

VULNÉRABILITÉ DES LACS DE MONT-BLANC 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

Samuel De la Durantaye-Leclerc
Agent de projet Eau et lacs, CRE Laurentides

Révision

Anne Léger
Directrice générale, CRE Laurentides

Richard Carignan, PhD

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

Photo de la couverture : vue aérienne du lac Carré à Mont-Blanc

Référence à citer :

Conseil régional de l'environnement des Laurentides (2022). *Vulnérabilité des lacs de Mont-Blanc face à l'introduction et la propagation du myriophylle à épis*, 34 p.

Table des matières

Liste des figures.....	II
Liste des tableaux.....	II
Acronymes.....	III
Définitions.....	III
Mise en garde.....	1
Sommaire.....	1
1. Mise en contexte.....	2
1.1 Les plantes aquatiques exotiques envahissantes et le myriophylle à épis.....	2
1.1.1. <i>Le myriophylle à épis</i>	2
1.2 La municipalité de Mont-Blanc.....	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
3. Résultats.....	7
3.1 Revue de la littérature scientifique et sélection des critères.....	7
3.1.1 <i>Facteurs liés à l'introduction du myriophylle à épis</i>	7
3.1.2 <i>Facteurs liés à la propagation du myriophylle à épis</i>	10
3.2 Compilation des données pour les lacs des Laurentides.....	12
3.2.1 <i>Choix des lacs</i>	12
3.2.2 <i>Sources des données</i>	13
3.3 Analyse multicritère.....	14
3.3.1 <i>Vulnérabilité des lacs face à l'introduction du myriophylle à épis</i>	14
3.3.2 <i>Vulnérabilité des lacs face à la propagation du myriophylle à épis</i>	17
4. Discussion.....	20
5. Recommandations.....	22
6. Limites de l'étude.....	23
7. Références.....	26
8. Annexes.....	29

Liste des figures

Figure 1. Les plans d'eau de Mont-Blanc	5
Figure 2. Localisation approximative des signalements de myriophylle à épis dans les Laurentides, selon l'outil Sentinelle du MELCC	12
Figure 3. Vulnérabilité des lacs face à l'introduction du myriophylle à épis	15
Figure 4. Vulnérabilité des lacs face à la propagation du myriophylle à épis	18

Liste des tableaux

Tableau I. Critères pour la vulnérabilité à l'introduction du myriophylle à épis et pointage associé.....	14
Tableau II. Valeurs moyennes des pointages obtenus pour les critères d'introduction des lacs affectés et non affectés.....	16
Tableau III. Vulnérabilité des lacs de Mont-Blanc à l'introduction du myriophylle à épis	16
Tableau IV. Critères pour la vulnérabilité à la propagation du myriophylle à épis et pointages associés	17
Tableau V. Vulnérabilité des lacs de Mont-Blanc à la propagation du myriophylle à épis	19

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.

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.

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 fait partie d'une série, constituant un premier jalon dans l'identification de la vulnérabilité des lacs face à l'introduction et à la propagation du myriophylle à épis, réalisée à partir d'une liste de critères issus de la littérature scientifique. Les auteurs 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.

Sommaire

Déjà présent dans une quarantaine de lacs de la région des Laurentides, le myriophylle à épis se retrouve aussi dans un plan d'eau de la municipalité de Mont-Blanc. 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. 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. La méthodologie est la même que celle utilisée dans une étude précédemment réalisée par le CRE Laurentides¹.

Parmi les lacs de Mont-Blanc, l'analyse multicritère identifie les lacs Sauvage, Carré (déjà affecté), Caché, Cordon et Larin comme les plus vulnérables à l'introduction du myriophylle à épis. Pour la propagation de la plante une fois introduite, ce sont les lacs des Trois-Îles, Carré (déjà affecté) et Colibri qui sont les plus vulnérables.

¹ 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.

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*)² et le myriophylle à épis (*Myriophyllum spicatum*).

1.1.1. Le myriophylle à épis

Le myriophylle à épis (MàÉ) est une espèce de PAEE eurasienne 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

² 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 Mont-Blanc

La municipalité de Mont-Blanc est localisée dans la région des Laurentides, sur le territoire de la MRC des Laurentides, des organismes de bassins versants des rivières Rouge, Petite Nation et Saumon (OBV RPNS) et de la rivière du Nord (ABRINORD). Elle est bordée par les municipalités de Mont-Tremblant, Sainte-Agathe-des-Monts, Lac-Supérieur, Ivry-sur-le-Lac, Saint-Adolphe-d'Howard, Montcalm et Arundel. Elle détient une superficie de 128,93 km² et comptait 3 695 résidents permanents en 2021 (MAMH, 2022; ISQ, 2022).

La municipalité de Mont-Blanc est prisée pour la villégiature et les activités récréotouristiques. La proximité de la métropole combinée à la beauté des paysages, les nombreuses montagnes, la station de ski Mont-Blanc et la présence de nombreux lacs attirent un grand nombre de villégiateurs à Mont-Blanc, qui compte 215 plans d'eau³ dont 39 possèdent un toponyme officiel (Figure 1). 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 2006, Mont-Blanc s'est doté d'un *Programme de protection des lacs* qui permet le suivi de l'état de santé de plusieurs lacs de la municipalité. Des inspections d'installations septiques, la caractérisation de la bande riveraine, le suivi de la qualité de l'eau, la caractérisation des plantes aquatiques et autres suivis sont effectués dans le cadre de ce programme (Municipalité de Mont-Blanc, 2022).

En 2021, la municipalité de Mont-Blanc a adopté une politique sur le lavage des embarcations nautiques pour protéger les plans d'eau des plantes aquatiques exotiques envahissantes. La politique se veut un contrat volontaire entre les utilisateurs des plans d'eau et la municipalité. L'objectif est de fournir aux usagers les connaissances requises pour les utiliser sans risquer d'introduire des plantes aquatiques exotiques envahissantes. De cette manière, la politique informe comment se propagent les PAEE, comment identifier les PAEE et comment intégrer des habitudes préventives afin d'éviter leur introduction (Municipalité de Mont-Blanc, 2021).

³ Selon la Géobase du réseau hydrographique du Québec, ce nombre peut inclure de petits plans d'eau tels que des étangs.

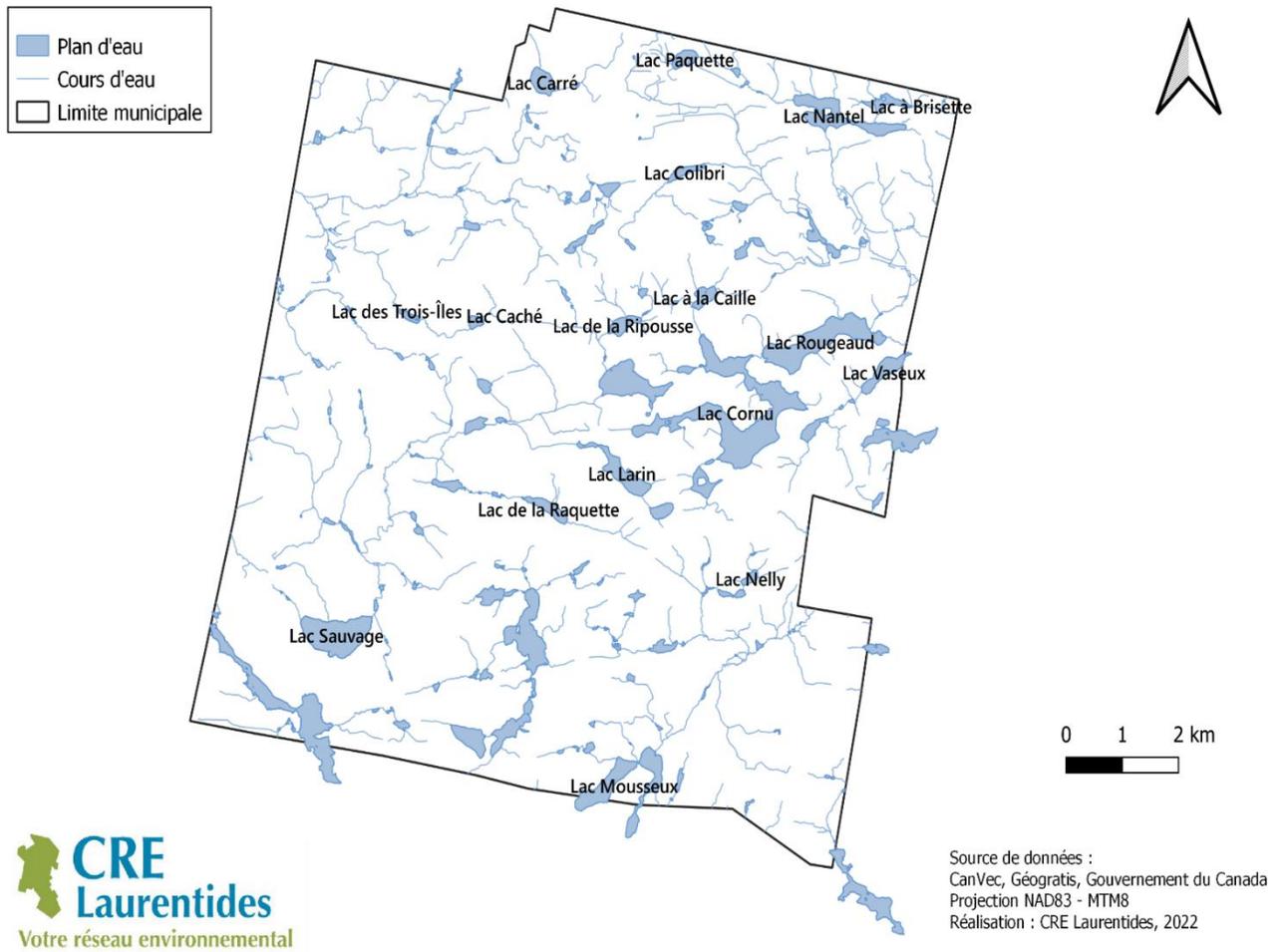


Figure 1. Les plans d'eau de Mont-Blanc à l'étude

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, la municipalité de Mont-Blanc a mandaté le CRE Laurentides pour réaliser l'analyse de la vulnérabilité de ses lacs face au myriophylle à épis. Comme la plante est déjà établie dans un lac de la municipalité et dans plus de quarante lacs de la région, la menace de son introduction et de sa propagation est bien présente (Figure 2; MELCC, 2022).

L'étude considère la majorité des lacs habités de Mont-Blanc pour lesquels des données sont disponibles. Puisque la méthodologie a été développée récemment, des lacs non affectés des municipalités de Saint-Donat et de Saint-Adolphe-d'Howard ainsi que des lacs affectés par le myriophylle à épis et son hybride (*M. spicatum* x *M. sibiricum*) de la région des Laurentides (section 3.2.1) ont été ajoutés à l'analyse. Ceci permet notamment de valider la solidité de la méthodologie et d'effectuer des comparaisons entre les lacs.

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.

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).

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 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 transportées 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 distance⁴ 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.

⁴ 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 °C⁵ et est généralement exprimée en µS/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 (CO₂) dissous. Toutefois, la majorité des macrophytes, incluant les espèces de myriophylle, ont la capacité de puiser le carbone inorganique des anions bicarbonate (HCO₃⁻) et carbonate (CO₃²⁻) (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.

⁵ Pour comparer les valeurs de conductivité d'une saison à l'autre et d'un plan d'eau à l'autre, il faut qu'elles soient calibrées en fonction d'une température de l'eau de 25°C. Une fois ajustées, elles deviennent des données de conductivité spécifique.

(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 utilisés 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 étaient 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 20 lacs non affectés de Mont-Blanc, 13 lacs non affectés de Saint-Adolphe-d'Howard, 10 lacs non affectés de Saint-Donat et pour 38 lacs affectés des Laurentides (dont un à Mont-Blanc) à des fins de comparaison et pour avoir un nombre presque équivalent de lacs affectés et non affectés.

Pour l'analyse du risque de propagation, l'échantillon a dû être réduit compte tenu de l'absence de données pour plusieurs lacs. Ainsi, les critères ont été associés à 17 lacs de Mont-Blanc (dont un affecté) et 24 lacs affectés des Laurentides.

Les lacs de Saint-Adolphe-d'Howard et de Saint-Donat ont été sélectionnés au hasard parmi ceux étudiés dans une analyse de vulnérabilité du CRE Laurentides antérieure à des fins de comparaison. Les lacs affectés sont répertoriés dans l'outil Sentinelles du MELCC (Figure 2; MELCC, 2019).

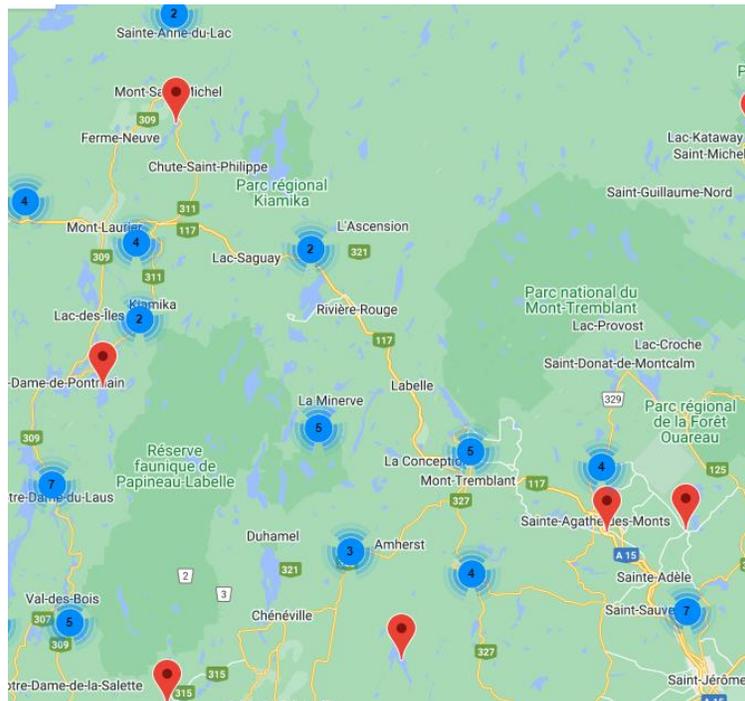


Figure 2. Localisation approximative des signalements de myriophylle à épis dans les Laurentides, selon l'outil Sentinelles du MELCC

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.

Pour la majorité des plans d'eau analysés, 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. Pour Mont-Blanc, la Municipalité a fourni les informations à cet effet. Tous les terrains publics bordant un lac ont été considérés comme un accès public.

La collaboration de la municipalité de Mont-Blanc a permis de valider les mesures en lien avec le **nettoyage des embarcations**. La présence d'employées du CRE Laurentides dans les municipalités de Saint-Donat et de Saint-Adolphe-d'Howard en 2019 a également permis de valider les méthodes en place. 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 **distance⁶ 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, Géogratix). Les unités de drainage et bassins versants ont été calculés avec les modèles numériques obtenus avec le LiDAR disponibles sur Forêt Ouverte et Données Québec (Données Québec, 2022).

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 et du *Programme de protection des lacs* de Mont-Blanc (MELCC, 2019a; Municipalité de Mont-Blanc, 2022). 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).

⁶ En ligne droite

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, Municipalité de Mont-Blanc, 2022). Seules les données obtenues à un mètre de la surface de l'eau ont été considérées dans l'analyse et la moyenne pluriannuelle est utilisée lorsque les données sont disponibles sur plusieurs années (CRE Laurentides et Carignan, R. 2019). Pour Mont-Blanc, les données de conductivité proviennent du *Programme de protection des lacs* de la municipalité.

3.3 Analyse multicritère

3.3.1 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 I) du myriophylle à épis, ainsi que les pointages qui leur ont été attribués.

Tableau I. 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	3
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 lacs étudiés sont présentés à la figure 3 et l'annexe 2.

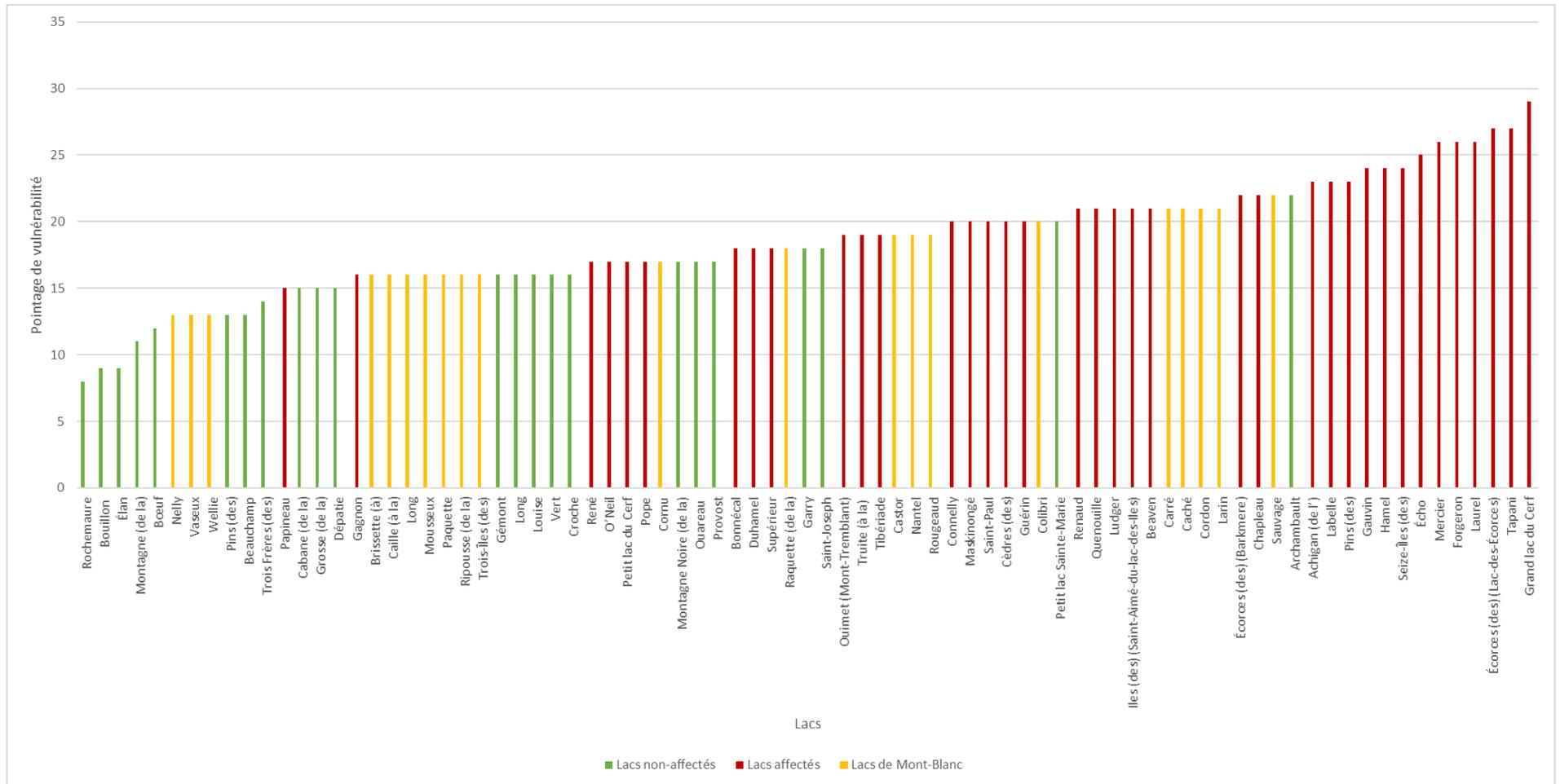


Figure 3. Vulnérabilité des lacs face à l'introduction du myriophylle à épis

Globalement, des différences ont été observées entre les valeurs moyennes pour les deux groupes de lacs (affectés et non affectés) (Figure 3; Tableau II). Plus précisément, le taux de variation est de l'ordre de 36% pour les valeurs moyennes. Cela signifie qu'en moyenne, les lacs affectés ont un pointage plus élevé de 36% par rapport aux lacs non affectés.

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

GROUPE DE LACS (nombre de lacs)	MOYENNE
Mont-Blanc (20)	17
Saint-Donat et Saint-Adolphe (23)	15
Affectés (38)	21
Taux de variation (Affectés vs non affectés)	36%

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

Tableau III. Vulnérabilité des lacs de Mont-Blanc à l'introduction du myriophylle à épis

Lac	Pointage
Sauvage	22
Carré	21
Caché	21
Cordon (du)	21
Larin	21
Colibri	20
Castor	19
Nantel	19
Rougeaud	19
Raquette (de la) (nom local : du Raquetteur)	18
Cornu	17
Brissette (à) (nom local : Solitude)	16
Caille (à la)	16
Long	16
Mousseux (nom local : Caribou)	16
Paquette	16
Ripousse (de la)	16
Trois-Îles (des) ⁷	16
Nelly	13
Vaseux	13
Wellie	13

⁷ Lac sans toponyme officiel dont le nom local est lac des Trois-Îles.

Ainsi, selon cette analyse, parmi les lacs de Mont-Blanc, les lacs **Sauvage** (22), **Carré** (21, déjà affecté), **Caché** (21), **du Cordon** (21) et **Larin** (21) seraient les plus vulnérables à l'introduction. Les moins vulnérables seraient les lacs Nelly (13), Vaseux (13) et Wellie (13) (Tableau III).

3.3.2 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 IV) du myriophylle à épis, ainsi que le pointage qui leur est attribué. Les résultats sont présentés à la figure 4 et à l'annexe 3.

Tableau IV. 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

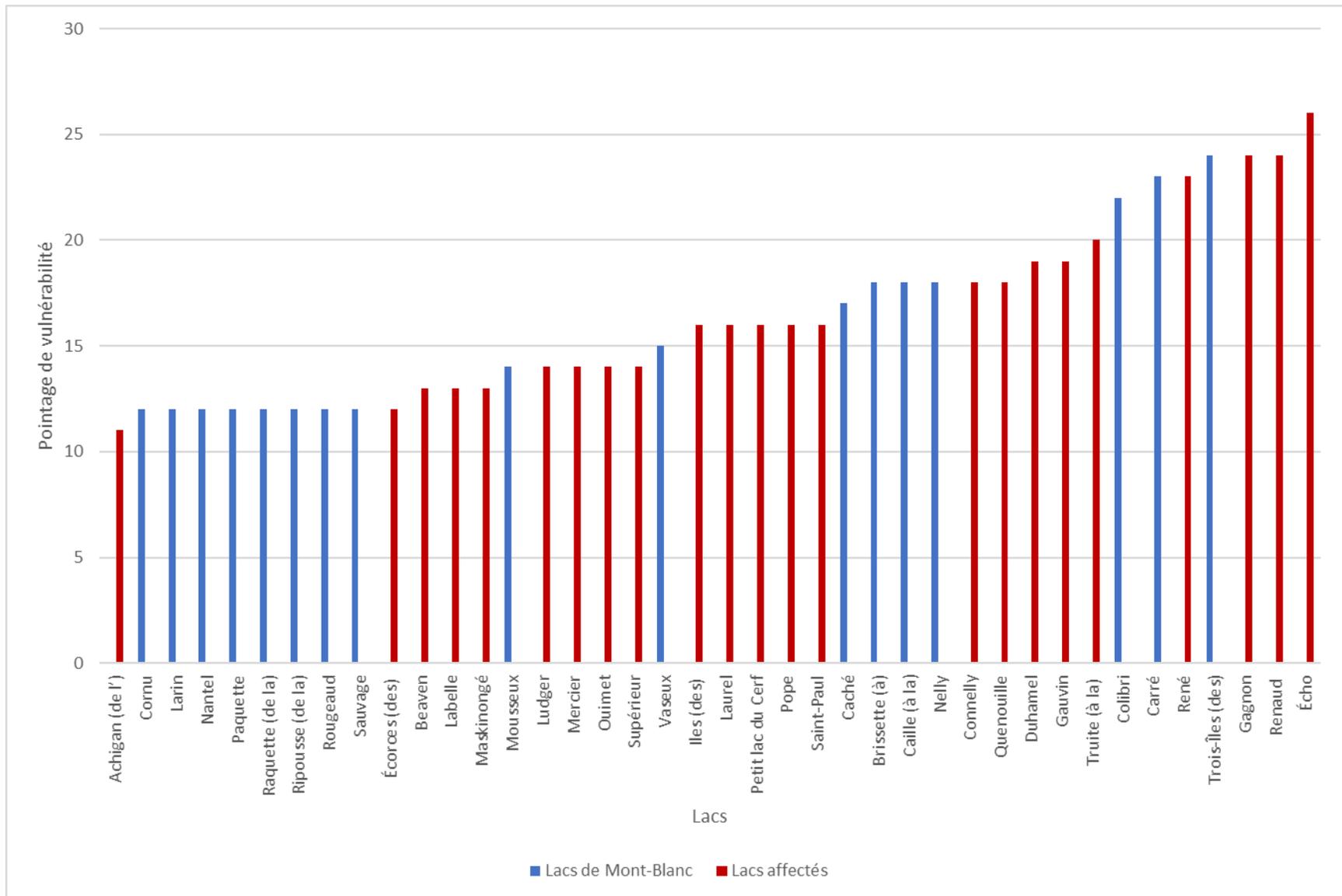


Figure 4. Vulnérabilité des lacs face à la propagation du myriophylle à épis

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

Tableau V. Vulnérabilité des lacs de Mont-Blanc à la propagation du myriophylle à épis

Lac	Pointage
Trois-Îles (des) ⁸	24
Carré	23
Colibri	22
Brissette (à) (nom local : Solitude)	18
Caille (à la)	18
Nelly	18
Caché	17
Vaseux	15
Mousseux (nom local : Caribou)	14
Cornu	12
Larin	12
Nantel	12
Paquette	12
Raquette (de la) (nom local : du Raquetteur)	12
Ripousse (de la)	12
Rougeaud	12
Sauvage	12

Ainsi, selon cette analyse, parmi les lacs de Mont-Blanc, les lacs **des Trois-Îles**, **Carré** (déjà affecté), et **Colibri** seraient les plus vulnérables à la propagation. Puis, les moins vulnérables seraient les lacs Cornu, Larin, Nantel, Paquette, de la Raquette, de la Ripousse, Rougeaud et Sauvage (Tableau V).

⁸ Lac sans toponyme officiel dont le nom local est lac des Trois-Îles.

4. DISCUSSION

L'analyse des résultats nous permet de dresser plusieurs constats.

VULNÉRABILITÉ À L'INTRODUCTION

Constats généraux :

- ✓ Sur les 25 lacs identifiés comme étant les plus vulnérables, 23 d'entre eux sont déjà affectés par le myriophylle à épis. Ceci indique que la méthode utilisée reflète bien les probabilités d'introduction.
- ✓ Avec un pointage moyen de 17, les lacs de Mont-Blanc ont une vulnérabilité un peu plus élevée que les lacs de Saint-Donat et Saint-Adolphe-d'Howard (moyenne de 15), mais moins élevée que les lacs déjà affectés (moyenne de 21).
- ✓ La proximité de lacs affectés par le myriophylle à épis est un facteur de risque important à Mont-Blanc. C'est particulièrement ce facteur qui fait augmenter la vulnérabilité des lacs de Mont-Blanc en comparaison avec les autres lacs non-affectés analysés pour lesquels ce critère a moins de poids.
- ✓ La vulnérabilité est également augmentée par la présence de terrains publics en bordure de certains lacs. Il est important de noter que ces terrains ne sont pas nécessairement des accès publics officiels avec des rampes de mise à l'eau permettant l'accès à de grosses embarcations. Néanmoins, ces terrains ont été considérés comme étant des accès publics comme il ne s'agit pas de terrains privés et qu'il est difficile d'évaluer leur fréquentation. Ainsi, ils ont été considérés comme représentant un certain risque d'introduction.
- ✓ Le type d'embarcation permise est un autre facteur qui influence la vulnérabilité des lacs de Mont-Blanc. Pour certains lacs, toutes les embarcations sont permises alors que pour d'autres lacs, seules les embarcations à moteur électrique sont permises. Toutefois, comme la majorité des lacs sont peu propices à la navigation, il y a peu d'embarcations motorisées sur le territoire.

Constats sur les lacs de Mont-Blanc :

- ✓ Le lac **Sauvage** est le plus vulnérable de la municipalité avec un pointage de 22. Ceci est surtout dû à la proximité de lacs affectés, notamment les lacs des Écorces à Barkmere et Carré à Mont-Blanc.
- ✓ Le lac **Carré**, le seul lac déjà affecté de Mont-Blanc, a reçu un pointage de 21, soit un pointage élevé pour cette municipalité. Ceci est dû entre autres à la présence d'un accès, au nombre élevé d'habitations riveraines et la proximité d'un lac affecté.
- ✓ Les lacs **du Cordon** et **Larin** ont également reçu un pointage de 21. Encore une fois, ceci est dû notamment à la présence d'un terrain public autour de ces lacs. Cependant, les risques d'introduction en lien avec ce critère seraient potentiellement moins élevés puisque les accès considérés comme publics sont restreints, donc probablement peu fréquentés.

- ✓ Pour le lac **Colibri**, un pointage de 20 a été obtenu. La particularité de ce lac est qu'il n'y a aucune restriction pour les embarcations et qu'une route régionale est à proximité. Comme mentionné précédemment, malgré l'absence de restriction de la navigation, le lac Colibri est peu propice aux embarcations motorisées vu sa faible profondeur.
- ✓ Pour les lacs **Castor, Nantel, Rougeaud, de la Raquette, Cornu, à Brissette, à la Caille, Long, Mousseux, Paquette, de la Ripousse et des Trois-Îles**, le pointage de vulnérabilité se situe entre 19 et 16. Il y a donc peu de variation au niveau de la vulnérabilité. Les différences se situent principalement au niveau des embarcations permises. Puis, pour plusieurs de ces lacs, il n'existe aucun accès publics ou privés partagés.
- ✓ Les lacs **Nelly, Vaseux et Wellie** sont ceux ayant reçu le pointage le plus faible (13). L'absence d'accès publics ou privés partagés et le peu d'habitations riveraines font en sorte que la fréquentation de ces lacs est plus faible et ainsi, les risques d'introduction sont réduits. De plus, ces lacs se trouvent un peu plus loin de lacs affectés que les autres lacs de la municipalité.

VULNÉRABILITÉ À LA PROPAGATION

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. Néanmoins, les résultats de l'analyse multicritère semblent bien refléter le niveau de propagation des lacs affectés.

Constats généraux :

- ✓ Les lacs ayant obtenu le pointage le plus élevé sont ceux qui, à notre connaissance, sont fortement colonisés par le myriophylle à épis soit les lacs : Renaud à Prévost, Gagnon à Val-des-Lacs, à la Truite à Sainte-Agathe-des-Monts et Connelly à Saint-Hippolyte. Au lac René à Prévost, les herbiers 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).
- ✓ 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 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.

Constats sur les lacs de Mont-Blanc :

- ✓ Le lac **des Trois-Îles** est le plus vulnérable à la propagation avec un pointage de 24. Ce lac d'origine artificiel et peu profond est particulièrement vulnérable puisque la totalité de sa superficie serait colonisable par les plantes aquatiques si les conditions y sont favorables (type de substrat, concentration en phosphore, etc.).

- ✓ Le lac **Carré** obtient un pointage de 23. C'est particulièrement sa conductivité élevée (231 $\mu\text{S}/\text{cm}$), le grand nombre d'habitations dans le bassin versant traduisant un enrichissement des sédiments et le fait que 52% de sa superficie soit colonisable par les plantes aquatiques qui le rendent vulnérable à la propagation. Selon la municipalité, le myriophylle à épis serait présent dans le lac depuis au moins 1990. Le myriophylle à épis connaît naturellement des variations de densité au fil des années, mais il serait intéressant de valider la superficie colonisée et la densité des herbiers avec un échosondeur.
- ✓ Ensuite, les lacs **Colibri, à Brissette, à la Caille** et **Nelly** sont aussi vulnérables en raison du fait que presque la totalité de leur superficie serait colonisable par les plantes aquatiques.
- ✓ Pour les autres lacs (**Caché, Vaseux, Mousseux, Cornu, Larin, Nantel, Paquette, de la Raquette, de la Ripousse, Rougeaud** et **Sauvage**), la vulnérabilité à la propagation est évaluée à un pointage entre 17 et 12. Pour ces lacs, 30 à 50% de leur superficie serait colonisable par les plantes aquatiques (sauf le lac Vaseux avec 73%), ce qui réduit leur vulnérabilité par rapport aux autres lacs de Mont-Blanc mentionnés précédemment. De plus, la conductivité de tous ces lacs est assez faible, ce qui diminue les conditions propices à la prolifération du myriophylle à épis en cas d'introduction. Puis, pour la majorité de ces lacs, l'enrichissement des sédiments est moins élevé vu le plus faible ratio d'habitation dans le bassin versant selon leur superficie.

5. RECOMMANDATIONS

Des mesures préventives plus soutenues pourraient être adoptées pour l'ensemble des lacs de Mont-Blanc et particulièrement pour ceux identifiés comme étant vulnérables à l'introduction du myriophylle à épis. Cela pourrait se traduire par l'ajout d'un règlement municipal obligeant le nettoyage des embarcations et un meilleur encadrement des accès publics ou partagés, pour s'assurer que les usagers respectent les mesures en place. Des exemples et des recommandations à cet effet peuvent être consultés dans *l'Analyse des mesures réglementaires et non réglementaires mises en place par les municipalités des Laurentides en matière de lutte contre les plantes aquatiques exotiques envahissantes et recommandations pour la municipalité de Saint-Donat* du CRE Laurentides.

Des mesures de sensibilisation non réglementaires sont déjà en place à Mont-Blanc dans le but de favoriser le nettoyage des embarcations. Il est primordial de poursuivre ces mesures et d'évaluer si elles pourraient être bonifiées. Cet élément est particulièrement important puisque la proximité de lacs affectés est un facteur de risque majeur à Mont-Blanc. Ce faisant, il serait primordial de sensibiliser davantage 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 (dépliants, guides d'information, autocollants, publications web, affichage, etc.).

Une station de lavage pourrait être installée dans la municipalité afin de favoriser le nettoyage des embarcations. Également, comme plusieurs lacs affectés se trouvent à proximité (ou sur le territoire pour le lac Carré) de Mont-Blanc, une collaboration avec les municipalités voisines pour favoriser le nettoyage à la sortie des lacs affectés pourrait être intéressante. Ceci réduirait les risques de transport du myriophylle à épis d'un lac à un autre.

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 très vulnérable à l'introduction ne sera pas nécessairement affecté dans un avenir plus ou moins rapproché. À cet effet, il est essentiel de poursuivre et bonifier les stratégies globales adoptées à Mont-Blanc, en termes de réglementation et de sensibilisation.

Pour la vulnérabilité face à la propagation, les facteurs de risques les plus importants sont le pourcentage du fond du lac colonisable. Évidemment, aucune mesure ne peut modifier la morphologie d'un lac. Toutefois, il pourrait être intéressant de sensibiliser les citoyens des unités de drainage et bassins versants des lacs aux bonnes pratiques à adopter pour diminuer l'apport en nutriments aux lacs par le ruissellement. En diminuant les apports en nutriments, les chances de succès de colonisation du myriophylle à épis pourraient être diminuées. Puis, il n'y a qu'au lac Carré, le lac le plus urbanisé de la municipalité, que la conductivité spécifique était très élevée. Certaines municipalités mettent en place des écoroutes d'hiver aux endroits propices afin de diminuer les apports en sels déglaçants dans les plans d'eau. Par exemple, une écoroute a été implantée sur le chemin du Lac-Supérieur pour limiter les apports en sels déglaçants 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). Il serait pertinent de voir si des améliorations pourraient être apportées afin de diminuer les apports au lac Carré plus particulièrement.

6. 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 Mont-Blanc ainsi que 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'embarcations 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.

7. 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. 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.
- Données Québec (2021). LiDAR- Modèles numériques (terrain, canopée, pente). En ligne [<https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/produits-derives-de-base-du-lidar>] Consulté en octobre 2022.
- 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.
- 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 dans Reservoir Management, 29:303-316.
- Kalff, Jacob (2002). *Limnology : inland water ecosystems*. Étas-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.
- Institut de la statistique du Québec (ISQ) (2022). *Population et structure par âge et sexe*. En ligne [<https://statistique.quebec.ca/fr/fichier/estimations-de-la-population-des-municipalites-quebec-1-juillet-2001-a-2021.xlsx>] Consulté en mars 2022.
- Institut de recherche en biologie végétale et Jardin Botanique de Montréal (2022). *Communications personnelles*.
- 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) (2022). *Répertoire des municipalités* Gouvernement du Québec. En ligne [<https://www.mamh.gouv.qc.ca/recherche-avancee/fiche/municipalite/77065/>] Consulté en août 2022.
- 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 de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) (2019). *Sentinelle – Outil de détection des espèces exotiques envahissantes*. Gouvernement du Québec. En ligne [<http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/sentinelle.htm>] Consulté en mars 2022.
- 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.
- Municipalité de Mont-Blanc (2022). *Lacs et cours d'eau – Programme de protection des lacs*. En ligne [<https://mont-blanc.quebec/lacs-et-cours-deau/>] Consulté en octobre 2022.
- Municipalité de Mont-Blanc (2021). *Politique sur le lavage des embarcations nautiques*. En ligne [https://mont-blanc.quebec/politique_lavage_embarcations_2021/] Consulté en mars 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.
- 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.
- 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.
- 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

8. ANNEXES

ANNEXE 1 – POINTAGES OBTENUS À LA SUITE DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE DE LA VULNÉRABILITÉ DES LACS DE MONT-BLANC (21), SAINT-DONAT (10), SAINT-ADOLPHE-D'HOWARD (13) 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 Mont-Blanc (21)

Lac	Type d'accès	Réseau routier	Lavage des embarcations	Habitations riveraines	Type d'embarcation	Présence d'hydravion	Proximité lac affecté	TOTAL
Sauvage	6	0	3	2	2	0	9	22
Carré*	6	0	3	3	3	0	6	21
Caché	6	0	3	1	2	0	9	21
Cordon (du)	6	0	3	1	2	0	9	21
Larin	6	0	3	1	2	0	9	21
Colibri	3	1	3	1	3	0	9	20
Castor	3	0	3	1	3	0	9	19
Nantel	3	0	3	2	2	0	9	19
Rougeaud	3	1	3	1	2	0	9	19
Raquette (de la) (nom local : du Raquetteur)	6	0	3	1	2	0	6	18
Cornu	0	0	3	2	3	0	9	17
Brissette (à) (nom local : Solitude)	0	0	3	1	3	0	9	16
Caille (à la)	0	0	3	1	3	0	9	16
Long	0	0	3	1	3	0	9	16
Mousseux (nom local : Caribou)	0	0	3	1	3	0	9	16
Paquette	0	1	3	1	2	0	9	16
Ripousse (de la)	0	0	3	1	3	0	9	16
Trois-Îles (des)	0	0	3	1	3	0	9	16
Nelly	0	0	3	1	3	0	6	13
Vaseux	0	0	3	1	3	0	6	13
Wellie	0	0	3	1	3	0	6	13
Valeur maximale	9	2	3	3	3	2	12	34

*déjà affecté

Pointages obtenus à la suite de l'analyse multicritère de la vulnérabilité à l'introduction des lacs de Saint-Donat (10)

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
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
Beauchamp	3	1	2	2	2	0	3	13
Bœuf	0	0	2	1	3	0	6	12
Bouillon	0	0	2	1	3	0	3	9
Élan	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 (13)

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
Garry	3	0	2	1	3	0	9	18
Saint-Joseph	3	1	2	3	3	0	6	18
Gémont	3	1	2	1	3	0	6	16
Long	3	1	2	1	3	0	6	16
Louise	3	0	2	2	3	0	6	16
Vert	3	1	2	1	3	0	6	16
Cabane (de la)	3	0	2	1	3	0	6	15
Grosse (de la)	3	0	2	1	3	0	6	15
Dépatie	3	0	2	1	3	0	6	15
Trois Frères (des)	3	1	2	1	1	0	6	14
Pins (des)	0	1	2	1	3	0	6	13
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	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-Îles (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) (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	3	1	2	2	2	0	9	19
Tibériade	6	0	2	3	3	2	3	19
Truite (à la)	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 2 – POINTAGES OBTENUS À LA SUITE DE L’ANALYSE MULTICRITÈRE DE LA VULNÉRABILITÉ DES LACS DE MONT-BLANC (17) 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 Mont-Blanc (17)

Lac	Superficie du fond colonisable	Conductivité	Nombre d’habitations/superficie du lac	Agriculture	Type d’embarcation	TOTAL
Trois-Îles (des)	12	4	6	0	2	24
Carré	9	6	6	0	2	23
Colibri	12	2	6	0	2	22
Brissette (à) (nom local : Solitude)	12	2	2	0	2	18
Caille (à la)	12	2	2	0	2	18
Nelly	12	2	2	0	2	18
Caché	9	2	4	0	2	17
Vaseux	9	2	2	0	2	15
Mousseux (nom local : Caribou)	6	2	4	0	2	14
Cornu	6	2	2	0	2	12
Larin	6	2	2	0	2	12
Nantel	6	2	2	0	2	12
Paquette	6	2	2	0	2	12
Raquette (de la) (nom local : du Raquetteur)	6	2	2	0	2	12
Ripousse (de la)	6	2	2	0	2	12
Rougeaud	6	2	2	0	2	12
Sauvage	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 affectés (24)

Lac	Superficie du fond colonisable	Conductivité	Nombre d'habitations/superficie du lac	Agriculture	Type d'embarcation	TOTAL
Écho	12	6	6	0	2	26
Gagnon	12	6	4	0	2	24
Renaud	12	4	6	0	2	24
Carré	9	6	6	0	2	23
René	9	6	6	0	2	23
Truite (à la)	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)	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