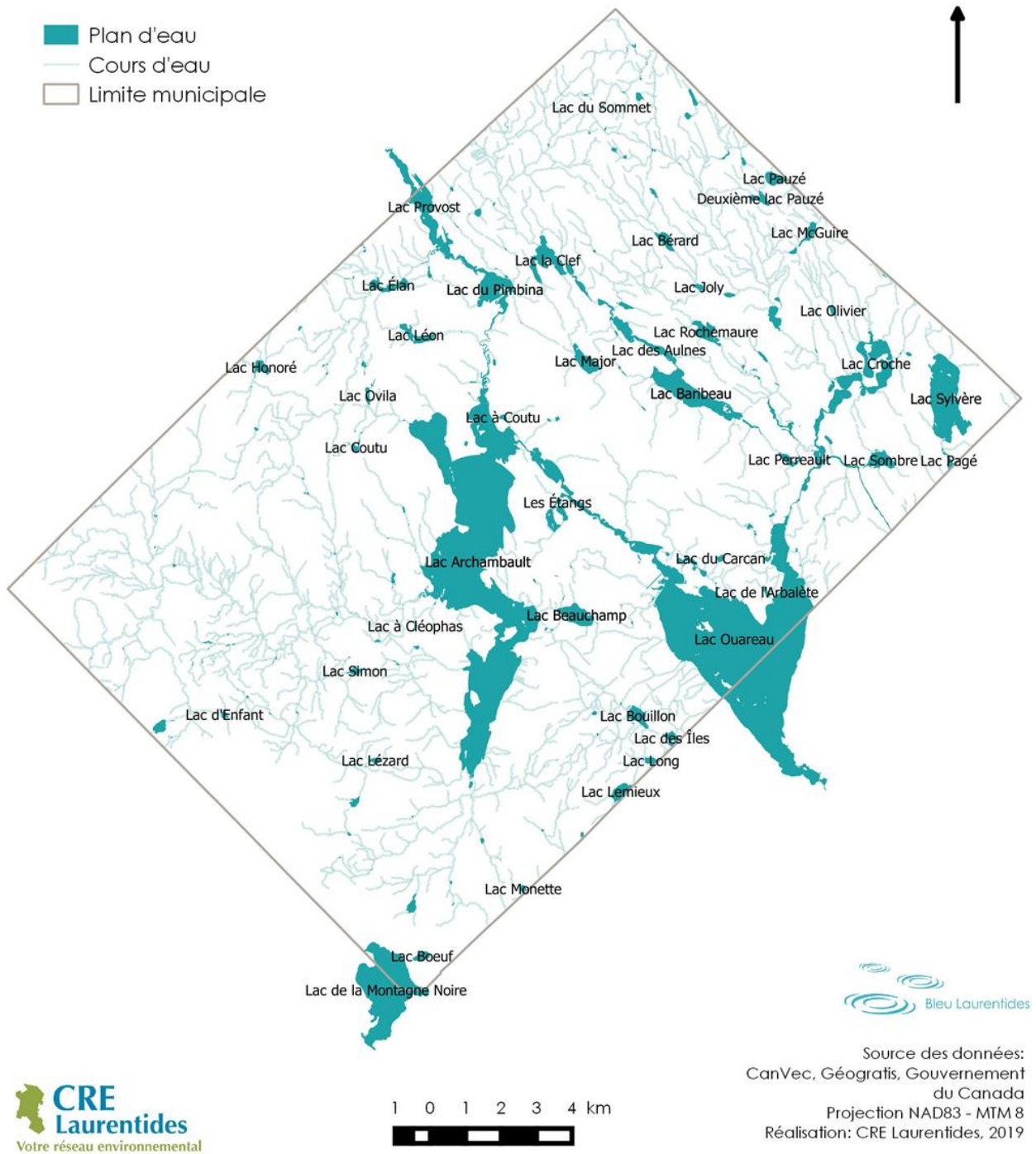


Figure 1. Les plans d'eau de Saint-Donat

2. DESCRIPTION DU PROJET

2.1 But et objectifs

Dans le but d'améliorer les connaissances et de renforcer les mesures de prévention déjà en place, les municipalités de Saint-Donat et de Saint-Adolphe-d'Howard ont participé au programme de Soutien technique des lacs en 2019. L'un des objectifs des mandats consistait à analyser la vulnérabilité des lacs face au myriophylle à épis. Bien que la plante n'ait pas été observée dans ces municipalités, la menace de son introduction est toutefois bien présente puisque plusieurs lacs affectés se situent à proximité (Figure 2; MELCC, 2019). L'objectif de réaliser une deuxième édition était d'ajouter trois lacs de Saint-Donat à une partie de l'analyse.

L'étude considère les lacs non affectés, pour lesquels des données sont disponibles sur le territoire de ces deux municipalités, ainsi que les lacs affectés par le myriophylle à épis et son hybride (*M. spicatum* x *M. sibiricum*) de la région des Laurentides (section 3.2.1).

2.2 Types d'analyses

2.2.1 Revue de la littérature

Tout d'abord, une **revue de la littérature scientifique** a été réalisée. Celle-ci a permis d'établir une liste de **critères** de vulnérabilité des lacs au myriophylle à épis, lesquels ont été divisés en deux groupes : ceux qui influencent le risque **d'introduction** du myriophylle à épis et ceux qui contribuent à sa **propagation** à l'intérieur d'un lac (section 3.1).

Le volet de l'étude lié à l'**introduction** utilise les critères qui contribuent à augmenter ou diminuer les risques qu'un fragment de myriophylle parvienne au lac par une source naturelle ou humaine, sans égard à sa capacité de s'y implanter (section 3.1.1). Les facteurs qui influencent le succès de colonisation du myriophylle à épis, une fois que celui-ci est introduit dans le plan d'eau, servent au volet de l'étude qui traite de la **propagation** (section 3.1.2). Cette distinction est importante puisqu'un lac pourrait être vulnérable à l'introduction sans être nécessairement propice à une prolifération du myriophylle à épis.

2.2.2 Analyse multicritère

Chaque **critère** ayant fait l'objet d'une validation scientifique (Tableaux II et VI) a été subdivisé en catégories. Par exemple, pour le volet de l'**introduction**, le critère concernant l'accès à un plan d'eau a été subdivisé afin de différencier les lacs selon la présence d'un seul ou de plusieurs accès public, d'accès privés partagés ou de l'absence d'accès. Puis, une pondération a été attribuée à chacun des critères et chacune des catégories à l'intérieur de ces derniers. La pondération a été allouée selon une évaluation de leur importance relative effectuée à la lumière des observations sur le terrain et de l'analyse de la littérature scientifique. Plus la pondération est élevée, plus cela indique une vulnérabilité élevée.

Une approche semblable a été utilisée par le *Maine Department of Environmental Protection* dans une étude sur la vulnérabilité des lacs face aux PAEE (Maine Department of Environmental Protection, 2019). Dans notre étude, des critères, des catégories et des pondérations similaires à ceux du *Maine Department of Environmental Protection* ont été utilisés.

Chacun des lacs étudiés a été analysé en fonction des différents critères et de leur poids relatif. Les données ont été recueillies majoritairement par des recherches terrains, alors que d'autres ont été déterminées par géomatique (section 3.2.2).

La somme des pointages obtenus a finalement permis de comparer la vulnérabilité des lacs entre eux, autant pour le volet concernant l'**introduction** du myriophylle à épis que celui concernant sa **propagation** (section 3.4).

2.2.3 Tests statistiques

Dans le volet concernant le risque d'**introduction** du myriophylle à épis, les tests statistiques ont servi à deux aspects. D'une part, ils ont permis d'évaluer, sur la base des critères retenus, s'il y avait des différences significatives entre les groupes de lacs affectés et non affectés. Les tests de Kruskal-Wallis et de Chi-carré ont ainsi mis en évidence que les deux distributions présentaient des différences suffisamment significatives pour considérer les critères choisis, corroborant ainsi les informations de la littérature. D'autre part, ces tests ont contribué à la pondération des critères, en fonction du degré de significativité obtenu pour chacun, qui ont été appliqués dans l'analyse multicritère.

Le test de Kruskal-Wallis a été utilisé pour les données quantitatives continues (par exemple, la distance d'un lac affecté). Dans le cas du test de Chi-Carré, il a servi pour les données qualitatives classées sous forme de catégories (par exemple, présence ou absence de route régionale ou d'autoroute à proximité) (Kruskal et Wallis, 1952, McHugh, 2013).

Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel R (R Core Team, 2018) (section 3.3).

Le risque de propagation du myriophylle à épis à l'intérieur d'un lac donné est indépendant de sa présence ou de son absence. Pour cette raison, les lacs n'ont pas été séparés en deux groupes (affectés et non affectés) et comparés par analyse statistique. Le risque de propagation a donc été évalué selon une analyse multicritère détaillée à la section 3.1.2.

3. RÉSULTATS

3.1 Revue de la littérature scientifique et sélection des critères

Comme expliqué précédemment, les facteurs de vulnérabilité face au myriophylle à épis retenus ont été divisés en deux catégories, soit ceux qui influencent le risque d'**introduction** du myriophylle à épis et ceux qui contribuent à sa **propagation** à l'intérieur d'un lac. Il s'agit ici des principaux facteurs recensés dans la littérature, auxquels pourraient assurément s'ajouter d'autres facteurs pour une analyse plus précise.

3.1.1 Facteurs liés à l'introduction du myriophylle à épis

Cette section considère les facteurs comme **l'accessibilité au lac**, les **mesures préventives** déjà en place, la **fréquentation du lac** et la **proximité géographique** des lacs affectés.

Accessibilité et mesure préventives

1-Type et nombre d'accès

Puisque le vecteur humain est la source principale d'introduction du myriophylle à épis, l'accessibilité d'un lac est l'un des facteurs principaux identifiés par de nombreuses études (Tamayo et Olden, 2014b; Nichols, 1994). C'est ainsi que le nombre et le type d'accès ont été identifiés comme décisifs par Buchan et Padilla (2000) et par le *Maine Department of Environmental Protection* dans l'évaluation du risque d'introduction (*Maine Department of Environmental Protection, 2019*). Nous avons donc considéré, dans le cadre de notre analyse, la présence d'accès publics ou d'accès partagés privés. Une distinction a été faite entre les lacs ayant plusieurs accès publics, un seul accès public ou au moins un accès partagé privé (sans égard au nombre, dans ce dernier cas). Vu l'importance de ce vecteur d'introduction, ce critère possède le coefficient de pondération le plus élevé.

2-Réseau routier

L'accessibilité et l'attractivité d'un lac peuvent également être influencées par le réseau routier se trouvant à proximité. Plus celui-ci est développé et comprend des routes importantes, plus le lac sera considéré comme étant facile d'accès par les villégiateurs, qui auront tendance à le visiter davantage (Buchan et Padilla, 2000; Kanankege *et al.*, 2018; *Maine Department of Environmental Protection, 2019*). Dans leur étude, Buchan et Padilla ont observé que 98,5% des lacs affectés par le myriophylle à épis se trouvaient à moins de 2 kilomètres d'une route importante. Dans le cadre de notre étude, ce critère est plus ou moins applicable dans la mesure où presque tous les lacs se trouvent à proximité d'une route importante. Il ne permet donc pas de départager clairement leur degré de vulnérabilité. Afin de pouvoir attribuer un poids à ce critère, la distance de 1 km a plutôt été utilisée, bien qu'on ignore à quel point la proximité, à l'intérieur du 2 kilomètres, influence la vulnérabilité. C'est pourquoi ce critère n'a qu'une faible pondération. Enfin, une autoroute a obtenu un pointage supérieur qu'une route régionale.

3-Lavage des embarcations

Le déplacement des embarcations entre les différents plans d'eau a été identifié dans plusieurs études comme étant l'un des critères importants d'introduction des PAEE (Eiswerth *et al.*, 2000; Nichols, 1994; Kanankege *et al.*, 2018; Rothlisberger et Lodge, 2010). Effectivement, des fragments de myriophylle à épis peuvent facilement s'accrocher aux embarcations et à toutes pièces d'équipement nautique. Si l'un d'eux est déposé dans un autre milieu présentant des conditions favorables à sa croissance, ce fragment peut donner naissance à une nouvelle colonie. Le nettoyage des embarcations serait donc une mesure importante afin de réduire le risque d'introduire des PAEE (MFFP, 2018; Seekamp *et al.*, 2016; Roley et Newman, 2008). Depuis l'apparition du myriophylle à épis dans les lacs, plusieurs municipalités, dont Saint-Donat, ont mis en place un règlement pour obliger les usagers à nettoyer leur embarcation. L'absence de telles mesures contribue à la vulnérabilité des lacs face au risque d'introduction des PAEE.

Au niveau du pointage, des distinctions ont été faites selon si le lavage était obligatoire et vérifié, obligatoire mais non vérifié et si aucune mesure n'obligeait celui-ci.

Fréquentation du lac

4-Nombre d'habitations riveraines

Un lac plus fréquenté est certainement plus vulnérable face à l'introduction des PAEE (Nichols, 1994). Toutefois, le nombre d'usagers fréquentant un lac est une donnée difficile à obtenir. Considérant que l'accessibilité du lac influencera le nombre de visiteurs en provenance de « l'extérieur », le nombre d'habitations riveraines pourrait refléter son utilisation par les résidents. Ainsi, un plus grand nombre d'habitations riveraines serait synonyme d'une fréquentation plus élevée et serait associé à un risque d'introduction supérieur (Buchan et Padilla, 2000). Toutefois, ce critère ne peut tenir compte de la tendance des résidents de visiter d'autres plans d'eau avec leur embarcation ou à recevoir la visite d'embarcation venant de l'extérieur et ainsi possiblement transporter des PAEE dans le plan d'eau puisque cette donnée est indisponible. Par conséquent, la pondération minimale a été attribuée à ce critère de vulnérabilité selon le nombre faible (0 à 50), modéré (51 à 100) ou élevé (101 et plus) d'habitations riveraines.

5-Type d'embarcation

Selon plusieurs auteurs, le type d'embarcation autorisé sur un plan d'eau peut avoir une influence sur le risque d'introduction (Madsen 1997; Nichols, 1994, Seekamp *et al.*, 2016; Smith et Barko, 1990). Comme le myriophylle à épis peut facilement s'accrocher aux moteurs, au matériel de navigation, à la remorque des bateaux, etc. (MFFP, 2018), le risque serait plus faible pour un lac où l'utilisation des embarcations motorisées est interdite par un règlement fédéral. De plus, les lacs où les embarcations motorisées à essence sont permises peuvent accueillir une plus grande diversité d'embarcations ce qui contribue à multiplier les sources potentielles d'introduction. Ce critère a un coefficient de pondération faible étant donné qu'il peut y avoir une variation entre l'intensité de la fréquentation et les embarcations autorisées.

6- Présence d'hydravion

Selon nos observations, celles de Richard Carignan et celles de l'American Owners and Pilots Association, les hydravions peuvent être un vecteur important d'introduction d'une plante aquatique exotique envahissante (Air Safety Institute, 2016). Comme il est impossible pour ce type d'engin d'arrêter à une station de lavage avant d'amerrir, des plantes aquatiques accrochées à des structures de l'hydravion peuvent être transportés d'un plan d'eau à un autre. Une pondération moyenne a été attribuée lorsqu'il y avait présence d'hydravion sur le lac, peu importe le nombre.

Géographie

7-Proximité de lacs affectés

L'un des éléments identifiés par plusieurs auteurs comme étant décisif par rapport à la vulnérabilité des lacs face à l'introduction d'une espèce envahissante, animale ou végétale, est la proximité d'un lac affecté (Kanankege *et al.*, 2018, *Maine Department of Environmental Protection*, 2019). Selon Roley et Newman (2008), il s'agit du critère principal qui explique l'exposition d'un lac au myriophylle à épis. Selon l'analyse des données de 3446 lacs du Minnesota, ces auteurs ont observé que la distance³ moyenne du lac affecté le plus proche était de 6 kilomètres pour les lacs affectés, comparativement à 62 km pour les lacs non affectés. En effet, les probabilités que les lacs situés à proximité d'un lac affecté soient visités par les mêmes usagers sont élevées. Par exemple, Buchan et Padilla (1999) ont évalué, à la suite du sondage d'environ 10 000 plaisanciers ayant un bateau et une remorque au Wisconsin, que 85% d'entre eux parcouraient moins de 25 km entre deux lacs visités.

Dans la même perspective, la présence d'un lac affecté en amont augmente considérablement la probabilité que les deux plans d'eau soient fréquentés par les mêmes usagers. La connectivité augmente le risque d'introduction par le transport naturel ou humain d'un fragment. En effet, des fragments de myriophylle à épis peuvent facilement être dispersés par le courant d'une rivière ou d'un ruisseau (Kanankege *et al.*, 2018; Smith et Barko, 1990). D'ailleurs, le *Maine Department of Environmental Protection* (2019) a défini la connectivité avec un lac affecté comme étant le critère le plus important dans l'évaluation de la vulnérabilité des lacs à l'introduction d'une PAEE.

Ainsi, des pointages différents ont été attribués si le lac affecté le plus près se trouve directement connecté au lac étudié et à une distance de moins de 6 km, entre 6 et 12 km et plus de 12 km. La pondération la plus élevée a été attribuée à ce critère, étant donné qu'il a été identifié comme majeur par plusieurs études.

³ En ligne droite

3.1.2 Facteurs liés à la propagation du myriophylle à épis

Dans cette section, les facteurs limitant ou favorisant la prolifération de la plante ont été considérés. Ceux-ci peuvent être liés à certaines **propriétés morphométriques et physicochimiques** des lacs, au niveau d'**enrichissement des sédiments** en éléments nutritifs ou à l'**usage** fait par l'humain.

Morphométrie et physicochimie

1-Pourcentage de la superficie colonisable par les plantes

Un des premiers facteurs qui influencent la distribution des macrophytes submergées est la morphométrie d'un lac. Une zone littorale à forte pente pourra accueillir moins de macrophytes qu'un littoral plat (Greene, 2012). Par ailleurs, plusieurs études ont démontré l'importance de la pénétration lumineuse pour prédire l'abondance et la distribution des macrophytes submergées. La profondeur et la transparence de l'eau détermineront la quantité de lumière qui atteindra les macrophytes (Denis-Blanchard, 2015).

Ainsi, la superficie colonisable par les plantes est propre à chaque lac et est influencée par la forme de la cuvette et la transparence de l'eau. Il est possible de mettre en relation ces deux facteurs en calculant l'hypsométrie des lacs. Ceci permet notamment d'obtenir le pourcentage du fond du lac colonisable par les plantes aquatiques (Carignan, 2013).

Ce critère a été divisé en quatre catégories égales pour différents pointages soient ; 0 à 25%, 26 à 50%, 51 à 75% et 76% et plus. La pondération la plus élevée a été attribuée à ce critère vu son importance sur la distribution des plantes aquatiques.

2-Conductivité

Un autre élément identifié par plusieurs auteurs pour son influence sur le succès de prolifération du myriophylle à épis est la conductivité spécifique (Nichols, 1994; June-Wells *et al.*, 2013). La conductivité spécifique est la propriété d'une solution à transmettre le courant électrique à une température de 25 °C et est généralement exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$. Plus la conductivité est élevée, plus l'eau contient de substances minérales dissoutes (principalement sous forme de cations et d'anions majeurs).

Les végétaux ont tous besoin d'une source de carbone inorganique pour la photosynthèse. Celui-ci peut être disponible sous forme de dioxyde de carbone (CO_2) dissous. Toutefois, la majorité des macrophytes, incluant les espèces de myriophylle, ont la capacité de puiser le carbone inorganique des anions bicarbonate (HCO_3^-) et carbonate (CO_3^{2-}) (Smith et Barko, 1990). Donc, plus la conductivité spécifique est élevée, plus elle indique une quantité en cations et anions élevée, et plus il y a de carbone inorganique disponible pour le développement du myriophylle.

C'est pourquoi la conductivité spécifique a un lien étroit avec le succès de colonisation du myriophylle à épis. D'ailleurs, une étude réalisée au Parc National du Mont-Tremblant (CRE Laurentides et Carignan, 2019) suggère que la mesure de conductivité est déterminante pour établir la vulnérabilité des lacs. Cette relation a été reconnue par plusieurs auteurs. June-Wells *et al.* (2013) ont étudié l'influence de différentes variables physicochimiques de la colonne d'eau des lacs (alcalinité, pH, conductivité spécifique, concentration en phosphore total) sur la distribution de cinq espèces de plantes aquatiques exotiques réparties dans 92 lacs du Connecticut, dont 39 sont affectés par le myriophylle à épis. Selon eux, parmi les lacs étudiés, ceux qui

possèdent une conductivité spécifique supérieure à 159 $\mu\text{S}/\text{cm}$ présentent une probabilité supérieure à 50% d'être colonisés par le myriophylle à épis.

En se basant sur ces études et les observations de Richard Carignan, un pointage plus faible a été attribué aux lacs ayant une conductivité inférieure à 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ puisque de manière naturelle dans les lacs de la région, cette dernière devrait se situer entre 15 et 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Carignan 2012 adapté de Kalff, 2002). Puis, un pointage moyen a été attribué aux lacs ayant une conductivité entre 41 et 159 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Puis, un pointage plus élevé a été attribué lorsque la conductivité était supérieure à 159 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Enfin, l'ensemble du critère a un poids moyen dans l'analyse.

Enrichissement des sédiments

3- Nombre d'habitations dans l'unité de drainage sur la superficie du lac

Le myriophylle à épis puise principalement les éléments nutritifs nécessaires à sa croissance, tel le phosphore, des sédiments (Smith et Barko, 1990; Carignan et Kalf, 1980; Madsen, 1997). L'accumulation d'éléments nutritifs et de sédiments fins engendre des conditions particulièrement propices à la croissance des macrophytes submergées (Denis-Blanchard, 2015).

Il a été démontré que le développement en bordure des lacs augmente la concentration en éléments nutritifs des sédiments. Ainsi, la biomasse et le recouvrement par les macrophytes enracinées augmenteront dans les lacs habités (Greene, 2012). De plus, on note que le nombre d'habitations dans l'unité de drainage est corrélé à la biomasse des macrophytes submergées (Denis-Blanchard, 2015). C'est pourquoi ce critère est utilisé selon la superficie d'un lac afin de pouvoir comparer les lacs entre eux et celui-ci possède un poids moyen.

4-Agriculture non durable

L'agriculture non durable peut être une source considérable d'éléments nutritifs et d'apports en sédiments à un lac, causés par l'épandage d'engrais et l'érosion des sols. Sa présence dans le bassin versant d'un lac favorisera donc la croissance du myriophylle à épis (Nichols, 1994).

Un pointage a été attribué s'il y avait présence d'agriculture non durable dans le bassin versant du lac et un coefficient de pondération moyen a été attribué au critère.

Usage du lac

5-Type d'embarcations

L'activité humaine et le type d'embarcations utilisé peuvent non seulement avoir un impact sur le risque d'introduction d'une plante envahissante, mais aussi sur sa propagation. La présence d'embarcations à moteur favorise la fragmentation du myriophylle à épis et la dispersion des fragments dans un lac (Nichols, 1994; Buchan et Padilla, 2000). Le comportement des utilisateurs et leur niveau de sensibilisation face à la problématique des PAEE deviennent donc des éléments importants pour limiter la propagation.

Dans le cadre de l'étude, des distinctions ont donc été faites selon si les embarcations motorisées sont autorisées par la Loi sur la marine marchande du Canada ou non dans le plan d'eau. Le critère a un coefficient de pondération faible puisque l'impact de celui-ci est difficile à quantifier et dépend du nombre d'embarcations fréquentant le lac.

3.2 Compilation des données pour les lacs des Laurentides

3.2.1 Choix des lacs

Dans le cadre de cette étude, le choix des lacs s'est fait en fonction de la disponibilité des données pour chaque critère. Pour le volet « introduction » du myriophylle à épis, les critères ont été associés à **38 lacs affectés** par le myriophylle à épis situés sur le territoire des Laurentides et à **42 lacs non affectés**, dont 17 sont localisés à Saint-Donat et 25 à Saint-Adolphe-d'Howard.

Pour l'analyse du risque de propagation, les critères ont été associés à **24 lacs non affectés**, dont 13 sont localisés à Saint-Donat et 11 à Saint-Adolphe-d'Howard, ainsi qu'à **24 lacs affectés** par le myriophylle à épis, situés dans les Laurentides.

Les lacs affectés sont répertoriés dans l'outil Sentinelle du MELCC (Figure 2; MELCC, 2019).

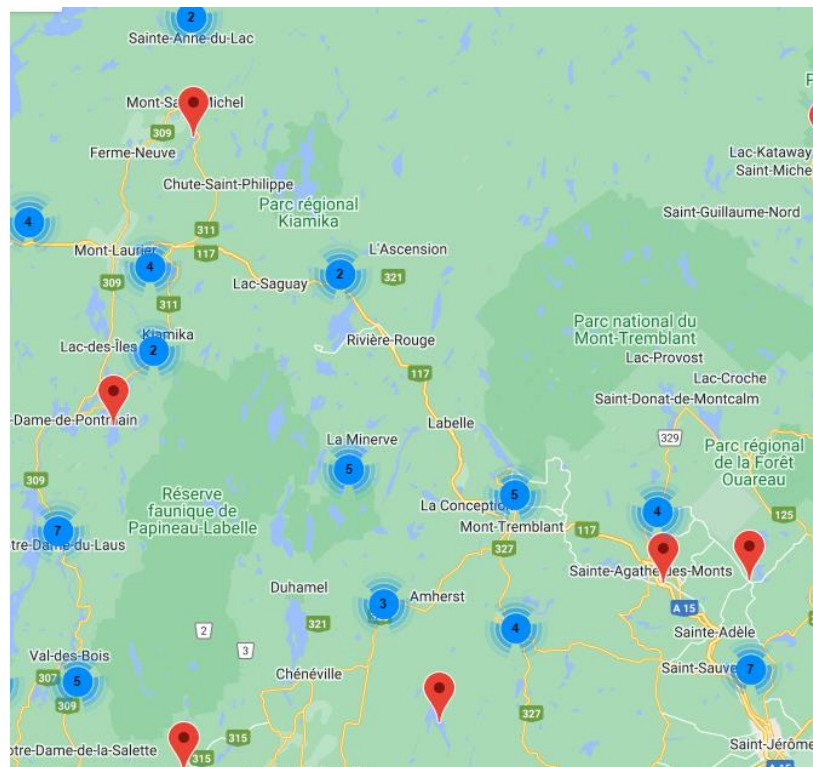


Figure 2. Localisation approximative des signalements de myriophylle à épis dans les Laurentides, selon l'outil Sentinelle du MELCC

3.2.2 Sources des données

Cette section présente les différents outils et moyens utilisés afin de recueillir les données propres à chacun des critères évalués.

Les **types** et le **nombre des accès** ont été répertoriés avec la carte du site « Allons Pêcher » de la Fédération québécoise des chasseurs et pêcheurs (Fédération québécoise des chasseurs et pêcheurs, 2019) et grâce aux observations des agents du CRE Laurentides dans le cadre du projet de « Lutte contre le myriophylle à épis dans les plans d'eau des Laurentides » de 2017 à 2020.

La présence d'employés du CRE Laurentides dans les municipalités de Saint-Donat et de Saint-Adolphe-d'Howard a également permis de valider les méthodes de **nettoyage des embarcations**. Pour les lacs affectés, l'information recueillie depuis des années par le CRE Laurentides, notamment en 2019 dans le cadre du projet de lutte contre le myriophylle à épis où toutes les stations de lavage de la région ont été visitées, ainsi que des recherches sur les sites web des municipalités ont permis de compléter l'information à ce sujet.

Pour ce qui est du **type d'embarcation** autorisé sur les plans d'eau, la réglementation fédérale sur les restrictions visant l'utilisation des bâtiments de la Loi sur la marine marchande du Canada a été consultée (Transport Canada, 2019). Pour la fréquentation des lacs par les **hydravions**, la présence ou l'absence de ceux-ci a été déterminée en consultant les images des lacs étudiés disponibles dans Google Earth de 2011 à 2019 (Google Earth, 2020).

Les données géographiques, comme la présence d'une **autoroute ou route** nationale ou régionale dans un rayon d'un kilomètre, la **distance⁴ du lac affecté** le plus près, le **nombre d'habitations** riveraines et dans l'unité de drainage et la présence d'**agriculture** dans le bassin versant, ont été calculées ou validées avec le logiciel géomatique QGIS (QGIS, 2019), en utilisant différentes sources de données des gouvernements du Québec (Base de données topographiques du Québec, Atlas géomatique, Adresses Québec) et du Canada (CanVec, Géogratis).

Ensuite, les fiches hypsométriques produites par Richard Carignan et le CRE Laurentides ont permis d'obtenir le **pourcentage de la superficie du fond des lacs colonisable par les macrophytes** (Carignan R. et CRE Laurentides, 2013-2019). Ces fiches ont été produites en utilisant l'information morphométrique obtenue grâce aux cartes bathymétriques, combinée aux données de transparence du Réseau de surveillance volontaire des lacs (MELCC, 2019a). La superficie des lacs provient également des cartes bathymétriques réalisées par le CRE Laurentides et Richard Carignan de 2010 à 2021 (Carignan R. et CRE Laurentides, 2010-2021).

La **conductivité** spécifique des plans d'eau résulte des suivis réalisés à l'aide d'une sonde multi-paramètres (CRE Laurentides 2005-2021; Municipalité de Saint-Donat, 2019a). Seules les données obtenues à un mètre de la surface de l'eau ont été considérées dans l'analyse (CRE Laurentides et Carignan, R. 2019).

⁴ En ligne droite

3.3 Tests statistiques

Les tests statistiques, réalisés dans l'analyse de la vulnérabilité face à l'introduction du myriophylle à épis, ont confirmé que les critères suivants démontraient des différences significatives (*seuil* < 0,05) entre les groupes de lacs où le myriophylle était présent et les lacs non affectés: le type d'accès, le type d'embarcation, la présence d'un lac affecté en amont, le nombre d'habitations riveraines et la distance d'un lac affecté. La différence est plus significative en ce qui a trait à la **distance d'un lac affecté** et au **nombre d'habitations riveraines** (Tableau I). La présence de mesures de nettoyage n'a pas été considérée ici puisque l'invasion du myriophylle à épis dans les Laurentides est antérieure à la mise en place de ces mesures.

Des détails sur la distribution des lacs selon les différents critères, sont présentés à l'annexe 1.

Tableau I. Résultats des tests de comparaison Kruskal-Wallis et Chi-carré entre les lacs affectés et non affectés pour les variables d'introduction

VARIABLE	TEST	SEUIL*	SIGNIFICATIVITÉ
Type d'accès	Chi-carré	0,007995	Significatif
Proximité d'une route importante	Chi-carré	0,2014	Non-significatif
Type d'embarcation	Chi-carré	0,08954	Non-significatif
Présence d'hydravion	Chi-carré	0,0001944	Significatif
Habitations riveraines	Kruskal-Wallis	0,00001838	Hautement significatif
Distance d'un lac affecté	Kruskal-Wallis	0,0000002531	Hautement significatif

*Un *seuil* plus faible que 0,05 signifie une différence significative entre les deux groupes. Plus cette valeur est faible, plus la significativité est importante.

3.4 Analyse multicritère

3.4.1 Vulnérabilité des lacs face à l'introduction du myriophylle à épis

Le tableau ci-dessous présente la liste des critères retenus pour l'analyse de vulnérabilité face à l'introduction (Tableau II) du myriophylle à épis, ainsi que les pointages qui leur ont été attribués.

Tableau II. Critères pour la vulnérabilité à l'introduction du myriophylle à épis et pointage associé

CRITÈRE D'INTRODUCTION	COEFFICIENT DE PONDÉRATION	CATÉGORIE DE DONNÉES	POINTAGE
Accessibilité			
Type et nombre d'accès	3	Accès privé partagé	1
		Accès public (1)	2
		Plus d'un accès public	3
Réseau routier à proximité	1	Route nationale/régionale	1
		Autoroute	2
Lavage des embarcations	1	Lavage obligatoire et vérification	1
		Lavage obligatoire des embarcations	2
		Aucune mesure	3
Fréquentation			
Nombre d'habitations riveraines	1	Faible (0-50)	1
		Modéré (51-100)	2
		Élevé (101 et plus)	3
Type d'embarcation	1	Non motorisées	1
		Motorisées (électrique)	2
		Motorisées (essence)	3
Présence d'hydravion	2	Oui	1
Géographie			
Distance des lacs affectés	3	Plus de 12 km	1
		6-12 km	2
		0-6 km	3
		Directement connecté	4
		VALEUR MAXIMALE	34

Les pointages obtenus pour les 38 lacs affectés par le myriophylle à épis et les 41 lacs non affectés sont présentés à la figure 3 et l'annexe 2.

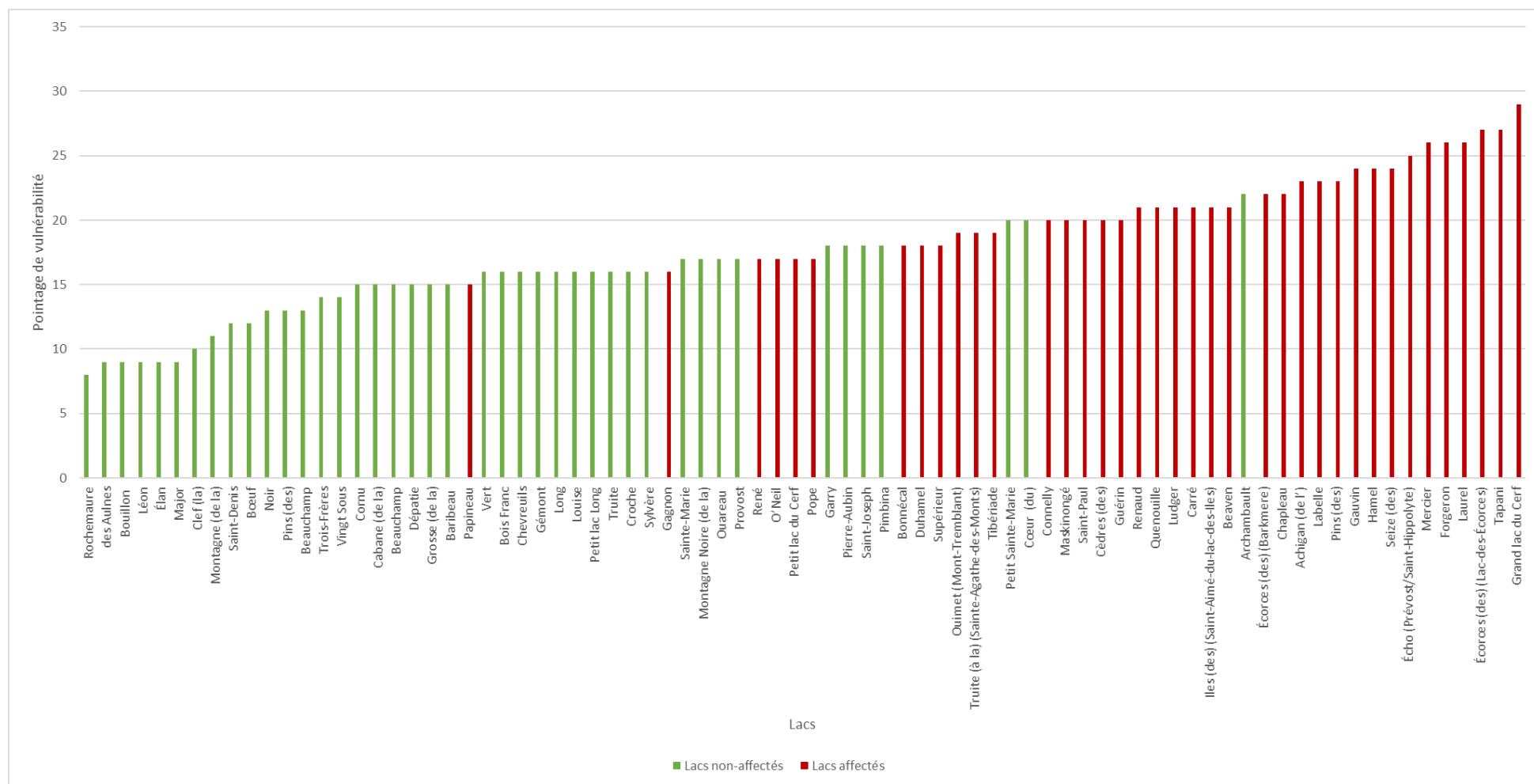


Figure 3. Vulnérabilité des lacs face à l'introduction du myriophylle à épis

Globalement, des différences ont été observées entre les valeurs moyennes pour les deux groupes de lacs (affectés et non affectés) (Figure 3; Tableau III). Plus précisément, le taux de variation est de l'ordre de 46% pour les valeurs moyennes. Cela signifie qu'en moyenne, les lacs affectés ont un pointage plus élevé de 46% par rapport aux lacs non affectés.

Tableau III. Valeurs moyennes des pointages obtenus pour les critères d'introduction des lacs affectés et non affectés

GROUPE DE LACS (nombre de lacs)	MOYENNE
Saint-Donat (17)	13
Saint-Adolphe-d'Howard (25)	16
Total non affectés (Saint-Donat + Saint-Adolphe-d'Howard) (41)	15
Affectés (38)	21
Taux de variation (Affectés vs non affectés)	46%

Les pointages de vulnérabilité à l'introduction du myriophylle à épis des lacs de Saint-Donat en fonction des critères considérés et la méthodologie utilisée sont présentés au tableau IV.

Tableau IV. Vulnérabilité des lacs de Saint-Donat à l'introduction du myriophylle à épis

Lac	Pointage
Archambault	22
Pimbina	18
Montagne Noire (de la)	17
Ouareau	17
Provost	17
Croche	16
Sylvère	16
Baribeau	15
Beauchamp	13
Boeuf	12
Clef (la)	10
des Aulnes	9
Bouillon	9
Élan	9
Léon	9
Major	9
Rochemaure	8

Ainsi, selon cette analyse, parmi les lacs de Saint-Donat, les lacs **Archambault, Pimbina, de la Montagne Noire, Ouareau et Provost** seraient les plus vulnérables à l'introduction. Les moins vulnérables seraient les lacs des Aulnes, Bouillon, Élan, Léon, Major et Rochemaure (Tableau IV).

3.4.2 Vulnérabilité des lacs face à la **propagation** du myriophylle à épis

Le tableau ci-dessous présente la liste des critères retenus pour l'analyse de vulnérabilité face à la propagation (Tableau V) du myriophylle à épis, ainsi que le pointage qui leur est attribué.

Tableau V. Critères pour la vulnérabilité à la propagation du myriophylle à épis et pointages associés

CRITÈRE DE PROPAGATION	COEFFICIENT DE PONDÉRATION		CATÉGORIE DE DONNÉES	POINTAGE
Morphométrie et physicochimie				
Pourcentage de la superficie colonisable par les plantes (%)	3		0-25	1
			26-50	2
			51-75	3
			76 et plus	4
Conductivité (µS/cm)	2		0-40	1
			41-158	2
			159 et plus	3
Enrichissement des sédiments				
Ratio du nombre d'habitations dans l'unité de drainage par rapport à la superficie du lac	2		0 à 400	1
			401 à 800	2
			801 et plus	3
Agriculture (présence d'agriculture dans le bassin versant)	2		Oui	1
Usages du lac				
Type d'embarcation	1		Non motorisées	1
			Motorisées (électrique et à essence)	2
VALEUR MAXIMALE				28

Pour ce volet de l'analyse, l'échantillon a dû être réduit compte tenu de l'absence de données pour certains lacs. Ainsi, l'information a été complétée pour 13 lacs de Saint-Donat, 11 lacs de Saint-Adolphe-d'Howard et 24 lacs affectés par le myriophylle à épis dans les Laurentides. Les résultats sont présentés à la figure 4 et à l'annexe 3.

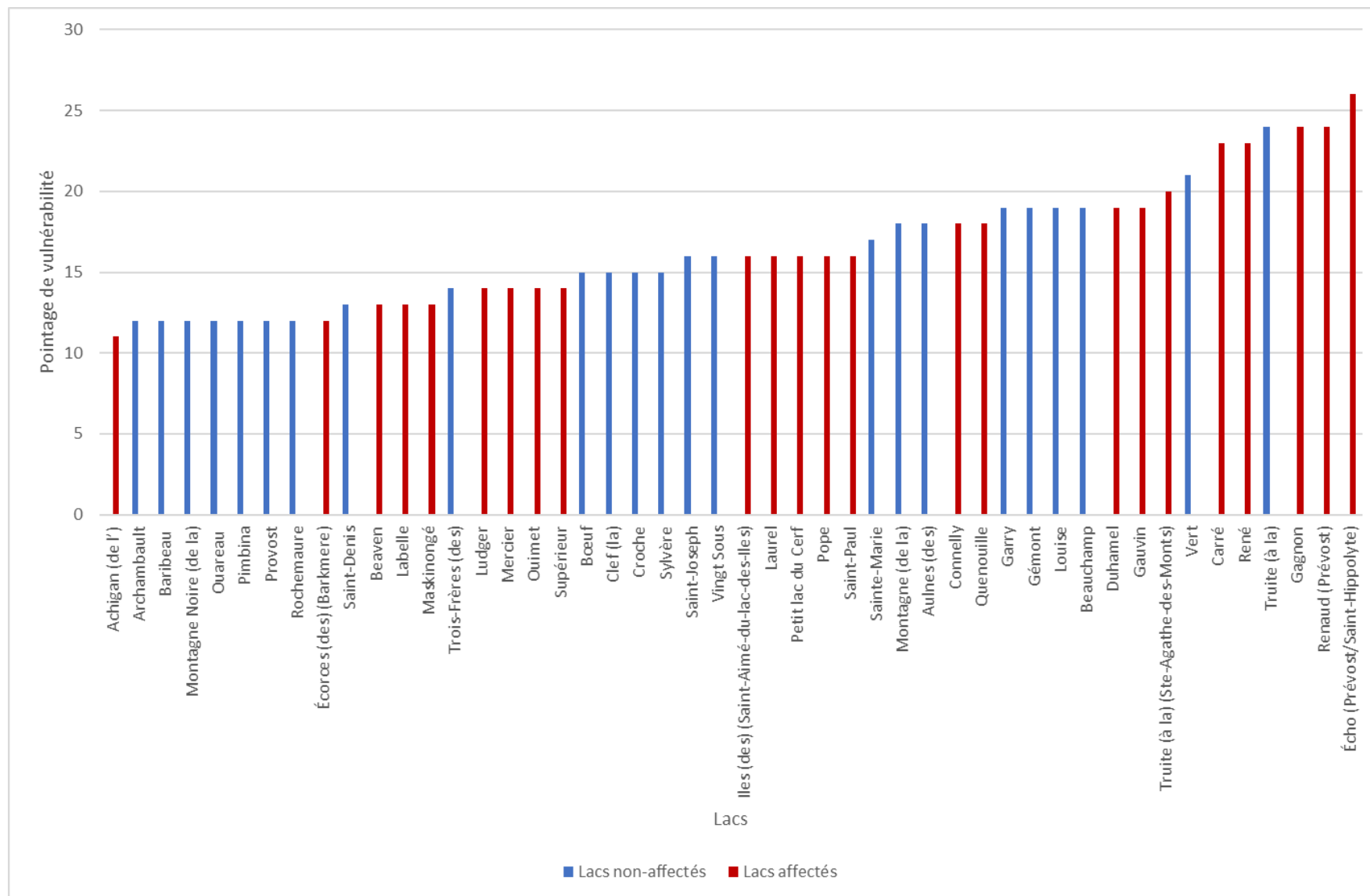


Figure 4. Vulnérabilité des lacs face à la propagation du myriophylle à épis

Les résultats de l'analyse multicritère semblent assez bien refléter le niveau de propagation des lacs affectés. En effet, parmi les lacs ayant obtenu le pointage le plus élevé, plusieurs sont, à notre connaissance, fortement colonisés par le myriophylle à épis. Notamment, il y a les lacs Renaud à Prévost, Gagnon à Val-des-Lac, Carré à Mont-Blanc (Saint-Faustin-Lac-Carré), et à la Truite à Sainte-Agathe-des-Monts. Au lac René à Prévost, les herbiers de myriophylle à épis ont pris de l'ampleur depuis sa détection en 2019. Ceci est cohérent avec le pointage obtenu pour ce lac et le potentiel de colonisation relié à la morphométrie, la physicochimie et l'enrichissement des sédiments. Au lac Écho de Saint-Hippolyte, d'autres facteurs pourraient expliquer le faible degré de propagation, dont la compétition par les espèces indigènes et les activités motorisées qui rendent les sédiments instables (Carignan R., 2018).

Enfin, le lac obtenant le pointage le plus faible est le lac des Écorces à Barkmere. Il s'agit d'un lac où l'arrachage du myriophylle à épis par l'aide des plongeurs expérimentés et formés a donné des résultats concluants probablement en raison de ses propriétés chimiques peu favorables à sa propagation et à sa détection très précoce.

L'évaluation du recouvrement par le myriophylle à épis, à l'aide d'un échosondeur, aurait permis de préciser ces résultats et d'effectuer des tests statistiques afin de confirmer la pertinence et le poids de chacun des critères dans l'évaluation de la vulnérabilité à la propagation.

Les pointages de vulnérabilité à la propagation du myriophylle à épis des lacs de Saint-Donat en fonction des critères considérés et la méthodologie utilisée sont présentés au tableau VI.

Tableau VI. Vulnérabilité des lacs de Saint-Donat à la propagation du myriophylle à épis

Lac	Pointage
Beauchamp	19
Aulnes (des)	18
Bœuf	15
Clef (la)	15
Croche	15
Sylvère	15
Archambault	12
Baribeau	12
Montagne Noire (de la)	12
Ouareau	12
Pimbina	12
Provost	12
Rochemaure	12

Ainsi, selon cette analyse, parmi les lacs de Saint-Donat, les lacs **Beauchamp** et **des Aulnes** seraient les plus vulnérables à la propagation. Les moins vulnérables seraient les lacs Archambault, Baribeau, de la Montagne Noire, Ouareau, Pimbina, Provost et Rochemaure (Tableau VI).

4. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

L'analyse des résultats nous permet de dresser les constats suivants :

TESTS STATISTIQUES

- Les **tests statistiques** confirment que des différences significatives sont observées entre les lacs affectés et non affectés par le myriophylle à épis, pour les critères d'introduction suivants : le type d'accès, le nombre d'habitations riveraines, la présence d'hydravion et la distance d'un lac affecté ;
- Ces résultats sont hautement significatifs pour le nombre d'habitations riveraines et la distance d'un lac affecté.

ANALYSE MULTICRITÈRE

Sur la base des critères retenus pour la vulnérabilité face à l'introduction du myriophylle à épis:

- ✓ Un taux de variation de l'ordre de 46 % a été obtenu, en comparant les pointages moyens des groupes de lacs affectés et non affectés par le myriophylle épis ;
- ✓ Sur les 25 lacs identifiés comme étant les plus vulnérables, 24 d'entre eux sont déjà affectés par le myriophylle à épis;
- ✓ Parmi les lacs de Saint-Donat :
 - les lacs **Archambault, Pimbina, de la Montagne Noire, Ouareau** et **Provost** seraient les plus vulnérables;
 - les moins vulnérables seraient les lacs des Aulnes, Bouillon, Élan, Léon, Major et Rochemaure (Tableau IV).

Sur la base des critères retenus pour la vulnérabilité face à la propagation du myriophylle à épis:

- ✓ Parmi les lacs de Saint-Donat :
 - les lacs **Beauchamp** et **des Aulnes** seraient les plus vulnérables;
 - Les moins vulnérables seraient les lacs Archambault, Baribeau, de la Montagne Noire, Ouareau, Pimbina, Provost et Rochemaure (Tableau VI).

De plus, aucun des lacs étudiés de Saint-Donat n'a été évalué comme étant à la fois dans les plus vulnérables face à l'introduction et la propagation du myriophylle à épis.

Ainsi, des mesures préventives plus soutenues devraient être adoptées aux lacs identifiés comme étant vulnérables à l'introduction du myriophylle à épis. Cela pourrait se traduire par une surveillance accrue des accès publics ou partagés, pour s'assurer que les réglementations en lien avec le nettoyage des embarcations soient respectées scrupuleusement. Ce faisant, il serait primordial de sensibiliser les usagers à la problématique des PAEE, plus particulièrement à celle du myriophylle à épis. Différents outils d'information et de sensibilisation pourraient être utilisés (dépliant, guide d'information, autocollant, publication web, affichage, etc.).

Par ailleurs, il est important de souligner que même si certains lacs sont considérés moins vulnérables, il suffit d'un seul évènement pour introduire la plante. Ainsi, bien que les efforts puissent être concentrés sur les lacs plus vulnérables, aucun ne devrait être négligé. Également, un lac identifié comme étant plus vulnérable à l'introduction ne sera pas nécessairement affecté dans un avenir plus ou moins rapproché. À cet effet, il est essentiel de poursuivre les stratégies globales adoptées à Saint-Donat, en termes de réglementation et de sensibilisation.

Pour la vulnérabilité face à la propagation, le fait que le lac Beauchamp semble plus propice à la prolifération du myriophylle à épis est dû à sa faible profondeur, au nombre élevé d'habitations dans son unité de drainage relativement à sa superficie ainsi qu'à sa conductivité élevée. Cette dernière peut être influencée par les sels de déglacage épandus sur la route 329, qui se trouve dans le bassin versant du lac. D'ailleurs, certaines municipalités mettent en place des écoroutes d'hiver aux endroits propices afin de diminuer les apports en sels déglacants dans les plans d'eau. Par exemple, une écoroute a été implantée sur le chemin du Lac-Supérieur pour limiter les apports en sels déglacants dans le lac Supérieur (Ministère des Transports, 2020). Le gouvernement du Québec a réalisé un cadre de référence notamment pour établir les principes pour identifier les endroits propices à l'implantation de ce type de route (Gouvernement du Québec, 2013). De plus, la présence d'un golf dans le bassin versant du lac Beauchamp peut potentiellement augmenter la quantité de nutriments qui parvient au lac, ce qui pourrait contribuer au succès de colonisation du myriophylle à épis.

5. LIMITES DE L'ÉTUDE

Les constats soulevés dans ce rapport sont basés sur l'analyse de critères pour lesquels une validation scientifique est actuellement disponible dans la littérature et ne sont donc pas exhaustifs. De plus, ils ont été associés à des territoires bien précis. Par ailleurs, l'analyse tient compte uniquement de la vulnérabilité à l'introduction et à la propagation, sans égard à l'impact social qui peut en résulter. Par exemple, la propagation du myriophylle n'occasionne pas les mêmes conséquences sociales si les zones colonisées se trouvent dans un secteur habité ou non. Une analyse qualitative pourrait donc compléter cette étude.

Il s'agit donc d'une première analyse qui pourrait être bonifiée dans le futur, notamment en se basant sur les recommandations suivantes :

Augmenter le nombre de lacs analysés

- ✓ De manière générale, il serait assez simple d'augmenter considérablement le nombre de lacs analysés par l'acquisition de quelques données supplémentaires. En effet, plusieurs lacs ont dû être exclus alors que seule l'une des variables était manquante (bien souvent la conductivité ou l'hypsométrie).

Élargir l'échelle considérée pour les lacs non affectés

- ✓ La présente analyse s'est limitée aux territoires des municipalités de Saint-Donat et Saint-Adolphe-d'Howard, pour les lacs non affectés par le myriophylle à épis. Il serait donc intéressant d'étendre la sélection des lacs non affectés à la région des Laurentides.

Inclure d'autres critères à l'analyse

- ✓ Les données sur l'achalandage des accès fréquentés (nombre et type d'embarcations) pourraient contribuer à préciser l'analyse, puisque cet élément a été identifié dans le cadre de plusieurs études (Nichols, 1994; Buchan et Padilla, 2000). Ce type d'information pourrait notamment être recueilli aux stations de nettoyage des embarcations. Il faudrait toutefois envisager d'autres méthodes, entre autres pour recueillir des données là où il n'y a pas de station de lavage ;
- ✓ Les pratiques de nettoyage des embarcations pourraient également être mieux documentées afin de préciser les catégories et inclure certains détails liés à la procédure utilisée, la formation des employés, les types d'embarcation pour lesquels un règlement s'applique, l'équipement et le matériel nettoyé et la sensibilisation des usagers (distribution d'outils et affichage). Les aspects qui influencent la fréquentation des stations de nettoyage pourraient également être considérés (accessibilité, coûts, etc.) ;
- ✓ Une étude sur les comportements des usagers (lavage, navigation, accès de leur rive, etc.) pourrait également nous fournir d'autres informations à considérer; des gens sensibles et bien au fait des enjeux face aux PAEE adoptent des comportements différents ;
- ✓ La présence d'établissements commerciaux, de villégiature et de tourisme constitue un facteur augmentant la présence humaine sur un lac et donc le risque d'introduction et de propagation du myriophylle à épis (Kanankege et

al., 2018). De plus, la location à court terme des résidences riveraines serait sans doute un élément à considérer dans une prochaine étude ;

- ✓ L'acquisition de données précises du recouvrement par le myriophylle à épis par échosondage sur un grand nombre de lacs permettrait, entre autres, de mener des tests statistiques et de valider le choix et le poids des critères considérés dans le cadre de l'analyse en lien avec sa propagation ;
- ✓ La connaissance de l'année d'infestation, ainsi qu'une amélioration de notre compréhension de la dynamique d'invasion du myriophylle à épis et notamment, des mécanismes responsables de son déclin naturel dans les lacs pourrait certainement contribuer à alimenter la réflexion concernant la vulnérabilité des lacs à la propagation de la plante ;
- ✓ D'autres facteurs biologiques peuvent potentiellement ralentir la prolifération des PAEE, comme la diversité des plantes aquatiques indigènes et la présence d'espèces compétitrices (Carignan R., 2017). Par exemple, la vallisnérie d'Amérique (*Vallisneria americana*) et le potamot de Robbins (*Potamogeton robbinsii*) sont deux espèces ayant la capacité de survivre même sous une canopée de myriophylle à épis (Coffey et McNabb, 1974; Boylen et al., 1999). Ces critères, bien que documentés, n'ont pu être considérés dans le cadre de l'analyse car les données étaient inexistantes pour un grand nombre de lacs de la région.

RÉFÉRENCES

- Air Safety Institute (2016). **How to Stop the Spread of Invasive Plants and Animals by Seaplane**. En ligne [<https://www.youtube.com/watch?v=fuVdOoBRwuE>] Consulté en décembre 2019.
- Boylen, C. W., Eichler, L. W. et J. D. Madsen (1999). *Loss of native aquatic plant species in a community dominated by Eurasian watermilfoil*. *Hydrobiologia*, 415: 207-211.
- Buchan, L.A.J., et D. Padilla (2000). *Predicting the likelihood of Eurasian watermilfoil presence in lakes, a macrophyte monitoring tool*. *Ecological Applications*, 10(5):1442-1455.
- Buchan, L.A.J., et D. Padilla (1999). *Estimating the probability of long-distance overland dispersal of invading aquatic species*. *Ecological Applications*, 9(1):254-265.
- Carignan, R. et J. Kalff (1980). *Phosphorus sources for aquatic weeds: water or sediments?* *Science*, 207: 987-989.
- Carignan, R. (2019). *Communication personnelle*.
- Carignan R. (2019a). *Situation du myriophylle à épi au lac René (Ville de Prévost) et perspective de contrôle*, 1 p.
- Carignan R. (2018). *Évolution 2002-2018 de l'état de santé des lacs de Saint-Hippolyte et cartographie des macrophytes*. En ligne [<https://saint-hippolyte.ca/wp-content/uploads/2019/03/Saint-Hippolyte-2018.pdf>] 145 p.
- Carignan R. (2017). *Le myriophylle à épi et les autres plantes aquatiques du lac Quenouille*, En ligne [<http://lacquenouille.ca/documents/MAE-EWM/MAE-Report-Carignan-2017.pdf>] 31 p.
- Carignan, R. et CRE Laurentides (2013). *Définition de l'hypsométrie*. Disponible dans l'Atlas web des lacs des Laurentides. En ligne [http://crelaurentides.org/images/images_site/documents/atlas/Hypsometrie/definitionhypsometrie.pdf] Consulté en décembre 2019
- Carignan, R. (2012). *Communication personnelle*.
- Carignan R. et CRE Laurentides (2010-2019). *Cartes bathymétriques des lacs*. Disponibles dans l'Atlas web des lacs des Laurentides. En ligne [<https://crelaurentides.org/dossiers/eau-lacs/atlasdeslacs>] Consulté en décembre 2019
- Carignan, R. et CRE Laurentides (2013-2019). *Fiches hypsométriques des lacs*. Disponibles dans l'Atlas web des lacs des Laurentides. En ligne [<https://crelaurentides.org/dossiers/eau-lacs/atlasdeslacs>] Consulté en décembre 2019
- Coffey, B. T. et C. D. McNabb (1974). *Eurasian watermilfoil in Michigan*. *Mich. Bot.* 13: 159–165.
- Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides) (2005-2019). *Rapport et fiches de résultats du suivi complémentaire de la qualité de l'eau de Bleu Laurentides*. Compilation des données de près de 500 suivis à l'aide de la multisonde, publiées dans 218 fiches et rapports, disponibles dans l'Atlas web des lacs des Laurentides. En ligne [<https://crelaurentides.org/dossiers/eau-lacs/atlasdeslacs>] Consulté en août 2019.
- Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides) (2016). *Le myriophylle à épi : Petit guide pour ne pas être envahi*. En ligne [<http://www.crelaurentides.org/documents>] Consulté en 2019.
- Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides) (2009). *Trousse des lacs – Fiche sur la conductivité spécifique*. En ligne [<https://crelaurentides.org/dossiers/eau-lacs/trousse-des-lacs>] Consulté en 2019.
- Denis-Blanchard, Ariane (2015). *Effet du développement résidentiel sur la distribution et l'abondance des macrophytes submergés dans la région des Laurentides et de Lanaudière*. Université de Montréal : Faculté des arts et des sciences, Département de sciences biologiques. En ligne [<https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/13449>] 103 p.
- Eiswerth, M. E., Donaldson, S. G. et W. S. Johnson (2000) *Potential environmental impacts and economic damages of Eurasian watermilfoil (Myriophyllum spicatum) in Western Nevada and Northeastern California*. *Weed Science Society of America*, 14(3): 511-518.
- Espace Hydravion (2019). *Hydrobases et lacs de destination en hydravion*. En ligne [https://www.espacehydravionquebec.com/hydrobase_lac_hydravion.php] Consulté décembre 2019.
- Esri (2019). Méthodes de classification des données. En ligne [<https://pro.arcgis.com/fr/pro-app/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm>] Consulté en décembre 2019.
- Fédération québécoise des chasseurs et pêcheurs (2019). *Carte Allons pêcher*. En ligne [<https://carte.allonspecher.com/>] Consulté en août 2019.
- Google (2020). **Google Earth**. En ligne [<https://www.google.com/earth/>] Consulté en janvier 2020.
- Gouvernement du Québec (2013). *Les écoroutes d'hiver, cadre de référence*. Transports Québec, 11 p.

- Graham, David (2017). *Aérodromes de la circonscription*. Publié dans l'infolettre de l'Automne 2017 du député fédéral de Laurentides-Labelle
- Greene, Mélissa (2012). *Effet du développement résidentiel sur l'habitat et la distribution des macrophytes dans les lacs des Laurentides*. Université de Montréal : Faculté des arts et des sciences, Département de sciences biologiques. En ligne [<https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/8538>] 81 p.
- Institut de la statistique du Québec (ISQ) (2019). *Population et structure par âge et sexe*. En ligne [<http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/population-demographie/structure/municipalites-total.xlsx>] Consulté en décembre 2019.
- Institut de recherche en biologie végétale et Jardin Botanique de Montréal (2022). *Communications personnelles*.
- Jacob-Racine R., et C. Lavoie (2018). *Reconstitution historique de l'invasion du Québec par le myriophylle à épi (Myriophyllum spicatum)*. Le Naturaliste Canadien, 142(3):40-46.
- June-Wells, M., Gallagher, F., Gibbons, J. et G. Bugbee (2013). *Water chemistry preferences of five nonnative aquatic macrophyte species in Connecticut: a preliminary risk assessment tool*. Lake and Reservoir Management, 29:303-316.
- Kalff, Jacob (2002). *Limnology : inland water ecosystems*. États-Unis : Prentice-Hall inc., 592 p.
- Kanankege, K. S. T, Alkhamis, M. A., Phelps, N. B. D. et A. M. Perez (2018). *A Probability Co-Kriging Model to Account for Reporting Bias and Recognize Areas at High Risk for Zebra Mussels and Eurasian watermilfoil Invasions in Minnesota*. Frontiers in Veterinary Science, 4(231).
- Kruskal, W. H., et W. A. Wallis (1952). *Use of ranks in one-criterion variance analysis*. Journal of the American Statistical Association, 47 : 583–621.
- Maine Department of Environmental Protection (2019). *Understanding the vulnerability of Maine lakes to invasive aquatic plants*. En ligne [<https://www.maine.gov/dep/water/invasives/vulnerability.html>]. Consulté en janvier 2020.
- McHugh, M. L. (2013). *The Chi-square test of independence*. Biochemia Medica, 23(2): 143-149.
- Madsen, J. D. (1997) *Predicting invasion success of Eurasian Watermilfoil*. Journal of Aquatic Plant Management, 36: 28-32.
- Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH) (2019). *Organisation territoriale – Régions administratives – Région des Laurentides*. Gouvernement du Québec. En ligne [<http://www.mamrot.gouv.qc.ca/fileadmin/cartes/region/15.pdf>] Consulté en avril 2019.
- Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH) (2019a). *Répertoire des municipalités* Gouvernement du Québec. En ligne [<https://www.mamh.gouv.qc.ca/recherche-avancee/fiche/municipalite/77065/>] Consulté en août 2019.
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) (2019). *Sentinelles – Outil de détection des espèces exotiques envahissantes*. Gouvernement du Québec. En ligne [<http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/sentinelles.htm>] Consulté en décembre 2019.
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) (2019a). *Réseau de surveillance volontaire des lacs*. Gouvernement du Québec. En ligne [<http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rsvl/relais/index.asp>] Consulté en août 2019.
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) (2018). *Guide des bonnes pratiques en milieu aquatique dans le but de prévenir l'introduction et la propagation d'espèces aquatiques envahissantes*. En ligne [https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/GUIDE_nettoyage_embarcations_MFFP.pdf] Consulté en août 2019.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2016B). *Protocole de détection et de suivi des plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) dans les lacs de villégiature du Québec*. Direction de l'information sur les milieux aquatiques, Direction de l'expertise en biodiversité, ISBN 978-2-550-76075-7 (PDF, 2016), 54 p. En ligne [<https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/paee/index.htm>]
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) (2006). *Carte du réseau hydrique de la région des Laurentides*. Direction des politiques de l'eau, Bureau de la gestion par bassin versant.
- Ministère des Transports (2020). *Implantation d'une écoroute d'hiver sur le chemin du Lac-Supérieur*. En ligne [<https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/salle-de-presse/nouvelles/Pages/implantation-ecoroute-hiver-lac-superieur.aspx>] consulté en octobre 2022.
- Municipalité de Saint-Donat (2019a). *Communications personnelles*.
- Municipalité de Saint-Donat (2019b). *Règlement numéro 15-923 relatif au plan d'urbanisme et de développement durable*. En ligne [http://www.saint-donat.ca/files/Texte%20PU%20-%202019_09-11.pdf]. Consulté en février 2020.
- Municipalité régionale de comté (MRC) des Pays-d'en-Haut (2015). *Profil socio-économique de la MRC des Pays-d'en-Haut*. En ligne [<https://lespaysdenhaut.com/wp-content/uploads/2016/06/Profil-socio-economique-FINAL-2015.pdf>]. Consulté en août 2019.
- Nichols, S. A. (1994). *Evaluation of invasions and declines of submersed macrophytes for the Upper Great Lakes region*. Lake and Reservoir Management, 10:29-33.

- Olden, J. D., et M. Tamayo (2014a). *Incentivizing the public to support invasive species management: Eurasian milfoil reduces lakefront property values*. PLoS ONE, 9:10, e110458.
- Olden, J. D., et M. Tamayo (2014b). *Forecasting the vulnerability of lakes to aquatic plant invasions*. Invasive Plant Science and Management, 7:32-45.
- QGIS Development Team (2019). *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. [<http://qgis.osgeo.org>] Consulté en novembre 2019.
- R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. En ligne [<https://www.r-project.org/>] Consulté en novembre 2019.
- Roley, S. S., et R. M. Newman (2008). *Predicting Eurasian watermilfoil invasions in Minnesota*. Lake and Reservoir Management, 24(4):361-369.
- Rothlisberger, J. D. et D. M., Lodge (2010). *Limitations of gravity models in predicting the spread of Eurasian watermilfoil*. Conservation Biology, 25 (1): 64-72.
- Scherrer, B. (1984). *Biostatistique*. Éditions Gaëtan Morin, Montréal, 576 p.
- Seekamp, E., McCreary, A., Mayer, J., Zack, S., Charlebois, P. et L. Pasternak (2016). *Exploring the efficacy of an aquatic invasive species prevention campaign among water recreationists*. Biological Invasions, 18: 1745-1758.
- Smith, C. S., et J.W. Barko (1990). *Ecology of Eurasian watermilfoil*. Journal of Aquatic Plant Management, 28:55-64.
- Transport Canada (2019). *Règlement sur les restrictions visant l'utilisation des bâtiments - Loi sur la marine marchande du Canada*. En ligne [<https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/dors-2008-120/TexteCompleet.html>] Consulté novembre 2019.
- Wright, R. E. (1995). *Logistic regression*. Dans L. G. Grimm et P. R. Yarnold (Eds.), Reading and understanding multivariate statistics. American Psychological Association, 217-244.
- Zhang, C., et K. J. Boyle (2010). *The effect of an aquatic invasive species (Eurasian watermilfoil) on lakefront property values*. Ecological Economics, 70(2):394-40

6. ANNEXES

ANNEXE 1 – RÉPARTITION DES LACS DE SAINT-DONAT ET DE SAINT-ADOLPHE-D'HOWARD NON AFFECTÉS, AINSI QUE DES LACS DES LAURENTIDES AFFECTÉS PAR LE MYRIOPHYLLE À ÉPIS SELON LES CRITÈRES DE VULNÉRABILITÉ FACE À L'INTRODUCTION

VARIABLES	CLASSIFICATION	LACS AFFECTÉS (38)	LACS ST-DONAT (non affectés) (17)	LACS ST-ADOLPHE (non affectés) (25)	Répartition TOTAL LACS AFFECTÉS (%)	Répartition TOTAL LACS NON AFFECTÉS (%)
Type et nombre d'accès						
	Aucun	11	9	2	29	26
	Accès privé partagé	7	1	21	18	52
	Accès public (1)	17	7	1	45	19
	Accès publics (2 et +)	3	0	1	8	2
Réseau routier à proximité						
	Aucune route majeure	16	12	13	42	60
	Route régionale	21	5	12	55	40
	Autoroute	1	0	0	3	0
Lavage des embarcations						
	Lavage obligatoire et vérification	0	7	0	0	17
	Lavage obligatoire	15	10	25	39	83
	Lavage non obligatoire	23	0	0	61	0
Nombre d'habitations riveraines						
	Faible (0-50)	6	7	17	16	57
	Moyenne (51-100)	7	4	5	18	21
	Élevé (101 et plus)	25	6	3	66	21
Type d'embarcation						
	Non motorisées	0	0	5	0	12
	Motorisées (électrique)	2	2	0	5	5
	Motorisées (à essence)	36	15	20	95	83
Présence d'hydravion						
	Non	22	15	25	58	95
	Oui	16	2	0	42	5
Distance des lacs affectés						
	Plus de 12 km	4	14	2	11	38
	6 à 12 km	9	2	19	24	50
	0 à 6 km	17	1	4	45	12
	Directement connecté	8	0	0	21	0

ANNEXE 2 – POINTAGES OBTENUS À LA SUITE DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE DE LA VULNÉRABILITÉ DES LACS DE SAINT-DONAT (16), SAINT-ADOLPHE-D'HOWARD (25) ET DES LACS AFFECTÉS DES LAURENTIDES (38) FACE À L'INTRODUCTION DU MYRIOPHYLLE À ÉPIS.

Pointages obtenus à la suite de l'analyse multicritère de la vulnérabilité à l'introduction des lacs de Saint-Donat (16)

Lac	Type d'accès	Réseau routier	Lavage des embarcations	Habitations riveraines	Type d'embarcation	Présence d'hydravion	Proximité lac affecté	TOTAL
Archambault	6	1	1	3	3	2	6	22
Pimbina	6	1	1	2	3	2	3	18
Montagne Noire (de la)	0	0	2	3	3	0	9	17
Ouareau	6	1	1	3	3	0	3	17
Provost	6	1	1	3	3	0	3	17
Croche	6	0	1	3	3	0	3	16
Sylvère	6	0	1	3	3	0	3	16
Baribeau	6	0	1	2	3	0	3	15
Beauchamp	3	1	2	2	2	0	3	13
Bœuf	0	0	2	1	3	0	6	12
Clef (la)	0	0	2	2	3	0	3	10
des Aulnes	0	0	2	1	3	0	3	9
Bouillon	0	0	2	1	3	0	3	9
Léon	0	0	2	1	3	0	3	9
Élan	0	0	2	1	3	0	3	9
Major	0	0	2	1	3	0	3	9
Rochemaure	0	0	2	1	2	0	3	8
Valeur maximale	9	2	3	3	3	2	12	34

Pointages obtenus à la suite de l'analyse multicritère de la vulnérabilité à l'introduction des lacs de Saint-Adolphe-d'Howard (25)

Lac	Type d'accès	Réseau routier	Lavage des embarcations	Habitations riveraines	Type d'embarcation	Présence d'hydravion	Proximité lac affecté	TOTAL
Petit Sainte-Marie	3	1	2	2	3	0	9	20
Cœur (du)	3	0	2	3	3	0	9	20
Garry	3	0	2	1	3	0	9	18
Pierre-Aubin	3	0	2	1	3	0	9	18
Saint-Joseph	3	1	2	3	3	0	6	18
Sainte-Marie	6	0	2	3	3	0	3	17
Gémont	3	1	2	1	3	0	6	16
Truite	3	0	2	2	3	0	6	16
Long	3	1	2	1	3	0	6	16
Chevreuils	3	1	2	1	3	0	6	16
Louise	3	0	2	2	3	0	6	16
Bois Franc	3	1	2	1	3	0	6	16
Vert	3	1	2	1	3	0	6	16
Petit lac Long	3	1	2	1	3	0	6	16
Cabane (de la)	3	0	2	1	3	0	6	15
Cornu	3	0	2	1	3	0	6	15
Grosse (de la)	3	0	2	1	3	0	6	15
Beauchamp	3	0	2	1	3	0	6	15
Dépatie	3	0	2	1	3	0	6	15
Vingt Sous	3	0	2	2	1	0	6	14
Trois-Frères	3	1	2	1	1	0	6	14
Noir	3	0	2	1	1	0	6	13
Pins (des)	0	1	2	1	3	0	6	13
Saint-Denis	0	1	2	2	1	0	6	12
Montagne (de la)	3	1	2	1	1	0	3	11
Valeurs maximales	9	2	3	3	3	2	12	34

Pointages obtenus à la suite de l'analyse multicritère de la vulnérabilité à l'introduction des lacs affectés (38)

Lac	Type d'accès	Réseau routier	Lavage des embarcations	Habitations riveraines	Type d'embarcation	Présence d'hydravion	Proximité lac affecté	TOTAL
Grand lac du Cerf	6	1	2	3	3	2	12	29
Écorces (des) (Lac-des-Écorces)	6	1	3	3	3	2	9	27
Tapani	6	1	3	3	3	2	9	27
Forgeron	6	0	3	2	3	0	12	26
Laurel	6	0	2	3	3	0	12	26
Mercier	6	1	2	3	3	2	9	26
Écho (Prévost/Saint-Hippolyte)	6	1	3	3	3	0	9	25
Gauvin	6	1	2	3	3	0	9	24
Hamel	6	0	3	1	3	2	9	24
Seize (des)	0	1	3	3	3	2	12	24
Achigan (de l')	3	1	2	3	3	2	9	23
Labelle	6	0	3	3	3	2	6	23
Pins (des)	3	0	3	2	3	0	12	23
Chapleau	6	0	2	3	3	2	6	22
Écorces (des) (Barkmere)	6	0	2	3	3	2	6	22
Beaven	0	1	2	3	3	0	12	21
Bonnécal	0	1	3	2	3	0	12	21
Carré	6	0	3	3	3	0	6	21
Iles (des) (Saint-Aimé-du-lac-des-Iles)	3	1	3	3	3	2	6	21
Ludger	6	1	2	3	3	0	6	21
Quenouille	3	0	3	3	3	0	9	21
Renaud	3	0	3	3	3	0	9	21
Cèdres (des)	0	1	3	1	3	0	12	20
Connelly	0	0	3	3	3	2	9	20
Guérin	0	1	3	1	3	0	12	20
Maskinongé	3	1	2	3	3	2	6	20
Petit lac du Cerf	0	1	2	2	3	0	12	20

Saint-Paul	6	1	2	3	3	2	3	20
Ouimet (Mont-Tremblant)	3	1	2	2	2	0	9	19
Tibériade	6	0	2	3	3	2	3	19
Truite (à la) (Sainte-Agathe-des-Monts)	3	1	3	3	3	0	6	19
Duhamel	0	1	2	3	3	0	9	18
Supérieur	3	0	3	3	3	0	6	18
O'Neil	0	1	3	1	3	0	9	17
Pope	6	0	3	2	3	0	3	17
René	0	1	3	1	3	0	9	17
Gagnon	0	0	3	2	2	0	9	16
Papineau	3	0	3	1	3	2	3	15
Valeurs maximales	9	2	3	3	3	2	12	34

ANNEXE 3 – POINTAGES OBTENUS À LA SUITE DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE DE LA VULNÉRABILITÉ DES LACS DE SAINT-DONAT (13), SAINT-ADOLPHE-D'HOWARD (11) ET DES LACS AFFECTÉS DES LAURENTIDES (24) FACE À LA PROPAGATION DU MYRIOPHYLLE À ÉPIS.

Pointages obtenus à la suite de l'analyse multicritère de la vulnérabilité à la propagation des lacs de Saint-Donat (13)

Lac	Superficie du fond colonisable	Conductivité	Nombre d'habitations/superficie du lac	Agriculture	Type d'embarcation	TOTAL
Beauchamp	9	4	4	0	2	19
Aulnes (des)	12	2	2	0	2	18
Bœuf	9	2	2	0	2	15
Clef (la)	9	2	2	0	2	15
Croche	9	2	2	0	2	15
Sylvère	9	2	2	0	2	15
Archambault	6	2	2	0	2	12
Baribeau	6	2	2	0	2	12
Montagne Noire (de la)	6	2	2	0	2	12
Ouareau	6	2	2	0	2	12
Pimbina	6	2	2	0	2	12
Provost	6	2	2	0	2	12
Rochemaure	6	2	2	0	2	12
Valeurs maximales	12	6	6	2	2	28

Pointages obtenus à la suite de l'analyse multicritère de la vulnérabilité à la propagation des lacs de Saint-Adolphe-d'Howard (11)

Lac	Superficie du fond colonisable	Conductivité	Nombre d'habitations/superficie du lac	Agriculture	Type d'embarcation	TOTAL
Truite (à la)	12	4	6	0	2	24
Vert	9	4	4	0	2	21
Garry	9	4	4	0	2	19
Gémont	9	4	4	0	2	19
Louise	9	4	4	0	2	19
Montagne (de la)	9	4	4	0	1	18
Sainte-Marie	9	4	2	0	2	17
Saint-Joseph	6	4	4	0	2	16
Vingt Sous	9	4	2	0	1	16
Trois-Frères (des)	9	2	2	0	1	14
Saint-Denis	6	4	2	0	1	13
Valeurs maximales	12	6	6	2	2	28

Pointages obtenus à la suite de l'analyse multicritère de la vulnérabilité à la propagation des lacs affectés (24)

Lac	Superficie du fond colonisable	Conductivité	Nombre d'habitations/superficie du lac	Agriculture	Type d'embarcation	TOTAL
Écho (Prévost/Saint-Hippolyte)	12	6	6	0	2	26
Gagnon	12	6	4	0	2	24
Renaud (Prévost)	12	4	6	0	2	24
Carré	9	6	6	0	2	23
René	9	6	6	0	2	23
Truite (à la) (Ste-Agathe-des-Monts)	6	6	6	0	2	20
Duhamel	9	6	2	0	2	19
Gauvin	9	4	2	2	2	19
Connelly	6	4	6	0	2	18
Quenouille	12	2	2	0	2	18
Iles (des) (Saint-Aimé-du-lac-des-Iles)	6	4	2	2	2	16
Laurel	6	4	4	0	2	16
Petit lac du Cerf	6	4	2	2	2	16
Pope	6	4	2	2	2	16
Saint-Paul	6	4	2	2	2	16
Ludger	6	4	2	0	2	14
Mercier	6	4	2	0	2	14
Ouimet	6	4	2	0	2	14
Supérieur	6	4	2	0	2	14
Beaven	3	4	2	2	2	13
Labelle	3	4	2	2	2	13
Maskinongé	3	4	2	2	2	13
Écorces (des) (Barkmere)	6	2	2	0	2	12
Achigan (de l')	3	4	2	0	2	11
Valeurs maximales	12	6	6	2	2	28