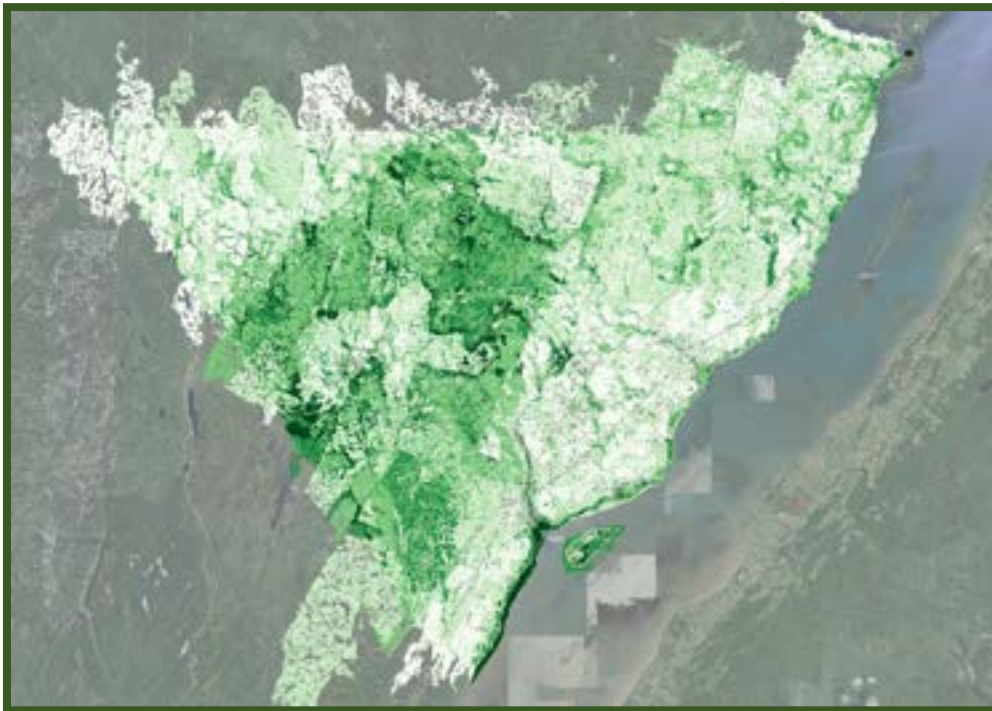


# **Analyse de priorisation de conservation pour la biodiversité des milieux naturels de la Région de la biosphère de Charlevoix**

## **Rapport méthodologique**



**Document présenté à la  
Corporation de la Réserve de la  
biosphère de Charlevoix (CRBC)**

**Février 2024**

**Roxanne Turgeon  
Biologiste M. Sc.**






## Résumé

Dans le cadre de la stratégie de priorisation des actions de conservation sur le territoire de la Région de la biosphère de Charlevoix, la Corporation de la Réserve de la biosphère de Charlevoix souhaite cibler les milieux naturels prioritaires pour la conservation de la biodiversité dans la région de Charlevoix. Cette analyse de priorisation de conservation avait pour objectif d'identifier les milieux naturels prioritaires pour la conservation de la biodiversité en se basant sur leur valeur écologique et les menaces auxquels ils font face. Pour ce faire, des cibles de conservation de filtre grossier, soit les milieux forestiers, les milieux humides, les milieux ouverts (friches et prairies agricoles), les milieux hydriques (lentiques et lotiques), les milieux littoraux (marais côtiers et milieux sableux), ainsi que des éléments de filtre fin (milieux subalpins et colonies d'oiseaux) ont été sélectionnés. Pour chaque cible du filtre grossier, une analyse multicritère a été effectuée afin de rassembler les informations nécessaires à la détermination de la valeur écologique et des menaces. Une grille de priorisation a ensuite été construite afin de pondérer chacun des critères et accorder une valeur de priorisation à chaque milieu naturel. Une analyse multicible a ensuite été effectuée afin d'intégrer les résultats des analyses par cible grossier ainsi que les éléments du filtre fin. Des cartes ont été produites illustrant les résultats des analyses de priorisation de conservation de chaque cible ainsi que de l'analyse multicible. Ces analyses offrent une synthèse des territoires présentant un potentiel élevé pour le maintien de la biodiversité ainsi que des menaces qui pèsent sur ceux-ci. Ces résultats permettent de bonifier les connaissances actuelles de la région et pourront orienter des actions de conservation des organismes qui œuvrent sur le territoire.



# Table des matières

<b>1. Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Cibles de conservation .....</b>	<b>2</b>
CIBLES DU FILTRE GROSSIER .....	2
Milieux forestiers .....	2
Milieux humides .....	2
Milieux ouverts : Friches.....	3
Milieux ouverts : Prairies agricoles.....	4
Milieux aquatiques : Milieux lentiques.....	4
Milieux aquatiques : Milieux lotiques .....	4
Milieux littoraux : Marais côtiers .....	4
Milieux littoraux : Milieux sableux.....	5
ÉLÉMENTS DU FILTRE FIN .....	5
Colonies d’oiseaux .....	5
Milieux subalpins .....	6
<b>3. Méthodologie de priorisation.....</b>	<b>8</b>
CALCUL DES CRITÈRES .....	8
TRANSFORMATION ET NORMALISATION DES CRITÈRES .....	8
VALIDATION DES CRITÈRES .....	9
ÉLABORATION DES INDICATEURS ET D’UNE GRILLE DE PRIORISATION.....	9
Indicateurs .....	9
Grille de priorisation .....	10
CALCUL DES INDICATEURS.....	11
CLASSIFICATION ET VISUALISATION DES INDICATEURS .....	11
Méthode des bris naturels.....	11
Seuil de représentativité.....	11
ANALYSE MULTICIBLE .....	12
<b>4. Unités d’analyse .....</b>	<b>13</b>
LES COMPLEXES DE TYPES ÉCOLOGIQUES FORESTIERS (TEF) .....	13
Division du territoire : Les districts écologiques.....	13
LES COMPLEXES DE MILIEUX HUMIDES .....	14
Division du territoire : Les bassins versants.....	15
LES COMPLEXES DE FRICHES .....	16
LES COMPLEXES DE PRAIRIES AGRICOLES .....	16
LES UNITÉS ÉCOLOGIQUES AQUATIQUES (UEA).....	16
LES MARAIS CÔTIERS.....	16
LES MILIEUX SABLEUX .....	17



<b>5. Descriptif des critères.....</b>	<b>18</b>
MILIEUX FORESTIERS .....	18
Consolidation d'une aire protégée .....	22
Écosystème forestier exceptionnel .....	18
Espèces à statut précaire .....	18
Habitat faunique d'intérêt .....	19
Rareté.....	19
Forêts matures.....	20
Milieux riverains .....	20
Forme.....	20
Perturbations internes.....	21
Fragmentation .....	21
Espèces exotiques envahissantes .....	22
Statut de protection.....	22
Habitat du saumon .....	23
MILIEUX HUMIDES.....	23
Superficie .....	23
Consolidation d'une aire protégée .....	27
Espèces à statut précaire .....	23
Habitat faunique d'intérêt .....	24
Connectivité.....	24
Naturalité adjacente .....	25
Diversité végétale .....	25
Séquestration du carbone .....	26
Espèces exotiques envahissantes .....	27
Statut de protection.....	27
Rareté.....	28
Impact des pressions anthropiques.....	28
FRICHES .....	29
Superficie .....	29
Consolidation d'une aire protégée .....	31
Espèces à statut précaire .....	29
Connectivité.....	29
Forme.....	29
Présence de milieux humides.....	30
Proximité d'un milieu humide ou hydrique.....	30
Proximité d'une emprise électrique .....	30
Espèces exotiques envahissantes .....	30
PRAIRIES AGRICOLES .....	31
MILIEUX LENTIQUES .....	31
Consolidation d'une aire protégée .....	33
Espèces à statut précaire .....	31
Habitat faunique d'intérêt .....	31

Naturalité .....	32
Diversité .....	32
Présence de milieux humides .....	32
Espèces exotiques envahissantes .....	33
Statut de protection.....	33
MILIEUX LOTIQUES .....	33
Habitat du saumon .....	33
MARAIS CÔTIERS .....	34
Superficie .....	34
Espèces à statut précaire .....	34
Habitat faunique d'intérêt .....	34
Habitat du saumon .....	34
Connectivité.....	35
Milieux riverains .....	35
Perturbations adjacentes.....	35
Espèces exotiques envahissantes .....	36
Statut de protection.....	36
MILIEUX SABLEUX.....	36
Longueur .....	36
Habitat faunique d'intérêt .....	36
Perturbations adjacentes.....	36
Statut de protection.....	37
<b>6. Grilles de priorisation .....</b>	<b>39</b>
MILIEUX FORESTIERS .....	39
MILIEUX HUMIDES.....	40
FRICHES .....	41
PRAIRIES AGRICOLES .....	41
MILIEUX LENTIQUES .....	42
MILIEUX LOTIQUES .....	42
MARAIS CÔTIERS .....	43
MILIEUX SABLEUX.....	43
<b>7. Résultats .....</b>	<b>44</b>
CIBLES DU FILTRE GROSSIER .....	44
MULTICIBLE.....	44
<b>8. Conclusion et perspectives .....</b>	<b>48</b>
<b>9. Bibliographie .....</b>	<b>50</b>



## Liste des tableaux

Tableau 1. Pondération associée à chaque type de milieu humide selon sa contribution à la séquestration du carbone (CNC 2023a). .....	27
Tableau 2. Critères évalués pour chaque cible du filtre grossier permettant d'établir une priorisation de conservation des milieux naturels de la Région de la biosphère de Charlevoix.....	38
Tableau 3. Pondération des critères selon l'indicateur mesuré permettant d'établir une priorisation de conservation des milieux forestiers de la Région de la biosphère de Charlevoix.....	39
Tableau 4. Pondération des critères selon l'indicateur mesuré permettant d'établir une priorisation de conservation des milieux humides de la Région de la biosphère de Charlevoix.....	40
Tableau 5. Pondération des critères selon l'indicateur mesuré permettant d'établir une priorisation de conservation des friches de la Région de la biosphère de Charlevoix. ....	41
Tableau 6. Pondération des critères selon l'indicateur mesuré permettant d'établir une priorisation de conservation des prairies agricoles de la Région de la biosphère de Charlevoix.....	41
Tableau 7. Pondération des critères selon l'indicateur mesuré permettant d'établir une priorisation de conservation des milieux lentiques de la Région de la biosphère de Charlevoix.....	42
Tableau 8. Pondération des critères selon l'indicateur mesuré permettant d'établir une priorisation de conservation des milieux lotiques de la Région de la biosphère de Charlevoix.....	42
Tableau 9. Pondération des critères selon l'indicateur mesuré permettant d'établir une priorisation de conservation des marais côtiers de la Région de la biosphère de Charlevoix.....	43
Tableau 10. Pondération des critères selon l'indicateur mesuré permettant d'établir une priorisation de conservation des milieux sableux de la Région de la biosphère de Charlevoix.....	43



## Liste des figures

Figure 1. Éléments du filtre fin considérés dans l'analyse de priorisation de conservation des milieux naturels de la Région de la biosphère de Charlevoix.....	7
Figure 2. Districts écologiques superposant le territoire de la Région de la biosphère de Charlevoix.....	14
Figure 3. Bassins versants situés sur le territoire de la Région de la biosphère de Charlevoix. ....	15
Figure 4. Indice global de priorisation de conservation des milieux forestiers de la Région de la biosphère de Charlevoix.....	45
Figure 5. Priorisation de la conservation de 30 % de la superficie des milieux naturels de la Région de la biosphère de Charlevoix. ....	46
Figure 6. Analyse multicible des milieux naturels prioritaires de la Région de la biosphère de Charlevoix à l'échelle du 1 km.....	47

# 1. Introduction

Afin d'assurer une meilleure cohésion entre les différents organismes œuvrant en conservation sur le territoire de Charlevoix, la Corporation de la Réserve de la biosphère de Charlevoix (CRBC) travaille à la mise en place d'une stratégie de priorisation des actions de conservation. Une analyse spatiale a été effectuée dans le cadre de ce projet afin de cibler les milieux naturels prioritaires vers lesquels les efforts de conservation devraient être dirigés à l'avenir. La représentativité de tous les écosystèmes et certaines de leurs composantes était un élément crucial afin d'avoir un aperçu global de tous les milieux naturels du territoire.

L'objectif de l'analyse était d'identifier les milieux naturels prioritaires pour la conservation de la biodiversité de la Région de la biosphère de Charlevoix (RBC) en se basant sur leur valeur écologique et les menaces dont ils font l'objet. Pour ce faire, les étapes consistaient à :

- Effectuer une analyse multicritère afin de rassembler les informations nécessaires à la détermination de la valeur écologique relative et des menaces qui pèsent sur chaque type de milieux naturels du territoire (filtre grossier) ;
- Construire une grille de priorisation de façon à accorder une valeur de priorisation à chaque milieu naturel ;
- Inclure des éléments à prioriser dont les données ne peuvent être intégrées à l'analyse multicritère (filtre fin) ;
- Produire des cartes illustrant les résultats des analyses de priorisation de la conservation du territoire.

Ce document présente les cibles de conservation (cibles du filtre grossiers et éléments du filtre fin), la méthodologie de priorisation utilisée, le descriptif des critères sélectionnés pour l'analyse multicritère de chaque cible du filtre grossier, les grilles de priorisation élaborées ainsi qu'un aperçu des résultats des analyses.

La méthode utilisée a été principalement basée sur celle de l'*Atlas des milieux naturels d'intérêt pour la conservation dans les Laurentides méridionales* (CNC 2023a), de l'*Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les Basses-terres du Saint-Laurent* (Jobin, Gratton, Côté et al. 2019) ainsi que l'*Atlas des milieux côtiers d'intérêt pour la conservation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent* (Jobin, Gratton et Desautels 2019).

Les sources des données géospatiales utilisées sont décrites à l'Annexe 1. Les couches géomatiques associées aux résultats des analyses, les métadonnées associées (Annexe 2), ainsi que le script R élaboré sont disponibles. L'ensemble des cartes des résultats sont présentées à l'Annexe 3.



## 2. Cibles de conservation

### CIBLES DU FILTRE GROSSIER

Puisque chaque type de milieux naturels joue un rôle distinct dans un écosystème, apportant des fonctions écologiques et une biodiversité qui lui est propre, l'analyse de priorisation de conservation s'est effectuée de manière distincte pour chaque type de milieu naturel. Les différents types de milieux naturels ont été considérés comme cibles de filtre grossier. Les cibles de conservation retenues sont les milieux forestiers, les milieux humides, les friches, les prairies agricoles, les milieux lentiques, les milieux lotiques, les marais côtiers ainsi que les milieux sableux.


#### Milieux forestiers

La forêt boréale couvre la majeure partie du territoire à l'étude et est située en grande partie en terre publique. On y retrouve des peuplements résineux composés d'essences telles que l'épinette noire (*Picea mariana*), le sapin baumier (*Abies balsamea*) et le pin gris (*Pinus banksiana*). On trouve également des forêts mixtes qui combinent des conifères avec des feuillus comme le bouleau (*Betula* spp.), le peuplier (*Populus* spp.) et l'érable (*Acer* spp.). Certains secteurs de la région abritent des forêts dominées par des feuillus, dans les zones où le climat est légèrement plus doux. Cette diversité végétale contribue à la variété des écosystèmes et offre un habitat riche pour une multitude d'espèces faunique. En plus de participer activement à la préservation de la biodiversité locale, le milieu forestier est aussi une composante importante des paysages de Charlevoix.

Le milieu forestier fait face à de multiples pressions telles que l'exploitation forestière, la fragmentation de l'habitat, les changements climatiques, les feux de forêt, les épidémies, la pollution, etc. L'exploitation forestière commerciale a engendré des changements notables dans le paysage de Charlevoix au fil du temps en influençant sa structure et sa composition en essences. Certains secteurs sont toutefois souscrits de l'intervention forestière, tels que les parcs nationaux des Hautes-Gorges-de-la-Rivière-Malbaie et des Grands-Jardins. Différentes activités anthropiques se produisent sur différents territoires à statut comme les zones d'exploitation contrôlée (Zecs), les pourvoiries et les réserves fauniques.

#### Milieux humides

La région de Charlevoix abrite une diversité de milieux humides tels que des tourbières boisées, ombrotrophes et minérotrophes, des marais et des marécages. En plus



d'abriter une faune et une flore très riche, ces milieux humides remplissent diverses fonctions écologiques importantes tels que la régulation des inondations, la filtration de l'eau et le stockage du carbone. Ils jouent un rôle crucial pour la stabilité des habitats aquatiques et terrestres. La conservation des milieux humides dans Charlevoix est d'une importance primordiale pour la biodiversité régionale, la qualité de l'eau, la régulation du climat et la résilience aux événements météorologiques extrêmes.

De multiples pressions sont exercés sur les milieux humides tels que le drainage et la conversion des terres pour l'urbanisation et le développement, l'altération des régimes hydrologiques, la perte de connectivité écologique, les perturbations adjacentes, les espèces exotiques envahissantes, la pollution et les changements climatiques. Ces actions combinées peuvent entraîner la perte de la biodiversité, la dégradation des écosystèmes et la diminution des services écosystémiques fournis par les milieux humides.

### Milieux ouverts : Friches

Les friches se composent de milieux en régénération à la suite de l'abandon des cultures ou d'interventions forestières. Comme la structure des habitats se retrouve entre celle d'un milieu perturbé et d'un milieu forestier, des communautés d'espèces animales et végétales distinctes s'y retrouvent (Jobin, Gratton, Côté et al. 2019). Une friche peut être de type herbacé ou arbustif selon son âge de succession. Ce milieu ouvert offre des habitats essentiels pour plusieurs espèces fauniques (oiseaux, insectes, mammifères, etc.). En plus de favoriser la biodiversité, les friches remplissent aussi de nombreuses fonctions écologiques telles que la régulation et la filtration de l'eau en interceptant les eaux de ruissellement et la filtration des polluants atmosphériques (Roy-Baillargeon et Lamoureux 2021). Les friches jouent aussi le rôle de zone tampon et de corridor de dispersion pour la faune.

Les emprises des lignes électriques subissent un entretien périodique de la végétation (mécanique ou chimique) afin de maintenir le milieu ouvert pour les activités anthropiques. Ces milieux ouverts présentent donc une dynamique qui s'apparente à celle des friches. Ils n'ont toutefois pas été considérés comme cibles du filtre grossier dans l'analyse de priorisation de conservation des milieux naturels.

Les friches peuvent subir des pressions comparables à celles des milieux forestiers et humides. Ces habitats sont souvent faussement perçus comme pauvres et présentant une faible valeur écologique puisqu'elles représentent des zones laissées à l'abandon. Les friches sont donc peu protégées et souvent des milieux ciblés pour le développement urbain.

## Milieux ouverts : Prairies agricoles

Les prairies agricoles sont des environnements qui présentent une diversité faunique similaire à celle des friches telles que les oiseaux champêtres. Seules les cultures pérennes ont été considérées puisqu'elles offrent des conditions plus favorables pour la faune. De nombreuses espèces dépendent d'une mosaïque d'habitats ouverts et semi-ouverts, et les friches d'origine agricole jouent un rôle dans cet équilibre écologique. Les prairies agricoles sont, elles aussi, confrontées à des menaces comme la perte de connectivité écologique et la pollution.

## Milieux aquatiques : Milieux lenticques

Un milieu lentique fait référence à un écosystème aquatique caractérisé par des eaux calmes ou stagnantes, soit principalement les lacs. Ces milieux abritent une multitude d'espèces animales et végétales en fournissant des habitats propices à la reproduction, à la croissance et à l'alimentation de nombreuses espèces aquatiques. Ces environnements jouent également un rôle important dans la régulation des cycles de l'eau et des nutriments.


Les interventions forestières, les activités agricoles, le développement urbain et l'introduction d'espèces exotiques envahissantes sont tous des perturbations anthropiques qui peuvent affecter l'intégrité des milieux aquatiques et donc les espèces fauniques et floristiques qui y vivent. Considérant la richesse biologique et les pressions observées sur ces milieux, la préservation de ces écosystèmes est primordiale.

## Milieux aquatiques : Milieux lotiques

Un milieu lotique fait référence à un écosystème aquatique caractérisé où l'eau s'écoule rapidement comme les rivières ou les ruisseaux. Tout comme les milieux lenticques, ces milieux sont d'une grande importance écologique, que ce soit pour la biodiversité, la filtration et la régulation de l'eau, le soutien aux écosystèmes terrestres ou la connectivité entre les différents milieux aquatiques. De plus, des pressions similaires à celles des milieux lenticques pèsent sur les cours d'eau tels que les activités agricoles, la pollution, l'introduction d'espèces exotiques envahissantes et la sédimentation.

## Milieux littoraux : Marais côtiers

Cette cible comprend les marais salés et saumâtres. Ces milieux présentent un fort intérêt écologique en raison des habitats riches et variés qui s'y trouvent. Une grande



diversité d'oiseaux et de poissons, tel le saumon atlantique (*Salmo salar*), utilisent ces habitats pour se nourrir ou se reproduire. Les marais côtiers remplissent plusieurs fonctions écologiques comme la purification de l'eau, la séquestration du carbone et la protection des rivages contre l'érosion (Jobin, Gratton et Desautels 2019, Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire 2022). Le choix de désigner ce type de milieu humide comme cible distincte découle de l'importance et le caractère unique de ces milieux. Les marais côtiers sont soumis à diverses pressions anthropiques telles que la pollution marine, l'urbanisation le long des côtes et les activités récréatives et touristiques.

## Milieux littoraux : Milieux sableux


Cette cible comprend les milieux côtiers qui ne sont pas catégorisés comme marais salés ni comme falaise rocheuse, soit les plages et les dunes composées de sable fin. Ces écosystèmes représentent une barrière de protection naturelle du littoral contre les tempêtes, les inondations et autres catastrophes naturelles (Ley de la Vega et al. 2012) et réduisent l'érosion côtière par l'absorption de l'énergie des vagues. Ces habitats, fixés par la végétation ou non, présentent une sensibilité importante aux impacts des changements climatiques (Bernatchez et al. 2008).

### ÉLÉMENTS DU FILTRE FIN

Certains éléments plus précis ont été considérés comme éléments du filtre fin puisqu'ils n'étaient pas une cible à laquelle une analyse multicritère pouvait être effectuée. Sur le territoire de la RBC, deux cibles du filtre fin ont été sélectionnées, soit les colonies d'oiseaux et les milieux subalpins. Ils ont tous deux été considérés directement comme prioritaires à la conservation.

## Colonies d'oiseaux

La conservation des sites de nidification des oiseaux marins est primordiale pour la préservation des populations de ces espèces. Ces oiseaux nichent en colonies le long des côtes ou sur des îles et s'alimentent en mer. Certains sites de nidification d'oiseaux marins et coloniaux présents dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent ont déjà été identifiés comme prioritaires à la conservation par l'*Atlas des milieux côtiers d'intérêt pour la conservation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent* (Jobin, Gratton et Desautels 2019). Sur le territoire de la RBC, la Batture aux Alouettes a été soulevée comme prioritaire selon l'atlas. En période estivale, on y retrouve des colonies de Cormorans à aigrettes (*Phalacrocorax auritus*) et d'Eiders à duvet (*Somateria mollissima*).



De plus, la Batture aux Alouettes fait partie d'une zone importante pour la conservation des oiseaux (ZICO). En effet, le site est utilisé par de multiples espèces d'oiseaux à différentes périodes de l'année, soit pendant la migration comme halte migratoire ou au cours de l'hiver par les canards plongeurs (Oiseaux Canada s.d.). Certaines espèces à statut précaire s'y retrouvent comme le Bécasseau maubèche (*Calidris canutus rufa*) et le Garrot d'Islande (*Bucephala islandica*). Différentes menaces peuvent aussi peser sur ce milieu tel que le déversement d'hydrocarbures par les navires, de polluants industriels et d'autres contaminants.

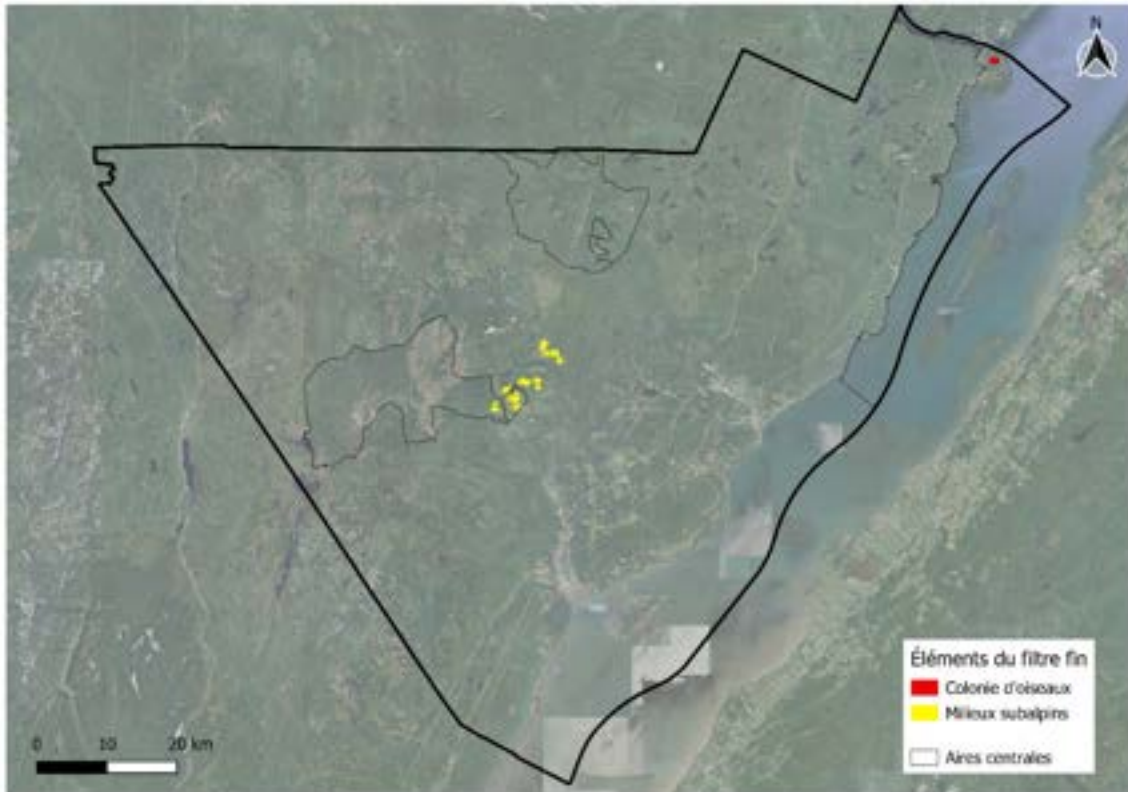
Puisqu'il a été soulevé prioritaire pour la conservation par l'*Atlas des milieux côtiers d'intérêt pour la conservation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent* (Jobin, Gratton et Desautels 2019), le site de la Batture aux Alouettes a été considéré comme un élément du filtre fin (Figure 1). La localisation des colonies d'oiseaux provient des données de l'*Atlas des milieux côtiers d'intérêt pour la conservation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent* (Plan d'action Saint-Laurent 2020).

## Milieus subalpins

Le patrimoine naturel de Charlevoix est caractérisé, tout comme les Monts Groulx sur la Côte-Nord et les Chic-Chocs en Gaspésie, par la présence unique de milieux subalpins. En termes de superficie, les milieux subalpins représentent approximativement 1 000 ha sur le territoire de Charlevoix. La végétation particulière de ces milieux offre des habitats pour plusieurs espèces fauniques (insectes, petits et grands mammifères, oiseaux, etc.). Plusieurs espèces à statut précaire utilisent ces milieux, tels que le Faucon pèlerin (*Falco peregrinus*) désigné comme « vulnérable » au Québec et la Grive de Bicknell (*Catharus bicknelli*) désignée comme « vulnérable » au Québec et « menacée » au Canada. Malgré l'isolement géographique de ces sommets, certaines espèces végétales arctiques-alpines telles que la Diapensie de Laponie (*Diapensia lapponica*) et le Carex de Bigelow (*Carex bigelowii*) ont été observées (Major et al. 2022).

Malgré leur grande diversité et leur importance pour la faune et la flore du Québec, les écosystèmes subalpins sont très sensibles et fragiles. En plus des conditions environnementales extrêmes auxquelles ils sont confrontés (neige, vents intenses et sécheresse l'été), plusieurs sommets de la région de Charlevoix font face à des enjeux de piétinement et de dégradation des écosystèmes subalpins. En effet, certains lichens ne poussent que de 0,1 à 10 mm par année et la litière au sol est si fine, parfois inexistante, qu'ils sont rapidement abimés par les activités anthropiques, tout comme les plantes et mousses (GUEPE 2021). L'activité forestière se déroulant en périphérie de ces milieux affecte négativement leur intégrité en diminuant, par exemple, la connectivité entre les milieux subalpins. Environ 35 % de la superficie des milieux subalpins se trouvent dans un parc national, soit le parc national des Grands-Jardins.

En raison de leur importance écologique et des menaces qui pèsent sur les milieux subalpins de la région, ceux-ci ont été considérés comme un élément du filtre fin et définis comme prioritaires pour la conservation de la biodiversité sur le territoire (Figure 1). Les délimitations des milieux subalpins du territoire ont été extraites des données du 5<sup>e</sup> inventaire écoforestier du Québec méridional (MRNF 2023).



**Figure 1. Éléments du filtre fin considérés dans l'analyse de priorisation de conservation des milieux naturels de la Région de la biosphère de Charlevoix.**

### 3. Méthodologie de priorisation

Une analyse de priorisation multicritère a été effectuée pour chaque cible du filtre grossier. Le choix des critères de priorisation et la pondération associée à chacun d'eux pour mesurer un indicateur de valeur écologique, de menaces et un indice global de priorisation, ont varié selon la cible analysée. Les étapes générales de l'analyse de priorisation pour chaque cible du filtre grossier sont :

1. Détermination des critères de priorisation ;
2. Calcul de la valeur de chaque critère ;
3. Transformation et normalisation ;
4. Validation des critères ;
5. Élaboration des indicateurs et d'une grille de priorisation ;
6. Calcul de la valeur de chaque indicateur ;
7. Classification et visualisation des indicateurs

Une analyse multicible a ensuite été effectuée afin d'intégrer les résultats des analyses par cible grossier ainsi que les éléments du filtre fin et ainsi obtenir un aperçu global de la priorisation de conservation des milieux naturels sur le territoire.


#### CALCUL DES CRITÈRES

Pour calculer la valeur de conservation, différents critères ont été sélectionnés pour chaque cible du filtre grossier afin d'évaluer leur valeur écologique et les menaces qui s'y trouvent (voir section Descriptif des critères). Ces critères spécifiques à chaque type de milieu ont été évalués par des analyses géomatiques utilisant des données de diverses sources (Annexe 1).

#### TRANSFORMATION ET NORMALISATION DES CRITÈRES

Au besoin, une transformation logarithmique a été effectuée sur certains critères présentant une distribution biaisée avec des valeurs extrêmes. Cette transformation permet de diminuer l'effet de ces valeurs extrêmes.

Comme les valeurs brutes des différents critères se retrouvent sur différentes unités de mesure, une normalisation a été effectuée sur les critères numériques par la méthode de Legendre et Legendre (1998) afin d'obtenir des valeurs entre 0 et 1 :


$$X_N = \frac{X_i - X_{min}}{X_i - X_{max}}$$

Où  $X_N$  = Valeur normalisée  
 $X_i$  = Valeur brute  
 $X_{min}$  = Valeur minimale du critère  
 $X_{max}$  = Valeur maximale du critère

## VALIDATION DES CRITÈRES

Le choix des critères a été validé à l'aide de matrices de corrélation de Pearson afin d'assurer l'indépendance entre les valeurs des différents critères sélectionnés. Aucun critère n'a été retiré comme aucune paire de critères n'était fortement corrélée ( $r > 0,7$ ) dans la majorité des types de milieux analysés. Certains critères présentaient néanmoins une corrélation significative, telle qu'une plus forte corrélation entre la superficie des milieux humides et leur indice de diversité végétale ( $r = 0,68$ ). Ces critères ont été maintenus dans l'analyse, car ils représentaient des aspects distincts et il était souhaité de conserver le poids de chacun sur la valeur de conservation.

Les étapes de transformation, normalisation et validation des critères ont été effectuées en utilisant le logiciel statistique R (R Core Team 2023).


## ÉLABORATION DES INDICATEURS ET D'UNE GRILLE DE PRIORISATION

### Indicateurs

Les critères identifiés et mesurés pour chaque cible du filtre grossier permettent ensuite de mesurer différents indicateurs. Les critères mesurés dans le cadre de cette analyse sont associés à une caractéristique représentant la valeur écologique du milieu ou à un élément de menaces. Certains critères sont associés aux deux indicateurs. Par exemple, un critère peut avoir un effet négatif sur valeur écologique actuelle du milieu tout en étant une menace sur la dégradation de celui-ci.

#### Indice de valeur écologique

La valeur écologique d'un milieu naturel se réfère à la contribution d'un milieu naturel dans un écosystème, représenté entre autres par la résilience et la stabilité du milieu, son rôle dans les cycles naturels, la qualité des communautés et sa capacité à



favoriser la biodiversité. Plusieurs critères ont été évalués afin d’obtenir un indice de la valeur écologique des milieux naturels de la RBC, tels que la connectivité, la diversité végétale, la séquestration du carbone, la présence d’espèces à statut précaire et la présence de perturbations anthropiques.

### Indice de menaces


Pour un milieu naturel, une menace se désigne par toute influence qui peut entraîner des conséquences négatives sur l’équilibre, la biodiversité ou l’intégrité globale de ce milieu. Plusieurs menaces pèsent sur les écosystèmes tels que la perte d’habitat par la déforestation, la pollution, les perturbations anthropiques, les changements climatiques, la surexploitation des ressources, les espèces exotiques envahissantes, la dégradation des sols. Certains de ces éléments ont été évalués afin de représenter un indicateur des menaces qui pèsent sur les milieux naturels de la RBC. Il est toutefois difficile de couvrir l’impact de toutes les menaces présentes puisqu’ils sont souvent difficilement mesurables, faute de données.

### Indice de priorisation de conservation

Un indicateur global a ensuite été évalué en fonction de l’indice de valeur écologique et de menaces des différentes cibles du filtre grossier. Cet indicateur permet de placer les milieux naturels en ordre de priorité en termes de bénéfices à la conservation. La priorisation de conservation a été définie aux milieux naturels présentant une plus forte valeur écologique ainsi que de plus fortes menaces.

## Grille de priorisation

Comme chaque critère mesuré n’a pas le même impact sur les indicateurs mesurés, ceux-ci doivent être pondérés avant d’effectuer la sommation de leurs valeurs. Cette pondération a été évaluée principalement en fonction de la méthodologie utilisée par *l’Atlas des milieux naturels d’intérêt pour la conservation dans les Laurentides méridionales* (CNC 2023a). Dans l’Atlas, les critères sont divisés en deux classes, soit les critères principaux et secondaires, et ce, pour chaque type de milieu. Les critères principaux, jugés de plus forte importance, présentent un poids plus élevé (60 %) par rapport aux critères secondaires (40 %) dans le calcul de la valeur écologique. Ainsi, en utilisant ce ratio, ces mêmes critères dits principaux ont été assignés dans cette analyse à une valeur multiplicative supérieure (x 1,5) par rapport aux autres critères (voir section Grilles de priorisation). La pondération des autres critères ajoutés dans le cadre spécifique de cette analyse a été choisie en comparatif aux pondérations déjà assignées aux critères



communs à l'Atlas. La pondération de l'indicateur global de priorisation consiste en la somme des valeurs multiplicatives de l'indice de valeur écologique et de menaces.

## CALCUL DES INDICATEURS

Pour chaque milieu naturel, la valeur de chaque critère est multipliée par la pondération assignée à l'indicateur mesuré dans la grille de priorisation assignée à son type de milieu. Les valeurs sont ensuite additionnées pour obtenir l'indicateur ciblé. Pour les milieux humides, lenticques et lotiques, des valeurs manquantes étaient observées pour certains critères. La valeur médiane du critère a alors été assignée à ces milieux afin que ces critères n'aient pas d'influence sur le calcul de leurs indicateurs. La médiane a été choisie plutôt que la moyenne puisque les distributions étaient biaisées avec des valeurs extrêmes.

Les valeurs des trois indicateurs obtenus ont ensuite été normalisées afin d'obtenir des valeurs entre 0 et 1. Le calcul des indicateurs a été effectué en utilisant le logiciel statistique R (R Core Team 2023).


## CLASSIFICATION ET VISUALISATION DES INDICATEURS

### Méthode des bris naturels

Chacun des milieux s'est vu attribuer une classe de priorité parmi 5 catégories (très faible à très fort) selon chacun des indicateurs en utilisant la méthode des bris naturels (Jenks et Caspall 1971). Cette méthode vise à générer des catégories ayant des valeurs les plus homogènes possibles, soit en minimisant la somme des carrés de l'écart à la moyenne des classes. Il a ensuite été possible de visualiser les résultats obtenus des différents types de milieux naturels classés selon leur importance en termes de valeur écologique, de menaces et de priorisation pour la conservation (Annexe 3).

### Seuil de représentativité

La priorisation des milieux a aussi été représentée selon un seuil de représentativité créant ainsi deux groupes, soit les milieux prioritaires et les milieux non prioritaires. Les milieux ont d'abord été ordonnés en fonction de leur valeur d'indice de priorisation. La somme cumulée du pourcentage de leur superficie sur l'ensemble de la superficie de ce type de milieu sur le territoire a ensuite été calculée suivant cet ordre. Le seuil de représentativité qui doit être utilisé afin d'inclure le milieu a ensuite été calculé en utilisant la somme cumulée de la superficie du milieu du rang de priorisation inférieur



arrondie à l'entier supérieur. Il a ensuite été possible de visualiser les résultats obtenus en déterminant un seuil de représentativité, ici 30 % ( $\leq 30\%$  : prioritaires,  $> 30\%$  : non prioritaires; Annexe 3). Ce seuil représente 30 % de superficie occupée par ce type de milieu sur le territoire à l'étude. Le seuil peut être facilement modulé et en visualiser le résultat.

## ANALYSE MULTICIBLE

Comme les analyses de priorisation ont été effectuées de manière distincte pour chacune des cibles du filtre grossier, une analyse multicible a été effectuée afin de visualiser les secteurs où se concentrent les milieux naturels les plus importants en termes de conservation. Une grille composée de cellules hexagonales d'un espacement de 1 km couvrant l'ensemble du territoire de la RBC a été utilisée comme unité d'analyse. Pour chaque cellule, le nombre de cibles du filtre grossier faisant partie du seuil de représentativité de 30 % et d'éléments du filtre fin se retrouvant dans la cellule a été calculé. Il a ensuite été possible de visualiser les cellules ayant le plus de cibles de haute importance pour la conservation (Annexe 3).

## 4. Unités d'analyse

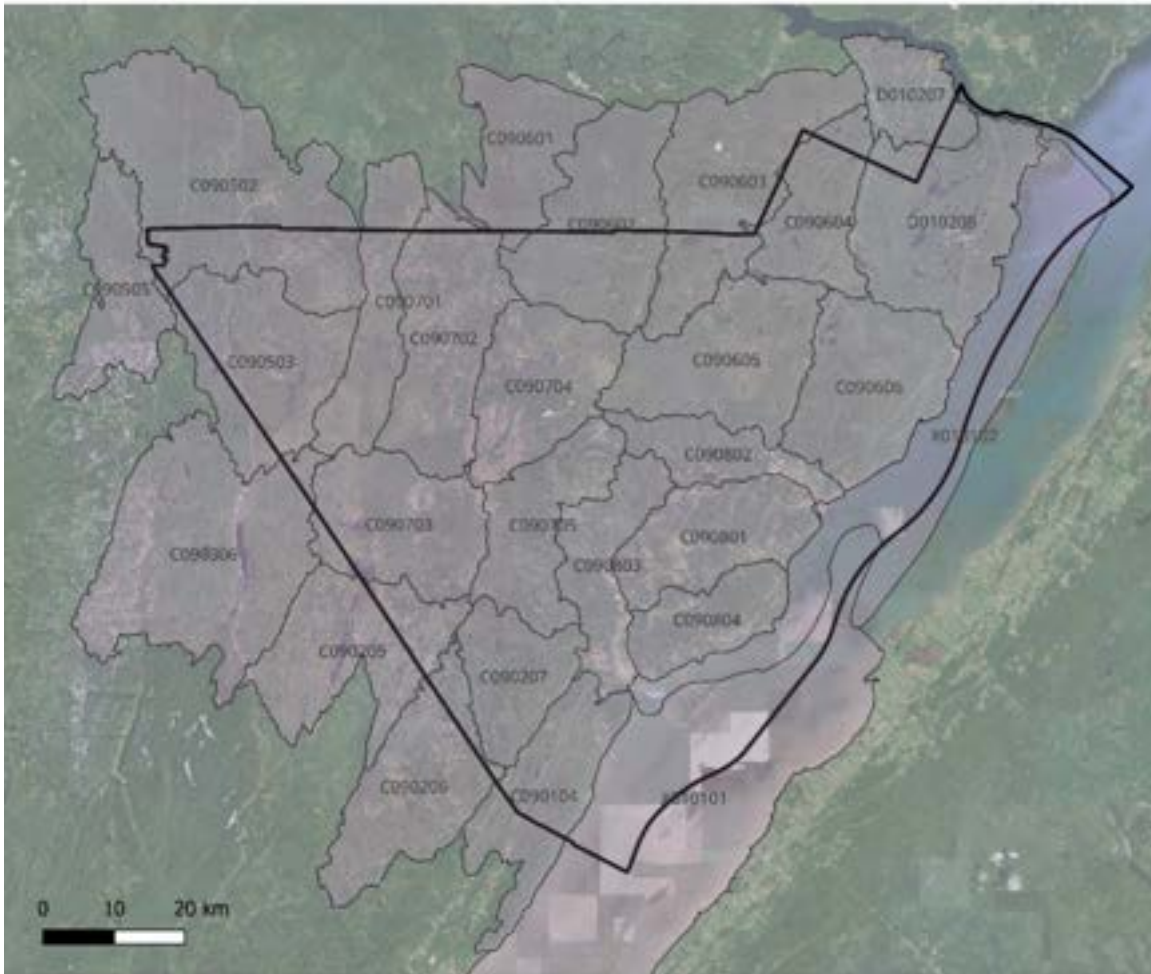
### LES COMPLEXES DE TYPES ÉCOLOGIQUES FORESTIERS (TEF)

Les données utilisées pour représenter les milieux forestiers proviennent du 5<sup>e</sup> inventaire écoforestier du Québec méridional (MRNF 2023). Afin de conserver uniquement les peuplements forestiers, certains types de terrain particulier ont été retirés, soit les terrains inondés, dénudés secs et dénudés humides, les aulnaies ainsi que les friches présentant une hauteur de végétation sous 6,4 m. Les éléments anthropiques fragmentant le couvert forestier tel que les routes principales (tampon de 20 m) et les emprises électriques ont été soustraites de la couche forestière. Les coupes forestières n'ont pas été considérées comme éléments anthropiques découpant la matrice forestière puisque la fragmentation créée est d'une durée limitée, contrairement aux zones urbanisées et autres éléments anthropiques. Elles sont toutefois prises en compte dans les critères de priorisation.

L'unité d'analyse utilisée est le complexe de types écologiques forestiers (TEF). Il s'agit d'un complexe de peuplements forestiers adjacents qui présentent les mêmes essences dominantes et types de drainages. Puisque la majorité du territoire de la RBC se retrouve en territoire non organisé et que le couvert forestier qui s'y trouve est peu fragmenté par les éléments anthropiques, l'utilisation du fragment forestier comme unité d'analyse, tel qu'utilisé dans plusieurs analyses de priorisation (CNC 2023a, Coulombe et al. 2015, Pineault et Robidoux 2019), n'est pas adéquate. En effet, un seul fragment forestier couvrirait près de l'intégralité du territoire non organisé. Les peuplements forestiers adjacents présentant le même type écologique simplifié (trois premiers caractères) et la même classe de drainage (hydrique, hydrique ombrotrophe, mésique, subhydrique ou xérique). Ils ont donc été fusionnés afin de former les complexes de TEFs. Les complexes ayant moins de 5 ha ont été retirés de l'analyse.

### Division du territoire : Les districts écologiques

La division du territoire utilisé pour les milieux forestiers est le district écologique, soit le 4<sup>e</sup> niveau du Cadre écologique de référence du Québec (CERQ; MELCCFP 2018b). Le district écologique est l'unité de base de la classification écologique du territoire québécois, à l'échelle du 100 km<sup>2</sup>, caractérisé selon les caractéristiques de la végétation (physionomie, structure et composition) et du milieu physique (relief, géologie, géomorphologie). Le critère de rareté a été mesuré en utilisant les districts écologiques comme territoire de référence (Figure 2).



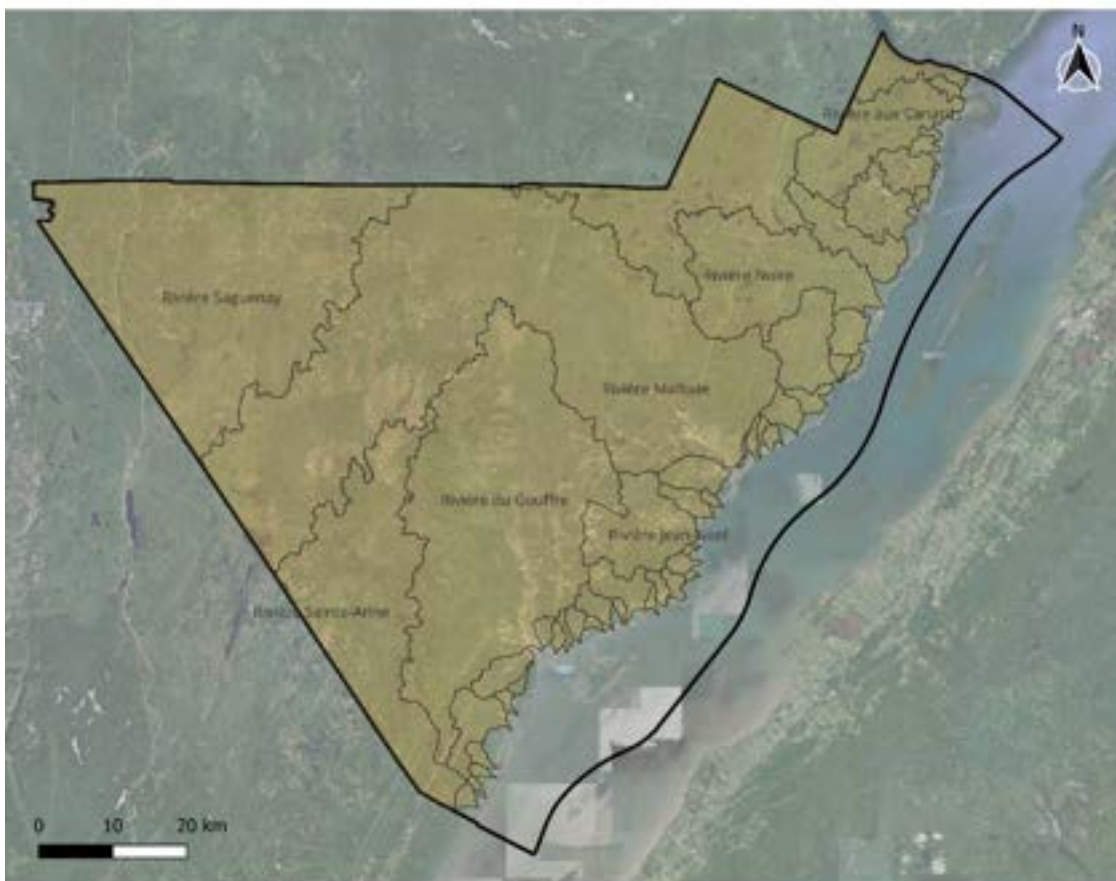
**Figure 2. Districts écologiques superposant le territoire de la Région de la biosphère de Charlevoix.** Les districts écologiques représentent le 4<sup>e</sup> niveau du Cadre écologique de référence du Québec (MELCCFP 2018b).

## LES COMPLEXES DE MILIEUX HUMIDES

Les données des milieux humides potentiels du territoire utilisées proviennent des données recueillies par l'Organisme de bassins versants Charlevoix-Montmorency (OBV-CM 2023). Les routes principales (tampon de 20 m) ont été exclues de la couche de milieux humides puisque cet élément anthropique fragmente ces milieux. Les parcelles de milieux humides situés à moins de 30 m les uns des autres ont été regroupées pour former des complexes de milieux humides. Seuls les complexes ayant plus de 0,5 ha ont été conservés pour l'analyse.

## Division du territoire : Les bassins versants

La division du territoire utilisée pour les milieux humides est le bassin versant, soit l'unité naturelle de drainage des eaux, basé sur le niveau 1 de la cartographie des bassins hydrographiques multiéchelles du Québec du MELFFCP (2018a). Les milieux humides interagissent étroitement avec le réseau hydrologique au sein d'un même bassin versant. Ils reçoivent l'eau de surface provenant des précipitations, des rivières ou des lacs, jouent un rôle de stockage et de régulation des eaux et influencent ainsi les débits d'eau pour d'autres parties du bassin versant. Les milieux humides au sein d'un bassin versant sont donc interconnectés. Le critère de rareté a été mesuré en utilisant les bassins versants comme territoire de référence (Figure 3).



**Figure 3. Bassins versants situés sur le territoire de la Région de la biosphère de Charlevoix.** La délimitation des bassins versants est basée sur le niveau 1 de la cartographie des bassins hydrographiques multiéchelles du Québec du MELFFCP (2018a).



## LES COMPLEXES DE FRICHES

Les données utilisées pour représenter les friches proviennent du 5<sup>e</sup> inventaire écoforestier du Québec méridional (IEQM). Seules les parcelles de friches présentant une hauteur de végétation entre 0,5 m et 6,4 m ont été retenues. Les parcelles d'une distance de moins de 50 m ont été regroupées afin de former des complexes. Seuls les complexes ayant plus de 5 ha ont été conservés pour l'analyse.

## LES COMPLEXES DE PRAIRIES AGRICOLES

La base de données utilisée est celle des parcelles et productions déclarées de La Financière agricole du Québec (FADQ 2023). Les informations présentes dans cette base de données quant au type de production agricole ont permis d'extraire exclusivement les cultures pérennes. Toutefois, cette information n'était pas toujours disponible pour certaines parcelles, les informations relatives au type de production ont alors été extraites de l'inventaire annuel des cultures d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC 2022). Comme cette dernière couche d'information était une image *raster*, des points situés au centroïde des pixels ont été générés à l'intérieur de chacune des parcelles de la FADQ. Les cultures dont plus de 50 % des points associés se retrouvaient en zone pérenne étaient considérées comme cultures pérennes. Les parcelles de prairies agricoles d'une distance de moins de 50 m ont ensuite été regroupées afin de former des complexes. Seules les parcelles ayant plus de 5 ha ont été conservées pour l'analyse.

## LES UNITÉS ÉCOLOGIQUES AQUATIQUES (UEA)

L'unité d'analyse des milieux aquatiques (lenticques et lotiques) est les unités écologiques aquatiques (UEA) qui représentent des portions du réseau hydrographique définies par l'homogénéité de leurs propriétés physiques et leurs fonctions (MELCCFP 2021b). Les données utilisées sont celles du niveau 2 du cadre de référence hydrologique du Québec (CRHQ; MELCCFP 2021b). Comme les données du CRHQ ne couvrent pas L'Isle-aux-Coudres, les milieux lotiques n'ont pas été analysés pour ce secteur.

## LES MARAIS CÔTIERS

L'unité d'analyse des marais côtiers est définie par les fragments qui sont spatialement disjoints. Les données des marais côtiers proviennent de l'*Atlas des milieux côtiers d'intérêt pour la conservation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent* (Plan d'action Saint-Laurent 2020).



## LES MILIEUX SABLEUX

L'unité d'analyse des milieux sableux est déterminée par les milieux qui sont spatialement séparés. Les données des milieux sableux proviennent de l'*Atlas des milieux côtiers d'intérêt pour la conservation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent* (Plan d'action Saint-Laurent 2020).

## 5. Descriptif des critères

Pour chaque cible du filtre grossier, les critères sélectionnés sont décrits dans la section suivante. La méthodologie employée afin de mesurer chacun de ces critères y est détaillée. La source des données utilisée pour différents calculs est spécifiée à l'Annexe 1. Les critères sélectionnés par cible sont résumés au tableau 2.

### MILIEUX FORESTIERS

#### Écosystème forestier exceptionnel

Les écosystèmes forestiers exceptionnels (EFE) contribuent au maintien de la biodiversité des écosystèmes forestiers et en particulier de ses éléments les plus rares. Sur le territoire de la RBC, quatre EFE sont répertoriés et sont classifiés comme forêts rares (MRNF 2018b). Les parcelles forestières se situant à l'intérieur, chevauchant ou étant contiguë à une EFE ont été considérés pour ce critère.

#### Espèces à statut précaire

Les données sur les espèces animales et végétales bénéficiant d'une désignation légale au Québec, soit les espèces menacées, vulnérables ou susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables (EMVS) ont été extraites de la banque de données du Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ; MELCCFP 2022). Les occurrences, les sites de reproduction ou les aires de concentration de précision S (150m) de ces espèces ont été utilisés pour le calcul de ce critère. Celui-ci représente le nombre d'espèces à statut précaire répertorié dans chaque parcelle, pondéré selon le statut de l'espèce. La présence d'une espèce menacée était considérée d'une plus grande importance et présentait une valeur de 1 alors qu'une valeur de 0,5 a été assignée aux espèces vulnérables ou susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables.

Seules les espèces dont les milieux forestiers ont été identifiés comme faisant partie de leur habitat ont été incluses dans l'analyse. Les espèces animales considérées sont le Campagnol des rochers (*Microtus chrotorrhinus*), le Campagnol-lemming de Cooper (*Synaptomys cooperi*), la Couleuvre à collier du Nord (*Diadophis punctatus edwardsii*), le Faucon pèlerin, le Garrot d'Islande, la Grive de Bicknell, la Pygargue à tête blanche (*Haliaeetus leucocephalus*) et la Salamandre sombre du Nord (*Desmognathus fuscus*). Les espèces végétales à statut précaire utilisées dans l'analyse des milieux forestiers incluent entre autres le Botryche pâle (*Botrychium pallidum*) et la Corallorhize striée (*Corallorhiza striata var. striata*).



## Habitat faunique d'intérêt

Les habitats fauniques sont des milieux essentiels à une espèce ou un groupe d'espèces animales. Sur le territoire de la RBC, les habitats fauniques légaux sont l'aire de concentration du Caribou des bois, les héronnières et les habitats fréquentés par des oies, des bernaches ou des canards (MELCCFP 2020). Les habitats fauniques des espèces dont les milieux forestiers ont été identifiés comme faisant partie de leur habitat ont été inclus dans l'analyse, soit l'aire de concentration du Caribou des bois et les héronnières (CNC 2023a). Les parcelles forestières se situant à l'intérieur, chevauchant ou étant contiguë à un habitat faunique d'intérêt ont été considérés pour ce critère.

## Rareté

Ce critère fait référence au type écologique forestier (TEF) et à son abondance sur un territoire donné. Plus la présence d'un TEF est rare sur le territoire, plus la priorisation de conservation devrait être élevée favorisant ainsi la préservation de la diversité des écosystèmes forestiers. La division du territoire en districts écologiques a été utilisée pour le calcul de ce critère. Les districts écologiques chevauchant le territoire de la RBC ont été conservés et les complexes de TEF au sein de ces districts écologiques, bien que plusieurs étaient situés à l'extérieur de la RBC, ont été considérés dans le calcul. Chaque complexe de TEF a été attribué au district écologique dans lequel il est situé. En cas de chevauchement d'un complexe sur plusieurs districts écologiques, la localisation de son centroïde a été utilisée pour son affectation à un district spécifique. Le critère de rareté a ensuite été mesuré en utilisant la formule suivante :

$$RARETE = 1 - \frac{N_{TEF}}{N_{max}}$$

- Où
- RARETE = Indice de rareté
  - $N_{TEF}$  = Nombre de complexes de ce TEF dans le district écologique
  - $N_{max}$  = Nombre le plus élevé de complexes d'un TEF dans le district écologique

Une valeur près de 1 représente un TEF rare alors qu'une valeur près de 0 représente un TEF très abondant dans le district écologique.

## Forêts matures

L'exploitation forestière, associée aux perturbations naturelles, a transformé la structure d'âge des forêts boréales en entraînant un rajeunissement significatif de la forêt au cours des 50 dernières années (Mackey et al. 2024). Une diminution constante de la proportion de forêts matures et âgées soulève des préoccupations quant à la préservation de la biodiversité de ces écosystèmes. De nombreuses espèces dépendent de ce type de couvert forestier, tels le caribou forestier, la Martre d'Amérique et plusieurs espèces d'oiseaux (pics, mésanges, sittelles, garrots, passereaux, oiseaux de proie, etc.).

Afin de souligner l'importance du maintien des forêts matures dans le paysage forestier, ce critère mesure la proportion de forêts matures à l'intérieur de chaque complexe de TEF. Les peuplements matures étaient extraits du 5<sup>e</sup> inventaire écoforestier du Québec méridional (MRNF 2023). Les peuplements considérés comme matures incluaient les vieux peuplements inéquiens et irréguliers, résineux ou feuillus, ainsi que les peuplements de structure étagée dont l'étage principal appartient à la classe d'âge de 90 ans et plus pour les peuplements à dominance résineuse et de 120 ans ou plus pour les peuplements à dominance feuillue.


## Milieus riverains

La présence de milieux riverains au sein d'un milieu forestier contribue à la biodiversité du milieu et sa productivité (MDDELCC 2015). Ce critère représente donc la longueur de rive (km) à l'intérieur ou contiguë à un fragment forestier en fonction de la superficie (ha) de ce dernier. Pour les cours d'eau représentés sous forme de ligne, la longueur a été doublée afin d'inclure les deux rives du cours d'eau, tandis que le périmètre a été utilisé pour les lacs et les cours d'eau représentés par une surface.

## Forme

La forme d'un milieu naturel peut influencer l'intégrité et la biodiversité de celui-ci. En effet, un milieu de forme plus régulière présente moins d'habitats de lisière et maximise l'habitat d'intérieur. À l'inverse, un milieu présentant un fort effet de bordure pourrait être plus sensible à l'impact des perturbations adjacentes, la fragmentation et l'introduction d'espèces envahissantes. Plus un milieu naturel se rapproche d'un cercle parfait, plus le périmètre sera petit et moins l'effet de bordure se fera sentir. Le critère de forme a donc été mesuré en utilisant la formule suivante :

$$FORME = \frac{2\pi\sqrt{S}}{\sqrt{\pi} P}$$



Où      FORME = Indice de forme  
            P = Périmètre (m) du complexe de TEF  
            S = Superficie (m<sup>2</sup>) du complexe de TEF

Plus l'indice se rapproche d'une valeur de 1, plus le milieu est de forme régulière et moins l'effet de bordure se fait sentir. À l'inverse, plus la valeur de l'indice se rapproche de 0, plus l'effet de bordure est présent.

## Perturbations internes

Les perturbations anthropiques diminuent la valeur écologique d'un milieu tout en présentant une menace à plus long terme sur l'intégrité du milieu. Afin de représenter l'effet de ces perturbations, la proportion de la superficie perturbée au sein d'un complexe forestier sur sa superficie totale a été mesurée selon les données de l'IEQM, soit en considérant les codes de terrain anthropiques (terrains agricoles, emprises de routes, milieux faiblement et fortement perturbés par l'activité humaine, gravière, ligne de transport d'énergie) et les peuplements décrits comme présentant une perturbation anthropique ou d'une origine anthropique (tous types de coupes forestières, plantations, brûlage dirigés, etc.). L'emprise des routes, des chemins et du réseau ferroviaire a aussi été considérée comme des perturbations dans les milieux forestiers. Ces informations ont été obtenues par la banque de données AQRéseau+ (MRNF 2018a). Une zone tampon de 10 m a été déterminée de part et d'autre d'une route (20 m pour les routes principales) ou d'un chemin ferroviaire comme emprise où les perturbations sur le milieu naturel peuvent avoir lieu.

## Fragmentation

En plus de perturber les habitats naturels, la présence de routes et de chemins constitue un élément majeur de fragmentation. Les routes, même celles secondaires, sont un obstacle important pour la majorité des animaux terrestres, ils les fuient ou subissent une forte mortalité associée. Les chemins forestiers sont nombreux sur le territoire et jouent un rôle primordial dans la fragmentation des écosystèmes forestiers. Pour mesurer un indice de fragmentation des milieux forestiers, la densité de routes et chemins (chemins dans les parcs nationaux, réseau routier, chemins multiusages, routes d'accès, chemins de fer; MRNF 2018a) a été mesurée, soit la longueur totale de chemins (km) sur la superficie d'un fragment de TEF (ha).

## Espèces exotiques envahissantes

Introduites hors de leur aire de répartition naturelle, les espèces exotiques envahissantes (EEE) colonisent de sites à un rythme rapide et peuvent avoir un impact majeur sur le milieu. En effet, les EEE entrent en compétition avec les espèces indigènes dans l'acquisition des ressources, ce qui peut engendrer une diminution de la biodiversité et la santé de l'écosystème. La présence de ces espèces peut donc avoir un impact néfaste sur la valeur écologique d'un milieu et présenter une menace qui s'accroît avec le temps. Sur le territoire de la RBC, 18 EEE végétales sont répertoriés dont 8 sont classées comme prioritaires selon la *Liste des espèces floristiques exotiques envahissantes prioritaires* (MELCCFP 2021a).

La banque de données du MELCCFP a été utilisée afin de localiser les occurrences actuelles d'EEE sur le territoire (MELCCFP 2023). Le critère représente le nombre d'espèces répertoriées dans chaque parcelle, pondéré selon le statut de priorité de l'espèce. La présence d'une espèce prioritaire était considérée d'une plus grande importance et présentait une valeur de 1 alors qu'une valeur de 0,5 a été assignée aux espèces qui ne figuraient pas sur la liste des EEE prioritaires.

## Statut de protection

Certains milieux naturels possèdent déjà un certain statut de protection qui favorise leur conservation. Les parcelles de milieux forestiers protégés par différentes ententes ont été ciblées si elles se retrouvent à l'intérieur (ou chevauchant à 50 % et plus) d'une aire protégée actuelle du Registre des aires protégées au Québec (MELCCFP 2018c). Les aires protégées projetées n'étaient pas incluses comme aire protégée actuelle.

## Consolidation d'une aire protégée

Le maintien de la connectivité des aires protégées à d'autres milieux naturels est essentiel à la conservation des noyaux de ses écosystèmes. Les aires protégées considérées sont celles inscrites au Registre des aires protégées au Québec (MELCCFP 2018c), excluant les habitats fauniques et les écosystèmes forestiers exceptionnels puisque ceux-ci sont considérés comme critères distincts. Les complexes de TEF ont été considérés à proximité d'une aire protégée s'ils se trouvaient à l'intérieur d'une zone tampon d'un kilomètre d'une aire protégée ou chevauchant à 50 % ou plus la zone tampon.

## Habitat du saumon

Le maintien de la qualité des rivières qui se déversent dans l'estuaire du Saint-Laurent sont indispensables pour la survie des populations de poissons anadromes comme le saumon atlantique puisqu'il y migre pour s'y reproduire. Bien qu'il n'ait pas de statut particulier en vertu de la *Loi sur les espèces en péril*, le saumon atlantique est une espèce préoccupante puisque les populations de ce poisson ont connu un grand déclin dans l'Atlantique Nord depuis 1985 (Dadswell et al. 2022). Les rivières fréquentées par le saumon sur l'aire d'étude sont donc considérées comme des sites d'importance pour la conservation. Trois cours d'eau sont fréquentés par le saumon sur le territoire de la RBC, soit la rivière du Gouffre, la rivière Malbaie et la rivière Petit-Saguenay (FQSA 2023).

L'intégrité des rives d'un cours d'eau joue un rôle crucial dans le maintien de la qualité du milieu aquatique et de son potentiel à fournir un habitat de reproduction favorable pour les différentes espèces qui s'y retrouvent. Afin de souligner l'importance des milieux forestiers en bordure des rivières à saumon, ce critère mesure la longueur de rives d'une rivière à saumon (en mètres) à l'intérieur ou contiguë à chaque complexe de TEF.

## MILIEUX HUMIDES

### Superficie

La superficie d'un milieu humide est un bon indicateur de sa diversité végétale (Houlahan et al. 2006) et de ses fonctions écologiques telles que sa capacité à filtrer les sédiments et les contaminants et à emmagasiner l'eau (Tiner 2017). La superficie des complexes de milieux humides en hectares a donc été évaluée.

### Espèces à statut précaire

Comme pour les milieux forestiers, le dénombrement d'espèces à statut précaire, pondéré selon le statut de l'espèce (1 : Espèces menacées; 0,5 : espèces vulnérables ou susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables) a été effectué au sein de chaque complexe de milieux humides. Seules les espèces dont les milieux humides ont été identifiés comme faisant partie de leur habitat ont été incluses dans l'analyse de ce critère, soit le Bruant de Nelson (*Ammospiza nelsoni*) et le Râle jaune (*Coturnicops noveboracensis*).

## Habitat faunique d'intérêt

Les habitats fauniques des espèces dont les milieux humides ont été identifiés comme faisant partie de leur habitat ont été inclus dans l'analyse, soit l'aire de concentration du Caribou des bois, les héronnières et les habitats fréquentés par des oies, des bernaches ou des canards (CNC 2023a). Les complexes de milieux humides se situant à l'intérieur, chevauchant ou étant contiguë à un habitat faunique d'intérêt ont été considérés pour ce critère.

## Connectivité

La connectivité écologique désigne le degré de connexion entre les divers milieux naturels présents sur un territoire. Elle reflète à la fois les fragments joints dans l'espace, mais aussi ceux qui sont atteignables au point de vue d'un individu d'une espèce donnée. La connectivité entre les milieux naturels permet la conservation de la biodiversité en facilitant le mouvement des populations animales face à la perte d'habitats. Il est essentiel de maintenir des corridors écologiques sur des territoires fragmentés.

La connectivité est un facteur important qui renseigne sur la biodiversité et l'abondance des espèces présentes dans un type de milieu. Pour évaluer la connectivité entre les complexes de milieux humides, la distance et la superficie des complexes de milieux humides dans une zone tampon d'un kilomètre du complexe analysé ont été considérées. Une distance d'un kilomètre a été définie comme il s'agit du seuil de dispersion pour plusieurs espèces de petits mammifères et de petits oiseaux (Ostfeld et Manson 1996, Tittler et al. 2009). Le critère de connectivité a donc été mesuré en utilisant la formule suivante :

$$MH\_1KM = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{D_{ij}^2}$$

- Où
- MH\_1KM = Indice de connectivité du complexe de milieux humides j
  - $A_i$  = Superficie (m<sup>2</sup>) du complexe i situé dans une zone tampon d'un kilomètre du complexe j
  - $D_{ij}$  = Distance euclidienne (m) entre les bordures des fragments i et j
  - n = Nombre de complexes situés à une distance de 1 km du complexe j

## Naturalité adjacente

La naturalité en périphérie d'un milieu humide peut être liée à plusieurs fonctions écologiques. En effet, la zone tampon joue un rôle sur le plan hydrologique et biogéochimique en ralentissant les écoulements de surface et favorisant la rétention des sédiments (Houlahan et Findlay 2004). L'intégrité d'une zone tampon favorise aussi la dispersion des espèces associées à cet écosystème et ainsi l'abondance et la diversité faunique et floristique (Houlahan 2006). Au contraire, la forte présence anthropique en périphérie d'un milieu naturel augmente les perturbations du milieu et les risques d'introduction d'espèces exotiques envahissantes.


Le critère de naturalité adjacente a été évalué par la proportion de milieux naturels dans une zone tampon de 200 m par rapport à la superficie de la zone tampon du complexe analysé (CNC 2023a). Les milieux naturels ont été définis en retirant les codes de terrain définis comme anthropiques (terrains agricoles, emprises de routes, milieux faiblement et fortement perturbés par l'activité humaine, gravière, ligne de transport d'énergie) selon les données de l'IEQM. L'emprise des routes, des chemins et du réseau ferroviaire (zone tampon de 10 m de chaque côté et 20 m pour les routes principales) a aussi été retirée (AQréseau+; MRNF 2018a).

## Diversité végétale

Afin de mesurer un indice de diversité végétale des complexes de milieux humides, l'indice de Shannon a été utilisé. Cet indice prend en compte le nombre d'espèces présentes dans un milieu et la répartition relative de leur abondance. Comme des données à l'échelle de l'espèce ne sont pas disponibles, l'indice de Shannon a été utilisé pour mesurer la diversité des classes de milieux humides (marécage, marais, prairie humide, eau peu profonde et tourbières boisée, ombrotrophe et minérotrophe) au sein d'un complexe de milieux humides. Cet indice prend en compte le nombre de classes de milieux humides et leur superficie selon le calcul suivant :

$$SHANNON = \sum_{i=1}^n p_i (\ln(p_i))$$

- Où
- SHANNON = Indice de diversité végétale
  - $p_i$  = Proportion de la superficie du complexe couverte par la classe  $i$
  - $n$  = Nombre de classes de milieux humides présentes au sein du complexe



Une valeur élevée de ce critère représente un complexe diversifié en termes de classes de milieux humides et équilibré, c'est-à-dire qu'aucune classe n'est particulièrement dominante par rapport aux autres. Ce critère à l'échelle du type de milieux humides donne un aperçu de la diversité végétale à l'échelle de l'espèce puisque les différentes classes de milieux humides comportent des habitats distincts et abrite différentes espèces végétales.

## Séquestration du carbone

Les milieux humides contribuent à la séquestration du carbone au niveau planétaire. Les tourbières sont les milieux humides qui contribueraient le plus à la séquestration du carbone puisque la matière organique s'y accumule plus rapidement qu'elle est décomposée (Garneau et van Bellen 2016). Les marais contribuent aussi à la séquestration du carbone par un processus différent, soit par la forte croissance de certaines espèces végétales qu'on y retrouve. Les marécages peuvent également séquestrer le carbone dans les tissus ligneux des végétaux arborescents qui libèrent ensuite le carbone lors de leur sénescence. Les différents types de milieux humides présentent donc des taux de séquestration distincts.

Afin de considérer cette fonction écologique importante, la valeur de séquestration du carbone de chaque complexe de milieux humides tient compte de la proportion de la superficie de chaque classe de milieu humide au sein du complexe et de sa contribution à la séquestration du carbone de ce dernier. La pondération attribuée à chaque classe de milieu humide est présentée au tableau 1. Le critère est ainsi déterminé selon le calcul suivant :

$$SEQ\_CAR = \sum_{i=1}^n z_i p_i$$

- Où
- SEQ\_CAR = Indice de séquestration du carbone
  - $z_i$  = Pondération attribuée à cette classe de milieu humide
  - $p_i$  = Proportion de la superficie du complexe couverte par la classe  $i$
  - $n$  = Nombre de classes de milieux humides présentes au sein du complexe



**Tableau 1. Pondération associée à chaque type de milieu humide selon sa contribution à la séquestration du carbone (CNC 2023a).**

Classe de milieux humides	Pondération
Tourbière ombrotrophe	1
Tourbière minérotrophe	1
Tourbière boisée	0,6
Marécage	0,6
Eau peu profonde (étang)	0,6
Marais	0,3
Prairie humide	0,3
Non définie	0

Plus la valeur de ce critère est près de 1, plus le complexe de milieux humides contribue à la séquestration du carbone. Au contraire, plus la valeur se rapproche de 0, moins le complexe y contribue. La valeur du critère de séquestration du carbone des complexes entièrement constitués de milieux humides dont la classe était non définie (valeur nulle) était retirée et définie comme non déterminée.

### Espèces exotiques envahissantes

Comme pour les milieux forestiers, le critère représente le nombre d'espèces répertoriées dans chaque complexe de milieux humides, pondéré selon le statut de priorité de l'espèce. La présence d'une espèce prioritaire était considérée d'une plus grande importance et présentait une valeur de 1 alors qu'une valeur de 0,5 a été assignée aux espèces qui ne figuraient pas sur la liste des EEE prioritaires.

### Statut de protection

Les complexes de milieux humides présentant actuellement un certain statut de protection ont été ciblés s'ils se retrouvent à l'intérieur (ou chevauchant à 50 % et plus) d'une aire protégée (Registre des aires protégées au Québec; MELCCFP 2018c) ou d'un terrain privé avec entente de conservation volontaire (CRE 2023). Les aires protégées projetées n'étaient pas incluses comme aire protégée actuelle.

### Consolidation d'une aire protégée

Comme pour les milieux forestiers, les complexes de milieux humides ont été considérés à proximité d'une aire protégée s'ils se trouvaient à l'intérieur d'une zone

tampon d'un kilomètre d'une aire protégée ou chevauchant à 50 % ou plus la zone tampon.

## Rareté

Ce critère fait référence au type de milieux humides et à son abondance sur un territoire donné. Plus un type de milieu humide est rare sur le territoire, plus la priorisation de conservation devrait être élevée favorisant ainsi la préservation de la diversité des milieux humides et de leurs fonctions écologiques. La division du territoire en bassins versants, limités par le périmètre de la RBC, a été utilisée pour le calcul de ce critère. Chaque complexe de milieux humides a été attribué au bassin versant dans lequel il est situé. En cas de chevauchement d'un complexe dans plus d'un bassin versant, la localisation de son centroïde a été utilisée pour son affectation à un bassin versant spécifique. Le critère de rareté a ensuite été mesuré en utilisant la formule suivante :


$$RARETE = 1 - \frac{N_{TMH}}{N_{max}}$$

- Où
- RARETE = Indice de rareté
  - $N_{TMH}$  = Nombre de complexes de ce type de milieu humide dans le bassin versant
  - $N_{max}$  = Nombre le plus élevé de complexes d'un type de milieu humide dans le bassin versant

Une valeur près de 1 représente un type de milieu humide rare alors qu'une valeur près de 0 représente un type de milieu humide très abondant dans le bassin versant.

## Impact des pressions anthropiques

Tout comme les milieux forestiers, les perturbations anthropiques diminuent la valeur écologique d'un milieu humide en réduisant sa connectivité, sa superficie ou en perturbant les sols ou l'hydrologie. Afin de représenter l'effet de ces perturbations, l'OBV-CM (2023) a relevé la présence, l'impact et le type de pressions anthropiques dans chaque milieu humide du territoire. Les types de pressions anthropiques répertoriés sont le transport (routes), résidentiel (bâtiments), remblayage, récréatif (sentiers de randonnée, véhicules hors route, chasse), industriel ou commercial (bâtiments), coupes forestières, lignes électriques, canaux de drainage, travaux de creusage et agricole. L'indice de l'impact des pressions anthropiques est évalué selon l'importance des pressions anthropiques observées, soit de 0 à 3 (0 = aucune ; 1 = faible ; 2 = modérée ;



3 = importante). Une moyenne des indices a été effectuée lorsque le complexe comportait plusieurs milieux humides.

## FRICHES

### Superficie

La superficie d'une friche influence l'abondance et la diversité des espèces animales qui s'y retrouve. La survie et le succès reproducteur de plusieurs oiseaux champêtres sont influencés par la taille de la friche (Environnement Canada 2013; Tefft 2006). La superficie en hectares a donc été évaluée pour chaque complexe de friches.

### Espèces à statut précaire

Tout comme le calcul de ce critère pour les cibles précédentes, le dénombrement d'espèces à statut précaire, pondéré selon le statut de l'espèce (1 : Espèces menacées; 0,5 espèces vulnérables ou susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables) a été effectué pour chaque parcelle de friches. Seules les espèces dont les friches ont été identifiées comme faisant partie de leur habitat ont été incluses dans l'analyse, soit le Faucon pèlerin, l'Hirondelle de rivage (*Riparia riparia*) et la Pygargue à tête blanche.

### Connectivité

La connectivité des friches est un facteur important qui renseigne sur la biodiversité et l'abondance des espèces présentes dans ce type de milieu. On retrouve par exemple une plus grande densité de la plupart des espèces d'oiseaux dans les friches présentant une plus forte présence de friches dans un rayon d'un kilomètre (Environnement Canada 2013, Lehnen 2008). Pour évaluer la présence de friches à proximité d'un complexe analysé, la proportion de la superficie occupée par des friches dans une zone tampon d'un kilomètre du complexe sur la superficie de la zone tampon a été évaluée.

### Forme

Tout comme les milieux forestiers, la forme des friches permet d'indiquer l'importance d'un effet de bordure sur le milieu. La forme des complexes de friches a été mesurée en utilisant la même méthode que celle pour les milieux forestiers.



## Présence de milieux humides

Une forte présence de milieux humides en périphérie d'un complexe de friches permet de créer une mosaïque d'habitats essentiels à plusieurs espèces (Environnement Canada 2013). Ces friches sont utilisées entre autres pour la nidification de plusieurs espèces de canards (Gauthier et Aubry 1995). Étant donné la plus grande valeur écologique associée aux friches ayant une forte superficie de milieux humides en périphérie, ce critère évalue la proportion de la superficie occupée par des milieux humides dans une zone tampon de 200 m du complexe de friches analysé par rapport à la superficie de cette zone tampon.

## Proximité d'un milieu humide ou hydrique

En addition au critère de présence de milieux humides en périphérie, la distance minimale d'un complexe de friches à un milieu humide ou à un milieu hydrique influence la connectivité entre ces différents habitats, constituant le domaine vital de plusieurs espèces animales. De plus, les friches agissent en tant que zones tampons en absorbant les eaux de ruissellement, susceptibles de contenir des résidus agricoles tels que des engrais et des pesticides (CNC 2023a). Pour évaluer l'importance des friches à proximité d'un milieu humide ou hydrique, ce critère a été mesuré en fonction de la distance minimale (m) du complexe de friches analysé à un milieu humide ou à un milieu lentique.

## Proximité d'une emprise électrique

En raison de leur gestion périodique visant à maintenir une végétation basse, les emprises de lignes électriques constituent un habitat similaire à celle d'une friche bien qu'elles présentent une dynamique distincte. Elles permettent toutefois de créer de la connectivité entre les complexes de friches pour plusieurs espèces fauniques, particulièrement pour les oiseaux champêtres. Pour mesurer ce critère de proximité, la distance (m) entre le complexe de friches et l'emprise de ligne électrique la plus proche a été évaluée.

## Espèces exotiques envahissantes

Comme les cibles précédentes, le critère représente le nombre d'espèces répertoriées dans chaque complexe de milieux humides, pondéré selon le statut de priorité de l'espèce. La présence d'une espèce prioritaire était considérée d'une plus grande importance et présentait une valeur de 1 alors qu'une valeur de 0,5 a été assignée aux espèces qui ne figuraient pas sur la liste des EEE prioritaires.

## Consolidation d'une aire protégée

Tout comme les cibles précédentes, les complexes de friches ont été considérés à proximité d'une aire protégée s'ils se trouvaient à l'intérieur d'une zone tampon d'un kilomètre d'une aire protégée ou chevauchant à 50 % ou plus la zone tampon.

### PRAIRIES AGRICOLES

Les critères de priorisation mesurés pour les complexes de prairies agricoles sont essentiellement les mêmes que ceux utilisés pour les friches. La seule distinction est pour le critère *Proximité d'une emprise électrique* qui inclut, dans le cadre de l'analyse des prairies agricoles, à la fois les emprises électriques et les complexes de friches. Le critère *Proximité d'une friche* mesure donc la distance la plus près entre une prairie agricole et une friche ou une emprise électrique.

### MILIEUX LENTIQUES

#### Espèces à statut précaire

Tout comme le calcul de ce critère pour les cibles précédentes, le dénombrement d'espèces à statut précaire, pondéré selon le statut de l'espèce (1 : Espèces menacées; 0,5 : espèces vulnérables ou susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables) a été effectué pour chaque milieu lentique. Seules les espèces dont ce type de milieu naturel a été identifié comme faisant partie de leur habitat ont été incluses dans l'analyse, soit le Garrot d'Islande, le Myriophylle menu (*Myriophyllum humile*) et l'Ombre chevalier (*Salvelinus alpinus oquassa*).

#### Habitat faunique d'intérêt

Les habitats fauniques des espèces dont les milieux lentiques ont été identifiés comme faisant partie de leur habitat ont été inclus dans l'analyse, soit l'aire de concentration du Caribou des bois et les héronnières (CNC 2023a). Les milieux lentiques se situant à l'intérieur, chevauchant ou étant contiguë à un habitat faunique d'intérêt ont été considérés pour ce critère.

## Naturalité

Tout comme pour les autres cibles de conservation, la naturalité en périphérie d'un milieu lotique joue un rôle crucial sur la valeur écologique de ce dernier. Elle fournit des habitats fauniques essentiels à une multitude d'espèces aquatiques, agit comme barrière naturelle contre d'éventuelles menaces tout en permettant au milieu d'accomplir ses multiples fonctions écologiques.

Les valeurs utilisées pour évaluer ce critère sont celles mesurées par l'*Atlas des milieux naturels d'intérêt pour la conservation dans les Laurentides méridionales* (CNC 2023b). Ce critère prend en compte la naturalité locale (zone tampon de 100 m) et celle du bassin versant dans lequel se retrouve le milieu aquatique (voir la méthodologie utilisée; CNC 2023a). Comme cet atlas ne couvre pas L'Isle-aux-Coudres ni l'extrémité est du territoire de la RBC, les milieux aquatiques localisés dans ces secteurs n'ont pas de valeur de naturalité définie.

## Diversité

Comme pour la naturalité, les valeurs utilisées pour évaluer le critère de diversité des milieux aquatiques sont celles mesurées par l'*Atlas des milieux naturels d'intérêt pour la conservation dans les Laurentides méridionales* (CNC 2023b). Ce critère prend en compte la diversité des habitats aquatiques voisins afin d'estimer celle du milieu aquatique analysé. L'indice de Shannon a été calculé en utilisant les types de biotope et leur proportion relative directement en amont ou en aval du milieu analysé (voir la méthodologie utilisée; CNC 2023a). Comme cet atlas ne couvre pas L'Isle-aux-Coudres ni l'extrémité est du territoire de la RBC, les milieux aquatiques localisés dans ces secteurs n'ont pas de valeur de naturalité définie.

## Présence de milieux humides

Les milieux humides connectés à un milieu aquatique améliorent la qualité et l'intégrité de celui-ci, par exemple, par le captage des sédiments, des débris et des contaminants (Dordio et al. 2008). De plus, les milieux humides constituent des habitats nécessaires à plusieurs espèces aquatiques (poissons, amphibiens, insectes, etc.) à différents stades spécifiques de croissance. La présence de milieux humides en périphérie d'un cours d'eau permet donc la présence d'une plus grande biodiversité. Ce critère évalue donc la proportion de la superficie occupée par des milieux humides dans une zone tampon de 15 m d'une UEA par rapport à la superficie de cette zone tampon.

## Espèces exotiques envahissantes

Comme les cibles précédentes, le critère représente le nombre d'espèces répertoriées dans chaque milieu lentique, pondéré selon le statut de priorité de l'espèce. La présence d'une espèce prioritaire était considérée d'une plus grande importance et présentait une valeur de 1 alors qu'une valeur de 0,5 a été assignée aux espèces qui ne figuraient pas sur la liste des EEE prioritaires.

## Statut de protection

Les milieux lentiques présentant actuellement un certain statut de protection ont été ciblés s'ils se retrouvent à l'intérieur (ou chevauchant à 50 % et plus) d'une aire protégée du Registre des aires protégées au Québec (MELCCFP 2018c). Les aires protégées projetées n'étaient pas incluses comme aire protégée actuelle.

## Consolidation d'une aire protégée

Comme pour les cibles précédentes, les milieux lentiques ont été considérés à proximité d'une aire protégée s'ils se trouvaient à l'intérieur d'une zone tampon d'un kilomètre d'une aire protégée ou chevauchant à 50 % ou plus la zone tampon.


## MILIEUX LOTIQUES

Les critères de priorisation mesurés pour les milieux lotiques sont équivalents à ceux utilisés pour les milieux lentiques. L'explication du choix de ces critères et la méthodologie utilisée sont essentiellement les mêmes. Pour le critère *Espèces à statut précaire*, les espèces incluses dans l'analyse sont différentes de celles utilisées pour les milieux lentiques, soit l'Hirondelle de rivage et la Salamandre sombre du Nord. Le dénombrement d'espèces a été évalué dans une zone tampon de 30 m de chaque côté du cours d'eau. Cette zone tampon a aussi été utilisée pour le critère *Espèces exotiques envahissantes*.

De plus, un critère supplémentaire a été ajouté dans le calcul de la valeur écologique des milieux lotiques, soit l'habitat du saumon.

## Habitat du saumon

Comme expliqué précédemment, la protection de l'intégrité des cours d'eau utilisés comme lieu de reproduction du saumon atlantique est cruciale pour la



conservation de cette espèce préoccupante. Ce critère soulève la présence ou non du saumon atlantique dans les milieux lotiques de l'aire d'étude.

## MARAIS CÔTIERS

### Superficie

La superficie d'un marais côtier influence l'abondance et la diversité des espèces animales et végétales qui s'y retrouve. Une grande superficie peut offrir des habitats plus variés pour différentes espèces animales et végétales en plus d'avoir un plus grand rôle dans diverses fonctions écologiques telles que la filtration de l'eau et le stockage du carbone. La superficie en hectares a donc été évaluée pour chaque marais côtier.

### Espèces à statut précaire

Tout comme le calcul de ce critère pour les cibles précédentes, le dénombrement d'espèces à statut précaire, pondéré selon le statut de l'espèce (1 : Espèces menacées; 0,5 : espèces vulnérables ou susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables) a été effectué pour chaque marais côtier. Seules les espèces dont les marais côtiers ont été identifiés comme faisant partie de leur habitat ont été incluses dans l'analyse, soit le Bruant Nelson, le Râle jaune et le Bécasseau maubèche.

### Habitat faunique d'intérêt

Les habitats fauniques des espèces dont les marais côtiers ont été identifiés comme faisant partie de leur habitat ont été inclus dans l'analyse, soit les habitats fréquentés par des oies, des bernaches ou des canards. Les marais se situant à l'intérieur, chevauchant ou étant contiguë à un habitat faunique d'intérêt ont été considérés pour ce critère.

### Habitat du saumon

Les estuaires et les marais salés sont des habitats importants pour le saumon atlantique qui utilise ces milieux pour s'alimenter au cours de la période de transition entre le séjour en mer et la période de frai en rivière (Jobin et al. 2019). Pour souligner l'importance de cet habitat pour cette espèce, ce critère évalue l'utilisation ou non des marais côtiers par le saumon, soit s'il est situé ou non à l'embouchure d'une rivière à saumon.



## Connectivité

La connectivité entre les marais côtiers, facilitée par leur proximité, est cruciale pour la mobilité des espèces, les échanges biologiques et la circulation des nutriments. Elle contribue à maintenir l'intégrité écologique et la fonctionnalité de ces milieux. Pour évaluer la proximité des marais côtiers, la proportion de marais côtiers dans une zone tampon d'un kilomètre du marais analysé sur la superficie de la zone tampon a été évaluée.

## Milieux riverains

La distance de côtes présente dans un marais littoral influence la diversité des espèces qu'on y retrouve. La majorité des espèces végétales de marais salés se retrouvent sur les rives puisqu'elles ne sont pas continuellement inondées; les écosystèmes y sont donc plus riches et abondants (Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire 2022). De plus, le marais côtier agit comme barrière naturelle protégeant les zones côtières des tempêtes et de l'érosion. Une superficie étendue de marais a une capacité accrue à absorber l'énergie des vagues, réduisant ainsi les impacts des événements météorologiques extrêmes sur les terres adjacentes. Ce critère a donc été mesuré selon la longueur de rive (m) contiguë au marais côtier en fonction de la superficie (ha) de ce dernier.

## Perturbations adjacentes

Les perturbations en périphérie des milieux naturels diminuent la valeur écologique de ceux-ci tout en présentant une menace à plus long terme sur leur intégrité. La forte présence anthropique en périphérie des marais côtiers peut influencer négativement le milieu, en augmentant par exemple les risques d'introduction d'espèces exotiques envahissantes.

Le critère de perturbations adjacentes a été évalué par la proportion de la superficie perturbée dans une zone tampon de 100 m par rapport à la superficie de la zone tampon du marais côtier analysé (Plan d'action Saint-Laurent 2019). Les milieux perturbés considérés sont les mêmes que ceux utilisés pour le calcul des perturbations internes des milieux forestiers.

## Espèces exotiques envahissantes

Comme les cibles précédentes, le critère représente le nombre d'espèces répertoriées dans chaque marais côtier, pondéré selon le statut de priorité de l'espèce. La présence d'une espèce prioritaire était considérée d'une plus grande importance et présentait une valeur de 1 alors qu'une valeur de 0,5 a été assignée aux espèces qui ne figuraient pas sur la liste des EEE prioritaires.

## Statut de protection

Les marais côtiers présentant actuellement un certain statut de protection ont été ciblés s'ils se retrouvent à l'intérieur (ou chevauchant à 50 % et plus) d'une aire protégée du Registre des aires protégées au Québec (MELCCFP 2018c). Les aires protégées projetées n'étaient pas incluses comme aire protégée actuelle.

## MILIEUX SABLEUX

### Longueur


Un milieu sableux de grande envergure influence positivement sa valeur écologique en offrant un plus grand habitat diversifié à la faune et la flore utilisant ce milieu. Il contribue plus fortement à la résilience et à la stabilité de l'écosystème en créant par exemple une barrière de protection contre l'érosion côtière et les événements climatiques extrêmes. La longueur en hectares a donc été évaluée pour chaque milieu sableux.

### Habitat faunique d'intérêt

Les habitats fauniques des espèces dont les milieux sableux ou côtiers ont été identifiés comme faisant partie de leur habitat ont été inclus dans l'analyse, soit les habitats fréquentés par des oies, des bernaches ou des canards. Les milieux sableux se situant à l'intérieur, chevauchant ou étant contiguë à un habitat faunique d'intérêt ont été considérés pour ce critère.

### Perturbations adjacentes

Tout comme les marais côtiers, les perturbations en périphérie peuvent diminuer la valeur écologique des milieux sableux tout en présentant une menace à plus long terme sur leur intégrité. Le critère de perturbations adjacentes a été évalué comme pour les



marais côtiers, soit par la proportion de la superficie perturbée dans une zone tampon de 100 m par rapport à la superficie de la zone tampon du milieu sableux analysé (Plan d'action Saint-Laurent 2019). Les milieux perturbés considérés sont les mêmes que ceux utilisés pour le calcul des perturbations internes des milieux forestiers.

## Statut de protection

Les milieux sableux présentant actuellement un certain statut de protection ont été ciblés s'ils se retrouvent à l'intérieur (ou chevauchant à 50 % et plus) d'une aire protégée du Registre des aires protégées au Québec (MELCCFP 2018c). Les aires protégées projetées n'étaient pas incluses comme aire protégée actuelle.

**Tableau 2. Critères évalués pour chaque cible du filtre grossier permettant d'établir une priorisation de conservation des milieux naturels de la Région de la biosphère de Charlevoix.**

		Cibles du filtre grossier							
Dimension	Critères	Milieux forestiers	Milieux humides	Friches	Prairies agricoles	Milieux lentiques	Milieux lotiques	Marais côtiers	Milieux sableux
Dimension spatiale	Superficie / Longueur		X	X	X			X	X
	Forme	X		X	X				
	Connectivité		X	X	X			X	
Dimension biotique	Diversité		X			X	X		
	Forêts matures	X							
	Milieux riverains	X						X	
	Présence de milieux humides			X	X	X	X		
	Proximité d'un milieu humide ou hydrique			X	X				
	Proximité d'une friche / emprise électrique			X	X				
	Consolidation d'une aire protégée	X	X	X	X	X	X		
Séquestration du carbone		X							
Caractère exceptionnel	Écosystème forestier exceptionnel	X							
	Rareté	X	X						
	Espèces à statut précaire	X	X	X	X	X	X	X	
	Habitat du saumon	X					X	X	
	Habitat faunique d'intérêt	X	X			X	X	X	X
Statut de protection	X	X			X	X	X	X	
Anthropisation	Perturbations / Naturalité adjacentes		X			X	X	X	X
	Perturbations internes	X							
	Fragmentation	X							
	Impact des pressions anthropiques		X						
	Espèces exotiques envahissantes	X	X	X	X	X	X	X	

## 6. Grilles de priorisation

Pour chaque cible du filtre grossier, la pondération associée à chaque critère pour le calcul des différents indicateurs (valeur écologique, menaces, priorisation de conservation) est présentée dans les tableaux 3 à 10. Les grilles de priorisation sont inspirées des matrices utilisées dans l'analyse de priorisation des milieux naturels des territoires privés de Bas-Saint-Laurent (Coulombe et al. 2015).

Une valeur de pondération positive représente un critère ayant un impact positif sur l'indicateur alors qu'une valeur négative représente un critère exerçant une influence négative sur celui-ci. Une valeur de pondération négative inversera les valeurs d'un critère et aura un poids à la baisse sur l'indicateur analysé. Lorsqu'aucune pondération n'est inscrite, le critère n'est pas considéré dans le calcul de l'indicateur. La pondération de l'indicateur de priorisation de conservation est la somme des pondérations définies pour l'indicateur de valeur écologique et de menaces.

### MILIEUX FORESTIERS

**Tableau 3. Pondération des critères selon l'indicateur mesuré permettant d'établir une priorisation de conservation des milieux forestiers de la Région de la biosphère de Charlevoix.**

Critères	Indicateurs		
	Valeur écologique	Menaces	Priorisation
Consolidation d'une aire protégée	1		1
Écosystème forestier exceptionnel	1		1
Espèces à statut précaire	1		1
Habitat faunique d'intérêt	1		1
Rareté	1		1
Forêts matures	1		1
Milieux riverains	1		1
Forme	1,5		1,5
Perturbations internes	-1	0,5	-0,5
Fragmentation	-1	0,5	-0,5
Espèces exotiques envahissantes	-0,5	1,5	1
Statut de protection		-1	-1
Habitat du saumon	1		1
<b>Nombre de paramètres</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>13</b>

## MILIEUX HUMIDES

**Tableau 4. Pondération des critères selon l'indicateur mesuré permettant d'établir une priorisation de conservation des milieux humides de la Région de la biosphère de Charlevoix.**

Critères	Indicateurs		Priorisation
	Valeur écologique	Menaces	
Superficie	1,5	-0,5	1
Consolidation d'une aire protégée	1		1
Espèces à statut précaire	1		1
Habitat faunique d'intérêt	1		1
Connectivité	1,5		1,5
Naturalité adjacente	1	-0,5	0,5
Diversité végétale	1		1
Séquestration du carbone	1		1
Espèces exotiques envahissantes	-0,5	1,5	1
Statut de protection		-1	-1
Rareté	1		1
Impact des pressions anthropiques		1	1
<b>Nombre de paramètres</b>	10	5	12

## FRICHES

**Tableau 5. Pondération des critères selon l'indicateur mesuré permettant d'établir une priorisation de conservation des friches de la Région de la biosphère de Charlevoix.**

Critères	Indicateurs		Priorisation
	Valeur écologique	Menaces	
Superficie	1,5	-0,5	1
Consolidation d'une aire protégée	1		1
Espèces à statut précaire	1		1
Connectivité	1,5		1,5
Forme	1,5		1,5
Présence de milieux humides	1		1
Proximité d'un milieu humide ou hydrique	1		1
Proximité d'une emprise électrique	1		1
Espèces exotiques envahissantes	-0,5	1,5	1
<b>Nombre de paramètres</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>9</b>

## PRAIRIES AGRICOLES

**Tableau 6. Pondération des critères selon l'indicateur mesuré permettant d'établir une priorisation de conservation des prairies agricoles de la Région de la biosphère de Charlevoix.**

Critères	Indicateurs		Priorisation
	Valeur écologique	Menaces	
Superficie	1,5		1,5
Consolidation d'une aire protégée	1		1
Espèces à statut précaire	1		1
Connectivité	1,5		1,5
Forme	1,5		1,5
Présence de milieux humides	1		1
Proximité d'un milieu humide ou hydrique	1		1
Proximité d'une friche	1		1
Espèces exotiques envahissantes	-0,5	1,5	1
<b>Nombre de paramètres</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>9</b>

## MILIEUX LENTIQUES

**Tableau 7. Pondération des critères selon l'indicateur mesuré permettant d'établir une priorisation de conservation des milieux lentiques de la Région de la biosphère de Charlevoix.**

Critères	Indicateurs		Priorisation
	Valeur écologique	Menaces	
Consolidation d'une aire protégée	1		1
Espèces à statut précaire	1		1
Habitat faunique d'intérêt	1		1
Naturalité	1,5	-0,5	1
Diversité	1,5		1,5
Présence de milieux humides	1,5		1,5
Espèces exotiques envahissantes	-0,5	1,5	1
Statut de protection		-1	-1
<b>Nombre de paramètres</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>8</b>

## MILIEUX LOTIQUES

**Tableau 8. Pondération des critères selon l'indicateur mesuré permettant d'établir une priorisation de conservation des milieux lotiques de la Région de la biosphère de Charlevoix.**

Critères	Indicateurs		Priorisation
	Valeur écologique	Menaces	
Consolidation d'une aire protégée	1		1
Espèces à statut précaire	1		1
Habitat faunique d'intérêt	1		1
Naturalité	1,5	-0,5	1
Diversité	1,5		1,5
Présence de milieux humides	1,5		1,5
Espèces exotiques envahissantes	-0,5	1,5	1
Statut de protection		-1	-1
Habitat du saumon	1		1
<b>Nombre de paramètres</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>9</b>

## MARAIS CÔTIERS

**Tableau 9. Pondération des critères selon l'indicateur mesuré permettant d'établir une priorisation de conservation des marais côtiers de la Région de la biosphère de Charlevoix.**

Critères	Indicateurs		
	Valeur écologique	Menaces	Priorisation
Superficie	1,5		1,5
Espèces à statut précaire	1		1
Habitat faunique d'intérêt	1		1
Habitat du saumon	1		1
Connectivité	1,5		1,5
Milieux riverains	1		1
Perturbations adjacentes	-1	0,5	-0,5
Espèces exotiques envahissantes	-0,5	1,5	1
Statut de protection		-1	-1
<b>Nombre de paramètres</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>9</b>

## MILIEUX SABLEUX

**Tableau 10. Pondération des critères selon l'indicateur mesuré permettant d'établir une priorisation de conservation des milieux sableux de la Région de la biosphère de Charlevoix.**

Critères	Indicateurs		
	Valeur écologique	Menaces	Priorisation
Longueur	1,5		1,5
Habitat faunique d'intérêt	1		1
Perturbations adjacentes	-1	0,5	-0,5
Statut de protection		-1	-1
<b>Nombre de paramètres</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>

## 7. Résultats

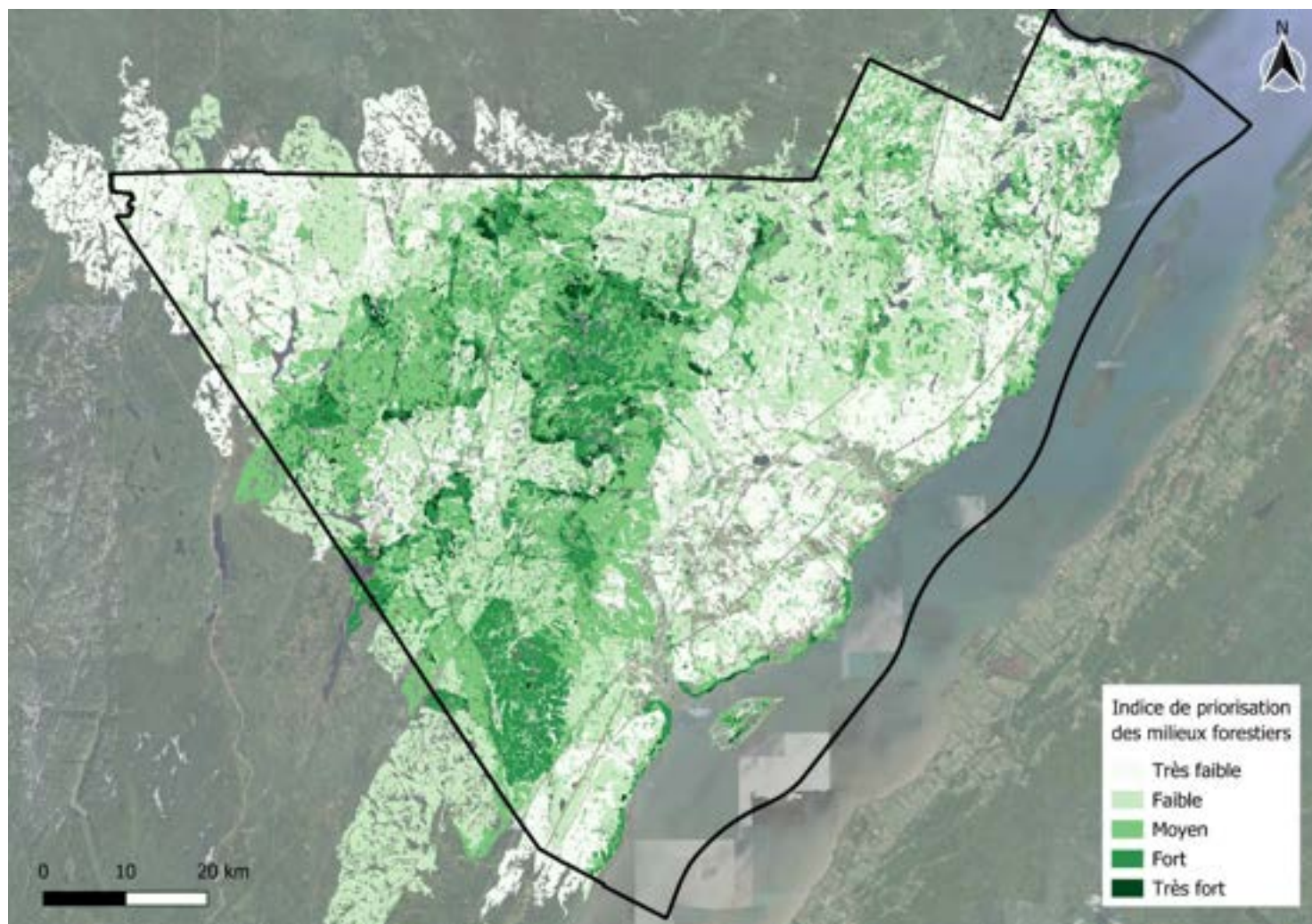
### CIBLES DU FILTRE GROSSIER

Pour chaque cible du filtre grossier, des cartes présentant l'indice de valeur écologique attribuée à chaque milieu, l'indice de menaces ainsi que l'indice global de priorisation (somme de l'indice de valeur écologique et de menaces) ont été produites. Un exemple de résultats obtenus par l'analyse multicritère des milieux forestiers est présenté à la Figure 4. L'analyse montre, par exemple, que l'indice de priorisation des milieux forestiers est plus élevé en terres publiques, dans les territoires non organisés, et près des côtes.

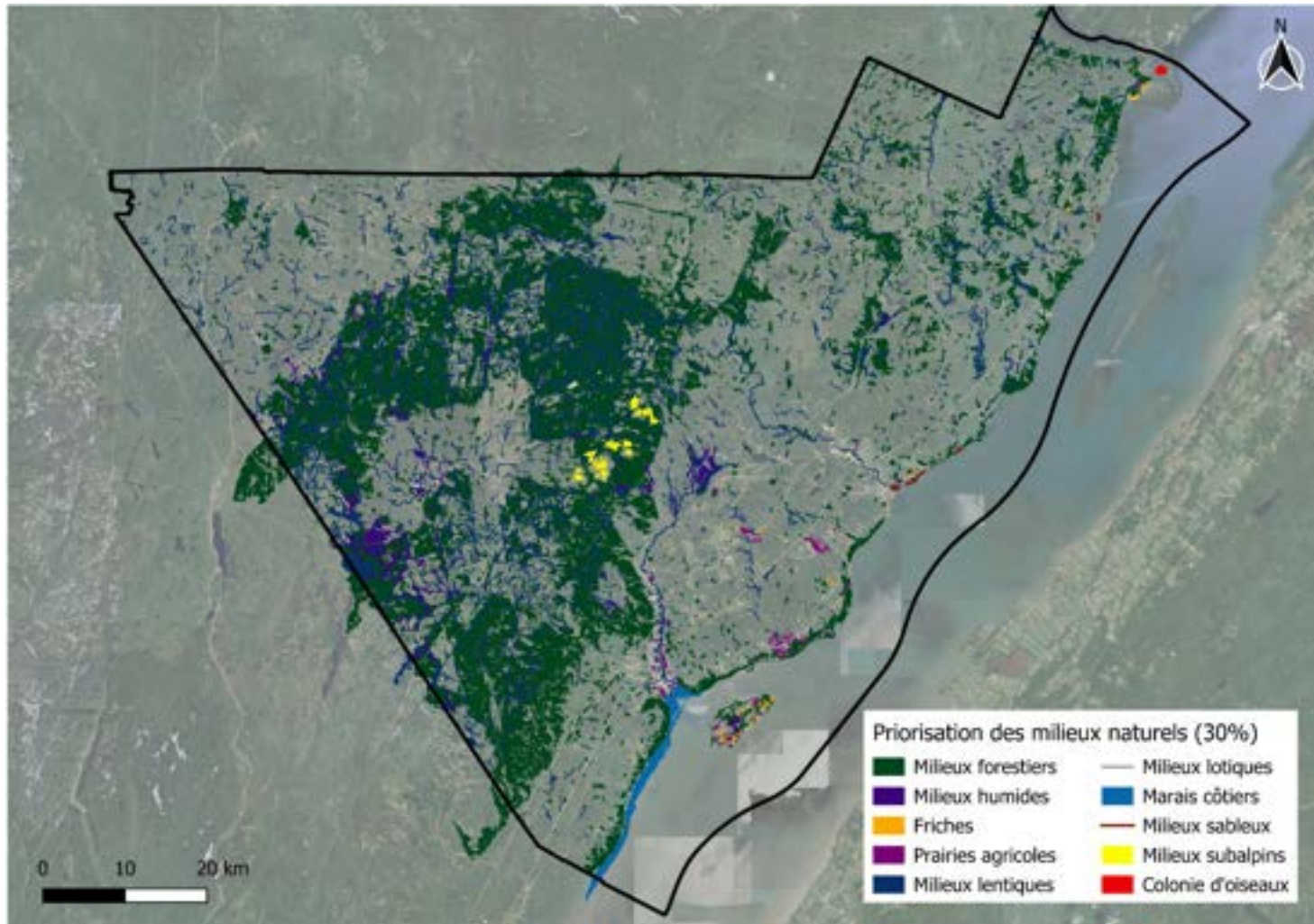
De plus, une carte des milieux évalués comme prioritaires à la conservation pour atteindre un seuil de 30 % de représentativité en termes de superficie, a été produite pour chaque cible. L'ensemble des milieux naturels évalués comme prioritaires à la conservation (seuil de 30 %), ainsi que les éléments du filtre fin, sont présentés à la Figure 5. L'ensemble des cartes présentant les différents indices par type de milieu se trouve à l'Annexe 3.

### MULTICIBLE

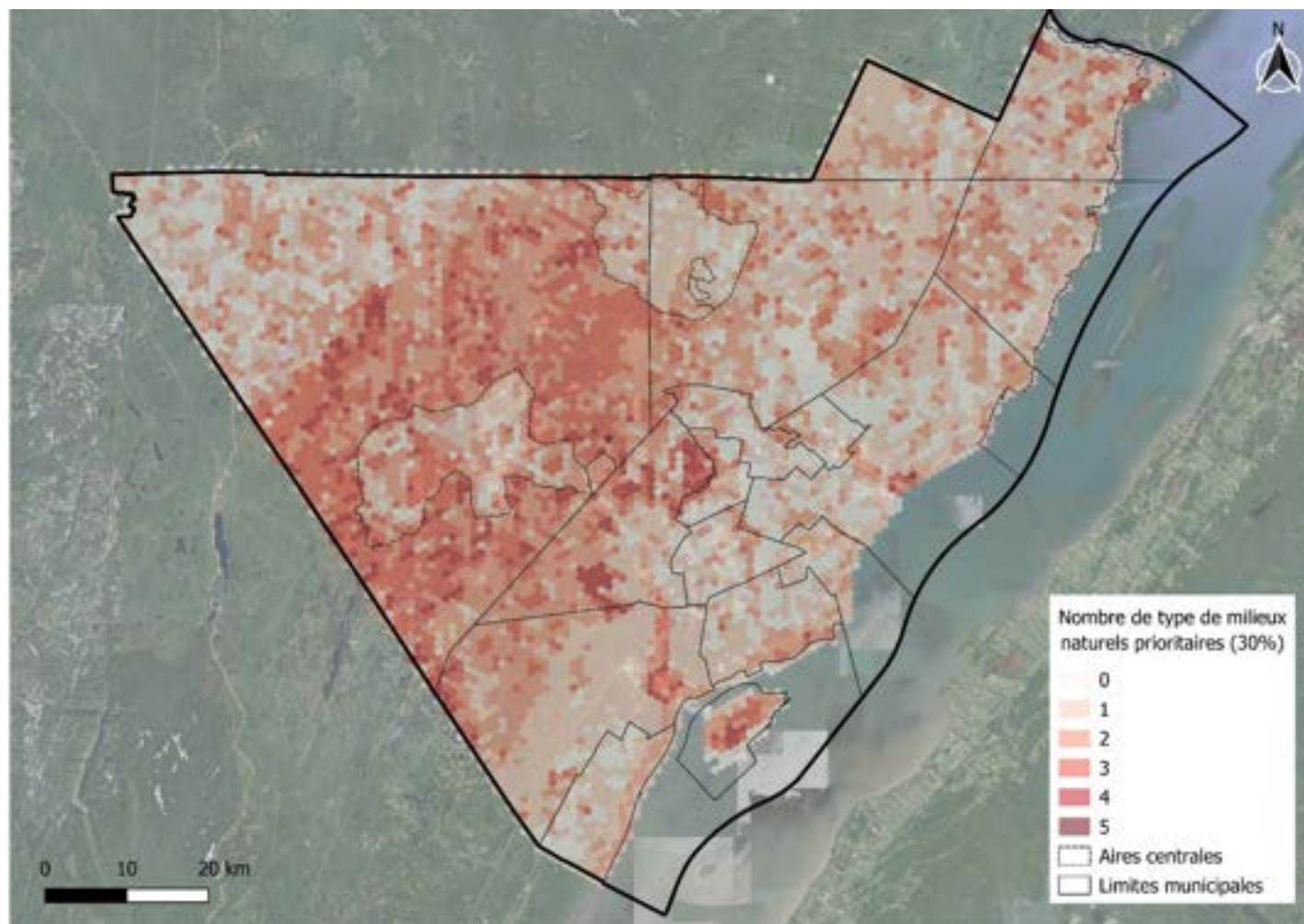
Les résultats de l'analyse multicible à l'échelle du 1 km montrent certains secteurs ayant une plus forte densité de milieux naturels prioritaires (Figure 6). Une forte concentration se retrouve en terres publiques, dans les territoires non organisés, en périphérie des parcs nationaux des Hautes-Gorges-de-la-Rivière-Malbaie et des Grands-Jardins. Plusieurs milieux naturels prioritaires se retrouvent aussi dans la municipalité de Saint-Urbain ainsi qu'en périphérie de Baie-Saint-Paul, de La Malbaie, de Baie-Sainte-Catherine et au sud de L'Isle-aux-Coudres (Figure 6). Les résultats de l'analyse multicible effectuée à l'échelle du 2 km peuvent être consultés à l'Annexe 3.



**Figure 4. Indice global de priorisation de conservation des milieux forestiers de la Région de la biosphère de Charlevoix.** L'indice global de priorisation a été mesuré en cumulant les valeurs des indicateurs de valeur écologique et de menaces des milieux forestiers. Les valeurs de l'indice ont été divisées en 5 classes (très faible à très fort) en utilisant la méthode des bris naturels. Les complexes de milieux forestiers ont été définis selon leur type écologique forestier, soit leurs essences dominantes et le type de drainage selon les données du 5e inventaire écoforestier du Québec méridional (MRNF 2023).



**Figure 5. Priorisation de la conservation de 30 % de la superficie des milieux naturels de la Région de la biosphère de Charlevoix.** Pour chaque type de milieu naturel (cible du filtre grossier), des parcelles prioritaires ont été sélectionnées en fonction de leur ordre de priorité pour la conservation, basé sur des indicateurs de valeur écologique et de menaces, jusqu'à l'atteinte d'un seuil de 30% de représentativité en termes de superficie par type de milieu. Les éléments du filtre fin (colonie d'oiseaux, milieux subalpins) ont été sélectionnés comme prioritaires pour la conservation de la biodiversité du territoire. Les bases de données des milieux naturels proviennent de plusieurs sources (MRNF 2023, OBV-CM 2023, FADQ 2023, AAC 2022, MELCCFP 2021b, Plan d'action Saint-Laurent 2020).



**Figure 6. Analyse multicible des milieux naturels prioritaires de la Région de la biosphère de Charlevoix à l'échelle du 1 km.** Pour chaque type de milieu naturel (cible du filtre grossier), des parcelles prioritaires ont été sélectionnées en fonction de leur ordre de priorité pour la conservation, basé sur des indicateurs de valeur écologique et de menaces, jusqu'à l'atteinte d'un seuil de représentativité en termes de superficie par type de milieu. Les éléments du filtre fin (colonie d'oiseaux, milieux subalpins) ont directement été sélectionnés comme prioritaires. Pour chaque cellule hexagonale espacée de 1 km, le nombre de cibles du filtre grossier faisant partie du seuil de représentativité de 30 % et d'éléments du filtre fin est représenté. Les aires centrales de la Région de la biosphère de Charlevoix sont illustrées en pointillé.


## 8. Conclusion et perspectives

Les analyses ont été effectuées afin de faciliter la bonification ou la reproduction d'une analyse similaire. Les données géospatiales associées aux analyses, le script des calculs effectués dans le logiciel R ainsi que les résultats sont disponibles pour consultation. Il est donc possible de consulter de manière plus précise la répartition spatiale des territoires prioritaires, leur valeur d'indice de priorisation ainsi que la valeur de chacun des critères associés au moyen de systèmes d'information géographique. La mise en place d'une carte interactive permettant de visualiser ces informations beaucoup plus facilement serait un atout pour les acteurs du territoire voulant consulter les résultats de l'analyse. Des changements dans les grilles de priorisation pourraient aussi être apportés, et de nouveaux résultats pourraient être obtenus aisément à l'aide du script R.

La méthode par grille de priorisation utilisée permet une grande flexibilité quant à la définition des conditions menant aux résultats de priorisation des milieux naturels pour la conservation de la biodiversité. En effet, la priorisation a été définie aux milieux naturels présentant une plus forte valeur écologique ainsi que de plus fortes menaces. Toutefois, la priorisation pourrait être définie autrement, par exemple en favorisant les milieux naturels à forte valeur écologique, mais faiblement menacés. Cela dépend de l'angle d'approche choisi, soit de mettre des efforts sur la conservation de milieux naturels dont leur intégrité est fortement menacée actuellement, ou au contraire assurer en premier lieu les écosystèmes en santé qui n'ont pas encore de pression majeure qui les atteint. La grille de priorisation permet de déterminer quels critères et quels indicateurs doivent être mis de l'avant pour la priorisation et elle est facilement adaptée lorsque des changements dans les besoins en conservation surviennent.

De plus, les poids des différents critères pourraient être ajustés selon l'angle de priorisation choisie. Par exemple, dans l'analyse effectuée, la présence d'une espèce exotique envahissante avait un poids équivalent à la présence d'une espèce à statut précaire sur la valeur de priorisation de conservation d'un milieu. Un poids pourrait aussi être attribué aux cibles du filtre fin selon l'importance qu'on souhaite accorder à ces éléments.

L'indicateur de menaces inclut parfois très peu de critères puisque plusieurs pressions sont difficilement mesurables telles que l'effet des changements climatiques et la pollution. Certaines données de pressions anthropiques n'étaient pas accessibles en libre accès, mais pourraient être ajoutées à une deuxième analyse plus ciblée, comme les projets de développement urbain ou les secteurs ciblés pour des interventions forestières. De plus, d'autres indicateurs pourraient être ajoutés à l'analyse afin d'avoir un aperçu plus global des enjeux du territoire, tel qu'un indicateur socioéconomique ou de services écosystémiques.





Quelques critères manquaient de précision ou l'information n'était pas actuellement disponible ou à jour. C'est le cas du critère des habitats fauniques d'intérêt dont les données du MELCCFP extraites datent de 2020. Dans ces habitats fauniques se trouve celui du caribou des bois, qui couvre une grande partie au nord du territoire d'étude. Toutefois, la mise en enclos de l'entièreté de la population à l'hiver 2022 pour une durée indéterminée rend cet habitat d'intérêt discutable. Étant donné l'objectif de réintroduction de cette population dans la région sur le territoire qu'elle occupait auparavant, l'habitat faunique d'intérêt a été conservé dans les analyses de priorisation de conservation. Dans les résultats cartographiques de l'analyse, principalement des milieux forestiers, le poids du critère de l'habitat faunique du caribou est notable. La stratégie de protection de l'habitat du caribou forestier et montagnard que doit produire le gouvernement du Québec pourrait toutefois modifier les délimitations de la priorisation de la conservation de l'habitat de cette espèce. D'autres habitats d'espèces à statut précaire manquaient de précision, telle que l'habitat de la Grive de Bicknell, qui nécessiterait de localiser plus précisément son occupation réelle sur le territoire.


Cette analyse de priorisation pour la conservation des milieux naturels de la Région de la biosphère de Charlevoix offre une synthèse des territoires présentant un potentiel élevé pour le maintien de la biodiversité ainsi que des menaces qui pèsent sur ceux-ci. Ces résultats permettent de bonifier les connaissances actuelles de la région et pourront orienter des actions de conservation des organismes qui œuvrent sur le territoire.

## 9. Bibliographie

- Agriculture et Agroalimentaire Canada (2022). *Inventaire annuel des cultures* [Jeu de données], Gouvernement du Canada, Direction générale des sciences et de la technologie. <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/ba2645d5-4458-414d-b196-6303ac06c1c9>
- Bernatchez, P., Fraser, C., Friesinger, S., Jolivet, Y., Dugas, S., Drejza, S. et Morissette, A. (2008). *Sensibilité des côtes et vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport de recherche remis au Consortium OURANOS et au FACC. 256 p.
- Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire (2022). *Les marais côtiers*. Baie-Comeau. 19 p. [https://zipnord.qc.ca/data/13-zipnord/ressources/documents/sys\\_docs/les\\_marais\\_cotiers\\_comitezprne\\_2022\\_comprese.pdf](https://zipnord.qc.ca/data/13-zipnord/ressources/documents/sys_docs/les_marais_cotiers_comitezprne_2022_comprese.pdf)
- Conseil régional de l'environnement (2023). *Ententes de conservation volontaire des milieux humides* [Jeu de données], partagé le 22 juin 2023.
- Conservation de la nature Canada (2023a). *Atlas des milieux naturels d'intérêt pour la conservation dans la province naturelle des Laurentides méridionales - Rapport méthodologique, version préliminaire*. 51 p.
- Conservation de la nature Canada (2023b). *Atlas des milieux naturels d'intérêt pour la conservation dans la province naturelle des Laurentides méridionales* [Jeu de données], partagé le 17 novembre 2023.
- Coulombe, D., S. Nadeau et J.-F. Ouellet (2015). *Milieux naturels prioritaires pour la conservation de la biodiversité : territoire privé du Bas-Saint-Laurent*. Agence régionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent, Rimouski. 93 p.
- Dordio, A., A. J. Palace Carvalho et A. P. Pinto (2008). *Wetlands: Water "living filters" ?* Wetlands: Ecology, Conservation and Restoration. Chapitre 3. 15-71 p.
- Environnement Canada (2013). *Quand l'habitat est-il suffisant?* 3ème édition. Environnement Canada, Toronto, Ontario, 139 p.
- Fédération québécoise pour le saumon atlantique (2023). *Trouver une rivière – Carte interactive*. Saumon Québec. <https://www.saumonquebec.com/trouver-une-riviere>

- 
- Garneau, M. et S. van Bellen (2016). *Synthèse de la valeur et la répartition du stock de carbone terrestre au Québec*. Chaire DÉCLIQUE, Centre GEOTOP et Université du Québec à Montréal. 49 p.
- GUEPE (2021). *Les hauts plateaux*. <https://www.guepe.qc.ca/les-hauts-plateaux>
- Houlahan, J.E. et C.S. Findlay (2004). *Estimating the 'critical' distance at which adjacent land-use degrades wetland water and sediment quality*. *Landscape Ecology*, 19: 677-690. <https://doi.org/10.1023/B:LAND.0000042912.87067.35>
- Houlahan, J.E., Keddy, P.A., Makkay, K. et Findlay C.S. (2006). *The effects of adjacent land use on wetland species richness and community composition*. *Wetlands* 26, 79–96. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2006\)26\[79:TEOALU\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2006)26[79:TEOALU]2.0.CO;2)
- Jobin, B., L. Gratton et P. Desautels (2019). *Atlas des milieux côtiers d'intérêt pour la conservation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent – Rapport méthodologique*. Environnement et Changement climatique Canada et ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Plan d'action Saint-Laurent, Québec, 93 p.
- Jobin, B., L. Gratton, M.-J. Côté, O. Pfister, D. Lachance, M. Mingelbier, D. Blais, A. Blais et D. Leclair (2019). *Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les Basses-terres du Saint-Laurent - Rapport méthodologique version 2, incluant la région de l'Outaouais*. Environnement et Changement climatique Canada, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Plan d'action Saint-Laurent, Québec, 170 p.
- La Financière agricole du Québec (2023). *Base de données des parcelles et productions déclarées* [Jeu de données], FADQ. <https://www.fadq.qc.ca/documents/donnees/base-de-donnees-des-parcelles-et-productions-agricoles-declarees>
- Legendre, P. et L. Legendre (1998). *Numerical ecology*, 2<sup>e</sup> édition. Elsevier Science, Amsterdam.
- Lehnen, S. E. (2008). *An evaluation of survivorship and habitat use of early-successional birds during the breeding season: implications for conservation*. Natural Resources. Columbus, Ohio State University, 169 p.
- Ley de la Vega, C., Favennec, J., Gallego-Fernández J., et Pascual Vidal, C. (2012). *Conservation des dunes côtières. Restauration et gestion durables en Méditerranée occidentale*. UICN, Gland, Suisse et Malaga, Espagne. 124 p.

- 
- Mackey B, Campbell C, Norman P, Hugh S, DellaSala DA, Malcolm JR, Desrochers M, Drapeau P. (2024) *Assessing the Cumulative Impacts of Forest Management on Forest Age Structure Development and Woodland Caribou Habitat in Boreal Landscapes: A Case Study from Two Canadian Provinces*. *Land*. 13(1): 6.  
<https://doi.org/10.3390/land13010006>
- Major, M., P. Grondin, C. Morneau et P-L. Couillard (2022). *Étages de végétation du Québec méridional*. Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Secteur des forêts, Direction des inventaires forestiers, 293 p.
- Dadswell, M., A. Spares, J. Reader, M. McLean, T. McDermott, K. Samways et Jessie Lilly (2022). *The Decline and Impending Collapse of the Atlantic Salmon (Salmo salar) Population in the North Atlantic Ocean: A Review of Possible Causes*. *Fisheries Science & Aquaculture*, 30:2, 215-258 p.  
<https://doi.org/10.1080/23308249.2021.1937044>
- Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2015). *Guide d'interprétation, Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, Direction des politiques de l'eau, 131 p.
- Ministère de l'Environnement, Lutte contre les changements climatiques, Faune et Parcs (2018a). *Bassins hydrographiques multiéchelles du Québec* [Jeu de données], Données Québec, mis à jour le 17 novembre 2023.  
<https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/bassins-hydrographiques-multi-echelles-du-quebec>
- Ministère de l'Environnement, Lutte contre les changements climatiques, Faune et Parcs (2018b). *Cadre écologique de référence* [Jeu de données], Données Québec, mis à jour le 26 juin 2023. <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/cadre-ecologique-de-reference>
- Ministère de l'Environnement, Lutte contre les changements climatiques, Faune et Parcs (2018c). *Registre des aires protégées au Québec* [Jeu de données], Données Québec, mis à jour le 24 janvier 2024.  
<https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/aires-protgees-au-quebec>
- Ministère de l'Environnement, Lutte contre les changements climatiques, Faune et Parcs (2020). *Habitats fauniques* [Jeu de données], Données Québec, mis à jour le 26 juin 2023. <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/habitats-fauniques>



Ministère de l'Environnement, Lutte contre les changements climatiques, Faune et Parcs (2021a). *Liste des espèces floristiques exotiques envahissantes prioritaire*, 2 p. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/liste-EFEE-prioritaires.pdf>

Ministère de l'Environnement, Lutte contre les changements climatiques, Faune et Parcs (2021b). *Cadre de référence hydrologique du Québec (CRHQ)* [Jeu de données], Données Québec, mis à jour le 26 juin 2023. <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/crhq>

Ministère de l'Environnement, Lutte contre les changements climatiques, Faune et Parcs (2022). *Occurrences d'espèces en situation précaire* [Jeu de données], Données Québec, mis à jour le 01 février 2024. <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/occurrences-especes-en-situation-precaire>

Ministère de l'Environnement, Lutte contre les changements climatiques, Faune et Parcs (2023). *Espèces exotiques envahissantes* [Jeu de données], partagé le 28 novembre 2023.

Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (2018a). *Adresses Québec - AQRéseau+* [Jeu de données] Données Québec, mis à jour le 31 janvier 2024. <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/adresses-quebec>


Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (2018b). *Écosystème forestier exceptionnel (EFE)* [Jeu de données], Données Québec, mis à jour le 10 janvier 2024. <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/ecosysteme-forestier-exceptionnel-efe>

Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (2023). *Carte écoforestière à jour* [Jeu de données], Données Québec, mis à jour le 28 septembre 2023. <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/carte-ecoforestiere-avec-perturbations>

Oiseaux Canada (s.d.) *Batture aux Alouettes et embouchure du Saguenay Baie-Sainte-Catherine, Québec*. IBA Canada. <https://www.ibacanada.ca/site.jsp?lang=FR&siteID=QC091&lang=FR&siteID=QC091>

Organisme de bassins versants Charlevoix-Montmorency (2023). *Milieus humides potentiels* [Jeu de données], partagé le 14 décembre 2023.

Ostfeld, R.S. et R.H. Manson (1996). *Long distance homing in meadow voles, Microtus pennsylvanicus*. *Journal of Mammalogy* 77: 870-873.

- 
- Pineault, P. et Robidoux, C. (2019). *Stratégie de priorisation des actions de conservation - Territoire d'action de la Société de Conservation du Mont Brome*. Corridor appalachien. Eastman. 48 p.
- Plan d'action Saint-Laurent (2020). *Atlas des milieux côtiers d'intérêt pour la conservation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent* [Jeu de données]. <https://doi.org/10.26071/ogsl-0a232214-05cc>
- R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Roy-Baillargeon, R. et S. Lamoureux (2021). *Étude sur la valeur écologique des friches des Basses-terres du Saint-Laurent pour la conservation des espèces en péril et la biodiversité*. QuébecOiseaux. Montréal. 104 p.
- Tefft, B.C. (2006). *Managing shrublands and old fields*. The Northeast Upland Habitat Technical Committee. Managing Grasslands, Shrublands, and Young Forest Habitats for Wildlife: A Guide for the Northeast, 148 p.
- Tiner, R.W. (2017). *Wetland Indicators: A Guide to Wetland Identification, Delineation, Classification, and Mapping*. 2<sup>e</sup> édition. CRC Press, Boca Raton, 63 p.
- Tittler, R., M.-A. Villard et L. Fahrig (2009). *How far do songbirds disperse?* *Ecography* 32: 1051-1061. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05680.x>