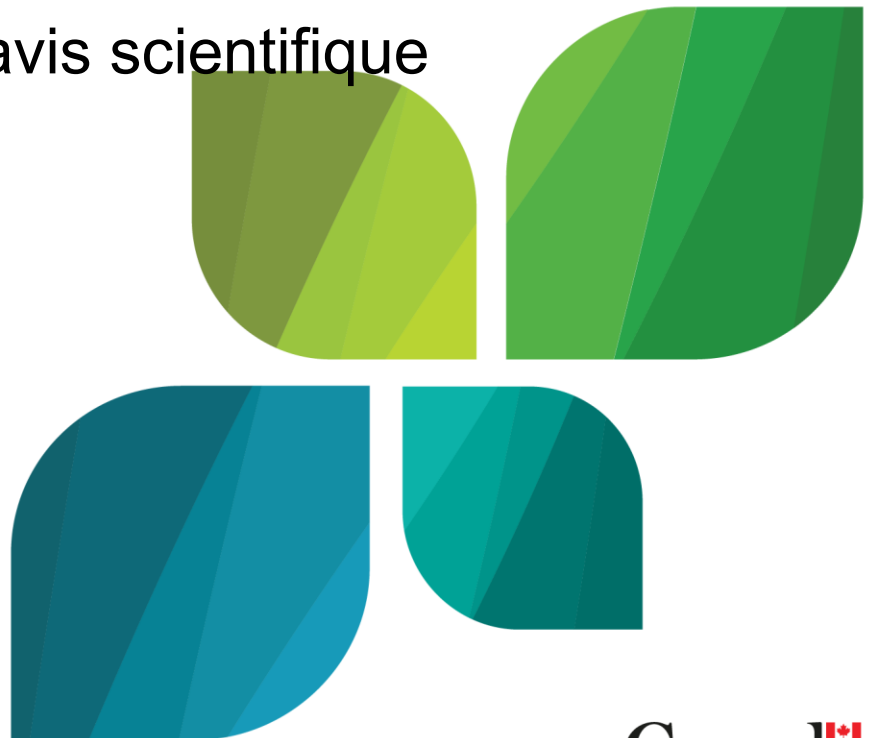




Examen scientifique de la modélisation de l'habitat terrestre à l'appui de l'identification de l'habitat essentiel du Guillemot marbré (*Brachyramphus marmoratus*)

Rapport sur les avis scientifique



N° de catalogue : CW66-1587/2025F-PDF
ISBN : 978-0-660-78028-3

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu de cette publication, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite de l'administrateur du droit d'auteur d'Environnement et Changement climatique Canada. Si vous souhaitez obtenir du gouvernement du Canada les droits de reproduction du contenu à des fins commerciales, veuillez demander l'affranchissement du droit d'auteur de la Couronne en communiquant avec :

Environnement et Changement climatique Canada
Centre de renseignements à la population
Place Vincent-Massey
351, boulevard Saint-Joseph
Gatineau (Québec) K1A 0H3
Ligne sans frais : 1-800-668-6767
Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par la ministre de l'Environnement et du Changement climatique, 2025

Also available in English

Résumé

- Le Guillemot marbré (*Brachyramphus marmoratus*) est inscrit à la liste des espèces menacées de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP). Afin d'appuyer la désignation de l'habitat essentiel terrestre (de nidification) du Guillemot marbré, le Service canadien de la faune (SCF) d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) a élaboré une nouvelle approche comprenant un nouveau (2025) modèle de qualité de l'habitat (ci-après désigné « modèle de 2025 ») et un algorithme de sélection de l'habitat essentiel terrestre qui pourrait éclairer la prochaine modification du programme de rétablissement. La nouvelle approche de modélisation visait également à permettre une comparaison directe entre la disponibilité actuelle de l'habitat et celle qui existait en 2002.
- La Direction générale des sciences et de la technologie d'ECCC a mis sur pied un groupe de travail d'experts et l'a chargé de mener un examen scientifique du modèle de 2025 et de l'algorithme de désignation de l'habitat essentiel afin d'évaluer leur pertinence et de suggérer des améliorations.
- Le modèle de 2025 est fondé sur une approche statistique de forêt aléatoire qui a été élaborée au moyen de polygones de qualité de l'habitat produits à partir de relevés aériens à basse altitude (RABA, par hélicoptères) et appliqués à des données de télédétection du Système national de surveillance des écosystèmes terrestres (SNSET) et d'autres sources. Le modèle de 2025 devait s'appliquer à l'ensemble de l'aire de répartition du Guillemot marbré en Colombie-Britannique.
 - Le groupe de travail d'experts a constaté que les polygones utilisés pour élaborer et valider le modèle de 2025 étaient trop grossiers pour le faire de manière fiable. L'utilisation d'autres types de données (comme les observations de sites de nidification ou les données de RABA à petite échelle) pourrait accroître la confiance dans les prédictions des modèles.
 - Le groupe de travail d'experts a remarqué que les relations entre les variables environnementales et la qualité de l'habitat dans le modèle de 2025 n'étaient pas cohérentes avec certains prédicteurs écologiques connus de l'habitat de nidification et que certaines zones d'habitat convenable étaient mal classées dans la cartographie produite.
 - En outre, le groupe s'inquiétait du fait que le modèle de 2025 ne tient pas suffisamment compte des variations régionales dans l'utilisation de l'habitat par le Guillemot marbré.
- En raison de ces limites et d'autres limites du modèle, le groupe de travail d'experts a suggéré que l'approche préexistante de détermination de l'habitat convenable (soit l'approche de la province de Colombie-Britannique consistant à combiner des données provenant principalement de RABA, de l'interprétation de photos aériennes [IPA] et de l'inventaire des ressources végétales [IRV]) soit utilisée pour le moment. Les RABA et l'IPA utilisent aussi un système de classement en six catégories (1 = très élevé, 6 = nul), les catégories 1 à 3 étant considérées comme de l'habitat convenable.
 - Cette approche de modélisation nécessite l'utilisation de différents paramètres d'habitat dans les régions de conservation du Guillemot marbré (car les paramètres ne sont pas tous disponibles dans l'ensemble de la province) et comprend différents seuils pour les variables environnementales afin de tenir compte des différences dans l'utilisation de l'habitat entre les régions.

- Afin d'atteindre les objectifs en matière de population et de répartition du Guillemot marbré, des données sur la perte d'habitat forestier dans chaque région de conservation du Guillemot marbré sont nécessaires pour déterminer la superficie d'habitat convenable qui peut être désignée et maintenue comme habitat essentiel. Le suivi des pertes d'habitat convenable depuis 2002 peut être effectué à l'aide des données actuelles de la province de la Colombie-Britannique sur la récolte forestière et d'autres perturbations.
 - Un algorithme fondé sur les caractéristiques de l'habitat tirées de l'IVR (âge et hauteur des peuplements), l'altitude et la distance de l'océan a servi à estimer l'habitat potentiel à une échelle grossière à partir de l'année de référence 2002 dans toutes les régions de conservation du Guillemot marbré. Les pertes de forêt ont été appliquées à cette couche cartographiée afin d'estimer la proportion de perte d'habitat jusqu'en 2024. Les proportions ont été calculées pour chaque région de conservation et appliquées à une carte de l'habitat actuellement convenable afin de calculer les superficies d'habitat nécessaires pour atteindre les objectifs de rétablissement.
- Le groupe de travail d'experts a examiné l'approche de sélection de l'habitat essentiel initialement proposée par le SCF, laquelle se fondait sur la hiérarchisation des zones d'habitat convenable cartographiées à l'aide du modèle de 2025 en fonction de la qualité de l'habitat, de la taille de la parcelle, de la fragmentation à l'échelle de la parcelle et de la fragmentation à l'échelle du paysage. Des préoccupations ont été soulevées concernant l'utilisation de la qualité de l'habitat (prédite par le modèle de 2025) et la manière dont la fragmentation a été prise en compte dans la détermination de l'habitat essentiel.
- Le groupe de travail a proposé une autre approche à plusieurs niveaux pour déterminer l'habitat essentiel, laquelle comprend les éléments suivants :
 - L'utilisation de zones d'habitat de grande qualité vérifiées sur le terrain, indiquées par les détections de sites occupés, les sites de nidification connus et d'autres données utilisées afin de vérifier les réserves pour le Guillemot marbré.
 - La priorisation de zones d'habitat de classe 1 et 2 identifiées par la cartographie de la qualité de l'habitat réalisée par la Colombie-Britannique.
 - La sélection de zones d'habitat de classe 3 (ou de la classe suivante la plus convenable) et priorisation des unités cartographiques qui :
 - ont une plus grande superficie;
 - sont plus proches des zones d'habitat de classe 1 et 2 qui sont identifiées;
 - ont une grande superficie d'habitat intérieur (rapport superficie/bordure élevé);
 - ont une grande superficie d'habitat convenable dans un rayon donné.
 - La prise en compte de l'effet de la répartition spatiale de l'habitat essentiel sur le rétablissement de l'espèce (facteurs connus qui influent sur la démographie du Guillemot marbré).
- L'examen et l'avis présentés ici sont fondés sur les données scientifiques dont disposait le groupe de travail d'experts (18-20 mars 2025). Il pourrait être nécessaire de réviser et de mettre à jour l'avis en fonction de nouvelles données qui deviendraient disponibles.

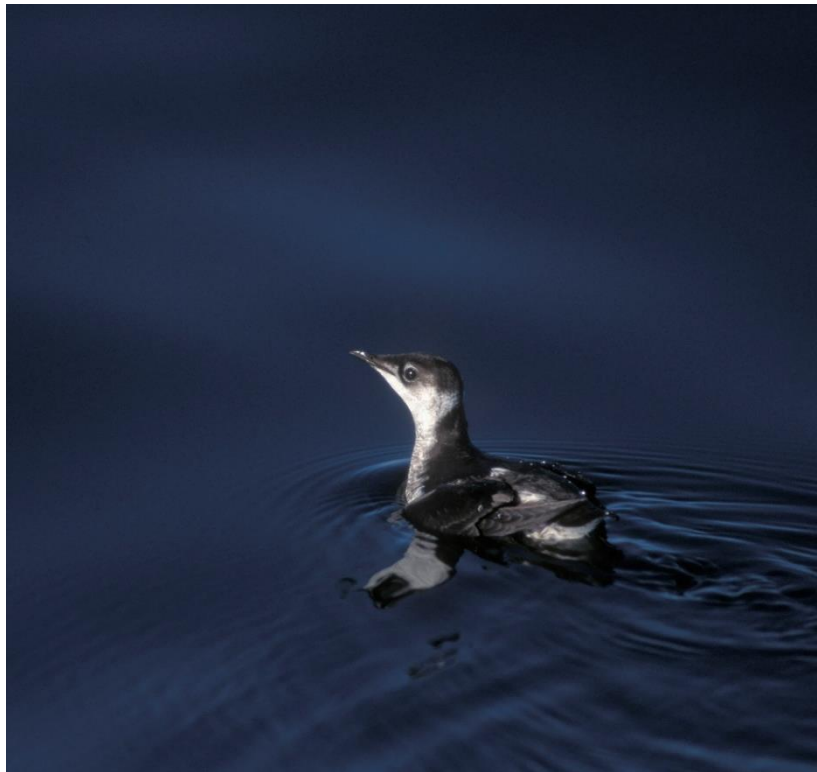
- L'information présentée dans le présent résumé représente le consensus du groupe de travail d'experts.

Table des matières

Résumé	iii
Introduction.....	1
Examen	3
Modèle de qualité de l'habitat de 2025	3
Modèle de qualité de l'habitat de la Colombie-Britannique	5
Délimitation de l'habitat essentiel candidat	6
Sources d'incertitude	7
Avis.....	8
Modélisation de la qualité de l'habitat.....	8
Délimitation de l'habitat essentiel candidat	9
Autres considérations	10
Participants.....	11
Groupe de travail d'experts	11
Comité directeur	11
Autres contributeurs	11
Sources d'information	12

Introduction

Le Guillemot marbré (*Brachyramphus marmoratus*) est un petit (~220 g) oiseau de mer qui passe la majeure partie de son temps en mer près des côtes. Le Guillemot marbré est discret et niche en couples solitaires à faible densité, généralement dans des forêts anciennes situées à moins de 30 km de la mer (Burger et Waterhouse, 2009; Nelson, 2020). La femelle pond un seul œuf par couvée, le recrutement des juvéniles est faible, et le taux de survie des adultes est élevé (Burger, 2002; Cam *et al.*, 2003; Sealy, 1974).



Un Guillemot marbré. © Mike Danzenbaker

Au Canada, l'espèce est présente sur toute la côte pacifique de la Colombie-Britannique, y compris l'île de Vancouver et Haida Gwaii. À des fins de gestion, l'aire de répartition du Guillemot marbré en Colombie-Britannique est divisée en sept régions de conservation (figure 1), les six les plus au sud étant considérées comme les régions de conservation « principales », car on estime que la région de la frontière de l'Alaska abrite un petit nombre d'individus de l'espèce (ECCC, 2023).

Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) considère le Guillemot marbré comme une espèce menacée 1990. Cette désignation s'explique par le déclin passé et continu des populations, principalement en raison de la perte d'habitat de nidification, de sorte que l'on considère que l'espèce répond aux critères de désignation A4c (COSEWIC, 2012, 2021). Le Guillemot marbré est inscrit à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) depuis l'entrée en vigueur de cette loi en 2003.

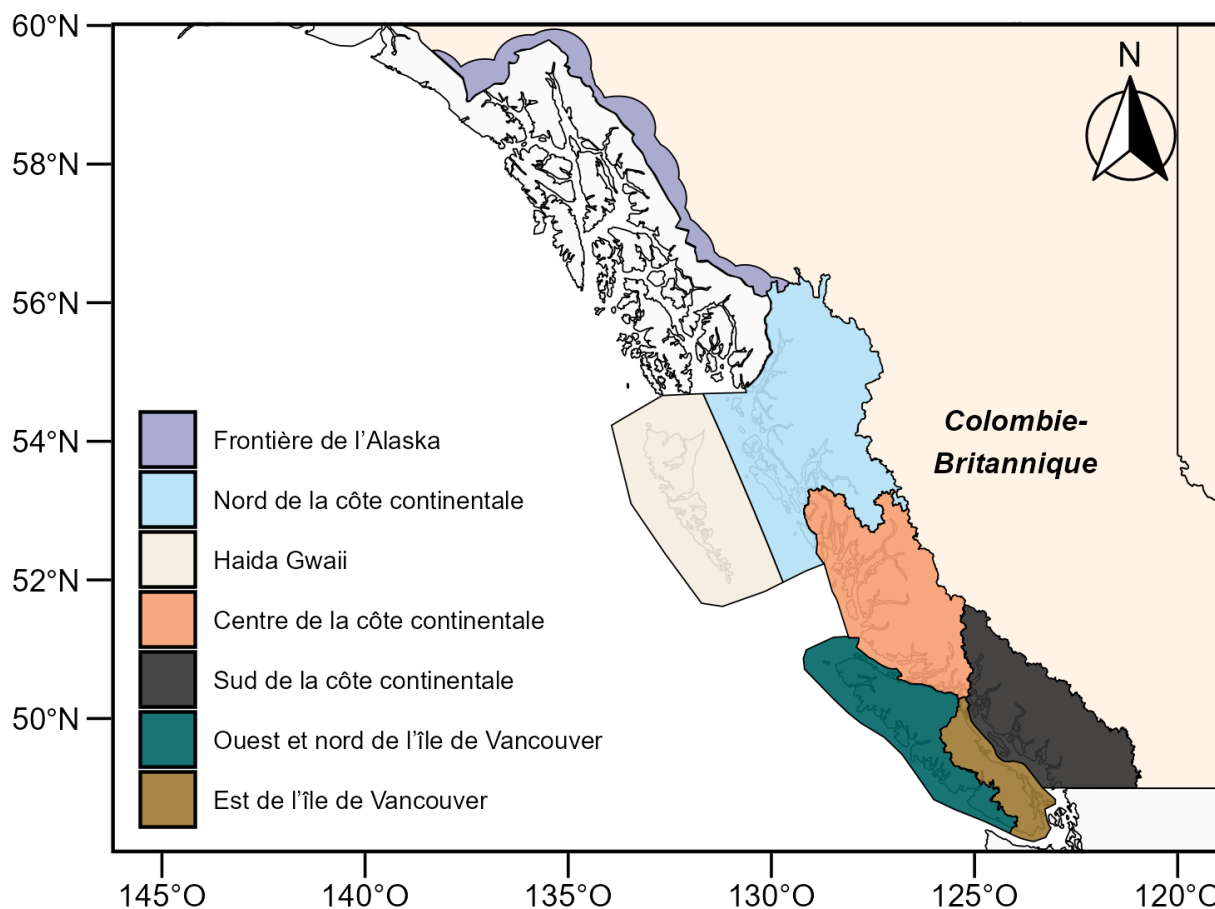


Figure 1. Aire de répartition du Guillemot marbré en Colombie-Britannique et les sept régions de conservation

Pour s'attaquer au déclin continu de population, le programme de rétablissement modifié du Guillemot marbré au Canada (ECCC, 2023) a fixé l'objectif suivant en matière de population et de répartition : « entre 2002 et 2032 (trois générations), les déclins de la population britanno-colombienne et de la superficie de son habitat de nidification auront ralenti jusqu'à s'arrêter, les effectifs de la population et la superficie de l'habitat de nidification se seront stabilisés à des niveaux supérieurs à 70 % de ceux de 2002, et il restera suffisamment de superficie d'habitat de nidification dans les six régions de conservation principales et suffisamment de superficie d'habitat marin convenable correspondant pour soutenir tous les stades vitaux des individus en nidification ou en hivernage ».

L'alinéa 41(1)c) de la LEP exige que les programmes de rétablissement comprennent une désignation de l'habitat essentiel de l'espèce, dans la mesure du possible¹. Dans le programme de rétablissement du Guillemot marbré de 2014 (Environnement Canada, 2014), la désignation de l'habitat essentiel a consisté à cartographier toutes les zones d'habitat de nidification potentiel (« convenables ») sans

¹ La LEP définit l'habitat essentiel comme « l'habitat nécessaire à la survie ou au rétablissement d'une espèce sauvage inscrite, qui est désigné comme tel dans un programme de rétablissement ou un plan d'action élaboré à l'égard de l'espèce ».

préciser quelles zones et superficies devraient être désignées comme habitat essentiel (au sens de la LEP). Une petite région n'a pas été incluse en raison d'un manque de données spatiales. En outre, une partie de la modélisation utilisée pour cartographier l'habitat convenable en 2014 se fondait sur des données de faible résolution et pourrait être remplacée par une modélisation utilisant les données à plus fine échelle qui sont désormais disponibles (Burger *et al.*, 2018; Mather *et al.*, 2010).

Afin de régler les problèmes de la désignation de l'habitat de nidification essentiel faite en 2014, le Service canadien de la faune (SCF) d'ECCC a mis au point une nouvelle approche (2025) de désignation. Cette approche utilise un nouveau modèle d'habitat (ci-après désigné « modèle 2025 ») pour remplacer la modélisation selon les anciennes méthodes (conformément au calendrier des études), et se sert d'un algorithme pour déterminer l'habitat convenable à désigner comme habitat essentiel dans le prochain programme de rétablissement. Point important, le modèle de 2025 devait inclure une analyse rétrospective de la disponibilité de l'habitat afin de permettre la comparaison directe entre la disponibilité actuelle et celle de 2002.

Le SCF a demandé à la Direction générale des sciences et de la technologie d'ECCC de coordonner un protocole d'examen et d'avis scientifiques visant le modèle de 2025 et le nouvel algorithme de cartographie. Pour ce faire, le comité directeur de ce processus consultatif a mis sur pied un groupe de travail d'experts et lui a confié les tâches suivantes :

1. Examiner la nouvelle approche de modélisation visant à déterminer les caractéristiques biophysiques et à cartographier l'habitat de nidification convenable du Guillemot marbré en milieu terrestre, en évaluant la pertinence de l'approche et en faisant des suggestions pour l'améliorer.
2. Examiner le nouvel algorithme qui sera utilisé pour délimiter l'habitat convenable qui pourrait être désigné habitat essentiel candidat, en évaluant la pertinence de l'algorithme et en faisant des suggestions pour l'améliorer.

L'examen a été réalisé du 18 au 20 mars 2025 et s'appuyait sur les données scientifiques dont disposait le groupe de travail d'experts à ce moment-là. Les considérations socioéconomiques n'ont pas été abordées dans le cadre de ce processus consultatif.

Examen

Modèle de qualité de l'habitat de 2025

Le groupe de travail d'experts a examiné un modèle de qualité de l'habitat du Guillemot marbré élaboré par le SCF en collaboration avec un entrepreneur externe (Rickbeil *et al.*, 2025; modèle de 2025). Le modèle a été élaboré pour classer l'habitat convenable dans toute l'aire de répartition de l'espèce en Colombie-Britannique à l'aide de données de télédétection disponibles à l'échelle de la province (p. ex. données du Système national de surveillance des écosystèmes terrestres et d'Hermosilla *et al.* [2016]), ainsi que pour estimer rétrospectivement la disponibilité de l'habitat afin de comparer directement les niveaux actuels de disponibilité de l'habitat avec ceux de 2002.

Le modèle de 2025 utilise une approche statistique de forêt aléatoire qui a été entraînée sur des polygones de qualité de l'habitat produits à partir de relevés aériens de basse altitude (RABA). Le

Ministry of Water, Lands and Resource Stewardship de la Colombie-Britannique a fourni ces données de polygones, qui ont été recueillies dans le cadre d'évaluations par hélicoptère des caractéristiques des microhabitats et des peuplements qui sont importantes pour la nidification du Guillemot marbré (Burger *et al.*, 2004; Burger *et al.*, 2009). Ces évaluations sont réalisées dans des polygones (généralement de dizaines à centaines d'hectares; Burger *et al.*, 2018) prédéfinis en fonction des caractéristiques des peuplements présentées dans les produits cartographiques utilisés pour l'aménagement forestier et représentent donc un sous-ensemble particulier du paysage. À la suite de chaque évaluation, les polygones sont classés dans l'une de six catégories de qualité de l'habitat : la catégorie 1 indique un habitat de très grande qualité, et la catégorie 6 indique un habitat de qualité nulle.

Pour l'entraînement du modèle 2025, les polygones des catégories 1 et 2 ont été considérés comme de l'habitat convenable, tandis que ceux des catégories 5 et 6 ont été considérés comme de l'habitat non convenable. Quelques évaluations de polygones ont utilisé une catégorie 7 (aires déboisées); ces polygones sont également considérés comme de l'habitat non convenable. Les valeurs de huit variables prédictives environnementales (altitude, orientation, relief, hauteur des arbres, principales essences, distance de la côte, milieux humides et forêt de seconde venue), tirées des données de télédétection, ont été évaluées à 5 000 points aléatoires dans chacun des types d'habitat convenable et d'habitat non convenable. Les relations entre ces variables prédictives environnementales et la qualité de l'habitat dans les données d'apprentissage ont ensuite été utilisées pour produire une grille à cellules de 30 x 30 m couvrant toute la côte, dans laquelle chaque cellule contenait une valeur comprise entre 0 et 1 indiquant la proportion d'arbres de décision dans lesquels la cellule était classée comme habitat convenable. La détermination binaire de chaque cellule comme étant de l'habitat convenable ou non convenable a été effectuée à l'aide de la statistique True Skills, qui tente d'équilibrer les taux d'erreur de type I et de type II. La validation du modèle a été effectuée par comparaison entre la qualité de l'habitat et la distribution des polygones RABA des catégories 1 et 2 (habitat convenable) et des polygones des catégories 5, 6 et 7 (habitat non convenable).

Le groupe de travail d'experts a constaté que la résolution des données de RABA à l'échelle des polygones utilisées pour élaborer et valider le modèle de 2025 n'était pas suffisante pour le faire de manière fiable. Cette conclusion comprenait une discussion concernant les erreurs de classification inhérentes aux données de RABA à l'échelle des polygones (Burger *et al.*, 2018), la dépendance de ces données à l'égard des données cartographiques sous-jacentes utilisées pour définir les polygones et la manière dont l'entraînement d'un nouveau modèle sur ces données peut aggraver ces erreurs. En outre, le groupe de travail d'experts a remarqué qu'une analyse récente a révélé que seulement 48 % des nids de Guillemot marbré ont été repérés dans de l'habitat convenable défini par les RABA à l'échelle des polygones (Burger *et al.*, 2018), ce qui en fait un indicateur inadéquat de la qualité de l'habitat pour la nidification. D'autres données sur la qualité de l'habitat, comme des observations des sites de nidification ou des données de RABA à petites échelles (c.-à-d. intensification de l'activité de recherche par hélicoptère dans des parcelles d'environ trois hectares, ce qui permis de correctement prédire 85 % des sites de nidification dans l'étude de Burger *et al.* [2018]), pourraient être utilisées dans la mise au point du modèle, ou comme jeu de données indépendant du modèle pour valider celui-ci, afin d'accroître la confiance dans les prévisions du modèle.

Le groupe de travail a également constaté que les relations entre les variables environnementales et la qualité de l'habitat dans le modèle de 2025 n'étaient pas cohérentes avec certains prédicteurs écologiques connus de l'habitat de nidification. Les effets modélisés des principales espèces d'arbres et de la distance de l'océan différaient des attentes des experts. Dans le même ordre d'idées, le groupe

a constaté que certaines zones d'habitat convenable connues de membres du groupe de travail d'experts semblaient mal classées dans la cartographie produite par le modèle de 2025. En outre, la superficie totale de l'habitat convenable prédite par le modèle de 2025 (2,7 millions d'hectares) était significativement supérieure aux estimations antérieures (p. ex. 1,98 million d'hectares sans l'étude de Mather *et al.* [2010]) et à celles produites par le modèle de qualité de l'habitat de la province de la Colombie-Britannique (décrit plus bas). Cette surestimation pourrait résulter de l'exclusion des polygones de classe 3 et 4 dans l'élaboration du modèle, ces polygones pouvant constituer la majeure partie du paysage et de l'habitat incertain.

De plus, le groupe s'inquiétait du fait que le modèle de 2025 ne tient pas suffisamment compte des variations régionales dans l'utilisation de l'habitat par le Guillemot marbré. L'espèce utilise différemment l'habitat terrestre d'une région à l'autre en raison de différences dans les facteurs géologiques et bioclimatiques et dans la disponibilité de l'habitat. Bien que le modèle de 2025 estime la qualité de l'habitat dans toute Colombie-Britannique, il a été élaboré à partir des données de RABA à l'échelle des polygones sur seulement quatre des sept régions de conservation du Guillemot marbré (est de l'île de Vancouver, ouest et nord de l'île de Vancouver, sud de la côte continentale et centre de la côte continentale). De plus, aucune variable bioclimatique n'a été incluse comme prédicteur dans le modèle de 2025. Par conséquent, le modèle 2025 pourrait mal prédire l'utilisation de l'habitat dans les zones pour lesquelles il n'y avait pas de données d'entraînement, y compris dans plusieurs régions de conservation entières.

Enfin, le modèle de 2025 n'a pas permis de produire une analyse rétrospective de la disponibilité de l'habitat au fil du temps. Des problèmes techniques liés aux valeurs historiques de hauteur des arbres calculées par les produits de télédétection ont produit des tendances incohérentes et peu fiables de la disponibilité de l'habitat au fil du temps. Ainsi, le modèle 2025 n'a pas permis de comparer la disponibilité actuelle de l'habitat à celle de 2002.

Modèle de qualité de l'habitat de la Colombie-Britannique

Le groupe de travail d'experts a discuté de l'approche utilisée par la province de la Colombie-Britannique pour estimer les pertes d'habitat de nidification du Guillemot marbré et cartographier l'habitat de nidification convenable.

Afin d'estimer les proportions de perte d'habitat depuis 2002, la province de la Colombie-Britannique utilise diverses données sur le couvert forestier, obtenues notamment par un algorithme d'habitat pour la majeure partie de l'aire de répartition, par l'interprétation de photos aériennes (IPA) pour Haida Gwaii et la majeure partie des régions de conservation du centre et du nord de la côte continentale, ainsi que par des modèles régionaux pour la baie Clayoquot et des terres privées de la région de conservation de l'est de l'île de Vancouver (Mather *et al.*, 2010). L'algorithme d'habitat utilise des données de l'inventaire des ressources végétales (IRV), un vaste ensemble de données d'inventaire forestier géré par le ministère des Forêts de la Colombie-Britannique. Pour estimer la superficie d'habitat dans chaque région de conservation du Guillemot marbré en 2002, on a identifié les zones abritant un peuplement de plus de 140 ans et d'une hauteur de plus de 28 m qui se trouvent à une altitude inférieure aux seuils (900 m dans les régions de conservation du sud de la côte continentale et de l'île de Vancouver et 600 m dans les régions de conservation du nord et du centre de la côte continentale et de Haida Gwaii) et à une distance de 50 km de l'océan (pour toutes les régions et toutes les méthodes d'estimation de l'habitat). Les pertes d'habitat forestier dans ces zones sont estimées à partir des données spatiales de la province sur la récolte forestière (c.-à-d. les blocs de coupe) et sont en

train d'être mises à jour pour inclure les pertes causées par les feux de forêt cartographiés depuis 2015. Cette méthode a été appliquée pour estimer les pertes dans les régions de conservation de l'île de Vancouver et du sud de la côte continentale jusqu'en 2024, et dans les régions de conservation du nord jusqu'en 2021; d'autres mises à jour sont prévues.

Afin de cartographier l'habitat de nidification convenable et d'en estimer la superficie par rapport aux objectifs de rétablissement, la Colombie-Britannique utilise des données de diverses sources selon leur disponibilité dans les régions de conservation. Cette approche remplace une grande partie des données obtenues à l'aide de l'algorithme d'habitat et de certains des modèles régionaux pour les régions de conservation de l'ouest, du nord et de l'est de l'île de Vancouver et du sud de la côte continentale par des données de RABA sur l'habitat convenable. Comme les données de RABA ont été recueillies entre 2003 et aujourd'hui (de nombreux relevés ont été effectués entre 2010 et 2025), la superficie d'habitat convenable en 2002 n'est pas connue ni cartographiée, mais les superficies par région de conservation peuvent être estimées par analyse rétrospective à partir des proportions d'habitat potentiel perdu depuis 2002 (déterminée à l'aide du modèle de la Colombie-Britannique décrit au paragraphe précédent), qui sont ensuite appliquées à la plus récente couche d'habitat convenable cartographiée. Les seuils de conservation de l'habitat (présentés dans le programme de rétablissement fédéral; ECCC, 2023) peuvent ensuite être appliqués à cette superficie d'habitat convenable de 2002 afin de déterminer la superficie minimale d'habitat convenable nécessaire pour atteindre les objectifs en matière de population et de répartition. Cette approche est décrite en détail dans le plan provincial de mise en œuvre du rétablissement du Guillemot marbré in Colombie-Britannique (*Implementation Plan for the Recovery of Marbled Murrelets in B.C.*, British Columbia Ministry of Forests, Lands, Natural Resource Operations and Rural & Development, 2018) et pourrait servir à estimer les superficies actuelles d'habitat convenable à l'échelle de la province par rapport au niveau de référence de 2002.

Délimitation de l'habitat essentiel candidat

Le groupe de travail d'experts a examiné l'approche de délimitation de l'habitat essentiel initialement proposée par le SCF. Cette approche visait à sélectionner un sous-ensemble de zones d'habitat convenable ayant une grande valeur de conservation, les superficies d'habitat essentiel candidat étant déterminées par les objectifs de conservation décrits dans le programme de rétablissement fédéral (ECCC, 2023). Un algorithme permettant de délimiter l'habitat convenable qui pourrait être classé comme habitat essentiel comprenait les éléments suivants :

- i) les zones que le modèle de 2025 (décrit plus haut) a identifiées comme habitat convenable;
- ii) l'élimination des routes et d'une zone tampon de 10 m de chaque côté,
- iii) la superficie des parcelles d'habitat, à l'exclusion des parcelles de moins de 4,5 ha, avec une préférence croissante pour les parcelles plus grandes;
- iv) la fragmentation à l'échelle de la parcelle, calculée en fonction du rapport bordure/superficie, avec une préférence croissante pour les parcelles à faible rapport bordure/superficie;
- v) la fragmentation à l'échelle du paysage, calculée en fonction de la densité de routes dans l'unité de paysage (les unités de paysage sont des zones terrestres utilisées pour la planification à long terme des activités de gestion des ressources; Government of British Columbia, 2011), avec une préférence croissante pour les zones se trouvant dans les unités de paysage moins fragmentées;
- vi) la qualité de l'habitat, calculée en fonction du score moyen de qualité de l'habitat déterminé par le modèle de 2025.

Dans chaque région de conservation du Guillemot marbré, les zones d'habitat convenable ont été classées en vue de leur inclusion comme habitat essentiel candidat en fonction de leur score (pondéré également) associé à la taille de la parcelle, à la fragmentation à l'échelle de la parcelle, à la fragmentation à l'échelle du paysage et à la qualité de l'habitat.

Étant donné les préoccupations susmentionnées concernant le modèle de qualité de l'habitat de 2025, le groupe de travail d'experts n'était pas en faveur de son utilisation pour délimiter l'habitat essentiel candidat. En outre, l'algorithme accorde une importance considérable à la fragmentation, car il comprend deux scores distincts de celle-ci (à l'échelle de la parcelle et à l'échelle du paysage) qui, ensemble, déterminent la moitié du score total utilisé pour le classement. Le groupe de travail d'experts a souligné la complexité de l'effet de la fragmentation sur le choix des sites de nidification. Par exemple, l'étude de Valente *et al.*, 2023 a montré que l'espèce préférait les sites fragmentés à l'échelle locale et les évitait davantage à l'échelle du paysage. Le groupe a également discuté des différents impacts que les différents types de bordures peuvent avoir sur le choix des sites de nidification par le Guillemot marbré.

Sources d'incertitude

Les seuils de conservation des habitats terrestres fixés dans le programme de rétablissement du Guillemot marbré (ECCC, 2023) reposent sur des hypothèses concernant la relation entre l'abondance de la population et la superficie de l'habitat de nidification convenable (décrites dans Burger et Waterhouse, 2009). Pour éviter une baisse de population de 30 % ou plus sur 30 ans, les objectifs en matière de population et de répartition prévoient la conservation d'au moins 70 % de l'habitat terrestre convenable sur tout le littoral de la province (et la conservation d'au moins 70 % de la population de 2002), avec des cibles variant selon les régions. Le groupe de travail d'experts a souligné qu'en raison du processus et des erreurs de mesure de toute méthode de désignation de l'habitat essentiel, il faudrait conserver plus de 70 % de l'habitat convenable pour conserver 70 % de la population (parce qu'une partie de l'habitat désigné comme étant convenable ne le sera pas). Toutefois, le groupe de travail a également constaté qu'une partie des nids du Guillemot marbré se trouvent dans de l'« habitat non convenable » (p. ex. sur des falaises rocheuses) qui est peu susceptible d'être perturbé par des activités humaines. Étant donné ces nids supplémentaires, les objectifs de conservation de l'habitat pourraient être revus à la baisse tout en permettant d'atteindre les objectifs démographiques. Pour le présent examen, le groupe de travail a estimé que les effets de l'incertitude de la détermination de l'habitat convenable et les effets de l'incertitude du dénombrement des nids dans de l'habitat non convenable s'annulaient, de sorte qu'un rapport de 1:1 entre l'abondance de l'habitat et celle de la population était approprié. Les effets de l'incertitude (et les possibles ajustements des objectifs de conservation) sont examinés en détail dans Burger *et al.* (2014).

L'un des avantages perçus de l'utilisation des données du Système national de surveillance des écosystèmes terrestres (SNSSET) dans l'élaboration du modèle de 2025 est que ces données comprennent des données historiques, ce qui permet d'analyser les changements dans la structure et la composition des forêts. Ces données pourraient donc permettre d'évaluer directement la disponibilité relative de l'habitat du Guillemot marbré, ce qui est exigé pour évaluer les progrès accomplis vers l'atteinte des objectifs en matière de population et de répartition fixés dans le programme de rétablissement de l'espèce (ECCC, 2023). Le groupe de travail d'experts n'était pas certain que ces produits puissent résoudre les difficultés techniques liées à l'estimation et à l'interprétation des données historiques de hauteur et de biomasse des arbres, ni, le cas échéant, sur quelles périodes.

Comme ces difficultés techniques ont empêché d'estimer la disponibilité historique de l'habitat, elles ont créé une incertitude quant à la valeur du modèle 2025 par rapport à d'autres approches.

Avis

Modélisation de la qualité de l'habitat

Étant donné les préoccupations concernant le modèle de 2025 et son incapacité à produire une analyse rétrospective de la disponibilité de l'habitat terrestre, le groupe de travail d'experts recommande d'utiliser le modèle de qualité de l'habitat de la Colombie-Britannique pour estimer l'habitat terrestre convenable actuel du Guillemot marbré. Les estimations du modèle de la Colombie-Britannique peuvent être améliorées par la mise à jour des données sur les pertes de forêt (dans les régions de conservation pour lesquelles les estimations actuelles ne sont fondées que sur les données jusqu'en 2021) et par l'inclusion des pertes dues aux feux en plus de celles dues à l'exploitation forestière. La province de la Colombie-Britannique a déjà entrepris ce travail, et ECCC peut tirer parti de la collaboration provinciale-fédérale en cours pour améliorer ces estimations. En outre, le groupe de travail d'experts a suggéré des approches possibles pour améliorer les estimations de l'habitat convenable (et de ses pertes) dans les forêts privées où l'entreprise forestière a effectué des RABA, mais n'en a pas transmis les résultats à la province pour qu'elle les inclue dans sa carte de l'habitat convenable. Ces approches pourraient donc comprendre la collaboration avec l'entreprise forestière pour accéder à ses RABA et à ses données sur les pertes de forêt.

Si de futurs modèles de qualité de l'habitat à l'échelle de la province doivent être élaborés à l'aide du SNSSET ou d'autres produits de données de télédétection satellitaire, le groupe de travail d'experts suggère qu'ils tiennent compte de la variabilité régionale de l'utilisation de l'habitat par le Guillemot marbré. Pour ce faire, on pourrait inclure des variables bioclimatiques qui covarient avec la structure de la forêt (p. ex. mesures bioclimatiques de WorldClim; Hijmans *et al.*, 2005) et qui sont donc susceptibles d'influer sur le type et la disponibilité de l'habitat de nidification. En outre, des variables spatiales (p. ex. la latitude ou la longitude, et leurs interactions avec d'autres prédicteurs environnementaux) pourraient être incluses dans les modèles afin de tenir compte des facteurs pertinents pour le choix de l'habitat qui ne sont pas expliqués par les prédicteurs environnementaux. Si de telles approches donnent trop de variables prédictives, une approche de choix du modèle pourrait être utilisée pour réduire leur nombre.

Le groupe de travail suggère également d'utiliser des données allant au-delà des RABA à l'échelle des polygones pour l'élaboration et la validation des modèles, notamment des données sur les sites de nidification connus et des données de RABA à petite échelle (Burger *et al.*, 2018). Idéalement, les jeux de données utilisés pour valider les prévisions de modèles devraient être différents de ceux utilisés pour élaborer les modèles. Enfin, le groupe suggère d'examiner attentivement les compromis liés à la surestimation ou à la sous-estimation de l'habitat convenable. Bien que la statistique True Skill utilisée dans le modèle de 2025 constitue une approche objective pour équilibrer différents types d'erreurs dans la délimitation des zones d'habitat convenable ou non convenable, il pourrait être judicieux d'examiner et d'améliorer la manière dont les erreurs sont équilibrées en fonction des différentes classes d'habitat (p. ex. en fixant des seuils différents d'inclusion des données de RABA de catégories 1, 2 et 3 comme habitat convenable dans le processus d'élaboration d'un modèle).

Délimitation de l'habitat essentiel candidat

Le groupe de travail d'experts a recommandé une autre approche de délimitation de l'habitat essentiel candidat qui ne repose pas sur le modèle de 2025 pour estimer la qualité de l'habitat. Cette autre approche repose plutôt sur l'inclusion de zones d'habitat de grande qualité vérifiées, de sites identifiés comme étant de grande qualité par les données de RABA et d'IPA et de sites considérés comme étant de qualité moyenne qui présentent certaines caractéristiques les rendant susceptibles d'être utilisés par le Guillemot marbré pour la nidification. En outre, l'approche accorde moins d'importance à la fragmentation et considère celle-ci différemment par rapport à l'approche initialement proposée par le SCF.

Dans l'autre approche, il est suggéré de délimiter les sites par étapes (c.-à-d. de délimiter autant d'habitat que possible selon le critère (i) avant de passer au critère (ii), etc.) dans chaque région de conservation du Guillemot marbré, jusqu'à ce que la superficie totale des sites atteigne le seuil de conservation régional défini dans le programme de rétablissement (ECCC, 2023). Voici les critères :

- (i) L'utilisation par le Guillemot marbré d'habitat de grande qualité vérifiée sur le terrain par des détections de sites occupés, des sites de nidification connus et d'autres données de terrain (données sur l'habitat et sur les oiseaux recueillies pour vérifier des zones dont la valeur de conservation pour l'espèce est connue, comme des zones d'habitat faunique).
- (ii) La priorisation des zones d'habitat des classes 1 et 2 déterminées par la cartographie de la qualité de l'habitat de la Colombie-Britannique (c.-à-d. à l'aide des données de RABA et d'IPA).
- (iii) La sélection de zones d'habitat de classe 3 (ou de la classe suivante la plus convenable) selon les données de RABA et d'IPA et priorisation des polygones de grande superficie qui sont proches de zones d'habitat de classe 1 et 2 identifiées et qui ont une grande superficie d'habitat intérieur (rapport superficie/bordure élevé) et ont une grande superficie d'habitat convenable dans un rayon donné.

Outre ces critères, le groupe de travail recommande de tenir compte de la façon dont la répartition spatiale de l'habitat essentiel peut influencer sur le rétablissement de l'espèce. Par exemple, d'autres critères pourraient être ajoutés afin d'assurer la délimitation de zones d'habitat essentiel candidat dans chaque unité de paysage, de façon à répartir ces zones dans chaque région de conservation du Guillemot marbré. Cette approche pourrait aider à maintenir la répartition du Guillemot marbré dans toute son aire de répartition historique et à le protéger contre des catastrophes qui toucheraient des populations concentrées. Par contre, la répartition d'une même superficie d'habitat essentiel dans l'ensemble d'une région de conservation augmenterait également la fragmentation et les effets de bordure et pourrait accroître le risque de disparition locale de l'espèce. La prise en compte de l'effet de la répartition spatiale de l'habitat essentiel peut s'appuyer sur les nombreuses études sur la planification de la conservation et la question à savoir s'il faudrait protéger une seule grande zone ou plusieurs petites zones (p. ex. McCarthy *et al.*, 2005; Ovaskainen, 2002). Il faudrait aussi tenir compte des variations des taux démographiques de l'espèce en fonction de la taille et de la répartition des parcelles (si elles sont connues).

Comme l'autre approche de délimitation de l'habitat essentiel candidat n'a pas encore été mise en œuvre, le groupe de travail d'experts n'a pas pu évaluer son efficacité. Le groupe a reconnu qu'il faudrait prendre diverses décisions en matière d'analyse de données pour délimiter l'habitat essentiel candidat selon les critères susmentionnés. À cet égard, le groupe de travail d'experts a recommandé que toute mise en œuvre de l'approche proposée fasse l'objet d'une validation et d'une analyse de

sensibilité afin de garantir que l'habitat essentiel candidat délimité concorde avec l'avis des experts et les données connues de localisation de zones d'habitat de grande qualité.

Autres considérations

Les méthodes de délimitation de l'habitat terrestre convenable et de l'habitat essentiel candidat abordées plus haut se concentrent sur les caractéristiques du milieu terrestre. Or, la délimitation de l'habitat terrestre du Guillemot marbré pourrait également tenir compte de son utilisation de l'habitat marin. Les zones marines très utilisées peuvent indiquer la présence d'habitat terrestre de grande qualité à proximité ou offrir de l'habitat d'alimentation de grande qualité susceptible d'influencer le choix des sites de nidification. Le groupe de travail d'experts a relevé plusieurs sources d'information sur l'utilisation de l'habitat marin par le Guillemot marbré qui pourraient être intégrées dans la future délimitation de son habitat terrestre, notamment des données radar sur les déplacements des oiseaux (Burger *et al.*, 2004; Cooper *et al.*, 2001; Drever *et al.*, 2021; Manley, 2006), des données de relevés en mer et sur le littoral marin (Pastran *et al.*, 2025; Ronconi, 2008) et des données de science citoyenne comme celles de la plateforme eBird (Sullivan *et al.*, 2009), mais qui ne sont pas abordées ici.

Le groupe de travail d'experts a également constaté que des données de balayage laser aéroporté (une application du lidar) ont récemment été utilisées pour produire des modèles de qualité de l'habitat du Guillemot marbré dans certaines régions de la Colombie-Britannique (Clyde, 2017; Cosgrove *et al.*, 2024) et ailleurs (Hagar *et al.*, 2014). Ces données rendent compte d'une gamme de caractéristiques structurelles des forêts qui sont pertinentes pour le Guillemot marbré, et ce, à une échelle spatiale plus fine que de nombreux autres produits de télédétection. Ces données ne sont actuellement pas disponibles pour l'ensemble de la Colombie-Britannique, mais des initiatives en cours visent à étendre leur couverture spatiale et pourrait rendre possible la création de modèles de qualité de l'habitat fondés sur le balayage laser aéroporté de toute la côte de la province.

Participants

Groupe de travail d'experts

Le groupe de travail d'experts a réalisé l'examen et rédigé le présent rapport.

Nom	Affiliation	Rôle
Mark Drever	Environnement et Changement climatique Canada – Direction générale des sciences et de la technologie	Chercheur principal
Doug Bertram	Environnement et Changement climatique Canada – Direction générale des sciences et de la technologie	Chercheur principal
Peter Arcese	University of British Columbia	Membre
Monica Mather	British Columbia Ministry of Water, Lands and Resource Stewardship	Membre
Alan Burger	University of Victoria	Membre
F. Louise Waterhouse	British Columbia Ministry of Forests	Membre

Comité directeur

Le comité directeur a supervisé ce processus de consultation en science de la faune.

Nom	Affiliation
Cody Dey	ECCC – Direction générale des sciences et de la technologie
Ross Vennesland	ECCC – Service canadien de la faune
Christie Whelan	ECCC – Service canadien de la faune
Mark Drever	ECCC – Direction générale des sciences et de la technologie
Doug Bertram	ECCC – Direction générale des sciences et de la technologie
Monica Mather	British Columbia Minister of Water, Lands and Resource Stewardship

Autres contributeurs

Le processus de consultation scientifique a été soutenu par les personnes suivantes : Gilles Olivier, qui a animé la réunion d'examen; Matthew Huntley, Gregory Rickbeil et Graham Stinson, qui ont fourni des informations supplémentaires au groupe de travail d'experts; Cory Toth, Melanie Mullin et Rachel Vallender, qui ont apporté leur soutien logistique et administratif.

Sources d'information

- British Columbia Ministry of Forests, Lands, Natural Resource Operations and Rural et Development. (2018). Implementation plan for the recovery of Marbled Murrelets (*Brachyramphus marmoratus*) in British Columbia. https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/plants-animals-and-ecosystems/species-ecosystems-at-risk/recovery-planning/implementation_plan_for_the_recovery_of_marbled_murrelet.pdf
- Burger, A., Chatwin, T., Cullen, S., Holmes, N., Manley, I., Mather, M., Schroeder, B., Steventon, J., Duncan, J., Arcese, P., et Selak, E. (2004). Application of radar surveys in the management of nesting habitat of Marbled Murrelets *Brachyramphus marmoratus*. *Marine Ornithology*, 32, 1–11.
- Burger, A. E. (2002). Conservation Assessment of Marbled Murrelets in British Columbia, A Review of the Biology, Populations, Habitat Associations and Conservation. Canadian Wildlife Service, Pacific and Yukon Region, Delta, B.C. <https://publications.gc.ca/site/eng/347185/publication.html>
- Burger, A. E., et Waterhouse, F. L. (2009). Relationships between habitat area, habitat quality, and populations of nesting Marbled Murrelets. *Journal of Ecosystems and Management*, 10(1), 101–112. <https://doi.org/10.22230/jem.2009v10n1a415>
- Burger, A. E., Waterhouse, F. L., Donaldson, A., Whittaker, C., et Lank, D. B. (2009). New methods for assessing Marbled Murrelet nesting habitat: Air photo interpretation and low-level aerial surveys. *Journal of Ecosystems and Management*, 10(1), 4–14. <https://doi.org/10.22230/jem.2009v10n1a407>
- Burger, A., Smart, B., Blight, L., et Hobbs, J. (2004). Part Three: Low-level aerial survey methods. In A. Burger (Ed.), *Standard methods for identifying and ranking nesting habitat of Marbled Murrelets (*Brachyramphus marmoratus*) in British Columbia using airphoto interpretation and low-level aerial surveys*. BC Ministry of Water, Land and Air Protection and Ministry of Forests. https://www.env.gov.bc.ca/wld/documents/fia_docs/mamu_standard.pdf
- Burger, A., Waterhouse, F., Deal, J., Lank, D., et Donald, D. (2014). Reliability of methods used to predict suitable nesting habitat for Marbled Murrelets in British Columbia, and review of adjustments needed to determine Candidate Critical Habitat areas (Unpublished Report Prepared for Environment Canada and the Canadian Marbled Murrelet Recovery Team).
- Burger, A., Waterhouse, F. L., Deal, J., Lank, D., et Donald, D. S. (2018). The Reliability and Application of Methods Used to Predict Suitable Nesting Habitat for Marbled Murrelets. *Journal of Ecosystems and Management*, 18(1). <https://doi.org/10.22230/jem.2018v18n1a593>
- Cam, E., Loughheed, L., Bradley, R., et Cooke, F. (2003). Demographic Assessment of a Marbled Murrelet Population from Capture-Recapture Data. *Conservation Biology*, 17(4), 1118–1126. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.01287.x>
- Clyde, G. (2017). A fine-scale lidar-based habitat suitability mapping methodology for the marbled murrelet (*Brachyramphus marmoratus*) on Vancouver Island, British Columbia [MSc. Thesis, University of Victoria]. <https://dspace.library.uvic.ca/items/8ed743e8-6702-4a1b-9932-9fc1b72a002d>
- Cooper, B. A., Raphael, M. G., et Mack, D. E. (2001). Radar-Based Monitoring of Marbled Murrelets. *The Condor*, 103(2), 219–229. <https://doi.org/10.1093/condor/103.2.219>

- COSEWIC. (2012). COSEWIC assessment and status report on the Marbled Murrelet *Brachyramphus marmoratus* in Canada (Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada, p. xii + 82 pp.). <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/species-risk-public-registry/cosewic-assessments-status-reports/marbled-murrelet-2012.html> [Également disponible en français : COSEPAC. (2012). Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Guillemot marbré (*Brachyramphus marmoratus*) au Canada (Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, p. xiv + 96 p.). <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril/evaluations-rapports-situations-cosepac/guillemot-marbre-2012.html>]
- COSEWIC. (2021). COSEWIC assessment process, categories and guidelines. https://cosewic.ca/images/cosewic/pdf/Assessment_process_criteria_Nov_2021_en.pdf [Également disponible en français : COSEPAC. (2021). Processus d'évaluation, catégories et lignes directrices du COSEPAC. https://cosewic.ca/images/cosewic/pdf/Assessment_process_criteria_Nov_2021_fr.pdf]
- Cosgrove, C. F., Coops, N. C., Waterhouse, F. L., et Goodbody, T. R. H. (2024). Modeling Marbled Murrelet nesting habitat: A quantitative approach using airborne laser scanning data in British Columbia, Canada. *Avian Conservation and Ecology*, 19(1). <https://doi.org/10.5751/ACE-02585-190105>
- Drever, M., McAllister, M., Bertram, D., Schroeder, B., et Woo, K. (2021). Trends in radar counts of Marbled Murrelet in British Columbia (1996 to 2018): Effects of “the blob” marine heatwave and abundance of prey fish. *Marine Ornithology*, 49(1), 37–49.
- ECCC. (2023). Amended Recovery Strategy for the Marbled Murrelet (*Brachyramphus marmoratus*) in Canada (Species at Risk Act Recovery Strategy Series, p. vii + 71 pp.). <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/species-risk-public-registry/recovery-strategies/marbled-murrelet-amended-2021.html> [Également disponible en français : ECCC. (2023). Programme de rétablissement modifié du Guillemot marbré (*Brachyramphus marmoratus*) au Canada (Série de Programmes de rétablissement de la *Loi sur les espèces en péril*, p. viii + 97 p.). <https://publications.gc.ca/site/fra/9.917411/publication.html>]
- Environment Canada. (2014). Recovery Strategy for the Marbled Murrelet (*Brachyramphus marmoratus*) in Canada (Species at Risk Act Recovery Strategy Series, p. v + 49 pp.). https://sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/plans/rs_guillemot_marbre_marbled_murrelet_0614_e.pdf [Également disponible en français : Environnement Canada. (2014). Programme de rétablissement du Guillemot marbré (*Brachyramphus marmoratus*) au Canada (Série de Programmes de rétablissement de la *Loi sur les espèces en péril*, p. vi + 57 p.). https://sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/plans/rs_guillemot_marbre_marbled_murrelet_0614_f.pdf]
- Government of British Columbia. (2011). Landscape Units of British Columbia. Landscape Units of British Columbia - Current. <https://open.canada.ca/data/dataset/11277e35-d8be-47e4-bb1f-c38e393179c6>
- Hagar, J. C., Eskelson, B. N. I., Haggerty, P. K., Nelson, S. K., et Vesely, D. G. (2014). Modeling marbled murrelet (*Brachyramphus marmoratus*) habitat using LiDAR-derived canopy data. *Wildlife Society Bulletin*, 38(2), 237–249. <https://doi.org/10.1002/wsb.407>
- Hermosilla, T., Wulder, M. A., White, J. C., Coops, N. C., Hobart, G. W., et Campbell, L. B. (2016). Mass data processing of time series Landsat imagery: Pixels to data products for forest monitoring. *International Journal of Digital Earth*, 9(11), 1035–1054. <https://doi.org/10.1080/17538947.2016.1187673>

- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., et Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Manley, I. (2006). Inventory methods for Marbled Murrelet radar surveys: Standards for components of British Columbia's biodiversity. Ecosystems Branch of the Ministry of Environment. https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/natural-resource-stewardship/nr-laws-policy/risc/mamu_radarsurv.pdf
- Mather, M., Chatwin, T., Cragg, J., Sinclair, L., et Bertram, D. (2010). Marbled Murrelet Nesting Habitat Suitability Model for the British Columbia Coast. *Journal of Ecosystems and Management*, 11, 91–102. <https://doi.org/10.22230/jem.2010v11n1>
- McCarthy, M. A., Thompson, C. J., et Possingham, H. P. (2005). Theory for Designing Nature Reserves for Single Species. *The American Naturalist*, 165(2), 250–257. <https://doi.org/10.1086/427297>
- Nelson, S. (2020). Marbled Murrelet (*Brachyramphus marmoratus*). In A. Poole et F. Gill (Eds.), *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow.marmur.01>
- Ovaskainen, O. (2002). Long-Term Persistence of Species and the SLOSS Problem. *Journal of Theoretical Biology*, 218(4), 419–433. <https://doi.org/10.1006/jtbi.2002.3089>
- Pastran, S., O'Hara, P., Fox, C., Drever, M., Vennesland, R., et Bertram, D. (2025). Predicting marine habitat for marbled murrelets during breeding and nonbreeding seasons in the Salish Sea, British Columbia. *PLoS One*, 20(1), e0316946. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316946>
- Rickbeil, G., Regehr, H., Johnson, A., Navarro, C., Maltman, J., Vennesland, R., Takahashi, L., et Harrison, M. (2025). An updated Marbled Murrelet Habitat Suitability Model for BC using Remote Sensing Data [Unpublished report].
- Ronconi, R. (2008). Patterns and Processes of Marine Habitat Selection: Foraging Ecology, Competition and Coexistence among Coastal Seabirds [thèse de doctorat, University of Victoria]. <https://dspace.library.uvic.ca/items/a6d3f2d3-ae3b-41eb-bed9-55bb7e2f4330>
- Sealy, S. G. (1974). Breeding Phenology and Clutch Size in the Marbled Murrelet. *The Auk*, 91(1), 10–23. <https://doi.org/10.2307/4084657>
- Sullivan, B. L., Wood, C. L., Iliff, M. J., Bonney, R. E., Fink, D., et Kelling, S. (2009). eBird: A citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological Conservation*, 142(10), 2282–2292. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.05.006>
- Valente, J. J., Rivers, J. W., Yang, Z., Nelson, S. K., Northrup, J. M., Roby, D. D., Meyer, C. B., et Betts, M. G. (2023). Fragmentation effects on an endangered species across a gradient from the interior to edge of its range. *Conservation Biology*, 37(5), e14091. <https://doi.org/10.1111/cobi.14091>

Ce rapport est disponible auprès du :

la Section des avis scientifiques d'experts
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement et Changement climatique Canada
1125 Colonel By Drive
Ottawa, ON K1A 0H3

ConseilsScientifiques-ScienceAdvice@ec.gc.ca

Citation suggérée pour cette publication:

ECCC. 2025. *Examen scientifique de la modélisation de l'habitat terrestre à l'appui de la désignation de l'habitat essentiel terrestre du Guillemot marbré (Brachyramphus marmoratus)*. Rapport sur les avis scientifique. 2025/002