

Recueil des protocoles standardisés d'inventaires acoustiques de chauves- souris au Québec

Août 2022

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS



Photographie de la page couverture :

Chauve-souris cendrée © Merlin Tuttle, Merlin Tuttle's Bat Conservation (autorisation commerciale de MerlinTuttle.org)

Crédits des autres photographies :

Page 9, figure 2 : Petite chauve-souris brune atteinte du syndrome du museau blanc © Frédérick Lelièvre, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP)

Page 22, figure 4 : Appareil de détection d'ultrasons (SM3BAT) © Caroline Dubé, MFFP

La version intégrale de ce document est accessible à l'adresse suivante :

mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/PT_standardise_inventaires_acoustiques_chauves-souris.pdf

© Gouvernement du Québec

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2022

ISBN (PDF) : 978-2-550-90054-2

Équipe de réalisation

Rédaction

Patrick Charbonneau, biologiste, M. Sc.	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), Service de la conservation de la biodiversité et des milieux humides (SCBMH)
François Fabianek, biologiste, Ph. D.	Équipe de rétablissement des chauves-souris du Québec
Julie McDuff, biologiste, M. Sc.	Équipe de rétablissement des chauves-souris du Québec
Nathalie Tessier, biologiste, Ph. D.	MFFP, Direction de la gestion de la faune, Estrie, Montréal, Laval et Montérégie (DGFa-05-06-13-16)

Révision

Fabienne Côté, biologiste, M. Sc.	Équipe de rétablissement des chauves-souris du Québec
Kimberley Desgagné, biologiste	MFFP, Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune (DEFTHA)
Nathalie Desrosiers, biologiste, M. Sc.	MFFP, SCBMH
Christine Dumouchel, biologiste, M. Env.	MFFP, SCBMH
Danielle Gauthier, biologiste	MFFP, Direction de la gestion de la faune, Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (DGFa-11)
Anne-Marie Gosselin, biologiste Chef d'équipe, Division de la biodiversité	MFFP, SCBMH
Marie-Josée Goulet, biologiste, M. Sc.	MFFP, DGFa-05-06-13-16
Catherine Greaves, technicienne de la faune	MFFP, Direction de la gestion de la faune, Lanaudière et Laurentides (DGFa-14-15)
Anouk Simard, biologiste, Ph. D.	MFFP, SCBMH

Remerciements

Nous remercions les techniciens de la faune et les biologistes des directions régionales de la gestion de la faune (DGFa) et de la Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune (DEFTHA) du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) de même que les membres de l'Équipe de rétablissement des chauves-souris du Québec qui ont lu et commenté ce protocole.

Référence à citer

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (2022). *Recueil des protocoles standardisés d'inventaires acoustiques de chauves-souris au Québec*, gouvernement du Québec, Québec, 49 p. + annexes.

Registre du document et des mises à jour

Date	Version	Nature du document/des modifications	Chargé(e)s de projet
Août 2021	01	Première version officielle	Patrick Charbonneau
Août 2022	02	Mise à jour : ajout d'une section sur l'usage des drones, définition d'un passage de chauves-souris, ajout de références, précision sur les périodes d'inventaire selon les régions, retrait de l'exigence de l'indice d'abondance de passages par minute, ajout de sites Internet pour les conditions météo et les phases lunaires, ajout de texte sur l'importance de transférer les données au MFFP.	Patrick Charbonneau

Avant-propos

Le présent document a été écrit dans le but d'accompagner les biologistes et techniciens de la faune du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), les consultants et les acteurs du milieu dans la réalisation d'inventaires acoustiques de chauves-souris au Québec, qu'il s'agisse d'inventaires fixes ou mobiles.

Les personnes qui réaliseront des inventaires doivent s'assurer d'utiliser une version à jour du présent document, accessible à l'adresse suivante :

https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/PT_standardise_inventaires_acoustiques_chauves-souris.pdf

Ce document est un recueil de trois protocoles standardisés. Ces protocoles s'appliquent dans les contextes autres que les projets d'implantation d'éoliennes, ceux-ci étant encadrés par un protocole spécifique du MFFP (MRNF, 2008). Ils présentent notamment les critères à respecter en ce qui a trait aux conditions météorologiques, à l'emplacement et au nombre de stations ou de routes d'écoute ainsi qu'à la présentation des résultats. Ces critères sont réalistes en termes financiers et temporels. Si des modifications devaient être apportées aux protocoles, par exemple dans le nombre de stations fixes ou la distance à parcourir, le plan d'échantillonnage devrait être approuvé par la DGFa concernée.

Le document présente différentes sections dans le but d'outiller l'observateur dans l'élaboration de son plan d'inventaire.

Il vise aussi à harmoniser l'information qui parvient au Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ), chargé de compiler les données d'inventaire des régions, des consultants et des divers partenaires.

Tous les intervenants sont invités à partager avec le MFFP leurs données d'inventaire acoustique même si aucune obligation associée à un permis ne s'applique. Bien que ce ne soit pas l'objectif premier des inventaires faisant l'objet de ce recueil, les données récoltées à l'aide des protocoles recommandés permettront d'améliorer les connaissances sur la répartition des différentes espèces de chauves-souris, ce qui aidera à alimenter les bases de données et à faciliter l'évaluation du statut de protection requis pour les espèces en situation précaire. Les données permettront aussi au MFFP d'accompagner les promoteurs dans l'application des mesures d'atténuation pour la protection de l'habitat de ces espèces.

Table des matières

Introduction.....	1
Chauves-souris du Québec et statut de protection.....	1
Permis	1
Objectifs.....	1
Choix de la méthode	2
Notions d'écologie.....	3
Généralités	3
Cycle de vie	4
Transit printanier (avril-mai)	5
Reproduction (juin-juillet).....	5
Transit automnal (septembre-octobre)	5
Hibernation et hivernage (novembre-mars)	5
Habitats	5
Viabilité des occurrences	7
Menaces	7
Mesures de conservation et d'acquisition des connaissances.....	10
Limites et mises en garde	11
Avantages et limites des méthodes d'inventaire.....	11
Définition d'un passage de chauve-souris.....	12
Identification des espèces à l'aide de sonagrammes	12
Détecteurs d'ultrasons	13
Réglages des détecteurs d'ultrasons	14
Fenêtre de déclenchement (<i>trigger window</i> ou <i>max time between call</i>).....	14
Durée maximale d'enregistrement d'un passage.....	14
Filtre passe haut	14
Probabilité de détection.....	15
Usage de drones pour les inventaires acoustiques	15
Périodes d'inventaire.....	17
Sud du Québec.....	17
Inventaire acoustique fixe.....	17
Inventaire acoustique mobile.....	17
Nord du Québec.....	17
Inventaire acoustique fixe.....	17
Inventaire acoustique mobile.....	18
Protocole standardisé d'inventaire acoustique fixe.....	19
Approbation du plan d'échantillonnage	19
Effort d'échantillonnage.....	19
Nombre de stations d'enregistrement.....	19
Projets surfaciques.....	19
Projets linéaires.....	20
Localisation fine des stations	21
Représentativité et diversité des milieux à inventorier	23
Identification des stations	23
Périodes et heures d'enregistrement.....	23
Conditions météorologiques et sélection des nuits à analyser.....	25
Analyse des données et présentation des résultats	27
Protocole standardisé de recherche d'une colonie estivale ou d'un hibernacle à l'aide de détecteurs d'ultrasons	28

Objectif	28
Méthodologie	28
Protocole standardisé d'inventaire acoustique mobile	30
Approbation du plan d'échantillonnage	30
Conditions météorologiques propices	30
Matériel	31
Sélection d'un parcours	32
Périodes d'inventaire et effort	33
Réalisation de l'inventaire	34
Inventaire en véhicule	34
<i>Détecteurs d'ultrasons Anabat SD1 et SD2</i>	35
<i>Détecteurs d'ultrasons de dernière génération</i>	35
Inventaire à pied	36
Prise de données	36
Analyse des données et présentation des résultats	37
Contenu du rapport d'inventaire	38
Transfert des données	40
Utilisation des données	40
Formulaires	40
Références	42
Annexe A Paramètres de filtrage et de conversion suggérés	50
Annexe B Formulaire de prise de données d'inventaire acoustique de chauves-souris — Implantation d'une station fixe	52
Annexe C Présentation suggérée des données acoustiques et des métadonnées	54
Annexe D Conditions propices à respecter pour la réalisation d'un inventaire acoustique mobile selon la classification de la force du vent de l'échelle de Beaufort	58
Annexe E Paramètres d'enregistrement passif suggérés selon le type de détecteurs d'ultrasons	60
Annexe F Formulaire de prise de données d'inventaire acoustique de chauves-souris — Inventaire mobile	62

Liste des tableaux

Tableau 1. Habitats estivaux et d'alimentation préférentiels des chauves-souris du Québec	6
Tableau 2. Avantages et limites des deux types d'inventaires acoustiques	11
Tableau 3. Nombre minimal requis de stations d'inventaire acoustique fixe pour les projets surfaciques	20
Tableau 4. Nombre minimal requis de stations d'inventaire acoustique fixe pour les projets linéaires	20
Tableau 5. Périodes et heures d'écoute pour le sud du Québec	24
Tableau 6. Périodes et heures d'écoute pour les régions nordiques	25
Tableau 7. Périodes recommandées et effort requis pour effectuer les inventaires acoustiques mobiles de chauves-souris	34

Liste des figures

Figure 1.	Cycle de vie d'une chauve-souris résidente.....	4
Figure 2.	Croissance fongique sur le museau d'une petite chauve-souris brune	9
Figure 3.	Schématisation des cris d'écholocation émis par les chauves-souris du Québec	12
Figure 4.	Exemple d'un appareil de détection d'ultrasons (SM3BAT) avec deux microphones déployés à 2 m et 3 m.....	22

Introduction

Chauves-souris du Québec et statut de protection

Au Québec, on dénombre huit espèces de chauves-souris dont cinq sont résidentes, soit la petite chauve-souris brune (*Myotis lucifugus*), la chauve-souris nordique (*Myotis septentrionalis*), la chauve-souris pygmée de l'Est (*Myotis leibii*), la grande chauve-souris brune (*Eptesicus fuscus*) et la pipistrelle de l'Est (*Perimyotis subflavus*). Ces espèces sont présentes sous nos latitudes durant l'hiver et se rassemblent dans des hibernacles comme les cavernes, les mines ou parfois même les bâtiments. Les trois autres espèces, qui migrent vers le sud pour éviter la saison froide, sont la chauve-souris cendrée (*Lasiurus cinereus*), la chauve-souris argentée (*Lasionycteris noctivagans*) et la chauve-souris rousse (*Lasiurus borealis*). Parmi les espèces présentes au Québec, cinq figurent sur la *Liste des espèces floristiques et fauniques susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables du Québec* (RLRQ, c. E-12.01, r. 5), soit la chauve-souris argentée, la chauve-souris cendrée, la chauve-souris rousse, la chauve-souris pygmée de l'Est et la pipistrelle de l'Est (MFFP, 2022a). Ce statut est enchâssé dans la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01). En raison de la précarité de leur situation, la chauve-souris nordique, la petite chauve-souris brune et la pipistrelle de l'Est ont été désignées en voie de disparition par le gouvernement du Canada en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) (L.C. 2002, ch. 29). Un programme de rétablissement de ces trois espèces a d'ailleurs été publié à l'échelle canadienne (Environnement et Changement climatique Canada, 2018). Plus récemment, un plan de rétablissement concernant ces trois espèces a été publié à l'échelle provinciale (Équipe de rétablissement des chauves-souris du Québec, 2019).

Permis

La réalisation d'inventaires suivant le présent document ne requiert pas de permis scientifique, d'éducation ou de gestion de la faune (SEG).

Objectifs

Dans un contexte de détection de la présence de différentes espèces de chauves-souris sur un site donné, on privilégie la technique d'inventaire acoustique. Ce type d'inventaire permet d'écouter et d'enregistrer des cris d'écholocation¹ à l'aide de détecteurs d'ultrasons en réduisant au minimum les ressources humaines nécessaires.

L'objectif général du document est d'identifier les sites, les habitats et les périodes importantes de fréquentation des chauves-souris, que ce soit dans une optique de conservation ou encore pour évaluer les impacts d'un projet de développement à un endroit donné.

Les objectifs spécifiques d'un inventaire acoustique sont les suivants :

- Vérifier la présence des différentes espèces de chauves-souris à un moment et dans un lieu donné.

¹ Écholocation ou écholocalisation : Bien que le terme écholocation soit un emprunt à l'anglais, il est d'usage généralisé et légitimé en français chez les spécialistes depuis le milieu du XX^e siècle (Grand dictionnaire terminologique de l'Office de la langue française du gouvernement du Québec).

- Déterminer les variations spatiales de l'activité nocturne des différentes espèces de chauves-souris.
- Déterminer les variations temporelles de l'activité nocturne des chauves-souris en fonction des variables climatiques et des différentes étapes de leur cycle vital (reproduction, migration, alimentation, etc.).
- Déterminer les relations entre les pics d'activité nocturne et certains secteurs, certains habitats ou certaines périodes pour déterminer les perturbations associées à un projet et orienter les mesures d'atténuation, lorsqu'elles sont requises.

Choix de la méthode

Selon le contexte de l'étude, deux types d'inventaires acoustiques peuvent être réalisés pour atteindre ces objectifs :

- Un inventaire acoustique fixe, à l'aide de stations fixes d'enregistrement.
- Un inventaire acoustique mobile, à l'aide de routes d'écoute.

Le choix du protocole acoustique (fixe ou mobile) et les paramètres encadrant les inventaires varient en fonction du contexte de l'étude. De plus, selon la nature du site à l'étude, du projet et des objectifs poursuivis, il est possible de combiner les méthodes d'inventaire acoustique fixe ou mobile.

Notions d'écologie

Pour avoir de l'information détaillée sur l'écologie des chauves-souris, il est fortement suggéré de consulter le site Internet *Chauves-souris aux abris* (CSAA, 2015). Outre des notions d'écologie, ce site renferme de l'information sur les maladies, la construction d'abris, la manière de participer à l'effort collectif pour améliorer les connaissances sur les populations de chauves-souris et leur reproduction, et beaucoup d'autres sujets. C'est aussi sur ce site que tous les résultats d'inventaire de colonies estivales sont compilés.

Généralités

Les chauves-souris sont des mammifères faisant partie de l'ordre des chiroptères. Les femelles peuvent avoir une portée allant jusqu'à quatre petits par année, qu'elles allaitent pendant quelques semaines jusqu'à ce qu'ils soient autonomes, capables de voler et de s'alimenter seuls. Contrairement aux autres animaux de petite taille, les chauves-souris ont une vie relativement longue, qui peut atteindre jusqu'à 30 ans chez certaines espèces (Barclay et Harder, 2003), dont la petite chauve-souris brune (Davis et Hitchcock, 1995). Les chauves-souris sont les seuls mammifères à pouvoir véritablement voler.

Les chauves-souris jouent un rôle écologique important dans le maintien des écosystèmes. Toutes insectivores, les chauves-souris du Québec contribuent au contrôle de certaines populations d'insectes nocturnes qui peuvent nuire aux cultures en milieu agricole (Boyles et coll., 2011).

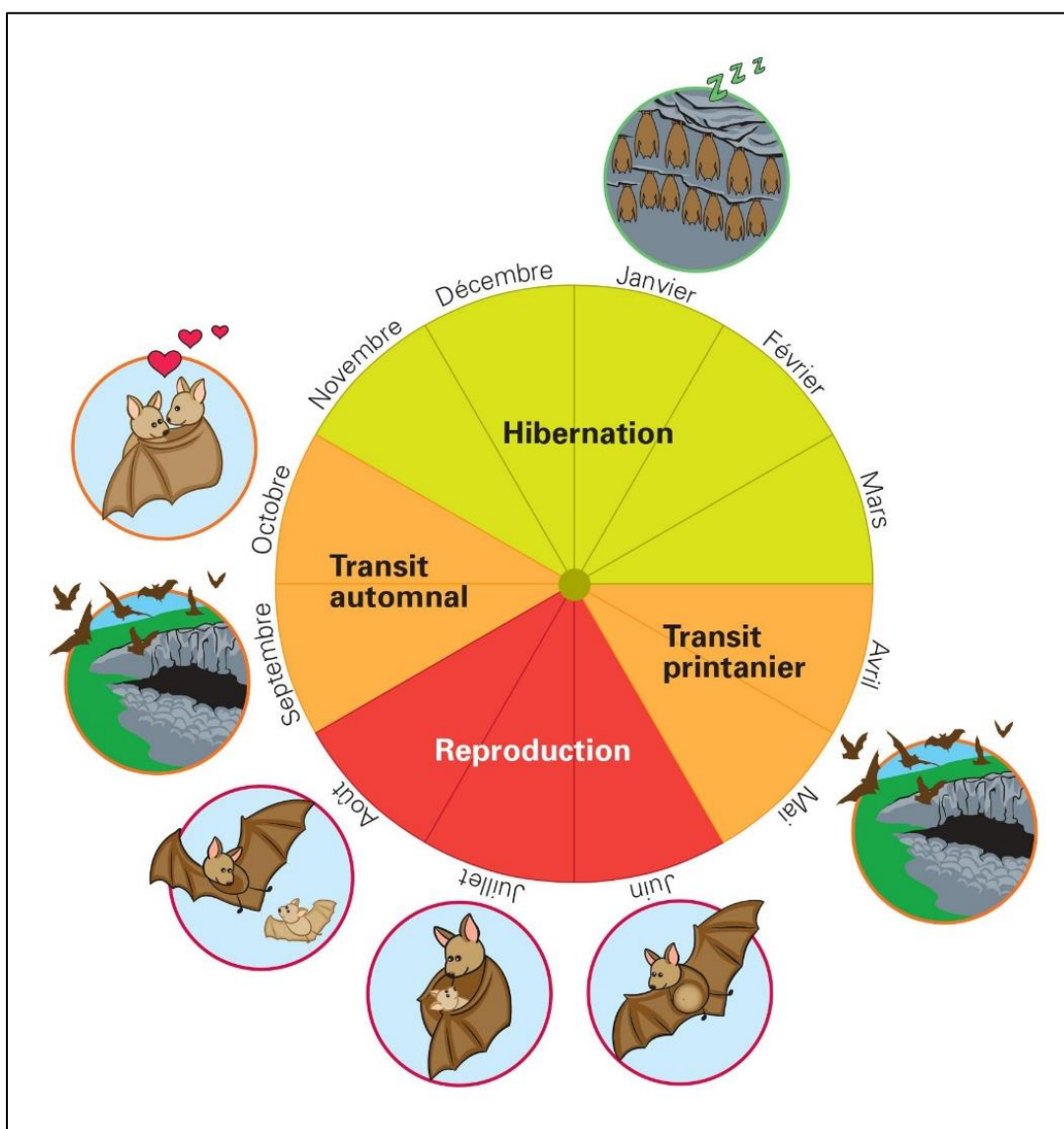
Bien qu'elles disposent en général d'une bonne vision, les chauves-souris utilisent l'écholocation pour se déplacer. Cela consiste à émettre de brèves impulsions sonores (appelées « cris » dans l'ensemble du document) qui se réfléchissent sur les objets environnants, pour ensuite percevoir et interpréter l'écho qui en revient. Ces échos contiennent de multiples informations sur la distance, la dimension, la nature, la texture, la vitesse de déplacement et la direction des objets qui les entourent. Chez les espèces qui fréquentent le Québec, l'écholocation est principalement utilisée la nuit, car leur vision nocturne est moins efficace pour s'alimenter. Les cris d'écholocation qu'elles émettent se situent pour la plupart dans le spectre ultrasonique, signifiant qu'ils sont inaudibles à l'oreille humaine. Les chauves-souris produisent également d'autres types de cris, les cris sociaux, qui peuvent parfois être perçus par l'humain. Ces cris leur servent à communiquer entre elles et à se défendre contre des prédateurs éventuels.

Chaque année, les chauves-souris qui vivent sous nos latitudes doivent faire face à l'hiver, une saison critique pour elles à cause du climat froid et de l'absence de nourriture. Pour traverser cette période, les espèces résidentes ont recours à l'hibernation. Les chauves-souris abaissent leur température corporelle, ainsi que leurs rythmes respiratoire et cardiaque, de façon à rester en vie tout en consommant le moins d'énergie possible (Speakman et Thomas, 2003). Elles comptent sur leurs réserves de graisse pour assurer leur survie jusqu'au printemps, c'est-à-dire pendant près de 200 jours. Elles ne se réveillent qu'à quelques reprises pendant l'hiver pour boire de l'eau, uriner et se nettoyer (Speakman et Thomas, 2003). Les chauves-souris ne creusent pas de terrier, mais utilisent les mines abandonnées ou les cavernes naturelles pour passer l'hiver. Seule la grande chauve-souris brune peut hiberner dans des bâtiments puisqu'elle peut tolérer des températures plus froides que les autres espèces (Goehring, 1972), ainsi que des niveaux d'humidité plus faibles comparativement aux mines et aux grottes (Michel Delorme, biologiste, communication personnelle, juin 2020). L'été, les colonies de chauves-souris,

fréquemment observées dans les greniers ou à l'intérieur des bâtiments, sont généralement composées de petites chauves-souris brunes, de chauves-souris nordiques, de chauves-souris pygmées de l'Est, de pipistrelles de l'Est ou de grandes chauves-souris brunes.

Cycle de vie

Le cycle vital des chauves-souris (figure 1) est caractérisé par des besoins très variables en termes d'habitats selon la période de l'année et il est ponctué par des déplacements saisonniers qui peuvent atteindre de grandes distances (Norquay et coll., 2013). Les périodes du cycle vital des chauves-souris ne sont pas fixes, mais peuvent varier légèrement dans le temps en étant plus précoces ou plus tardives selon les conditions météorologiques ayant cours. Les périodes de reproduction et de migration printanière et automnale sont importantes pour l'alimentation des chauves-souris (Kunz, 1973).



Source : Groupe Chiroptères du Québec, 2016 (idée originale de G. Kania et de M. Dolet).

Figure 1. Cycle de vie d'une chauve-souris résidente

Transit printanier (avril-mai)

À cette période de l'année, les chauves-souris quittent les sites d'hibernation et se déplacent vers les habitats estivaux et les colonies estivales pour les femelles reproductrices.

Reproduction (juin-juillet)

C'est la période de mise bas et de croissance. Pendant ces mois, les femelles reproductrices se regroupent dans des colonies estivales qui peuvent être situées dans toute structure naturelle ou anthropique leur permettant de combler leurs besoins thermiques. Les femelles non reproductrices et les mâles ont un comportement plus solitaire et utilisent différents types d'abris pour se protéger contre les intempéries et entrer plus tard en torpeur lorsque les conditions thermiques seront défavorables (p. ex., nuits fraîches au mois d'août). Les femelles gestantes peuvent également entrer en torpeur si les conditions environnementales ne sont pas optimales (Michel Delorme, biologiste, communication personnelle, juin 2020). Les mâles autant que les femelles font preuve d'une certaine fidélité à l'égard de leurs sites de reproduction d'une année à l'autre (Perry, 2011). Le mois d'août est une période d'élevage des petits, et ces derniers sortent alors des colonies.

Transit automnal (septembre-octobre)

Durant cette période, les chauves-souris des espèces résidentes migrent en direction des sites d'hibernation tandis que celles des espèces migratrices gagnent les zones d'hivernage plus au sud. Avant l'hibernation, les chauves-souris résidentes se regroupent près des sites d'hibernation et c'est à ce moment qu'a lieu la copulation. En effet, la fécondation est différée chez les chauves-souris résidentes. À cette période de l'année, les chauves-souris ont déjà accumulé une bonne part des graisses pour amorcer l'hibernation à venir.

Hibernation et hivernage (novembre-mars)

Les chauves-souris qui restent au Québec en hiver entrent en période d'hibernation dès que les températures nocturnes chutent sous zéro degré Celsius. Le début de l'hibernation est très variable d'une année à l'autre et dépend fortement des conditions météorologiques. Lors des automnes chauds, les chauves-souris peuvent continuer d'être actives et de s'alimenter même au mois de novembre. Ce sont principalement les mâles qui restent actifs tard en saison. Les femelles rentrent en effet rapidement en état de torpeur puis en hibernation, sans doute à cause des températures froides des hibernacles (Burns et Broders, 2015). Lors de l'hibernation, le métabolisme des mâles et des femelles ralentit au maximum et les chauves-souris restent pratiquement inactives jusqu'au retour de températures plus clémentes au printemps. Elles se regroupent dans les grottes, les mines abandonnées et même, dans le cas de la grande chauve-souris brune, dans l'entretoit de certaines habitations. Pour les espèces migratrices, la période d'hivernage se passe au sud de nos latitudes.

Habitats

Les chauves-souris du Québec sont des espèces généralistes qui utilisent une panoplie d'habitats naturels et anthropiques dont les chemins forestiers, les lisières de forêt, les zones linéaires boisées telles que les bandes riveraines et les haies brise-vent, les cours d'eau, les étendues d'eau, les milieux humides et les milieux forestiers (Grindal et coll., 1999; Ford et coll., 2005; Menzel et coll., 2005) pour se déplacer et s'alimenter (Grindal et coll., 1999; Fabianek et coll., 2011). Le tableau 1 dresse la liste des habitats estivaux et d'alimentation pour chacune des espèces de chauves-souris du Québec.

Tableau 1. Habitats estivaux et d'alimentation préférentiels des chauves-souris du Québec

Espèce	Habitats
Petite chauve-souris brune	Milieus forestiers à proximité des lacs, des cours d'eau, des étangs, des marécages, en lisière des clairières et des routes. En milieu périurbain et urbain avec présence de boisés.
Chauve-souris nordique	Milieus forestiers à proximité des lacs, des cours d'eau, des étangs, des marécages. Espèce inféodée au milieu forestier, moins retrouvée en milieu urbain et dans les habitats forestiers fragmentés. La chauve-souris nordique est rarement rencontrée en milieu ouvert.
Chauve-souris pygmée de l'Est	Forêts de conifères ou de feuillus. Moins retrouvée dans les habitats forestiers fragmentés.
Pipistrelle de l'Est	Principalement en forêt tempérée nordique, à proximité des cours d'eau calmes, des plans d'eau et des milieux humides. Détectée aussi en milieu urbain et périurbain dans le sud du Québec. Moins retrouvée dans les habitats forestiers fragmentés.
Chauve-souris argentée	Milieus forestiers de conifères préférentiellement et de feuillus accessoirement, à proximité des plans d'eau et des milieux humides. Espèce fréquentant les abords des lampadaires où il y a des concentrations d'insectes.
Chauve-souris rousse	Peuplements forestiers mixtes ou de conifères matures, les clairières, les rivières, les lacs, les étangs et en milieu périurbain. Espèce fréquentant les abords des lampadaires où il y a des concentrations d'insectes. Moins retrouvée dans les habitats forestiers fragmentés.
Chauve-souris cendrée	Milieus forestiers de conifères préférentiellement et de feuillus accessoirement, principalement dans les clairières à proximité des plans d'eau et des milieux humides. Espèce fréquentant les abords des lampadaires où il y a des concentrations d'insectes.
Grande chauve-souris brune	Milieus urbains et périurbains, pâturages, étangs et écotones forestiers. Plans d'eau et milieux humides. Espèce fréquentant les abords des lampadaires où il y a des concentrations d'insectes.

Sources : Grindal et coll. (1999); Ford et coll. (2005); Menzel et coll. (2005); Prescott et Richard (2013).

Les chauves-souris privilégient les habitats où se concentre une forte densité d'insectes et où elles peuvent s'alimenter et s'abreuver efficacement selon leurs stratégies de vol respectives. Les préférences marquées entre les différentes espèces sont principalement liées aux caractéristiques structurales de l'habitat et non à un type d'habitat donné. Par exemple, un cours d'eau en milieu forestier très obstrué par la végétation sera peu fréquenté ou seulement par la chauve-souris nordique. Un cours d'eau équivalent, mais sans présence de canopée, pourrait être fréquenté par la majorité, sinon la totalité des espèces de chauves-souris. Des restrictions énergétiques importantes et des limitations spatiales incluant la disponibilité des habitats de repos pourront conditionner la répartition géographique de certaines espèces (p. ex., pipistrelle de l'Est ou chauve-souris pygmée) et des individus (mâles ou femelles reproductrices).

Viabilité des occurrences

Les populations de chauves-souris du Québec sont suivies par le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). Les occurrences² y sont colligées et analysées en termes de viabilité. La viabilité d'une occurrence est définie comme une estimation succincte de la probabilité de persistance de la population locale sur une échelle de 20-30 ans si les conditions au moment de l'inventaire s'y maintiennent. Elle est estimée après une évaluation des facteurs limitants pour l'espèce (Hammerson et coll., 2020), dans la clé décisionnelle de NatureServe³. De ces facteurs limitants, certains peuvent être inférés par géomatique à l'échelle du paysage, mais d'autres doivent être documentés sur le terrain lorsque l'information est indisponible, incomplète ou incohérente. C'est le cas notamment des microhabitats dont la survie d'une population de chauves-souris peut dépendre, mais sur lesquels très peu de données géoréférencées sont disponibles (p. ex., la quantité d'arbres offrant des cavités accessibles dans un peuplement forestier). Ces informations doivent donc être recueillies par les équipes de terrain de façon à améliorer le suivi des populations et à documenter, dans les occurrences, les paramètres qui sont importants pour la survie de l'espèce.

La présence des chauves-souris est particulièrement influencée par les facteurs suivants :

- Présence de gîtes naturels (Humphrey, 1975; Gerson, 1984; Perkins, 1996) :
 - arbres matures;
 - arbres à cavités;
 - arbres morts sur pied (ou chicots).
- Présence de plans d'eau (rivières, étangs, lacs) avec peuplements forestiers riverains.
- Présence de milieux humides.
- Présence de bâtiments ou de structures propices à une utilisation par les chauves-souris.

Menaces

L'analyse des menaces effectuée au ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) se base sur la classification des menaces de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) et sur l'attribution d'indicateurs concrets afin de faciliter leur documentation sur le terrain. Comme pour l'analyse de la viabilité, des outils géomatiques permettent une analyse à l'échelle du territoire, mais plusieurs menaces doivent être documentées par des observations sur le terrain, lorsque l'information est indisponible.

La documentation des menaces sur le terrain vise à déterminer des enjeux pour l'espèce au cours des inventaires. De ce fait, l'observation des menaces dans le cadre des inventaires réguliers ne requerra

² Terme en usage dans le réseau de centres de données sur la conservation associés à NatureServe. Ce mot désigne un territoire (point, ligne ou polygone cartographique) abritant ou ayant jadis abrité un élément de la biodiversité. Une occurrence a une valeur de conservation (cote de qualité) pour l'élément de la biodiversité. Lorsqu'on parle d'une espèce, l'occurrence correspond généralement à l'habitat occupé par une population locale de l'espèce en question. Ce qui constitue une occurrence et les critères retenus pour attribuer la cote de qualité qui lui est associée, varient selon l'élément de la biodiversité considéré. L'occurrence peut correspondre à une plage cartographique unique (ou point d'observation) ou à un regroupement de plusieurs plages rapprochées.

³ NatureServe est un organisme non gouvernemental environnemental spécialisé dans la conservation de la nature. Cette organisation fait partie du Réseau de programmes et de centres d'information sur la conservation créée par The Nature Conservancy. Des centres existent aux États-Unis, au Canada, en Amérique du Sud et aux Caraïbes. Le CDPNQ est un membre actif de NatureServe.

pas d'analyse exhaustive, mais permettra de déterminer des besoins ponctuels et de dresser un portrait de l'incidence de ces menaces à travers les occurrences.

Durant les années 1990, un déclin des populations de chauves-souris a été observé en Amérique du Nord. La rareté de certaines espèces de chauves-souris présentes sur le territoire québécois à cette époque laissait présumer qu'elles pouvaient suivre les mêmes tendances à la baisse. Le besoin d'approfondir nos connaissances sur les populations de chauves-souris présentes au Québec et les menaces qui pesaient sur celles-ci s'est alors fait sentir.

Tremblay et Jutras (2010), le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC, 2013), Chauves-souris aux abris (CSAA, 2015) et l'Équipe de rétablissement des chauves-souris du Québec (2019) ont répertorié les principales menaces à la survie des chauves-souris, soit les suivantes :

- Les maladies et infections.
- La perte et la modification de l'habitat :
 - par l'agriculture;
 - par le développement urbain;
 - par la foresterie;
 - par l'industrie minière.
- Les activités de contrôle des insectes.
- Le dérangement dans les hibernacles.
- L'expulsion des chauves-souris d'une colonie estivale se trouvant dans un bâtiment.
- Les autoroutes et les routes secondaires achalandées.
- La construction et l'exploitation de parcs éoliens.

Depuis quelques années, une nouvelle infection fongique s'attaque aux chauves-souris cavernicoles nord-américaines. Appelée le « syndrome du museau blanc », cette infection est devenue la principale cause de mortalité chez les chauves-souris. Le champignon (*Pseudogymnoascus destructans*) responsable de cette infection a été détecté dans l'État de New York en février 2006 (Blehert et coll., 2009). Ce champignon détritivore se développe dans les milieux froids et humides, conditions typiques des hibernacles. Il se développe sur les parties non poilues des chauves-souris en hibernation. Ainsi, il pénètre dans les tissus cutanés et les muqueuses des animaux en torpeur et provoque ainsi une mycose (figure 2).

Le syndrome du museau blanc s'est propagé rapidement à travers le Nord-Est américain. À l'hiver 2009-2010, le syndrome a été détecté sur les chauves-souris de certains hibernacles au Québec et en Ontario. À ce jour, il est estimé que plus d'un million de chauves-souris ont succombé à ce syndrome, ce qui démontre toute l'ampleur de ce fléau dévastateur (MFFP, 2022b). Une étude effectuée sur 42 sites aux États-Unis évalue la mortalité générale des chauves-souris à 88 %, et ce, seulement cinq ans après l'apparition du syndrome du museau blanc (Turner et coll., 2011). Les déclins observés au Québec sont de 98 % pour la chauve-souris nordique, de 91 % pour la petite chauve-souris brune, de 75 % pour la pipistrelle de l'Est, de 41 % pour la grande chauve-souris brune et de 12 % pour la chauve-souris pygmée de l'Est (CSAA, 2015). Dans certains hibernacles, on estime que toutes les chauves-souris ont péri. Le syndrome du museau blanc touche seulement les espèces résidentes puisqu'elles sont cavernicoles.

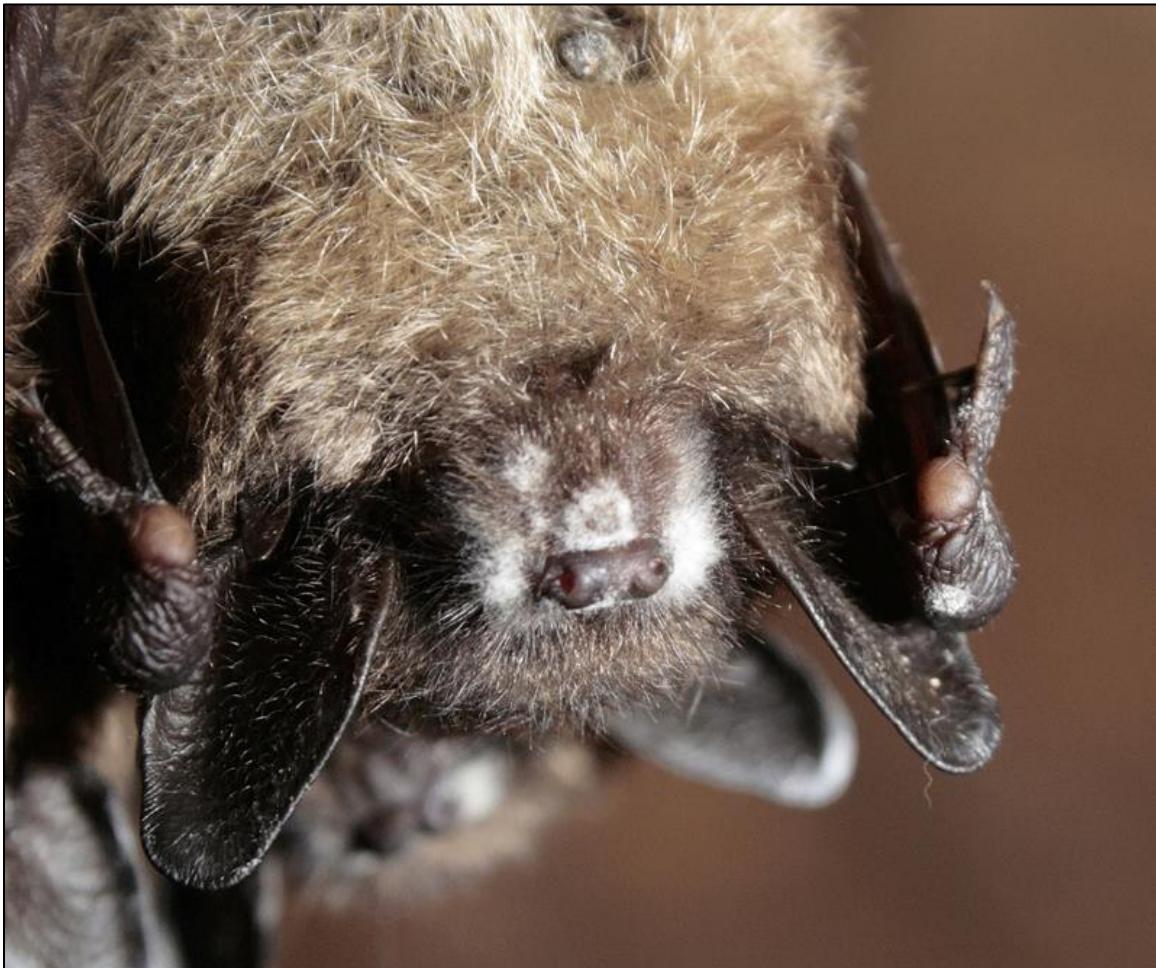


Figure 2. Croissance fongique sur le museau d'une petite chauve-souris brune

Sur le territoire québécois, le syndrome est apparu au sud et s'est répandu vers le nord et l'est. Le syndrome du museau blanc est maintenant observé dans toute l'aire de répartition des chauves-souris au Québec y compris sur la Côte-Nord (Lemaître et coll., 2017) et dans le Nord-du-Québec. On retrouve le champignon depuis 2018 sur l'île d'Anticosti (Anouk Simard, biologiste, communication personnelle, juillet 2020).

Selon les espèces, les chauves-souris ont un faible taux de reproduction annuelle, soit généralement de un à quatre petits (Kunz, 1982). Les populations de chauves-souris font donc preuve d'une faible résilience. À cela, il faut ajouter la méconnaissance des tailles de populations de chauves-souris, qui intensifie le niveau d'incertitude quant à la viabilité de ces populations (Hayes, 2013). Les chauves-souris apparaissent donc vulnérables à l'arrivée de toute menace additionnelle.

À l'exception des espèces de chauves-souris susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables, la grande chauve-souris brune est la seule espèce résidente à échapper pour l'instant à une désignation en vertu de la LEMV ou de la LEP. Cette espèce est également atteinte par le syndrome du museau blanc, mais moins gravement (environ 41 % de mortalité; Turner et coll., 2011).

Mesures de conservation et d'acquisition des connaissances

Depuis 1995, des inventaires de chauves-souris ont été réalisés un peu partout dans la province et, parallèlement, un programme de protection et de recensement des hibernacles de chauves-souris a été créé. Le Réseau québécois d'inventaires acoustiques de chauves-souris (connu sous le nom de Réseau Chirops) a été instauré en 2000. Il s'agit du seul réseau de suivi en Amérique qui possède des données temporelles sur 20 ans. Cet outil permet de documenter la situation des chauves-souris au Québec en favorisant ainsi leur protection et celle de leurs habitats.

Depuis l'arrivée du syndrome du museau blanc en Amérique du Nord à l'hiver 2006-2007, la province s'est dotée d'un programme de surveillance dans les hibernacles au cours de la saison d'hibernation des chauves-souris (de novembre à mai). À cela s'ajoute un projet de recherche sur l'adaptation et la vulnérabilité des chauves-souris aux pratiques forestières québécoises en cours depuis 2011. En 2012, un projet de suivi de maternités à travers la province a été mis en place : Chauves-souris aux abris (CSAA, 2015). Le MFFP contribue à la recherche sur les chauves-souris par l'entremise de divers programmes et collabore avec les universités, les centres de recherche et les organismes sans but lucratif.

L'état des connaissances sur les populations de chauves-souris s'élargit d'année en année, mais le processus de documentation nécessite un suivi régulier. La continuité des suivis mis en place est essentielle pour voir l'évolution de la situation des populations dans la province, déterminer la progression du syndrome du museau blanc et évaluer son impact sur les populations de chauves-souris.

Limites et mises en garde

Avantages et limites des méthodes d'inventaire

Le tableau 2 présente les avantages et les limites de chacun des types d'inventaires acoustiques (fixe ou mobile). Mentionnons que le nombre d'espèces détectées est similaire avec les deux méthodes. De plus, il n'y a pas de différences significatives entre les deux méthodes qui permettent de discriminer laquelle est la plus appropriée pour corrélérer l'activité des chauves-souris en fonction des conditions météorologiques, ainsi qu'en fonction des habitats et de leur répartition spatiale (Faure-Lacroix et coll., 2019).

Tableau 2. Avantages et limites des deux types d'inventaires acoustiques

Types d'inventaire	Avantages	Limites
Inventaire acoustique mobile	• Permet d'estimer l'abondance relative par observation directe d'individus en vol. • Permet d'observer le comportement de vol. • Efficace pour évaluer la répartition spécifique selon les habitats.	• Offre un effort d'inventaire limité dans le temps. • Suppose la présence d'un observateur à un seul endroit à un moment donné (possibilité de rater un pic d'activité ponctuel). • Difficile à réaliser dans certains habitats, selon l'accessibilité à pied ou en véhicule. • Pose une contrainte de sécurité pour le ou les observateurs. • Ne peut se réaliser qu'au niveau du sol. • Nécessite en général un investissement plus important en temps passé sur le terrain. • Détecte davantage les espèces migratrices.
Inventaire acoustique fixe	• Peut être déployé sur de longues périodes, ce qui favorise des variations temporelles de l'activité. • Permet d'enregistrer l'activité des chauves-souris à plusieurs endroits simultanément, ce qui représente un avantage pour l'étude des variations d'habitats et du comportement de chasse des chauves-souris. • Peut être déployé à diverses hauteurs et hors sentier en milieu forestier. • Permet d'observer des variations selon les conditions climatiques sur de longues périodes. • Permet de détecter des pics d'activité. • Offre une meilleure probabilité de détection que l'inventaire acoustique mobile.	• N'assure aucun décompte de chauves-souris par observation directe, ce qui rend impossible l'évaluation de l'abondance relative. • Ne permet pas d'observation directe du comportement des chauves-souris en vol. • Nécessite une bonne capacité de stockage et un effort d'analyse important (grande quantité de données récoltées sur une longue période). • Pose une contrainte de sécurité pour les systèmes (vol et vandalisme). • Exige de changer régulièrement les batteries ou de placer un panneau solaire pour un déploiement à long terme. • Détecte davantage les petites espèces.

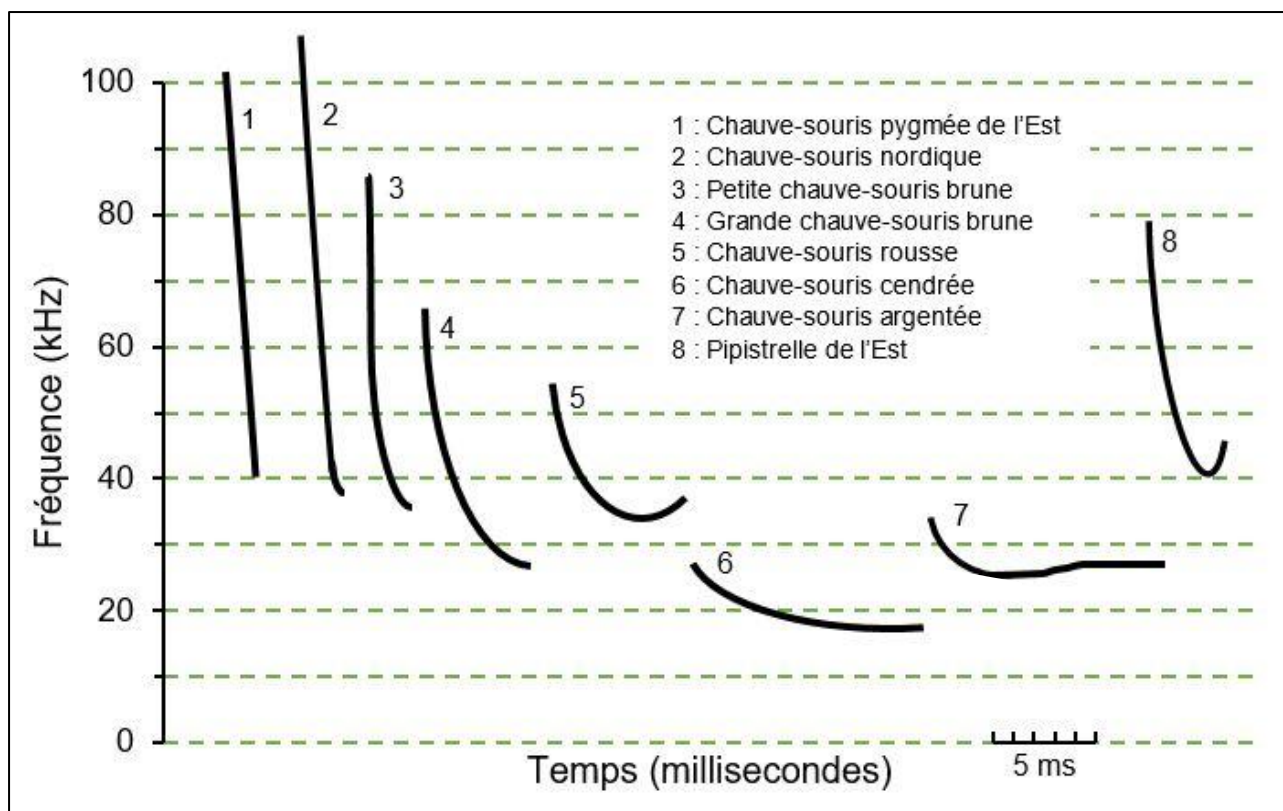
Sources : Tonos et coll. (2014); Whitby et coll. (2014); Collins (2016); Braune de Torrez et coll. (2017); Teets et coll. (2019); Faure-Lacroix et coll. (2019); Neece et coll. (2019).

Définition d'un passage de chauves-souris

Un passage est défini par le Ministère comme un cri d'écholocation de chauves-souris détecté et enregistré par un appareil de détection d'ultrasons dans un intervalle d'enregistrement allant jusqu'à 15 secondes. Pour être associé à une espèce ou un complexe d'espèces, le passage doit comporter un minimum de 3 cris d'écholocation, autrement le passage est considéré comme un passage « non-identifié ». À noter qu'un même enregistrement peut comporter plus d'un passage si différentes espèces sont présentes.

Identification des espèces à l'aide de sonagrammes

Une fois les données d'écholocation recueillies, les sonagrammes (représentation graphique des cris) doivent être analysés, afin de déterminer les espèces ou complexes d'espèces présents dans l'aire d'étude. Ces analyses se font à l'aide de logiciels conçus à cette fin et doivent être comparées aux banques sources témoins d'une sonothèque de référence des chiroptères du Québec. Elles doivent être réalisées par un spécialiste ayant une expérience préalable ou une formation dans l'identification acoustique des chauves-souris (ci-après, l'identificateur). La figure 3 schématise les différences entre les espèces.



Source : François Fabianek, Groupe Chiroptères du Québec, communication personnelle, 7 juin 2020 (adapté de : McDuff et Brunet, 2006).

Figure 3. Schématisation des cris d'écholocation émis par les chauves-souris du Québec

Depuis peu, l'élaboration d'algorithmes permet d'accélérer et d'automatiser une bonne partie du processus d'identification des espèces (Rydell et coll., 2016; Lopez-Baucelis et coll., 2018), ce qui annonce la possibilité de traiter une grande quantité de données rapidement et à moindre coût. Toutefois,

cette avenue est ouvertement critiquée en raison du manque de fiabilité des algorithmes et du besoin toujours présent de valider manuellement les enregistrements (Russo et Voigt, 2016; Rydell et coll., 2016; Barré et coll., 2019).

À ce jour, aucun logiciel ne s'est montré suffisamment performant pour que l'on puisse s'y fier sans validation manuelle (Russo et Voigt, 2016; Rydell et coll., 2016). Ce type d'outils peut donc être utilisé comme aide à l'identification et permettre essentiellement de diminuer le temps d'analyse, mais une vérification manuelle devra être réalisée par l'identificateur pour limiter les faux positifs. Une proportion minimale de 30 % des cris identifiés par le logiciel d'analyse devra être contrevérifiée manuellement. Cette proportion exclut les enregistrements qui ne proviennent pas de chauves-souris. La vérification doit cibler prioritairement les espèces rares ou en situation précaire dans la zone d'étude, afin de confirmer leur présence et d'éviter les faux positifs. Certains logiciels offrent, lors de l'identification automatisée, un indice de fiabilité. L'identificateur peut utiliser cet indice pour cibler son effort de vérification.

Détecteurs d'ultrasons

Différents modèles de détecteurs d'ultrasons sur le marché permettent l'enregistrement des cris sur de longues périodes. Ces modèles varient notamment selon le type d'enregistrement effectué. Aucun modèle précis n'est exigé dans le présent protocole. Cependant, le modèle choisi devra être en mesure d'enregistrer les cris durant toute la durée prescrite et devra pouvoir enregistrer toutes les espèces présentes au Québec, et ce, avec une qualité comparable pour chacune d'elles. Les modèles de Titley Scientific (p. ex., Anabat) et de Wildlife Acoustics (p. ex., SM4BAT) sont les plus utilisés au Québec. Dans une même étude, on devra privilégier l'utilisation d'un seul modèle de détecteur d'ultrasons pour assurer des résultats comparables.

Les modèles de type « expansion du cri » (*time expansion*), comme Pettersson D-200 et D-240, ne sont pas recommandés. Leur méthode d'utilisation nécessite un temps de conversion de l'enregistrement pendant lequel l'appareil n'est plus en mesure d'enregistrer de nouveaux cris. Jusqu'à 90 % du temps d'inventaire est ainsi perdu (Brigham et coll., 2004; Loeb et coll., 2015; Bat Conservation and Management, 2022). Par conséquent, plusieurs cris risquent de ne pas être enregistrés, et l'effort d'échantillonnage réel de ces modèles n'est pas comparable à celui des autres types de détecteurs. Les modèles de type « hétérodyne », comme Batbox IIID et Magenta Bat5, sont également à proscrire puisqu'ils ne sont pas adaptés pour les inventaires fixes. Ils ne permettent pas d'enregistrer toutes les espèces en même temps ni les cris de façon suffisamment précise.

Par ailleurs, étant donné que les différents appareils et microphones n'ont pas les mêmes capacités de détection, il est conseillé, par souci d'uniformité, de conserver le même type d'appareil et de microphone durant l'ensemble de la campagne d'échantillonnage. Si des appareils et des microphones différents doivent être utilisés, il sera alors important de comparer leurs capacités de détection et d'utiliser un facteur de correction lors de l'analyse des données, le cas échéant.

Les microphones peuvent être de type omnidirectionnel ou directionnel. Un microphone omnidirectionnel capte le son uniformément, quelle que soit sa provenance, alors qu'un microphone directionnel est conçu pour la prise de son vers l'avant. Pour les inventaires acoustiques mobiles, il faut privilégier les microphones omnidirectionnels. Ces microphones permettent de capter plus de cris et d'avoir des séquences de meilleure qualité, ce qui aide lors de l'identification acoustique. Avec le microphone

omnidirectionnel, la capacité de détection est augmentée surtout lorsque le microphone est placé sur le toit du véhicule, réduisant ainsi les faux négatifs (pas de détection). Cependant, les bruits de fond du milieu urbain seront aussi perçus par le microphone (p. ex. lignes électriques, génératrices, ventilateurs). Tous les fabricants vendent des dispositifs pour installer les microphones sur le toit et des détecteurs avec GPS intégrés (p. ex. EMTouch pro, Anabat Express et Anabat Swift) qui permettent d'enregistrer automatiquement le point GPS du cri à chaque détection. Le tri des enregistrements se fait ensuite facilement lors des analyses, car le bruit de voiture est généralement monotone et linéaire en fréquence. L'annexe A présente des filtres du bruit de fond pouvant être utilisés lors de la conversion à l'aide du logiciel d'analyse Kaléidoscope. Bien que le Ministère privilégie les microphones omnidirectionnels, des inventaires mobiles effectués avec des microphones directionnels seront jugés recevables.

Réglages des détecteurs d'ultrasons

Les détecteurs d'ultrasons offrent habituellement la possibilité d'ajuster plusieurs paramètres d'enregistrement. Certains paramètres sont importants et influent directement sur les résultats, dont la quantité de passages enregistrée. Un passage est généralement déterminé à l'aide du logiciel d'analyse et du détecteur, et inclut plusieurs paramètres, dont la fenêtre de déclenchement, la durée maximale et le filtre passe haut.

Fenêtre de déclenchement (*trigger window* ou *max time between call*)

Il s'agit du délai accordé par l'appareil après le dernier cri d'écholocation capté avant de mettre fin à l'enregistrement. À des fins de standardisation, il est recommandé de prévoir un délai sans signal de 5 secondes. Ce paramètre est ajustable sur certains détecteurs d'ultrasons comme les SM3, Anabat Swift et SM4BAT. Pour les autres appareils Anabat, ce délai est fixé à 2 secondes.

Il est recommandé de recueillir au moins trois cris par enregistrement (Kunz et coll., 2007) puisqu'un nombre inférieur augmente considérablement le risque de mauvaises identifications de l'espèce ou du complexe d'espèces (faux positifs). Lors des analyses, on peut tenir compte des passages présentant un nombre de cris inférieur, mais il est recommandé de les identifier à des chauves-souris « indéterminées », c'est-à-dire des chauves-souris dont l'espèce ou le complexe d'espèces ne peut être identifié avec certitude. Des cris de polatouches peuvent par ailleurs être enregistrés par les détecteurs d'ultrasons (Gilley et coll., 2019), entre autres taxa comme certains insectes et oiseaux. Des vérifications doivent donc être faites en ce sens afin d'éviter les fausses détections de chauves-souris.

Durée maximale d'enregistrement d'un passage

Après le déclenchement, l'enregistrement d'un nouveau fichier audio débute. Aux fins de standardisation, il est recommandé de prévoir une durée maximale de 15 secondes. Ce paramètre est ajustable sur certains détecteurs d'ultrasons.

Filtre passe haut

Le filtre passe haut permet d'écarter tous les cris en bas d'une valeur de fréquence seuil. La fréquence seuil en deçà de laquelle les cris sont filtrés doit être réglée à 16 kHz pour les chauves-souris du Québec.

Il est essentiel que les paramètres restent constants durant toute la durée des inventaires et de l'analyse des enregistrements au laboratoire.

Probabilité de détection

Une étude visant à évaluer l'efficacité du *North American Bat Monitoring Program* (NABat) révèle qu'il est plus probable, pour une majorité de chauves-souris, de les détecter à des stations d'écoute fixes plutôt qu'à des routes d'écoute mobile (Tonos et coll., 2014; Whitby et coll., 2014; Braune de Torrez et coll., 2017; Neece et coll., 2019). Dans leur étude comparative des deux méthodes d'inventaire, Teets et coll. (2019) recommandent à leur tour l'utilisation de stations fixes. Pour certaines espèces comme celles du genre *Myotis*, il est recommandé de placer des stations fixes dans une variété d'habitats pour augmenter leur détection (milieux ouverts⁴ et fermés; Neece et coll., 2019). Une étude réalisée au Québec a démontré une qualité d'enregistrement et un nombre d'espèces détectées comparables entre les stations fixes et mobiles (Faure-Lacroix et coll., 2019). Par contre, les parcours routiers détectaient davantage les espèces chassant en milieu ouvert, comparativement aux stations fixes où l'on enregistrait généralement plus de chauves-souris du genre *Myotis*.

Les parcours mobiles restent une bonne option lorsqu'il est difficile de déployer des stations fixes (Neece et coll., 2019). Il est souvent plus facile d'installer des stations fixes en milieu forestier ou dans certains milieux humides alors que les parcours mobiles sont plutôt recommandés dans des secteurs qui présentent un risque de vol et de vandalisme des détecteurs d'ultrasons important.

L'avènement du syndrome du museau blanc et le déclin des populations depuis 2006 ont nécessairement influé sur la probabilité de détection de la petite chauve-souris brune et de la chauve-souris nordique. L'étude de Faure-Lacroix et coll. (2019) a d'ailleurs montré qu'il devenait difficile de détecter les chauves-souris du genre *Myotis* avec un nombre restreint de parcours dans les secteurs où l'espèce s'est raréfiée par suite du déclin des populations.

Usage de drones pour les inventaires acoustiques

Les drones pourraient devenir un outil performant pour détecter et réaliser des inventaires de chauves-souris et d'hibernacles. La technologie est maintenant utilisée dans l'industrie minière, notamment dans les mines souterraines (Shahmoradi et coll., 2020).

Mentionnons une étude exploratoire sur une chauve-souris nommée « molosse du Brésil » (*Tadarida brasiliensis*) (Fu et coll., 2018). L'étude réalisée avec un quadricoptère muni d'un détecteur d'ultrasons et d'une caméra thermique a été déployée à l'aube dans l'ouverture d'une grotte au Nouveau-Mexique, alors que les chauves-souris revenaient à la grotte en essaim. Les chercheurs ont manœuvré le drone pour qu'il puisse planer au milieu de l'essaim pendant 84 minutes à des altitudes allant de 5 à 50 m pour étudier l'écholocation et l'évitement des collisions entre les congénères, de même qu'avec le drone. De ce fait, aucune collision avec le drone n'est survenue pendant l'expérimentation. Les molosses ont été observés à faire des virages à 90° pour éviter le drone. Les chercheurs ont été en mesure d'enregistrer 3 487 cliquetis d'écholocation liés à des images thermiques de chauves-souris. Précisons que le drone a été modifié pour isoler le bruit des moteurs et ainsi diminuer les interférences avec le détecteur d'ultrasons.

⁴ Milieu ouvert : sans présence de couverture de la canopée ni d'obstruction latérale liée aux branches et aux feuilles des arbres.

Le bruit et la grosseur du drone auraient une incidence sur l'activité des chauves-souris (Kuhlmann et coll., 2021). Les petits drones de moins de 250 g n'auraient pas d'impact significatif alors que les plus gros drones perturberaient les chauves-souris. Or, les petits drones offrent une capacité de charge presque nulle, limitant ainsi leur utilisation opérationnelle pour l'inventaire des chauves-souris.

Selon Ednie et coll. (2021), les détecteurs d'ultrasons fixés aux drones offrent la possibilité d'étudier les chauves-souris dans des habitats difficiles. Toutefois, les drones peuvent altérer le comportement des chauves-souris, entraînant un évitement du drone, des taux de détection réduits et des relevés inexacts. Ednie et coll. (2021) ont évalué le nombre de passages de chauves-souris détectées avec et sans la présence d'un drone dans des habitats ouverts. Seulement 22 % des passages de chauves-souris ont été enregistrés en présence du drone ($0,23 \pm 0,09$ passage/minute) comparativement aux périodes sans drone ($1,03 \pm 0,17$ passage/minute). Les interférences sonores du drone ont également réduit les taux de détection des chauves-souris (ici, le drone n'a pas été modifié). Les auteurs concluent que les enregistrements acoustiques liés à l'utilisation du drone peuvent mener à des résultats inexacts en raison du taux de détection faible et variable de ces enregistreurs. Broset (2018) mentionne que les inventaires acoustiques par drone sous-estiment la réalité et ne peuvent pas remplacer les méthodes traditionnelles.

Bien que la technologie offre un potentiel pour les inventaires de chauves-souris et d'hibernacles, il n'est actuellement pas recommandé d'utiliser cette technologie. En effet, plus de recherches scientifiques et de développement technologique devront être réalisés pour démontrer une réelle pertinence à son utilisation de manière courante et effective. Broset (2018) mentionne que les faibles performances obtenues par son dispositif expérimental ne permettent pas de justifier une utilisation des drones pour inventorier les chiroptères. De plus, la technologie nécessitera des modifications pour permettre de réduire les interférences avec les détecteurs d'ultrasons, de même que les niveaux sonores et ultrasoniques émis dans le milieu naturel.

Néanmoins, pour tout inventaire de chauves-souris par drone, le plan d'inventaire et la méthodologie doivent être approuvés par la ou les DGFa concernées pour s'assurer que les résultats soient jugés recevables lors de l'analyse des projets assujettis à une étude d'impact ou à une autorisation.

Périodes d'inventaire

Le détail des périodes et des séances d'inventaire est indiqué dans les protocoles d'inventaire acoustique fixe et mobile qui sont présentés dans les prochaines sections du recueil. Pour tenir compte des différents besoins des chauves-souris au cours des saisons (voir section « Cycle de vie »), les protocoles établissent des périodes d'inventaire selon la technique utilisée.

Sud du Québec

Régions concernées : Abitibi-Témiscamingue, Outaouais, Laurentides, Lanaudière, Mauricie Centre-du-Québec, Laval, Montréal, Montérégie, Estrie, Chaudière-Appalaches, Bas-Saint-Laurent et Gaspésie.

Inventaire acoustique fixe

- Période de reproduction (mise bas et élevage des petits) : du 1^{er} juin au 14 août.
Pendant ces mois, les femelles reproductrices se regroupent en colonies estivales qui peuvent être situées dans des bâtiments ou toute autre structure naturelle (p. ex., chicots ou arbres matures) ou anthropique (p. ex., ponts) qui permet de combler leurs besoins. Les femelles non gestantes et les mâles peuvent utiliser différents types d'abris pour se protéger contre les intempéries.
- Période de migration (accouplement et migration automnale) : du 15 août au 30 septembre.
Durant cette période, les chauves-souris résidentes se déplacent en direction de leurs hibernacles, alors que les chauves-souris migratrices migrent vers les zones d'hivernage plus au sud. L'accouplement des chauves-souris a lieu pendant cette période. Les chauves-souris résidentes utilisent un territoire d'un rayon de 10 km autour de l'hibernacle lors de l'accouplement (Stantec Consulting Services Inc., 2013)⁵.

Inventaire acoustique mobile

- Période d'activité avant que les juvéniles puissent voler : **du 15 juin au 9 juillet.**
- Période d'activité avec les juvéniles : **du 10 au 31 juillet.**
- Période d'activité migratoire : **du 20 août au 15 septembre.**

Nord du Québec

Régions concernées : Côte-Nord, Nord-du-Québec et Saguenay–Lac-Saint-Jean.

Inventaire acoustique fixe

- Période de reproduction (mise bas et élevage des petits) : **du 15 juin au 14 août.**
- Période de migration (accouplement et migration automnale) : **du 15 août au 25 septembre.**

⁵ Un projet de recherche est en cours au Ministère et vise à déterminer le rayon d'activité des chauves-souris et de protection du territoire pour les hibernacles du Québec. Selon les résultats obtenus, une mise à jour de cette section sera faite.

Inventaire acoustique mobile

- Période d'activité avant que les juvéniles puissent voler : **du 15 juin au 19 juillet.**
- Période d'activité avec les juvéniles : **du 20 juillet au 5 août.**
- Période d'activité migratoire : **15 août au 10 septembre.**

Selon la nature du projet et les préoccupations en termes d'habitats d'importance (p. ex., advenant la présence possible d'un hibernacle), il peut être nécessaire de procéder à un inventaire durant l'une de ces deux périodes, ou durant l'ensemble des périodes.

Protocole standardisé d'inventaire acoustique fixe

Selon les objectifs visés et le type de milieu à inventorier, les inventaires acoustiques fixes conviennent à l'ensemble des contextes de projet (projet assujéti à des études d'impact sur l'environnement, projet de développement ou projet de conservation et d'acquisition de connaissances).

Approbation du plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage ou toute modification du protocole doivent être approuvés par la ou les DGFA concernées pour s'assurer que les résultats seront acceptés lors de l'analyse des projets assujettis à des études d'impact ou à une autorisation, le cas échéant. Le document doit contenir la méthodologie détaillée, une carte localisant les stations (habitats compris), les limites de la zone d'étude et les endroits où l'on prévoit installer des infrastructures. Les documents doivent être déposés au MFFP trois (3) mois avant le début des inventaires sur le terrain, de sorte qu'il y ait une période adéquate pour l'analyse et la modification du plan d'échantillonnage, le cas échéant.

Effort d'échantillonnage

Nombre de stations d'enregistrement

Le nombre de stations d'écoute varie en fonction de l'étendue du territoire touché par les travaux à venir, de la variabilité de l'habitat et de la présence de milieux sensibles dans la zone d'étude. Dans les cas de projets de développement, les inventaires acoustiques doivent cibler les habitats d'hibernation (mines, cavernes, grottes et fissures dans le roc) de même que les colonies estivales dans les bâtiments ou les structures anthropiques et en milieu naturel se trouvant dans la zone d'étude, le cas échéant.

Projets surfaciques

Le tableau 3 présente le nombre minimal de stations prescrit pour tous les projets surfaciques⁶ selon la superficie de la zone d'étude. Ce nombre peut être révisé à la hausse advenant des enjeux locaux, telle que la présence suspectée d'une colonie estivale ou d'un hibernacle.

La localisation et l'établissement du nombre de stations dans le cas de projets surfaciques inférieurs à 4 km² se font en fonction de la diversité des habitats présents et pour atteindre l'objectif d'orienter un projet vers le scénario de moindre impact sur les habitats des chauves-souris. Ainsi, le nombre de stations pourrait être supérieur à trois, qui est le nombre minimal à respecter.

Selon le tableau 3, pour une zone d'étude de 20 km², il faut installer au moins cinq (5) stations. Pour 32 km², ce minimum augmente à 9 (16 km² + 1 bloc de 16 km², soit 5 + 4 = 9 stations). Pour 48 km², on doit installer 13 stations (16 km² + 2 blocs de 16 km², soit 5 + 4 + 4 = 13 stations) et ainsi de suite.

⁶ Exemples de projets surfaciques ≤ 1 km² : développements domiciliaires, commerciaux et industriels, projets portuaires, etc.; > 1 à 4 km² : développements industriels, projets miniers, etc.; > 4 km² : projets miniers d'envergure, etc.

Tableau 3. Nombre minimal requis de stations d'inventaire acoustique fixe pour les projets surfaciques

Superficie de la zone d'étude	Nombre minimal de stations
≤ 1 km ²	2
> 1 à 4 km ²	3
> 4 à 16 km ²	4
> 16 km ²	5 + 4 par bloc de 16 km ² supplémentaire*

* À partir de 32 km², si le projet se trouve en région nordique où la végétation est plus uniforme (p. ex., Nord-du-Québec, Côte-Nord) : + 1 par bloc de 16 km² supplémentaire.

S'il est difficile de vérifier le bon fonctionnement des détecteurs d'ultrasons (p. ex., en milieu éloigné), il est recommandé de prévoir une station de plus que le nombre minimal de stations afin de diminuer le risque de perte de données lié à une station défectueuse.

Projets linéaires

Le tableau 4 présente le nombre minimal de stations prescrit pour les projets linéaires⁷ selon la longueur de la zone d'étude. Ce nombre peut être révisé à la hausse si des enjeux locaux, tels que la présence suspectée d'une colonie de chauves-souris, le justifient.

Tableau 4. Nombre minimal requis de stations d'inventaire acoustique fixe pour les projets linéaires

Longueur de la zone d'étude	Nombre minimal de stations
≤ 1 km	2
> 1 à 4 km	3
> 4 à 8 km	4
> 8 à 12 km	5
> 12 km	6 + 5 par tranche de 12 km supplémentaire*

* À partir de 24 km si le projet se trouve en région nordique où la végétation est plus uniforme (p. ex., Nord-du-Québec, Côte-Nord) : + 1 par tranche de 12 km supplémentaire.

Les stations doivent être réparties dans les habitats les plus propices à la présence de chauves-souris tout en couvrant, de manière uniforme, l'ensemble de la zone d'étude.

⁷ Exemples de projets linéaires : ≤ 1 km : routes, lignes électriques, etc.; > 1 à 4 km : lignes électriques, etc.; > 4 km : projets interrégionaux ou internationaux de type oléoduc, ligne électrique, etc.

Selon le tableau 4, pour une zone d'étude linéaire de 20 km, on doit installer au moins six (6) stations. Pour 24 km, ce minimum augmente à 11 (12 km + 1 tranche de 12 km, soit $6 + 5 = 11$ stations). Pour 36 km, on doit installer 16 stations (12 km + 2 tranches de 12 km, soit $6 + 5 + 5 = 16$ stations) et ainsi de suite.

Localisation fine des stations

La localisation des stations d'écoute est déterminante pour la réalisation d'un inventaire de qualité. Elle doit tenir compte du paysage afin d'inventorier les milieux où le niveau d'activité des chauves-souris risque d'être élevé.

Les chiroptères utilisent une panoplie d'habitats naturels et anthropiques pour se déplacer et s'alimenter (Grindal et coll., 1999; Fabianek et coll., 2011), dont les chemins forestiers, les cours d'eau, les milieux humides et forestiers riverains (Grindal et coll., 1999; Ford et coll., 2005; Menzel et coll., 2005). La bordure forestière (écotone forêt-champ ou forêt-parterre de coupe, chemin ou sentier forestier) est un endroit où les chauves-souris sont très actives (Crampton et Barclay, 1996; Grindal et Brigham, 1999; Morris et coll., 2010). Ces structures linéaires peuvent être utilisées par les chauves-souris pour s'alimenter (Verboom et Spoelstra, 1999), se protéger du vent (Norberg et Rayner, 1987) ou éviter les prédateurs (Speakman, 1991).

Les cours d'eau, les petits plans d'eau, les marais et les marécages constituent également des habitats d'alimentation et d'hydratation privilégiés par les chauves-souris, notamment par les femelles gravides ou en lactation (Racey et Swift, 1985; Taylor, 2006).

Les chicots ou les arbres de grande taille constituent aussi des éléments d'intérêt pour plusieurs espèces de chauves-souris, puisqu'ils peuvent être utilisés comme gîtes de repos diurne ou comme sites de maternage (Barclay et Kurta, 2007; Fabianek et coll., 2015).

Par conséquent, les stations d'échantillonnage devront idéalement être placées à proximité de ces milieux d'intérêt ou d'une combinaison de ces milieux. Évidemment, on devra tenir compte de la présence de colonies estivales ou d'hibernacles suspectés.

Ainsi, on retient huit habitats préférentiels pour l'installation des stations d'inventaire, soit les suivants :

- Milieux humides (tourbières, marais et marécages).
- Forêts matures (de 90 ans et plus).
- Forêts décidues, de résineux ou mixtes (30-90 ans).
- Milieux riverains.
- Éclaircies forestières.
- Écotones forestiers et ruraux.
- Habitats linéaires boisés (haies brise-vent).
- Abords des grottes, parois rocheuses et bâtiments.

À des fins de comparaison, il est important d'inventorier aussi un certain nombre d'habitats jugés non préférentiels par les chauves-souris (p. ex. forêts décidues, de résineux ou mixtes de moins de 30 ans, forêts denses et obstruées latéralement). Une seule station par type d'habitat peut y être installée.

Afin d'augmenter les chances d'enregistrer des chiroptères et d'obtenir des enregistrements de qualité, l'installation des systèmes devrait tenir compte des recommandations suivantes :

- Pour les milieux ouverts (p. ex. plans d'eau, champs, friches, prairies, arbustives basses), mettre la station en bordure d'un milieu forestier (écotones).
- Abriter le microphone des vents dominants.
- Orienter le microphone à 45° vers le haut ou vers le bas, selon les spécifications du fabricant.
- Placer le microphone entre 2 et 4 m du sol (figure 4), dans une trouée naturelle pour avoir le moins d'interférence possible.
- Éviter de placer le microphone près ou à l'arrière du feuillage et choisir de préférence des résineux.
- Éviter la proximité des routes, des lignes électriques, des pistes de VTT et d'autres infrastructures pouvant émettre des interférences.

La plupart des fabricants de détecteurs d'ultrasons fournissent des recommandations spécifiques pour leur installation.

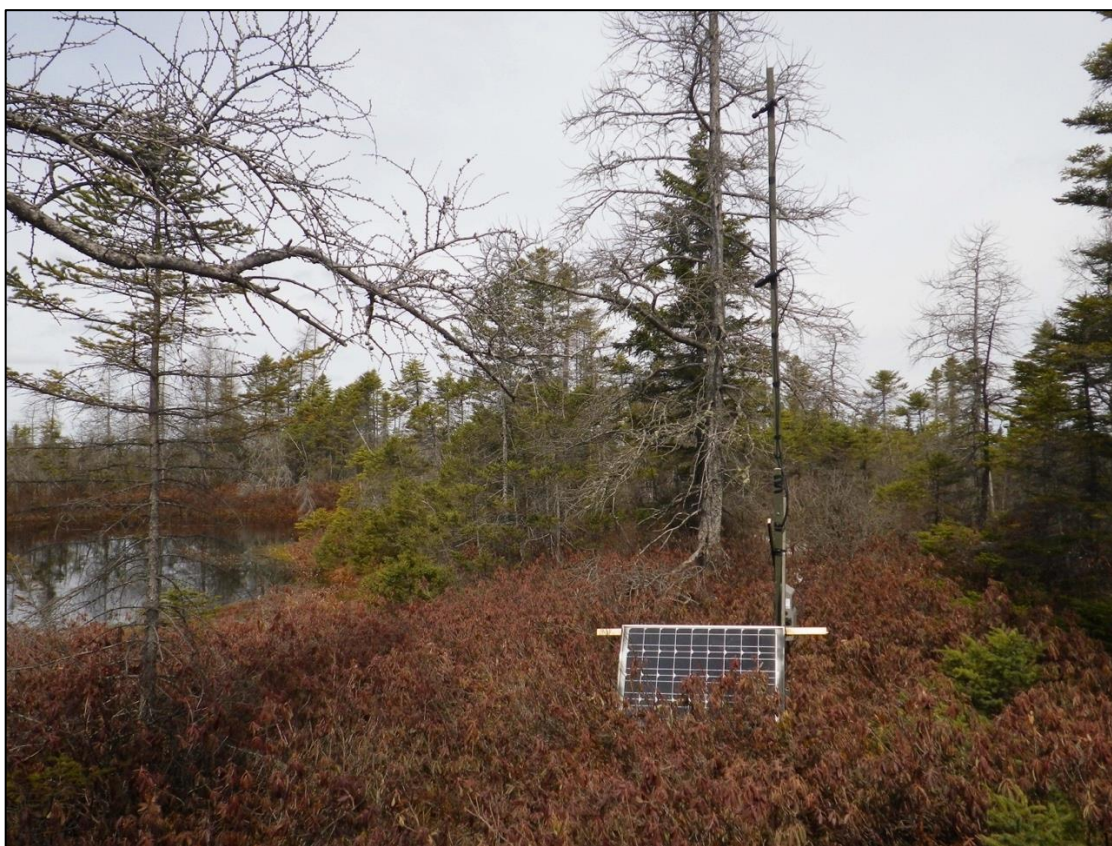


Figure 4. Exemple d'un appareil de détection d'ultrasons (SM3BAT) avec deux microphones déployés à 2 m et 3 m

Représentativité et diversité des milieux à inventorier

Dans un contexte où le secteur à l'étude est très petit, ou qu'il compte beaucoup d'habitats, il faut cibler les habitats préférentiels en couvrant au mieux les habitats présents et viser un minimum de deux (2) stations par habitat.

D'un point de vue statistique, il est généralement admis qu'une taille d'échantillonnage de 20 stations assure un pouvoir statistique minimalement acceptable (Edbon, 1985; Warner, 2008). Idéalement, il faudrait installer une vingtaine de stations par habitat pour observer des changements significatifs. Dans un contexte de grands projets, ce nombre pourra être ajusté en fonction de la taille ou de l'importance de l'habitat pour un maximum de 20 stations par habitat. Il demeure néanmoins important de bien couvrir la variété des habitats même si ceux-ci sont faiblement représentés. Le nombre de stations pourra être ajusté en fonction des habitats préférentiels et du paysage selon les régions où est implanté le projet.

Pour les projets surfaciques ou linéaires qui couvrent de grandes superficies, comme l'implantation d'une route, d'une ligne de transport d'énergie, d'un pipeline ou d'un gazoduc, il faut s'assurer d'avoir une représentativité régionale, notamment pour les projets linéaires qui traversent plusieurs écorégions. Il faut donc que les inventaires associés à chaque habitat soient répliqués dans l'espace en fonction des particularités régionales, des domaines bioclimatiques (Saucier et coll., 1998) et des provinces naturelles issues du cadre écologique de référence du Québec (Li et Ducruc, 1999).

Identification des stations

Lors de la mise en place des stations, chaque station doit posséder sa fiche descriptive. Les données suivantes doivent être consignées sur un formulaire (annexe B) :

- Date.
- Heure.
- Coordonnées géographiques et point GPS.
- Description de l'habitat (type de couvert dominant, infrastructures, lumière, etc.), avec photographie du paysage environnant.
- Type de détecteur d'ultrasons.
- Installation du microphone du détecteur d'ultrasons : hauteur et orientation.

Lors du retrait de la station, il est important de noter la date de retrait sur le formulaire de prise de données d'implantation d'une station fixe (annexe B).

Périodes et heures d'enregistrement

Une nuit d'enregistrement commence au coucher du soleil (crépuscule civil⁸) et se poursuit toute la nuit⁹. En raison de la variabilité interspèces dans les périodes d'activité, des moyens d'analyse et de la capacité de stockage des enregistreurs actuels, il est nécessaire de prolonger la période d'enregistrement jusqu'au lever du soleil (aube civile¹⁰) (soit entre 6 et 8 h d'enregistrement durant la nuit).

⁸ Crépuscule civil : lorsque le centre du disque solaire est 6 degrés sous l'horizon le soir.

⁹ Lors de la planification de l'inventaire, il est préférable de vérifier l'heure du crépuscule civil pour bien établir l'heure de début de l'inventaire. Pour ce faire, la *Calculatrice des levers et couchers du Soleil* du Conseil national de recherches du Canada (CNRC, 2020) est un outil fort utile.

¹⁰ Aube civile : le moment à partir duquel le disque solaire est à 6 degrés sous l'horizon le matin.

Pour chaque période, soit la reproduction et la migration automnale, on doit réaliser deux séances d'enregistrement (tableau 5 pour le sud du Québec ; tableau 6 pour les régions nordiques). Chaque séance doit comprendre minimalement 40 h d'enregistrement pendant des conditions climatiques adéquates et réparties sur un minimum de cinq nuits (pas nécessairement consécutives). Il est important de préciser que la durée minimale de 40 h n'est pas le nombre d'heures où l'appareil est en fonction, mais plutôt le nombre d'heures d'enregistrement réalisées dans de bonnes conditions pour assurer les analyses requises. Les enregistrements sont réalisés toute la nuit. Ainsi, une période d'enregistrement (reproduction ou migration automnale) doit comprendre au minimum 10 nuits complètes dans des conditions climatiques adéquates (deux séances de cinq nuits au minimum). À noter qu'en période de reproduction, en raison de la courte durée des nuits, plus de 5 nuits d'inventaire sont nécessaires pour obtenir minimalement 40 h d'enregistrement. De plus, puisque les conditions météorologiques sont difficilement prévisibles, si les appareils sont laissés sur le terrain en continu, il faut veiller à les laisser plus longtemps que le nombre de nuits minimal, cela dans le but d'écarter les données où les conditions n'étaient pas propices et de pouvoir compter sur les 40 h requises dans de bonnes conditions.

Tableau 5. Périodes et heures d'écoute pour le sud du Québec

Séances	Heures d'enregistrement analysées*	Durée d'enregistrement
<i>Sud du Québec (au sud du 49^e parallèle) : Abitibi-Témiscamingue, Outaouais, Laurentides, Lanaudière, Mauricie Centre-du-Québec, Laval, Montréal, Montérégie, Estrie, Chaudière-Appalaches, Bas-Saint-Laurent et Gaspésie</i>		
Période de reproduction (mise bas et élevage des petits) : du 1^{er} juin au 14 août		
<i>Séance 1 :</i> du 1 ^{er} au 30 juin	Au moins 40 h réparties sur au moins 5 nuits dans des conditions climatiques propices	Toute la nuit, à compter du crépuscule civil jusqu'à l'aube civile
<i>Séance 2 :</i> du 1 ^{er} juillet au 14 août	Au moins 40 h réparties sur au moins 5 nuits dans des conditions climatiques propices	Toute la nuit, à compter du crépuscule civil jusqu'à l'aube civile
Période de migration automnale (accouplement et migration automnale) : 15 août au 30 septembre		
<i>Séance 3 :</i> du 15 août au 4 septembre	Au moins 40 h réparties sur au moins 5 nuits dans des conditions climatiques propices	Toute la nuit, à compter du crépuscule civil jusqu'à l'aube civile
<i>Séance 4 :</i> du 5 septembre au 30 septembre	Au moins 40 h réparties sur au moins 5 nuits dans des conditions climatiques propices	Toute la nuit, à compter du crépuscule civil jusqu'à l'aube civile

Tableau 6. Périodes et heures d'écoute pour les régions nordiques

Séances	Heures d'enregistrement analysées*	Durée d'enregistrement
<i>Nord du Québec (au nord du 49^e parallèle) : Côte-Nord, Nord-du-Québec et Saguenay–Lac-Saint-Jean</i>		
Période de reproduction (mise bas et élevage des petits) : du 15 juin au 14 août		
<i>Séance 1 :</i> du 15 juin au 19 juillet	Au moins 40 h réparties sur au moins 5 nuits dans des conditions climatiques propices	Toute la nuit, à compter du crépuscule civil jusqu'à l'aube civile
<i>Séance 2 :</i> du 20 juillet au 14 août	Au moins 40 h réparties sur au moins 5 nuits dans des conditions climatiques propices	Toute la nuit, à compter du crépuscule civil jusqu'à l'aube civile
Période de migration automnale (accouplement et migration automnale) : 15 août au 25 septembre		
<i>Séance 3 :</i> du 15 août au 4 septembre	Au moins 40 h réparties sur au moins 5 nuits dans des conditions climatiques propices	Toute la nuit, à compter du crépuscule civil jusqu'à l'aube civile
<i>Séance 4 :</i> du 5 au 25 septembre	Au moins 40 h réparties sur au moins 5 nuits dans des conditions climatiques propices	Toute la nuit, à compter du crépuscule civil jusqu'à l'aube civile

Cette exigence s'applique à chacune des stations d'écoute et ne peut être atteinte en combinant les heures d'enregistrement des différentes stations.

Étant donné qu'un grand nombre de stations d'écoute est demandé pour une bonne représentativité, il est important de mentionner que les mêmes appareils peuvent être utilisés pour différentes stations.

Conditions météorologiques et sélection des nuits à analyser

Lorsque les appareils sont déployés pour une durée supérieure au minimum requis par période (par exemple pour l'ensemble de la période de reproduction), l'ensemble des enregistrements recueillis peut être analysé ou encore une sélection des meilleures nuits d'enregistrement sur la base des conditions climatiques propices. En effet, l'activité des chauves-souris est plus importante lors des nuits chaudes, sans vent et sans précipitation (Erickson et West, 2002).

Pour réaliser cette sélection, on peut consulter les données d'une station météorologique publique localisée près du site d'étude (< 20 km). S'il n'existe pas de station météorologique publique suffisamment près du site, on devra installer une station météorologique portative idéalement dans la zone d'étude. À défaut, les appareils devront être en fonction pendant toute la période visée (reproduction et migration) et on devra analyser l'ensemble des données. Voici les données à prendre en considération :

- Le vent (vitesse et direction).
- Les précipitations.
- La température.

Il est recommandé d'utiliser les sites Internet suivants pour les données météorologiques :

- Gouvernement du Canada (2022) : Données historiques (https://climat.meteo.gc.ca/historical_data/search_historic_data_f.html).

Les nuits doivent être sélectionnées en fonction des trois critères suivants :

- **Vent inférieur à 20 km/h** : s'il y a trop de vent, la quantité d'insectes sera moindre.
- **Absence de précipitations** : tout comme pour le vent, l'abondance de précipitations réduit l'activité des chauves-souris (Kunz, 1973; Fenton et coll., 1977), possiblement en raison d'une quantité moindre des proies (Burles et coll., 2009) ou d'une perte d'efficacité de l'écholocation. Toutefois, Charbonneau et Tremblay (2010) ont observé l'évitement d'obstacles par les chauves-souris lors de pluies parfois fortes. S'il n'y a pas de meilleures nuits, on peut tolérer une faible quantité de précipitations (< 3 mm par nuit), soit une faible bruine ou une averse limitée dans le temps. Par ailleurs, prenez note que les microphones recouverts de mousse s'imbibent d'eau et ne peuvent plus échantillonner adéquatement ou encore causent des bruits de fond dans les enregistrements. Les nouveaux microphones SMX-U2 de Wildlife Acoustic n'ont plus de mousse, tout comme ceux de Titley Scientific, ce qui résout ce problème.
- **Température** : le niveau d'activité des chauves-souris diminue lors des nuits froides (Anthony et coll., 1981), possiblement en raison des contraintes énergétiques de la thermorégulation ou d'une diminution du nombre de proies disponibles (Burles et coll., 2009; Bender et Hartman, 2015). En milieu nordique¹¹, on peut exercer une certaine tolérance à l'égard de ce critère. On peut faire de même à la fin de la période de migration automnale (séance 4), où les températures ne sont pas toujours clémentes.
 - Sud du Québec (Abitibi-Témiscamingue, Outaouais, Laurentides, Lanaudière, Mauricie Centre-du-Québec, Laval, Montréal, Montérégie, Estrie, Chaudière-Appalaches, Bas-Saint-Laurent et Gaspésie) : **15 °C**.
 - En altitude, dans les régions des Laurentides, Lanaudière et Saguenay-Lac-Saint-Jean : **10 °C**.
 - Nord-du-Québec (au nord du 49° parallèle) : Côte-Nord, Nord-du-Québec et Saguenay-Lac-Saint-Jean : **5 °C**.

Pour les inventaires où les appareils sont installés et retirés après chaque nuit, le choix de la soirée au cours de laquelle l'inventaire sera réalisé doit tenir compte des mêmes critères. Si les conditions réelles étaient différentes de ce qui avait été prévu au moment de l'installation, il faudrait reprendre l'inventaire une autre nuit.

¹¹ Régions suivantes : Nord-du-Québec, Côte-Nord et Saguenay-Lac-Saint-Jean. Si le respect du critère de température ne peut être respecté, veuillez consulter la DGFA concernée par votre projet.

Analyse des données et présentation des résultats

Une fois les données d'écholocation recueillies, on doit analyser les sonagrammes afin de déterminer quelles espèces ou complexes d'espèces sont présents dans l'aire d'étude. Ces analyses peuvent se faire manuellement ou à l'aide de logiciels spécialisés permettant de comparer les nouvelles identifications aux banques sources témoins d'une sonothèque de référence des chiroptères du Québec. Ces analyses doivent être réalisées par un spécialiste des chauves-souris ayant une expérience préalable ou une formation dans l'identification acoustique des chauves-souris.

Si l'on procède par identification automatisée, on doit faire une contrevérification manuelle d'au moins 30 % des cris de chaque espèce ou complexe d'espèces identifié. Les logiciels commerciaux comme Kaléidoscope et Sonobat n'ont pas encore démontré qu'ils pouvaient identifier hors de tout doute raisonnable les espèces présentes au Québec. Dans ces circonstances, il demeure nécessaire de valider une proportion des données manuellement pour s'assurer que les mentions d'espèces sont valides.

Pour chaque espèce ou complexe d'espèces et pour chaque station, on doit présenter dans le rapport un indice d'activité des chauves-souris exprimé en **nombre de passages par nuit** et en **nombre de passages par heure**. Ces indices doivent être présentés pour chaque séance d'inventaire (tableaux 5 et 6). Lorsque le nombre de stations varie d'un site à l'autre et que plusieurs sites doivent être comparés, il est important de reporter les résultats en **nombre de passages par nuit et par station** afin de tenir compte de l'effort d'inventaire variable réalisé entre les sites. De plus, afin de faciliter la comparaison entre les études, on doit inclure une **moyenne de passages par nuit, avec un écart-type**, pour l'ensemble du site d'étude et pour chaque séance d'inventaire.

On doit ajouter les métadonnées aux résultats d'inventaire. Celles-ci sont généralement incluses par défaut dans les enregistrements acoustiques et sont accessibles dans différents logiciels d'analyse. Les métadonnées comportent notamment des informations sur la marque du détecteur d'ultrasons, le micrologiciel, la position GPS de l'enregistreur, le type de microphone employé, la sensibilité du microphone, le voltage des batteries et la température interne de l'enregistreur durant l'enregistrement. Les conditions météorologiques peuvent également faire partie des métadonnées. L'annexe C fournit des exemples de présentation de données acoustiques et de métadonnées.

Pour chaque station, le niveau d'activité des espèces ou complexes d'espèces doit être comparé et interprété afin de repérer les secteurs avec la plus forte activité nocturne (présence potentielle de sites d'alimentation, de colonies estivales, de couloir migratoire, etc.).

Enfin, il est conseillé de procéder à une vérification rapide de la présence d'espèces en situation précaire dans l'ensemble des données, c'est-à-dire en incluant les nuits d'inventaire qui n'ont pas été sélectionnées pour les analyses acoustiques. Cette vérification supplémentaire permettra d'établir la présence de ces espèces sur le site et non d'établir leur utilisation du milieu.

Pour des précisions sur le contenu du rapport, se référer aux sections « Contenu du rapport d'inventaire » et « Transfert des données traitées et brutes » ci-après.

Protocole standardisé de recherche d'une colonie estivale ou d'un hibernacle à l'aide de détecteurs d'ultrasons

Dans le cas où des indices de présence ou des résultats d'inventaire acoustique fixe sur un site donné, en raison d'une forte activité nocturne, laisseraient présager la présence d'une colonie estivale ou d'un hibernacle susceptible d'être perturbé, il est approprié de réaliser un inventaire supplémentaire dans un secteur précis. Par ailleurs, ce protocole ne permet pas de procéder à un décompte d'individus, mais plutôt de déterminer si des structures naturelles (p. ex. chicots, crevasses, grottes) sur le site sont utilisées par les chauves-souris comme colonie estivale ou hibernacle.

Dans le cas d'un bâtiment ou d'une infrastructure potentiellement occupés par une colonie estivale, l'observateur doit appliquer le *Recueil des protocoles standardisés pour l'inventaire des colonies estivales de chauves-souris au Québec* (MFFP, 2021). Dans le cas d'un hibernacle, il doit appliquer le *Recueil des protocoles standardisés d'inventaire d'hibernacle au Québec* (MFFP, en préparation).

Le texte suivant est inspiré du protocole du *Ministry of Natural Resources and Forestry* (2016) de l'Ontario, qui vise spécifiquement la recherche de colonies de chauves-souris.

Objectif

- Vérifier la présence ou l'absence d'une colonie estivale ou d'un hibernacle dans un secteur précis à l'aide de détecteurs d'ultrasons.

Méthodologie

La première étape à franchir pour déterminer le potentiel de présence ou d'absence d'une colonie de chauves-souris est la cartographie des communautés végétales du site. Comme des espèces telles que la petite chauve-souris brune et la chauve-souris nordique forment des colonies dans les forêts et les marécages (Foster et Kurta, 1999), les habitats les plus susceptibles d'inclure une colonie sont les suivants :

- Forêts décidues.
- Forêts mixtes.
- Forêts de résineux.
- Marécages.
- Secteurs voisins d'une étendue d'eau (à moins de 2 km).

Ensuite, il faut réaliser un inventaire des chicots, des crevasses, des grottes, des bâtiments et d'autres structures anthropiques se trouvant dans le sous-secteur à l'étude, et les cartographier. Les chicots incluent tout arbre vivant, mort ou sénescant qui présente des cavités, des craques, ou qui perd son écorce.

Advenant que la superposition des habitats susceptibles d'abriter une colonie et des chicots, des crevasses, des grottes, des bâtiments et d'autres structures anthropiques concorde, il faut attribuer un

potentiel de présence à chaque habitat. Dans ce cas, pour déterminer l'emplacement des stations d'inventaire, on doit relever les paramètres suivants sur le terrain :

- Pour les chicots, repérer ceux qui ont ces caractéristiques :
 - présence de cavités, de crevasses, de trous, d'écorce qui pèle à plus de 10 m de hauteur;
 - diamètre à hauteur de poitrine (DHP) supérieur à 25 cm;
 - présence de plusieurs chicots aux alentours;
 - essence d'arbre (p. ex. pins, érables, frênes, chênes);
 - trouée dans la canopée;
 - début du stade de décomposition.
- Il faut qu'un à deux observateurs soient présents dès la pénombre, à une distance sécuritaire du chicot afin de visualiser les chauves-souris en sortir pour confirmer leur présence et valider l'espèce acoustiquement à l'aide d'un détecteur d'ultrasons.
- De la même manière, un à deux observateurs doivent être présents dès la pénombre à proximité du bâtiment à inspecter afin de visualiser les chauves-souris en sortir pour confirmer la présence d'une colonie estivale et valider l'espèce acoustiquement à l'aide d'un détecteur d'ultrasons (pour en effectuer un décompte précis, voir le *Protocole pour un décompte de chauves-souris dans une colonie estivale*, dans le *Recueil des protocoles standardisés pour l'inventaire des colonies estivales de chauves-souris au Québec* [MFFP, 2021]).
- Respecter les périodes d'enregistrement des séances 1 et 2 pour valider la présence d'une colonie estivale ou d'un site de repos dans un chicot ou un bâtiment (voir les tableaux 5 et 6) de la section « Périodes et heures d'enregistrement » du *Protocole standardisé d'inventaire acoustique fixe*).
- Pour un hibernacle potentiel, installer un détecteur d'ultrasons devant l'entrée de la grotte, crevasse ou autre afin de valider la présence de chauves-souris entre la fin mars et la fin mai (en période de transit printanier) et/ou entre la fin août et la fin octobre (en période de transit automnal).
- Respecter les conditions météorologiques propices à l'enregistrement des chauves-souris du *Protocole standardisé d'inventaire acoustique fixe*.
- Effectuer les analyses selon les mêmes critères de qualité que ceux présentés dans le *Protocole standardisé d'inventaire acoustique fixe*.

À noter que des caméras trappes (Hirakawa, 2005; Hirakawa et Maeda, 2006; Rydell et Russo, 2014) dotées de vision nocturne (infrarouge) ou thermique peuvent être installées à une distance raisonnable des ouvertures des colonies estivales ou des hibernacles potentiels pour réaliser un décompte nocturne de chauves-souris. Appuyer les résultats obtenus à l'aide des détecteurs d'ultrasons.

Pour les précisions sur le contenu du rapport, se référer aux sections « Contenu du rapport d'inventaire » et « Transfert des données traitées et brutes » ci-après.

Protocole standardisé d'inventaire acoustique mobile

Le protocole d'inventaire acoustique mobile s'inspire du *Protocole standardisé – Réseau québécois d'inventaires acoustiques de chauves-souris* (MFFP, 2022c).

L'inventaire acoustique mobile consiste à déplacer un détecteur d'ultrasons le long d'un parcours prédéfini et à enregistrer les ultrasons captés pour analyse ultérieure des sonagrammes. Ce type d'inventaire est à privilégier dans les cas suivants :

- Un projet réalisé dans une emprise linéaire existante (p. ex., routes).
- Un projet de suivi à long terme de l'activité des chiroptères le long de routes d'écoute.

Approbation du plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage ou toute modification du protocole doivent être approuvés par la ou les DGFa concernées pour s'assurer que les résultats seront acceptés lors de l'analyse des projets assujettis à des études d'impact ou à une autorisation, le cas échéant. Le document doit contenir la méthodologie détaillée, une carte montrant l'emplacement des stations (incluant les habitats) et les limites de la zone d'étude ainsi que la localisation prévue des infrastructures, lorsque l'information est disponible. Les documents doivent être déposés au MFFP trois (3) mois avant le début des inventaires sur le terrain, de sorte qu'il y ait une période de temps adéquate pour l'analyse et la modification du plan d'échantillonnage, advenant le cas.

Conditions météorologiques propices

Le choix des soirées au cours desquelles l'inventaire sera réalisé doit tenir compte des paramètres suivants :

- Le vent (vitesse et direction).
- Les précipitations.
- La température.
- La phase lunaire.

Il est recommandé d'utiliser les sites Internet suivants pour les données météorologiques et les phases lunaires :

- Gouvernement du Canada (2022) : Données historiques (https://climat.meteo.gc.ca/historical_data/search_historic_data_f.html).
- Planétarium Rio Tinto Alcan (2022) : Phases de la Lune (<https://espacepourlavie.ca/phases-de-la-lune>).

Les conditions environnementales sont prises au début et à la fin de chaque nuit d'inventaire. Les nuits propices doivent être sélectionnées en fonction des critères suivants :

- **Vent inférieur à 20 km/h** : s'il y a trop de vent, la quantité d'insectes sera moindre. On évalue la vitesse du vent à l'aide de la classification de l'échelle de Beaufort (annexe D).
- **Absence de précipitations** : tout comme pour le vent, l'abondance de précipitations réduit l'activité des chauves-souris (Kunz, 1973; Fenton et coll., 1973), possiblement en raison d'une quantité moindre des proies (Burles et coll., 2009) ou d'une perte d'efficacité de l'écholocation. S'il n'y a pas de meilleures nuits, on peut tolérer une faible quantité de précipitations (< 3 mm), soit une faible bruine ou une averse limitée dans le temps.
- **Température** : le niveau d'activité des chauves-souris diminue lors de nuits froides (Anthony et coll., 1981), possiblement en raison des contraintes énergétiques de la thermorégulation ou d'une diminution du nombre de proies disponibles (Burles et coll., 2009; Bender et Hartman, 2015). En milieu nordique, on peut exercer une certaine tolérance à l'égard de ce critère.
 - Sud du Québec (Abitibi-Témiscamingue, Outaouais, Laurentides, Lanaudière, Mauricie Centre-du-Québec, Laval, Montréal, Montérégie, Estrie, Chaudière-Appalaches, Bas-Saint-Laurent et Gaspésie) : **15 °C**.
 - En altitude, dans les régions des Laurentides, Lanaudière et Saguenay-Lac-Saint-Jean : **10 °C**.
 - Nord-du-Québec (au nord du 49° parallèle) : Côte-Nord, Nord-du-Québec et Saguenay-Lac-Saint-Jean : **5 °C**.
- **Phase lunaire** : l'activité nocturne des insectes serait réduite en phase de pleine lune (Williams et Singh, 1951).

Matériel

- Détecteur d'ultrasons (privilégier les microphones de type omnidirectionnel) :
 - si possible, s'équiper de détecteurs d'ultrasons de nouvelle génération qui possèdent un GPS intégré ou peuvent être couplés à un GPS externe. Les points GPS générés automatiquement durant l'enregistrement par les détecteurs de nouvelle génération diminuent le risque de fausses absences de chauves-souris;
 - les anciens modèles de détecteurs doivent avoir une sortie audio pour pouvoir entendre la chauve-souris passer à portée du détecteur. Les coordonnées GPS du point de contact avec la chauve-souris doivent être prises manuellement par un observateur. Que les données GPS soient intégrées ou non aux enregistrements, les points géoréférencés pourront être analysés au laboratoire à l'aide de logiciels de géomatique afin de valider la localisation des chauves-souris.
- Appareil GPS.
- Cartes mémoires.
- Piles de rechange.
- Formulaire de terrain.
- Phare lumineux.
- Thermomètre.
- Carte de localisation du tracé.

- Protocole d'inventaire.
- Montre ou horloge.
- Crayons (incluant des rechanges).
- Échelle de Beaufort.

Sélection d'un parcours

Puisque les chauves-souris ne sont pas réparties uniformément dans le milieu, mais plutôt en fonction de leurs préférences en matière d'habitats et de la disponibilité des proies, le parcours sélectionné devrait traverser une multitude d'habitats différents. Parmi les caractéristiques à retenir, il y a la présence de cours d'eau, d'étangs, de marais ou de lacs. Ces milieux humides sont recherchés par toutes les espèces pour s'abreuver et s'alimenter. Le trajet routier devrait idéalement traverser des zones forestières de différents types (feuillues, résineuses, denses, clairsemées, âgées, jeunes, etc.). Dans les zones forestières, il est important de circuler à travers des secteurs relativement ouverts¹². En effet, une forêt très dense constitue un obstacle majeur à la portée de l'appareil de détection d'ultrasons, et les chauves-souris qui se déplacent à la cime des arbres ne peuvent pas être détectées. Par contre, il n'est pas nécessaire d'éviter complètement les secteurs plus fermés¹³, car certaines espèces utilisent les sentiers plus étroits comme corridor de chasse. D'autres espèces, comme la chauve-souris argentée, fréquentent des zones où les chicots sont abondants. Pendant le jour, les chauves-souris se réfugient souvent dans les arbres creux ou sous l'écorce des arbres (Lacki et coll., 2007). La présence de chicots le long d'un parcours serait donc un atout, de même que l'existence de parois rocheuses abruptes où certaines espèces se réfugient dans les crevasses.

Il peut être intéressant de parcourir des secteurs résidentiels où les arbres sont matures et abondants. Les lampadaires sont connus pour être fréquentés par les chauves-souris en raison des concentrations d'insectes attirés par la lumière (Belwood et Fullard, 1984; Rydell, 2006; Jung et Kalko, 2010; Minnaar et coll., 2015; Owens et coll., 2019). En effet, chez les chauves-souris peu lucifuges¹⁴ (chauve-souris argentée, chauve-souris rousse, chauve-souris cendrée et grande chauve-souris brune), cet élément est positif, car elles s'approchent des lampadaires qui attirent les insectes (Le Gouil, 2012). Toutefois, chez les espèces pleinement lucifuges (petite chauve-souris brune, chauve-souris nordique, chauve-souris pygmée de l'Est et pipistrelle de l'Est), cette tendance est inversée, car les lampadaires ont plutôt un effet répulsif (Stone et coll., 2009).

Les lampes au mercure produisent une lumière très blanche qui attire abondamment les insectes alors que les lampes au sodium produisent une lumière plus ambrée et attirent peu ces derniers (Rydell, 1992 et 2006). Dans les villes, les lampadaires au mercure ont graduellement été remplacés par ceux au sodium (lumière ambrée) ou les nouveaux modèles, dont les lampes LED (lumière blanche ou blanc doux), si bien que les lumières ambrée ou blanc doux sont devenues fréquentes en milieu urbain. Afin de documenter l'attraction des lampadaires sur les chauves-souris, il est recommandé d'inclure des

¹² Friches, coupes forestières, tourbières, etc.

¹³ Canopée dense, obstruction latérale par la végétation le long du parcours.

¹⁴ Animaux qui fuient spontanément la lumière, contrairement à espèces photophiles qui, elles, sont attirées par la lumière.
Peu lucifuges : animaux qui fuient moins la lumière.

secteurs qui comptent des lampadaires émettant de la lumière blanche durant le parcours mobile lorsque ceux-ci sont présents dans la zone d'étude.

Avec une pollution lumineuse importante, on observe peu d'effet de la pleine lune sur le comportement d'alimentation des chauves-souris. Cependant, dans les milieux où cette pollution est faible, quelques études démontrent un effet négatif de la pleine lune sur le comportement d'alimentation (Belwood et Fullard, 1984; Rydell, 2006; Jung et Kalko, 2010; Minnaar et coll., 2015; Owens et coll., 2019), bien que le doute persiste (Le Gouil, 2012). Par ailleurs, il semblerait que l'activité nocturne des insectes soit également réduite en phase de pleine lune (Williams et Singh, 1951). Pour les fins d'analyse des résultats, l'observateur doit noter la phase lunaire lors de l'inventaire.

Le parcours idéal traverserait une grande variété d'habitats, dans lequel les chauves-souris pourraient combler leurs besoins en eau, en nourriture et en gîte. Tous les sites où les insectes sont abondants sont des sites de prédilection pour les chauves-souris. Parmi les secteurs à éviter parce qu'ils produisent excessivement de bruit de fond, on compte ceux à proximité d'une antenne émettrice ou directement sous des lignes électriques à haute tension.

La longueur du parcours d'inventaire mobile doit être déterminée en fonction de la superficie de la zone d'étude, ou de sa longueur dans le cas d'un projet linéaire, et de la diversité des habitats présents. Idéalement, la configuration du parcours doit éviter un dédoublement de l'effort d'inventaire dans une partie du territoire du projet.

Si l'accès le permet, les projets linéaires de petite envergure (moins de 30 km) devraient être couverts en entier. Pour les projets de plus grande envergure, il est préférable d'envisager plusieurs parcours mobiles de façon à couvrir au moins 50 % de la longueur du projet. En raison de l'effort d'inventaire requis, on devrait envisager l'inventaire acoustique fixe pour les projets de très grande envergure (> 150 km) ou encore une combinaison d'inventaire mobile et fixe (voir *Protocole standardisé d'inventaire acoustique fixe*).

Périodes d'inventaire et effort

L'inventaire doit être effectué au minimum trois fois lors de trois nuits différentes pour chaque période du cycle vital, pour un total de neuf inventaires par parcours (tableau 7). On doit réaliser une série de trois inventaires pour obtenir des informations sur l'activité des chauves-souris avant la sortie des juvéniles. On doit aussi réaliser une série de trois inventaires pour documenter l'activité en présence des juvéniles. La dernière série d'inventaires doit être réalisée en période de migration afin d'étudier cette période importante pour les chauves-souris migratrices, qui commencent leurs déplacements vers le sud, ainsi que pour les espèces cavernicoles qui se rendent à leurs sites de reproduction et d'hibernation.

L'inventaire mobile doit débuter 30 minutes après le coucher du soleil (au crépuscule civil¹⁵) et se poursuivre pendant une période de 4 h consécutives (soit jusqu'à 1 ou 2 h du matin; Teets et coll., 2019). Il est nécessaire de bien respecter cette période pour avoir une bonne représentation de l'activité réelle des chauves-souris, car leur pic d'activité diffère selon les espèces. Ainsi, selon Broders et coll. (2003),

¹⁵ Crépuscule civil : lorsque le centre du disque solaire est 6 degrés sous l'horizon. Lors de la planification de l'inventaire, il est préférable de vérifier l'heure du crépuscule civil pour bien déterminer l'heure de début de l'inventaire. Pour ce faire, la *Calculatrice des levers et couchers du Soleil* du Conseil national de recherches du Canada (CNRC, 2019) est un outil fort utile.

la chauve-souris cendrée a un pic d'activité quatre heures après le coucher du soleil tandis que celui des autres espèces se situe entre une et deux heures après le coucher du soleil.

Si les conditions environnementales se dégradent en cours de parcours (apparition de pluie, de vent ou chute de la température), il est préférable d'arrêter l'inventaire et de le reporter.

Le sens de réalisation du parcours devrait varier d'une soirée à l'autre afin de ne pas passer toujours au même endroit à la même heure, puisque les pics d'activité varient selon les espèces.

Tableau 7. Périodes recommandées et effort requis pour effectuer les inventaires acoustiques mobiles de chauves-souris

N° de période	Dates	Périodes du cycle vital	Nombre d'inventaires à effectuer/parcours
<i>Sud du Québec (au sud du 49^e parallèle) : Abitibi-Témiscamingue, Outaouais, Laurentides, Lanaudière, Mauricie Centre-du-Québec, Laval, Montréal, Montérégie, Estrie, Chaudière-Appalaches, Bas-Saint-Laurent et Gaspésie</i>			
1	Du 1 ^{er} juin au 9 juillet	Activité avant que tous les juvéniles puissent voler	3
2	Du 10 juillet au 31 juillet	Activité avec les juvéniles	3
3	Du 20 août au 15 septembre	Activité migratoire	3
<i>Nord du Québec (au nord du 49^e parallèle : Côte-Nord, Nord-du-Québec et Saguenay-Lac-Saint-Jean</i>			
1	Du 15 juin au 19 juillet	Activité avant que tous les juvéniles puissent voler	3
2	Du 20 juillet au 5 août	Activité avec les juvéniles	3
3	Du 15 août au 10 septembre	Activité migratoire	3

Réalisation de l'inventaire

L'inventaire acoustique mobile peut se faire en véhicule ou à pied, si aucun sentier carrossable n'est disponible. Bien sûr, dans le cas d'un inventaire à pied, le projet doit être de faible envergure (inférieur à 5 km linéaire) et doit comporter des sentiers définis facilement reproductibles.

Inventaire en véhicule

Deux personnes sont généralement nécessaires pour réaliser un inventaire acoustique mobile en véhicule, soit le conducteur et l'observateur.

L'observateur qui réalise les enregistrements prend place du côté gauche à l'arrière du véhicule, derrière le conducteur. En passant le bras par la fenêtre ouverte, il doit tenir le détecteur à l'extérieur du véhicule. Le microphone doit être orienté vers le côté du véhicule et pointé vers le haut dans un angle de 45°. Il est aussi possible d'installer directement le microphone sur le toit du véhicule à l'aide d'un support. Les résultats d'inventaire varieront selon le type de microphone employé, son orientation et son positionnement par rapport au véhicule. Il est donc important de détailler rigoureusement ces éléments dans la description méthodologique de l'inventaire.

Le conducteur doit déplacer le véhicule à environ 20 km/h. Au-dessus de cette vitesse, les sons captés par le microphone sont saturés d'ultrasons produits par le roulement des pneus et la pression atmosphérique engendrée par le déplacement du véhicule. Dans la mesure du possible, la vitesse doit demeurer constante. Advenant une pause en cours de parcours, il faut en consigner l'heure et la durée et tenir compte de ces données lors de l'analyse. Les heures de début et de fin d'enregistrement doivent également être consignées après chaque parcours.

Il est possible d'ajuster la sensibilité du détecteur d'ultrasons de façon à éliminer les différents bruits de fond causés par le vent, le bruit du moteur, les pneus sur un chemin de gravier, etc. Il faut cependant être conscient que la portée de l'appareil est aussi fonction de la sensibilité (voir les paramètres d'enregistrement passif suggérés selon le type de détecteurs d'ultrasons présentés à l'annexe E). En abaissant celle-ci, la portée sera plus faible et les chauves-souris volant plus loin risquent de ne pas être enregistrées. Pour des raisons de standardisation et de comparaison, il faut s'en tenir à la sensibilité présentée à l'annexe E ou reporter tout changement de sensibilité des détecteurs durant l'inventaire. Afin d'être comparables, les inventaires devraient tous être effectués avec les mêmes marques et modèles de détecteurs d'ultrasons et les mêmes réglages.

Détecteurs d'ultrasons Anabat SD1 et SD2

Lors de la détection d'un cri, l'observateur enregistre l'animal en ajustant l'orientation du microphone pour suivre le mieux possible son déplacement et assurer la meilleure qualité d'enregistrement possible. Le cas échéant, le conducteur arrête le véhicule de manière sécuritaire. En sortant la lampe par la fenêtre, l'observateur et le conducteur tentent de repérer la chauve-souris en éclairant dans les airs, comptent le nombre d'individus et notent le résultat sur la fiche d'inventaire ainsi que toute autre information pertinente. La durée d'enregistrement à chaque arrêt ne doit pas excéder une minute.

Le parcours peut ensuite être poursuivi. Pour être considérée comme un nouveau point d'observation, la prochaine localisation doit être située à au moins 100 m de la précédente. Si de nouveaux cris sont détectés dans cet intervalle, il faut ajouter ces informations au dernier point GPS noté (voir section « Prise de données » plus loin dans le texte).

Détecteurs d'ultrasons de dernière génération

Les nouveaux détecteurs possèdent un GPS intégré, mais ils n'ont pas forcément de haut-parleur ou de prise pour des écouteurs permettant d'entendre les chauves-souris en temps réel durant l'enregistrement. Il n'est donc pas possible de s'arrêter une minute. Par conséquent, les parcours peuvent se faire sans interruption puisque les points GPS des détections sont automatiquement inclus dans les métadonnées. Avec ces appareils, la prise de notes n'est plus nécessaire, et les biais dus à l'observateur

sont réduits au minimum. Il en est de même pour certains détecteurs sans GPS intégré mais qui permettent d'être couplés à un GPS externe.

Inventaire à pied

Pour un inventaire mobile à pied, il est recommandé de faire une première fois le parcours durant le jour afin de faciliter l'orientation durant la nuit et de repérer de possibles problématiques.

Avec les détecteurs d'ultrasons Anabat SD1 et SD2, équipés de microphones directionnels, l'observateur doit tenir le détecteur en pointant le microphone devant lui, incliné à 45° vers le haut. Avec les détecteurs munis d'un microphone omnidirectionnel, comme les Anabat Express et Swift ou toute la gamme des détecteurs de Wildlife Acoustic, il n'est pas nécessaire d'incliner l'appareil à 45° vers le haut.

Idéalement, la vitesse de déplacement doit être constante durant l'ensemble du trajet. Advenant une pause en cours de parcours, il faut en consigner l'heure et la durée et tenir compte de ces données lors de l'analyse.

Il est possible d'ajuster la sensibilité du détecteur d'ultrasons de façon à éliminer les différents bruits de fond causés par le vent, le froissement des feuilles mortes, etc. Il faut cependant être conscient du fait que la portée de l'appareil est aussi fonction de sa sensibilité. En abaissant cette dernière, la portée sera plus faible et les chauves-souris volant trop loin du microphone risquent de ne pas être enregistrées.

Lors de la détection d'un cri, l'observateur enregistre l'animal en ajustant l'orientation du microphone pour suivre le mieux possible son déplacement et assurer la meilleure qualité d'enregistrement possible. À l'aide d'une lampe, l'observateur peut tenter de repérer la chauve-souris en éclairant dans les airs, compter le nombre d'individus et noter le résultat sur la fiche d'inventaire ainsi que toute autre information pertinente. La durée d'enregistrement pour chaque arrêt ne doit pas excéder une minute.

Le parcours peut ensuite être poursuivi. Pour être considérée comme un nouveau point d'écoute, la prochaine localisation doit être située à 50 m de la précédente. Si de nouveaux cris sont détectés dans l'intervalle, il faut ajouter ces données au dernier point GPS noté. Si l'appareil enregistre les cris géoréférencés automatiquement, simplement laisser les enregistrements se faire normalement. Le regroupement des cris se fera de manière géomatique en fonction de points centroïdes d'un diamètre de 50 m pour chaque point d'écoute établi.

Prise de données

Que l'inventaire soit réalisé en véhicule ou à pied, avant de commencer chaque parcours, il faut prendre un point GPS et noter, sur le formulaire de prise de données d'inventaire mobile (annexe F), la date, l'heure et les conditions météorologiques, ainsi que les informations propres au parcours, notamment le sens de réalisation de celui-ci.

Pour chaque point d'écoute, il faut noter les informations suivantes (annexe F) :

- Heure de début et de fin.
- Changement de conditions météorologiques.
- Coordonnées (DD NAD 83) ou numéro du point GPS.
- Description sommaire de l'habitat (boisé, friche, clairière, rive, type de couvert dominant, etc.).

- Présence d'insectes (peu = moins de 10 insectes, moyen = de 10 à 100 insectes, beaucoup = plus de 100 insectes).
- Nombre de spécimens observés.

À la fin du parcours, il est important de prendre un point GPS et de noter l'heure, les conditions météorologiques et la présence d'insectes.

Analyse des données et présentation des résultats

Une fois les données d'écholocation recueillies, il faut analyser les sonagrammes, afin de déterminer les espèces ou complexes d'espèces qui sont présents dans l'aire d'étude. Ces analyses se font à l'aide de logiciels conçus à cette fin et doivent être comparées aux banques sources témoins d'une sonothèque de référence des chiroptères du Québec. Elles doivent être réalisées par un spécialiste des chauves-souris ayant une expérience préalable ou une formation reconnue dans l'identification acoustique des chauves-souris.

Si l'on procède par identification automatisée, on doit faire une contrevérification manuelle de l'ensemble des cris étant donné que le nombre de cris enregistrés par la méthode d'inventaire mobile est généralement moindre que par la méthode d'inventaire fixe. Les logiciels commerciaux comme Kaléidoscope et Sonobat n'ont pas encore démontré qu'ils pouvaient identifier hors de tout doute raisonnable les espèces présentes au Québec. Dans ces circonstances, il demeure nécessaire de valider l'ensemble des données manuellement pour s'assurer que les mentions d'espèces sont valides.

Pour chaque espèce ou complexe d'espèces, il faut présenter dans le rapport les indices d'activité des chauves-souris exprimés en **nombre de passages par nuit**, en **nombre de passages par nuit par kilomètre** et en **nombre de passages par heure**. Ces indices doivent être présentés pour chacune des trois périodes d'inventaire (tableau 7). De plus, il faut présenter une **moyenne de passages par parcours, avec écart-type**, pour chacune des périodes. Par ailleurs, on doit réaliser une cartographie des points d'écoute et des observations de chauve-souris afin d'identifier d'éventuelles zones de concentration.

Pour les précisions sur le contenu du rapport, se référer aux sections « Contenu du rapport d'inventaire » et « Transfert des données traitées et brutes » ci-après.

Contenu du rapport d'inventaire

Si un rapport d'inventaire est exigé par le MFFP, il faut présenter l'information suivante :

- Introduction (contexte et objectifs de l'étude).
- Méthode d'inventaire :
 - type de méthode (fixe ou mobile);
 - modèles d'enregistreurs et de microphones utilisés;
 - sensibilité des appareils;
 - description complète de la programmation des stations d'enregistrement incluant les paramètres d'enregistrement et de filtrage employés;
 - cartographie de l'emplacement des stations d'écoute et/ou des trajets d'inventaire si la méthode d'inventaire mobile est utilisée (incluant les points d'écoute le long du parcours et les observations de chauve-souris).
- Dates d'inventaire.
- Heures de début et de fin de la période d'enregistrement.
- Conditions météorologiques (température, vitesse du vent, précipitations) et phases lunaires pour chaque nuit d'inventaire.
- Coordonnées (DD NAD 83) des stations (fixe) ou des points d'enregistrement (mobile).
- Description sommaire de l'habitat pour chaque station d'inventaire fixe (boisé, friche, clairière, rive, espèce végétale dominante, etc.).
- Présence de gîtes naturels, de plans d'eau, de milieux humides ou de bâtiments.
- Photographies des stations d'enregistrement et de leur environnement direct si la méthode d'inventaire fixe est utilisée.
- Méthode de filtrage et/ou de conversion acoustique utilisée.
- Méthode d'identification utilisée.
- Nom de l'identificateur.
- Résultats :
 - inventaires fixes (ventilés par période, par station, par nuit et par espèce ou complexe d'espèces) :
 - nombre de passages/nuit, moyennes et écarts-types,
 - nombre de passages/heure, moyenne et écart-type,
 - résultats par période pour l'ensemble du site :
 - nombre d'enregistrements,
 - nombre d'espèces ou de complexes d'espèces,
 - nombre de passages/nuit/station pour tout l'inventaire, nombre de passages/heure pour toutes les stations,
 - moyennes et écarts-types pour chaque espèce ou complexe d'espèces et pour toutes les espèces confondues, etc.).
 - inventaires mobiles (ventilés par période, par parcours, par nuit et par espèce ou complexe d'espèces) :
 - nombre de passages/nuit/kilomètre, moyennes et écarts-types,
 - nombre de passages/heure et moyenne et écart-type,
 - résultats par période pour l'ensemble du parcours :

- nombre d'enregistrements, nombre d'espèces ou de complexes d'espèces,
- nombre de passages/nuit/kilomètre pour l'ensemble des parcours,
- nombre de passages/heure pour tous les parcours,
- moyennes et écarts-types pour chaque espèce ou complexe d'espèces et pour toutes les espèces confondues, etc.).
 - Tableaux et figures.
- Illustrations des séquences de sonagrammes identifiés à l'espèce.
- Annexes (données brutes, données analysées, formulaires de terrain remplis, métadonnées et autres).

Les métadonnées sont maintenant accessibles en employant la version gratuite du logiciel Kaleidoscope, car elles sont maintenant codées dans les fichiers WAV ou ZC par les fabricants de détecteurs. Les métadonnées devraient être déposées au MFFP.

Transfert des données

Utilisation des données

Les mentions de chauves-souris transmises dans les rapports d'inventaire seront transférées dans la banque de données du Ministère (base de données Micromammifères et Chiroptères [MMACH]). Les mentions des espèces en situation précaire seront par la suite transférées au CDPNQ. Les données récoltées à l'aide des protocoles standardisés permettront d'améliorer les connaissances sur la répartition des espèces de chauves-souris, ce qui facilitera l'évaluation du statut de protection pour les espèces en situation précaire. Les données permettront aussi au Ministère d'accompagner les promoteurs dans l'application des mesures d'atténuation pour la protection de l'habitat de ces espèces.

Ces données pourront également servir à des projets de recherche portant sur les chauves-souris, projets souvent réalisés en collaboration avec des partenaires universitaires et internationaux. Cela permettra également de mieux cibler les mesures d'atténuation et les actions à prendre pour soutenir le développement tout en les protégeant adéquatement. Un meilleur partage des données sur les chauves-souris sera aussi bénéfique pour l'accès à l'information de manière générale, car si cette pratique s'étend à plusieurs promoteurs, cela améliorera les données de distribution pour la planification des inventaires et en réduira les coûts. Ultimement, ceci permettra d'améliorer la conservation des chauves-souris et de favoriser le maintien de la biodiversité.

Le Ministère s'assurera que le crédit des données sur les chauves-souris soit attribué aux promoteurs et aux consultants ayant transmis leurs données. La propriété des données sera créditée d'une quelconque façon dans les documents produits (p. ex., mention dans les remerciements des auteurs ou liste de contributeurs).

Les données doivent être envoyées par courriel à :

chauvesourisquebec@mffp.gouv.qc.ca

Ou par la poste à :

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
Service de la conservation de la biodiversité et des milieux humides
880, chemin Sainte-Foy, 2.00
Québec (Québec) G1S 4X4

Formulaires

Toutes les données d'inventaire fixe et mobile devront être inscrites sur les formulaires suivants :

- 1- *Formulaire de prise de données d'inventaire acoustique de chauves-souris — Implantation d'une station fixe* (annexe B).
- 2- *Formulaire de prise de données d'inventaire acoustique de chauves-souris — Inventaire mobile* (annexe F).

Il est important d'emporter des formulaires papier sur le terrain et d'y inscrire les données requises, de manière à s'assurer de noter toutes les informations nécessaires.

Remplir toutes les sections du formulaire et, si possible, y joindre des photos lors de l'envoi au Ministère. Inscrire « ND » ou faire un trait lorsque l'information est non disponible. Fournir l'information même pour un inventaire où il n'y aurait eu aucune détection.

Il est recommandé de faire une copie de la fiche ou de la prendre en photo par mesure de sécurité après chaque journée de terrain.

Références

- ANTHONY, E. L. P., M. H. STACK et T. H. KUNZ (1981). "Night roosting and the nocturnal time budget of the Little Brown Bat, *Myotis lucifugus*: Effects of reproductive status, prey density, and environmental conditions", *Oecologia*, 51 : 151-156.
- BARCLAY, R. M. R. et L. D. HARDER (2003). "Life histories of bats: Life in the slow lane" (p. 209-253), dans : *Bat ecology*, Kunz, T. H., et M. B. Fenton (éditeurs), The University of Chicago Press, Chicago.
- BARCLAY, R. M. R., et A. Kurta (2007). "Ecology and behavior of bats roosting in tree cavities and under bark" (p. 17-60), dans : *Bats in forests: conservation and management*, LACKI, M. J., J. P. HAYES, et A. KURTA (éditeurs), Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- BARRÉ, K., LE VIOL, I., R. JULLIARD ET J. PAUWELS (2019). "Accounting for automated identification errors in acoustic surveys", *Methods in Ecology and Evolution*: 10 (8) : 1171-1188.
- BAT CONSERVATION AND MANAGEMENT (2022). *Types of bat detectors* [En ligne] [<https://batmanagement.com/blogs/acoustic-monitoring/test>] (Consulté le 26 avril 2022)
- BELWOOD, K. E., et J. H. FULLARD (1984). "Ecolocation and foraging behaviour in the Hawaiian hoary bat, *Lasiurus cinereus semotus*", *Canadian Journal of Zoology*, 62 : 2113-2120.
- BENDER, M. J. et G. D. HARTMAN (2015). "Bat activity increases with barometric pressure and temperature during autumn in Central Georgia", *Southeastern Naturalist*, 14 (2) : 231-242.
- BLEHERT, D. S., A. C. HICKS, M. BEHR, C. U. METEYER, B. M. BERLOWSKI-ZIER, E. L. BUCKLES, J. T. COLEMAN, S. R. DARLING, A. GARGAS, R. NIVER, J. C. OKONIEWSKI, R. J. RUDD et W. B. STONE (2009). "Bat white-nose syndrome: an emerging fungal pathogen?", *Science*, 323 : 227.
- BOYLES, J. G., P. M. CRYAN, G. F. MCCracken ET T. H. KUNZ (2011). "Economic Importance of Bats in Agriculture", *Science*, 332: 41-42.
- BRAUN DE TORREZ, E. C., M. A. WALLRICHS, H. K. OBER ET R. A. MCCLEERY (2017). "Mobile acoustic transects miss rare bat species: implications of survey method and spatio-temporal sampling for monitoring bats", *PeerJ*, 5 : e3940.
- BRIGHAM, R. M., E. K. V. KALKO, G. JONES, S. PARSONS et H. J. G. A. LIMPENS (2004). *Bat echolocation research: tools, techniques and analysis*, Bat Conservation International, Austin, Texas, 167 p.
- BRODERS, H. G., G. M. QUINN et J. J. FORBES (2003). "Species status, and the spatial and temporal patterns of activity of bats in southwest Nova Scotia, Canada", *Northeastern Naturalist*, 10 : 383-398.

- BROSET, S. (2018). *Assessment of UAV potential for bioacoustic monitoring of birds and bats: Tests under controlled conditions in Belgium*, travail de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme de master bioingenieur en gestion des forêts et espaces naturels, Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech, université de Liège, Liège, Belgique, 62 p. + références et annexes.
- BURLES, D. W., R. M. BRIGHAM, R. A. RING et T. E. REIMCHEN (2009). "Influence of weather on two insectivorous bats in a temperate Pacific Northwest rainforest", *Canadian Journal of Zoology*, 87: 132-138.
- BURNS, L. E. et H. G. BRODERS (2015). "Maximizing mating opportunities: Higher autumn swarming activity in male versus female *Myotis* bats", *Journal of Mammalogy*, 96 (6) : 1326-1336.
- CHARBONNEAU, P. et G. TREMBLAY (2010). « Création d'une banque de référence pour l'identification des chauves-souris au Québec », *Le Naturaliste canadien*, 134 (1) : 50-61.
- CHAUVES-SOURIS AUX ABRIS (CSAA) (2015). *Chauves-souris aux abris*. [En ligne] [<https://chauve-souris.ca/>] (Consulté le 26 avril 2022)
- COLLINS, J. (2016). *Bat surveys for professional ecologists: Good practice guidelines*, 3^e édition, The Bat Conservation Trust, London, 82 p. + annexes.
- COMITÉ SUR LA SITUATION DES ESPÈCES EN PÉRIL AU CANADA (COSEPAC) (2013). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la petite chauve-souris brune (Myotis lucifugus), 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.
- CNRC (2020). *Calculatrice des levers et couchers du Soleil*. [En ligne] [<https://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/services/levers/index.html>] (Consulté le 25 avril 2022)
- CRAMPTON, L. H., et R. M. R. BARCLAY (1996). "Habitat selection by bats in fragmented and unfragmented aspen mixedwood stands of different ages" (p. 238-259), dans : *Bats and forests symposium*, BARCLAY, R. M. R. et R. M. BRIGHAM (éditeurs), British Columbia Ministry of Forests, Victoria, Canada, 292 p.
- DAVIS, W. H. et H. B. HITCHCOCK (1995). "A new longevity record for the bat *Myotis lucifugus*", *Bat Research News*, 36 : 6.
- ECCC (2018). *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 Changement climatique Canada, Ottawa, 189 p.
- EDBON, D. (1985). *Statistics in Geography*, Blackwell, Oxford, 242 p.
- EDNIE, G., D. M. BIRD et K. H. ELLIOTT (2021). "Fewer bat passes are detected during small, commercial drone flights", *Scientific Reports*, 11: 11529.

- 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*, Plan produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 102 p.
- ERICKSON, J. et S. WEST (2002). "The influence of regional climate and nightly weather conditions on activity patterns of insectivorous bats", *Acta Chiropterologica*, 4(1) : 17-24.
- FABIANEK, F., D. GAGNON et M. DELORME (2011). "Bat distribution and activity in Montréal island green spaces: Responses to multi-scale habitat effects in a densely urbanized area", *Ecoscience*, 18 : 9-17.
- FABIANEK, F., M. A. SIMARD, E. B. RACINE et A. DESROCHERS (2015). "Selection of roosting habitat by male *Myotis* bats in a boreal forest", *Canadian Journal of Zoology*, 93 : 539-546.
- FAURE-LACROIX, J., A. DESROCHERS, L. IMBEAU et A. SIMARD (2019). "Going beyond a leap of faith when choosing between active and passive bat monitoring methods", *Acta Chiropterologica*, 21 (1) : 215-228.
- FENTON, M. B., N. G. H. BOYLE, T. M. HARRISON et D. J. OXLEY (1977). "Activity patterns, habitat use, and prey selection by some African insectivorous bats", *Biotropica*, 9 : 73-85.
- FORD, M. W., M. A. MENZEL, J. L. RODRIGUE, J. M. MENZEL et J. B. JOHNSON (2005). "Relating bat species presence to simple habitat measures in a central Appalachian forest", *Biological Conservation*, 126 : 528-539.
- FOSTER, R. W. et A. KURTA (1999). "Roosting ecology of the Northern Bat (*Myotis septentrionalis*) and comparisons with the endangered Indiana Bat (*Myotis sodalis*)", *Journal of Mammalogy*, 80(2) : 659-672.
- FU, Y., M. KINNIRY et L. N. KLOEPPER (2018). "The Chirocopter: A UAV for recording sound and video of bats at altitude", *Methods in Ecology and Evolution*, 9 : 1531-1535.
- GERSON, H. (1984). *Habitat management guidelines for bats in Ontario*, Ontario Ministry of Natural Resources, Toronto, 42 p.
- GILLEY, L. M., C. A. DIGGINS, S. M. PEARSON et T. L. BEST (2019). "Vocal repertoire of captive northern and southern flying squirrels (*Glaucomys sabrinus* and *G. volans*)", *Journal of Mammalogy*, 100 (2) : 518-530.
- GOEHRING, H. (1972). "Twenty-year study of *Eptesicus Fuscus* in Minnesota", *Journal of Mammalogy*, 53 (1) : 201-207.
- GOUVERNEMENT DU CANADA (2022). Données historiques [En ligne] [https://climat.meteo.gc.ca/historical_data/search_historic_data_f.html] (Consulté le 25 mars 2022).

- GOUVERNEMENT DU QUÉBEC (2022). *Réseau régional* [En ligne] [<https://www.quebec.ca/gouv/ministere/forets-faune-parcs/coordonnees-du-ministere/reseau-regional/#c13507>] (Consulté le 25 mars 2022).
- GRINDAL, S. D., J. L. MORISSETTE et R. M. BRIGHAM (1999). "Concentration of bat activity in riparian habitats over an elevational gradient", *Canadian Journal of Zoology*, 77 : 972-977.
- GROUPE CHIROPTÈRES DU QUÉBEC (2016). *Guide pratique pour la conservation des chauves-souris en milieu agricole*, 34 p.
- HAMMERSON, G. A., D. SCHWEITZER, L. MASTER, J. CORDEIRO, A. TOMAINO, L. OLIVER et J. NICHOLS (2020). *Ranking species occurrences: A generic approach and decision key*, NatureServe, 16 p.
- HAYES, M. A. (2013). "Bats killed in large numbers at United States wind energy facilities", *BioScience*, 63 (12) : 975-979.
- HIRAKAWA, H. (2005). "Luring bats to the camera – A new technique for bat surveys", *Mammal Study*, 30 : 69-71.
- HIRAKAWA, H. et K. MAEDA (2006). "A technique to estimate the approximate size of photographed bats", *Wildlife Society Bulletin*, 34 (2) : 413-418.
- HUMPHREY, S. R. (1975). "Nursery roosts and community diversity of Nearctic bats", *Journal of Mammalogy*, 56 : 321-346.
- JUNG, K. et E. K. V. KALKO (2010). "Where forest meets urbanization: foraging plasticity of aerial insectivorous bats in an anthropogenically altered environment", *Journal of Mammalogy*, 91 : 144-153.
- KUHLMANN, K., A. FONTAINE, É. BRISSON-CURADEAU, D. M. BIRD et K. H. ELLIOTT (2021). "Miniaturization eliminates detectable impacts of drones on bat activity", *Methods in Ecology and Evolution*, 13 : 842-851.
- KUNZ, T. H. (1973). "Resource utilization: Temporal and spatial components of bat activity in central Iowa", *Journal of Mammalogy*, 54 : 14-32.
- KUNZ, T. H. (1982). "*Lasionycteris noctivagans*", *Mammalian Species*, 172 : 1-5.
- KUNZ, T. H., E. B. ARNETT, W. P. ERICKSON, A. R. HOAR, G. D. JOHNSON, R. P. LARKIN, M. D. STRICKLAND, R. W. THRESHER et M. D. TUTTLE (2007). "Ecological impacts of wind energy development on bats: Questions, research needs, and hypotheses", *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5 (6) : 315-324.
- LACKI, M. J., J. P. HAYES et A. KURTA (2007). *Bats in forests – Conservation and management*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 329 p.

- LE GOUIL, C. (2012). *Impact de la luminosité naturelle nocturne sur le comportement de transit des chiroptères (Rhinolophus et Pipistrellus)*, UFR Lettres, Sciences de l'Homme et des sociétés, Master 1 ÉTHOLOGIE, Université Paris, 13, 20 p.
- LEMAÎTRE, J., K. MACGREGOR, N. TESSIER, A. SIMARD, J. DESMEULES, C. POUSSART, P. DOMBROWSKI, N. DESROSIERS et S. DÉRY (2017). *Mortalité chez les chauves-souris, causée par les éoliennes : Revue des conséquences et des mesures d'atténuation*, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, 26 p.
- LI, T. et J.-P. DUCRUC (1999). *Les provinces naturelles. Niveau I du cadre écologique de référence du Québec*, Ministère de l'Environnement, Québec, Québec, 90 p.
- LOEB, S. C., T. J. RODHOUSE, L. E. ELLISON, C. L. LAUSEN, J. D. REICHARD, K. M. IRVINE, T. E. INGERSOLL, J. COLEMAN, W. E. THOGMARTIN, J. R. SAUER, C. M. FRANCIS, M. L. BAYLESS, T. R. STANLEY et D. H. JOHNSON (2015). *A plan for the North American Bat Monitoring Program (NABat)*, General Technical Report SRS-208, Department of Agriculture Forest Service, Fort Collins Science Center, Northern Prairie Wildlife Research Center, Asheville, North Carolina, 100 p.
- LOPEZ-BAUCELIS, A., L. TORRENT, R. ROCHA et P. BOBROWIEC (2018). "Stronger together: Combining automated classifiers with manual post-validation optimizes the workload vs reliability trade-off of species identification in bat acoustic surveys", *Ecological Informatics*, 49 : 45-53.
- McDUFF, J. et R. BRUNET (2006). *Réseau d'inventaires acoustiques de chauves-souris – Guide du participant – Saison 2006*, Envirotel 3000 inc., Biodôme de Montréal et Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, 46 p.
- MENZEL, J. M., M. A. MENZEL, J. C. KILGO, W. M. FORD, J. W. EDWARDS et G. F. MCCracken (2005). "Effect of habitat and foraging height on bat activity in the Coastal Plain of South Carolina", *Journal of Wildlife Management*, 69 : 235-245.
- MFFP (2021). *Recueil des protocoles standardisés pour l'inventaire des colonies estivales de chauves-souris au Québec*, gouvernement du Québec, Québec, 25 p. + annexes.
- MFFP (2022a). *Espèces fauniques menacées ou vulnérables* [En ligne] [<https://mffp.gouv.qc.ca/la-faune/especes/especes-menacees-vulnerables/>] (Consulté le 26 avril 2022)
- MFFP (2022b). *Syndrome du museau blanc chez les chauves-souris* [En ligne] [<https://mffp.gouv.qc.ca/la-faune/securite-sante-maladies/syndrome-museau-blanc/>] (Consulté le 26 avril 2022)
- MFFP (2022c). *Protocole standardisé – Réseau québécois d'inventaires acoustiques de chauves-souris*, gouvernement du Québec, Québec, 29 p. + annexes.
- MFFP (en préparation). *Recueil des protocoles standardisés d'inventaire d'hibernacle au Québec*, gouvernement du Québec, Québec.

- MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND FORESTRY (2016). *Bat and bat habitat surveys of treed habitats*, Guelph District, Ontario, 5 p.
- MINNAAR, C., J. G. BOYLES, I. A. MINNAAR, C. L. SOLE et A. E. MCKECHNIE (2015). "Stacking the odds: Light pollution may shift the balance in an ancient predator-prey arms race", *Journal of Applied Ecology*, 52 : 522-531.
- MRNF (2008). *Protocole d'inventaires acoustiques de chiroptères dans le cadre de projets d'implantation d'éoliennes au Québec – 8 janvier 2008*, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Secteur Faune Québec, 10 p.
- NEECE, B. D., S. C. LOEB et D. S. JACHOWSKI (2019). "Implementing and assessing the efficacy of the North American Bat Monitoring Program", *Journal of Fish and Wildlife Management*, 10 (2) : e1944-687X.
- NORBERG, U. M. et J. M. V. RAYNER (1987). "Ecological morphology and flight in bats (Mammalia: Chiroptera): Wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 316 : 335-427.
- NORQUAY, K. J. O., F. MARTINEZ-NUNEZ, J. E. DUBOIS, K. M. MONSON et C. K. R. WILLIS (2013). "Long-distance movements of little brown bats (*Myotis lucifugus*)", *Journal of Mammalogy*, 94 (2) : 506-515.
- OWENS, A. C. S., P. COCHARD, J. DURRANT, B. FARNWORTH, E. K. PERKIN et B. SEYMOURE (2020). "Light pollution is a driver of insect declines", *Conservation Biology*, 241 : 108259.
- PERKINS, J. M. (1996). "Does competition for roosts influence bat distribution in a managed forest?" (p. 164-172), dans : *Bats and forest symposium*, Barclay, R. M. R. et R. M. Brigham (éditeurs), British Columbia Ministry of Forests, Victoria.
- PERRY, R. W. (2011). "Fidelity of bats to forest sites revealed from mist-netting recaptures", *Journal of Fish and Wildlife Management*, 2 (1) : 112-116.
- PLANÉTIARIUM RIO TINTO ALCAN (2022). *Phases de la Lune*. Espace pour la vie – Montréal [En ligne] [<https://espacepourlavie.ca/phases-de-la-lune>] (Consulté le 25 mars 2022).
- PRESCOTT, J. et P. RICHARD (2013). *Mammifères du Québec et de l'Est du Canada*, Éditions Michel Quintin, 479 p.
- RACEY, P. A. et S. M. SWIFT (1985). "Feeding ecology of *Pipistrellus pipistrellus* (Chiroptera: Vespertilionidae) during pregnancy and lactation. 1. Foraging behaviour", *Journal of Animal Ecology*, 54 : 205-215.
- RUSSO, D. et C. C. VOIGT (2016). "The use of automated identification of bat echolocation calls in acoustic monitoring: A cautionary note for a sound analysis", *Ecological Indicators*, 66 : 598-602.

- RYDELL, J. (1992). "Exploitation of insects around streetlamps by bats in Sweden", *Functional Ecology*, 6 : 744-750.
- RYDELL, J. (2006). "Bats and their insect prey at streetlights" (p. 43-60), dans : *Ecological consequences of artificial night lighting*, RICH, C. et T. LONGCORE (éditeurs), Island Press, Washington.
- RYDELL, J. et D. RUSSO (2014). "Photography as a low-impact method to survey bats", *Mammalian Biology*, 80 (3) : 182-184.
- RYDELL, J., S. NYMAN, J. EKLÖF, G. JONES et D. RUSSO (2016). "Testing the performances of automated identification of bat echolocation calls: A request for prudence", *Ecological Indicators*, 78 : 416-420.
- SAUCIER, J.-P., P. GRONDIN, A. ROBITAILLE et J.-F. BERGERON (1998). *Zones de végétation et les domaines bioclimatiques du Québec*, Ministère des Ressources naturelles, Carte couleur.
- SHAHMORADI, J., E. TALEBI, P. ROGHANCHI ET M. HASSANALIAN (2020). "A comprehensive review of applications of drone technology in the mining industry", *Drones*, 4: 34.
- SPEAKMAN, J. R. (1991). "Why do insectivorous bats in Britain not fly in daylight more frequently?", *Functional Ecology*, 5 : 518-524.
- SPEAKMAN, J. R. et D. W. THOMAS (2003). "Physiological ecology and energetics of bats" (p. 430-490), dans : *Bat ecology*, KUNZ, T. H. et M. B. Fenton (éditeurs), The University of Chicago Press, Chicago.
- STANTEC CONSULTING SERVICES INC. (2013). *Final Buckeye Wind Power Project - Habitat conservation plan*, prepared for Buckeye Wind LLC, Topsham, ME, 287 p. + annexes.
- STONE, E. L., G. JONES et S. HARRIS (2009). "Street lighting disturbs commuting bats", *Current Biology*, 19 (13) : 1123-1127.
- TEETS, K. D., S. C. LOEB et D. S. JACHOWSKI (2019). "Detection probability of bats using active versus passive monitoring", *Acta Chiropterologica*, 21 (1) : 205-213.
- TAYLOR, D. A. R. (2006). *Forest management and bats*, Bat Conservation International, Austin, 13 p.
- TONOS, J. M., B. P. PAULI, P. A. ZOLLNER et G. S. HAULTON (2014). "A comparison of the efficiency of mobile and stationary acoustic bat surveys", *Proceedings of the Indiana Academy of Science*, 123 : 103-111.
- TREMBLAY, J. A. et J. JUTRAS (2010). « Les chauves-souris arboricoles en situation précaire au Québec. Synthèse et perspectives », *Le Naturaliste canadien*, 134 (1) : 29-40.
- TURNER, G. G., D. M. REEDER et J. T. H. COLEMAN (2011). "A five-year assessment of mortality and geographic spread of white-nose syndrome in North American bats and a look to the future", *Bat Research News*, 52 (2) : 13-27.

- VERBOOM, B et K. SPOELSTRA (1999). "Effects of food abundance and wind on the use of tree lines by an insectivorous bat, *Pipistrellus pipistrellus*", *Canadian Journal of Zoology*, 77 : 1393-1401.
- WARNER, R. M. (2008). *Applied statistics: From bivariate through multivariate techniques*, Sage, Thousand Oaks, 1134 p.
- WHITBY, M. D., T. C. CARTER, E. R. BRITZKE et S. M. BERGESON (2014). "Evaluation of mobile acoustic techniques for bat population monitoring", *Acta Chiropterologica*, 16 (1) : 223-230.
- WILLIAMS, C. B. et B. P. SINGH (1951). "Effects of moonlight on insect activity", *Nature*, 167 : 853.

Annexe A Paramètres de filtrage et de conversion suggérés

PARAMÈTRES DE FILTRAGE ET DE CONVERSION DES FICHIERS AUDIO AVEC LE LOGICIEL KALÉIDOSCOPE (WILDLIFE ACOUSTICS)

Paramètre de conversion	Kaléidoscope	
Enregistrement/conversion	WAC, WAV, W4V	ZC
Facteur d'expansion de temps	Automatique	
Création de sous-dossiers		Aucun
Durée maximale		15 s
Ratio de division		8
Fréquence minimale		16 kHz
Fréquence maximale		160 kHz
Durée minimale		1,2 ms
Durée maximale		120 ms
Distance maximale entre signaux		Aucune
Nombre minimal de signaux		2

Annexe B Formulaire de prise de données d'inventaire acoustique de chauves- souris — Implantation d'une station fixe

FORMULAIRE D'IMPLANTATION D'UNE STATION FIXE

INSTALLATION

Général

N° de la station	_____	Coord. géographiques	N
Date d'installation	_____	(degré décimal)	O
	aaaa-mm-jj	Nom des observateurs	1.
Heure	_____		2.
N°s de photos	_____		
Chemin d'accès	_____		

Appareil de détection d'ultrasons

Marque de l'appareil	_____	N° de série	_____
N° de l'appareil	_____	N°s de cartes SD	_____

Microphones

N° de micro à ultrasons	_____	Hauteur du micro à ultrasons	_____
		Orientation du micro	_____

Alimentation solaire

N° de panneau solaire	_____	N° de batterie	_____
Voltage de départ	_____		

Environnement

Distance du plan d'eau	_____	Taille du plan d'eau	_____
Distance de la forêt	_____		
Description de l'habitat	_____		

Remarques _____

RÉCUPÉRATION

Général

N° de la station	_____	Noms des observateurs	1.
Date de récupération	_____		2.
	aaaa-mm-jj	Alimentation solaire	
Heure	_____	Voltage de fin	_____
Remarque	_____		

Annexe C Présentation suggérée des données acoustiques et des métadonnées

PRÉSENTATION DES DONNÉES ACOUSTIQUES ET DES MÉTADONNÉES

Code	Nom scientifique	Nom commun
LACI	<i>Lasiurus cinereus</i>	Chauve-souris cendrée
LABO	<i>Lasiurus borealis</i>	Chauve-souris rousse
LANO	<i>Lasionycteris noctivagans</i>	Chauve-souris argentée
EPFU	<i>Eptesicus fuscus</i>	Grande chauve-souris brune
PESU	<i>Perimyotis subflavus</i>	Pipistrelle de l'Est
MYLU	<i>Myotis lucifugus</i>	Petite chauve-souris brune
MYLE	<i>Myotis leibii</i>	Chauve-souris pygmée de l'Est
MYSE	<i>Myotis septentrionalis</i>	Chauve-souris nordique
MYSPP	<i>Myotis</i> sp	Chauves-souris du genre <i>Myotis</i>
EPFULANO	<i>Eptesicus fuscus</i> / <i>Lasionycteris noctivagans</i>	Complexe grande brune / argentée
LABOMYLU	<i>Lasiurus borealis</i> / <i>Myotis lucifugus</i>	Complexe rousse / petite brune
LABOPESU	<i>Lasiurus borealis</i> / <i>Perimyotis subflavus</i>	Complexe rousse / pipistrelle
LACILANO	<i>Lasiurus cinereus</i> / <i>Lasionycteris noctivagans</i>	Complexe cendrée / argentée
MYLEMYSE	<i>Myotis leibii</i> / <i>Myotis septentrionalis</i>	Complexe pygmée / nordique
NOID	Spp	Chauves-souris non identifiées

PRÉSENTATION DES DONNÉES ACOUSTIQUES ET DES MÉTADONNÉES (SUITE)

Entête de colonne	Type de donnée	Définition
Nom du fichier	Donnée acoustique	Nom du fichier sonore WAV ou ZC généré par le détecteur ou le logiciel de conversion
Code d'espèce ou du complexe d'espèces	Donnée acoustique	Code d'espèce ou du complexe d'espèces identifiées associé à chaque nom de fichier traité automatiquement ou manuellement
Confiance	Donnée acoustique	Indice de confiance (entre 0 et 1 ou 0 et 100 %) des identifications automatisées, le cas échéant
Station	Donnée spatiale	Nom ou numéro de la station d'inventaire
Projection	Donnée spatiale	Type de projection des données spatiales employées
Latitude	Donnée spatiale	Latitude de la position du détecteur à la station d'enregistrement en coordonnées décimales
Longitude	Donnée spatiale	Longitude de la position du détecteur à la station d'enregistrement en coordonnées décimales
Altitude	Donnée spatiale	Altitude de la position du détecteur à la station d'enregistrement en coordonnées décimales
Date	Donnée temporelle	Date d'enregistrement du fichier sonore
Année	Donnée temporelle	Année d'enregistrement du fichier sonore
Nuit	Donnée temporelle	Date du jour ou de la nuit d'enregistrement du fichier sonore
Heure	Donnée temporelle	Heure d'enregistrement du fichier sonore
Minute	Donnée temporelle	Minute d'enregistrement du fichier sonore
Seconde	Donnée temporelle	Seconde d'enregistrement du fichier sonore

PRÉSENTATION DES DONNÉES ACOUSTIQUES ET DES MÉTADONNÉES (SUITE)

En-tête	Type	Définition
Marque	Métadonnée	Marque du détecteur employé (p. ex. Titley Scientific)
Modèle	Métadonnée	Modèle du détecteur employé (p. ex. Anabat Express)
Micrologiciel	Métadonnée	Version du micrologiciel du détecteur d'ultrasons employé
N° de série	Métadonnée	Numéro de série du détecteur d'ultrasons employé
Préfixe	Métadonnée	Préfixe utilisé lors de l'enregistrement des données si différent du numéro de série
Ratio de division	Métadonnée	Ratio de division utilisé lors de l'enregistrement ou de la conversion (en général, ratio de 8 divisions)
Identification	Métadonnée	Type d'identification employé pour l'analyse, manuelle ou automatisée
Logiciel	Métadonnée	Nom du logiciel employé pour l'identification automatisée
Version de logiciel	Métadonnée	Version du logiciel d'identification employé (p. ex. version 5.1.9)
Conversion	Métadonnée	Type de conversion effectuée (p. ex. WAV vers ZC)
Version de conversion	Métadonnée	Version du logiciel de conversion (p. ex. version 5.1.9)

Annexe D Conditions propices à respecter pour la réalisation d'un inventaire acoustique mobile selon la classification de la force du vent de l'échelle de Beaufort

Conditions propices à respecter pour la réalisation d'un inventaire acoustique mobile selon la classification de la force du vent de l'échelle de Beaufort

Force	Vitesse du vent (km/h)	Appellation	Effets observés sur terre	Mode de déplacement	
				À pied	Voiture
0	Moins de 1	Calme	La fumée s'élève verticalement.	✓	✓
1	De 1 à 5	Très légères brises	La fumée, mais non la girouette, indique la direction du vent.	✓	✓
2	De 6 à 11	Légère brise	On sent le vent sur le visage; les feuilles frémissent et les girouettes bougent.	✓	Non propice
3	De 12 à 19	Petite brise	Feuilles et brindilles bougent sans arrêt. Les petits drapeaux se déploient.	✓	Non propice
4	De 20 à 28	Jolie brise	Poussières et bouts de papier s'envolent. Les petites branches sont agitées.	Non propice	Non propice
5	De 29 à 38	Bonne brise	Les petits arbres feuillus se balancent. De petites vagues avec crête se forment sur les eaux intérieures.	Non propice	Non propice
6	De 39 à 49	Vent frais	Les grosses branches sont agitées. On entend le vent siffler dans les fils téléphoniques et l'usage du parapluie devient difficile.	Non propice	Non propice
7	De 50 à 61	Grand frais	Des arbres tout entiers s'agitent. La marche contre le vent devient difficile.	Non propice	Non propice
8	De 62 à 74	Coup de vent	De petites branches se cassent. La marche contre le vent devient presque impossible.	Non propice	Non propice
9	De 75 à 88	Fort coup de vent	Peut endommager légèrement les bâtiments (bardeaux de toitures).	Non propice	Non propice
10	De 89 à 102	Tempête	Déracine les arbres et endommage sérieusement les bâtiments.	Non propice	Non propice
11	De 103 à 117	Violente tempête	Dégâts considérables.	Non propice	Non propice
12	De 118 à 133	Vent d'ouragan	Rare. Possibilité de grandes étendues de dommages à la végétation et de dommages structuraux importants.	Non propice	Non propice

Le crochet indique que l'inventaire peut être fait à cette force de vent selon le mode de déplacement.

Source : ENVIRONNEMENT CANADA (2017). *Tableau de l'échelle Beaufort*. [En ligne] [<https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/renseignements-generaux-conditions-maritimes/description-previsions-meteo/tableau-echelle-beaufort.html>] (Consulté le 22 mai 2020)

Annexe E Paramètres d'enregistrement passif suggérés selon le type de détecteurs d'ultrasons

PARAMÈTRES D'ENREGISTREMENT PASSIF SUGGÉRÉS SELON LE TYPE DE DÉTECTEURS D'ULTRASON

Paramètre d'enregistrement	SM4BAT-FS	SM4BAT-ZC	SM3BAT	SM2BAT+
Mode d'enregistrement	WAV ou W4V	ZC	WAV, WAC, ZC	WAV, WAC, ZC
Gain	0 ou 12 dB	-	12 ou 24 dB	12 ou 24 dB
Canaux	-	-	Mono-L ou R	Mono-L
Filtre passe haut	16 kHz	16 kHz	16 kHz	16 kHz
Filtre passe bas	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun
Fréquence d'échantillonnage	384 ou 500 kHz	-	384 kHz	384 kHz
Ratio de division	-	8	8	8
Fréquence minimale de déclenchement	16 kHz	16 kHz	16 kHz	16 kHz
Seuil de déclenchement	12 dB SNR	12 dB SNR	12 dB SNR	12 dB SNR
Fenêtre de déclenchement	5 s	5 s	5 s	5 s
Durée maximale d'enregistrement	15 s	15 s	15 s	15 s
Taille minimale du signal	1 ms	1 ms	1 ms	1 ms
Taille maximale du signal	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
Préfixe	N° de série	N° de série	N° de série	N° de série
Localisation	Données décimales	Données décimales	Données décimales	Données décimales
Fuseau horaire en été (heure avancée de l'Est)*	UTC - 4	UTC - 4	UTC - 4	UTC - 4
Paramètre d'enregistrement	Anabat Swift	Anabat Express	Anabat SD1/SD2	
Mode d'enregistrement	WAV, ZC	ZC	ZC	
Filtre passe haut	16 kHz	16 kHz	-	
Filtre passe bas	Aucun	-	-	
Fréquence d'échantillonnage	320 ou 500 kHz	-	-	
Ratio de division	8	8	8	
Seuil de déclenchement	12 dB SNR	-	-	
Fenêtre de déclenchement	5 s	-	-	
Taille maximale du fichier	15 s	-	-	
Taille minimale du signal	1 ms	-	-	
Sensibilité	Entre 12 et 14**	7	7	
Fuseau horaire (heure avancée de l'Est) *	UTC - 4	UTC - 4	UTC - 4	

* UTC-3 aux Îles-de-la-Madeleine.

** Recommandation de Titley Scientific pour le Canada.

Annexe F Formulaire de prise de données d'inventaire acoustique de chauves- souris — Inventaire mobile

Formulaire de prise de données d'inventaire acoustique de chauves-souris

Inventaire mobile

Nom du passager : _____ Date (aaaa-mm-jj): _____

Nom du conducteur : _____ Nom de l'enregistreur : _____

N° de période (1, 2 ou 3) : _____ Identification du parcours (1, 2 ou 3) : _____ N° : _____

Modèle de détecteur d'ultrasons : _____ N° de série : _____

N° de carte mémoire : _____ Sensibilité de l'appareil : _____

Conditions environnementales	Début d'inventaire	Fin d'inventaire	Changements observés des conditions environnementales / remarques
Température (°C)			
Vent (échelle de Beaufort)			
Humidité (%)			
Couvert nuageux (0-10 %; 10-50 %; 50-90 %; 100 %)			
Lune (NL - PQ - PL - DQ) ● ◐ ◑ ☾			
Pluie (non - faible - modérée - forte)			
Insectes - peu = moins de 10 insectes - moyen = de 10 à 100 insectes - beaucoup = plus de 100 insectes			
Autres:			

Commentaires : _____

N° de période (1, 2 ou 3) : _____ Identification du parcours (1, 2 ou 3) : _____ N° : _____

DP-3 : début du 3^e parcours **FP-3** : fin du 3^e parcours

[illegible]

Description des habitats : _____

Formulaire de prise de données d'inventaire acoustique de chauves-souris

Inventaire mobile (suite)

Date (aaaa-mm-jj) : _____

N° de période (1, 2 ou 3) : _____ Identification du parcours (1, 2 ou 3) : _____ N° : _____

[illegible]

Description des habitats : _____



**Forêts, Faune
et Parcs**

Québec 