



ANALYSE

DE LA VULNÉRABILITÉ DES ESPÈCES FAUNIQUES EN SITUATION PRÉCAIRE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES





AVANT-PROPOS

Dans le cadre du Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC 2013-2020), le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec¹ a mandaté le Bureau d'écologie appliquée pour réaliser une analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques des espèces fauniques en situation précaire au Québec. Les analyses ont été réalisées à l'aide de l'Indice de vulnérabilité aux changements climatiques (IVCC) de NatureServe. Fruit d'une revue de littérature couvrant plus de 287 publications et d'un processus de consultation impliquant près de 40 experts, ce document brosse un portrait de la vulnérabilité de 87 espèces parmi les plus sensibles du Québec. Les recommandations formulées ont pour but d'intégrer les résultats obtenus dans les stratégies de conservation des espèces en situation précaire du Québec et d'outiller les acteurs en conservation dans la mise en œuvre de stratégies d'adaptation.

Note au lecteur

Les données brutes ayant servi aux analyses de l'IVCC pour chacune des espèces à l'étude sont disponibles sous forme d'un calculateur Excel qui peut être fourni sur demande en contactant : retablissement.faune@mffp.gouv.qc.ca.

¹ La responsabilité de la conservation des espèces fauniques en situation précaire relève désormais du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune, et des Parcs.



ÉQUIPE DE RÉALISATION

Rédaction

Marylène Ricard, biologiste M. Sc., chargée de projet – Bureau d'écologie appliquée
Charlie Caron, technicienne en bioécologie, assistante de projet – Bureau d'écologie appliquée

Analyses avec l'IVCC

Marylène Ricard
Charlie Caron

Analyses géomatiques

David Leclair, géomaticien, chargé de projet – Bureau d'écologie appliquée
Marylène Ricard

Coordination pour le MELCCFP

Anouk Simard, biologiste chercheuse, Ph. D. – Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP)

Révision

Anouk Simard
Audrey Lachance, technicienne de la faune-botaniste – Bureau d'écologie appliquée
Marie-Andrée Vaillancourt, biologiste, M. Sc. – MELCCFP
Christine Dumouchel, biologiste, M. Env. – MELCCFP

Graphisme et mise en page

Stéphanie Langevin, biologiste, assistante de projet – Bureau d'écologie appliquée
Émilie Beaulieu, technicienne en bioécologie, chargée de projet – Bureau d'écologie appliquée

Provenance des photos

Les provenances non mentionnées sont du Bureau d'écologie appliquée.

Page couverture :

Tortue mouchetée, pipistrelle de l'Est et arlequin plongeur : © Frédéric Lelièvre, MELCCFP

Chevalier cuivré : © Daniel Hatin, MELCCFP

Citation recommandée : RICARD, M., C. CARON et A. SIMARD (2024). *Analyse de vulnérabilité des espèces fauniques en situation précaire aux changements climatiques*. Préparée par le Bureau d'écologie appliquée pour le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec, 56 p. + 2 annexes.

Dépôt légal – 2024

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN 978-2-555-00124-4 (PDF)



REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'ensemble des experts qui nous ont généreusement fait part de leurs connaissances et transmis leur avis : Alexandre Anctil, Annie Paquet, Aurélie Bourbeau-Lemieux, Dalie Côté-Vaillancourt, Guillaume Szor, Jérôme Lemaître, Joëlle Taillon, Léa Harvey, Lyne Bouthillier, Marc-Antoine Couillard, Marianne Cheveau, Mathieu Oreiller, Nathalie Desrosiers, Nathalie Tessier, Nathalie Vachon, Olivier Morissette, Philippe Lamarre, Rémy Pouliot et Yohann Dubois, du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), Josée Tardif et Audrey Robillard, d'Environnement Canada, Érik Plante, de l'Université Concordia, Jean-Étienne Joubert, du comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Audrey Lachance, du Bureau d'écologie appliquée, Martin-Hugues St-Laurent, de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR), Caroline Tanguay, de Conservation de la nature Canada, ainsi qu'Anaïs Boutin et Véronique Vermette, consultantes. Nous remercions tout particulièrement Marie-Andrée Vaillancourt et Christine Dumouchel, du MELCCFP, pour la révision complète du document. Nous remercions également Andréanne Huot, Anne-Marie Gosselin, Dominic Chambers, Émilie Trépanier, Jason Samson, Jean-Nicolas Bujold et Yves Paradis, du MELCCFP, Bruce Young, de NatureServe, Diane Chaumont et Gabriel Rondeau-Genesse, d'Ouranos, Dominique Berteaux, de l'Université du Québec à Rimouski, Leif Richardson, de l'Université du Vermont, ainsi que Paul Grant et Yanick Gendreau, de Pêches et Océans Canada, pour le partage de données et le soutien technique. Enfin, nous soulignons la contribution de Vincent Desjardins, Étienne Raby-Chassé et William Hamel, du Bureau d'écologie appliquée, pour leur assistance technique dans la recherche documentaire et la révision de la bibliographie.



TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	III
ÉQUIPE DE RÉALISATION.....	IV
REMERCIEMENTS	V
TABLE DES MATIÈRES.....	VI
LISTE DES FIGURES	VIII
LISTE DES TABLEAUX.....	IX
DÉFINITIONS DES CONCEPTS CLÉS	X
RÉSUMÉ	XII
INTRODUCTION.....	1
Les changements climatiques au Québec	1
Les effets des changements climatiques sur les espèces	1
La vulnérabilité particulière des espèces en situation précaire.....	2
Objectifs.....	3
MÉTHODES.....	5
Aire d'étude et espèces ciblées.....	5
Indice de vulnérabilité aux changements climatiques.....	10
Sources des données.....	13
Données sur les espèces	13
Données climatiques.....	14
Modèles de niches bioclimatiques	15
Application de l'indice et validation	15
Analyses statistiques.....	16
RÉSULTATS ET DISCUSSION	17
Vulnérabilité climatique en fonction de différents regroupements	19
Niveau de précarité.....	19
Type d'habitat	20
Groupe taxonomique	21
Portrait de la vulnérabilité climatique des groupes taxonomiques.....	22
Mulettes.....	25
Poissons	30



Amphibiens	32
Reptiles	34
Oiseaux	36
Mammifères.....	39
Portée et limites à l'interprétation de l'IVCC dans le contexte québécois	43
FAITS SAILLANTS ET RECOMMANDATIONS	45
Prioriser la mise en œuvre de mesures d'adaptation.....	45
Réduire les vulnérabilités.....	46
CONCLUSION.....	48
BIBLIOGRAPHIE	49
ANNEXE 1. GRILLE DE CALCUL DE L'IVCC.....	57
ANNEXE 2. RÉFÉRENCES UTILISÉES POUR L'IVCC	58



LISTE DES FIGURES

Figure 1. Diagramme illustrant le fonctionnement de l'Indice de vulnérabilité aux changements climatiques (IVCC) de NatureServe (Young et Hammerson, 2016).....	11
Figure 2. Proportion de 87 espèces fauniques en situation précaire au Québec par classe de vulnérabilité aux changements climatiques de l'IVCC.....	17
Figure 3. Résultats de l'IVCC pour 87 espèces fauniques en situation précaire au Québec triés en fonction (1) de la classe de vulnérabilité aux changements climatiques, (2) du niveau de précarité des espèces (rang S; CDPNQ, 2021) et (3) du niveau de confiance. Les espèces pour lesquelles le niveau de confiance était très faible ont été positionnées entre les classes mitoyennes.	18
Figure 4. Proportion de 87 espèces fauniques en situation précaire au Québec par (a) classe de vulnérabilité de l'IVCC et (b) niveau de confiance de l'IVCC selon leur niveau de précarité (rang S; CDPNQ, 2021).	19
Figure 5. Proportion de 87 espèces fauniques en situation précaire au Québec par (a) classe de vulnérabilité de l'IVCC et (b) niveau de confiance de l'IVCC selon leur type d'habitat.....	20
Figure 6. Proportion de 87 espèces fauniques en situation précaire au Québec par (a) classe de vulnérabilité et (b) niveau de confiance de l'IVCC selon leur groupe taxonomique.....	22
Figure 7. Facteurs qui contribuent à la vulnérabilité aux changements climatiques de huit mulettes en situation précaire au Québec. La proportion des espèces dont la vulnérabilité est affectée par chacun des facteurs de l'IVCC est présentée.	25
Figure 8. Barrières à la dispersion pour les espèces aquatiques d'eau douce au Québec.....	26
Figure 9. Facteurs qui contribuent à la vulnérabilité aux changements climatiques de 11 insectes en situation précaire au Québec. La proportion des espèces dont la vulnérabilité est affectée par chacun des facteurs de l'IVCC est présentée.	28
Figure 10. Facteurs qui contribuent à la vulnérabilité aux changements climatiques de 17 poissons en situation précaire au Québec. La proportion des espèces dont la vulnérabilité est affectée par chacun des facteurs de l'IVCC est présentée.	30
Figure 11. Facteurs qui contribuent à la vulnérabilité aux changements climatiques de sept amphibiens en situation précaire au Québec. La proportion des espèces dont la vulnérabilité est affectée par chacun des facteurs de l'IVCC est présentée.	33
Figure 12. Facteurs qui contribuent à la vulnérabilité aux changements climatiques de huit reptiles en situation précaire au Québec. La proportion des espèces dont la vulnérabilité est affectée par chacun des facteurs de l'IVCC est présentée.	35
Figure 13. Facteurs qui contribuent à la vulnérabilité aux changements climatiques de 27 oiseaux en situation précaire au Québec. La proportion des espèces dont la vulnérabilité est affectée par chacun des facteurs de l'IVCC est présentée.	37
Figure 14. Facteurs qui contribuent à la vulnérabilité aux changements climatiques de neuf mammifères en situation précaire au Québec. La proportion des espèces dont la vulnérabilité est affectée par chacun des facteurs de l'IVCC est présentée.	40



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Espèces fauniques incluses dans l'analyse de vulnérabilité aux changements climatiques.....	6
Tableau 2. Classes de vulnérabilité attribuées par l'Indice de vulnérabilité aux changements climatiques (Young et Hammerson, 2016)	12
Tableau 3. Classes de rangs de précarité des espèces à l'échelle provinciale (rangs S) associées aux espèces à l'étude	14
Tableau 4. Types d'habitats associés aux espèces à l'étude.	21
Tableau 5. Facteurs qui contribuent à la vulnérabilité aux changements climatiques de 87 espèces fauniques en situation précaire au Québec. La proportion des espèces dont la vulnérabilité est affectée par chacun des facteurs de l'IVCC est présentée pour chaque groupe taxonomique et pour l'ensemble des espèces. Les facteurs qui affectent plus de 50 % des espèces d'un groupe sont en caractères gras.	23

DÉFINITIONS DES CONCEPTS CLÉS

À moins d'une indication contraire, les définitions présentées ici sont tirées ou adaptées du 4e Rapport d'évaluation du Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat (GIEC), publié en 2007. Ces définitions ont été largement adoptées par la communauté scientifique, bien que certains concepts, en particulier celui de la vulnérabilité, aient été redéfinis dans les rapports du GIEC subséquents (Foden et coll., 2019).

Capacité d'adaptation : capacité d'un système naturel à s'adapter aux changements climatiques afin d'atténuer les dommages potentiels, de tirer parti des possibilités offertes ou de faire face aux conséquences (GIEC, 2007) grâce à une réponse comportementale, phénologique ou évolutive (Foden et coll., 2019).

Évolution : ensemble des changements dans la composition génétique d'une population de génération en génération.

Exposition : nature, amplitude et vitesse des changements climatiques auxquels est soumis un système naturel (Foden et coll., 2019; terme non défini dans GIEC, 2007).

Niveau de précarité (rang S) : rang de précarité qui décrit l'état de situation d'une espèce à l'échelle provinciale.

Phénologie : apparition d'événements périodiques déterminés par les variations saisonnières du climat (p. ex. la floraison, l'arrivée des oiseaux migrateurs ou la période de reproduction).

Plasticité phénotypique : capacité d'un organisme à exprimer différents traits en fonction de son environnement.

Résilience : capacité d'un système naturel à absorber des perturbations tout en conservant sa structure de base et ses modes de fonctionnement.

Scénario RCP : scénario plausible de l'évolution future des émissions de gaz à effet de serre basée sur l'évolution possible des facteurs socioéconomiques et les décisions politiques de la société. Appelés RCP (Representative Concentration Pathways; GIEC, 2014), ces scénarios offrent un portrait hypothétique du futur selon deux dimensions distinctes : (1) les préoccupations économiques par opposition aux préoccupations environnementales et (2) la mondialisation par opposition aux modes de développement régionaux. Ils sont à la base des modélisations climatiques futures puisqu'ils expriment le forçage radiatif anticipé.

Sensibilité : degré auquel un système naturel est influencé, positivement ou négativement, par la variabilité du climat ou les changements climatiques (GIEC, 2007), et définie par les traits intrinsèques de ce système (Foden et coll., 2019).

Statut de précarité : statut légal donné à une espèce en situation précaire en vertu de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables du Québec.

Vulnérabilité : mesure dans laquelle un système est sensible – ou incapable de faire face – aux effets défavorables des changements climatiques. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat à laquelle le système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation.





RÉSUMÉ

Les espèces en situation précaire comptent souvent parmi les éléments de la biodiversité les plus sensibles aux impacts des changements climatiques. Cette étude vise à évaluer la vulnérabilité aux changements climatiques de 87 espèces en situation précaire au Québec. L'analyse a été effectuée au moyen de l'Indice de vulnérabilité aux changements climatiques (IVCC) de NatureServe. Les résultats sont présentés pour chaque espèce et pour des regroupements d'espèces selon leur niveau de précarité, leur type d'habitat fréquenté et leur groupe taxonomique. Les variables qui accentuent la vulnérabilité de chaque groupe taxonomique ont également été définies. Pour renforcer le degré de confiance dans les résultats obtenus, ceux-ci ont fait l'objet d'un processus de validation auprès d'une quarantaine experts. Les résultats indiquent que 59 % des 87 espèces à l'étude sont hautement ou extrêmement vulnérables aux changements climatiques, c'est-à-dire que leur abondance est susceptible de diminuer significativement d'ici 2050. Les espèces aquatiques, comme les mulettes et les poissons, semblent être les plus vulnérables, alors que les espèces généralistes en matière d'habitats et les oiseaux le sont moins. Par ailleurs, la moitié des espèces considérées comme extrêmement vulnérables sont des insectes, et toutes les espèces des milieux arctiques-alpins sont considérées comme hautement ou extrêmement vulnérables. Le portrait de la situation des espèces fauniques en situation précaire au Québec brossé par cette analyse permet de préciser certaines des mesures à mettre en place pour favoriser la conservation de la biodiversité à la menace climatique. Les recommandations formulées visent à soutenir la réflexion des gestionnaires en conservation quant aux stratégies d'adaptation à mettre en œuvre.



INTRODUCTION

Les changements climatiques au Québec

Les changements climatiques sont un des grands enjeux environnementaux du XXI^e siècle (Ouranos, 2015). Au Québec, depuis 1950, on observe une augmentation des températures moyennes annuelles qui varie entre 1 et 3 °C selon les régions (Ouranos, 2015). Selon les modèles prévisionnels associés à un scénario d'émissions fortes et continues de gaz à effet de serre (RCP 8,5), cet écart avec les moyennes historiques est voué à augmenter, avec une hausse attendue de 2 à 4 °C pour la période 2041-2070 et de 4 à 7 °C d'ici la fin du siècle pour le sud du Québec, voire de 5 à 10 °C dans le Nord québécois (Ouranos, 2015). Cette augmentation des températures devrait s'accompagner de plusieurs autres modifications du climat, telles qu'une diminution de la durée de la saison d'enneigement, une diminution de la quantité de neige au sol dans la plupart des régions, un allongement de la saison de croissance, une augmentation de la durée des vagues de chaleur, une augmentation de la quantité de précipitations et des événements de précipitations abondantes, une hausse du niveau de la mer dans le golfe du Saint-Laurent, un raccourcissement de la saison des glaces de mer, une modification de la salinité des eaux de surface de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (Ouranos, 2015), des crues printanières plus hâtives, des étiages estivaux plus sévères et une hydraulité plus forte en hiver, mais plus faible en été (CEHQ, 2015). Malgré une certaine incertitude quant à l'ampleur, la sévérité et la saisonnalité des changements à venir, il semble évident que ceux-ci auront de multiples répercussions sur les écosystèmes, les espèces et les objectifs de conservation qui les concernent.

Les effets des changements climatiques sur les espèces

Pour comprendre la nature des impacts actuels et potentiels des changements climatiques sur la biodiversité québécoise, il est essentiel de considérer son caractère nordique, c'est-à-dire sa capacité à composer avec une longue saison froide et une saisonnalité marquée (Berteaux et coll., 2014). La température étant la principale variable qui détermine la répartition de la biodiversité à l'échelle de la province, la richesse spécifique varie fortement selon un gradient latitudinal, diminuant progressivement du sud vers le nord. Avec le réchauffement du climat et la migration des isothermes vers le nord, on



prévoit un déplacement de la limite de répartition nordique de nombreuses espèces vers des latitudes plus élevées, augmentant du même coup la richesse spécifique des écosystèmes québécois (Berteaux et coll., 2014). Parallèlement, le réchauffement et l’allongement de la saison de croissance favorisent aussi l’arrivée et la prolifération d’espèces exotiques, dont certaines, envahissantes, peuvent nuire à la biodiversité indigène (Ouranos, 2015). En contrepartie, un certain nombre d’espèces présentes au Québec, adaptées aux climats froids et tempérés, pourraient voir les conditions climatiques se dégrader dans le sud de leur aire de répartition, et plusieurs n’auront pas la capacité de suivre la vitesse de déplacement de leur niche bioclimatique. Ces impacts, observés et potentiels, ont été documentés au Québec grâce aux travaux pionniers du projet CC-Bio (Berteaux et coll., 2014, 2018).

Outre le redressement de la répartition des espèces, les modifications des régimes de température et d’humidité vont entraîner des bouleversements dans les fonctions des écosystèmes et leurs régimes de perturbations. Ainsi, la fréquence et l’intensité des incendies forestiers, la fréquence des épidémies d’insectes ravageurs, les régimes d’inondations, la stratification thermique des lacs ou la présence de pergélisol sont tous des facteurs qui déterminent la dynamique des écosystèmes et qui risquent d’être fortement perturbés par les changements climatiques (Ouranos, 2015). L’altération de ces facteurs, combinée aux réponses individuelles et phénologiques des espèces, peut provoquer des effets en cascades dans les systèmes biologiques (S. E. Williams et coll., 2008). Des revues de littérature réalisées au cours des dernières années ont permis de rassembler les connaissances disponibles sur les impacts des changements climatiques sur la biodiversité du Québec et permettent d’approfondir certains de ces enjeux (Auzel et coll., 2012; Berteaux et coll., 2014; Ouranos, 2015).

La vulnérabilité particulière des espèces en situation précaire

Les espèces en situation précaire, c’est-à-dire dont les effectifs sont à la baisse ou dont la disparition est appréhendée, comptent parmi les éléments de la biodiversité les plus sensibles aux impacts des changements climatiques. D’une part, la menace climatique s’ajoute aux nombreuses pressions auxquelles sont déjà soumises ces espèces, souvent de manière chronique (Brook et coll., 2008). D’autre part, les espèces en situation précaire possèdent souvent des caractéristiques qui les rendent particulièrement sensibles aux actions combinées des changements climatiques et des autres menaces,



comme une répartition restreinte ou fragmentée, une faible capacité de dispersion ou une faible fécondité (Ricard et coll., 2021).

Au Québec, ces espèces sont pourtant les pierres d'assise de nombreuses stratégies de conservation, comme la planification du réseau d'aires protégées ou la restauration des milieux perturbés. De ce fait, la protection de certaines d'entre elles peut avoir un effet parapluie en offrant une protection à toute une gamme d'espèces plus communes (Lawler et coll., 2003).

Considérant la sensibilité des espèces en situation précaire et leur rôle central en conservation, évaluer leur vulnérabilité à la menace climatique paraît incontournable. Au Québec, les travaux réalisés par Gendreau et ses collaborateurs (2018) sur 409 plantes en situation précaire révèlent que 58 % d'entre elles pourraient voir leur aire de répartition ou leur abondance diminuer d'ici 2050 en réponse aux modifications du climat. Quelques études se sont penchées sur la vulnérabilité d'espèces fauniques en situation précaire au Québec (Sharma et coll., 2009; Levison et coll., 2014; Hamilton et Derocher, 2019) ou sur des analyses de vulnérabilité multiespèces (voir Soucy, 2014; Samson, 2016). Il demeure néanmoins essentiel de disposer d'un portrait détaillé et comparatif de la vulnérabilité pour une large portion de ces espèces fauniques afin de prendre la juste mesure des impacts attendus, d'identifier les espèces les plus à risque et d'adapter les stratégies de conservation de la biodiversité en conséquence.

Objectifs

Cette étude a pour objectif d'évaluer la vulnérabilité aux changements climatiques des espèces en situation précaire au Québec. L'analyse a été effectuée au moyen de l'Indice de vulnérabilité aux changements climatiques (IVCC) de NatureServe, un organisme sans but lucratif de référence dans le domaine de la conservation. Pour mieux comprendre les résultats de l'IVCC et cibler adéquatement les stratégies de conservation, les différences de vulnérabilité ont aussi été évaluées selon certains regroupements d'espèces : niveau de précarité, type d'habitat et groupe taxonomique. Nous posons l'hypothèse que les espèces associées aux milieux nordiques et aquatiques seront les plus vulnérables aux changements climatiques, et que la vulnérabilité ne variera pas en fonction du niveau de précarité des espèces ciblées. Les variables qui accentuent la vulnérabilité de chaque groupe taxonomique ont



également été déterminées. Pour renforcer le niveau de confiance dans les résultats obtenus, ceux-ci ont fait l'objet d'un processus de validation auprès d'experts et ont été comparés à ceux des analyses précédentes (c.-à-d. Soucy, 2014; Samson, 2016). Enfin, la formulation de recommandations permet d'intégrer les résultats obtenus dans les stratégies de conservation des espèces en situation précaire du Québec.



MÉTHODES

Aire d'étude et espèces ciblées

L'analyse de vulnérabilité réalisée couvre l'ensemble du Québec, soit près de 1,7 million de km², et vise 87 espèces, sous-espèces, écotypes ou populations fauniques (désignés ci-après par le terme « espèce », pour alléger le texte; tableau 1). Les espèces sélectionnées incluent majoritairement celles qui sont désignées en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables du Québec* (RLRQ, c. E-12.01), soit 29 espèces désignées menacées, 24 espèces désignées vulnérables et 31 espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables. À cette sélection s'ajoutent trois espèces qui n'ont actuellement aucun statut au Québec, mais qui sont en évaluation compte tenu de la situation préoccupante de leurs populations ou de leur désignation en vertu de la *Loi sur les espèces en péril au Canada* (L.C. 2002, c. 29). Les espèces marines ont été exclues de l'analyse, puisqu'elles ne peuvent pas être évaluées par l'indice de vulnérabilité utilisé. L'ensemble des espèces ciblées présentent un intérêt pour la conservation en raison des impacts appréhendés des changements climatiques et des menaces anthropiques qui s'ajoutent aux stressseurs environnementaux. Ces espèces représentent une variété de taxons (8 moules d'eau douce indigènes, appelées mulettes, 11 insectes, 17 poissons, 7 amphibiens, 8 reptiles, 27 oiseaux et 9 mammifères), utilisant divers habitats (forêts, milieux ouverts, milieux aquatiques, milieux humides et riverains, milieux arctiques-alpins et milieux côtiers). Elles comprennent des espèces généralistes (p. ex., la coccinelle à neuf points, *Coccinella novemnotata*) et spécialistes en matière d'habitat (p. ex., la grive de Bicknell, *Catharus bicknelli*) ou occupant des niveaux trophiques variés (p. ex. le méné d'herbe, *Notropis bifrenatus*, versus l'ours blanc, *Ursus maritimus*) et certaines présentent un intérêt socioéconomique (p. ex., le saumon atlantique, *Salmo salar*). Ainsi, cette analyse offre un portrait représentatif des impacts potentiels des changements climatiques sur les espèces fauniques parmi les plus sensibles du Québec.

Tableau 1. Espèces fauniques incluses dans l'analyse de vulnérabilité aux changements climatiques

Nom français	Nom scientifique	Statut provincial ¹	Rang S ⁴	Type d'habitat
Mulettes²				
Alasmidonte rugueuse	<i>Alasmidonta marginata</i>	S	S1	Milieus aquatiques
Anodonte du gaspareau	<i>Utterbackiana implicata</i>	S	S1	Milieus aquatiques
Elliptio à dents fortes	<i>Elliptio crassidens</i>	S	S2	Milieus aquatiques
Elliptio pointu	<i>Eurynia dilatata</i>	S	S2S3	Milieus aquatiques
Leptodée fragile	<i>Potamilus fragilis</i>	S	S2	Milieus aquatiques
Mulette-perlière de l'Est	<i>Margaritifera margaritifera</i>	S	S3	Milieus aquatiques
Obovarie olivâtre	<i>Obovaria olivaria</i>	S	S2	Milieus aquatiques
Potamile ailé	<i>Potamilus alatus</i>	S	S1	Milieus aquatiques
Insectes²				
Bourdon à tache rousse	<i>Bombus affinis</i>	S	SNR	Généraliste
Bourdon terricole	<i>Bombus terricola</i>	S	SNR	Généraliste
Cicindèle blanche	<i>Ellipsoptera lepida</i>	S	S2	Milieus ouverts
Coccinelle à deux points	<i>Adalia bipunctata</i>	S	SNR	Généraliste
Coccinelle à neuf points	<i>Coccinella novemnotata</i>	S	SNR	Généraliste
Cuivré des marais salés	<i>Lycaena dospassosi</i>	S	S2S3	Milieus côtiers
<i>Dolichoderus mariae</i>	<i>Dolichoderus mariae</i>	S	SNR	Milieus humides et riverains
<i>Lasius minutus</i>	<i>Lasius minutus</i>	S	SNR	Milieus humides et riverains
Mélanople de Gaspésie	<i>Melanoplus gaspensis</i>	S	SNR	Milieus arctiques-alpins
Nordique à nervures blanches de Gaspé	<i>Oeneis bore gaspensis</i>	S	S1S2	Milieus arctiques-alpins
Satyre fauve des Maritimes	<i>Coenonympha nipisiquit</i>	M	S1	Milieus côtiers
Poissons³				
Anguille d'Amérique	<i>Anguilla rostrata</i>	S	S2S3	Milieus aquatiques
		-		
Brochet vermiculé	<i>Esox americanus vermiculatus</i>	V	S2	Milieus aquatiques
Chabot de profondeur	<i>Myoxocephalus thompsonii</i>	M	S1	Milieus aquatiques

Nom français	Nom scientifique	Statut provincial ¹	Rang S ⁴	Type d'habitat
Chat-fou des rapides	<i>Noturus flavus</i>	V	S3	Milieus aquatiques
Chevalier cuivré	<i>Moxostoma hubbsi</i>	M	S1	Milieus aquatiques
Chevalier de rivière	<i>Moxostoma carinatum</i>	V	S2S3	Milieus aquatiques
Cisco de printemps	<i>Coregonus artedi</i>	M	S1	Milieus aquatiques
Dard de sable	<i>Ammocrypta pellucida</i>	M	S2	Milieus aquatiques
Esturgeon jaune	<i>Acipenser fulvescens</i>	S	S3S4	Milieus aquatiques
Fouille-roche gris	<i>Percina copelandi</i>	V	S3	Milieus aquatiques
Lamproie du Nord	<i>Ichthyomyzon fossor</i>	M	S2	Milieus aquatiques
Méné bec-de-lièvre	<i>Exoglossum maxillingua</i>	-	S3S4	Milieus aquatiques
Méné d'herbe	<i>Notropis bifrenatus</i>	V	S3	Milieus aquatiques
Méné laiton	<i>Hybognathus hankinsoni</i>	S	S2S3	Milieus aquatiques
Omble chevalier <i>oquassa</i>	<i>Salvelinus alpinus oquassa</i>	V	S3	Milieus aquatiques
Saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>	-	S3S4	Milieus aquatiques
Tête rose	<i>Notropis rubellus</i>	S	S3S4	Milieus aquatiques
Amphibiens³				
Grenouille des marais	<i>Lithobates palustris</i>	S	S4	Milieus humides et riverains
Rainette faux-grillon boréale	<i>Pseudacris maculata</i>	S	S2	Milieus humides et riverains
Rainette faux-grillon de l'Ouest	<i>Pseudacris triseriata</i>	M	S2	Milieus humides et riverains
Salamandre à quatre orteils	<i>Hemidactylium scutatum</i>	S	S3	Milieus humides et riverains
Salamandre pourpre, pop. des Adirondacks et des Appalaches	<i>Gyrinophilus porphyriticus</i>	V	S3	Milieus aquatiques
Salamandre sombre des montagnes. pop. des Appalaches	<i>Desmognathus ochrophaeus</i>	M	S2	Milieus aquatiques
Salamandre sombre du Nord	<i>Desmognathus fuscus</i>	S	S4	Milieus aquatiques
Reptiles³				
Couleuvre brune	<i>Storeria dekayi</i>	M	S2	Milieus ouverts
Couleuvre d'eau du Nord	<i>Nerodia sipedon sipedon</i>	V	S3	Milieus humides et riverains
Couleuvre tachetée	<i>Lampropeltis triangulum</i>	V	S3	Milieus ouverts

Nom français	Nom scientifique	Statut provincial ¹	Rang S ⁴	Type d'habitat
Tortue des bois	<i>Glyptemys insculpta</i>	V	S3	Milieus humides et riverains
Tortue géographique	<i>Graptemys geographica</i>	V	S3	Milieus aquatiques
Tortue mouchetée	<i>Emydoidea blandingii</i>	M	S2S3	Milieus humides et riverains
Tortue musquée	<i>Sternotherus odoratus</i>	M	S2S3	Milieus aquatiques
Tortue-molle à épines	<i>Apalone spinifera</i>	M	S1	Milieus aquatiques
Oiseaux³				
Aigle royal	<i>Aquila chrysaetos</i>	V	S3B	Généraliste
Arlequin plongeur, pop. de l'Est	<i>Histrionicus histrionicus</i>	V	S3B	Milieus humides et riverains et milieux côtiers
Bécasseau maubèche <i>rufa</i>	<i>Calidris canutus rufa</i>	M	S1M	Milieus côtiers
Bruant de Nelson	<i>Ammodramus nelsoni</i>	S	S3B	Milieus côtiers
Bruant sauterelle <i>pratensis</i>	<i>Ammodramus savannarum pratensis</i>	M	S2B	Milieus ouverts
Engoulevent bois-pourri	<i>Antrostomus vociferus</i>	V	S3B	Milieus forestiers
Engoulevent d'Amérique	<i>Chordeiles minor</i>	S	S3S4B	Généraliste
Faucon pèlerin <i>anatum/tundrius</i>	<i>Falco peregrinus anatum</i>	V	S4	Généraliste
Garrot d'Islande, pop. de l'Est	<i>Bucephala islandica</i>	V	S3	Milieus forestiers et milieux côtiers
Goglu des prés	<i>Dolichonyx oryzivorus</i>	V	S3B	Milieus ouverts
Grèbe esclavon	<i>Podiceps auritus</i>	M	S1B	Milieus humides et riverains
Grive de Bicknell	<i>Catharus bicknelli</i>	V	S2B	Milieus forestiers
Hibou des marais	<i>Asio flammeus</i>	S	S3B	Généraliste
Martinet ramoneur	<i>Chaetura pelagica</i>	M	S2B	Milieus ouverts
Moucherolle à côtés olive	<i>Contopus cooperi</i>	V	S3S4B	Milieus forestiers
Paruline à ailes dorées	<i>Vermivora chrysoptera</i>	M	S2B	Milieus ouverts
Paruline azurée	<i>Setophaga cerulea</i>	M	S1B	Milieus forestiers
Paruline du Canada	<i>Cardellina canadensis</i>	S	S4S5B	Milieus forestiers
Petit blongios	<i>Ixobrychus exilis</i>	V	S2B	Milieus humides et riverains

Nom français	Nom scientifique	Statut provincial ¹	Rang S ⁴	Type d'habitat
Pic à tête rouge	<i>Melanerpes erythrocephalus</i>	M	S1B	Milieus ouverts
Pie-grièche migratrice, sous-espèce de l'Est	<i>Lanius ludovicianus</i>	M	S1B	Milieus ouverts
Pluvier siffleur melodus	<i>Charadrius melodus melodus</i>	M	S1B	Milieus côtiers
Pygargue à tête blanche	<i>Haliaeetus leucocephalus</i>	V	S4	Généraliste
Quiscale rouilleux	<i>Euphagus carolinus</i>	S	S3S4B	Milieus humides et riverains
Râle jaune	<i>Coturnicops noveboracensis</i>	M	S3B	Milieus côtiers
Sterne caspienne	<i>Hydroprogne caspia</i>	M	S1B	Milieus côtiers
Sterne de Dougall	<i>Sterna dougallii</i>	M	S1B	Milieus côtiers
Mammifères³				
Carcajou	<i>Gulo gulo</i>	M	S1	Milieus arctiques-alpins
Caribou des bois, écotype forestier	<i>Rangifer tarandus caribou</i>	V	S2S3	Milieus forestiers
Caribou des bois, écotype montagnard, pop. de la Gaspésie	<i>Rangifer tarandus caribou</i>	M	S1	Milieus arctiques-alpins
Caribou migrateur ²	<i>Rangifer tarandus</i>	-	S5	Milieus arctiques-alpins
Chauve-souris nordique	<i>Myotis septentrionalis</i>	M	S1	Milieus forestiers
Chauve-souris rousse de l'Est	<i>Lasiurus borealis</i>	V	S1S2	Milieus forestiers
Ours blanc	<i>Ursus maritimus</i>	V	S3N	Milieus arctiques-alpins
Petite chauve-souris brune	<i>Myotis lucifugus</i>	M	S1	Milieus forestiers
Pipistrelle de l'Est	<i>Perimyotis subflavus</i>	M	S1	Milieus forestiers

¹ Statuts de précarité provinciaux : espèce menacée (M), espèce vulnérable (V), espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable (S), espèce sans statut de précarité (-). Certains statuts ont pu être mis à jour depuis l'analyse.

² Pour les invertébrés, les noms français, noms scientifiques, statuts provinciaux et rang S sont tirés de CDPNQ, 2021.

³ Pour les vertébrés, les noms français, noms scientifiques, statuts provinciaux et rang S sont tirés de MELCCFP, 2024.

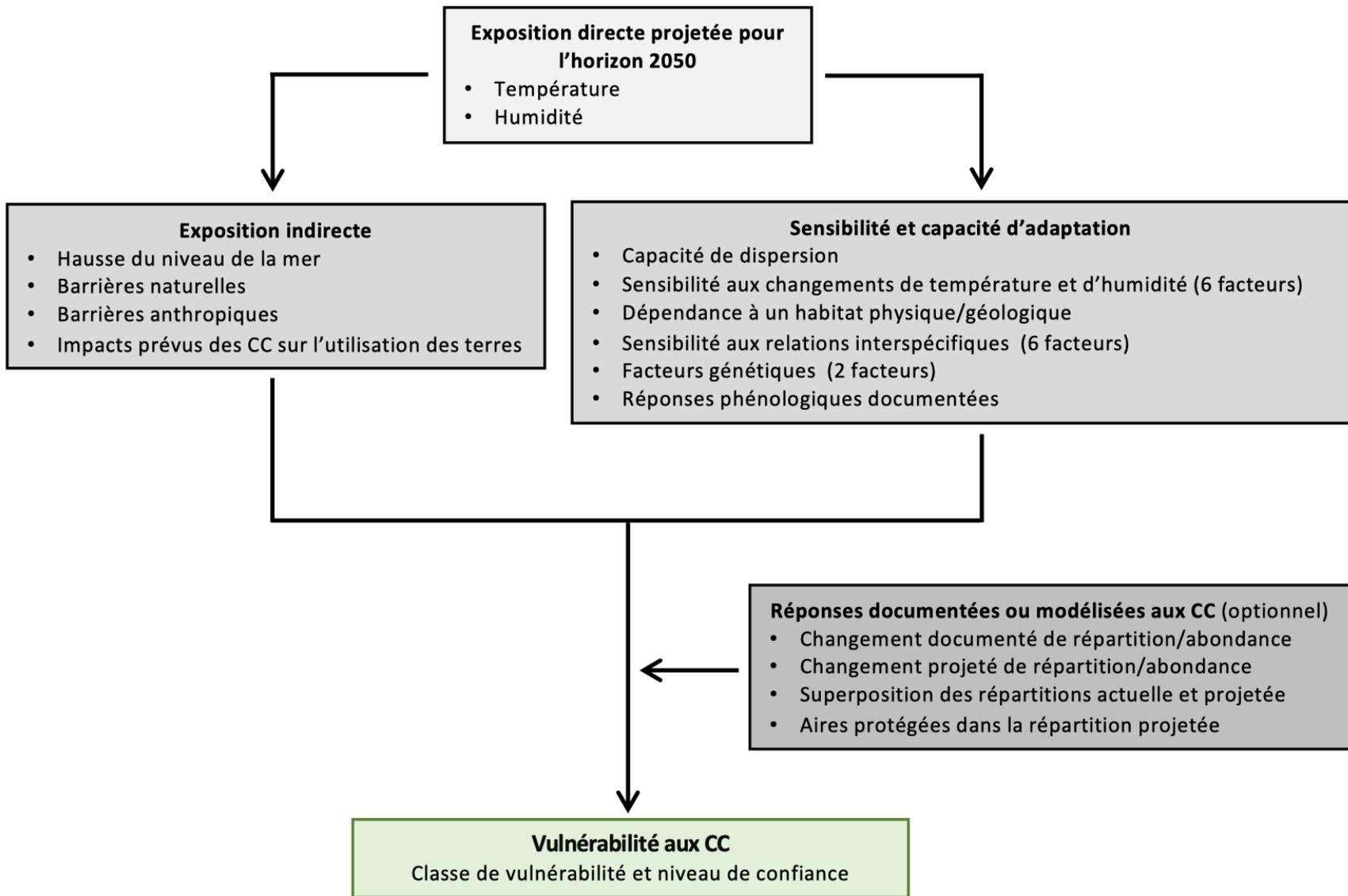
⁴ Certains rang S ont pu être mis à jour depuis l'analyse.



Indice de vulnérabilité aux changements climatiques

L'Indice de vulnérabilité aux changements climatiques (IVCC) est un outil conçu par NatureServe qui se présente sous la forme d'un calculateur dans le logiciel Microsoft Excel (version 3.0 – Canada; annexe 1). Cet indice, tient compte des effets appréhendés pour la période 2041-2070 et combine l'exposition aux changements climatiques, la sensibilité des espèces et leur capacité d'adaptation pour évaluer leur vulnérabilité aux changements climatiques. L'IVCC comprend quatre sections : (A) l'exposition directe, (B) l'exposition indirecte, (C) la sensibilité et les capacités adaptatives et (D) les réponses documentées ou modélisées aux changements climatiques (figure 1).

La section A (exposition directe) permet d'évaluer l'ampleur des changements climatiques dans l'aire de répartition de l'espèce en calculant la différence de température et d'humidité entre la période de référence (1961-1990) et la période projetée (2041-2070, appelée horizon 2050). Pour les sections B, C et D, il s'agit d'évaluer l'ampleur de la contribution d'une série de facteurs à la vulnérabilité de l'espèce aux changements climatiques (augmente considérablement, augmente, augmente légèrement, diminue la vulnérabilité ou a un effet neutre). Le guide d'utilisation de l'IVCC (Young et Hammerson, 2016) fournit les critères qui sous-tendent l'évaluation de chaque facteur. Il est possible d'intégrer l'incertitude associée à un facteur en lui attribuant plus d'un niveau. La section B (exposition indirecte) traite des éléments du paysage qui peuvent affecter l'expression de la capacité d'adaptation des espèces (p. ex., la présence de barrières à la dispersion). Cette section comprend quatre facteurs, dont trois doivent être minimalement complétés pour permettre le calcul de l'indice. Dans la section C (sensibilité et capacités adaptatives), jusqu'à 17 facteurs permettent d'évaluer des éléments qui définissent la sensibilité et la capacité d'adaptation d'une espèce faunique aux changements climatiques (p. ex., le niveau de spécialisation de l'espèce en matière d'habitat, sa capacité de dispersion, la présence de relations compétitives interspécifiques, etc.). Au moins 10 de ces facteurs doivent être évalués pour permettre le calcul de l'indice. Enfin, la section D permet d'intégrer les réponses documentées ou modélisées aux changements climatiques au moyen de quatre facteurs. Cette dernière section est facultative.



CC = Changements climatiques

Figure 1. Diagramme illustrant le fonctionnement de l'Indice de vulnérabilité aux changements climatiques (IVCC) de NatureServe (Young et Hammerson, 2016).



Lors du calcul de l'indice, une valeur est attribuée à l'espèce selon le niveau d'exposition aux changements climatiques (section A). Cette valeur est ensuite multipliée par celle qui est attribuée aux facteurs des sections B et C selon leur contribution à la vulnérabilité de l'espèce (chaque facteur ayant un poids identique). Ainsi, un facteur qui rend une espèce sensible aux changements climatiques aura un effet variable sur sa vulnérabilité en fonction du niveau d'exposition attendu. La somme de ces valeurs permet d'obtenir un pointage qui correspond à l'une des catégories de vulnérabilité suivantes : extrêmement vulnérable, très vulnérable, moyennement vulnérable, peu vulnérable et données insuffisantes (tableau 2). Dans le cas où la section D est remplie, une valeur numérique indépendante est calculée et permet de modifier le pointage précédent pour obtenir un score final associé à l'une des catégories de vulnérabilité présentées plus haut. Un niveau de confiance est attribué au résultat obtenu pour chaque espèce. Cette confiance est plus faible lorsque certains facteurs de sensibilité n'ont pas été évalués (effet inconnu sur la vulnérabilité de l'espèce), lorsque subsiste une incertitude importante (plus d'un niveau de contribution attribué à un même facteur) ou si le pointage s'approche de la limite entre deux classes de vulnérabilité. Les détails du calcul de l'indice et du niveau de confiance sont disponibles dans Young et Hammerson (2016).

Tableau 2. Classes de vulnérabilité attribuées par l'Indice de vulnérabilité aux changements climatiques (Young et Hammerson, 2016)

Classes de vulnérabilité	Définitions
Extrêmement vulnérable	L'abondance et/ou la répartition de l'espèce dans la zone d'étude a de très forts risques de diminuer significativement ou de disparaître d'ici 2050.
Hautement vulnérable	L'abondance et/ou la répartition de l'espèce dans la zone d'étude a de forts risques de diminuer significativement d'ici 2050.
Modérément vulnérable	L'abondance et/ou la répartition de l'espèce dans la zone d'étude a de forts risques de diminuer d'ici 2050.
Peu vulnérable	Les données disponibles ne suggèrent pas que l'abondance et/ou la répartition de l'espèce dans la zone d'étude diminuera substantiellement d'ici 2050. Les limites actuelles de répartition pourraient changer.
Données insuffisantes	Impossible d'attribuer une classe de vulnérabilité à partir des données actuelles.



Sources des données

Données sur les espèces

Les données de répartition des mammifères, des oiseaux, des reptiles, des amphibiens et des poissons ont été fournies par le MELCCFP sous forme d'aires de répartition. L'aire de répartition du saumon atlantique a été réduite aux bassins versants occupés par le saumon atlantique anadrome. Les aires de répartition de certaines espèces d'oiseaux ont été téléchargées sur le site Internet de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN, 2021). Les données d'observation des moules d'eau douce indigènes ont été fournies par le MELCCFP et complétées grâce aux données d'occurrences disponibles au Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). Les tronçons de rivières occupés par les mulettes ciblées ont été sélectionnés et complétés par une bande tampon de 10 km de part et d'autre pour délimiter l'aire de répartition des espèces. Pour les insectes, des aires de répartition ont été obtenues pour quelques espèces (MELCCFP), mais, pour la plupart, seules des données d'observations étaient disponibles : MELCCFP, base de données *Bumble bees of North America occurrence records* (Richardson, 2020), base de données privée (P. Grant, comm. pers., 2020) et le livre du guide des papillons du Québec (Handfield, 2011). Les aires de répartition des espèces ont été délimitées par géotraitement suivant une méthode adaptée en fonction de l'espèce. Pour les insectes à répartition sporadique (relativement vaste, mais disséminée), l'aire de répartition a été délimitée par un polygone convexe autour des mentions. Pour les insectes à répartition très localisée, une répartition ponctuelle a été définie à partir des mentions en ajoutant une zone tampon avec un rayon estimé selon la capacité de dispersion de l'espèce.

Les rangs de précarité des espèces à l'échelle provinciale (rangs S) ont été regroupés en cinq classes (en ordre décroissant de précarité : S1, S2, S3, S4-S5 et SNR) pour simplifier les analyses, en évitant les rangs intermédiaires (tableau 3). Un type d'habitat a été associé à chacune des espèces (milieux ouverts, forestiers, aquatiques, humides et riverains, côtiers ou arctiques-alpins) à la lumière de la littérature consultée (voir la section Application de l'indice et validation). Une espèce qui utilise plus d'un type d'habitat sans être associée plus fortement à l'un de ceux-ci était identifiée comme généraliste. L'habitat



attribué était celui qui était utilisé pendant la majeure partie du cycle vital de l'espèce à l'intérieur de la zone d'étude. Un poids supérieur a été accordé à la période de nidification pour les oiseaux.

Tableau 3. Classes de rangs de précarité des espèces à l'échelle provinciale (rangs S) associées aux espèces à l'étude

Classes de rangs S	Rangs S inclus	Définitions
S1	S1	Sévèrement en péril
	S1S2	Rang intermédiaire entre S1 et S2
S2	S2	En péril
	S2S3	Rang intermédiaire entre S2 et S3
S3	S3	Vulnérable
	S3S4	Rang intermédiaire entre S3 et S4
S4 - S5	S4	Largement réparti, abondant et apparemment hors de danger, mais il demeure des causes d'inquiétude pour le long terme
	S4S5	Rang intermédiaire entre S4 et S5
	S5	Largement réparti, abondant et stabilité démontrée
SNR	SNR	Rang non attribué

Données climatiques

Les données climatiques nécessaires pour le calcul de l'IVCC proviennent de NatureServe. Les variables climatiques mises à la disposition des utilisateurs de l'IVCC sont calculées pour chaque cellule de 1 km² de l'aire d'étude. L'évolution anticipée de la température moyenne annuelle et de l'humidité (différence annuelle entre l'évapotranspiration et les précipitations) entre la période de référence (1961-1990) et la période projetée (2041-2070, appelée horizon 2050; scénario RCP 4.5) est utilisée pour évaluer l'exposition directe aux changements climatiques (section A). La variation moyenne des températures saisonnières (différence entre les moyennes mensuelles des températures maximales et minimales) et la variation moyenne des précipitations annuelles pour la période de 1961 à 1990 dans la portion québécoise de l'aire de répartition des espèces sont utilisées comme proxys pour évaluer leur tolérance aux variations des conditions thermiques et hydriques, respectivement (section B). Ainsi, une espèce qui a été exposée à d'importantes variations saisonnières des températures dans son histoire récente risque d'être moins sensible aux changements des conditions thermiques qu'une espèce qui occupe une niche



thermique restreinte. Se référer à Young et Hammerson (2016) pour connaître les détails sur la production des données climatiques utilisées.

Modèles de niches bioclimatiques

Les résultats des modèles de niches bioclimatiques obtenus pour le projet CC-Bio (Berteaux et coll., 2015) ont été intégrés dans la section D de l'indice (réponses documentées ou modélisées aux changements climatiques) pour bonifier l'analyse. La projection de la niche bioclimatique modélisée d'une espèce permet d'estimer sa répartition potentielle pour une période future (ici, 2050). Ainsi, ces résultats ont permis d'anticiper l'évolution potentielle de la répartition d'une espèce, le chevauchement des répartitions actuelles et futures potentielles, ainsi que sa présence future potentielle à l'intérieur du réseau d'aires protégées, trois facteurs susceptibles d'influencer sa vulnérabilité aux changements climatiques. Les résultats des modèles de niches bioclimatiques étaient disponibles pour six des sept espèces d'amphibiens à l'étude et pour 14 des 27 espèces d'oiseaux. La méthodologie associée à la modélisation des niches bioclimatiques est détaillée dans Berteaux et ses collaborateurs (2018).

Application de l'indice et validation

L'évaluation de chacune des espèces a été effectuée par la même analyste, une biologiste généraliste spécialisée en matière de vulnérabilité aux changements climatiques, afin d'assurer l'uniformité de l'analyse. Une revue de littérature ciblée a été effectuée sur chaque espèce afin de documenter les éléments propres à sa biologie qui sont susceptibles d'affecter sa sensibilité et sa capacité d'adaptation aux changements climatiques (sections B, C et D). Les rapports de situation et les plans de rétablissement québécois des espèces ainsi que les rapports de situation produits par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) ont été principalement utilisés, lorsqu'ils étaient disponibles. Les informations disponibles sur les sites Internet *NatureServe Explorer* (NatureServe, 2021) et *Birds of the world* (Cornell University, 2020) ont également été utilisées, de même que certains ouvrages spécialisés, comme l'Atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional (Gauthier et Aubry, 1995; Robert et coll., 2019) et de nombreuses publications scientifiques. Des informations supplémentaires et des avis ont été récoltés auprès de 15 spécialistes des différentes espèces ou groupes d'espèces. Enfin, différentes



publications ont permis de documenter les changements climatiques observés ou appréhendés au Québec (Ouranos, 2015) ainsi que certains de leurs impacts sur les écosystèmes du Québec : niveau des mers (James et coll., 2014), hydrologie du fleuve Saint-Laurent et de ses tributaires (Boyer et coll., 2010a, 2010b; Centre d'expertise hydrique du Québec [CEHQ], 2015; Levert et coll., 2016), incendies forestiers (Girardin et Terrier, 2015), dynamique des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) (Navarro, 2019), vulnérabilité des tourbières (Garneau et van Bellen, 2016), développement éolien comme mesure de mitigation des changements climatiques (MERN, 2021), etc. Au total, 287 documents publiés entre 1970 et 2022 ont été consultés (voir la liste complète dans l'annexe 2).

Un exposé de la méthodologie employée et des résultats préliminaires a été effectué auprès des experts de différentes espèces au cours de deux rencontres en vidéoconférence. Cinquante personnes ont été invitées à participer au processus de consultation (incluant des membres des 10 équipes de rétablissement des espèces menacées ou vulnérables concernées); 39 ont participé et 23 ont transmis leurs avis et commentaires. Ces consultations ont permis de raffiner la méthode employée, de revoir l'évaluation pour certains facteurs de vulnérabilité, de confirmer l'évaluation pour d'autres et de prendre en considération la vaste majorité des préoccupations soulevées par les experts quant aux impacts appréhendés des changements climatiques sur les espèces à l'étude.

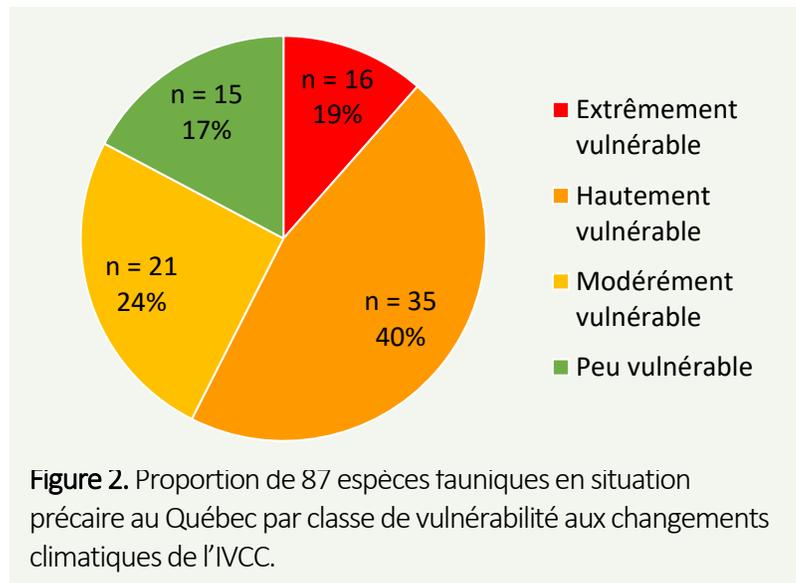
Analyses statistiques

Les résultats de l'IVCC ont été comparés en fonction de différents regroupements (niveau de précarité, type d'habitat et groupe taxonomique) à l'aide du test de G, similaire au chi-carré. Des comparaisons par paires (analyses *a posteriori*) ont été effectuées pour expliquer les différences de vulnérabilité observées.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'analyse effectuée pour 87 espèces en situation précaire au Québec indique que 83 % d'entre elles sont vulnérables aux changements climatiques : 19 % sont extrêmement vulnérables, 40 % sont hautement vulnérables et 24 % sont modérément vulnérables (figure 2). Deux analyses effectuées au Québec avec l'IVCC pour 250 espèces (48 arbres, 184 oiseaux et 18 amphibiens) (Y. Gendreau, comm. pers., 2019) et pour 409 espèces de plantes en situation précaire (Gendreau et coll., 2018) suggèrent que respectivement 6 % et 58 % d'entre elles sont vulnérables aux changements climatiques. Cette divergence suggère que les espèces fauniques en situation précaire sont sensiblement plus vulnérables aux changements climatiques que les espèces plus communes, et même plus vulnérables que les espèces floristiques à risque.

L'utilisation de l'indice de vulnérabilité climatique de NatureServe permet d'appliquer une méthode d'évaluation uniforme, ce qui offre l'avantage de



faciliter la comparaison entre les résultats obtenus pour différentes espèces. Les résultats pour chacune des espèces à l'étude sont présentés dans la figure 3 et sont triés en fonction (1) de la classe de vulnérabilité de l'IVCC, (2) du niveau de précarité (rang S) et (3) du niveau de confiance attribué. La position des espèces pour lesquelles le niveau de confiance était faible en raison d'un pointage s'approchant de la limite entre deux classes de vulnérabilité a été modifiée en conséquence. Par exemple, le chevalier de rivière (*Moxostoma carinatum*) a été positionné en haut de la liste des espèces hautement vulnérables, puisque le pointage obtenu est à la limite des classes extrêmement vulnérable et hautement vulnérable. Cette analyse comparative met en lumière l'importance de l'effet cumulatif des menaces climatiques et non climatiques sur la vulnérabilité des espèces et permet d'identifier les espèces dont la situation est la plus préoccupante lorsque toutes les menaces sont prises en compte.

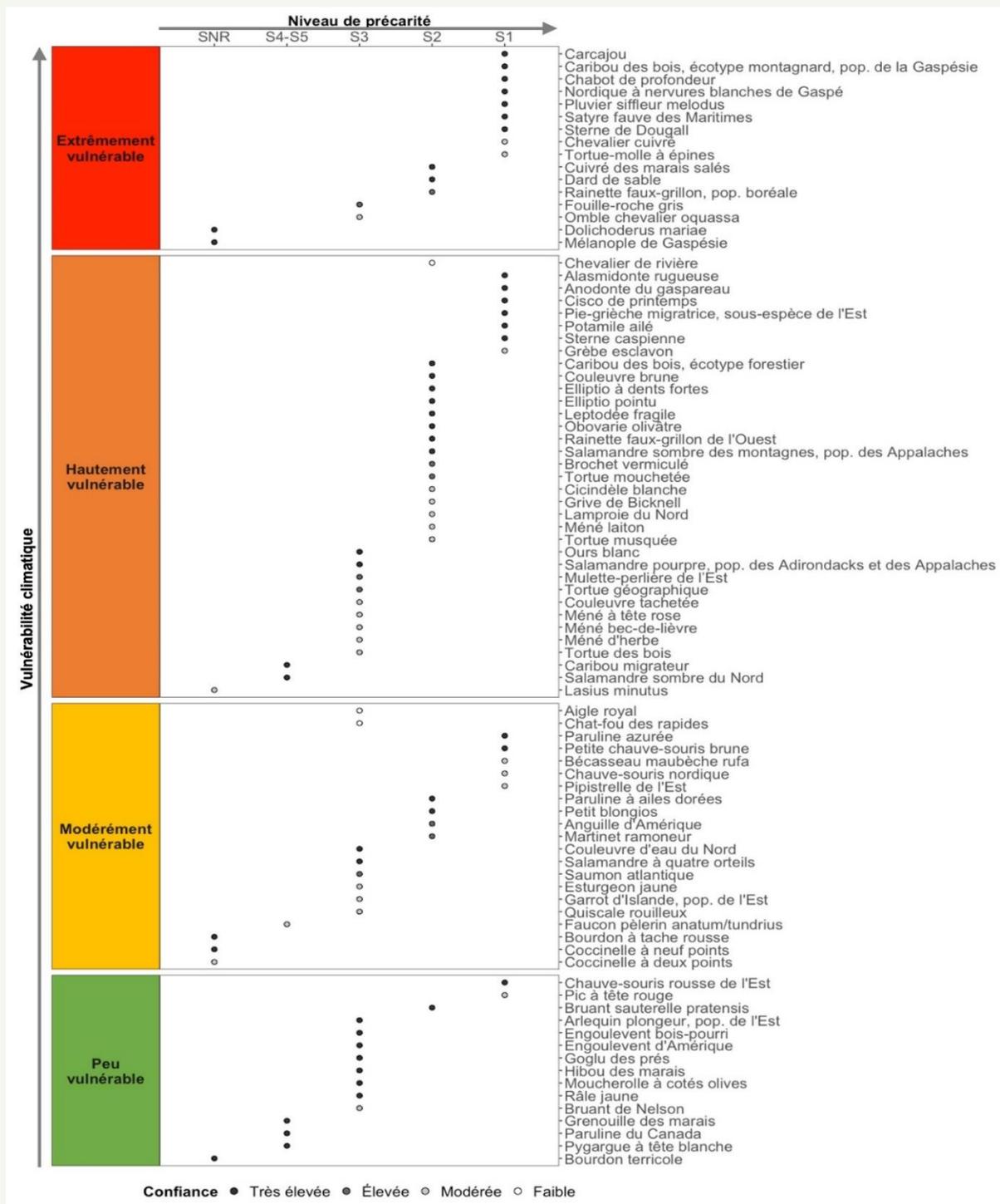


Figure 3. Résultats de l'IVCC pour 87 espèces fauniques en situation précaire au Québec triés en fonction (1) de la classe de vulnérabilité aux changements climatiques, (2) du niveau de précarité des espèces (rang S; CDPNQ, 2021) et (3) du niveau de confiance. Les espèces pour lesquelles le niveau de confiance était très faible ont été positionnées entre les classes moyennes.

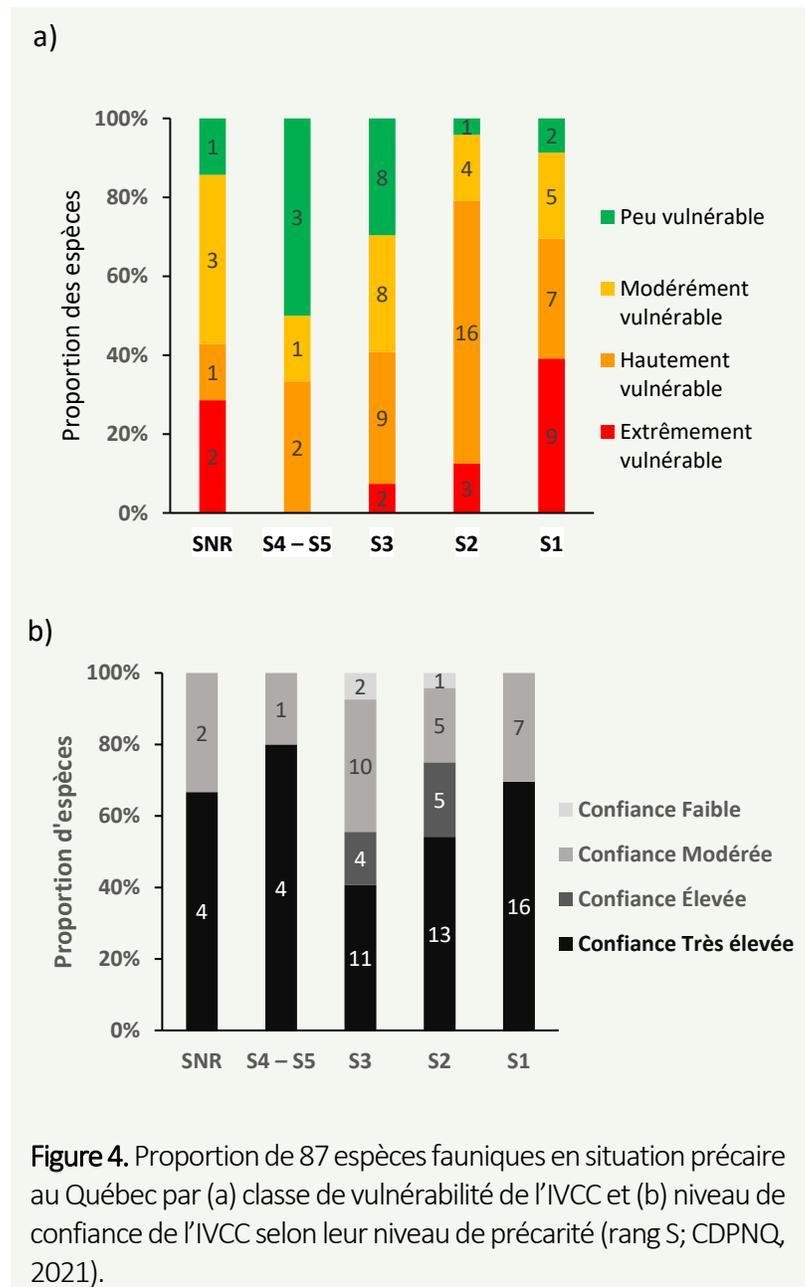


Vulnérabilité climatique en fonction de différents regroupements

Pour mieux comprendre les résultats obtenus et cibler plus adéquatement les mesures d'adaptation aux changements climatiques à mettre en place, la vulnérabilité a été évaluée en fonction de différents regroupements d'espèces établis selon leur niveau de précarité provinciale, leur type d'habitat et leur groupe taxonomique.

Niveau de précarité

La comparaison des résultats de l'IVCC en fonction du rang de précarité provincial (rang S, tableau 3) ne montre pas de différence significative dans la vulnérabilité aux changements climatiques des espèces en situation précaire selon leur rang de conservation ($G = 20,8$; $ddl = 12$; $p = 0,053$; figure 4). Il est probable que la sensibilité aux perturbations présente chez la majorité des espèces à l'étude, peu importe leur désignation, explique cette absence de différence dans leur vulnérabilité aux changements climatiques. L'absence de relation entre le niveau de précarité des espèces en situation précaire et leur vulnérabilité aux changements climatiques a été observée dans des études similaires réalisées avec l'IVCC (Schlesinger et coll., 2011; Brinker et coll., 2018; Gendreau et coll., 2018).





Type d'habitat

Une comparaison des résultats de l'IVCC en fonction du type d'habitat auquel les espèces sont principalement associées (tableau 4) montre une différence significative de leur classe de vulnérabilité ($G = 50,7$; $ddl = 18$; $p < 0,00001$; figure 5). Lorsqu'on compare les habitats un à un, les espèces généralistes en matière d'habitat sont moins vulnérables aux changements climatiques que celles qui sont associées aux milieux aquatiques, arctiques-alpins, humides et riverains ou ouverts (analyse *a posteriori*, $p < 0,03$). Il est probable que le faible niveau de spécialisation de ces espèces s'exprime par une meilleure résilience et une meilleure capacité d'adaptation aux changements environnementaux que les espèces spécialistes. Les espèces associées aux milieux aquatiques semblent plus vulnérables que les espèces

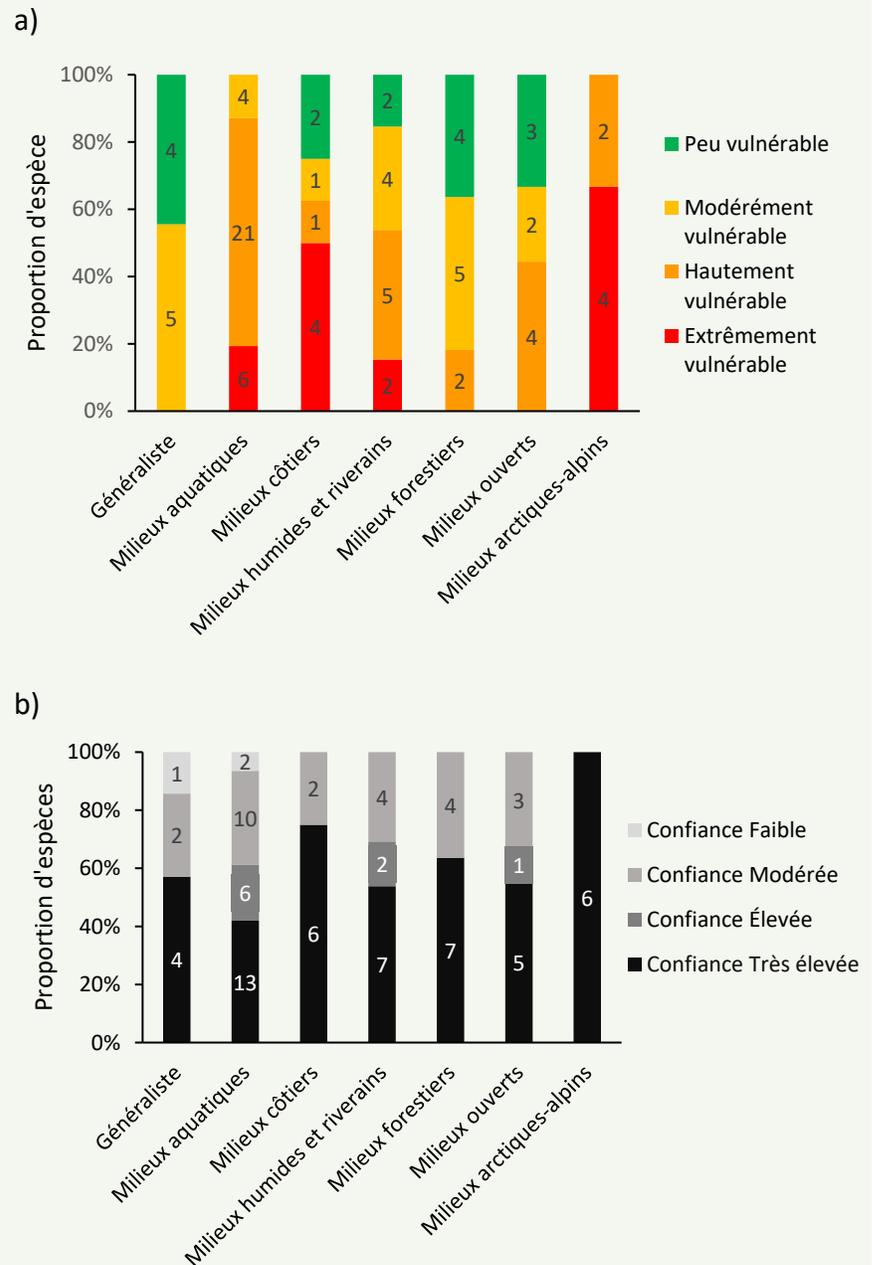


Figure 5. Proportion de 87 espèces fauniques en situation précaire au Québec par (a) classe de vulnérabilité de l'IVCC et (b) niveau de confiance de l'IVCC selon leur type d'habitat.

associées aux autres types d'habitats (analyse *a posteriori*, $p < 0,02$), à l'exception des espèces des milieux arctiques-alpins, toutes hautement ou extrêmement vulnérables. Les espèces des milieux arctiques-alpins



sont pour leur part plus vulnérables que les espèces associées aux habitats forestiers (analyse *a posteriori*, $p < 0,03$). Similairement, la vulnérabilité importante des plantes en situation précaire associées aux milieux arctiques-alpins du Québec a été soulignée par Gendreau et ses collaborateurs (2018).

Tableau 4. Types d'habitats associés aux espèces à l'étude.

Types d'habitats	Définitions
Milieux ouverts	Friches, milieux agricoles, milieux urbains et périurbains.
Milieux forestiers	Jeunes et vieilles forêts, forêts d'intérieur, trouées et lisières forestières.
Milieux aquatiques	Fleuves, lacs, rivières et ruisseaux d'eau douce. Associés aux espèces qui passent la majeure partie de leur cycle vital sous l'eau.
Milieux humides et riverains	Milieux humides d'eau douce et rives des milieux humides et aquatiques d'eau douce. Associés aux espèces qui utilisent les milieux d'eaux peu profondes et leurs interfaces.
Milieux côtiers	Milieux humides, aquatiques et rives d'eau salée ou saumâtre.
Milieux arctiques-alpins	Toundras arctiques et alpines.
Généraliste	Attribué aux espèces qui utilisent plus d'un type d'habitat sans être associées plus clairement à l'un de ceux-ci.

Groupe taxonomique

Les espèces des différents groupes taxonomiques ont développé des adaptations spécifiques à leur environnement, et certains taxons peuvent être plus vulnérables que d'autres aux changements climatiques. Selon les résultats de l'IVCC, la vulnérabilité des espèces aux changements climatiques varie significativement en fonction de leur groupe taxonomique ($G = 53,1$; $ddl = 18$; $p < 0,0001$; figure 6). Les analyses *a posteriori* indiquent que les oiseaux sont moins vulnérables aux changements climatiques que les mulettes, les poissons, les amphibiens, les reptiles et les mammifères ($p < 0,02$). Néanmoins, la vulnérabilité importante des espèces aquatiques (figure 5) semble se refléter chez les mulettes et la plupart des poissons (figure 6), de même que chez les salamandres de ruisseaux et les tortues (figure 3). Enfin, les insectes forment le taxon qui présente la plus forte proportion d'espèces identifiées comme extrêmement vulnérables (45 %), bien que cette vulnérabilité accrue ne ressorte pas dans les analyses *a*



posteriori. La vulnérabilité importante des mollusques (Schlesinger et coll., 2011; Young et coll., 2012; Brinker et coll., 2018), des poissons (Young et coll., 2012; Brinker et coll., 2018) et des amphibiens (Schlesinger et coll., 2011; Shank et Nixon, 2014; Brinker et coll., 2018) aux changements climatiques a été mise en lumière dans des études similaires.

Portrait de la vulnérabilité climatique des groupes taxonomiques

L'IVCC offre l'avantage d'identifier les facteurs qui accentuent la vulnérabilité des espèces à l'étude à la menace climatique. Le tableau 5 présente la proportion des espèces dont la vulnérabilité climatique est affectée par chacun des 25 facteurs de l'IVCC pour chaque groupe taxonomique et pour l'ensemble des espèces. Bien qu'une

variabilité importante des facteurs de vulnérabilité soit observée entre les groupes taxonomiques, certains d'entre eux expliquent de manière prépondérante la vulnérabilité des espèces à l'étude : des niches thermique et hydrique historiques étroites, la présence de barrières naturelles et anthropiques, une capacité de dispersion limitée, une niche hydrique physiologique étroite, une sensibilité accrue aux modifications des régimes de perturbations et l'accroissement des pathogènes et autres ennemis naturels. La section qui suit brosse un portrait général de la vulnérabilité aux changements climatiques de chacun des groupes taxonomiques à l'étude et, plus spécifiquement, de certaines espèces, tout en précisant, par ordre d'importance, les facteurs de l'IVCC qui contribuent à accentuer cette vulnérabilité.

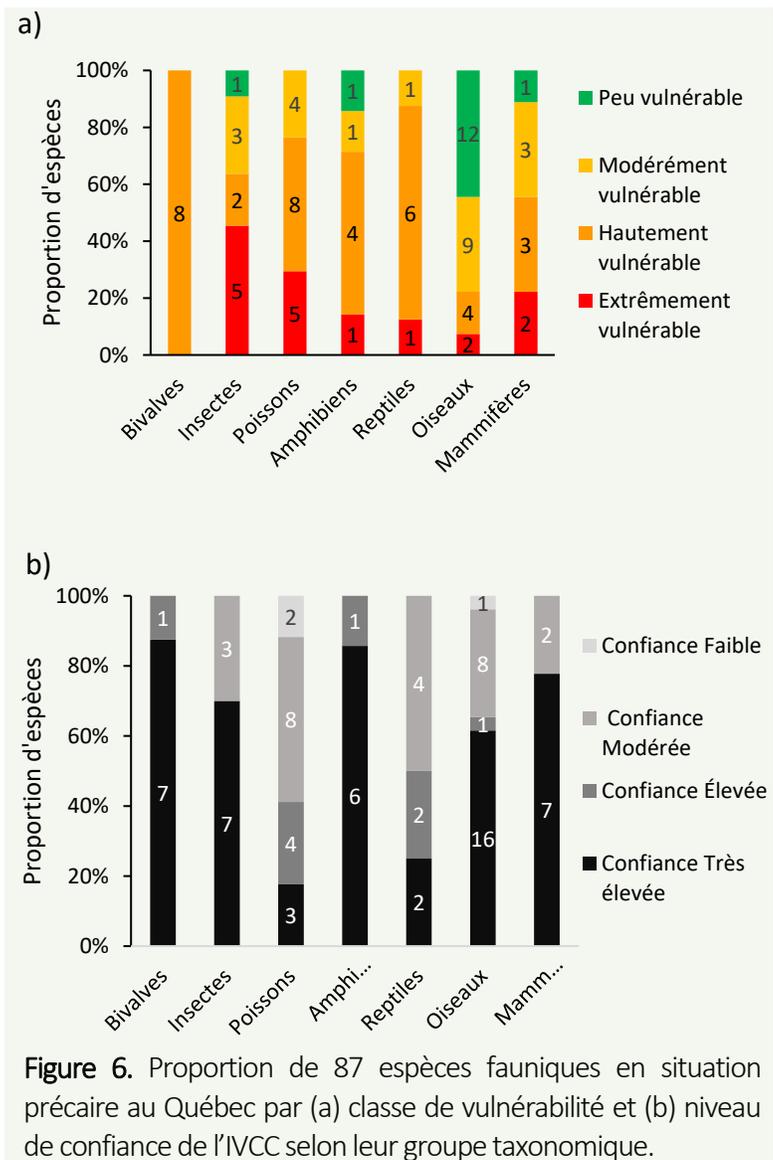


Tableau 5. Facteurs qui contribuent à la vulnérabilité aux changements climatiques de 87 espèces fauniques en situation précaire au Québec. La proportion des espèces dont la vulnérabilité est affectée par chacun des facteurs de l'IVCC est présentée pour chaque groupe taxonomique et pour l'ensemble des espèces. Les facteurs qui affectent plus de 50 % des espèces d'un groupe sont en caractères gras.

Facteurs de vulnérabilité aux changements climatiques	Proportion des espèces affectées (%)							
	Mulettes	Insectes	Poissons	Amphibiens	Reptiles	Oiseaux	Mammifères	Total
Exposition indirecte								
Niveau de la mer	0	18	0	0	0	26	0	10
Barrières naturelles	100	64	88	71	38	0	33	47
Barrières anthropiques	100	36	76	29	75	0	0	38
Changements d'utilisation des terres	88	18	0	43	0	26	67	29
Sensibilité et capacité d'adaptation								
Capacité de dispersion	0	64	59	86	63	30	33	45
Sensibilité aux changements de températures et d'humidité								
Niche thermique historique	88	91	88	100	100	44	22	70
Niche thermique physiologique	13	18	24	0	0	15	56	18
Niche hydrique historique	88	73	71	100	63	33	11	56
Niche hydrique physiologique	100	9	76	86	13	11	0	37
Régimes de perturbations	100	18	41	43	0	22	67	37
Neige/glace/pergélisol	0	45	0	0	0	4	33	10
Habitat physique/géologique	0	18	0	0	25	19	33	14
Relations interspécifiques								
Habitat dépendant d'autres espèces	0	18	0	0	0	15	0	7
Régime alimentaire	0	45	18	0	0	30	56	24
Propagation dépendante d'autres espèces	100	0	0	0	0	0	0	9
Pathogènes/ennemis naturels	88	0	0	29	100	30	78	37

Facteurs de vulnérabilité aux changements climatiques	Proportion des espèces affectées (%)							
	Mulettes	Insectes	Poissons	Amphibiens	Reptiles	Oiseaux	Mammifères	Total
Compétition	88	18	29	0	0	22	0	23
Autre interaction interspécifique	0	0	0	0	0	0	0	0
Facteurs génétiques								
Variabilité génétique	13	9	12	14	13	11	11	11
Goulot d'étranglement	0	0	0	0	0	0	0	0
Réponses phénologiques	0	0	0	0	0	0	0	0
Réponses documentées ou modélisées								
Réponses documentées	0	0	6	14	0	0	0	2
Réponses modélisées	0	0	0	0	0	7	11	3
Superposition des répartitions actuelles et potentielles	0	0	0	0	0	7	0	2
Manque potentiel d'aires protégées	0	0	0	14	0	7	0	3

Mulettes

Les huit espèces de moules d'eau douce indigènes à l'étude paraissent hautement vulnérables aux changements climatiques, selon l'IVCC (figure 6). Les principaux facteurs responsables de cette vulnérabilité sont similaires d'une espèce à l'autre, en raison de la relative homogénéité des traits biologiques et de la répartition de ce groupe taxonomique (à l'exception de la moule-perlière de l'Est, *Margaritifera margaritifera*, qui utilise les eaux froides des têtes de bassins versants; figure 7).

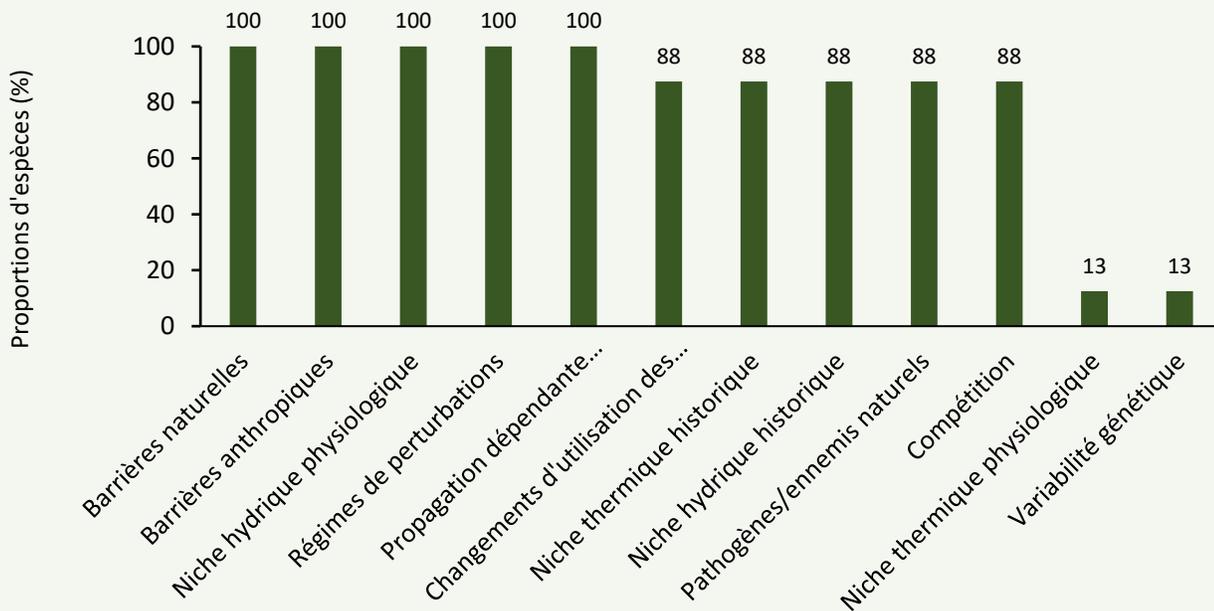


Figure 7. Facteurs qui contribuent à la vulnérabilité aux changements climatiques de huit mulettes en situation précaire au Québec. La proportion des espèces dont la vulnérabilité est affectée par chacun des facteurs de l'IVCC est présentée.

La vulnérabilité des mulettes aux changements climatiques est accentuée principalement par la présence de barrières naturelles (front salin et milieux terrestres) et anthropiques (barrages) qui limitent leur dispersion ou, plus justement, celle de leurs poissons hôtes (figure 8). En outre, la dépendance des mulettes à leurs poissons hôtes pour la propagation des larves diminue leur capacité de s'adapter aux changements environnementaux. Les adultes et les juvéniles sont sédentaires et ne se déplacent que très peu (Paquet et coll., 2018). Ainsi, les mulettes pourraient être incapables de se déplacer vers des habitats

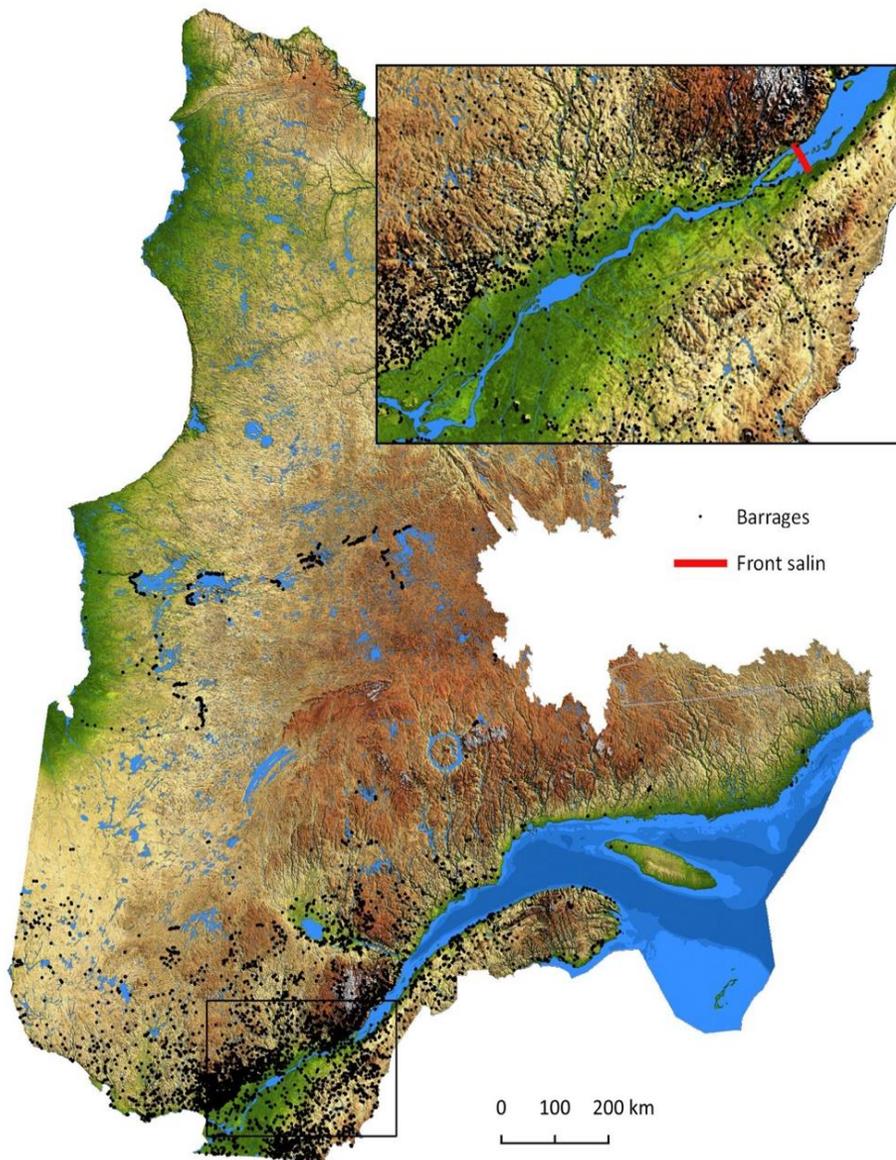


Figure 8. Barrières à la dispersion pour les espèces aquatiques d'eau douce au Québec.

propices advenant d'éventuelles baisses des niveaux d'eau (niche hydrique physiologique étroite). L'augmentation de la fréquence et de la sévérité des étiages estivaux pourrait entraîner une mortalité massive de moules, comme cela a été observé au lac Saint-Pierre en 2010 et en 2012 (Paquet, 2018). La sensibilité des moules au manque d'oxygène, à la sédimentation et aux contaminants les rend aussi sensibles aux perturbations environnementales, comme les événements de pluies abondantes entraînant des dépôts de sédiments importants dans les cours d'eau (COSEPAC, 2011; Paquet et coll., 2018). Certaines espèces exotiques envahissantes, potentiellement favorisées par le

réchauffement climatique (Kornis et coll., 2012; Gallardo et Aldridge, 2013; Petsch et coll., 2020), représentent une menace pour les moules du Québec. La moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) et la moule quagga (*Dreissena bugensis*) compétitionnent avec les moules indigènes (COSEPAC, 2011; Paquet et coll., 2018), alors que le gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*) les consomme, particulièrement au stade juvénile (Bradshaw-Wilson et coll., 2019). En outre, les changements climatiques risquent de causer une baisse du niveau du fleuve Saint-Laurent (Mortsch et coll., 2000), justifiant un besoin accru de dragage du canal maritime (Levert et coll., 2016), nuisible aux espèces



benthiques. Enfin, les niches thermique et hydrique historiques relativement étroites des moules indiquent une faible exposition aux variations thermiques et hydriques au cours des dernières décennies, ce qui suggère que celles-ci pourraient être peu tolérantes aux modifications des conditions climatiques.

Parmi les autres facteurs qui affectent la vulnérabilité des moules aux modifications des conditions climatiques s'ajoutent l'affinité de la moule-perlière de l'Est pour les eaux froides et bien oxygénées des têtes de bassins hydrographiques (niche thermique physiologique étroite) et la faible variabilité génétique de l'obovarie olivâtre (*Obovaria olivaria*; Bucholz et coll., 2022).

Insectes

Près des deux tiers des 11 espèces d'insectes à l'étude sont considérées comme hautement ou extrêmement vulnérables aux changements climatiques (figure 6), incluant le satyre fauve des Maritimes (*Coenonympha nipisiquit*), le nordique à nervures blanches de Gaspé (*Oeneis bore gaspensis*), le cuivré des marais salés (*Lycaena dospassosi*), la fourmi *Dolichoderus mariae* et le mélanople de Gaspésie (*Melanoplus gaspensis*) (figure 3). Les facteurs responsables de la vulnérabilité des insectes varient sensiblement entre les espèces, puisque celles-ci occupent une large diversité d'habitats et possèdent des traits biologiques variés (figure 9).

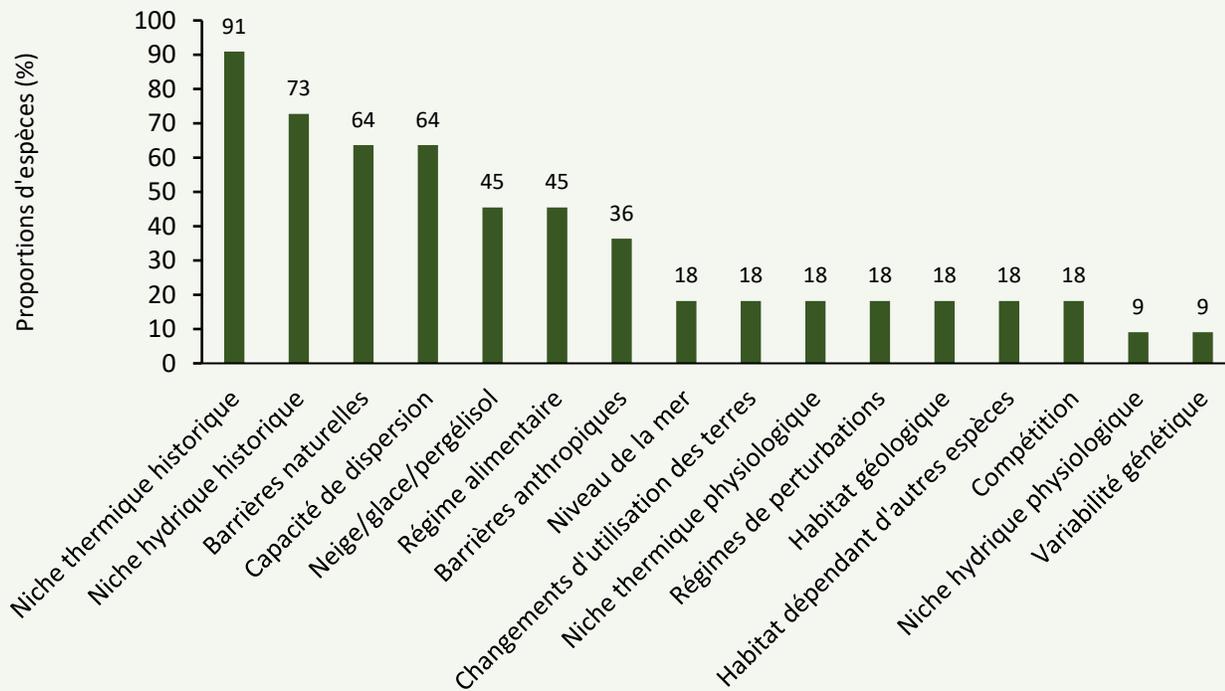


Figure 9. Facteurs qui contribuent à la vulnérabilité aux changements climatiques de 11 insectes en situation précaire au Québec. La proportion des espèces dont la vulnérabilité est affectée par chacun des facteurs de l'IVCC est présentée.

L'aire de répartition restreinte de la plupart des insectes en situation précaire suggère une faible exposition aux variations climatiques au cours des dernières décennies (niches thermique et hydrique historiques étroites) qui pourrait se traduire par une faible tolérance aux modifications des conditions climatiques. De plus, la capacité de dispersion restreinte de plusieurs espèces, couplée à la présence de nombreuses barrières naturelles (p. ex., fleuve Saint-Laurent, forêts denses ou vents forts), nuit à l'ajustement de leur répartition en réponse aux modifications du climat. Certains insectes pourraient également être affectés par une diminution du couvert neigeux, qui agit comme isolant durant l'hibernation, ou par la réduction du couvert de glace, qui protège les habitats côtiers du cuivré des marais salés et du satyre fauve des Maritimes de l'érosion engendrée par les tempêtes hivernales (COSEPAC, 2009b). Pour ces deux espèces et quelques autres, leur régime alimentaire restreint et spécialisé, à certains stades du cycle de vie, accentue leur vulnérabilité climatique. La présence de barrières



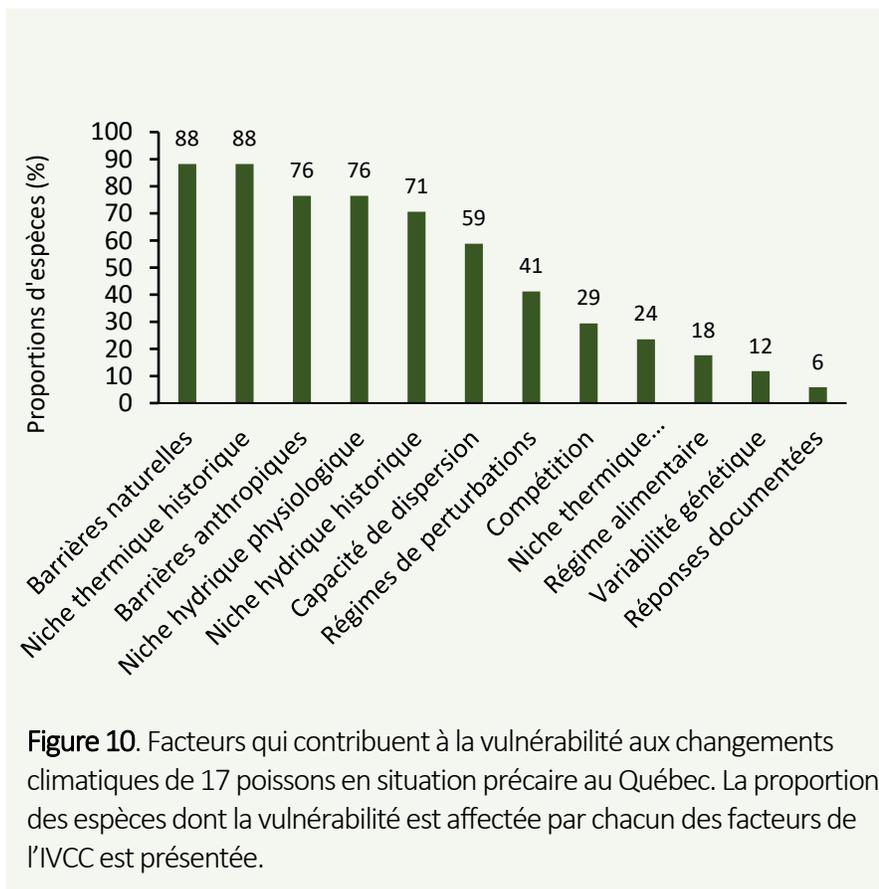
anthropiques pourrait aussi limiter l'ajustement de l'aire de répartition de certaines espèces, notamment pour les fourmis *Dolichoderus mariaae* et *Lasius minutus* et la cicindèle blanche (*Ellipsoptera lepida*), trois espèces dont les déplacements sont limités par les grandes superficies agricoles, les zones urbaines et rurales ainsi que les routes.

Enfin, la vulnérabilité de certaines espèces aux changements environnementaux est davantage accentuée par certains facteurs spécifiques. La hausse du niveau de la mer et la construction de digues pour protéger les rives représentent une menace pour le cuivré des marais salés et le satyre fauve des Maritimes (COSEPAC, 2009b; Domaine, 2012). Les insectes associés aux températures froides des sommets alpins, comme le nordique à nervures blanches de Gaspé et le mélanople de Gaspésie, sont vulnérables aux modifications du climat, de même que les insectes associés à des caractéristiques géologiques peu communes, comme la cicindèle blanche qui est spécifiquement associée aux dunes de sable. La dépendance de *Lasius minutus* envers une ou deux autres espèces de fourmis pour l'établissement de colonies accentue sa vulnérabilité.

Malgré certaines spécificités, les résultats de l'IVCC indiquent que les bourdons et les coccinelles sont moins vulnérables aux changements climatiques que d'autres insectes. Néanmoins, l'accroissement de la répartition ou de l'abondance des coccinelles exotiques (coccinelle asiatique, *Harmonia axyridis*, ou la coccinelle à sept points, *Coccinella septempunctata*), auparavant limitée par les températures froides (Brown et coll., 2011), pourrait nuire aux coccinelles indigènes en situation précaire au Québec, soit la coccinelle à deux points (*Adalia bipunctata*) et la coccinelle à neuf points. Cette dernière est par ailleurs reconnue pour sa faible diversité génétique, un facteur de vulnérabilité supplémentaire (Krafsur et coll., 2005). Pour leur part, les bourdons terricole (*Bombus terricola*) et à tache rousse (*B. affinis*) sont vulnérables aux sécheresses susceptibles d'affecter les ressources florales et aux redoux hivernaux qui pourraient entraîner le réveil des individus (Owen et coll., 2013; COSEPAC, 2015). Certaines études mettent en lumière la faible tolérance des bourdons aux variations thermiques (Williams et Osborne, 2009) et un décalage dans l'ajustement de leur répartition aux nouvelles conditions climatiques (Kerr et coll., 2015). Enfin, un décalage entre leur période d'activité et la floraison des plantes pourrait affecter les bourdons, bien qu'aucune étude ne permette de soutenir cette hypothèse à ce jour.

Poissons

Treize des 17 espèces de poissons à l'étude sont identifiées extrêmement ou hautement vulnérables aux changements climatiques (figure 6), les espèces les plus vulnérables étant le chabot des profondeurs (*Myoxocephalus thompsonii*), le chevalier cuirvé (*Moxostoma hubbsi*), le dard de sable (*Ammocrypta pellucida*), le fouille-roche gris (*Percina copelandi*) et l'omble chevalier *oquassa* (*Salvelinus alpinus oquassa*) (figure 3). De manière générale, certains facteurs accentuent la vulnérabilité de la plupart des poissons, alors que d'autres sont propres à certaines espèces (figure 10).



La répartition de la plupart des espèces de poissons d'eau douce du sud de la province est limitée par la topographie du Bouclier canadien au nord et par la salinité de l'estuaire moyen du Saint-Laurent, à l'est (figure 8). Certaines espèces, comme le chabot des profondeurs, le cisco de printemps (*Coregonus artedi*) et l'omble chevalier *oquassa*, sont confinées aux eaux froides et profondes de certains lacs. Ces barrières imposent des contraintes naturelles à l'expansion de la répartition des

espèces en réponse aux modifications du climat. En outre, la présence de barrages ou de ponceaux dans la vaste majorité des cours d'eau de la province et la faible capacité de dispersion de certaines espèces de petites tailles diminuent la capacité des poissons en situation précaire à s'adapter aux changements en cours. Les résultats de l'IVCC suggèrent que la répartition limitée de plusieurs espèces de poissons en



situation précaire se traduit par une niche thermique et hydrique historique étroite, diminuant leur capacité d'adaptation aux modifications du climat. Il est à noter que, bien que les poissons soient généralement sensibles à l'augmentation des températures de l'eau et à la diminution conséquente des concentrations en oxygène dissous (niche thermique physiologique), la répartition nordique actuelle de certaines espèces est potentiellement limitée par les températures froides. Néanmoins, les nombreuses barrières à la dispersion rendraient improbable la colonisation de nouveaux habitats propices advenant un réchauffement des eaux. Outre la température de l'eau, d'autres facteurs de risque pour plusieurs espèces de poissons à l'étude sont la diminution des débits et les événements de précipitations abondantes anticipés qui, à cause du ruissellement, augmentent la sédimentation, la turbidité et la contamination des cours d'eau.

L'expansion des zones colonisées par des espèces aquatiques envahissantes est une menace importante pour plusieurs espèces ichtyologiques en situation précaire au Québec. Le réchauffement des températures de l'eau est susceptible de favoriser le gobie à taches noires (Kornis et coll., 2012). Cette espèce exotique exerce une pression de compétition et/ou de prédation sur le fouille-roche gris (*Percina copelandi*), le dard de sable, le chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) et le chevalier de rivière (*Moxostoma carinatum*) (COSEPAC, 2006, 2014c, 2016c, en préparation). Similairement, l'expansion attendue de la niche climatique des carpes envahissantes menace les herbiers aquatiques essentiels au chevalier cuivré, au chevalier de rivière et au méné d'herbe (Mandrak et Cudmore, 2004).

Le régime alimentaire relativement restreint à certains stades de vie chez le chevalier cuivré, le cisco de printemps et le chabot des profondeurs limite leur capacité d'adaptation aux perturbations environnementales. La faible variabilité génétique mesurée chez les populations québécoises du méné d'herbe (Geneva et coll., 2018) et du cisco de printemps (Turgeon et Bernatchez, 2001) est un facteur de vulnérabilité additionnel. Enfin, au Minnesota, on attribue le déclin du cisco de printemps du lac des Mille Lacs au réchauffement climatique (Kumar et coll., 2013), laissant présager un enjeu similaire pour le Québec.



Amphibiens

Quatre des sept espèces d'amphibiens à l'étude sont hautement vulnérables aux pressions exercées par les changements climatiques (figure 6), alors que la population boréale de rainettes faux-grillons (*Pseudacris maculata*) semble extrêmement vulnérable (figure 3). Encore une fois, si certains facteurs accentuent la vulnérabilité de plusieurs amphibiens, d'autres sont spécifiques à certaines espèces (figure 11). La disponibilité des modèles de niches bioclimatiques pour ce groupe taxonomique a permis d'ajuster le pointage obtenu par l'IVCC.

D'abord, tous les amphibiens en situation précaire au Québec ont une répartition limitée, ce qui se traduit par une niche thermique et hydrique historique étroite et une capacité d'adaptation relativement faible aux modifications des conditions climatiques. De plus, la plupart de ces espèces ont des besoins hydriques très spécifiques, c'est-à-dire une niche hydrique physiologique étroite. C'est le cas, des populations de rainettes faux-grillon (*Pseudacris triseriata* et *Pseudacris maculata*) et de la salamandre à quatre orteils (*Hemidactylium scutatum*) qui se reproduisent dans des milieux humides temporaires, ainsi que des salamandres de ruisseaux associées à la tête des ruisseaux de montagnes. Les changements attendus dans les bilans hydriques pourraient engendrer l'assèchement de ces habitats (Dumitru, 2016; Équipe de rétablissement de la rainette faux-grillon de l'Ouest du Québec, 2019). Il est néanmoins possible que les eaux souterraines parviennent à atténuer certains de ces changements, notamment pour la salamandre sombre des montagnes (*Desmognathus ochrophaeus*) du secteur de Covey Hill (Levison et coll., 2014). La présence de barrières naturelles (vastes étendues d'eau pour les rainettes faux-grillons, ou basses terres entre les bassins hydrographiques pour les salamandres de ruisseaux qui vivent dans les montagnes), couplée à la faible capacité de dispersion de ces espèces, diminue leur capacité à ajuster leur répartition aux modifications climatiques. La menace du développement éolien pour les salamandres de ruisseaux (Équipe de rétablissement des salamandres de ruisseaux du Québec, 2021a; 2021b) risque de s'accroître car il s'agit d'une mesure favorisée pour diversifier les sources d'énergie. L'augmentation attendue des événements estivaux de précipitations extrêmes peut entraîner la mortalité des salamandres de ruisseaux au stade larvaire (Lowe, 2012), détruire des habitats et augmenter les apports en sédiments (COSEPAC, 2018b) et en contaminants acides (Green et Peloquin, 2008). Le déclin d'une population de salamandre



pourpre (*Gyrinophilus porphyriticus*) au New Hampshire a par ailleurs été associé à l'augmentation des précipitations engendrées par les changements climatiques (Lowe, 2012).

Parmi les autres facteurs de vulnérabilité, la présence des zones urbaines et agricoles limite le déplacement des individus chez la rainette faux-grillon de l'Ouest. Les changements climatiques peuvent aussi affecter les relations interspécifiques, particulièrement chez cette rainette: l'accès aux habitats pour les prédateurs diminue lors des sécheresses, mais augmente avec les inondations (Équipe de rétablissement de la rainette faux-grillon de l'Ouest du Québec, 2019), et l'expansion des colonies du nerprun bourdaine (*Rhamnus frangula*), du nerprun cathartique (*Rhamnus cathartica*; Dukes et coll. 2009) et du roseau commun (*Phragmites australis* subsp. *australis*; Tougas-Tellier, 2013) perturbe les habitats (Équipe de rétablissement de la rainette faux-grillon de l'Ouest du Québec, 2019). En outre, l'augmentation de la température peut diminuer la résistance des amphibiens aux infections (Cavicchioli

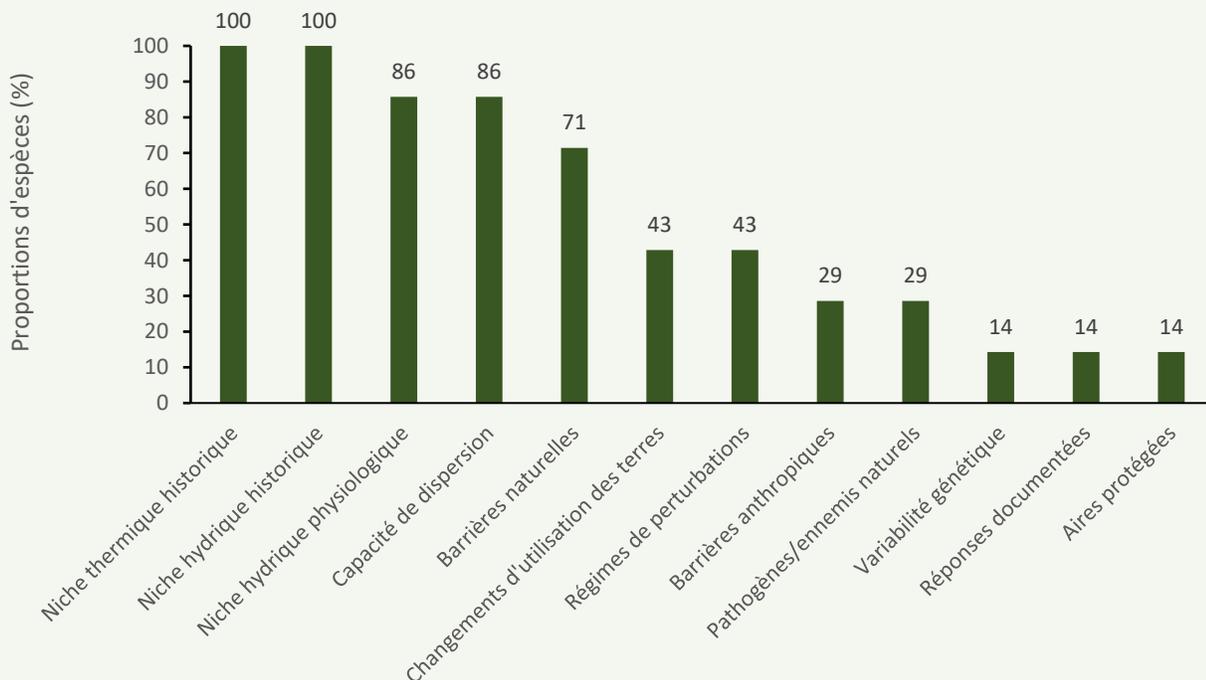


Figure 11. Facteurs qui contribuent à la vulnérabilité aux changements climatiques de sept amphibiens en situation précaire au Québec. La proportion des espèces dont la vulnérabilité est affectée par chacun des facteurs de l'IVCC est présentée.



et coll., 2019). La faible variabilité génétique de certaines populations d'amphibiens, dont la rainette faux-grillon de l'Ouest (Rogic et coll., 2019), diminue leur capacité à s'adapter aux changements environnementaux.

La répartition future potentielle modélisée pour les amphibiens à l'étude suggère que les conditions climatiques pourraient devenir propices au nord de leur répartition actuelle (Berteaux et coll., 2015). Néanmoins, la faible capacité de dispersion de la plupart des amphibiens en situation précaire au Québec et les multiples barrières à leur dispersion ne permettront probablement pas la colonisation naturelle de nouveaux sites. Pour la rainette faux-grillon de l'Ouest, seule une faible proportion de sa répartition future potentielle serait incluse à l'intérieur du réseau d'aires protégées actuel, ce qui met en lumière les enjeux pour la protection future de certaines espèces en situation précaire.

Reptiles

Au total, 7 des 8 espèces de reptiles à l'étude sont hautement ou extrêmement vulnérables aux changements climatiques selon les résultats de l'IVCC (figure 6). Les facteurs responsables de la vulnérabilité des reptiles sont moins diversifiés que pour les autres groupes taxonomiques (figure 12).

Étant donné la répartition restreinte des reptiles en situation précaire au Québec, l'IVCC suggère qu'une niche thermique historique et physiologique étroite est un facteur de vulnérabilité important chez ce groupe. La vulnérabilité des reptiles aux changements climatiques paraît surprenante, puisque leur répartition, parfois assez confinée au sud de la province dans des régions plus chaudes, est généralement fortement limitée par les températures froides au Québec (Congdon, 1989). S'il est en effet possible que le réchauffement ait un impact positif sur la maturité sexuelle et le développement embryonnaire (Ernst et Lovich, 2009; Frazer et coll., 1993), l'augmentation des températures peut néanmoins influencer la dynamique des populations, par exemple par son influence sur le sexe des individus au moment de l'incubation des œufs (Schwarzkopf et Brooks, 1985).



En outre, les changements climatiques augmenteraient les risques liés à différents pathogènes et autres ennemis naturels néfastes aux reptiles. Les tortues et les couleuvres pourraient être davantage affectées par les ranavirus (Gray et Chinchar, 2015), de même que par le botulisme dans le cas des tortues (Gauchard et Hattenberger, 2005) et par la maladie fongique du serpent (SFD), dans le cas des couleuvres (Lorch et coll., 2016). L'expansion attendue de l'aire d'occupation du

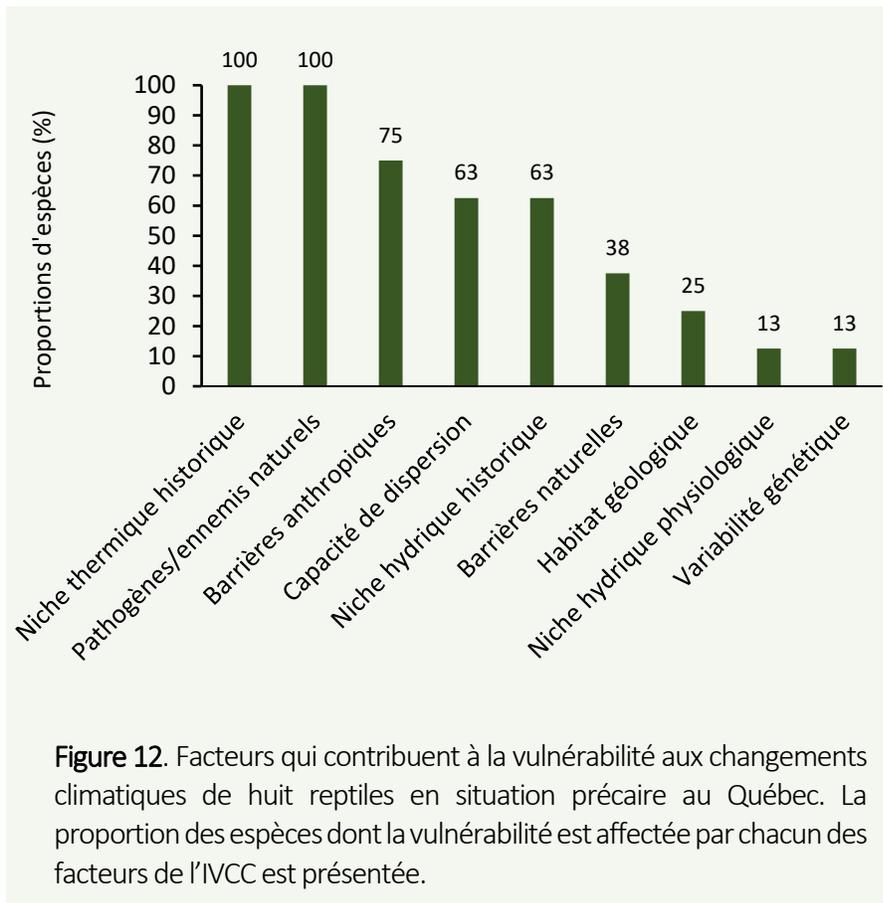


Figure 12. Facteurs qui contribuent à la vulnérabilité aux changements climatiques de huit reptiles en situation précaire au Québec. La proportion des espèces dont la vulnérabilité est affectée par chacun des facteurs de l'IVCC est présentée.

raton laveur (Pitt et coll., 2008) pourrait augmenter la prédation chez les reptiles et leurs œufs, nuisant au succès de reproduction des tortues (COSEPAC, 2012a; 2012b; 2016a; 2016b; 2018a). L'expansion prévue de la colonisation des milieux humides par le roseau commun (Tougas-Tellier, 2013) pourrait réduire les habitats disponibles pour les tortues (COSEPAC, 2012b; 2016a; 2016b). En Ontario, on prévoit des pertes d'habitats de 10 % à 70 % d'ici 120 ans pour la tortue mouchetée (*Emydoidea blandingii*; COSEPAC, 2016b). Enfin, la capacité de dispersion relativement limitée de plusieurs couleuvres et tortues ainsi que la présence de nombreuses barrières anthropiques (zones urbaines, routes et barrages) et, dans une moindre mesure, naturelles (fleuve Saint-Laurent et front salin); réduisent la possibilité que de nouveaux habitats propices puissent être naturellement colonisés par les reptiles en situation précaire.

Parmi les autres facteurs, l'utilisation spécifique des plages de sable pour la nidification de la tortue-molle à épines (*Apalone spinifera spinifera*) et de la tortue des bois (*Glyptemys insculpta*) augmente leur vulnérabilité, en particulier; à l'augmentation des épisodes de fortes pluies qui pourrait entraîner le



lessivage des nids. L'utilisation de milieux humides temporaires (niche hydrique physiologique restreinte) par la tortue mouchetée pour son alimentation printanière constitue aussi un facteur de vulnérabilité. Enfin, chez la couleuvre brune (*Storeria dekayi*), la variabilité génétique relativement faible des populations isolées du Québec (Lamarre, 2015) limite sans doute la capacité de l'espèce à s'adapter aux changements environnementaux.

Oiseaux

Selon les résultats de l'IVCC, les oiseaux forment un groupe possiblement moins vulnérable aux changements climatiques, étant donné que 12 des 27 espèces à l'étude paraissent peu vulnérables (figure 6). Quatre espèces seraient néanmoins hautement vulnérables, et la sterne de Dougall (*Sterna dougallii*) semble extrêmement vulnérable (figure 3). La disponibilité des modèles de niches bioclimatiques a permis d'ajuster le pointage obtenu pour 14 des 27 espèces. Les facteurs responsables de la vulnérabilité des oiseaux sont si diversifiés d'une espèce à l'autre qu'il est difficile d'en brosser un portrait général (figure 13).

Certains oiseaux côtiers, comme la sterne de Dougall, la population de sterne caspienne (*Hydroprogne caspia*) de la Basse-Côte-Nord et le pluvier siffleur (*Charadrius melodus*), ainsi que le grèbe esclavon (*Podiceps auritus*), associé aux milieux humides des Îles-de-la-Madeleine, figurent parmi les oiseaux en situation précaire du Québec les plus vulnérables aux changements climatiques. Les facteurs névralgiques sont la hausse attendue du niveau de la mer dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, ainsi que dans l'aire de répartition limitée aux zones côtières, où la stabilité historique des conditions climatiques suggère une capacité d'adaptation limitée aux variations thermiques. Les aménagements pour la protection des berges en réponse à la hausse du niveau des mers représentent une menace supplémentaire pour le pluvier siffleur aux Îles-de-la-Madeleine. De plus, le développement d'un parc éolien dans la dune du Nord pourrait engendrer une perte d'habitats et du dérangement pour le grèbe esclavon (BAPE, 2017). En outre, la capacité d'adaptation des oiseaux côtiers est limitée, étant donné leur fidélité aux sites de nidification (sternes) ou d'alimentation (bécasseau maubèche *rufa* [*Calidris canutus rufa*]), ainsi que par leur utilisation d'habitats insulaires (sternes, pluvier siffleur et grèbe esclavon). Enfin, la faible variabilité génétique des populations québécoises du bécasseau maubèche *rufa* (COSEPAC, 2007), du pluvier siffleur



(Miller et coll., 2010) et de la sterne de Dougall (COSEPAC, 2009c) représente aussi un facteur de vulnérabilité.

Les oiseaux de proie diurnes, comme l'aigle royal (*Aquila chrysaetos*) et le faucon pèlerin *anatum/tundrius* (*Falco peregrinus anatum/tundrius*), sont des oiseaux généralistes ayant une certaine affinité pour les climats froids. Malgré leur grande mobilité, la fidélité des individus reproducteurs aux sites de nidification pourrait contraindre l'ajustement de leur aire de répartition soumise au réchauffement. Au nord de sa répartition, le faucon pèlerin est sensible à l'augmentation des événements de précipitations extrêmes en période de nidification, ainsi qu'au harcèlement par les mouches noires (Équipe de rétablissement des oiseaux de proie du Québec, 2018), un facteur nuisant également à l'aigle royal. Le développement éolien

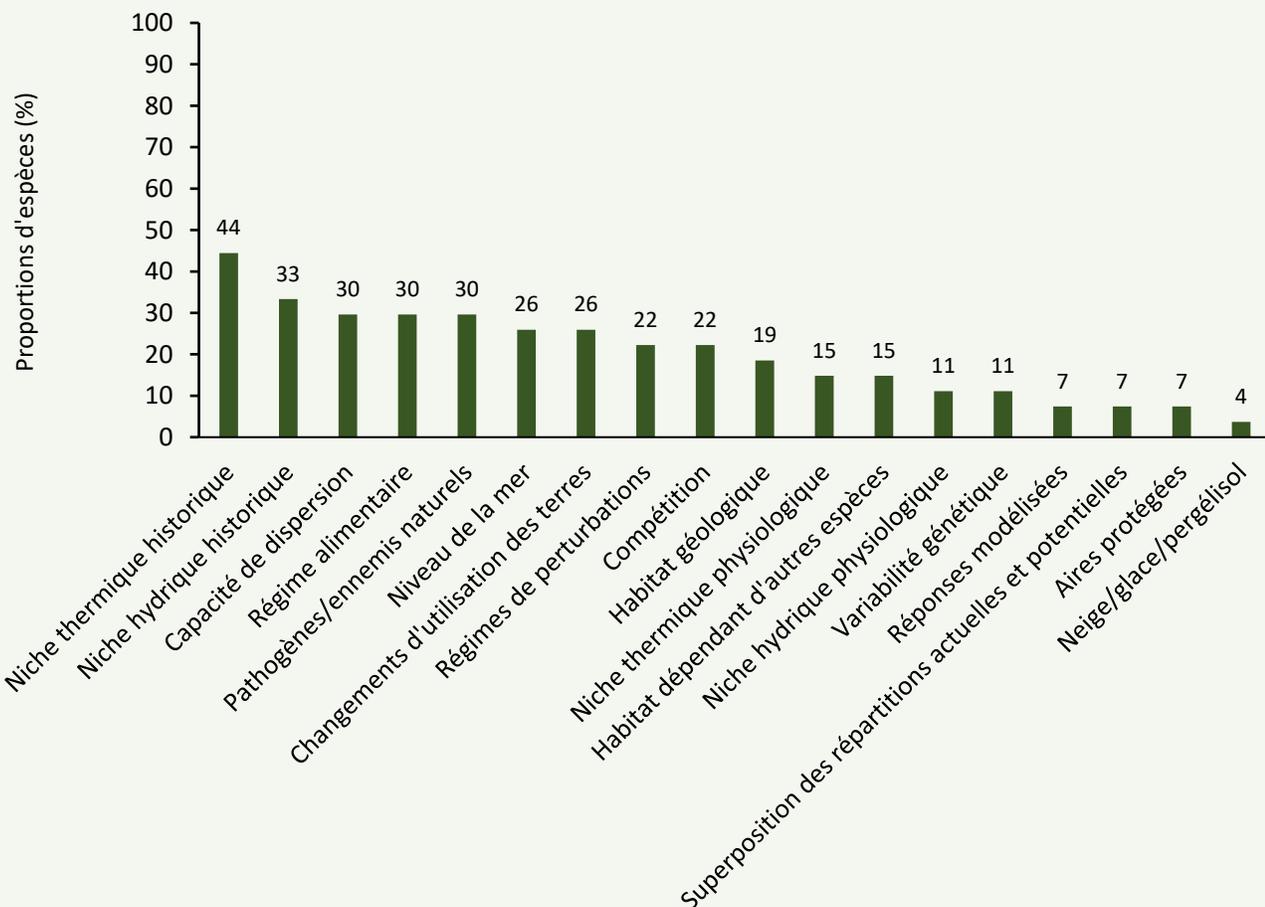


Figure 13. Facteurs qui contribuent à la vulnérabilité aux changements climatiques de 27 oiseaux en situation précaire au Québec. La proportion des espèces dont la vulnérabilité est affectée par chacun des facteurs de l'IVCC est présentée.



dans l'aire de répartition du pygargue à tête blanche (*Haliaeetus leucocephalus*), du faucon pèlerin et, particulièrement, de l'aigle royal est une menace qui s'amplifie par la mise en valeur de cette énergie à faible émissions de carbone.

Les modélisations de niches bioclimatiques prévoient une amplification des conditions climatiques favorables au Québec pour la majorité des oiseaux insectivores à l'étude (Berteaux et coll., 2015), et les résultats de l'IVCC suggèrent généralement une faible vulnérabilité aux changements climatiques, sauf pour la grive de Bicknell considérée comme hautement vulnérable. Cette espèce forestière tributaire des peuplements de sapins baumiers (*Abies balsamea*) est associée aux climats froids des sommets (niche physiologique étroite). Les pratiques forestières qui réduisent la densité de tiges des peuplements ont un impact direct sur l'habitat de cette grive (Environnement et Changement climatique Canada, 2020). Une utilisation accrue de ces pratiques est envisagée, à la fois pour augmenter la production de bois et pour réduire les pertes économiques liées aux épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, susceptibles d'augmenter avec les changements climatiques (MFFP, 2021). Le potentiel éolien étant élevé sur les hauts sommets, l'accélération du développement de cette filière énergétique menace également l'habitat de l'espèce. Enfin, il est possible que la dispersion des populations de grives soit limitée par un phénomène d'agglomération des individus (Aubry et coll., 2018), augmentant leur sensibilité. Les autres espèces d'oiseaux insectivores sensibles aux modifications climatiques sont notamment ceux qui se nourrissent exclusivement d'insectes volants ou dont l'alimentation est restreinte à certains groupes de proies, comme l'engoulevent d'Amérique (*Chordeiles minor*), la paruline azurée (*Setophaga cerulea*) ou le martinet ramoneur (*Chaetura pelagica*). Des facteurs névralgiques additionnels chez le martinet ramoneur sont la fidélité aux sites de nidification et de repos, l'utilisation de cheminées aux caractéristiques spécifiques et l'impact des précipitations abondantes sur le succès de reproduction. Enfin, plusieurs oiseaux insectivores présentent une niche thermique historique étroite, suggérant une capacité d'adaptation limitée aux variations thermiques.

Certains oiseaux en situation précaire associés aux milieux humides ou hydriques pourraient voir leurs habitats altérés par les changements climatiques. Le petit blongios (*Ixobrychus exilis*) risque de subir la perte de milieux humides en bordure du Saint-Laurent (COSEPAC, 2009d), alors que le déclin des milieux



humides boréaux est anticipé pour le quiscale rouilleux (*Euphagus carolinus*; Garneau et van Bellen, 2016). D'ailleurs, Stralberg et ses collaborateurs (2014) prévoient une diminution de 37 % de l'abondance de cette espèce dans la zone boréale canadienne. Parmi les deux espèces de canards à l'étude, le plus vulnérable est le garrot d'Islande (*Bucephala islandica*) compte tenu de ses besoins spécifiques en matière d'habitats, soit les lacs sans poisson où les cavités de nidification sont disponibles. Les travaux de modélisation d'Adde et ses collaborateurs (2020) prévoient un déclin marqué pour cette espèce au Québec.

Selon les résultats de l'IVCC, les oiseaux champêtres, comme le goglu des prés (*Dolichonyx oryzivorus*) et le bruant sauterelle sous-espèce de l'Est (*Ammodramus savannarum pratensis*), demeurent peu vulnérables aux changements climatiques, bien que l'expansion des cultures du maïs pour la production d'éthanol représente une menace pour leurs habitats. Les modélisations de niches bioclimatiques prévoient une amplification des conditions climatiques favorables à ces espèces au Québec (Berteaux et coll., 2015). Néanmoins, ces modèles suggèrent une dégradation des conditions climatiques propices à la pie-grièche migratrice (*Lanius ludovicianus*), sous-espèce de l'Est. Cette population est hautement vulnérable aux changements climatiques, compte tenu de la disjonction importante entre sa répartition actuelle et sa répartition future potentielle, ainsi que de la faible représentativité de sa répartition future potentielle dans le réseau d'aires protégées actuel.

Mammifères

Cinq des neuf mammifères à l'étude sont hautement ou extrêmement vulnérables aux changements climatiques (figure 6), la population du caribou montagnard de la Gaspésie, sous-espèce caribou des bois (*Rangifer tarandus caribou*) figurant comme la plus vulnérable (figure 3). Les facteurs de vulnérabilité des mammifères varient beaucoup entre les espèces, qui occupent des niches écologiques diversifiées (figure 14).

Selon les résultats de l'IVCC, les populations de trois écotypes de caribous du Québec (caribou montagnard, caribou forestier et caribou migrateur), associées aux climats nordiques et aux hautes altitudes, figurent parmi les espèces les plus vulnérables aux changements climatiques. Ces populations



peuvent être affectées par les changements climatiques, notamment par l'expansion de leurs prédateurs, comme le loup (*Canis lupus*), le coyote (*Canis latrans*) ou l'ours noir (*Ursus americanus*), ce dernier suivant la progression de l'orignal (*Alces alces*; Vors et Boyce, 2009; COSEPAC, 2017; Bastille-Rousseau et coll., 2018).

L'expansion de la répartition ou de l'abondance de parasites, comme le ver des méninges (*Parelaphostrongylus tenuis*), liée à la montée nordique du cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*), ou les insectes piqueurs (Witter et coll. 2012a, 2012b; Dawe et Boutin, 2016) est observée. La modification anticipée des régimes de perturbations est un facteur de risque prépondérant pour le caribou. Par exemple, une augmentation des épisodes de verglas et de gels-dégels limiterait l'accès aux ressources alimentaires pour les trois écotypes (COSEPAC, 2014a, 2017). L'augmentation des épidémies de tordeuses des bourgeons de l'épinette et, surtout, les coupes de récupération subséquentes, pourraient affecter le

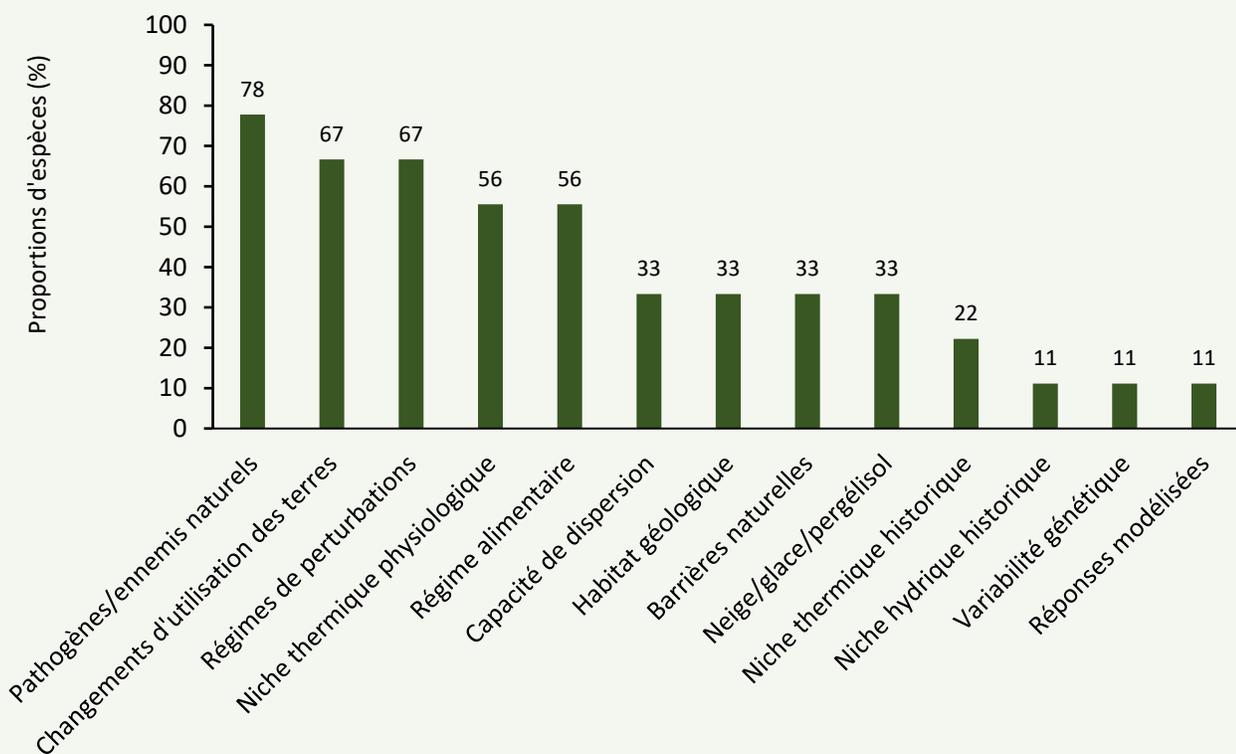


Figure 14. Facteurs qui contribuent à la vulnérabilité aux changements climatiques de neuf mammifères en situation précaire au Québec. La proportion des espèces dont la vulnérabilité est affectée par chacun des facteurs de l'IVCC est présentée.



caribou montagnard et le caribou forestier en rajeunissant les forêts (M.-H. St-Laurent, comm. pers. 2022). Une augmentation des feux de forêt anticipée dans l'aire de répartition du caribou forestier risque d'amplifier ces impacts (COSEPAC, 2014a). L'accroissement des risques d'avalanches peut, quant à lui, représenter une menace pour le caribou montagnard de la Gaspésie (Fortin et coll., 2011), puisqu'un seul de ces événements peut tuer de nombreux individus et mener au bord du gouffre cette population déjà réduite (M.-H. St-Laurent, comm. pers. 2022). Le développement éolien, accéléré pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, entraînerait des pertes d'habitats pour les trois écotypes. En outre, la niche thermique historique restreinte du caribou montagnard de la Gaspésie, couplée à une faible diversité génétique (Yannic et coll., 2016), limite sa capacité d'adaptation. Le Saint-Laurent agit comme une barrière naturelle majeure aux déplacements des caribous de la Gaspésie, en réponse aux modifications du climat, tout comme le sont la baie et le détroit d'Hudson ainsi que la mer du Labrador pour le caribou migrateur. Par ailleurs, une diminution du couvert de glace sur les rivières et plans d'eau est susceptible d'entraver les déplacements du caribou migrateur, ce qui se traduirait par une augmentation des distances parcourues pendant la migration (Leblond et coll., 2016). Les modèles prévoient une diminution de l'habitat propice au troupeau de la rivière George en réponse aux changements climatiques, mais plutôt une augmentation pour le troupeau de la rivière aux Feuilles (Sharma et coll., 2009).

Certains grands carnivores, comme le carcajou (*Gulo gulo*, dont la présence d'une population établie est incertaine au Québec) et, particulièrement, l'ours blanc (*Ursus maritimus*), sont fortement associés aux climats froids du nord de la province, ce qui contribue à les rendre vulnérables aux changements climatiques. La dépendance de l'ours blanc aux glaces de mer pour l'alimentation est bien connue, et ces glaces sont également importantes lors de la migration des femelles vers les aires de mise bas (COSEPAC, 2018c). De plus, le dégel du pergélisol et l'accroissement des épisodes de pluies entre février et avril pourraient causer l'effondrement des tanières de mise bas (COSEPAC, 2018c). Pour le carcajou, le maintien d'un couvert neigeux au printemps est essentiel, puisque les tanières de mise-bas sont creusées dans des amoncellements de neige (COSEPAC, 2014b). La diminution du couvert neigeux et la fonte du pergélisol pourraient aussi affecter la préservation des réserves de nourriture du carcajou (Inman et coll., 2012), alors que la diminution attendue de la durée de la glace de mer pourrait limiter la recolonisation



du Québec par la baie d'Hudson et le bassin de Foxe. Par ailleurs, la dépendance de l'ours blanc envers les phoques annelés (*Pusa hispida*), du Groenland (*Pagophilus groenlandicus*) et barbus (*Erignathus barbatus*; COSEPAC, 2018b) diminue leur capacité d'adaptation aux changements environnementaux. Il en est de même pour la dépendance du carcajou envers le caribou et, indirectement, envers le loup pour la disponibilité des carcasses (COSEPAC, 2014b). La sensibilité particulière de l'ours blanc aux pathogènes pourrait également être accentuée avec le réchauffement (Pilfold et coll., 2021). Les effets négatifs des changements climatiques sur la condition corporelle, la survie et la reproduction sont déjà observés chez au moins une des populations d'ours blancs du Québec (Obbard et coll., 2016), tandis que plusieurs modèles prévoient une diminution des effectifs résultant d'une diminution de la durée et de la densité de la glace de mer (COSEPAC, 2018c). Néanmoins, les populations du Québec sont possiblement moins vulnérables que d'autres, étant donné sa répartition mondiale (Hamilton et Derocher, 2019).

Les résultats de l'IVCC indiquent que les chauves-souris cavernicoles à l'étude présentent une vulnérabilité modérée aux changements climatiques, alors que la chauve-souris rousse (*Lasiurus borealis*), qui est arboricole, aurait une faible vulnérabilité. La disponibilité réduite des hibernacles et la fidélité de la chauve-souris nordique (*Myotis septentrionalis*), de la petite chauve-souris brune (*M. lucifugus*) et de la pipistrelle de l'Est (*Perimyotis subflavus*) envers ces sites sont parmi les facteurs prépondérants qui expliquent la vulnérabilité accrue des espèces cavernicoles. Une augmentation de la fréquence des redoux hivernaux pourrait entraîner davantage de périodes de réveil durant l'hibernation, donc des pertes d'énergie pour ces espèces (Rodenhouse et coll., 2008). De plus, bien qu'il soit difficile de prévoir l'effet exact des changements climatiques sur le syndrome du museau blanc (SMB), la virulence de l'infection est souvent plus importante dans les hibernacles chauds et humides, car le développement de l'infection est ralenti par les températures fraîches (Langwig et coll., 2012). Une hypothétique augmentation de la virulence de l'infection aurait un effet dévastateur sur les chauves-souris cavernicoles déjà en difficulté. Enfin, le développement éolien est généralement connu pour avoir un impact négatif sur les chiroptères à l'étude, particulièrement pour les espèces migratrices, comme la chauve-souris rousse (Levesque et Tremblay, 2008).



Portée et limites à l'interprétation de l'IVCC dans le contexte québécois

L'utilisation de l'IVCC offre plusieurs avantages qui ont été mis à profit dans cette étude. D'abord, l'indice permet l'évaluation simultanée et comparative d'un grand nombre d'espèces grâce à l'utilisation de critères clairs et détaillés établis pour chacun des facteurs par NatureServe (Young et Hammerson, 2016). Cette méthode assure une application uniforme de l'indice d'un taxon à l'autre, réduit les sources de biais et augmente le niveau de confiance dans les résultats, comparativement aux méthodes basées sur l'utilisation de questionnaires et d'avis d'experts, comme celles de Soucy (2014) et Samson (2016). Bien que ces dernières mettent également en lumière la vulnérabilité importante des amphibiens (Samson, 2016), des muettes et de l'ours blanc (Soucy, 2014), l'IVCC présente un pouvoir discriminant plus élevé pour plusieurs autres groupes d'espèces. Compte tenu des différences méthodologiques, il est hasardeux de vouloir expliquer davantage les divergences entre les résultats de l'IVCC et ceux de Soucy (2014) et Samson (2016). Pour sa part, l'IVCC offre une évaluation approfondie de la vulnérabilité des espèces aux changements climatiques grâce à l'analyse rigoureuse d'un maximum de 25 facteurs, et son application uniforme réalisée par une seule analyste renforce la comparaison des résultats obtenus. En outre, l'IVCC a été constamment amélioré au fil du temps afin de pallier certaines des lacunes décelées (Young et coll., 2015) et de produire une version adaptée au contexte canadien (version 3.0 - Canada; Young et Hammerson, 2016). De plus, l'interprétation des résultats de l'IVCC effectuée en parallèle avec les statuts de précarité des espèces, établis en évaluant leur situation à différentes menaces, permet d'intégrer la vaste majorité des menaces synergiques et d'identifier les espèces dont la situation est la plus préoccupante. Une des principales forces de l'IVCC demeure sa capacité à reconnaître les facteurs de vulnérabilité qui orienteront les mesures de conservation à mettre en place pour faciliter l'adaptation des espèces.

Pour assurer une interprétation adéquate des résultats obtenus avec l'IVCC, il convient de rappeler que l'évaluation ne couvre que la portion du cycle vital des espèces ayant lieu dans l'aire d'étude. Bien que l'IVCC puisse inclure une estimation de l'exposition aux changements climatiques dans les aires d'hivernage ou le long des routes migratoires, le manque de données sur la répartition des espèces durant cette phase de leur cycle vital n'a pas permis une telle analyse. De la même manière, les phases du cycle vital associées au milieu strictement marin sont exclues de l'analyse.



La sélection des variables climatiques servant à évaluer l'exposition à laquelle sont soumises les espèces est déterminante pour définir leur vulnérabilité. Il faut toutefois souligner, que pour certaines espèces, les variables utilisées par l'IVCC s'avèrent moins pertinentes, par exemple l'utilisation de la température de l'air pour évaluer l'exposition des espèces aquatiques. Par ailleurs, les travaux de Román-Palacios et Wiens (2020) indiquent que le déclin des populations est associé plus à l'augmentation des températures maximales annuelles qu'à celle des températures moyennes annuelles. Cette prémisse suggère que l'IVCC pourrait sous-estimer l'ampleur de l'exposition des espèces aux changements climatiques.

Par ailleurs, certains des principaux facteurs de vulnérabilité identifiés par l'IVCC soulèvent quelques questionnements. D'abord, la niche thermique historique est considérée comme étroite pour la plupart des espèces en situation précaire à l'étude, étant donné leur répartition restreinte dans la province. Une telle répartition implique une faible plage de variabilité thermique historique, et se traduit dans l'IVCC comme une faible capacité d'adaptation aux variations thermiques. Toutefois, la répartition de plusieurs de ces espèces s'étend bien au-delà des frontières de la province, ce qui pourrait laisser croire que leur niche thermique est en réalité beaucoup plus étendue et que certaines espèces pourraient tolérer des climats plus chauds. Il est néanmoins possible que les adaptations aux conditions locales de ces populations éloignées et limitées par des barrières naturelles importantes (fleuve Saint-Laurent, les Appalaches) ne s'inscrivent pas à l'intérieur du bagage génétique des populations. Également, la niche climatique historique des espèces doit représenter adéquatement la variabilité climatique à laquelle sont soumises les populations locales. Étant donné que ce facteur de vulnérabilité concerne 70 % des espèces à l'étude, il est essentiel de mettre en lumière les prémisses qui y sont associées, soit de considérer seulement la répartition québécoise comme niche thermique historique et non celle des territoires limitrophes. Cela dit, l'ampleur de la contribution de ce facteur à la vulnérabilité des espèces aux changements climatiques demeure relativement faible pour la vaste majorité des espèces à l'étude, c'est-à-dire que, bien qu'il soit souvent sélectionné, celui-ci n'augmente que légèrement leur vulnérabilité.

Enfin, la capacité de dispersion des espèces et la présence de barrières naturelles et anthropiques apparaissent comme des facteurs de vulnérabilité prépondérants pour l'IVCC. On assume donc



l'importance de la dispersion pour l'adaptation des espèces aux changements climatiques, ce qui n'est pas nécessairement toujours le cas. En effet, les travaux de Román-Palacios et Wiens (2020) indiquent que plusieurs populations ont pu survivre à une augmentation majeure des températures en modifiant leur niche climatique, c'est-à-dire l'étendue des conditions climatiques qu'elles sont à même de tolérer. Ils soulignent ainsi que la survie de plusieurs espèces pourrait reposer davantage sur leur capacité d'adaptation, par la plasticité phénotypique ou l'évolution, que sur l'ajustement de leur répartition en réponse au déplacement de leur niche climatique actuelle. En ce sens, il est donc possible que la vulnérabilité de certaines espèces soit surestimée. Il faut considérer que notre étude permet d'offrir néanmoins un portrait prudent de la vulnérabilité des espèces en situation précaire, évitant de négliger certaines dont les résultats seraient plus incertains. Les analyses réalisées avec l'IVCC demeurent basées sur des modèles climatiques qui peuvent être erronés. De plus, il faut se rappeler que, pour plusieurs espèces, l'aire de répartition et les connaissances sur la biologie tendent à augmenter avec l'amélioration des connaissances. Les espèces désignées menacées ou vulnérables sont généralement mieux documentées au Québec que les espèces susceptibles.



FAITS SAILLANTS ET RECOMMANDATIONS

Les résultats obtenus indiquent que 59 % des 87 espèces à l'étude sont hautement ou extrêmement vulnérables aux changements climatiques, c'est-à-dire que leur abondance ou leur répartition dans la province ont de forts à très forts risques de diminuer significativement ou de disparaître d'ici 2050. Cela confirme la situation préoccupante des espèces fauniques en situation précaire au Québec face à la menace climatique. Les espèces aquatiques comme les mulettes et les poissons semblent être les plus vulnérables, alors que les espèces généralistes en matière d'habitats et les oiseaux seraient globalement moins vulnérables. Enfin, soulignons que les insectes et les poissons sont les principaux taxons qui composent les espèces extrêmement vulnérables, et que toutes les espèces des milieux arctiques-alpins sont considérées comme hautement ou extrêmement vulnérables. Le portrait de la situation des espèces fauniques en situation précaire au Québec brossé par cette étude permet de préciser certaines des mesures à mettre en place pour favoriser la conservation de la biodiversité.

Prioriser la mise en œuvre de mesures d'adaptation

L'interprétation combinée des résultats de l'IVCC et du rang S des espèces suggère une priorisation des cibles de conservation pour la mise en œuvre de mesures d'adaptation aux changements climatiques. Ainsi, le satyre fauve des Maritimes, le chabot des profondeurs, le caribou montagnard, la sterne de Dougall, l'omble chevalier *oquassa*, la tortue-molle à épines, et le nordique à nervures blanches de Gaspé sont des exemples d'espèces en situation précaire les plus susceptibles d'être touchées par les effets des changements climatiques. La vulnérabilité extrême de ces espèces soulève d'importantes questions quant à leur persistance, de sorte que leur sauvegarde requiert de considérer tout le cortège de mesures de conservation disponibles (Desjardins et coll., 2024). Pour des espèces dont la survie est impossible sans intervention humaine (p. ex., le chabot des profondeurs, selon les résultats de l'IVCC), il faudrait possiblement envisager l'utilisation de mesures d'adaptation inhabituelles ou mitigées, comme la migration assistée ou la conservation *ex situ*. Néanmoins, il est possible que les efforts à investir pour assurer la sauvegarde de certaines de ces espèces compromettent la survie d'autres espèces ou aient des impacts sociaux ou économiques majeurs. Chacune de ces questions nécessite une analyse coûts-



bénéfices approfondie et évoque la nécessité d'une réflexion collective sur la responsabilité de notre société pour la sauvegarde de la biodiversité.

Par ailleurs, l'identification des espèces dont la vulnérabilité est extrême ne doit pas éclipser la situation de celles qui sont hautement et modérément vulnérables (figure 3). D'une part, la situation de certaines de ces espèces pourrait être plus facile à rétablir que celle d'espèces dont la viabilité est déjà fortement compromise par les changements climatiques. D'autre part, la mise en œuvre de mesures d'adaptation à l'échelle de l'écosystème pour réduire la vulnérabilité climatique de ces espèces pourrait favoriser la résilience d'autres espèces et écosystèmes à la menace climatique. Il semble essentiel d'améliorer les suivis populationnels pour les espèces dont la vulnérabilité est importante afin d'accroître notre capacité à détecter une éventuelle dégradation de leur situation ou, au contraire, d'en constater l'amélioration dans un cas où leur vulnérabilité aurait été surestimée. Les connaissances sur la répartition et sur la biologie des espèces évoluent, particulièrement pour les espèces susceptibles, qui sont généralement moins étudiées. Il serait important de refaire l'analyse en considérant les connaissances les plus à jour, surtout au niveau des données climatiques (plusieurs données de référence sont antérieures à 2015).

Réduire les vulnérabilités

Les facteurs de vulnérabilité identifiés dans cette étude servent comme base pour planifier et mettre en œuvre des mesures d'adaptation visant à favoriser la conservation des espèces fauniques en situation précaire au Québec dans un contexte de changements climatiques. S'il s'avère parfois difficile d'agir sur certains de ces facteurs directs (p. ex., la hausse des niveaux d'eau, l'augmentation des étiages ou des températures), il est néanmoins souvent possible d'agir en amont pour plusieurs des enjeux déterminés. Ainsi, la mise en place de mesures d'adaptation est bien souvent envisageable et pourrait être priorisée pour atténuer certains risques indirects.

La niche thermique historique étroite, associée à une sensibilité intrinsèque limitée aux variations thermiques, est le facteur de risque le plus fréquemment observé chez les espèces à l'étude. Bien qu'il semble difficile de l'atténuer, le maintien de la diversité génétique des espèces et même la bonification du bagage génétique, grâce à des apports en provenance de populations adaptées à des climats plus



chauds, sont des avenues à considérer pour faciliter l'adaptation des espèces aux changements climatiques. Les barrières naturelles et anthropiques, souvent associées à une capacité de dispersion limitée, sont des facteurs de risque prépondérants qui plaident en faveur de l'amélioration de la connectivité des habitats terrestres et aquatiques. Faciliter la dispersion permet de doter certaines espèces de la capacité à éviter certains facteurs de risque directs, réduisant leur exposition. En outre, l'importance relative des barrières anthropiques (p. ex., pour les tortues) ou naturelles (p. ex., pour les salamandres de ruisseaux) fournit de précieuses informations pour cibler les mesures d'adaptation les plus appropriées. Par exemple, pour les tortues, une amélioration de la connectivité des habitats dans les paysages anthropisés pourrait représenter un gain considérable pour favoriser leur persistance, en limitant la mortalité, tout en facilitant leurs déplacements. En revanche, pour les salamandres de ruisseaux, la difficulté de réduire les barrières naturelles au déplacement nécessite la mise en place de mesures d'adaptation pour renforcer leur capacité d'adaptation *in situ*.

Les résultats soulignent la grande sensibilité des espèces qui sont étroitement associées à des milieux humides et hydriques spécifiques (niche hydrique physiologique étroite). Ainsi, la mise en œuvre de mesures de gestion et de restauration des écosystèmes qui tiennent compte des changements hydrologiques futurs s'avère nécessaire pour la sauvegarde de certaines espèces, comme la rainette faux-grillon. De la même manière, la sensibilité de certaines espèces à la modification des régimes de perturbations naturelles implique de revoir les mesures de gestion associées à certaines perturbations. Par exemple, une augmentation des impacts des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette est anticipée dans l'habitat du caribou forestier. L'effet cumulatif des incendies, des épidémies et des travaux sylvicoles visant à en réduire les impacts sur la production de bois dégrade l'habitat des caribous forestier et montagnard (MFFP, 2021). D'autres solutions seraient à envisager dans l'habitat du caribou. L'expansion des pathogènes, des espèces exotiques envahissantes et des prédateurs représente aussi un risque important pour plusieurs espèces fauniques en situation précaire au Québec, ce qui impose d'instaurer un suivi rigoureux et, dans la mesure du possible, des mesures de gestion visant à ralentir cette expansion.



Enfin, les acteurs de la conservation et les gestionnaires devront revoir attentivement les facteurs de vulnérabilité propres à chaque espèce, groupe d'espèces ou type d'habitats en fonction de leur cycle vital afin de mettre en place les mesures d'adaptation efficaces pour atteindre les objectifs de conservation souhaités.

CONCLUSION

Les changements climatiques font planer une menace importante sur les espèces fauniques en situation précaire au Québec et celles-ci seront affectées de différentes façons, selon les facteurs de vulnérabilité qui les concernent. Ces facteurs peuvent concerner l'impact direct des changements climatiques sur les espèces et leurs habitats ou les impacts indirects de l'effet des changements climatiques sur des menaces documentées (p. ex., arrivée de prédateurs ou d'espèces exotiques envahissantes, hausse des impacts du développement énergétique ou forestier en réponse aux enjeux climatiques, etc.). Ce rapport brosse un portrait de la situation pour un grand nombre d'espèces en situation précaire au Québec. Les recommandations formulées visent à soutenir la réflexion des gestionnaires en conservation quant aux stratégies d'adaptation à mettre en œuvre. Toutefois, le niveau important de vulnérabilité décelé chez certaines espèces, les effets déjà perceptibles des changements climatiques sur la biodiversité et les récents constats alarmants du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2022) soulignent la nécessité d'accélérer la mise en place de mesures d'adaptation.

Étant donné la nature complexe et dynamique de l'enjeu des changements climatiques, l'acquisition de connaissances demeure un élément de première importance. Ainsi, il apparaît essentiel de maintenir ou de mettre en place un suivi des populations d'espèces les plus vulnérables et d'espèces indicatrices afin de documenter les effets des changements climatiques. Enfin, la mise en place de processus de gestion flexibles et dynamiques devra permettre d'intégrer les connaissances acquises pour favoriser la conservation des espèces en situation précaire et de la biodiversité.



BIBLIOGRAPHIE

- ADDE, A., D. STRALBERG, T. LOGAN, C. LEPAGE, S. CUMMING et M. DARVEAU (2020). "Projected effects of climate change on the distribution and abundance of breeding waterfowl in Eastern Canada", *Climatic Change*, 162(4): 2339-2358.
- AUBRY, Y., A. DESROCHERS et G. SEUTIN (2018). "Bicknell's Thrush (*Catharus bicknelli*) habitat occupancy in Québec's Laurentian Highlands", *Avian Conservation and Ecology*, 13(2): art. 8.
- AUZEL, P., H. GAONAC'H, F. POISSON, R. SIRON, S. CALMÉ, M. BÉLANGER, M. M. BOURASSA, A. KESTRUP, A. CUERRIER, A. DOWNING, C. LAVALLÉE, F. PELLETIER, J. CHAMBERS, A. E. GAGNON, M. C. BÉDARD, Y. GENDREAU, A. GONZALEZ, M. MITCHELL, J. WHITELEY et A. LAROCQUE (2012). *Impacts des changements climatiques sur la biodiversité du Québec : résumé de la revue de littérature*, CSBQ, MDDEP, Ouranos, 29 p.
- BAPE (2017). *Les enjeux liés à l'implantation d'éoliennes dans l'habitat floristique protégé de la Dune-du-Nord aux îles-de-la-Madeleine*, 82 p.
- BERTEAUX, D., M. RICARD, M.-H. ST-LAURENT, N. CASAJUS, C. PÉRIÉ, F. BEAUREGARD et S. DE BLOIS (2018). "Northern protected areas will become important refuges for biodiversity tracking suitable climates", *Scientific Reports*, 8(1).
- BERTEAUX, D., N. CASAJUS et S. DE BLOIS (2015). *CC-Bio* [En ligne] [<http://cc-bio.uqar.ca/>] (Consulté le 7 janvier 2021).
- BERTEAUX, D., N. CASAJUS et S. DE BLOIS (2014). *Changements climatiques et biodiversité du Québec : vers un nouveau patrimoine naturel*, Presses de l'Université du Québec, Québec, 240 p.
- BOYER, C., D. CHAUMONT, I. CHARTIER et A.G. ROY (2010a). "Impact of climate change on the hydrology of St. Lawrence tributaries", *Journal of Hydrology*, 384(1-2): 65-83.
- BOYER, C., P. M. VERHAAR, A. G. ROY, P. M. BIRON et J. MORIN (2010b). "Impacts of environmental changes on the hydrology and sedimentary processes at the confluence of St. Lawrence tributaries: potential effects on fluvial ecosystems", *Hydrobiologia*, 647(1): 163-183.
- BRINKER, S. R., M. GARVEY et C. D. JONES (2018). *Climate change vulnerability assessment of species in the Ontario Great Lakes Basin*, Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry, Science and Research Branch, Peterborough, Ontario, 176 p.
- BROOK, B., N. SODHI et C. BRADSHAW (2008). "Synergies among extinction drivers under global change", *Trends in Ecology & Evolution*, 23(8): 453-460.
- BROWN, P. M. J., C. E. THOMAS, E. LOMBAERT, D. L. JEFFRIES, A. ESTOUP et L.-J. LAWSON HANDLEY (2011). "The global spread of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): distribution, dispersal and routes of invasion", *BioControl*, 56(4): 623-641.
- BUCHOLZ, J. R., N. M. SARD, N. M. VANTASSEL, J. D. LOZIER, T. J. MORRIS, A. PAQUET et D. T. ZANATTA (2022). "RAD-tag and mitochondrial DNA sequencing reveal the genetic structure of a widespread and regionally imperiled freshwater mussel, *Obovaria olivaria* (Bivalvia: Unionidae)", *Ecology and Evolution*, 12(1).



- CAVICCHIOLI, R., W. J. RIPPLE, K. N. TIMMIS, F. AZAM, L. R. BAKKEN, M. BAYLIS, M. J. BEHRENFELD, A. BOETIUS, P. W. BOYD, A. T. CLASSEN, T. W. CROWTHER, R. DANOVARO, C. M. FOREMAN, J. HUISMAN, D. A. HUTCHINS, J. K. JANSSON, D. M. KARL, B. KOSKELLA, D. B. M. WELCH, J. B. H. MARTINY, M. A. MORAN, V. J. ORPHAN, D. S. REAY, J. V. REMAIS, V. I. RICH, B. K. SINGH, L. Y. STEIN, F. J. STEWART, M. B. SULLIVAN, M. J. H. VAN OPPEN, S. C. WEAVER, E. A. WEBB et N. S. WEBSTER (2019). "Scientists' warning to humanity: microorganisms and climate change", *Nature Reviews Microbiology*, 17(9): 569-586.
- CDPNQ (2021). *Rangs de précarité des espèces à l'échelle provinciale (rangs S) – Évaluations disponibles en 2021*. Base de données du Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec.
- CEHQ (2015). *Atlas hydroclimatique du Québec méridional: impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050*, Québec, 81 p.
- CONGDON, J. D. (1989). "Proximate and Evolutionary Constraints on Energy Relations of Reptiles", *Physiological Zoology*, 62(2): 356-373.
- CORNELL UNIVERSITY (2020). *Birds of the world*. [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/home>] (Consulté le 15 décembre 2020).
- COSEPAC (2006). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le chevalier de rivière (Moxostoma carinatum) au Canada – mise à jour*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 36 p.
- COSEPAC (2007). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Bécasseau maubèche de la sous-espèce rufa (Calidris canutus rufa), du type roselaari (Calidris canutus roselaari type) et de la sous-espèce islandica (Calidris canutus islandica) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 67 p.
- COSEPAC (2009a). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la Grive de Bicknell (Catharus bicknelli) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 46 p.
- COSEPAC (2009b). *Évaluation et Rapport de situation de COSEPAC sur le satyre fauve des Maritimes (Coenonympha nipisiquit) au Canada – mise à jour*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 39 p.
- COSEPAC (2009c). *Évaluation et Rapport de situation de COSEPAC sur la Sterne de Dougall (Sterna dougallii) au Canada – mise à jour*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 55 p.
- COSEPAC (2009d). *Évaluation et Rapport de situation de COSEPAC sur le Petit blongios (Ixobrychus exilis) au Canada – mise à jour*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 42 p.
- COSEPAC (2011). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'obovarie olivâtre (Obovaria olivaria) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 52 p.
- COSEPAC (2012a). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la tortue géographique (Graptemys geographica) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 73 p.
- COSEPAC (2012b). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la tortue musquée (Sternotherus odoratus) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 76 p.
- COSEPAC (2014a). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le carcajou (Gulo gulo) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 51 p.
- COSEPAC (2014b). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le caribou (Rangifer tarandus), population de Terre-Neuve, population de la Gaspésie-Atlantique et population boréale, au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 144 p.
- COSEPAC (2014c). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le chevalier cuivré (Moxostoma hubbsi) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 81 p.



- COSEPAC (2015). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le bourdon terricole (Bombus terricola) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 69 p.
- COSEPAC (2016a). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la tortue molle à épines (Apalone spinifera) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 42 p.
- COSEPAC (2016b). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la tortue mouchetée (Emydoidea blandingii), population de la Nouvelle-Écosse et population des Grands Lacs et du Saint-Laurent au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 124 p.
- COSEPAC (2016c). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le fouille-roche gris (Percina copelandi), populations du lac Érié, populations du lac Ontario et populations du Saint-Laurent, au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, 57 p.
- COSEPAC (2017). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le caribou (Rangifer tarandus) population migratrice de l'Est et population des monts Torngat, au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, p. 80.
- COSEPAC (2018a). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la tortue des bois (Glyptemys insculpta) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 61 p.
- COSEPAC (2018b). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la salamandre sombre des montagnes (Desmognathus ochrophaeus)* Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 107 p.
- COSEPAC (2018c). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'ours blanc (Ursus maritimus) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 129 p.
- COSEPAC (en préparation). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le dard de sable (Ammocrypta pellucida) populations du sud-ouest de l'Ontario, du Québec et du Lac West, au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa.
- DESJARDINS, D., M. RICARD, É. RABY-CHASSÉ et A. SIMARD (2024). *Guide sur les mesures d'adaptation aux changements climatiques : favoriser la conservation de la biodiversité*, Bureau d'écologie appliquée et ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, Direction générale des écosystèmes et des espèces menacées ou vulnérables, Direction principale des espèces menacées ou vulnérables, Direction des espèces fauniques menacées ou vulnérables, gouvernement du Québec, Québec, 61 p.
- DOMAINE, É., (2012). *Rapport sur la situation du cuivré des marais salés (Lycaena dospassosi) au Québec*, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, ministère des Ressources naturelles et de la faune, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats et plan Saint-Laurent pour un développement durable, Québec, 37 p.
- DUKES, J. S., J. PONTIUS, D. ORWIG, J. R. GARNAS, V. L. RODGERS, N. BRAZE, B. COOKE, K. A. THEOHARIDES, E. E. STRANGE, R. HARRINGTON, J. EHRENFELD, J. GUREVITCH, M. LERDAU, K. STINSON, R. WICK et M. AYRES (2009). "Responses of insect pests, pathogens, and invasive plant species to climate change in the forests of northeastern North America: What can we predict?", *Canadian Journal of Forest Research*, 39(2): 231-248.
- DUMITRU, A. (2016). *Évaluation du risque associé aux changements climatiques et à la modification des niveaux d'eau sur la salamandre pourpre et les moules d'eau douce dans les bassins versants des rivières Yamaska et Bécancour*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Service de la conservation de la biodiversité et des milieux humides, 66, p.



- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2020). *Programme de rétablissement de la grive de Bicknell (Catharus bicknelli) au Canada*, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Environnement et Changement climatique Canada, Ottawa, viii + 100 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSMENT DE LA RAINETTE FAUX-GRILLON DE L'OUEST DU QUÉBEC (2019). *Plan de rétablissement de la rainette faux-grillon de l'Ouest (Pseudacris triseriata) — 2019-2029*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, 65 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSMENT DES OISEAUX DE PROIE DU QUÉBEC (2018). *Plan de rétablissement du faucon pèlerin (Falco peregrinus anatum/tundrius) au Québec — 2019- 2029*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 58 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSMENT DES SALAMANDRES DE RUISSEAUX DU QUÉBEC (2021a). *Plan de rétablissement de la salamandre pourpre (Gyrinophilus porphyriticus) au Québec — 2021-2031*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 69 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSMENT DES SALAMANDRES DE RUISSEAUX DU QUÉBEC (2021b). *Plan de rétablissement de la salamandre sombre des montagnes (Desmognathus ochrophaeus) au Québec — 2021-2031*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 72 p.
- ERNST, C. H. et J. E. LOVICH (2009). *Turtles of the United States and Canada*, 2e édition, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, 827 p.
- FODEN, W. B., B. E. YOUNG, H. R. AKÇAKAYA, R. A. GARCIA, A. A. HOFFMANN, B. A. STEIN, C. D. THOMAS, C. J. WHEATLEY, D. BICKFORD, J. CARR, D. HOLE, T. MARTIN, M. PACIFICI, J. PEARCE-HIGGINS, P. J. PLATTS, P. VISCONTI, J. WATSON et B. HUNTLEY (2019). "Climate change vulnerability assessment of species", *WIREs Climate Change*, 10(1).
- FORTIN, G., B. HÉTU et D. GERMAIN (2011). "Climat hivernal et régimes avalancheux dans les corridors routiers de la Gaspésie septentrionale (Québec, Canada)", *Climatologie*, 8: 9-25.
- FRAZER, N. B., J. L. GREENE et J. W. GIBBONS (1993). "Temporal Variation in Growth Rate and Age at Maturity of Male Painted Turtles, *Chrysemys picta*", *American Midland Naturalist*, 130(2): 314.
- GALLARDO, B. et D. C. ALDRIDGE (2013). "Evaluating the combined threat of climate change and biological invasions on endangered species", *Biological Conservation*, 160: 225-233.
- GARNEAU, M. et S. VAN BELLEN (2016). *Synthèse de la valeur et la répartition du stock de carbone terrestre au Québec*, Rapport final préparé par la Chaire DÉCLIQUE, le Centre GEOTOP et le Département de géographie de l'Université du Québec à Montréal pour le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 49 p.
- GAUCHARD, F. et A.-M. HATTENBERGER (2005). *Évaluation du risque d'apparition et de développement de maladies animales compte tenu d'un éventuel réchauffement climatique*, Agence française de sécurité sanitaire des aliments, 78 p.
- GAUTHIER, J. et Y. AUBRY (1995). *Les oiseaux nicheurs du Québec: Atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional*, Association québécoise des groupes d'ornithologues, Société québécoise de protection des oiseaux et Service canadien de la Faune, Environnement Canada, Montréal, Québec, 1295 p.



- GENDREAU, Y., A. LACHANCE, M. RICARD, H. GILBERT, N. CASAJUS et D. BERTEAUX (2018). "Changements climatiques : défis et perspectives pour les plantes vasculaires en situation précaire au Québec", *Le Naturaliste canadien*, 142(1): 16.
- GENEVA, A. J., A. M. KREIT, S. NEIFFER, S. TSANG et R. J. HORWITZ (2018). "Regional population structure of the endangered Bridle Shiner (*Notropis bifrenatus*)", *Conservation Genetics*, 19(5): 1039-1053.
- GIEC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösche, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844
- GIEC (2014). *Changements climatiques 2014: Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]*. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.
- GIEC (2007). *Annexe 1 – Glossaire* dans : Bilan 2007 des changements climatiques : Impacts, adaptation et vulnérabilité. Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.
- GIRARDIN, M. P. et A. TERRIER (2015). "Mitigating risks of future wildfires by management of the forest composition: an analysis of the offsetting potential through boreal Canada", *Climatic Change*, 130(4): 587-601.
- GREEN, L. E. et J. E. PELOQUIN (2008). "Acute toxicity of acidity in larvae and adults of four stream salamander species (Plethodontidae)", *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27(11): 2361.
- HAMILTON, S. G. et A. E. DEROCHER (2019). "Assessment of global polar bear abundance and vulnerability", *Animal Conservation*, 22(1): 83-95.
- HANDFIELD, L. (2011). *Les papillons du Québec – Guide d'identification*. Édition Broquet. 672 p.
- INMAN, R. M., A. J. MAGOUN, J. PERSSON et J. MATTISSON (2012). "The wolverine's niche: linking reproductive chronology, caching, competition, and climate", *Journal of Mammalogy*, 93(3): 634-644.
- JAMES, T. S., J. A. HENTON, L. J. LEONARD, A. DARLINGTON, D. L. FORBES et M. CRAYMER (2014). *Relative sea-level projections in Canada and the adjacent mainland United States*, Geological Survey of Canada, no 7737, 72 p.
- KERR, J. T., A. PINDAR, P. GALPERN, L. PACKER, S. G. POTTS, S. M. ROBERTS, P. RASMONT, O. SCHWEIGER, S. R. COLLA, L. L. RICHARDSON, D. L. WAGNER, L. F. GALL, D. S. SIKES et A. PANTOJA (2015). "Climate change impacts on bumblebees converge across continents", *Science*, 349(6244): 177-180.
- KORNIS, M. S., N. MERCADO-SILVA et M. J. VANDER ZANDEN (2012). "Twenty years of invasion: a review of round goby *Neogobius melanostomus* biology, spread and ecological implications", *Journal of Fish Biology*, 80(2): 235-285.
- KRAFSUR, E. S., J. J. OBRZYCKI et J. D. HARWOOD (2005). "Comparative genetic studies of native and introduced Coccinellidae in North America", *European Journal of Entomology*, 102(3): 469-474.
- KUMAR, R., S. J. MARTELL, T. J. PITCHER et D. A. VARKEY (2013). "Temperature-driven decline of a cisco population in Mille Lacs Lake, Minnesota", *North American Journal of Fisheries Management*, 33(4): 669-681.
- LAMARRE, P. (2015). *Variations dans la réponse de la diversité génétique de populations de couleuvres insulaires faisant face à la perte d'habitat*, Université de Montréal, Département des sciences biologiques, Québec, 125 p.



- LANGWIG, K. E., W. F. FRICK, J. T. BRIED, A. C. HICKS, T. H. KUNZ et A. MARM KILPATRICK (2012). "Sociality, density-dependence and microclimates determine the persistence of populations suffering from a novel fungal disease, white-nose syndrome", *Ecology Letters*, 15(9): 1050-1057.
- LAWLER, J. J., D. WHITE, J. C. SIFNEOS et L. L. MASTER (2003). "Rare species and the use of indicator groups for conservation planning", *Conservation Biology*, 17(3): 875-882.
- LEBLOND, M., M.-H. ST-LAURENT et S. D. CÔTÉ (2016). "Caribou, water, and ice – fine-scale movements of a migratory arctic ungulate in the context of climate change", *Movement Ecology*, 4(1).
- LEVERT, C., C. DESJARLAIS, R. ROY et N. AUDET (2016). *Étude économique régionale des impacts potentiels des bas niveaux d'eau du fleuve Saint-Laurent dus aux changements climatiques et des options d'adaptation*, Rapport soumis à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques de Ressources naturelles Canada et au gouvernement du Québec par Ouranos, Montréal, 49 p.
- LEVESQUE, A. et J. A. TREMBLAY (2008). *Rapport sur la situation de la chauve-souris rousse (Lasiurus borealis) au Québec*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Faune Québec, 26 p.
- LEVISON, J., M. LAROCQUE et M.A. OUELLET (2014). "Modeling low-flow bedrock springs providing ecological habitats with climate change scenarios", *Journal of Hydrology*, 515: 16-28.
- LORCH, J. M., S. KNOWLES, J. S. LANKTON, K. MICHELL, J. L. EDWARDS, J. M. KAPFER, R. A. STAFFEN, E. R. WILD, K. Z. SCHMIDT, A. E. BALLMANN, D. BLODGETT, T. M. FARRELL, B. M. GLORIOSO, L. A. LAST, S. J. PRICE, K. L. SCHULER, C. E. SMITH, J. F. X. WELLEHAN et D. S. BLEHERT (2016). "Snake fungal disease: an emerging threat to wild snakes", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1709): 20150457.
- LOWE, W. H. (2012). "Climate change is linked to long-term decline in a stream salamander", *Biological Conservation*, 145(1): 48-53.
- MANDRAK, N. E. et B. CUDMORE (2004). *Évaluation du risque posé par la carpe d'Asie au Canada*, Pêches et Océans Canada, Secrétariat canadien de consultation scientifique, document de recherche 2004/103, 48 p.
- MELCCFP (2024). *Liste de la faune vertébrée du Québec (LFVQ)*. [En ligne] [<https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/liste-de-la-faune-verteebree-du-quebec>] Consulté le 20 avril 2024.
- MERN (2021). *Projets éoliens au Québec* [En ligne] [<https://mern.gouv.qc.ca/energie/energie-eolienne/projets-eoliens-au-quebec>] (Consulté le 15 décembre 2020).
- MFFP (2021). *Revue de littérature sur les facteurs impliqués dans le déclin des populations de caribous forestiers au Québec et de caribous montagnards de la Gaspésie*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 259 p.
- MILLER, M. P., S. M. HAIG, C. L. GRATTO-TREVOR et T. D. MULLINS (2010). "Subspecies status and population genetic structure in Piping Plover (*Charadrius melodus*)", *The Auk*, 127(1): 57-71.
- MORTSCH, L., H. HENGEVELD, M. LISTER, L. WENGER, B. LOFGREN, F. QUINN et M. SLIVITZKY (2000). "Climate Change Impacts on the Hydrology of the Great Lakes-St. Lawrence System", *Canadian Water Resources Journal*, 25(2): 153-179.
- NATURESERVE (2021). *NatureServe Explorer* [En ligne] [<https://explorer.natureserve.org>] (Consulté le 7 janvier 2021).
- ORBARD, M. E., M. R. L. CATTET, E. J. HOWE, K. R. MIDDEL, E. J. NEWTON, G. B. KOLENOSKY, K. F. ABRAHAM, C. J. GREENWOOD (2016). "Trends in body condition in polar bears (*Ursus maritimus*) from the Southern Hudson Bay subpopulation in relation to changes in sea ice", *Arctic Science*, 2(1): 15-32.

- OURANOS (2015). *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Partie 1 : Évolution climatique au Québec*, Édition 2015, 114 p.
- OWEN, E. L., J. S. BALE et S. A. L. HAYWARD (2013). "Can winter-active bumblebees survive the cold? Assessing the cold tolerance of *Bombus terrestris audax* and the effects of pollen feeding", *PLoS ONE*, 8(11): e80061.
- PAQUET, A., N. DESROSIERS et A. L. MARTEL (2018). *Rapport sur la situation de l'anodonte du gaspareau (Anodonta implicata) au Québec*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, Québec, 54 p.
- PETSCH, D. K., L. G. dos S. RIBAS, T. MANTOVANO, M. M. PULZATTO, A. T. ALVES, G. D. PINHA et S. M. THOMAZ (2020). "Invasive potential of golden and zebra mussels in present and future climatic scenarios in the new world", *Hydrobiologia*, 848, 2319–2330.
- PILFOLD, N. W., E. S. RICHARDSON, J. ELLIS, E. JENKINS, W. B. SCANDRETT, A. HERNÁNDEZ-ORTIZ, K. BUHLER, D. MCGEACHY, B. AL-ADHAMI, K. KONECSNI, V. A. LOBANOV, M. A. OWEN, B. RIDEOUT et N. J. LUNN (2021). "Long-term increases in pathogen seroprevalence in polar bears (*Ursus maritimus*) influenced by climate change", *Global Change Biology* 27 (19). 4481-4497.
- PITT, J. A., S. LARIVIÈRE et F. MESSIER (2008). "Survival and body condition of raccoons at the edge of the range", *Journal of Wildlife Management*, 72(2): 389-395.
- RICARD, M., C. CARON, A. LACHANCE, N. BOUSQUET et A. SIMARD (2021). « La migration assistée : une option de conservation pour les espèces en situation précaire vulnérables aux changements climatiques? », *Le Naturaliste canadien*, 145(1) : 3-20.
- RICHARDSON, L. L. (2020). *Bumble bees of North America occurrence records database* [En ligne] [<https://www.leifrichardson/bbna>] (Consulté le 18 mai 2020).
- ROBERT, M., M.-H. HACHEY, D. LEPAGE et A. R. COUTURIER (2019). *Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional*, Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune, Environnement et Changement climatique Canada et Études d'Oiseaux Canada, Montréal, 694 p.
- RODENHOUSE, N. L., S. N. MATTHEWS, K. P. MCFARLAND, J. D. LAMBERT, L. R. IVERSON, A. PRASAD, T. S. SILLETT et R. T. HOLMES (2008). "Potential effects of climate change on birds of the Northeast", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 13(5-6): 517-540.
- ROGIC, A., N. TESSIER et F.-J. LAPOINTE (2019). "Genetic characterization of imperiled Boreal Chorus Frogs identifies populations for conservation", *Journal of Herpetology*, 53(2): 89.
- ROMÁN-PALACIOS, C. et J. J. WIENS (2020). "Recent responses to climate change reveal the drivers of species extinction and survival", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(8): 4211-4217.
- SAMSON, J. (2016). *Stratégie de conservation multi-espèces dans un contexte de changements climatiques sur le territoire du Québec*, Rapport final des travaux préparé par le Centre de la Science de la Biodiversité du Québec (CSBQ) pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 138 p.
- SCHLESINGER, M. D., J. D. CORSER, K. A. PERKINS et E. L. WHITE (2011). *Vulnerability of at-risk species to climate change in New York*, New York Natural Heritage Program, Albany, New-York, 67 p.
- SCHWARZKOPF, L. et R.J. BROOKS (1985). "Sex determination in northern painted turtles: effect of incubation at constant and fluctuating temperatures". *Canadian Journal of Zoology*, 63(11): 2543-2547.



- SHANK, C. C. et A. NIXON (2014). *Climate change vulnerability of Alberta's terrestrial biodiversity: A preliminary assessment*, Biodiversity Management and Climate Change Adaptation project, Alberta Biodiversity Monitoring Institute, Edmonton, Alberta, 60 p.
- SHARMA, S., S. COUTURIER et S. D. CÔTÉ (2009). "Impacts of climate change on the seasonal distribution of migratory caribou", *Global Change Biology*, 15(10): 2549-2562.
- SOUCY, A. (2014). *Évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques des espèces menacées, vulnérables ou susceptibles de l'être*, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 102 p.
- STRALBERG, D., S. M. MATSUOKA, A. HAMANN, E. M. BAYNE, P. SÓLYMOS, F. K. A. SCHMIEGELOW, X. WANG, S. G. CUMMING et S. J. SONG (2014). "Projected boreal bird responses to climate change: the signal exceeds de noise", *Ecological Applications*, 25(1), p. 52–69.
- TOUGAS-TELLIER, M.-A. (2013). *Impact des changements climatiques sur l'expansion du roseau envahisseur dans le fleuve Saint-Laurent*, Université Laval, Québec, 70 p.
- TURGEON, J. et L. BERNATCHEZ (2001). "Clinal variation at microsatellite loci reveals historical secondary intergradation between glacial races of *Coregonus artedi* (Teleostei: Coregoninae)", *Evolution*, 55(11), 2274–2286.
- UICN (2021). *The UICN Red List of threatened species, version 2020-3* [En ligne] [<https://www.iucnredlist.org>] (Consulté le 10 janvier 2020).
- VORS, L. S. et M. S. BOYCE (2009). "Global declines of caribou and reindeer", *Global Change Biology*, 15(11): 2626-2633.
- WILLIAMS, P.H. et J.L. OSBORNE (2009). "Bumblebee vulnerability and conservation world-wide", *Apidologie*, 40(3): 367-387.
- WILLIAMS, S. E., L. P. SHOO, J. L. ISAAC, A. A. HOFFMANN et G. LANGHAM (2008). "Towards an integrated framework for assessing the vulnerability of species to climate change", *PLoS Biology*, 6(12): e325.
- YANNIC, G., M.-H. ST-LAURENT, J. ORTEGO, J. TAILLON, A. BEAUCHEMIN, L. BERNATCHEZ, D. DUSSAULT et S. D. CÔTÉ (2016). "Integrating ecological and genetic structure to define management units for caribou in Eastern Canada", *Conservation Genetics*, 17(2): 437-453.
- YOUNG, B. E. et G. HAMMERSON (2016). *Guidelines for using the NatureServe Climate Change Vulnerability Index*, Release 3.0-Canada, NatureServe, 61 p.
- YOUNG, B. E., K. R. HALL, E. BYERS, K. GRAVUER, G. HAMMERSON, REDDER, ALAN et K. SZABO (2012). Rapid assessment of plant and animal vulnerability to climate change. Dans *Wildlife conservation in a changing climate*, J. Brodie, E. Post et D. Doak, editors, University of Chicago Press.
- YOUNG, B. E., N. S. DUBOIS et E. L. ROWLAND (2015). "Using the climate change vulnerability index to inform adaptation planning: Lessons, innovations, and next steps", *Wildlife Society Bulletin*, 39(1): 174-181.

ANNEXE 2. RÉFÉRENCES UTILISÉES POUR L'IVCC

- ACKERSON, C., M. CARMICHAEL, O. CARPENTER, H. CRULL, J. HENRICHON, M. MCGOWAN, M. ALLISON, N. PAOLINI, E. PIERCE, N. SCHERER, N. VOLOSIN, K. WINSOR et M. FREDERICH (2018). *Aquatic Invasions: Causes, Consequences, And Solutions*, Marine Sciences Student Projects, 3, 80 p.
- ADDE, A., D. STRALBERG, T. LOGAN, C. LEPAGE, S. CUMMING et M. DARVEAU (2020). "Projected effects of climate change on the distribution and abundance of breeding waterfowl in Eastern Canada", *Climatic Change*, 162(4): 2339-2358.
- ALTMAN, B. et R. SALLABANKS (2012). *Olive-sided Flycatcher (Contopus cooperi)*, Birds of North America [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/olsfly/2.0/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).
- AUBRY, Y., A. DESROCHERS et G. SEUTIN (2018). "Bicknell's Thrush (*Catharus bicknelli*) habitat occupancy in Québec's Laurentian Highlands", *Avian Conservation and Ecology*, 13(2).
- EVERY, M. L. (2013). *Rusty Blackbird (Euphagus carolinus)*, Birds of North America [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/rusbla/2.0/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).
- BAKER, A., P. GONZALEZ, R. I. G. MORRISON et B. A. HARRINGTON (2013). *Red Knot (Calidris canutus)*, Birds of North America [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/redkno/2.0/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).
- BAKER, A.J., T. PIERSMA et L. ROSENMEIER (1994). "Unraveling the intraspecific phylogeography of Knots *Calidris canutus*: a progress report on the search for genetic markers", *Journal für Ornithologies*, 135: 599-608.
- BAPE (2017). *Les enjeux liés à l'implantation d'éoliennes dans l'habitat floristique protégé de la Dune-du-Nord aux Îles-de-la-Madeleine*, Rapport de consultation publique menée en vertu de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables, 82 p.
- BASTILLE-ROUSSEAU, G., J. A. SCHAEFER, M. J. L. PEERS, E. H. ELLINGTON, M. A. MUMMA, N. D. RAYL, S. P. MAHONEY et D. L. MURRAY (2018). "Climate change can alter predator-prey dynamics and population viability of prey", *Oecologia*, 186(1): 141-150.
- BAUDOIN, J.-M., V. BURGUN, M. CHANSEAU, M. LARINIER, M. OVIDIO, W. SREMSKI, P. STEINBACH et B. VOEGTLE (2014). *Évaluer le franchissement des obstacles par les poissons : Principes et méthodes*, ministère français de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, Office national de l'eau et des milieux aquatiques, 196 p.
- BEDNARZ, J. C., D. KLEM JR., L. J. GOODRICH et S. E. SENNER (1990). "Migration counts of raptors at Hawk Mountain, Pennsylvania, as indicators of population trends, 1934-1986", *The Auk*, 107: 96-109.
- BERNACKI, L. E. (2015). *The molecular evolution of non-coding DNA and population ecology of the Spiny Softshell Turtle (Apalone spinifera) in Lake Champlain*, University of Vermont, 156 p.
- BERNATCHEZ, P., S. JOLICÉUR, C. QUINTIN, J.-P. SAVARD, M. CORRIVEAU, S. O'CARROLL, D. BÉRUBÉ, M. GARNEAU, G. L. CHMURA, T. NGUYEN-QUANG, C. K. LIEOU, D. TORIO, L. VAN ARDENNE, H. SAMMARI et M. ST-PIERRE (2016). *Impacts des changements climatiques et des contraintes physiques sur le réajustement des écosystèmes côtiers (coastal squeeze) du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent (GESL) et évaluation des mesures d'atténuation de ces impacts*, Rapport de recherche remis à Ouranos et Ressources naturelles Canada, 204 p.



- BLANTON, R. E., M. F. CASHNER, M. R. THOMAS, S. L. BRANDT et M. A. FLOYD (2019). "Increased habitat fragmentation leads to isolation among and low genetic diversity within populations of the imperiled Kentucky Arrow Darter (*Etheostoma sagitta spilotum*)", *Conservation Genetics*, 20(5): 1009-1022.
- BONIN, J. (1998). *Rapport sur la situation de la tortue géographique (Graptemys geographica) au Québec*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec, 35 p.
- BOUCHER, J. (2005). *Rapport sur la situation de la barbotte des rapides (Noturus flavus) au Québec*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Secteur Faune Québec, Direction du développement de la faune, 31 p.
- BOULET, M., C. POTVIN, F. SHAFFER, A. BREault et L. BERNATCHEZ (2006). "Conservation genetics of the threatened horned grebe (*Podiceps auritus* L.) population of the Magdalen Islands, Québec", *Conservation Genetics*, 6(4): 539-550.
- BOULET, M., S. COUTURIER, S. D. CÔTÉ, R. OTTO et L. BERNATCHEZ (2005). *Flux génique entre les troupes de caribous migrants, montagnards et sédentaires du Nord-du-Québec et du Labrador: repérages par satellite, génotypage de microsatellites et simulations de population*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche sur la faune, 47 p.
- BOULET, M., S. COUTURIER, S.D. CÔTÉ, R.D. OTTO et L. BERNATCHEZ (2007). "Integrative use of spatial, genetic, and demographic analyses for investigating genetic connectivity between migratory, montane, and sedentary caribou herds", *Molecular Ecology*, 16(20): 4223-4240.
- BOURBONNAIS, N. (2009). *L'ours blanc : sa vie, ses habitudes, son statut et les facteurs qui le menacent*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'expertise de la faune, des forêts et du territoire de la Côte-Nord, 35 p.
- BOYER, C., D. CHAUMONT, I. CHARTIER et A. G. ROY (2010). "Impact of climate change on the hydrology of St. Lawrence tributaries", *Journal of Hydrology*, 384(1-2): 65-83.
- BOYER, C., P. M. VERHAAR, A. G. ROY, P. M. BIRON et J. MORIN (2010). "Impacts of environmental changes on the hydrology and sedimentary processes at the confluence of St. Lawrence tributaries: potential effects on fluvial ecosystems", *Hydrobiologia*, 647(1): 163-183.
- BRADSHAW-WILSON, C., J. STAUFFER, J. WISOR, K. CLARK et S. MUELLER (2019). "Documentation of freshwater mussels (*Unionidae*) in the diet of Round Gobies (*Neogobius melanostomus*) within the French Creek Watershed, Pennsylvania", *The American Midland Naturalist*, 181(2): 259.
- BRIGHAM, R.M., J. NG, R.G. POULIN et S.D. GRINDAL (2011). *Common Nighthawk (Chordeiles minor)*, Birds of North America. [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/comnig/2.0/introduction>] (Consulté le 8 décembre 2021).
- BRODEUR, S. et F. MORNEAU (1999). *Rapport sur la situation de l'aigle royal (Aquila chrysaetos) au Québec*, Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la faune et des habitats, 75 p.
- BROWN, J. W., P. J. VAN COEVERDEN DE GROOT, T. P. BIRT, G. SEUTIN, P. T. BOAG et V. L. FRIESEN (2007). "Appraisal of the consequences of the DDT-induced bottleneck on the level and geographic distribution of neutral genetic variation in Canadian peregrine falcons, *Falco peregrinus*", *Molecular Ecology*, 16(2): 327-343.
- BUCHOLZ, J. R., N. SARD, N. M. VanTassel, J. D. Lozier, T. J. MORRIS, A. PAQUET et D. T. ZANATTA (2022). "RAD-tag and mitochondrial DNA sequencing reveal the genetic structure of a widespread and regionally imperiled freshwater mussel, *Obovaria olivaria* (Bivalvia: Unionidae)", *Ecology and Evolution*, 12: e8560.



- BUEHLER, D. A. (2000). *Bald Eagle* (*Haliaeetus leucocephalus*). Birds of North America. [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/comnig/2.0/introduction>] (Consulté le 3 décembre 2021).
- BUEHLER, D. A., P. B. HAMEL et T. BOVES (2013). *Cerulean Warbler* (*Setophaga cerulea*), Birds of North America. [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/comnig/2.0/introduction>] (Consulté le 8 décembre 2021).
- CADI, A. et P. JOLY (2003). "Competition for basking places between the endangered European Pond Turtle (*Emys orbicularis galloitalica*) and the introduced Red-eared Slider (*Trachemys scripta elegans*)", *Canadian Journal of Zoology*, 81(8): 1392-1398.
- CALVÉ, T. (2017). *Dynamiques des populations d'amphibiens du Québec entre 1993 et 2013*, Université du Québec à Montréal, 103 p.
- CAMAK, D. T. et K. R. PILLER (2018). "Going with the flow: Testing the role of habitat isolation among three ecologically divergent darter species", *Copeia*, 106(2): 375-387.
- CANADIAN GEOGRAPHIC et CANWEA (2009). *L'énergie éolienne au Canada* [En ligne] [<https://infographics.ca/wp-content/uploads/1900/01/Canadian-Geographic-Wind-postermap-cropped.pdf>] (Consulté le 15 décembre 2020).
- CAPINERA, J.L. (2001). "Order Orthoptera—Grasshoppers and Crickets", dans *Handbook of Vegetable Pests*, Academic Press, p. 511-534
- CASTAÑEDA, R., E. CVETANOVSKA, K. HAMELIN, A. SIMARD et A. RICCIARDI (2018). "Distribution, abundance and condition of an invasive bivalve (*Corbicula fluminea*) along an artificial thermal gradient in the St. Lawrence River", *Aquatic Invasions*, 13(3): 379-392.
- CAVICCHIOLI, R., W. J. RIPPLE, K. N. TIMMIS, F. AZAM, L. R. BAKKEN, M. BAYLIS, M. J. BEHRENFELD, A. BOETIUS, P. W. BOYD, A. T. CLASSEN, T. W. CROWTHER, R. DANOVARO, C. M. FOREMAN, J. HUISMAN, D. A. HUTCHINS, J. K. JANSSON, D. M. KARL, B. KOSKELLA, D. B. M. WELCH, J. B. H. MARTINY, M. A. MORAN, V. J. ORPHAN, D. S. REAY, J. V. REMAIS, V. I. RICH, B. K. SINGH, L. Y. STEIN, F. J. STEWART, M. B. SULLIVAN, M. J. H. VAN OPPEN, S. C. WEAVER, E. A. WEBB et N. S. WEBSTER (2019). "Scientists' warning to humanity: microorganisms and climate change", *Nature Reviews Microbiology*, 17(9): 569-586.
- CECALA, K. K., W. H. LOWE et J. C. MAERZ (2014). "Riparian disturbance restricts in-stream movement of salamanders", *Freshwater Biology*, 59(11): 2354-2364.
- CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC (2015). *Atlas hydroclimatique du Québec méridional: impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050*, Québec, 81 p.
- CHARBONNEAU, P. (2012). « Les coquilles vides des mulettes peuvent-elles aider à prédire la faune ichtyenne d'un plan d'eau? », *Le naturaliste canadien*, (1): 11.
- CINK, C. L., P. PYLE et M. A. PATTEN (2020). *Eastern Whip-poor-will* (*Antrastomus vociferus*), Birds of North America. [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/comnig/2.0/introduction>] (Consulté le 8 décembre 2021).
- COMITÉ DE RÉTABLISSEMENT DU PYGARGUE À TÊTE BLANCHE AU QUÉBEC (2002). *Plan de rétablissement du pygargue à tête blanche* (*Haliaeetus leucocephalus*) au Québec, Société de la faune et des parcs du Québec, 43 p.
- COMITÉ SCIENTIFIQUE SUR L'ANGUILLE D'AMÉRIQUE (2019). *État de situation de l'anguille d'Amérique* (*Anguilla rostrata*) au Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 6 p.



- CONFER, J. L., P. HARTMAN et A. ROTH (2011). *Golden-winged Warbler* (*Vermivora chrysoptera*), Birds of North America. [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/comnig/2.0/introduction>] (Consulté le 8 décembre 2021).
- COON, N. C., L. N. LOCKE, E. CROMARTIE et W. L. REICHEL (1970). "Causes of bald eagle mortality, 1960–1965", *Journal of Wildlife Diseases*, 6: 72-76.
- COSEPAC (2000). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Garrot d'Islande* (*Bucephala islandica*) *au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 70 p.
- COSEPAC (2001). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la tête carmin* (*Notropis percobromus*) *et la tête rose* (*Notropis rubellus*) *au Canada*, Ottawa, 18 p.
- COSEPAC (2005). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le brochet vermiculé* (*Esox americanus vermiculatus*) *au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 32 p.
- COSEPAC (2006). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la Paruline à ailes dorées* (*Vermivora chrysoptera*) *au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 33 p.
- COSEPAC (2006). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le chevalier de rivière* (*Moxostoma carinatum*) *au Canada – mise à jour*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 36 p.
- COSEPAC (2007). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la lamproie du Nord* (*Ichthyomyzon fossor*) (*populations des Grands Lacs - du haut Saint-Laurent et population de la Saskatchewan – Nelson*) *au Canada – mise à jour*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 34 p.
- COSEPAC (2007). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Bécasseau maubèche de la sous-espèce rufa* (*Calidris canutus rufa*), *du type roselaari* (*Calidris canutus roselaari type*) *et de la sous-espèce islandica* (*Calidris canutus islandica*) *au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 67 p.
- COSEPAC (2008). *Évaluation et rapport de situation de COSEPAC sur l'Hibou des marais* (*Asio flammeus*) *au Canada – mise à jour*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 28 p.
- COSEPAC (2008). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la rainette faux-grillon de l'Ouest* (*Pseudacris triseriata*) *population carolinienne, population des Grand Lacs et Saint-Laurent et du Bouclier canadien, au Canada – mise à jour*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 55 p.
- COSEPAC (2009). *Évaluation et Rapport de situation de COSEPAC sur le satyre fauve des Maritimes* (*Coenonympha nipisiquit*) *au Canada – mise à jour*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 39 p.
- COSEPAC (2009). *Évaluation et Rapport de situation de COSEPAC sur la Sterne de Dougall* (*Sterna dougallii*) *au Canada – mise à jour*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 55 p.
- COSEPAC (2009). *Évaluation et Rapport de situation de COSEPAC sur le Petit blongios* (*Ixobrychus exilis*) *au Canada – mise à jour*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 42 p.
- COSEPAC (2009). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la Grèbe esclavon* (*Podiceps auritus*) *population de l'Ouest et population des îles de la Madeleine au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 47 p.
- COSEPAC (2009). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la Grive de Bicknell* (*Catharus bicknelli*) *au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 46 p.
- COSEPAC (2009). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'Engoulevent bois-pourri* (*Caprimulgus vociferus*) *au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 30 p.
- COSEPAC (2009). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le cisco de printemps* (*Coregonus sp.*) *au Canada – mise à jour*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 38 p.



- COSEPAC (2009). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le dard de sable (Ammocrypta pellucida), population de l'Ontario et populations du Québec, au Canada – mise à jour*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 52 p.
- COSEPAC (2010). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le bourdon à tache rousse (Bombus affinis) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 36 p.
- COSEPAC (2010). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le goglu des prés (Dolichonyx oryzivorus) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 44 p.
- COSEPAC (2010). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le râle jaune (Coturnicops noveboracensis) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 36 p.
- COSEPAC (2011). *Évaluation et Rapport de situation de COSEPAC sur la paruline azurée (Dendroica cerulea) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 44 p.
- COSEPAC (2011). *Évaluation et Rapport de situation de COSEPAC sur le salamandre pourpre (Gyrinophilus prophyriticus) population des Adirondacks et des Appalaches et population carolinienne au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 56 p.
- COSEPAC (2011). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le saumon atlantique (Salmo salar) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 162 p.
- COSEPAC (2011). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'obovarie olivâtre (Obovaria olivria) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 52 p.
- COSEPAC (2011). *Unités désignables du caribou (Rangifer tarandus) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 88 p.
- COSEPAC (2012). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la salamandre sombre du nord (Desmognathus fuscus) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 65 p.
- COSEPAC (2012). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la tortue géographique (Graptemys geographica) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 73 p.
- COSEPAC (2012). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la tortue musquée (Sternotherus odoratus) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 76 p.
- COSEPAC (2012). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'anguille d'Amérique (Anguilla rostrata) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 127 p.
- COSEPAC (2013). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la petite chauve-souris brune (Myotis lucifugus), la chauve-souris nordique (Myotis septentrionalis) et la pipistrelle de l'Est (Perimyotis subflavus) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 104 p.
- COSEPAC (2013). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le bec-de-lièvre (Exoglossum maxillingua) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 38 p.
- COSEPAC (2013). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le méné d'herbe (Notropis bifrenatus) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 36 p.
- COSEPAC (2013). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Pluvier siffleur de la sous-espèce circumcinctus (Charadrius melodus circumcinctus) et de la sous-espèce melodus (Charadrius melodus melodus) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 43 p.
- COSEPAC (2013). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'Arlequin plongeur (Histrionicus histrionicus) population de l'est du Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 42 p.



- COSEPAC (2014). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la Couleuvre tachetée (Lampropeltis triangulum) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 66 p.
- COSEPAC (2014). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Bruant sauterelle de la sous-espèce de l'Est (Ammodramus savannarum pratensis) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 40 p.
- COSEPAC (2014). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le carcajou (Gulo gulo) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 51 p.
- COSEPAC (2014). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le caribou (Rangifer tarandus), population de Terre-Neuve, population de la Gaspésie-Atlantique et population boréale, au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 144 p.
- COSEPAC (2014). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le chevalier cuivré (Moxostoma hubbsi) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 81 p.
- COSEPAC (2015). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la couleuvre d'eau du lac Érié (Nerodia sipedon insularum) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 40 p.
- COSEPAC (2015). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le bourdon terricole (Bombus terricola) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 69 p.
- COSEPAC (2016). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la coccinelle à neuf points (Coccinella novemnotata) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 62 p.
- COSEPAC (2016). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la tortue molle à épines (Apalone spinifera) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 42 p.
- COSEPAC (2016). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la tortue mouchetée (Emydoidea blandingii), population de la Nouvelle-Écosse et population des Grands Lacs et du Saint-Laurent au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 124 p.
- COSEPAC (2016). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le fouille-roche gris (Percina copelandi), populations du lac Érié, populations du lac Ontario et populations du Saint-Laurent, au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, 57 p.
- COSEPAC (2017). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le caribou (Rangifer tarandus) population migratrice de l'Est et population des monts Torngat, au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, p. 80.
- COSEPAC (2017). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le chabot de profondeur (Myoxocephalus thompsonii), populations des Grands Lacs et du haut Saint-Laurent, populations du sud de la baie d'Hudson et de la baie James, populations de la rivière Saskatchewan et du fleuve Nelson, population du lac Waterton, populations de l'ouest de la baie d'Hudson, populations de l'ouest de l'Arctique, au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 71 p.
- COSEPAC (2017). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Quiscale rouilleux (Euphagus carolinus) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 70 p.
- COSEPAC (2017). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'esturgeon jaune (Acipenser fulvescens) populations de l'ouest et de la baie d'Hudson, populations de la rivière Saskatchewan et du fleuve Nelson, populations du sud de la baie d'Hudson et de la baie James et populations des Grands Lacs et du haut Saint-Laurent, au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 177 p.



- COSEPAC (2018). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la tortue des bois (Glyptemys insculpta) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 61 p.
- COSEPAC (2018). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la Moucherolle à côtés olive (Contopus cooperi) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, 62 p.
- COSEPAC (2018). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la salamandre sombre des montagnes (Desmognathus ochrophaeus)* Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 107 p.
- COSEPAC (2018). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Martinet ramoneur (Chaetura pelagica) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 71 p.
- COSEPAC (2018). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Pic à tête rouge (Melanerpes erythrocephalus) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 69 p.
- COSEPAC (2018). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'Engoulevent d'Amérique (Chordeiles minor) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 58 p.
- COSEPAC (2018). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'ours blanc (Ursus maritimus) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 129 p.
- COURTOIS, R, A. SEBBANE, A. GINGRAS, B. ROCHETTE, L. BRETON et D. FORTIN. (2006). *Changement d'abondance et adaptations du caribou dans un paysage sous aménagement*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche sur la faune, Direction de l'aménagement de la faune de la Côte-Nord, Québec, 48 p.
- COURTOIS, R., C. DUSSAULT, A. GINGRAS et G. LAMONTAGNE (2003). *Rapport sur la situation du caribou forestier au Québec*, Société de la faune et des parcs du Québec, Québec, 50 p.
- CROLEY, T. E. (2003). *Great lakes climate change hydrologic impact assessment I.J.C. Lake Ontario-St. Lawrence River regulation study*, Great Lakes Environmental Research Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration, Ann Arbor, Michigan, 77 p.
- CRONIN, M. A., M. D. MACNEIL et J. C. PATTON (2005). "Variation in mitochondrial DNA and microsatellite DNA in caribou (*Rangifer tarandus*) in North America", *Journal of Mammalogy*, 86(3): 495-505.
- CUTHBERT, F. J. et L. R. WIRES (1999). *Caspian Tern (Hydroprogne caspia)*, Birds of North America [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/caster1/2.0/introduction>] (consulté le 6 décembre 2021).
- DANG, P. T. et S. AITKEN (2014). "Conservation of sand dune systems in Canada's capital: a restoration model and case study of the Pinhey Sand Dunes complex", *Biodiversity*, 15(2-3): 148-168.
- DARVEAU, M. et A. DESROCHERS (2001). *Le bois mort et la faune vertébrée État des connaissances au Québec*, Centre de recherche en biologie forestière, Université Laval, Québec, 50 p.
- DAWE, K. L. et S. BOUTIN (2016). "Climate change is the primary driver of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) range expansion at the northern extent of its range; land use is secondary", *Ecology and Evolution*, 6(18): 6435-6451.
- DESROCHES, J.-F. et D. RODRIGUE (2004). *Amphibiens et reptiles du Québec et des maritimes*, Michel Quintin, 288 p.
- DESROCHES, J.-F. et I. PICARD (2007). *Évaluation de l'incidence des routes sur les populations de tortues en Outaouais au Québec*, ministère des transports du Québec, 135 p.
- DESROCHES, J.-F. et I. PICARD (2013). *Poissons d'eau douce du Québec et des maritimes*, Michel Quintin, 472 p.



- DOMAINE, É., (2012). *Rapport sur la situation du cuivré des marais salés (Lycaena dospassosi) au Québec*, ministère des Ressources naturelles et de la faune, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats et plan Saint-Laurent pour un développement durable, Québec, 37 p.
- DUMITRU, A. (2016). *Évaluation du risque associé aux changements climatiques et à la modification des niveaux d'eau sur la salamandre pourpre et les moules d'eau douce dans les bassins versants des rivières Yamaska et Bécancour*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Service de la conservation de la biodiversité et des milieux humides, 66, p.
- DUMOUCHEL, C. (2015). *Stratégies visant le rétablissement et le maintien des populations de chauves-souris du Québec*, Essai de maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, 126 p.
- EADIE, J. M., J.-P. L. SAVARD et M. L. MALLORY (2000). *Barrow's Goldeneye (Bucephala islandica)*. Birds of North America [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/bargol/2.0/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).
- EASTMAN, J. (1995). *The Book of Swamp and Bog: Trees, Shrubs, & Wildflowers of Eastern Freshwater Wetlands*, Stackpole Books, 250 p.
- ELLIOTT-SMITH, E. et S. M. HAIG (2004). *Piping Plover (Charadrius melodus)*, Birds of North America [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/pipplo/2.0/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).
- ELLISON, A. M., N. J. GOTELLI, E. J. FARNSWORTH et G. D. ALPERT (2012). *A Field Guide to the Ants of New England*, Yale University Press, 401 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA (2013). *Management plan for the Barrow's goldeneye (Bucephala islandica), eastern population in Canada*, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Environnement Canada, Gatineau, Québec, 16 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA (2015). *Programme de rétablissement de la rainette faux-grillon de l'Ouest (Pseudacris triseriata), population des Grands Lacs/Saint-Laurent et du Bouclier canadien, au Canada*, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Environnement Canada, Ottawa, vii + 52 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA (2016). *Programme de rétablissement de la paruline du Canada (Cardellina canadensis) au Canada*, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Environnement Canada, Ottawa, vii + 62 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA (2016). *Programme de rétablissement de la tortue musquée (Sternotherus odoratus) au Canada [Proposition]*, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Ottawa, 65 p.
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2016). *Programme de rétablissement de la paruline à ailes dorées (Vermivora chrysoptera) au Canada*, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Environnement et changement climatique Canada, Ottawa, viii + 67 p.
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2016). *Programme de rétablissement et plan de gestion du Bécasseau maubèche (Calidris canutus) au Canada*, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Environnement et Changement climatique Canada, Ottawa, ix + 57 p.
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2018a). *Programme de rétablissement de la petite chauve-souris brune (Myotis lucifugus), de la chauve-souris nordique (Myotis septentrionalis) et de la pipistrelle de l'Est (Perimyotis subflavus) au Canada*, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Environnement et changements climatiques Canada, Ottawa, ix + 189 p.



- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2018b). *Programme de rétablissement de la tortue molle à épines (Apalone spinifera) au Canada*, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Environnement et changements climatiques Canada, Ottawa, ix + 70 p.
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2018c). *Programme de rétablissement de la tortue mouchetée (Emydoidea blandingii), population des Grands Lacs et du Saint-Laurent, au Canada*, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Environnement et Changement climatique Canada, Ottawa, viii + 64 p.
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2019). *Plan de gestion de la tortue géographique (Graptemys geographica) au Canada*, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Environnement et Changement climatique Canada, Ottawa, v + 50 p.
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2019). *Programme de rétablissement modifié du caribou des bois (Rangifer tarandus caribou), population boréale, au Canada*, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Environnement et Changement climatique Canada, Ottawa xiv + 155 p.
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2020). *Programme de rétablissement de la grive de Bicknell (Catharus bicknelli) au Canada*, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Environnement et Changement climatique Canada, Ottawa, viii + 100 p.
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2020). *Programme de rétablissement du bourdon à tache rousse (Bombus affinis) au Canada*, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Environnement et Changement climatique Canada, Ottawa, ix + 61 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DE L'AIGLE ROYAL AU QUÉBEC (2005). *Plan de rétablissement de l'aigle royal (Aquila chrysaetos) au Québec 2005-2010*, ministère des Ressources naturelles et de la faune, Secteur faune Québec, Québec, 29 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DE LA RAINETTE FAUX-GRILLON DE L'OUEST DU QUÉBEC (2019). *Plan de rétablissement de la rainette faux-grillon de l'Ouest (Pseudacris triseriata) — 2019-2029*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, 65 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CHAUVES-SOURIS DU QUÉBEC (2021). *Plan de rétablissement de la chauve-souris rousse (Lasiurus borealis) au Québec — 2021-2031*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 68 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CHAUVES-SOURIS DU QUÉBEC (2019). *Plan de rétablissement de trois espèces de chauves-souris résidentes du Québec: la petite chauve-souris brune (Myotis lucifugus), la chauve-souris nordique (Myotis septentrionalis) et la pipistrelle de l'Est (Perimyotis subflavus) 2019-2029*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 102 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET PETITS PERCIDÉS DU QUÉBEC (2020). *Plan de rétablissement du dard de sable (Ammocrypta pellucida) au Québec — 2020-2030*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 44 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES OISEAUX DE PROIE DU QUÉBEC (2018). *Plan de rétablissement du faucon pèlerin (Falco peregrinus anatum/tundrius) au Québec — 2019- 2029*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 58 p.



- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES OISEAUX DE PROIE DU QUÉBEC (2019). *Bilan du rétablissement du pygargue à tête blanche (Haliaeetus leucocephalus) au Québec pour la période 2002-2018*, ministère des Forêts de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 44 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES OISEAUX DE PROIE DU QUÉBEC (2021). *Plan de rétablissement du hibou des marais (Asio flammeus) au Québec — 2021-2031*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, 51 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES SALAMANDRES DE RUISSEAUX DU QUÉBEC (2020). *Bilan du rétablissement de trois espèces de salamandres de ruisseaux du Québec : la salamandre sombre des montagnes (Desmognathus ochrophaeus), la salamandre pourpre (Gyrinophilus porphyriticus) et la salamandre sombre du Nord (Desmognathus fuscus) pour la période 2007-2019*, ministère des Forêts de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 88 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC (2020). *Bilan du rétablissement de la tortue-molle à épines (Apalone spinifera) au Québec pour la période 2005-2019*, ministère des Forêts de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 47 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC (2020). *Plan de rétablissement de la tortue géographique (Graptemys geographica) au Québec — 2020-2030*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, Québec, 60 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC (2020). *Plan de rétablissement de la tortue mouchetée (Emydoidea blandingii) au Québec — 2020-2030*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 52 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC et SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC (2005). *Plan de rétablissement de cinq espèces de tortues au Québec pour les années 2005 à 2010: la tortue des bois (Glyptemys insculpta), la tortue géographique (Graptemys geographica), la tortue mouchetée (Emydoidea blandingii), la tortue musquée (Sternotherus odoratus) et la tortue ponctuée (Clemmys guttata)*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, 57 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC, P.-A. BERNIER et Y. DUBOIS (2018). *Bilan du rétablissement de cinq espèces de tortues au Québec pour la période 2005 à 2010*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, Québec, 85 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DU CARIBOU DE LA GASPÉSIE (2018). *Plan de rétablissement de la population de caribous (Rangifer tarandus caribou) de la Gaspésie - 2019-2029*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, Québec, 59 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DU CARIBOU FORESTIER DU QUÉBEC (2013). *Lignes directrices pour l'aménagement de l'habitat du caribou forestier (Rangifer tarandus caribou)*, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Québec, 24 p.
- EVANS, K. A. et B. SIMPSON (2010). "How climate change will make management of invasive species such as the Harlequin ladybird (*Harmonia axyridis*) a significant challenge", dans A. Evans (Ed.), "What makes an alien invasive? Risk and policy responses", *Aspects of Applied Biology, Association of Applied Biologists*, Vol. 104, p. 29-36.
- FORSYTHE, P. S., J. A. CROSSMAN, N. M. BELLO, E. A. BAKER et K. T. SCRIBNER (2012). "Individual-based analyses reveal high repeatability in timing and location of reproduction in lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*)", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 69(1): 60-72.



- FORTIN, C., I. CARTIER et M. OUELLET (2005). *Rapport sur la situation de la lamproie du nord (Ichthyomyzon fossor) au Québec*, ministère des Ressources naturelles et de la faune, Québec, 23 p.
- FORTIN, C., V. BANCI, J. BRAZIL, M. CRÊTE, J. HUOT, M. HUOT, R. LAFOND, P. PARÉ, J. SHAEFER et D. VANDAL (2004). *Plan national de rétablissement du carcajou (Gulo gulo) [Population de l'est]*, Rapport de rétablissement no 26, Rétablissement des espèces canadiennes en péril (RESCAPÉ), Ottawa, Ontario, 36 p.
- FORTIN, G., B. HÉTU et D. GERMAIN (2011). « Climat hivernal et régimes avalancheux dans les corridors routiers de la Gaspésie septentrionale (Québec, Canada) », *Climatologie*, Rétablissement des espèces canadiennes en péril (RESCAPÉ), Ottawa, Ontario, 8: 9-25.
- FRANCŒUR, A. (2002). *Un milieu humide à fourmis dans Longueuil*, Rapport de visite, 5 p.
- FREI, B., K. G. SMITH, J. H. WITHGOTT, P. G. RODEWALD, P. PYLE et M. A. PATTEN (2017). *Red-headed Woodpecker (Melanerpes erythrocephalus)*, version 2.1, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/rehwoo/2.1/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).
- GALLARDO, B. et D. C. ALDRIDGE (2013). "Evaluating the combined threat of climate change and biological invasions on endangered species", *Biological Conservation*, 160: 225-233.
- GARNEAU, M. et S. VAN BELLEN (2016). *Synthèse de la valeur et la répartition du stock de carbone terrestre au Québec*, Rapport final préparé par la Chaire DÉCLIQUE, le Centre GEOTOP et le Département de géographie de l'Université du Québec à Montréal pour le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 49 p.
- GAUCHARD, F. et A.-M. HATTENBERGER (2005). *Évaluation du risque d'apparition et de développement de maladies animales compte tenu d'un éventuel réchauffement climatique*, Agence française de sécurité sanitaire des aliments, 78 p.
- GAUTHIER, J. et Y. AUBRY (1995). *Les oiseaux nicheurs du Québec: Atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional*, Association québécoise des groupes d'ornithologues, Société québécoise de protection des oiseaux et Service canadien de la Faune, Environnement Canada, Montréal, Québec, 1295 p.
- GEIST, J. et K. AUERSWALD (2007). "Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*)", *Freshwater Biology*, 52(12): 2299-2316.
- GENEVA, A. J., A. M. KREIT, S. NEIFFER, S. TSANG et R. J. HORWITZ (2018). "Regional population structure of the endangered Bridle Shiner (*Notropis bifrenatus*)", *Conservation Genetics*, 19(5): 1039-1053.
- GILG, O., K. M. KOVACS, J. AARS, J. FORT, G. GAUTHIER, D. GRÉMILLET, A. R. IMS, H. MELTOFTE, J. MOREAU, E. POST, N. MARTIN SCHMIDT, G. YANNIC et L. BOLLACHE (2012). "Climate change and the ecology and evolution of Arctic vertebrates: Climate change impacts on Arctic vertebrates", *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1249(1): 166-190.
- GIRARD, P., J. LEVISON, L. PARROTT, M. LAROCQUE, M.-A. OUELLET et D.M. GREEN (2015). "Modeling cross-scale relationships between climate, hydrology, and individual animals: generating scenarios for stream salamanders". *Frontiers in Environmental Science*, 13 p.
- GIRARDIN, M. P. et A. TERRIER (2015). "Mitigating risks of future wildfires by management of the forest composition: an analysis of the offsetting potential through boreal Canada", *Climatic Change*, 130(4): 587-601.
- GIRARDIN, M. P., A. A. ALI, C. CARCAILLET, O. BLARQUEZ, C. HÉLY, A. TERRIER, A. GENRIES et Y. BERGERON (2013). "Vegetation limits the impact of a warm climate on boreal wildfires", *New Phytologist*, 199(4): 1001-1011.
- GRAY, M. J. et V. G. CHINCHAR (2015). *Ranaviruses, Lethal Pathogens of Ectothermic Vertebrates*, Springer International Publishing, États-Unis, 254 p.



- GREEN, L. E. et J. E. PELOQUIN (2008). "Acute toxicity of acidity in larvae and adults of four stream salamander species (Plethodontidae)", *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27(11): 2361.
- GRIENEISEN, L. E., S. A. BROWNLEE-BOUBOULIS, J. S. JOHNSON et D. M. REEDER (2015). "Sex and hibernaculum temperature predict survivorship in white-nose syndrome affected little brown myotis (*Myotis lucifugus*)", *Royal Society Open Science*, 2(2): 140470.
- GRIER, J. W. (1982). "Ban of DDT and Subsequent Recovery of Reproduction in Bald Eagles", *Science*, 218(4578): 1232-1235.
- HAMILTON, S. G. et A. E. DEROCHE (2019). "Assessment of global polar bear abundance and vulnerability", *Animal Conservation*, 22(1): 83-95.
- HANDFIELD, L. (2001). *Le guide des papillons du Québec*, Broquet, Saint-Constant, Québec, 1200 p.
- HART, M. A., H. R. WENDELL, R. BRINGOLF et J. A. STOECKEL (2018). "Novel technique to identify large river host fish for freshwater mussel propagation and conservation", *Aquaculture Reports*, 9: 10-17.
- HEIM, N., J. T. FISHER, A. CLEVINGER, J. PACZKOWSKI et J. VOLPE (2017). "Cumulative effects of climate and landscape change drive spatial distribution of Rocky Mountain wolverine (*Gulo gulo* L.)", *Ecology and Evolution*, 7(21): 8903-8914.
- HERMAN, T. (2009). *Range-wide Phylogeography of the Four-toed Salamander (Hemidactylium scutatum): Out of Appalachia and into the Glacial Aftermath*, Graduate College of Bowling Green State University, États-Unis, 64 p.
- HUMPHRIES, M. M., D. W. THOMAS et J. R. SPEAKMAN (2002). "Climate-mediated energetic constraints on the distribution of hibernating mammals", *Nature*, 418(6895): 313-316.
- INMAN, R. M., A. J. MAGOUN, J. PERSSON et J. MATTISSON (2012). "The wolverine's niche: linking reproductive chronology, caching, competition, and climate", *Journal of Mammalogy*, 93(3): 634-644.
- JAMES, T. S., J. A. HENTON, L. J. LEONARD, A. DARLINGTON, D. L. FORBES et M. CRAYMER (2014). *Relative sea-level projections in Canada and the adjacent mainland United States*, Geological Survey of Canada, no 7737, 72 p.
- JEONG, D. I., A. DAIGLE et A. ST-HILAIRE (2013). "Development of a stochastic water temperature model and projection of future water temperature and extreme events in the Ouelle river basin in Québec, Canada: projection of future water temperature in the Ouelle river, Canada", *River Research and Applications*, 29(7): 805-821.
- KING, T. L., S. T. KALINOWSKI, W. B. SCHILL, A. P. SPIDLE et B. A. LUBINSKI (2001). "Population structure of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): a range-wide perspective from microsatellite DNA variation", *Molecular Ecology*, 10(4): 807-821.
- KNIGHT, E. C., J. W. NG, C. E. MADER, R. M. BRIGHAM et E. M. BAYNE (2018). "'An inordinate fondness for beetles': first description of Common Nighthawk (*Chordeiles minor*) diet in the boreal biome", *The Wilson Journal of Ornithology*, 130(2): 525-531.
- KNISLEY, C. B. (2011). "Anthropogenic disturbances and rare tiger beetle habitats: benefits, risks, and implications for conservation", *Terrestrial Arthropod Reviews*, 4(1): 41-61.
- KOCHERT, M. N., K. STEENHOF, C. L. MCINTYRE et E. H. CRAIG (2002). *Golden Eagle (Aquila chrysaetos)*, Birds of North America [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/species/goleag/2.0/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).



- KORNIS, M. S., N. MERCADO-SILVA et M. J. VANDER ZANDEN (2012). "Twenty years of invasion: a review of round goby *Neogobius melanostomus* biology, spread and ecological implications", *Journal of Fish Biology*, 80(2): 235-285.
- KRAFSUR, E. S., J. J. OBRYCKI et J. D. HARWOOD (2005). "Comparative genetic studies of native and introduced Coccinellidae in North America", *European Journal of Entomology*, 102(3): 469-474.
- KUMAR, R., S. J. MARTELL, T. J. PITCHER et D. A. VARKEY (2013). "Temperature-driven decline of a cisco population in Mille Lacs Lake, Minnesota", *North American Journal of Fisheries Management*, 33(4): 669-681.
- LAIDRE, K. L., I. STIRLING, L. F. LOWRY, Ø. WIIG, M. P. HEIDE-JØRGENSEN et S. H. FERGUSON (2008). "Quantifying the sensitivity of arctic marine mammals to climate-induced habitat change", *Ecological Applications*, 18(sp2): S97-S125.
- LAMARRE, P. (2015). *Variations dans la réponse de la diversité génétique de populations de couleuvres insulaires faisant face à la perte d'habitat*, Université de Montréal, Département des sciences biologiques, Québec, 125 p.
- LANGWIG, K. E., W. F. FRICK, J. T. BRIED, A. C. HICKS, T. H. KUNZ et A. MARM KILPATRICK (2012). "Sociality, density-dependence and microclimates determine the persistence of populations suffering from a novel fungal disease, white-nose syndrome", *Ecology Letters*, 15(9): 1050-1057.
- LAROCQUE, M., L. PARROTT, D. GREEN, M. LAVOIE, S. PELLERIN, J. LEVISON, P. GIRARD et M.-A. OUELLET (2013). *Modélisation hydrogéologique et modélisation des populations de salamandres sur le mont Covey Hill: perspectives pour la conservation des habitats en présence de changements climatiques - rapport final -*, Ouranos, 153 p.
- LARRIVÉE, C., C. DESJARLAIS, R. ROY et N. AUDET (2016). *Étude économique régionale des impacts potentiels des bas niveaux d'eau du fleuve Saint-Laurent dus aux changements climatiques et des options d'adaptation*, Rapport soumis à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques de Ressources naturelles Canada et au gouvernement du Québec par Ouranos, Montréal, 49 p.
- LASKIS, K. O. et W. R. TSCHINKEL (2009). "The Seasonal Natural History of the Ant, *Dolichoderus mariae*, in Northern Florida", *Journal of Insect Science*, 9(2): 1-26.
- LEBLOND, M., M.-H. ST-LAURENT et S. D. CÔTÉ (2016). "Caribou, water, and ice – fine-scale movements of a migratory arctic ungulate in the context of climate change", *Movement Ecology*, 4(1).
- LEONARD, J. G. et R. T. BELL (1999). *Northeastern Tiger Beetles*, A Field Guide to Tiger Beetles of New England and Eastern Canada (1st ed.), CRC Press, 32 p.
- LESSARD, S. (1996). *Rapport sur la situation du pygargue à tête blanche (Haliaeetus leucocephalus) au Québec*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec, 73 p.
- LESTON, L. et T. A. BOOKHOUT (2015). *Yellow Rail (Coturnicops noveboracensis)*. Birds of North America [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/yelrai/2.0/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).
- LEVESQUE, A. et J. A. TREMBLAY (2008). *Rapport sur la situation de la chauve-souris rousse (Lasiurus borealis) au Québec*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Faune Québec, 26 p.
- LEVERT, C., C. DESJARLAIS, R. ROY et N. AUDET (2016). *Étude économique régionale des impacts potentiels des bas niveaux d'eau du fleuve Saint-Laurent dus aux changements climatiques et des options d'adaptation*, Rapport soumis à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques de Ressources naturelles Canada et au gouvernement du Québec par Ouranos, Montréal, 49 p.



- LEVISON, J., M. LAROCQUE, V. FOURNIER, S. GAGNÉ, S. PELLERIN et M.-A. OUELLET (2014). "Dynamics of a headwater system and peatland under current conditions and with climate change", *Hydrological Processes*, 28(17): 4808-4822.
- LEVISON, Jana, M. LAROCQUE, M.-A. OUELLET, O. FERLAND et C. POIRIER (2016). "Long-term trends in groundwater recharge and discharge in a fractured bedrock aquifer – past and future conditions", *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, 41(4): 500-514.
- L'HÉRAULT, V. (2018). *Niche alimentaire et écologie du loup et du carcajou dans l'arctique canadien : des analyses isotopiques au savoir inuit*, Université du Québec à Rimouski, Québec, 278 p.
- LOFGREN, B. M., T. S. HUNTER et J. WILBARGER (2011). "Effects of using air temperature as a proxy for potential evapotranspiration in climate change scenarios of Great Lakes basin hydrology", *Journal of Great Lakes Research*, 37(4): 744-752.
- LÖHMUS, M. et M. BJÖRKLUND (2015). "Climate change: what will it do to fish-parasite interactions?", *Biological Journal of the Linnean Society*, 116(2): 397-411.
- LORCH, J. M., S. KNOWLES, J. S. LANKTON, K. MICHELL, J. L. EDWARDS, J. M. KAPFER, R. A. STAFFEN, E. R. WILD, K. Z. SCHMIDT, A. E. BALLMANN, D. BLODGETT, T. M. FARRELL, B. M. GLORIOSO, L. A. LAST, S. J. PRICE, K. L. SCHULER, C. E. SMITH, J. F. X. WELLEHAN et D. S. BLEHERT (2016). "Snake fungal disease: an emerging threat to wild snakes", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1709): 20150457.
- LOWE, W. H. (2012). "Climate change is linked to long-term decline in a stream salamander", *Biological Conservation*, 145(1): 48-53.
- LYONS, J. et J. S. STEWART (2014). "Predicted effects of future climate warming on thermal habitat suitability for Lake Sturgeon (*Acipenser fulvescens*, Rafinesque, 1817) in rivers in Wisconsin, USA", *Journal of Applied Ichthyology*, 30(6): 1508-1513.
- MAHER, S. P., A. M. KRAMER, J. T. PULLIAM, M. A. ZOKAN, S. E. BOWDEN, H. D. BARTON, K. MAGORI et J. M. DRAKE (2012). "Spread of white-nose syndrome on a network regulated by geography and climate", *Nature Communications*, 3(1).
- MAINGUENEAU, B. (2016). *Analyse multicritère pour l'implantation d'éoliennes aux îles de la Madeleine*, Université de Sherbrooke, Québec, 60 p.
- MALENFANT, R. M., C. S. DAVIS, C. I. CULLINGHAM et D. W. COLTMAN (2016). "Circumpolar Genetic Structure and Recent Gene Flow of Polar Bears: A Reanalysis", *PLoS ONE*, 11(3): e0148967.
- MALLORY, C. D., S. N. WILLIAMSON, M. W. CAMPBELL et M. S. BOYCE (2020). "Response of barren-ground caribou to advancing spring phenology", *Oecologia*, 192(3): 837-852.
- MANDRAK, N. E. et B. CUDMORE (2004). Évaluation du risque posé par la carpe d'Asie au Canada, Pêches et Océans Canada, Secrétariat canadien de consultation scientifique, document de recherche 2004/103, 48 p.
- MCCLURE, C. J. W., B. W. ROLEK, K. MCDONALD et G. E. HILL (2012). "Climate change and the decline of a once common bird: Climate Change and Blackbird Decline", *Ecology and Evolution*, 2(2): 370-378.
- MERN (2021). *Projets éoliens au Québec* [En ligne] [<https://mern.gouv.qc.ca/energie/energie-eolienne/projets-eoliens-au-quebec>] (Consulté le 15 décembre 2020).
- MFFP (2021). *PROJET Stratégie d'adaptation de la gestion et de l'aménagement des forêts aux changements climatiques*. [En ligne] [<https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/10-2021-Projet-strategie-adaptation-forets-changements-climatiques.pdf>] (Consulté en décembre 2021).



- MILLER, M. P., S. M. HAIG, C. L. GRATTO-TREVOR et T. D. MULLINS (2010). "Subspecies status and population genetic structure in Piping Plover (*Charadrius melodus*)", *The Auk*, 127(1): 57-71.
- MILLER, M. P., S. M. HAIG, T. D. MULLINS, K. J. POPPER et M. GREEN (2012). "Evidence for population bottlenecks and subtle genetic structure in the Yellow Rail", *The Condor*, 114(1): 100-112.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE (2008). *Protection des espèces menacées ou vulnérables en forêt publique - Les salamandres de ruisseaux : la salamandre pourpre (Gyrinophilus porphyriticus), la salamandre sombre des montagnes (Desmognathus ochrophaeus) et la salamandre sombre du Nord (Desmognathus fuscus)*, Faune Québec, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de l'environnement forestier, 38 p.
- MOISAN, M. (1998). *Rapport sur la situation du chevalier de rivière (Moxostoma carinatum) au Québec*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec, 73 p.
- MORTSCH, L., H. HENGEVELD, M. LISTER, L. WENGER, B. LOFGREN, F. QUINN et M. SLIVITZKY (2000). "Climate Change Impacts on the Hydrology of the Great Lakes-St. Lawrence System", *Canadian Water Resources Journal*, 25(2): 153-179.
- MPO (2013). *Évaluation du potentiel de rétablissement de l'obovarie olivâtre (Obovaria olivaria) au Canada*, Pêche et Océans Canada, Canada, 28 p.
- NADEAU, A. J. (2012). *A Genetic Analysis of Bald Eagles in the Pacific Northwest: Retained Genetic Diversity Following a Large-Scale Population Bottleneck*, Boise State University, 64 p.
- NATURESERVE (2019). *NatureServe Explorer: An Online Encyclopedia of Life, Version 7.1* [En ligne] [<http://explorer.natureserve.org/>] (Consulté le 27 février 2020).
- NAVARRO, L. (2019). *Dynamique récente et Holocène de la tordeuse des bourgeons de l'épinette en forêt boréale*, Université du Québec à Montréal, 135 p.
- NISBET, I. C. T., M. GOCHFELD et J. BURGER (2014). *Roseate Tern (Sterna dougallii)*. Birds of North America [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/roster/2.0/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).
- OUELLETTE, M. (2012). *Rapport sur la situation de la grenouille des marais (Lithobates palustris) au Québec*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Québec, 36 p.
- OURANOS (2015). *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Partie 1 : Évolution climatique au Québec*, Édition 2015, 114 p.
- PAGNUCCO, K. S., G. A. MAYNARD, S. A. FERA, N. D. YAN, T. F. NALEPA et A. RICCIARDI (2015). "The future of species invasions in the Great Lakes-St. Lawrence River basin", *Journal of Great Lakes Research*, 41: 96-107.
- PAQUET, A. (2018). *Mulette-perlière de l'est : influence du barrage du lac Matane sur la population en amont et étude phylogénique*, projet réalisé dans le cadre du Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, 2 p.
- PAQUET, A., I. PICARD, F. CARON et S. ROUX (2005). « Les mulettes au Québec », *Le Naturaliste canadien*, 129(1): 9.
- PAQUET, A., N. DESROSIERS et A. L. MARTEL (2018). *Rapport sur la situation de l'anodonte du gaspareau (Anodonta implicata) au Québec*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, Québec, 54 p.



- PEACOCK, E., S. A. SONSTHAGEN, M. E. OBBARD, A. BOLTUNOV, E. V. REGEHR, N. OVSYANIKOV, J. AARS, S. N. ATKINSON, G. K. SAGE, A. G. HOPE, E. ZEYL, L. BACHMANN, D. EHRICH, K. T. SCRIBNER, S. C. AMSTRUP, S. BELIKOV, E. W. BORN, A. E. DEROCHER, I. STIRLING, M. K. TAYLOR, Ø. WIIG, D. PAETKAU et S. L. TALBOT (2015). "Implications of the Circumpolar Genetic Structure of Polar Bears for Their Conservation in a Rapidly Warming Arctic", *PLoS ONE*, 10(1): e112021.
- PEARSON, D. L., C. B. KNISLEY, C. J. KAZILEK et D. P. DURAN (2005). *A Field Guide to the Tiger Beetles of the United States and Canada*, Oxford University Press.
- PELLETIER, F., G. TURGEON, A. BOURRET, D. GARANT et M.-H. ST-LAURENT (2019). "Genetic structure and effective size of an endangered population of woodland caribou", *Conservation Genetics*, 20(2): 203-213.
- PERREAULT, G., Y. LANG, J.-S. (2015). *Recommandations à l'intention des municipalités pour la protection du Martinet ramoneur*, Regroupement QuébecOiseaux, Montréal, 27 p.
- PETSCH, D. K., L. G. dos S. RIBAS, T. MANTOVANO, M. M. PULZATTO, A. T. ALVES, G. D. PINHA et S. M. THOMAZ (2020). "Invasive potential of golden and zebra mussels in present and future climatic scenarios in the new world", *Hydrobiologia*, 848, 2319–2330.
- PILFOLD, N. W., E. S. RICHARDSON, J. ELLIS, E. JENKINS, W. B. SCANDRETT, A. HERNÁNDEZ-ORTIZ, K. BUHLER, D. MCGEACHY, B. AL-ADHAMI, K. KONECSNI, V. A. LOBANOV, M. A. OWEN, B. RIDEOUT et N. J. LUNN (2021). "Long-term increases in pathogen seroprevalence in polar bears (*Ursus maritimus*) influenced by climate change", *Global Change Biology* 27 (19). 4481-4497.
- PITT, J. A., S. LARIVIÈRE et F. MESSIER (2008). "Survival and body condition of raccoons at the edge of the range", *Journal of Wildlife Management*, 72(2): 389-395.
- POOLE, A. F., P. E. LOWTHER, J. P. GIBBS, F. A. REID et S. M. MELVIN (2009). *Least Bittern (Ixobrychus exilis)*. *Birds of North America*, [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/leabit/2.0/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).
- POULIOT, D. (2008). *Rapport sur la situation de la couleuvre brune (Storeria dekayi) au Québec*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Faune Québec, Québec, 26 p.
- PRESCOTT, J. et P. RICHARD (2013). *Mammifères du Québec et de l'Est du Canada*, Michel Quintin, Québec, 479 p.
- REID, A. J., A. K. CARLSON, I. F. CREED, E. J. ELIASON, P. A. GELL, P. T. J. JOHNSON, K. A. KIDD, T. J. MACCORMACK, J. D. OLDEN, S. J. ORMEROD, J. P. SMIL, W. W. TAYLOR, K. TOCKNER, J. C. VERMAIRE, D. DUDGEON et S. J. COOKE (2019). "Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity", *Biological Reviews*, 94(3): 849-873.
- REITSMA, L. R., M. GOODNOW, M. T. HALLWORTH et C. J. CONWAY (2009). *Canada Warbler (Cardellina canadensis)*, version 2.0. *Birds of North America* [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/canwar/2.0/introduction>] (Consulté le 8 décembre 2021).
- REMPEL, R. S. (2011). "Effects of climate change on moose populations: Exploring the response horizon through biometric and systems models", *Ecological Modelling*, 222(18): 3355-3365.
- RENFREW, R., A. M. STRONG, N. G. PERLUT, S. G. MARTIN et T. A. GAVIN (2015). *Bobolink (Dolichonyx oryzivorus)*. *Birds of North America* [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/boboli/2.0/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).
- RITCHIE, M. E. et D. TILMAN (1992). "Interspecific competition among grasshoppers and their effect on plant abundance in experimental field environments", *Oecologia*, 89(4): 524-532.



- RIVARD, A., F. SHAFFER et G. FALARDEAU (2006). *Le Bruant de Nelson (Ammodramus nelsoni) au Québec: état des populations*, série de rapports techniques, no 444, Service canadien de la faune, Sainte-Foy, Québec, xi + 71 p.
- RIVIÈRE, T., M. ARVISAIS, D. BANVILLE et M.-A. COUILLARD (2018). *Rapport sur la situation de l'Ombre chevalier Oquassa (Salvelinus Alpinus Oquassa) au Québec*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, Québec, 58 p.
- ROBERT, M., M.-H. HACHEY, D. LEPAGE et A. R. COUTURIER (2019). *Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional*, Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune, Environnement et Changement climatique Canada et Études d'Oiseaux Canada, Montréal, 694 p.
- ROGIC, A., N. TESSIER et F.-J. LAPOINTE (2019). "Genetic characterization of imperiled Boreal Chorus Frogs identifies populations for conservation", *Journal of Herpetology*, 53(2): 89.
- SAMSON, J. (2012). *Atlas de la biodiversité du Québec nordique – Effets des changements climatiques sur la biodiversité*, Ouranos, 51 p.
- SAUMURE, R. A. (2009). *Rapport sur la situation de la tortue musquée (Sternotherus odoratus) au Québec*, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, Ressources naturelles et Faune Québec, Québec, 21 p.
- SCOTT, W. B. et E. J. CROSSMAN (1973). "Freshwater Fishes of Canada", *Internationale Revue Der Gesamten Hydrobiologie Und Hydrographie*, 61(1): 131-132.
- SEI, M. et A. H. PORTER (2007). "Delimiting species boundaries and the conservation genetics of the endangered maritime ringlet butterfly (Coenonympha nipisiquit McDunnough)", *Molecular Ecology*, 16(16): 3313-3325.
- SHAFFER, F., M. ROBERT, J.-F. RAIL et V. LETOURNEAU 2004. *La sterne caspienne: bilan des connaissances et situation au Québec*, Série de rapports techniques No 415, Service canadien de la faune, Sainte-Foy, Québec, 75 p.
- SHANK, C. C. et A. NIXON (2014). *Climate change vulnerability of Alberta's terrestrial biodiversity: A preliminary assessment*, Management and Climate Change Adaptation project, Alberta Biodiversity Monitoring Institute, Edmonton, AB, 60 p.
- SHARMA, S., S. COUTURIER et S. D. CÔTÉ (2009). "Impacts of climate change on the seasonal distribution of migratory caribou", *Global Change Biology*, 15(10): 2549-2562.
- SHELDON, T. A., N. E. MANDRAK et N. R. LOVEJOY (2008). "Biogeography of the deepwater sculpin (Myoxocephalus thompsonii), a Nearctic glacial relict", *Canadian Journal of Zoology*, 86(2): 108-115.
- SHERWIN, H. A., W. I. MONTGOMERY et M. G. LUNDY (2013). "The impact and implications of climate change for bats: Bats and climate change", *Mammal Review*, 43(3): 171-182.
- SHRIVER, W. G., T. P. HODGMAN et A. R. HANSON (2018). *Nelson's Sparrow (Ammodramus nelsoni)*, Birds of North America [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/nstspa/1.1/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).
- SKINNER, B. et É. DOMAINE (2010). *Rapport sur la situation de la coccinelle à deux points (Adalia bipunctata) au Québec*, Ressources naturelles et Faune, Québec, 47 p.
- SKINNER, B., É. DOMAINE (2010). *Rapport sur la situation de la coccinelle à neuf points (Coccinella novemnotata) au Québec*, Ressources naturelles et Faune Québec, Québec, 37 p.
- SKINNER, B., N. DESROSIERS, É. DOMAINE (2012). *État des connaissances sur 30 espèces d'insectes susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Secteur faune, Québec, 128 p.



- SPERRY, J. H., G. BLOUIN-DEMERS, G. L. F. CARFAGNO et P. J. WEATHERHEAD (2010). "Latitudinal variation in seasonal activity and mortality in ratsnakes (*Elaphe obsoleta*)", *Ecology*, 91(6): 1860-1866.
- STEDMAN, S. J. (2018). *Horned Grebe* (*Podiceps auritus*), Birds of North America [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/horgre/2.0/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).
- STEEVES, T. K., S. B. KEARNEY-MCGEE, M. A. RUBEGA, C. L. CINK et C. T. COLLINS (2014). *Chimney Swift* (*Chaetura pelagica*), version 2.0, Birds of North America [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/chiswi/2.0/introduction>] (Consulté le 8 décembre 2021).
- ST-HILAIRE, D. (2003). *Rapport sur la situation de la tortue mouchetée* (*Emydoidea blandingii blandingii*) au Québec, Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune de l'Outaouais, Hull, Québec, 27 p.
- STRALBERG, D., S. M. MATSUOKA, A. HAMANN, E. M. BAYNE, P. SÓLYMOS, F. K. A. SCHMIEGELOW, X. WANG, S. G. CUMMING et S. J. SONG (2014). "Projected boreal bird responses to climate change: the signal exceeds de noise.", *Ecological Applications*, 25(1), p. 52–69.
- SWYNGHEDAUW, B. (2009). « Conséquences médicales du réchauffement climatique », *La Presse Médicale*, 38(4): 551-561.
- TAILLON, J., V. BRODEUR et S. RIVARD (2016). *État de la situation biologique du caribou migrateur, troupeau de la rivière aux Feuilles*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, 69 p.
- TESSIER, N., S. R. PAQUETTE et F.-J. LAPOINTE (2005). "Conservation genetics of the wood turtle (*Glyptemys insculpta*) in Quebec, Canada", *Canadian Journal of Zoology*, 83(6): 765-772.
- TOUGAS-TELLIER, M.-A. (2013). *Impact des changements climatiques sur l'expansion du roseau envahisseur dans le fleuve Saint-Laurent*, Thèse universitaire, Université Laval, Québec, 70 p.
- TOWNSEND, J. M., K. P. MCFARLAND, C. C. RIMMER, W. G. ELLISON et J. E. GOETZ (2015). *Bicknell's Thrush* (*Catharus bicknelli*), version 2.0", Birds of North America [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/bicthr/2.0/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).
- TREMBLAY, J. A. et J. JUTRAS (2010). « Les chauves-souris arboricoles en situation précaire au Québec », *Le Naturaliste canadien*, 134(1): 29-40.
- TREMBLAY, V., C. COSSETTE, J. D. DUTIL, G. VERREAULT et P. DUMONT (2011). *Évaluation de la franchissabilité amont et aval pour l'anguille aux barrages*, Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques, 2912 : x + 73 p.
- TURGEON, J. et L. BERNATCHEZ (2001). "Clinal variation at microsatellite loci reveals historical secondary intergradation between glacial races of *Coregonus artedii* (Teleostei: Coregoninae)", *Evolution*, 55(11), 2274–2286.
- UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI (2015). *CC-Bio* [En ligne] [http://cc-bio.uqar.ca/francais/fr_summary.html] (Consulté le 6 décembre 2021).
- VICKERY, P. D. (1996). *Grasshopper Sparrow* (*Ammodramus savannarum*). Birds of North America [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/graspa/2.0/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).
- WASSINK, L., U. BUSSY, W. LI et K. SCRIBNER (2019). "High-stress rearing temperature in *Acipenser fulvescens* affects physiology, behaviour and predation rates", *Animal Behaviour*, 157: 153-165.
- WELSH, A., T. HILL, H. QUINLAN, C. ROBINSON et B. MAY (2008). "Genetic Assessment of Lake Sturgeon Population Structure in the Laurentian Great Lakes", *North American Journal of Fisheries Management*, 28(2): 572-591.



- WHITE, C. M., N. J. CLUM, T. J. CADE et W. G. HUNT (2002). *Peregrine Falcon* (*Falco peregrinus*), Birds of North America [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/perfal/2.0/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).
- WIEMEYER, S. N., J. F. MOORE et B. M. MULHERN (1984). "Formalin preservation of avian blood for metal and DDE analysis", *Bull. Environ. Contam. Toxicol.; (United States)*, 33:5.
- WIGGINS, D. A., D. W. HOLT et S. M. LEASURE (2006). *Short-eared Owl* (*Asio flammeus*) Birds of North America [En ligne] [<https://birdsoftheworld.org/bow/historic/bna/sheowl/2.0/introduction>] (Consulté le 6 décembre 2021).
- WILLOUGHBY, J. R., M. SUNDARAM, B. K. WIJAYAWARDENA, S. J. A. KIMBLE, Y. JI, N. B. FERNANDEZ, J. D. ANTONIDES, M. C. LAMB, N. J. MARRA et J. A. DEWOODY (2015). "The reduction of genetic diversity in threatened vertebrates and new recommendations regarding IUCN conservation rankings", *Biological Conservation*, 191: 495-503.
- WISHINGRAD, V., A. B. MUSGROVE, D. P. CHIVERS et M. C. O. FERRARI (2015). "Risk in a changing world environmental cues drive", *Behaviour*, 152(5): 635-652.
- YANNIC, G., L. PELLISSIER, J. ORTEGO, N. LECOMTE, S. COUTURIER, C. CUYLER, C. DUSSAULT, K. J. HUNDERTMARK, J. IRVINE, D. A. JENKINS, L. KOLPASHIKOV, K. MAGER, M. MUSIANI, K. L. PARKER, K. H. RØED, T. SIPKO, S. G. PÓRISSON, B. V. WECKWORTH, A. GUISAN, L. BERNATCHEZ et S. D. CÔTÉ (2014). "Genetic diversity in caribou linked to past and future climate change", *Nature Climate Change*, 4(2): 132-137.
- YANNIC, G., M.-H. ST-LAURENT, J. ORTEGO, J. TAILLON, A. BEAUCHEMIN, L. BERNATCHEZ, D. DUSSAULT et S. D. CÔTÉ (2016). "Integrating ecological and genetic structure to define management units for caribou in Eastern Canada", *Conservation Genetics*, 17(2): 437-453.
- ZÁHORSKÁ, E. (2016). "Climate warming and invasive fish species: Will they replace native fish species in waters of temperate zones?", *Biologia*, 71(7).
- ZANATTA, D. T., B. C. STOECKLE, K. INOUE, A. PAQUET, A. L. MARTEL, R. KUEHN et J. GEIST (2018). "High genetic diversity and low differentiation in North American *Margaritifera margaritifera* (*Bivalvia: Unionida: Margaritiferidae*)", *Biological Journal of the Linnean Society*, 123(4): 850-863.
- ZIGOURIS, J., F. NEIL DAWSON, J. BOWMAN, R. M. GILLET, J. A. SCHAEFER et C. J. KYLE (2012). "Genetic isolation of wolverine (*Gulo gulo*) populations at the eastern periphery of their North American distribution", *Conservation Genetics*, 13(6): 1543-1559.





COOP-ECOLOGIE.COM