

Protocole standardisé de détection et d'identification des tortues d'eau douce à l'aide de drones au Québec

Juillet 2021

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS



Photographie de la page couverture :

Tortues peintes, © Émile Gariépy, Bureau environnement et terre d'Odanak (BETO)

Crédits des autres photographies :

- Page 3, figure 1 : Tortue à oreilles rouges, © Frédérick Lelièvre, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP)
- Page 3, figure 1, encadré : Tortue à oreilles rouges, © Alan et Elaine Wilson, www.naturespicsonline.com
- Page 4, figure 2 : Tortue des bois, © David Rodrigue, Ecomuseum
- Page 7, figure 4 : Tortue géographique, © Sébastien Rouleau, Ecomuseum
- Page 7, figure 5 : Tortues géographiques, © Simon Pelletier, MFFP
- Page 10, figure 7 : Tortue-molle à épines en lézardage, © Josée Lefebvre, MFFP
- Page 10, figure 8 : Tortue-molle à épines submergée, © Claude Daigle, MFFP
- Page 12, figure 10 : Tortue mouchetée, © Rhéaume Courtois, MFFP
- Page 14, figure 12 : Tortue musquée, © Claude Lafond
- Page 16, figure 14 : Tortues peintes et tortue géographique, © André Hamel
- Page 17, figure 15 : Tortue peinte, © Pierre Pouliot, MFFP
- Page 19, figure 17 : Tortue serpentine, © Frédérick Lelièvre, MFFP
- Page 22, figure 19 : Tortues géographiques en lézardage, © Lyne Bouthillier, MFFP
- Page 33, figure 20 : Tortue peinte, © Jean-Philippe Gilbert, Hydro-Québec
- Page 34, figure 21 : Tortues géographiques, © Jean-Philippe Gilbert, Hydro-Québec
- Page 34, figure 22 : Tortue serpentine, © Émile Gariépy, BETO
- Page 35, figure 23 : Tortues peintes, © Émile Gariépy, BETO
- Page 35, figure 24 : Tortues peintes, © Émile Gariépy, BETO
- Page 39, figure 25 : Tortue géographique creusant un nid, © Anaïs Boutin, Éco-Nature
- Page 39, figure 26 : Éclosion d'une jeune tortue géographique, © Anaïs Boutin, Éco-Nature
- Page 40, figure 27 : Nid prédaté de tortue géographique, © Lucie Veilleux

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

mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/PT_standardise_detection_identification_tortues_drones.pdf

Équipe de réalisation

Rédaction

Patrick Charbonneau, biologiste, M. Sc.	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Service de la conservation de la biodiversité et des milieux humides (MFFP, SCBMH)
Nathalie Tessier, biologiste, Ph. D.	MFFP, Direction de la gestion de la faune – Estrie, Montréal, Laval et Montérégie (DGFa-05-06-13-16)

Révision

Pierre-André Bernier, biologiste, M. Sc.	Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), Service canadien de la faune (SCF)
Olivier Cameron Trudel, biologiste, M. Sc.	MFFP, Direction de la gestion de la faune de l'Outaouais (DGFa-07)
Christine Dumouchel, biologiste, M. Env.	MFFP, SCBMH
Laurie Bisson Gauthier, biologiste, M. Sc.	MFFP, SCBMH
Stéphanie Giguet, biologiste, M. Env.	Ville de Montréal, Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports
Anne-Marie-Gosselin, biologiste Chef d'équipe, Division de la biodiversité	MFFP, SCBMH
Jean-Philippe Gilbert, biologiste	Hydro-Québec
Audrey Robillard, biologiste, Ph. D.	ECCC, SCF

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), ainsi que les membres du Groupe de mise en œuvre (GMO) de l'Équipe de rétablissement des tortues du Québec qui ont lu et commenté ce protocole. Nous tenons également à remercier Janick Gingras du Groupe DDM pour ses commentaires qui ont permis de préciser certaines sections du protocole.

Référence à citer :

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP) (2021). *Protocole standardisé de détection et d'identification des tortues d'eau douce à l'aide de drones au Québec*, gouvernement du Québec, Québec, 53 p. + annexes.

Registre du document et des mises à jour

Date	Version	Nature du document/des modifications	Chargés de projet
Juillet 2021	01	Première version officielle	Patrick Charbonneau

Avant-propos

Ce document a été élaboré 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 détection et l'identification des tortues à l'aide de drones. Ce protocole ne peut être utilisé pour réaliser des suivis d'abondance puisque la méthode n'a pas encore été testée dans cette optique. Le personnel gouvernemental qui réalisera ces inventaires devra s'assurer que les travaux sont concertés avec le Service de la conservation de la biodiversité et des milieux humides (SCBMH) du MFFP, qui coordonne la recherche et les inventaires menés avec des drones.

Les drones visés par le présent protocole sont ceux à voilure rotative de moins de 250 g (microdrones) et ceux dont le poids se situe entre 250 g et 25 kg, munis de capteurs visibles couleurs et d'un GPS. Il n'est toutefois pas exclu qu'un drone à voilure rotative de plus de 25 kg ou un drone à voilure fixe puisse être utilisé pour réaliser des inventaires des tortues.

La technologie n'a pas encore été testée pour évaluer la probabilité de détection des tortues d'eau douce. Ainsi, l'absence de détection lors d'un inventaire avec le drone ne peut être considérée avec certitude comme une absence de tortue.

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_detection_identification_tortues_drones.pdf

Ce protocole standardisé est également destiné à être utilisé lors d'études d'impact ou d'autres projets nécessitant la détection des tortues. Dans ces situations, si des modifications doivent être apportées au protocole, comme la hauteur de survol, le plan d'inventaire doit être approuvé par la DGFA concernée (pour la liste des directions régionales et leurs coordonnées, consulter Gouvernement du Québec [2021]).

Finalement, ce document vise aussi à uniformiser la nature des informations qui parviennent au Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ), qui doit compiler les données d'inventaire des directions régionales, des consultants et des autres partenaires.

Table des matières

Introduction.....	1
Permis	2
Objectifs.....	2
Notions d'écologie.....	3
Répartition et habitats	3
<i>Tortue à oreilles rouges</i>	3
Répartition.....	3
Habitats.....	4
<i>Tortue des bois</i>	4
Répartition.....	4
Habitats.....	6
<i>Tortue géographique</i>	7
Répartition.....	7
Habitats.....	9
<i>Tortue-molle à épines</i>	9
Répartition.....	9
Habitats.....	9
<i>Tortue mouchetée</i>	12
Répartition.....	12
Habitats.....	14
<i>Tortue musquée</i>	14
Répartition.....	14
Habitats.....	16
<i>Tortue peinte</i>	16
Répartition.....	16
Habitats.....	17
<i>Tortue serpentine</i>	19
Répartition.....	19
Habitats.....	19
Lézardage et thermorégulation	21
Viabilité des occurrences	22
Menaces	23
Considérations réglementaires, techniques et sécurité	25
Droit à la vie privée	25
Limites environnementales et météorologiques	25
Santé et sécurité	26
Facteurs humains	26
Choix du drone et du capteur	27
Types de drones et capteurs recommandés	27
Recommandations pour une capture visuelle optimale	28
Limites et mise en garde	29
Probabilité de détection.....	29
Dérangement de la faune.....	29
Méthodologie	31
Matériel.....	31
Périodes d'inventaire	31
Fréquence des survols.....	32
Conditions météorologiques.....	32

Choix des stations.....	32
Effort.....	32
Altitude de survol	33
Procédures	36
<i>Mode recherche active</i>	36
<i>Mode automatisé</i>	37
Mosaïque de photographies.....	38
Inventaire complémentaire à pied pour la détection des sites de ponte.....	38
Données à recueillir	40
Traitement des données	41
Transfert des données	42
Formulaire papier.....	42
Formulaire électronique	42
Validation des identifications par des experts du MFFP	42
Espèces exotiques envahissantes	42
Références	43
Annexe A Procédure abrégée	54
Annexe B Échelle de Beaufort	59
Annexe C Formulaire de prise de données — Inventaire de tortues d'eau douce à l'aide de drones au Québec	61

Liste des tableaux

Tableau 1. Tortues d'eau douce et statut de protection en vertu de la LEMV	1
Tableau 2. Périodes d'inventaire des tortues à l'aide de drones	32
Tableau 3. Périodes de ponte et caractéristiques des œufs des tortues du Québec	38

Liste des figures

Figure 1. Tortues à oreilles rouges	3
Figure 2. Tortue des bois.....	4
Figure 3. Aire de répartition québécoise de la tortue des bois	5
Figure 4. Tortue géographique.....	7
Figure 5. Tortues géographiques.....	7
Figure 6. Aire de répartition québécoise de la tortue géographique	8
Figure 7. Tortue-molle à épines dans son habitat, en lézardage	10
Figure 8. Tortue-molle à épines submergée.....	10
Figure 9. Aire de répartition québécoise de la tortue-molle à épines.....	11
Figure 10. Tortue mouchetée	12
Figure 11. Aire de répartition québécoise de la tortue mouchetée.....	13
Figure 12. Tortue musquée.....	14

Figure 13. Aire de répartition québécoise de la tortue musquée	15
Figure 14. À gauche, trois tortues peintes et à droite, une tortue géographique	16
Figure 15. Tortue peinte.....	17
Figure 16. Aire de répartition québécoise de la tortue peinte	18
Figure 17. Tortue serpentine	19
Figure 18. Aire de répartition québécoise de la tortue serpentine.....	20
Figure 19. Tortues géographiques en lézardage.....	22
Figure 20. Tortue peinte photographiée avec un drone DJI Phantom (zoom sur l'image).....	33
Figure 21. Tortues géographiques photographiées avec un drone DJI Phantom	34
Figure 22. Tortue serpentine photographiée avec un drone DJI Mavic Pro à environ 20 m	34
Figure 23. Tortues peintes photographiées avec un drone DJI Mavic Pro à environ 20 m.....	35
Figure 24. Tortues peintes photographiées avec un drone DJI Mavic Pro à 17 m	35
Figure 25. Tortue géographique femelle creusant un nid	39
Figure 26. Éclosion d'une jeune tortue géographique.....	39
Figure 27. Nid prédaté de tortue géographique	40

Introduction

Le Québec constitue la limite nordique de la répartition de plusieurs espèces animales, ce qui est particulièrement le cas pour les reptiles. Il existe sept espèces indigènes de tortues d'eau douce et une seule espèce de tortue marine, la tortue luth (*Dermochelys coriacea*), sur le territoire québécois, la tortue ponctuée n'étant plus considérée comme présente au Québec. D'ailleurs, Rodrigue et Desroches (2018) ont retiré cette dernière de leur plus récente version du guide nature *Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes*. De plus, une espèce exotique, la tortue à oreilles rouges (*Trachemys scripta elegans*), fait maintenant partie de l'herpétofaune du Québec. Le tableau 1 présente les espèces d'eau douce du Québec et leur statut de protection en vertu de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01).

Tableau 1. Tortues d'eau douce et statut de protection en vertu de la LEMV

Nom commun	Nom scientifique	Statut de protection en vertu de la LEMV
Tortue à oreilles rouges	<i>Trachemys scripta elegans</i>	Aucun (espèce exotique)
Tortue des bois	<i>Glyptemys insculpta</i>	Vulnérable
Tortue géographique	<i>Graptemys geographica</i>	Vulnérable
Tortue-molle à épines	<i>Apalone spinifera</i>	Menacée
Tortue mouchetée	<i>Emydoidea blandingii</i>	Menacée
Tortue musquée	<i>Sternotherus odoratus</i>	Menacée
Tortue peinte	<i>Chrysemys picta</i>	Aucun
Tortue serpentine	<i>Chelydra serpentina</i>	Aucun

Le présent document porte sur la détection et l'identification des tortues à l'aide de drones. Des recherches récentes sur l'efficacité des drones dans l'estimation des paramètres de populations fauniques montrent que cette technologie peut être extrêmement précise (Koski et coll., 2009; Martin et coll., 2012; Goebel et coll., 2015). La qualité des données recueillies par les drones supplante celle obtenue à l'aide des méthodes traditionnelles (Hodgson et coll., 2016). La technologie est de plus en plus accessible et utilisée dans divers axes scientifiques. Pour la faune, les drones représentent une alternative aux hélicoptères, aux petits avions pilotés et aux inventaires au sol (Charbonneau et Lemaître, sous presse). Depuis plusieurs décennies, la faune est suivie du haut des airs par des techniques conventionnelles, mais les drones sont capables de prendre des photographies et des vidéos de meilleure résolution, à moindre coût et plus rapidement que les aéronefs ou les satellites (López et Mulero-Pázmány, 2019). C'est dans cette optique d'une augmentation de l'utilisation des drones que le MFFP désire encadrer les inventaires fauniques à l'aide de cette technologie.

Il est important de préciser que l'usage de drones ne vise pas à vérifier s'il y a des indications sur l'utilisation d'un site pour la ponte ou la présence d'hibernacle. D'autres méthodes traditionnelles sont utilisées pour y parvenir.

Permis

Les inventaires fauniques à l'aide de drones ne nécessitent pas de permis scientifique, éducatif ou de gestion de la faune (SEG) du MFFP. D'autres permis peuvent être nécessaires selon le milieu visité.

Toutefois, selon le drone utilisé et certaines circonstances, il est possible qu'un certificat de pilotage soit requis. L'utilisation de systèmes de véhicules sans pilote (drones) est régie par Transports Canada. Les pilotes de drone doivent suivre les règles énoncées dans le Règlement de l'aviation canadien (RAC; DORS/96-433). La *Partie IX – Systèmes d'aéronefs télépilotes* contient la plupart des règles s'appliquant aux drones. Il est donc recommandé de vérifier si le RAC s'applique aux travaux d'inventaire prévus. Il est également de la responsabilité du pilote de s'assurer que ces travaux respectent l'ensemble des lois et règlements pouvant s'appliquer à l'utilisation d'un drone, et ce, pour tous les paliers de gouvernement (municipal, provincial, fédéral).

Objectifs

Les objectifs d'un inventaire de type détection à l'aide de drones sont les suivants :

- Détecter la présence de tortues d'eau douce dans différents habitats;
- Identifier les tortues à l'espèce à partir des photographies et des vidéos;
- Dénombrer les individus;
- Caractériser l'habitat;
- Déterminer les menaces potentielles.

Notions d'écologie

Le texte qui suit traite principalement de la répartition des différentes espèces de tortues et de notions relatives aux habitats propices à leur détection en milieu aquatique, sans toutefois s'y limiter.

Répartition et habitats

Tortue à oreilles rouges

Répartition

Au Québec, la tortue à oreilles rouges (figure 1) se trouve à la limite septentrionale de sa répartition. Elle réussit à survivre aux hivers québécois en hibernant. Jusqu'à maintenant, l'espèce ne semblait pas pouvoir se reproduire et élever des jeunes viables. Cependant, en 2010, des observations de ponte ont été rapportées dans la région de Montréal. Des conditions climatiques favorables, avec des printemps plus hâtifs et plus chauds par exemple, pourraient permettre à cette espèce de se reproduire et ainsi de se répandre dans la province. Peu de suivis scientifiques sont encore disponibles sur cette espèce, ce qui ne permet pas de connaître sa répartition réelle dans la province.



Figure 1. Tortues à oreilles rouges

Habitats

La tortue à oreilles rouges est un reptile d'eau douce qui fréquente les cours d'eau calmes et lents, les étangs, les lacs et les marais. Puisque la tortue est un animal ectotherme, elle recherche des zones de chaleur et se repose fréquemment au soleil à la surface de l'eau ou sur des perchoirs (roches, billes de bois) afin d'optimiser sa température interne et de faire ses activités quotidiennes. Sa capacité maximale d'activités est atteinte à des températures oscillant autour de 25 à 30 °C, mais la tortue peut tolérer des températures jusqu'à 42 °C et elle a déjà été observée en train de nager sous la glace. La tortue à oreilles rouges peut être active tout au long de l'année dans le sud de son aire de distribution. Au Québec, elle passe toutefois l'hiver en hibernation au fond des étangs (MFFP, 2021).

Tortue des bois

Répartition

Au Québec, l'aire de répartition connue de la tortue des bois (figure 2) couvre plus de 150 000 km², soit environ 10 % de l'aire totale de l'espèce (figure 3). Elle se limite principalement aux zones de forêts décidues et mixtes (Bider et Matte, 1994). Les mentions proviennent surtout du bouclier canadien et des Appalaches avec quelques observations plus rares dans les basses-terres du Saint-Laurent.



Figure 2. Tortue des bois

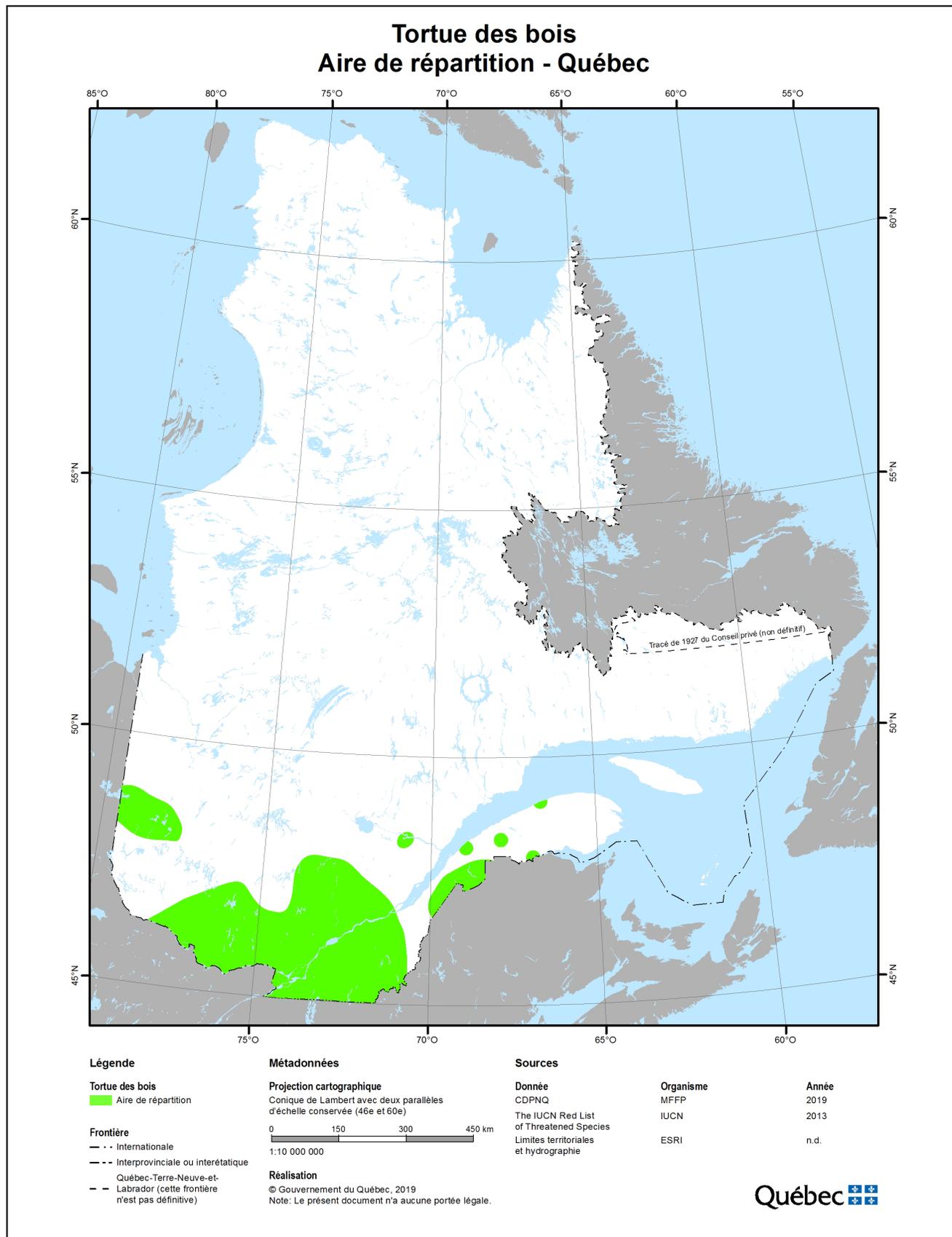


Figure 3. Aire de répartition québécoise de la tortue des bois

Sa répartition est irrégulière et est associée aux rivières sinueuses dont le fond est sablonneux et pierreux. Des inventaires ponctuels récents ont permis de constater la présence de populations de tortue des bois dans une trentaine de bassins versants au Québec, dont la majorité en Outaouais, en Mauricie, au Centre-du-Québec, en Montérégie, en Estrie, dans Lanaudière, dans les Laurentides, en Chaudière-Appalaches et au Bas-Saint-Laurent. Il existe également plusieurs autres mentions isolées dans ces régions et quelques observations au Saguenay–Lac-Saint-Jean, en Abitibi-Témiscamingue et en Gaspésie (MFFP, 2019a; CDPNQ, données de 2019).

Trois unités génétiquement distinctes sont reconnues au Québec : les deux populations de la rive nord du fleuve Saint-Laurent et un groupe homogène comprenant toutes les populations de la rive sud (Tessier et coll., 2005). Les différents bassins versants pourraient également avoir une influence sur la structure génétique de ces populations (Bouchard et coll., 2018).

Habitats

L'habitat propice à la tortue des bois comprend un cours d'eau avec un substrat de sable ou de gravier, un courant lent ou moyen, ainsi que beaucoup de méandres (Ernst et Lovich, 2009). L'habitat terrestre est généralement composé de forêts, d'arbustaises et de milieux ouverts dans des proportions variables. Diverses études démontrent que les tortues des bois choisissent les habitats et ne les fréquentent pas au hasard (Brewster et Brewster, 1991; Kaufmann, 1992; Ernst et Lovich, 2009). Elles utilisent différents types de milieux selon la période de l'année. De façon générale, la tortue des bois est considérée comme une des espèces les plus terrestres de la famille des Emydidae. Dubois et coll. (2009) ont évalué que 30 % des localisations de juin à août se trouvaient en rivière, alors que la majorité (70 %) se trouvaient en milieu terrestre. Sur terre, cette tortue utilise les milieux forestiers, mais préfère les aires riveraines avec une couverture arborescente ouverte (Ernst et Lovich, 2009). Dubois et coll. (2009) ont également établi la préférence/sélection de l'espèce pour les milieux ouverts contrairement aux milieux fermés. Diverses études à travers l'aire de répartition montrent une grande variabilité dans les habitats utilisés (Harding et Bloomer, 1979; Farrell et Graham, 1991; Ross et coll., 1991; Kaufmann, 1992; Saumure, 1997; Arvais et coll., 2004). En plus des ruisseaux et des rivières, la tortue des bois peut utiliser d'autres habitats comme les lacs, les marais, les tourbières, les prairies humides, les étangs à castor, les zones de coupe forestière, les pâturages, les champs cultivés et les habitats adjacents (Harding et Bloomer, 1979; Farrell et Graham, 1991; Quinn et Tate, 1987; Ross et coll., 1991; Daigle, 1997; Saumure, 1997; Arvais et coll., 2004).

Les sites d'exposition au soleil comprennent les rives herbeuses, sablonneuses ou nues, les boisés ouverts et les champs avec une végétation courte, les racines émergées des aulnes et quelquefois les troncs émergeant dans les ruisseaux (Litzgus et Brooks, 1996; Ernst et Lovich, 2009). Les tortues des bois hibernent dans l'eau, à des profondeurs variant de 0,3 m à 1,8 m (Bishop et Schoonmacher, 1921; Bloomer, 1978; Gilhen, 1984; Graham et Forsberg, 1991). En Mauricie, la profondeur moyenne des sites d'hibernation est de 1 m (Galois et Bonin, 1999). Elles peuvent se trouver au fond des cours d'eau, au pied des barrages de castors, dans les terriers de rats musqués, sous les souches immergées et dans des fossés (Bishop et Schoonmacher, 1921; Bloomer, 1978; Harding et Bloomer, 1979; Gilhen, 1984; Ernst, 1986; Brooks et Brown, 1991 dans Galois et Bonin, 1999; Graham et Forsberg, 1991). Les contraintes associées à l'hibernation, et que l'espèce doit éviter, sont le gel et le manque d'oxygène prolongé. La tortue des bois est classée comme espèce intolérante à l'anoxie. C'est probablement ce qui

explique sa présence le long des rivières plutôt que dans les étangs de façon à avoir suffisamment d'oxygène (Ultsch, 2006).

Tortue géographique

Répartition

Au Québec, la tortue géographique (figures 4 et 5) se trouve principalement dans la rivière des Outaouais, de Rapides-des-Joachims jusqu'à son embouchure, et dans le lac des Deux Montagnes (figure 5). Elle est observée localement et en petit nombre dans les rivières des Mille Îles et des Prairies, dans le fleuve Saint-Laurent et dans la rivière Richelieu. Une population se trouve au lac Champlain et fréquente la partie sud de la baie Missisquoi (Bonin, 1998). Dans les régions de la Capitale-Nationale et de Chaudière-Appalaches, sa présence a été mentionnée dans le fleuve Saint-Laurent, jusqu'à la hauteur de l'île d'Orléans. Il s'agit de la mention de l'espèce la plus à l'est du Québec (figure 6).



Figure 4. Tortue géographique



Figure 5. Tortues géographiques

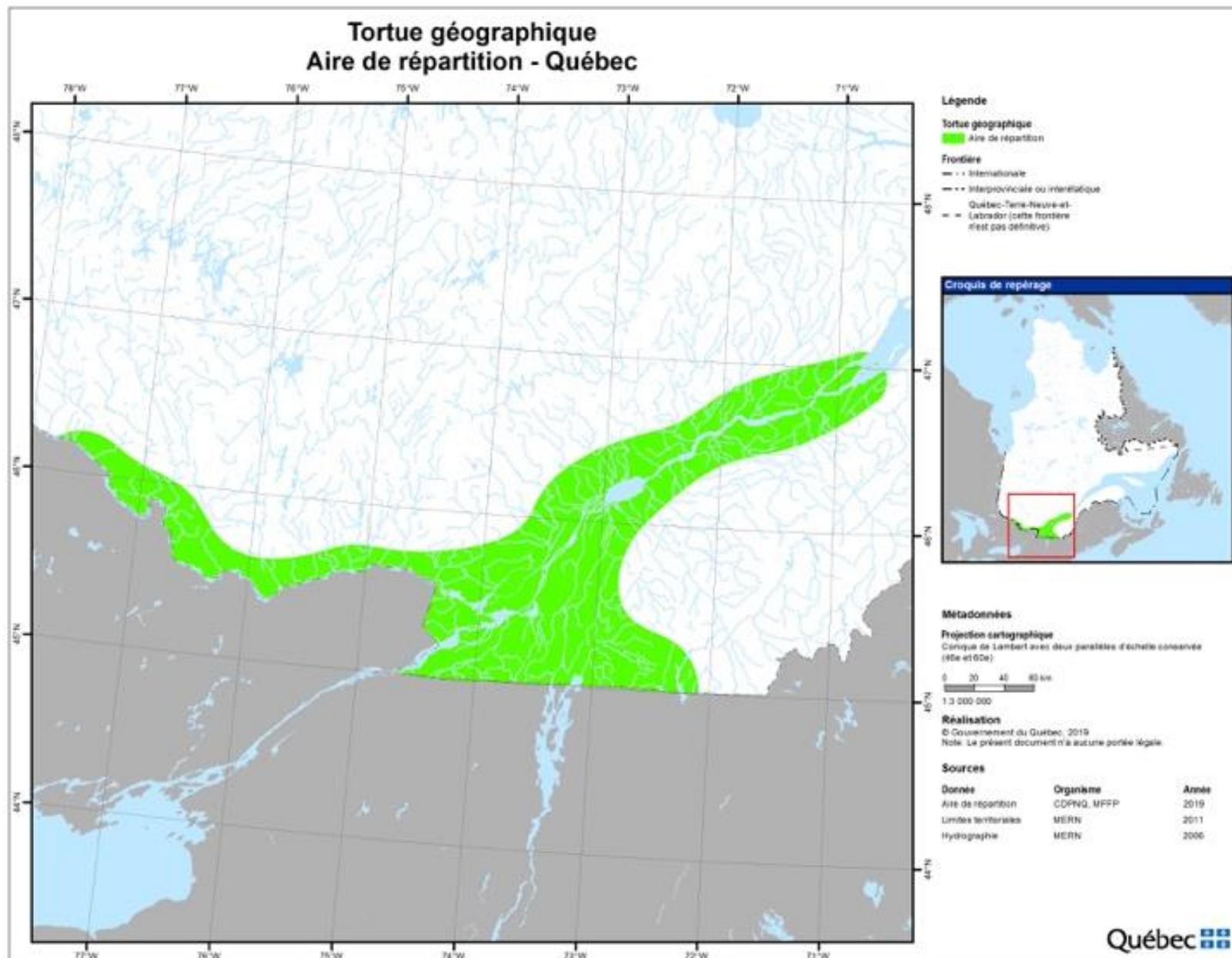


Figure 6. Aire de répartition québécoise de la tortue géographique

Habitats

La tortue géographique occupe des ruisseaux, des rivières, des fleuves et des lacs qui sont bien oxygénés et où il y a la présence de supports émergents tels que des troncs d'arbres, des souches ou des îlots rocheux (Lamond, 1994; Harding, 1997; Bonin, 1998; Ernst et Lovich, 2009; Comité sur la situation des espèces en péril au Canada [COSEPAC], 2012; Rodrigue et Desroches, 2018). Ces supports constituent des sites d'exposition au soleil qui se trouvent à l'abri de prédateurs terrestres. De nature grégaire, la tortue géographique utilise ces sites de façon importante et il arrive qu'on y trouve plusieurs tortues empilées les unes sur les autres (Bonin, 1998; Chabot et coll., 1993). L'exposition au soleil est une activité très importante pour le métabolisme (digestion, maturation des œufs, etc.) de ces tortues (Bulté et Blouin-Demers, 2010a).

Les tortues géographiques se regroupent pour l'hibernation au fond des lacs et des rivières, dans un substrat sableux ou graveleux, dans des eaux riches en oxygène (Ernst et Lovich, 2009; Rodrigue et Desroches, 2018). L'espèce hiberne à des profondeurs entre 0,3 et 11,3 m (Bernier et Rouleau, 2010; Rouleau et Bernier, 2011; Environnement Canada, 2016a).

Tortue-molle à épines

Répartition

La répartition de la tortue-molle à épines (figures 7 et 8) au Québec est discontinue (figure 9). Elle se trouve principalement dans la baie Missisquoi, dans le lac Champlain, et dans la rivière aux Brochets au sud de la province (Bonin, 1997). Une bonne partie des individus de ce secteur hiberne dans l'État du Vermont, aux États-Unis, près de la frontière québécoise. La tortue-molle à épines est également présente dans la rivière Richelieu. Quelques observations ont été confirmées de 2006 à 2018 dans les chenaux qui se connectent avec la rivière l'Acadie à la hauteur de la ville de Carignan, et le bassin de Chambly, dans la région de la Montérégie (Rioux et Desroches, 2007; Bernier et coll., 2008a, 2008b; Patrick Paré, Zoo de Granby, communication personnelle, 24 février 2021). Autrefois, il aurait existé au Québec d'autres populations de tortue-molle à épines, soit deux dans la rivière des Outaouais, une à l'ouest de Gatineau et une dans le secteur de Sheenboro au Québec, une population dans la rivière Richelieu et une autre dans les eaux entourant l'île Perrot et l'extrémité ouest de l'île de Montréal.

Habitats

Ernst et Lovich (2009) mentionnent que les déplacements longitudinaux de la tortue-molle à épines sont relativement restreints. La taille du domaine vital de cette tortue est directement tributaire de la distance séparant les habitats importants, à savoir la zone d'estivage et le site d'hibernation. Les habitats les plus importants sont le site d'hibernation, le site de ponte, les sites d'exposition au soleil et les sites de pré-hibernation (Galois et coll., 2002). Plusieurs milieux humides au Québec seraient utilisés par l'espèce, comme certains milieux humides longeant les chenaux au Vermont (Galois et coll., 2002).

La tortue-molle à épines est une espèce essentiellement aquatique, associée davantage aux plans d'eau qu'aux milieux humides isolés (Bodie et coll., 2000). Elle peut fréquenter les larges rivières, les petits ruisseaux lents, les lacs, les étangs temporaires ou permanents, les baies marécageuses et les milieux humides riverains (Bonin, 1997; Fletcher, 2002; Galois et coll., 2002). Les principales caractéristiques recherchées dans ces habitats sont des fonds mous, une végétation aquatique clairsemée et la présence de barres de sable ou de vasières (Fletcher, 2002).



Figure 7. Tortue-molle à épines dans son habitat, en lézardage



Figure 8. Tortue-molle à épines submergée

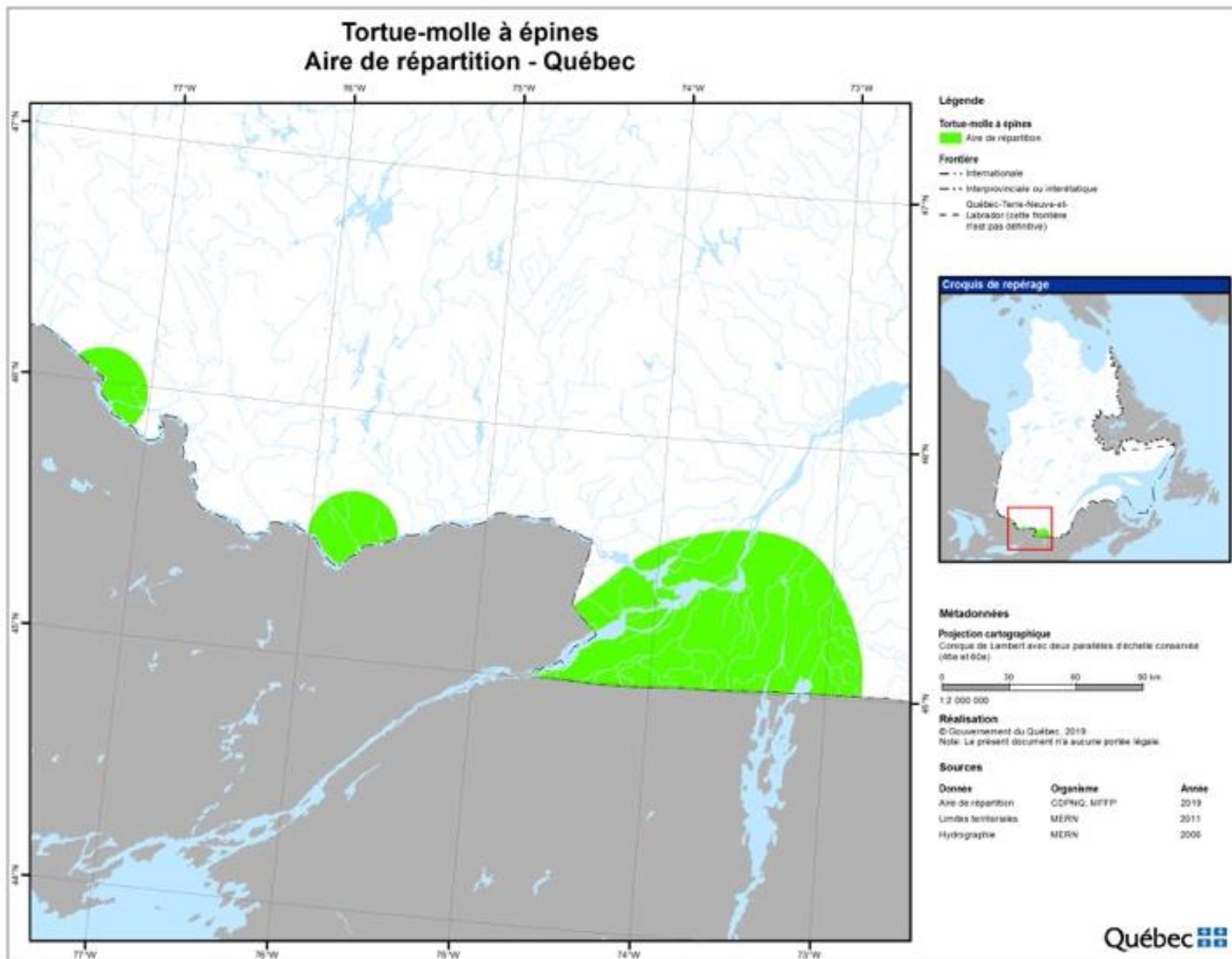


Figure 9. Aire de répartition québécoise de la tortue-molle à épines

L'espèce est souvent observée près de buissons submergés, d'arbres tombés ou d'autres débris pouvant lui servir d'abri et où elle peut s'alimenter (Bonin, 1997). Les secteurs peu profonds permettent aux tortues de respirer à la surface de l'eau en étirant leur cou tout en demeurant cachées dans le substrat.

Des rassemblements de plusieurs tortues peuvent être observés aux sites d'exposition au soleil et à proximité d'aires favorables à la ponte (Bonin, 1997). Les déplacements de la tortue-molle à épines peuvent être importants en fonction de la configuration du milieu. L'animal doit parfois effectuer une migration pour rejoindre ses habitats d'hibernation, de ponte et d'alimentation.

Les sites d'hibernation sont habituellement situés entre 5 et 10 cm sous un substrat meuble à une profondeur d'eau de 40 à 50 cm, où l'eau est très bien oxygénée (Ernst et Lovich, 2009). Rodrigue et Desroches (2018) font mention de sites d'hibernation occupés en groupe, à des profondeurs d'eau de 2,5 à 5 m. À partir de la fin d'août, les tortues retournent à leur lieu d'hibernation. La période d'hibernation débute en octobre et se termine en mai (Ernst et Lovich, 2009). Les femelles semblent commencer à hiberner plus tôt (mi-octobre) que les mâles (fin novembre) (Dobbyn et Smith, 2005, dans Environnement Canada, 2016b). La tortue-molle à épines est réputée être fidèle à ses sites d'hibernation (Vermont Fish and Wildlife [VFW], 2009, dans Environnement Canada, 2016b). Il a aussi été observé qu'elle hiberne en groupe (Dobbyn et Smith, 2005 dans Environnement Canada, 2016b).

Tortue mouchetée

Répartition

La répartition de la tortue mouchetée (figure 10) au Québec est restreinte principalement à la vallée de l'Outaouais en amont de Gatineau (figure 11). Quelques individus auraient été vus dans l'extrême sud-ouest de la province et sur l'île de Montréal. D'autres spécimens ont été observés, notamment près de Neuville dans la région de la Capitale-Nationale et, situation extraordinaire, près de Lebel-sur-Quévillon, dans la région du Nord-du-Québec (MFFP, 2019b). Il est possible que ces individus proviennent de populations locales isolées ou qu'il s'agisse de tortues relâchées à la suite d'une garde en captivité illégale (MFFP, 2019b).



Figure 10. Tortue mouchetée

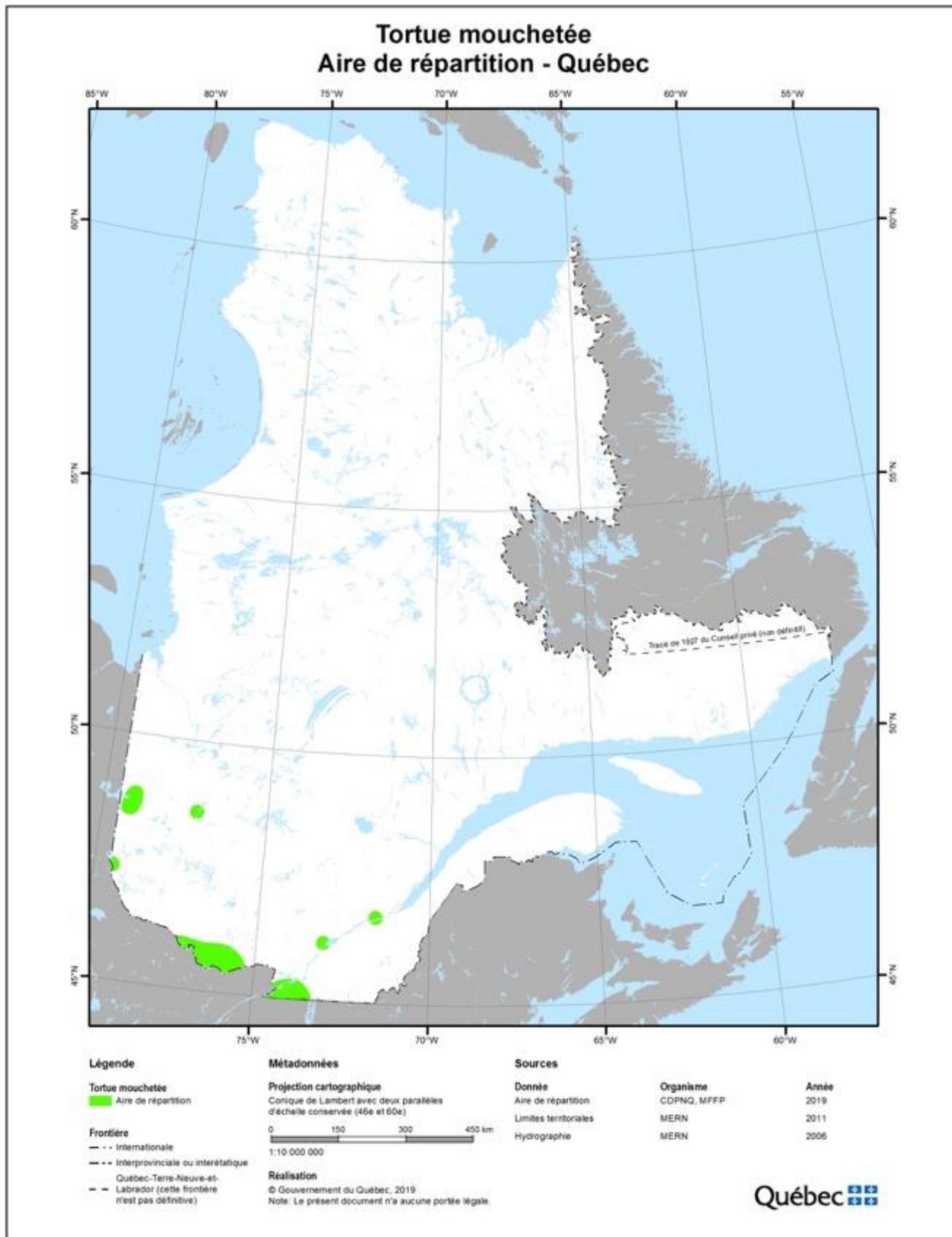


Figure 11. Aire de répartition québécoise de la tortue mouchetée

Habitats

Cette espèce est très aquatique et choisit plusieurs milieux comme habitat tels que des marécages, des marais, des tourbières, des lacs, des étangs, des terrains marécageux, des ruisseaux au débit lent et les côtes des baies ou des lacs (Herman et coll., 1995; Harding, 1997; Rodrigue et Desroches, 2018; Ernst et Lovich, 2009; COSEPAC, 2016).

La tortue mouchetée hiberne, à une profondeur entre 0 et 100 cm, dans des plans d'eau temporaires ou permanents comme des marécages, des tourbières, des marais, des ruisseaux, des rives de lacs ou d'étangs et des fausses inondées (Ernst et Lovich, 2009; Edge et coll., 2010; Seburn, 2010; COSEPAC, 2016). Ces sites d'hibernation sont d'ailleurs situés dans les mêmes secteurs que ceux utilisés pour les activités estivales (Joyal et coll., 2001; Seburn, 2010; COSEPAC, 2016).

Tortue musquée

Répartition

La découverte de la tortue musquée (figure 12) au Québec est relativement récente puisque la première mention, localisée à l'est de Gatineau dans la région de l'Outaouais, date de 1989. Récemment, l'espèce a été observée à trois autres endroits le long de la rivière des Outaouais en amont de Gatineau, plus spécifiquement dans le secteur de Bristol et du lac Deschênes (élargissement de la rivière des Outaouais à Gatineau) (figure 13).



Figure 12. Tortue musquée

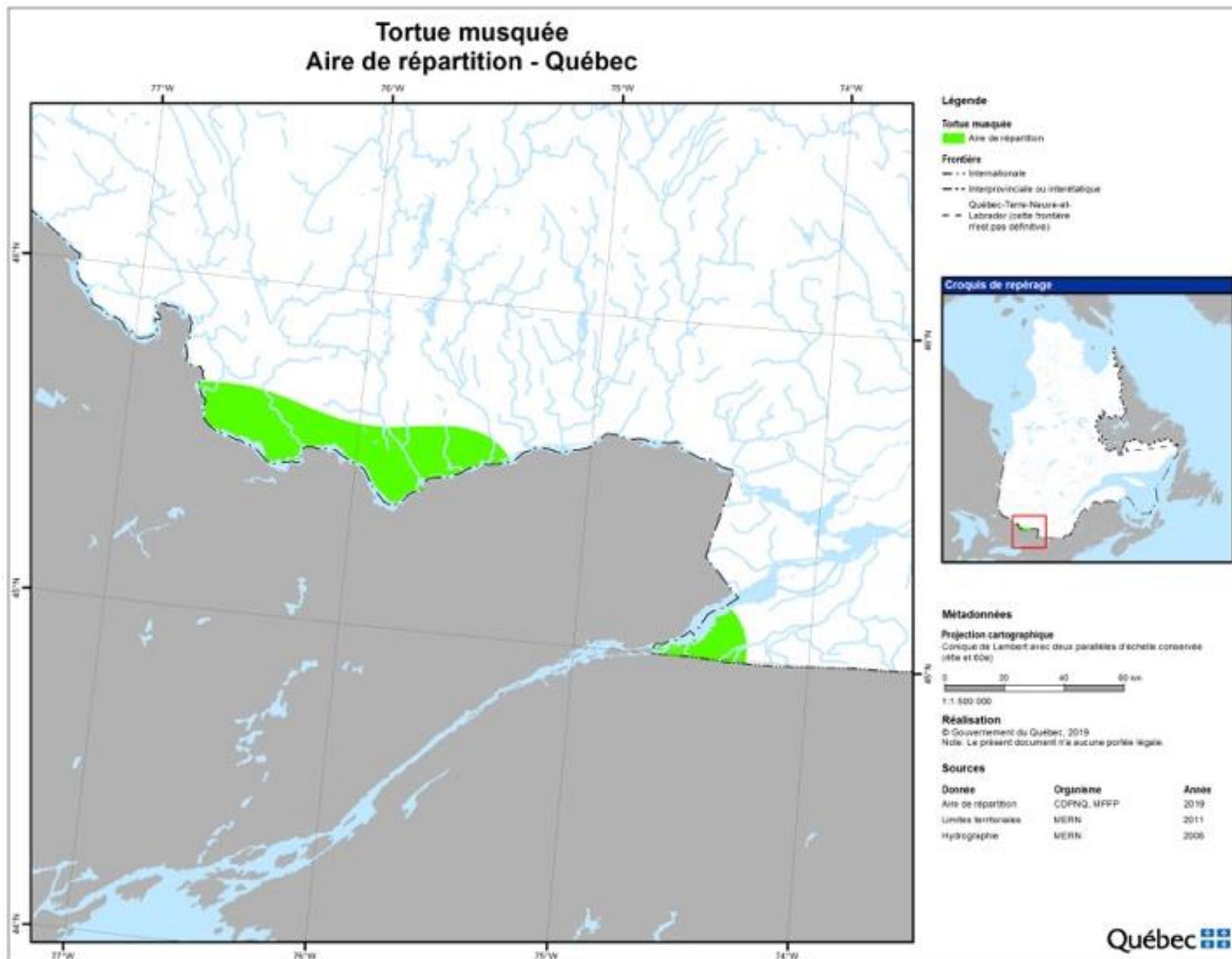


Figure 13. Aire de répartition québécoise de la tortue musquée

Habitats

La tortue musquée est une espèce majoritairement aquatique qui choisit des milieux humides peu profonds avec des eaux stagnantes ou lentes reliés à de grands plans d'eau permanents ou à des baies peu profondes de lacs et de cours d'eau (Edmonds, 2002; Environnement Canada, 2016c). Elle se trouve dans des lacs, des étangs, des marais, des rivières et des ruisseaux (Harding, 1997; Edmonds, 2002; Environnement Canada, 2016c; Rodrigue et Desroches, 2018). Cette tortue choisit des eaux avec de la végétation aquatique émergente, flottante et submergée abondante formant un couvert à la surface de l'eau puisque cela lui procure des sites d'alimentation, des refuges et des sites pour sa thermorégulation (Edmonds, 2002; Belleau, 2008; Rowe et coll., 2009; Picard et coll., 2011). Elle se trouve principalement dans la zone littorale, dans des milieux à substrat meuble comme du sable ou de la boue, sous des roches et des morceaux de bois submergés ainsi que dans des huttes de rats musqués ou de castors (Harding, 1997; Belleau, 2008; Ernst et Lovich, 2009; COSEPAC, 2012; Environnement Canada, 2016c). Il est rare de trouver une tortue musquée se chauffant hors de l'eau (Edmonds, 2002).

La tortue musquée hiberne généralement dans des eaux peu profondes, allant jusqu'à environ 3 m de profondeur, et s'enfouit d'environ 30 cm dans la boue (Edmonds, 2002; Ernst et Lovich, 2009). L'espèce peut aussi hiberner dans des terriers, des huttes de castors ou de rats musqués et dans des souches ou des amas de roches près de l'eau (Ernst et Lovich, 2009).

Tortue peinte

Répartition

Selon Rodrigue et Desroches (2018), la tortue peinte (figures 14 et 15) est commune dans le sud du Québec (figure 16). Les conditions climatiques clémentes de la vallée de la rivière Gatineau ont permis à l'espèce d'y étendre son aire de répartition à plus de 100 km plus au nord (Bleakney, 1958, dans COSEPAC, 2018). On note également une montée de sa répartition au nord du lac Saint-Jean (base de données du CDPNQ, données de 2019).



Figure 14. À gauche, trois tortues peintes et à droite, une tortue géographique



Figure 15. Tortue peinte

Habitats

Les tortues peintes fréquentent les milieux humides (p. ex., marais, marécages, étangs, tourbières minérotrophes et ombrotrophes, anciens méandres), les lacs et les cours d'eau relativement peu profonds où le courant est faible et où il y a abondance de végétaux, de sites d'exposition au soleil et de substrat organique (COSEPAC, 2018). Ces tortues se trouvent en association avec des plantes aquatiques submergées, qui servent à la fois de nourriture et d'abri (COSEPAC, 2018).

L'espèce est semi-tolérante aux paysages modifiés par l'activité humaine et peut à l'occasion habiter des étangs en milieu urbain et des terres soumises à des perturbations d'origine humaine (p. ex., étangs agricoles, bassins de retenue, installations d'épuration de l'eau) (COSEPAC, 2018). Les milieux propices à sa nidification comprennent les espaces ouverts, souvent orientés vers le sud et inclinés, à substrat sableux-limoneux ou graveleux, généralement situés à 1 200 m ou moins des milieux aquatiques où l'espèce passe sa saison active. Les tortues peintes hibernent dans les eaux peu profondes présentant une épaisse couche de sédiments (COSEPAC, 2018).

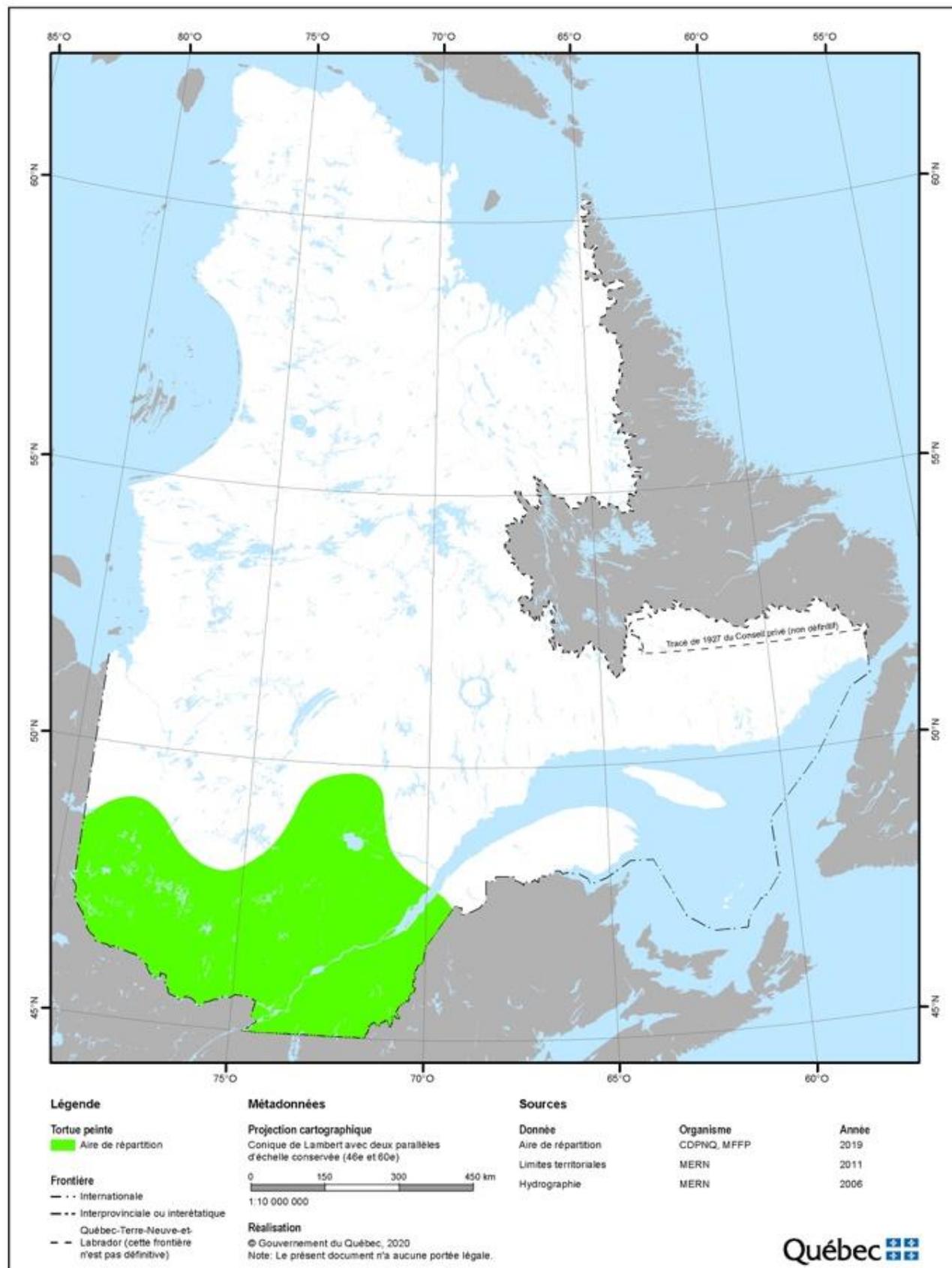


Figure 16. Aire de répartition québécoise de la tortue peinte

Tortue serpentine

Répartition

Au Québec, la tortue serpentine (figure 17) occupe les bassins hydrographiques de presque toutes les rivières situées au sud du 49^e parallèle (figure 18), et son abondance décroît avec l'augmentation de la latitude (ECCC, 2016).



Figure 17. Tortue serpentine

Habitats

La tortue serpentine utilise une grande variété d'habitats, mais elle fréquente les milieux aquatiques caractérisés par un faible courant, un fond vaseux et mou ainsi qu'une végétation aquatique dense. L'espèce fréquente les étangs, les marais, les marécages, les tourbières, les baies peu profondes, les berges de rivières et de lacs, et les cours d'eau lents (Harding, 1997; Ernst et Lovich, 2009; Paterson et coll., 2012). Des individus peuvent survivre dans des zones aménagées (p. ex., étangs de terrain de golf, canaux d'irrigation en milieu agricole) ou des milieux où l'eau est très polluée, comme les zones portuaires en eaux douces (Bishop et coll., 1998; de Solla et coll., 1998; COSEPAC, 2008; Rowe, 2008).

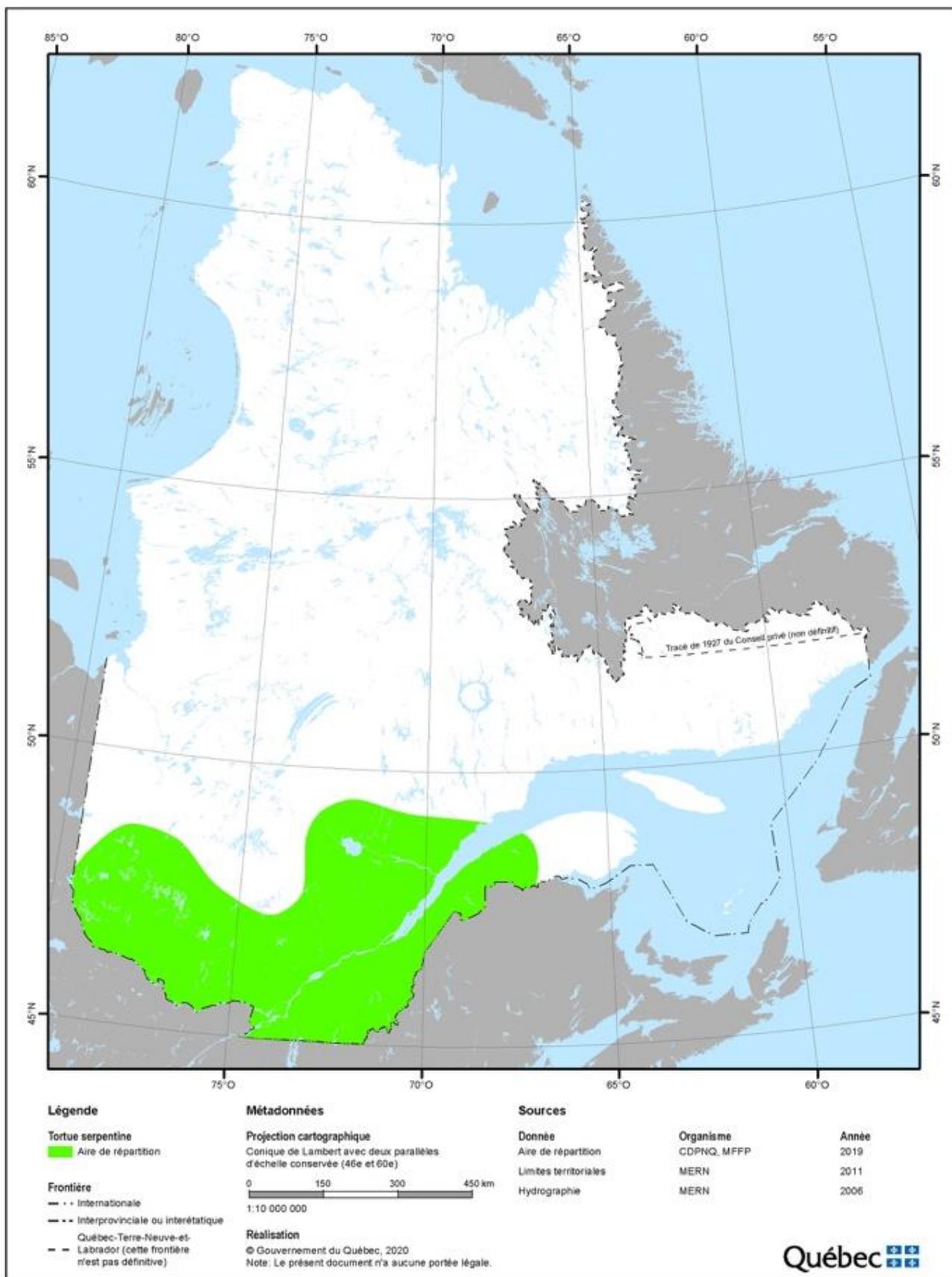


Figure 18. Aire de répartition québécoise de la tortue serpentine

Afin de ne pas geler durant la période hivernale, la tortue serpentine a besoin d'un site d'hibernation qui se situe en milieu aquatique. Celui-ci peut se trouver dans un cours d'eau, en milieu lacustre ou en milieu vaseux (Brown et Brooks, 1994; Paterson et coll., 2012). Au sein de ces milieux, les caractéristiques suivantes semblent être recherchées pour le site d'hibernation (Meeks et Ultsch, 1990) :

- une profondeur d'eau assez faible pour permettre à la tortue d'atteindre facilement la surface pour respirer, mais assez importante pour éviter le gel en profondeur;
- un endroit dont la surface gèlera tardivement et dont la glace fondra rapidement au printemps;
- une épaisseur de boue suffisante pour permettre l'ensevelissement;
- des sources supplémentaires d'abris submergés, comme un tapis de végétation flottante, des racines, des souches, des branches ou des troncs, une hutte de rat musqué ou une berge en saillie.

Les tortues serpentes sont tolérantes à l'anoxie (Reese et coll., 2002) et les sites d'hibernation peuvent présenter des concentrations d'oxygène dissous très variées (Paterson et coll., 2012). Les tortues serpentes choisiraient cependant des sites dont la température de l'eau est inférieure à celle du milieu environnant (Paterson et coll., 2012). Les tortues serpentes demeurent généralement en hibernation d'octobre jusqu'en avril (Harding, 1997; Brown et Brooks, 1994). Elles peuvent hiberner en groupe (Meeks et Ultsch, 1990) et des tortues d'autres espèces peuvent être présentes au même site (Ernst et Lovich, 2009). Il semble y avoir une certaine fidélité des tortues serpentes à leur site d'hibernation d'une année à l'autre et plusieurs adultes effectuent une migration annuelle pouvant atteindre 3,9 km pour retourner au site (Brown et Brooks, 1994).

Lézardage et thermorégulation

Les tortues régulent leur température corporelle en utilisant leur environnement : elles peuvent modifier ou maintenir leur température en variant leur exposition au soleil, à l'ombre et à l'eau (Bulté et Blouin-Demers, 2010a). Les tortues utilisent généralement des objets stationnaires pour s'exposer au soleil, par exemple des troncs d'arbres couchés, des roches exposées ou des zones comme des berges exposées (Gordon et MacCulloch, 1980; Daigle et coll., 1994; Bernier et Rouleau, 2010) ou des tapis de végétation aquatique à la surface de l'eau (Bulté et coll., 2010). Les sites d'exposition au soleil ont tendance à se trouver à proximité d'étendues d'eau plus profonde que la moyenne pour la zone (Gordon et MacCulloch, 1980).

Les tortues géographiques s'exposent souvent au soleil en groupe (figure 19; Gordon et MacCulloch, 1980; Flaherty et Bider, 1984; Ernst et Lovich, 2009; Bernier et Rouleau, 2010). Certaines études ont indiqué que 10 à 60 tortues occupaient parfois le même site d'exposition au soleil (Richards et Seigel, 2009; Bernier et Rouleau, 2010; Gooley et coll., 2011; Chianucci, 2013). Les tortues géographiques commencent habituellement à s'exposer au soleil en avril, dès qu'elles sortent de leur état de dormance hivernale (Ernst et Lovich, 2009). Gordon et MacCulloch (1980) ont observé que le nombre de tortues exposées au soleil au lac des Deux Montagnes au Québec était le plus élevé à la mi-mai, et diminuait beaucoup à partir du début de juillet. Il y a une différence du comportement d'exposition au soleil entre les mâles et les femelles. Les femelles matures tendent à s'exposer davantage au soleil pendant et après la période de nidification, à l'inverse des mâles et des femelles juvéniles (Gordon et MacCulloch, 1980; Bulté, 2009; Bulté et Blouin-Demers, 2010b).

Pendant l'exposition au soleil, les tortues géographiques, en particulier, sont extrêmement méfiantes et plongent rapidement à la moindre alerte (Ernst et Lovich, 2009).



Figure 19. Tortues géographiques en lézardage

Viabilité des occurrences

À l'exception des tortues peintes et serpentines, les populations de tortues du Québec sont suivies par le CDPNQ. Les occurrences¹ y sont colligées et analysées en termes de viabilité. La viabilité d'une occurrence est une estimation succincte de la probabilité de persistance de la population locale sur une échelle de 20 à 30 ans si les conditions actuelles s'y maintiennent. Elle est estimée à la suite de l'évaluation, selon la clé décisionnelle de NatureServe², des facteurs qui sont limitants pour l'espèce (Tomaino et coll., 2008). Parmi ces facteurs limitants, certains peuvent être inférés par géomatique à l'échelle du paysage (p. ex., couverture forestière, activités agricoles, routes, lignes électriques), tandis

¹ 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 (CDPNQ, 2005).

² 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 créé 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.

que d'autres doivent être documentées sur le terrain lorsque l'information est indisponible ou incomplète (p. ex., espèces exotiques envahissantes, abondance d'abris, drainage). C'est le cas notamment de nombreuses données de microhabitat dont la survie d'une population peut dépendre mais pour lesquelles très peu d'informations sont disponibles. Ces informations doivent donc être recueillies par les équipes de terrain de façon à pouvoir améliorer le suivi des populations et documenter dans les occurrences les paramètres qui sont importants pour la survie de l'espèce.

La plupart des tortues ont en commun certaines caractéristiques du cycle vital qui peuvent limiter leur capacité d'adaptation à des perturbations majeures, ce qui explique en partie leur tendance à connaître des baisses d'effectif (Congdon et coll., 1993; Gibbons et coll., 2000). La stratégie de reproduction repose sur de forts taux de survie des adultes, qui compensent les faibles taux de recrutement, pour les raisons suivantes :

- Courte période de reproduction attribuable à une maturité sexuelle tardive;
- Taux élevé de prédation naturelle des œufs et des juvéniles de moins de deux ans;
- Dépendance à l'égard des conditions ambiantes en ce qui concerne le développement interne des œufs et leur incubation externe sans soins parentaux.

En raison de ces caractéristiques biologiques, les populations de tortues ne peuvent pas s'ajuster à une augmentation du taux de mortalité des adultes. Selon les études à long terme, un taux de survie élevé des adultes (en particulier des femelles adultes) serait essentiel au maintien des populations de tortues. Même une augmentation de 2 ou 3 % du taux de mortalité des adultes pourrait entraîner une réduction des effectifs d'une population (Congdon et coll., 1993; Cunnington et Brooks, 1996).

La présence des tortues est particulièrement influencée par les facteurs suivants :

- Présence de grands plans/cours d'eau;
- Présence de baies d'eau calme avec des sites d'exposition, c'est-à-dire des structures émergeant de l'eau (roches, troncs d'arbres, etc.) où les tortues se font chauffer au soleil (lézardage);
- Présence de berges en bon état et accessibles aux tortues pour la ponte.

Menaces

L'analyse des menaces effectuée par le MFFP se base sur la classification des menaces de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) pour lesquelles des indicateurs concrets ont été définis 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 non disponible.

La documentation des menaces sur le terrain vise à mettre en lumière des enjeux pour l'espèce de façon opportuniste au cours des inventaires. De ce fait, l'observation des menaces dans le cadre des inventaires réguliers ne requiert pas d'analyse extensive, mais permettra d'identifier des besoins ponctuels et de dresser un portrait de l'incidence de ces menaces à travers les occurrences du CDPNQ.

Plusieurs menaces planent sur les populations de tortues d'eau douce. Par contre, ces dernières ne sont pas toutes visibles sur le terrain (p. ex., utilisation de pesticides). Les menaces documentées par le

protocole et le formulaire de terrain ne comprennent que celles pour lesquelles l'information terrain est essentielle. Les principales menaces pesant sur les tortues ont été répertoriées par l'Équipe de rétablissement des tortues du Québec et sont détaillées dans les plans de rétablissement respectifs de chacune des espèces en situation précaire au Québec (Équipe de rétablissement des tortues du Québec, 2019, 2020a, 2020b, 2020c, 2021). Celles pouvant être relevées sur le terrain sont principalement les suivantes :

- Perte et dégradation de l'habitat (p. ex., modification des rives, urbanisation);
- Blessure ou mortalité par les bateaux ou sur la route par les automobiles lors de la période de ponte;
- Prédation des nids ;
- Pollution de l'eau (p. ex., nappes d'huile et d'essence, déchets).

Considérations réglementaires, techniques et sécuritaires

Droit à la vie privée

Même si les lois sur la protection de la vie privée ne mentionnent pas nécessairement les drones, ces lois s'appliquent aux images, vidéos ou autres renseignements recueillis au moyen d'un drone. Il est important de connaître les règles de confidentialité lors de l'utilisation de cette technologie.

Certaines violations de la vie privée d'une personne peuvent aller au-delà des lois sur la protection de la vie privée et peuvent constituer des infractions qui donnent lieu à des accusations. Cela inclut l'utilisation de drones d'une manière pouvant être considérée comme :

- du voyeurisme;
- une intrusion;
- un méfait;
- une nuisance;
- une violation de lois provinciales ou municipales.

Il est important qu'un pilote de drone soit au fait des *Lignes directrices sur la protection de la vie privée à l'intention des utilisateurs de drones* (Transports Canada, 2019).

Limites environnementales et météorologiques

Les conditions environnementales suivantes doivent être prises en compte lors du déploiement d'un drone (Junda et coll., 2015; Wich et Koh, 2018) :

- hauteur de vol (peut limiter la détection des individus);
- densité de la canopée/de la végétation;
- heure du jour (aube, jour, crépuscule, nuit);
- vitesse du vent;
- précipitations;
- contraste entre les individus et l'habitat;
- brouillard;
- température;
- reflet du soleil.

Les principales limitations pour l'atteinte des objectifs du présent protocole viennent des conditions de vent, qui peuvent grandement influencer la durée de vie des batteries du drone ainsi que sa stabilité de vol. De plus, les conditions lumineuses peuvent avoir un impact important sur le contraste des images qui seront acquises lors des vols. Nous suggérons donc de réaliser les inventaires lors de journées lumineuses sans vents forts.

À l'heure actuelle, la principale limitation des drones est l'autonomie des batteries, qui est de l'ordre de 20 à 50 minutes théoriques pour les drones de taille moyenne alimentés à l'électricité (Christie et coll., 2016). De plus, la température et le vent réduisent l'autonomie des batteries (Calvo, 2017; Jewitt, 2018). Avec un vent fort et une température inférieure à 10 °C, la durée de vol peut être inférieure à 15 minutes (Patrick Charbonneau, observations personnelles avec un drone DJI Matrice 200, juin 2019). Par ailleurs, par temps chaud, le moteur travaille plus fort pour générer la portance requise, ce qui réduit le temps de vol (Calvo, 2017).

Sur les plages, le sable et la poussière peuvent devenir un problème. Le sable peut s'incruster dans les joints des hélices et nuire à la performance de vol (Calvo, 2017).

Santé et sécurité

Les inventaires aéroportés sont les principales causes de mortalité des biologistes et des techniciens de la faune dans l'exercice de leurs fonctions (Jones IV et coll., 2006; Sasse, 2003; Watts et coll., 2010; Wiegmann et Taneja, 2004). Le drone procure donc un avantage incontestable sur le plan de la sécurité du personnel (Rango et coll., 2006; Christie et coll., 2016). De plus, l'absence de pilote et la petite taille des drones leur permettent d'accéder à des environnements difficiles, dangereux ou inaccessibles (van Gemert et coll., 2014; Christie et coll., 2016; Allan et coll., 2018; Wallace et coll., 2018) et d'inventorier des espèces sensibles (Hu et coll., 2020) ou agressives de manière sécuritaire (Chabot et Bird, 2015). Mais bien que l'usage du drone soit considéré comme sécuritaire, il reste qu'une défaillance de l'appareil au décollage, à l'atterrissage ou en vol peut blesser les gens se trouvant au sol (Sandbrook, 2015). Cela dit, le professionnalisme du pilote et un équipement de protection individuelle minimal (lunettes de protection et casque) pour les personnes qui pourraient être appelées à se trouver à moins de 30 m du drone limitent grandement le risque couru.

Facteurs humains

Bien qu'ils semblent faciles à manœuvrer et que, pour certains opérateurs, les drones soient davantage un passe-temps, l'anxiété d'un pilote, dans l'exercice de ses fonctions professionnelles, face à la possibilité de perdre un drone, relativement coûteux et fragile, peut devenir un élément psychologique jouant contre la réussite d'une étude (Calvo, 2017). Les opérations avec des drones ne sont pas exemptes d'accidents, ce qui peut compromettre la viabilité de certains projets (López et Mulero-Pázmány, 2019; Semel et coll., 2020). C'est alors que la formation, le maintien de la certification, l'entraînement et la mise à niveau des connaissances et habiletés du pilote prennent toute leur importance (Hodgson et Koh, 2016).

Choix du drone et du capteur

Types de drones et capteurs recommandés

Les drones peuvent être classés en deux catégories : les drones à voilure rotative et les drones à voilure fixe (López et Mulero-Pázmány, 2019; Nowak et coll., 2018; Wallace et coll., 2018; Wich et Koh, 2018). Les drones à voilure rotative sont généralement plus petits que les appareils à voilure fixe et leur portée ainsi que leur capacité de transport d'équipement sont plus faibles (López et Mulero-Pázmány, 2019; Nowak et coll., 2018; Sandbrook, 2015). En outre, des drones hybrides se développent et peuvent effectuer des missions aériennes, sur l'eau et sous l'eau en une seule sortie (Johnston, 2019). La durée de vol des drones dépend de plusieurs facteurs environnementaux (température, vitesse du vent) et opérationnels (vitesse de déplacement, poids des capteurs et autres dispositifs, expérience du pilote) ainsi que de la source d'énergie utilisée (piles électriques, piles à l'hydrogène, essence, solaire ou autres).

Un drone est un véhicule qui transporte un ou des capteurs. Ce sont ces derniers qui prendront la donnée tant recherchée et leur choix est donc très important pour atteindre les objectifs d'une étude (Hodgson et Koh, 2016; Nowak et coll., 2018). Plusieurs types de capteurs et de dispositifs peuvent être fixés à un drone (López et Mulero-Pázmány, 2019). Les capteurs d'imagerie et de cartographie peuvent être regroupés dans les catégories suivantes : visible RGB (couleur; rouge, vert et bleu), multispectral, hyperspectral, thermique et LiDAR. La plupart des drones sont maintenant dotés de systèmes de géolocalisation (*Global Navigation Satellite System* [GNSS]).

Selon la réglementation de Transports Canada (Gouvernement du Canada, 2019), les drones se classent en trois catégories selon leur poids :

- Catégorie 1 : les drones de moins de 250 g (microdrones);
- Catégorie 2 : les drones de plus de 250 g mais de moins de 25 kg;
- Catégorie 3 : les drones de plus de 25 kg.

Les drones visés par le présent protocole sont ceux à voilure rotative de catégories 1 et 2 munis de capteurs visibles RGB et d'un GNSS. Dans le cas présent, il est important que la caméra soit de haute définition et d'une résolution minimale de **20 mégapixels** pour permettre l'agrandissement des images, tout en gardant une bonne résolution, et leur analyse sur un ordinateur. Idéalement, la caméra aura un **zoom optique de 6x à 30x**.

Le choix des capteurs est très important pour atteindre les objectifs des études (Hodgson et Koh, 2016). Pour la plupart des inventaires fauniques, une simple caméra couleur (RGB) sera suffisante (Nowak et coll., 2018). Toutefois, pour capter de belles images, un drone doit survoler de très près les individus si la caméra de ce dernier n'est pas adéquate. Daniels (2018) mentionne que les caméras grand-angle ne sont pas les meilleurs capteurs pour identifier les tortues à l'espèce. Par conséquent, l'usage d'une caméra grand-angle n'est pas recommandé pour réaliser les inventaires de tortues. Une caméra plus performante, avec un zoom, est fortement recommandée. Grâce à cette technologie, il n'est pas nécessaire que le drone soit à proximité des individus pour obtenir de bonnes images. Cela limite donc le dérangement que pourrait entraîner un drone situé trop près (Charbonneau et Lemaître, sous presse).

Avec ce type de capteur et un zoom de 30x, le survol des tortues peut se faire jusqu'à une altitude de 90 à 100 m tout en procurant une qualité d'image optique adéquate en post-traitement.

Les quelques études que nous avons trouvées sur l'inventaire des tortues à l'aide de drones sont encourageantes, quoique l'identification à l'espèce demeure à améliorer. Ainsi, dans des étangs en Bulgarie, un quadricoptère muni d'une caméra couleur haute définition et d'une lentille de 35 mm a permis de détecter et d'identifier à l'espèce la tortue à oreilles rouges (*Trachemys scripta elegans*) et la cistude d'Europe (*Emys orbicularis*), à une altitude de vol de 10 m (Biserkov et Lukanov, 2017). Les spécimens identifiés se trouvaient sur les rives des étangs ou dans l'eau jusqu'à une profondeur de 20 cm environ. Aux États-Unis, ce même type de drone, muni d'une caméra grand-angle, a permis de détecter des tortues d'eau douce, mais l'identification à l'espèce n'était pas possible à 30 m d'altitude (Daniels, 2018).

Recommandations pour une capture visuelle optimale

- Favoriser la valeur ISO du capteur photo la plus basse possible qui vous permettra tout de même un temps d'exposition supérieur à 1/100 seconde (et même davantage selon le grossissement et le vent).
- Pour la vidéo, favoriser l'utilisation du filtre polarisant qui permet de s'approcher d'un temps d'exposition de 1/50 ou 1/60 seconde, tout en conservant la valeur ISO la plus basse possible.
- Favoriser le format de photo RAW, car il offre plus de latitude pour modifier les paramètres d'une photo qui serait mal exposée par un traitement informatique en postproduction. Ce format utilise plus d'espace mémoire que le format JPG. Prévoir une carte mémoire SD de capacité suffisante.
- Favoriser des vidéos utilisant les profils de couleur D-log ou D-cinelike, qui sont moins contrastés que certains autres profils définis dans les différents modèles de drones, mais qui permettent une meilleure récupération des détails dans les plages sombres et claires par un traitement informatique en postproduction.

Limites et mises en garde

Probabilité de détection

À ce jour, la technologie du drone n'a pas encore été testée pour évaluer la probabilité de détection. Ainsi, l'absence de détection lors d'un inventaire avec le drone ne peut être considérée avec certitude comme une absence de tortue.

Les méthodologies d'inventaire des tortues sont souvent basées sur le dénombrement des animaux en lézardage, tués sur la route, capturés par des pièges spécialisés ou sur la recherche active la nuit à l'aide d'une lampe (Gordon et MacCulloch, 1980; Lindeman, 1999; Steen et coll., 2006; Summer et Mansfield-Jones, 2008). À moins qu'elles ne soient en train de creuser un nid, les tortues semi-aquatiques, comme les tortues peintes, les tortues géographiques et les tortues serpentes, restent généralement dans l'eau ou à proximité des cours d'eau (Gamble et Simons, 2004; Carrière et Blouin-Demers, 2010; Paterson et coll., 2012; Steen et coll., 2012). Cela fait en sorte que l'inventaire de ces espèces est souvent restreint à une zone assez définie où la confiance de détecter une tortue est accrue.

Selon Lindeman (1999), il y a une forte corrélation entre les densités de tortues du genre *Graptemys* et les densités de bois mort à la surface de l'eau, offrant des structures pour le comportement de lézardage. Il faut donc rechercher ce type d'habitat pour augmenter la probabilité de détection de la tortue géographique. Toutefois, il faut garder à l'esprit que l'absence de détection dans un habitat n'indique pas que cet habitat n'est pas utilisé par la tortue géographique à un certain moment de son cycle vital; l'inventaire visuel de structures de lézardage n'est pas le meilleur moyen de détecter l'espèce à d'autres moments de son cycle vital (p. ex., ponte, alimentation, déplacement, repos, hibernation). Ainsi, plusieurs visites sont nécessaires à différents moments de l'année.

La probabilité de détection des tortues à l'aide des drones dépend du moment de l'année et du type d'habitat, de la taille des individus, de la résolution de la caméra, de la hauteur de vol, du camouflage, du couvert végétal (Wich et Koh, 2018), de la turbidité et de la profondeur d'eau où se trouvent les tortues immergées (Bevan et coll., 2018). En ce sens, afin d'atteindre une probabilité de détection suffisante, l'effort requis devra être modulé selon le contexte. De plus, le vent, les reflets sur l'eau, le couvert nuageux, l'heure de la journée et la température sont probablement d'autres facteurs pouvant influencer la probabilité de détection. Toutefois, des études sur ces facteurs devront être réalisées pour statuer sur leur influence réelle.

Dérangement de la faune

Malgré les avantages anticipés de l'utilisation du drone pour la conservation de la faune, un suivi rigoureux est nécessaire afin de s'assurer que l'appareil ne nuit pas aux espèces que les autorités tentent de protéger. Une étude récente met en évidence le potentiel perturbateur des drones récréatifs pour la faune terrestre et marine, ainsi que pour les oiseaux (Rebolo-Ifrán et coll., 2019). Ces mêmes auteurs mentionnent que la perturbation de la faune ira en s'accroissant en raison de la popularité grandissante des drones. Ils affirment également que les activités récréatives pourraient être une plus grande source d'impact sur la faune que les activités scientifiques. Cela s'explique par le fait que les chercheurs doivent

être plus prudents lors de l'approche d'un animal, car ils sont soumis à des protocoles de recherche visant à réduire les impacts du drone sur les espèces étudiées (Hodgson et Koh, 2016).

Il a été démontré qu'une altitude de vol entre 10 et 30 m permettrait une visibilité adéquate des tortues avec un drone quadricoptère muni d'une caméra grand-angle tout en limitant le dérangement (Biserkov et Lukanov, 2017; Bevan et coll., 2015, 2018; Escobar et coll., 2021). À moins de 10 m, le bruit des moteurs et la silhouette du drone peuvent déranger les tortues qui lézardent au soleil (Biserkov et Lukanov, 2017). Dans une étude d'Hydro-Québec (non publiée), les tortues peintes et les tortues serpentes ne fuyaient pas lorsque le drone était à environ 30 m de distance. La tortue géographique semblait réagir davantage, mais le faible nombre d'individus observés limite la portée de cette interprétation (Jean-Philippe Gilbert, biologiste, communication personnelle, 30 octobre 2020). Dans une autre étude non publiée réalisée dans le Centre-du-Québec, lorsqu'un individu ou un groupe de tortues était repéré, le drone pouvait descendre à 6 m d'altitude sans observer de réponse comportementale des tortues peintes et serpentes (Émile Gariépy, biologiste, Bureau environnement et terre d'Odanak, communication personnelle, 26 octobre 2020).

Bien que les inventaires au moyen d'un drone soient moins intrusifs que ceux effectués avec d'autres méthodes, il se peut que cette technologie cause du dérangement à certaines espèces non encore étudiées avec des drones. Pour limiter celui-ci, il est donc primordial de suivre les consignes du présent protocole pour la détection des tortues.

Méthodologie

Une procédure abrégée est présentée à l'annexe A.

Matériel

Le matériel suivant est recommandé pour s'assurer du bon déroulement de l'inventaire, sans toutefois s'y limiter :

- Télémètre (mesurer la distance entre le poste de pilotage et les individus en m);
- Échelle de Beaufort (annexe B);
- Anémomètre (mesurer la vitesse du vent en m/s, optionnel);
- Piles de rechange pour les petits équipements, comme le télémètre;
- Drone et accessoires de pilotage;
- Capteur couleur (caméra), lentille et filtre polarisant;
- Batteries de rechange pour le drone;
- Source d'alimentation électrique portative pour recharger les batteries du drone;
- Plateforme de recharge des batteries du drone;
- Cartes mémoires SD;
- GPS;
- Caméra;
- Plan de vol;
- Certificat de pilote de drone – opération de base ou avancée et preuve de mise à jour des connaissances, le cas échéant;
- Certificat d'immatriculation du drone;
- Manuel d'utilisation du drone;
- Système de communication de type radio-émetteur;
- Radio sur fréquence aviation en zone contrôlée, si nécessaire;
- Procédures d'utilisation normalisées pour le drone;
- Procédure abrégée (annexe A);
- Formulaire de prise de données (annexe C).

Santé et sécurité au travail :

- Équipements de protection individuelle (p. ex., casque de sécurité, lunettes);
- Trousse de premiers soins;
- Sacs Li-Po pour le transport de batteries au lithium endommagées;
- Extincteur ABC.

Périodes d'inventaire

Les périodes d'inventaire visées par le présent protocole sont précisées au tableau 2.

Tableau 2. Périodes d'inventaire des tortues à l'aide de drones

N° de période	Période d'inventaire	Cycle de vie
1	Fin avril et mai	Sortie de l'hibernation et exposition au soleil
2	Juin à la mi-juillet	Ponte des œufs
3	Mi-juillet et août	Déplacements estivaux et alimentation
4	Septembre à la fin octobre	Retour au site d'hibernation

Précisons toutefois que la période 3 est moins favorable pour la détection des tortues, en particulier lors des journées de canicule, car elles sont moins présentes sur les sites d'exposition et restent plus souvent dans l'eau (MFFP, 2018).

Fréquence des survols

Dans une optique de détection des tortues, on doit effectuer deux sorties par période, pour un total de six sorties, soit pendant les périodes 1, 2 et 3 ou pendant les périodes 1, 2 et 4. La période la plus susceptible d'être favorable pour la détection des tortues est le printemps, soit de la mi-avril à la mi-mai, avant que la végétation ne soit déployée. Quand la végétation est bien présente, certaines tortues, notamment la tortue peinte, s'en servent pour prendre des bains de soleil (Escobar et coll., 2021).

Si, pour la réalisation d'une évaluation environnementale pour un projet donné, des modifications doivent être apportées au protocole, par exemple le nombre de sorties ou les périodes pour les effectuer, le plan d'inventaire doit être approuvé par la DGFa concernée.

Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques à respecter sont les suivantes :

- Journée ensoleillée et couverture nuageuse pouvant aller jusqu'à 75 %;
- Température de l'air entre 10 et 25 °C;
- Journée sans vent ou jusqu'à une légère brise (force 2 sur l'échelle de Beaufort; annexe B);
- Journées de canicule à éviter.

Choix des stations

Un plan de vol avec les différents habitats sélectionnés en fonction des périodes d'activité des tortues doit être déposé auprès d'un biologiste de la DGFa concernée pour être validé ou modifié, si nécessaire.

Effort

Survol de l'ensemble de l'habitat aquatique et des berges identifiés par l'évaluation environnementale ou le projet.

Altitude de survol

Considérant les informations disponibles et les recommandations préliminaires émises par Charbonneau et Lemaître (sous presse), l'altitude minimale recommandée de survol des tortues d'eau douce du Québec est établie à **10 m pour les microdrones (< 250 g)³** et à **20 m pour les drones de catégorie 2 (250 g à 25 kg)**. Bien entendu, ces altitudes doivent tenir compte des obstacles à la navigation et de la réalité du terrain.

Il est à noter que l'ombre du drone peut avoir un impact sur l'effarouchement des tortues. Il sera donc important d'adapter l'approche du drone de sorte que son ombre ne soit pas détectée par les tortues. De plus, étant donné qu'il y a peu d'information sur le dérangement des tortues d'eau douce dans la littérature scientifique, le principe de précaution s'applique en tout temps.

La durée maximale proposée pour un vol stationnaire au-dessus des individus est de **30 secondes**.

Mentionnons qu'il est possible de revenir sur un site déjà inventorié pour y reprendre des images puisque l'altitude de vol proposée semble minimiser le dérangement des individus.

Les figures 20 à 24 présentent des exemples de photographies prises par un drone.



Figure 20. Tortue peinte photographiée avec un drone DJI Phantom (zoom sur l'image)

³ Comme le recommandent Escobar et coll. (2021), des essais sur le terrain avec un microdrone seront effectués pour déterminer si cette altitude de survol est adéquate pour certaines espèces de tortues comme la tortue géographique. Selon les résultats obtenus, l'altitude minimale de survol pour les microdrones pourrait être ajustée.



Figure 21. Tortues géographiques photographiées avec un drone DJI Phantom



Figure 22. Tortue serpentine photographiée avec un drone DJI Mavic Pro à environ 20 m



Figure 23. Tortues peintes photographiées avec un drone DJI Mavic Pro à environ 20 m

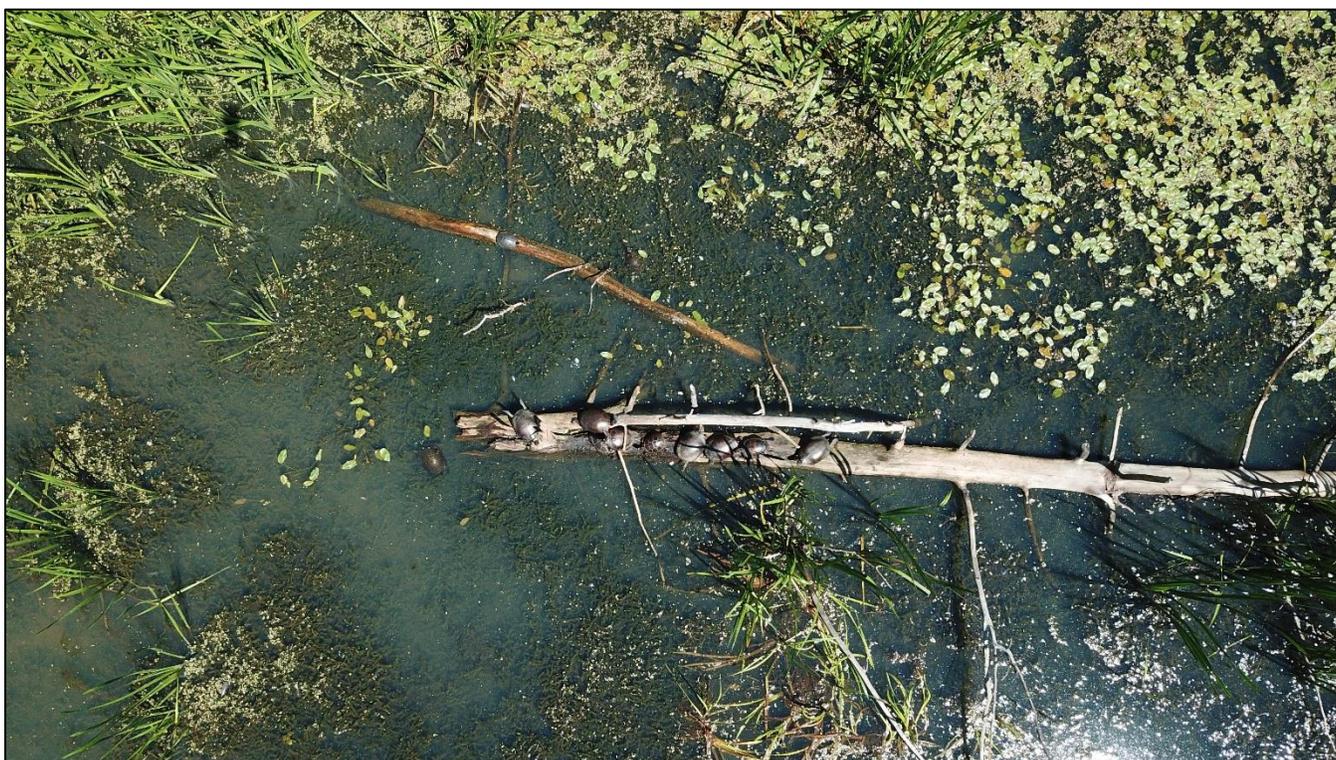


Figure 24. Tortues peintes photographiées avec un drone DJI Mavic Pro à 17 m

Procédures

Avant d'effectuer l'inventaire, il est important d'obtenir les autorisations nécessaires pour avoir accès au site pour y placer le poste de pilotage et l'aire de décollage et d'atterrissage. Précisons que, sur un plan d'eau, il est possible de piloter un drone sur une embarcation ancrée; le poste de pilotage doit être fixe.

Mode de recherche active

Dans le cadre d'un inventaire de tortues à l'aide d'un drone en mode de recherche active dans les habitats propices, la procédure générale qui suit est recommandée :

1. Établir le poste de pilotage dans une zone à découvert permettant d'effectuer un vol à vue sécuritaire.
2. Assurer une communication constante entre le pilote et l'observateur. En général, les membres d'équipage se trouvent au poste de pilotage, mais l'observateur peut se trouver dans un autre secteur du site à l'étude, notamment sur l'eau, dans une embarcation.
3. Préparer le drone pour le vol.
4. Effectuer un vol stationnaire pour s'assurer du bon fonctionnement du drone.
5. Survoler la zone d'étude à basse vitesse.
6. Lorsque des tortues sont détectées, il est important de ne pas les déranger et de faire un vol stationnaire au-dessus à **10 m (microdrone de < 250 g) ou à 20 m (drone de 250 g à 25 kg), pour une durée maximale de 30 secondes.**
7. Prendre des photographies et des vidéos à différents angles pour permettre une identification fiable à l'aide des critères morphologiques des espèces de tortues du Québec.
8. Observer le comportement des tortues. S'il y a un effet lié au drone, le noter.
9. Remplir le formulaire de terrain.
10. Lorsque les données sont colligées et les photographies/vidéos enregistrées, quitter le vol stationnaire lentement afin de ne pas effaroucher les tortues (le bruit des pales sera ainsi moins perturbant).
11. Continuer de survoler la zone d'étude selon le plan de vol établi jusqu'à une prochaine observation.
12. Reprendre les éléments 5 à 11.

En cas de problème technique du drone, quitter rapidement l'habitat et tenter de le faire atterrir de manière sécuritaire pour les membres d'équipage et les gens au sol.

Bien qu'il soit possible de faire une analyse directement sur le terrain en mode de recherche active, une validation doit être réalisée à l'ordinateur une fois de retour au bureau. Il est préférable de mettre l'accent sur la prise de données pour maximiser l'autonomie des batteries du drone.

Mode automatisé

L'inventaire peut être effectué en mode automatisé, c'est-à-dire en faisant voler le drone selon des lignes de vol préétablies. La distance entre les lignes de vol dépend du capteur utilisé. La largeur des images prises à une hauteur donnée variera selon la lentille de la caméra : lentille grand-angle (p. ex., 24 mm) ou un autre type de lentille (p. ex., 35 mm, 50 mm, 100 mm). À titre d'exemple, Choi et coll. (2020) rapportent qu'en utilisant un drone DJI Mavic Pro (iFlight Technology Company Limited, Shenzhen, Chine) doté d'une caméra grand-angle, à une hauteur de vol de 30 m, la largeur d'image au sol était de 26 m (angle de visée de la caméra à 90°, image en plan).

Pour couvrir systématiquement toute la superficie d'un habitat donné et être en mesure de produire une mosaïque d'images aériennes en postproduction, les lignes de vol devraient être réalisées selon les recouvrements suivants (Gouvernement du Canada, 2016) :

- Un recouvrement longitudinal entre photographies consécutives le long d'un axe : au moins 60 %;
- Un recouvrement latéral entre photos sur des axes voisins : entre 20 % et 40 %.

Les drones de la catégorie 2 (entre 250 g et 25 kg) ont, pour la plupart, la capacité de suivre des lignes de vol préétablies via une application de mission directement sur la télécommande du drone ou en téléchargeant les lignes de vol dans la télécommande. Les paramètres de recouvrement sont alors pris en charge par le système de vol du drone. Le montage et l'analyse des photographies se font en post-traitement à l'ordinateur une fois de retour au bureau.

Dans le cas où un drone ne permet pas de réaliser des missions automatisées, le processus doit se faire manuellement en regardant dans un dispositif de vue à la première personne⁴ (p. ex., écran de la télécommande, écran d'un téléphone intelligent). Cette manière de faire implique que l'observateur assiste le pilote en prenant une plus grande responsabilité du pilotage à vue, car le pilote doit se concentrer sur le cadrage et la prise des photos. Puisqu'il est difficile de donner une charte d'espacement des lignes de vol pour l'ensemble des capteurs disponibles sur le marché, il est recommandé de calibrer cette distance selon le drone et le capteur utilisé avant d'être sur le terrain. Dans le contexte actuel des tortues, il faut faire voler le drone à 10 m ou à 20 m du sol, selon le drone utilisé, et mesurer les limites gauche et droite du sol, s'affichant sur la console de pilotage, à l'aide d'un ruban à mesurer.

Le vol devrait se faire à vitesse constante (p. ex., 2 m/s) tout en prenant des photographies de l'habitat survolé. Pour les drones de plus de 250 g munis de certains capteurs performants, il est possible de déterminer la vitesse, la hauteur de vol et d'obtenir une résolution au sol inférieure à 1 cm/pixel, ce qui peut être intéressant pour l'identification des espèces ou la prise de mesures, comme la longueur de la carapace.

⁴ Appareil qui génère une image vidéo et la transmet en continu sur un écran ou sur le moniteur du poste de contrôle et qui donne au pilote d'un aéronef télépiloté l'impression de le piloter du point de vue d'un pilote à bord (RAC, DORS/96-433).

Mosaïque de photographies

Pour les sites à haut potentiel d'habitat pour les tortues, il est suggéré de réaliser une mosaïque de photographies haute définition même si aucune tortue n'est observée. L'analyse des images subséquentes à l'ordinateur peut révéler des individus qui n'avaient pas été détectés sur le terrain lors de l'inventaire et permettre une caractérisation de cet habitat potentiel, des structures de lézardage/repos, etc.

Inventaire complémentaire à pied pour la détection des sites de ponte

Afin d'acquérir toutes les données pertinentes sur les tortues, il est recommandé, en plus de l'inventaire au moyen d'un drone, d'effectuer une recherche de sites de ponte potentiels à pied. Pour ce faire, les bandes riveraines et les habitats terrestres adjacents sont parcourus à pied en vue de repérer des traces d'activité de ponte, de déplacements au sol ou de femelles en train de pondre. Cette activité complémentaire peut se faire en parallèle avec l'inventaire printanier effectué à l'aide d'un drone, durant le mois de juin, spécifiquement pour la tortue géographique, ou de mai à juillet pour les autres tortues.

Les tortues pondent de mai à juillet (tableau 3; figure 25), alors que l'éclosion se produit d'août à octobre (figure 26; Rodrigue et Desroches, 2018). Il est possible, pour un œil avisé, de différencier par la taille, la forme et la constitution l'œuf de la tortue des bois de ceux des autres espèces indigènes du Québec, à l'exception de ceux de la tortue géographique (Saumure et Bonin, 1998; tableau 3).

Les meilleurs moments de la journée pour faire cette recherche sont tôt le matin, avant 9 h, et en soirée, après 18 h. Il peut être difficile d'observer des traces d'activités de ponte, puisqu'elles sont relativement dispersées sur le terrain et disparaissent après les pluies. La présence de nids prédatés (figure 27) est cependant plus facile à repérer et perdure plus longtemps, on doit donc y porter attention.

Tableau 3. Périodes de ponte et caractéristiques des œufs des tortues du Québec

Espèce	Période de ponte	Nombre d'œufs	Forme	Couleur	Texture de la coquille	Dimensions
Tortue des bois	Mai à juillet	3 à 20, en général 6 à 11	Elliptique	Blanc	Souple	Long. : 2,7 à 4,9 cm Larg. : 1,9 à 2,6 cm
Tortue géographique	Juin	10 à 16	Elliptique	Blanc	Souple	Long. : 3,2 à 3,5 cm Larg. : 2,1 à 2,2 cm
Tortue mouchetée	Mai à juillet	3 à 17	Elliptique	Blanc	Lisse en partie et souple	Long. : 2,8 à 4,1 cm Larg. : 1,7 à 2,6 cm
Tortue musquée	Mai et juin	1 à 9, en général 2 à 5	Elliptique	Blanc	Souple	Long. : 2,2 à 3,1 cm Larg. : 1,3 à 1,7 cm
Tortue peinte	Mai et juin	2 à 11	Elliptique	Crème ou blanc	Lisse et souple	Long. : 2,7 à 3,5 cm Larg. : 1,6 à 2,2 cm
Tortue serpentine	Mai et juin	6 à 104, en général 20 à 40	Sphérique	Blanc	Souple	2,3 à 3,3 cm
Tortue-molle à épines	Juin et juillet	4 à 32, en général 10 à 15	Sphérique	Blanc	Calcifiée et cassante	2 à 3,2 cm

Source : Rodrigue et Desroches (2018).



Figure 25. Tortue géographique femelle creusant un nid



Figure 26. Éclosion d'une jeune tortue géographique



Figure 27. Nid prédaté de tortue géographique

Données à recueillir

Les données suivantes doivent être notées sur un formulaire de prise de données (annexe C) :

- Date;
- Heure de début et de fin de l'inventaire;
- Nom du pilote et de l'observateur;
- Numéro de certificat du pilote;
- Type de drone (modèle et marque);
- Type de capteur (caméra);
- Lentille de la caméra (modèle et marque);
- Filtre de la lentille (filtre polarisant; modèle et marque);
- Numéro de la carte SD;
- Position du poste de pilotage et de l'observateur, le cas échéant, sur le site à l'étude (coordonnées géographiques; degrés décimaux);
- Altitude de survol;
- Distance du poste de pilotage par rapport aux individus survolés;

- Conditions météorologiques :
 - Température,
 - Vent (échelle de Beaufort ou m/s à l'aide d'un anémomètre ou donnée recueillie à l'aide de l'application UAV Forecast),
 - Couverture nuageuse (%),
 - Précipitations;
- Numéro de tronçon ou de ligne de vol;
- Début et fin du tronçon ou de la ligne de vol (latitude et longitude; degrés décimaux);
- Espèces observées (si identifiables sur le terrain);
- Coordonnées géographiques des observations (latitude et longitude; degrés décimaux);
- Nombre d'individus;
- Absence de détection de tortues (doit être confirmée, advenant le cas);
- Activités :
 - Lézardage (L),
 - Ponte (Po),
 - Nage (N),
 - Accouplement (A);
- Comportements face au drone :
 - Aucun effet (Nul),
 - Vigilance (lève la tête/regarde alentour) (V),
 - Fuite (glisse à l'eau lorsqu'en lézardage) (F);
 - Plonge (disparaît sous l'eau) (PI),
 - Autre (préciser);
- Identification des photographies;
- Identification des vidéos;
- Description de l'habitat;
- Description des menaces observables des airs ou à partir du poste de pilotage.

Traitement des données

De retour au bureau, il est pertinent de sécuriser les données en les enregistrant sur au moins une source numérique (disque dur externe, clé USB, autres). Il est recommandé d'éditer les photos et les vidéos afin d'ajouter les droits d'auteur du propriétaire (*copyright*) des données avant de les soumettre au MFFP. Cela facilitera l'association de fichiers photo/vidéo avec les projets qui se réalisent. Lors de l'analyse des fichiers numériques, le MFFP se réserve le droit de retoucher les photos et vidéos, notamment afin d'ajouter un peu plus de contraste aux images (le contraste ajouté par des logiciels de traitement photo/vidéo spécialisés a généralement moins d'effet sur les détails que le traitement automatique effectué par certains drones). Sur de longues vidéos, il peut être intéressant de procéder à la fragmentation de certaines parties afin d'isoler seulement les moments intéressants, principalement dans un objectif de partage avec le MFFP.

Transfert des données

Formulaire papier

Toutes les données d'observation devront être inscrites sur le *Formulaire de prise de données — Inventaire de tortues d'eau douce à l'aide de drones au Québec* (annexe C).

Il est important d'apporter ce formulaire sur le terrain et d'inscrire les données directement sur les fiches, de manière à s'assurer que toutes les informations sont notées.

Remplir toutes les sections du formulaire et, si possible, y joindre des photos. Inscrire « ND » ou faire un trait lorsque l'information est non disponible.

Il est recommandé de faire une copie des formulaires de terrain ou de les prendre en photo par précaution après chaque journée de terrain.

Formulaire électronique

Le formulaire électronique est disponible sur demande auprès du MFFP pour les personnes ayant accès à un compte ArcGis Online. Cette option est encouragée puisqu'elle accélère le traitement et la diffusion de l'information.

Validation des identifications par des experts du MFFP

La personne qui interprète les photos et vidéos doit avoir une expérience dans l'identification des tortues. Pour identifier les différentes espèces de tortues, on peut consulter les sites Internet du MFFP, l'Atlas des amphibiens et des reptiles du Québec (AARQ, 2020) ou Carapace.ca (Conservation de la nature Canada, 2020), ainsi que le guide *Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes* de Rodrigue et Desroches (2018).

Les photos et séquences vidéo avec des tortues doivent être soumises au MFFP pour confirmation des identifications faites à l'ordinateur et sur le terrain. Tous les fichiers électroniques utilisés pour procéder à l'identification doivent être validés par un expert du MFFP.

Espèces exotiques envahissantes

Si des espèces exotiques envahissantes (EEE) sont répertoriées lors de l'inventaire, il est fortement recommandé de signaler ces observations via l'outil de détection du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC, 2014) : Sentinelle.

Sentinelle est un outil de détection des EEE composé d'une application mobile et d'un système cartographique accessible sur le Web. Cet outil de détection permet de faire et de consulter les signalements des plantes et des animaux exotiques envahissants les plus préoccupants. Le signalement se fait directement en ligne ou via l'application mobile (MELCC, 2014).

Références

- ALLAN, B. M., D. G. NIMMO, D. IERODIACONOU, J. VANDERWAL, L. P. KOH et E. G. RITCHIE (2018). "Futurecasting ecological research: the rise of technoecology", *Ecosphere*, 9: e02163.
- ARVISAIS, M., E. LÉVESQUE, J.-C. BOURGEOIS, C. DAIGLE, D. MASSE et J. JUTRAS (2004). "Habitat selection by the wood turtle (*Clemmys insculpta*) population at the northern limit of its range", *Canadian Journal of Zoology*, 82 (3): 391-398.
- ATLAS DES AMPHIBIENS ET REPTILES DU QUÉBEC (2020). *L'Atlas des amphibiens et reptiles du Québec* [En ligne] [<https://www.atlasamphibiensreptiles.qc.ca/wp/>] (Consulté le 19 février 2021).
- BELLEAU, P. (2008). *Habitat selection, movement patterns, and demography of common musk turtles (Sternotherus odoratus) in Southwestern Québec*, Mémoire de maîtrise ès sciences, Université McGill, Montréal, Québec, 71 p.
- BERNIER, P.-A. et S. ROULEAU (2010). *Acquisition de connaissances sur les habitats essentiels, la démographie, les déplacements et les menaces affectant la tortue géographique (Graptemys geographica) en vue de protéger la population du lac des Deux Montagnes*, Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent, Sainte-Anne-de-Bellevue (Québec), 96 p.
- BERNIER, P.-A., S. RIOUX, L. BOUTHILLIER et I. PICARD (2008a). *Répartition et abondance des populations de tortues du bassin versant de la rivière l'Acadie : inventaire 2007*, Club Consersol Vert Cher et ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, 36 p.
- BERNIER, P.-A., S. RIOUX et J.-P. LANDRY (2008b). *Répartition et utilisation de l'habitat par les tortues du bassin versant de la rivière l'Acadie - Inventaire 2008*, 75 p. + 6 annexes.
- BEVAN, E., T. WIBBELS, B. M. Z. NAJERA, M. A. C. MARTINE, L. A. M. SARTI, F. I. MARTINEZ, J. M. CUEVAS, T. ANDERSON, A. BONKA, M. H. HERNANDEZ, L. J. PENA et P. M. BURCHFIELD (2015). "Unmanned aerial vehicles (UAVs) for monitoring sea turtles in near- shore waters", *Marine Turtle Newsletter*, 145: 19-22.
- BEVAN, E., S. WHITING, T. TUCKER, M. GUINEA, A. RATH et R. DOUGLAS (2018). "Measuring behavioral responses of sea turtles, saltwater crocodiles, and crested terns to drone disturbance to define ethical operating thresholds", *PLoS ONE*, 13 (3): e0194460.
- BIDER, J. R. et S. MATTE (1994). *Atlas des amphibiens et des reptiles du Québec*, Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent et ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Québec, Québec, 106 p.
- BISERKOV, V. Y. et S. P. LUKANOV (2017). "Unmanned aerial vehicles (UAVs) for surveying freshwater turtle populations: Methodology adjustment", *Acta Zoologica Bulgarica*, (Supplement 10): 161-163.
- BISHOP, S. C. et W. J. SCHOONMACHER (1921). "Turtle hunting in midwinter", *Copeia*, 96:37-38.

- BISHOP, C. A., P. NG, K. E. PETTIT, S. W. KENNEDY, J. J. STEGEMAN, R. J. NORSTROM et R. J. BROOKS (1998). "Environmental contamination and developmental abnormalities in eggs and hatchlings of the common Snapping Turtle (*Chelydra serpentina serpentina*) from the Great Lakes-St. Lawrence River basin (1989-91)", *Environmental Pollution*, 101: 143-156.
- BLOOMER, T. J. (1978). "Hibernacula congregating in the *Clemmys* genus", *Journal of Northern Ohio Association of Herpetologists*, 4: 37-42.
- BODIE, J. R., R. D. SEMLITSCH et R. B. RENKEN (2000). "Diversity and structure of turtle assemblages: associations with wetland characters across a floodplain landscape", *Ecography*, 23: 444-456.
- BONIN, J. (1997). *Rapport sur la situation de la tortue-molle à épines (Apalone spinifera) au Québec*, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, 62 p.
- BONIN, J. (1998). *Rapport sur la situation de la tortue géographique (Graptemys geographica) au Québec*, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, 35 p.
- BOUCHARD, C., N. TESSIER et F.-J. LAPOINTE (2018). "Paternity analysis of wood turtles (*Glyptemys insculpta*) reveals complex mating patterns", *Journal of Heredity*, 109 (4): 405-415.
- BREWSTER, K. N. et C. M. BREWSTER (1991). "Movement and microhabitat use by juvenile wood turtles introduced in a riparian habitat", *Journal of Herpetology*, 25: 379-382.
- BROWN, G. P. et R. J. BROOKS (1994). "Characteristics of and fidelity to hibernacula in a northern population of Snapping Turtles *Chelydra serpentina*", *Copeia*, 1994 (1): 222-226.
- BULTÉ, G. (2009). *Sexual dimorphism in Northern Map Turtles (Graptemys geographica): Ecological Causes and Consequences*, Thèse de doctorat, Université d'Ottawa, Ottawa (Ontario), Canada, 128 p.
- BULTÉ, G. et G. BLOUIN-DEMERS (2010a). "Estimating the energetic significance of basking behaviour in a temperate-zone turtle", *Ecoscience*, 17 (4): 387-393.
- BULTÉ, G. et G. BLOUIN-DEMERS (2010b). "Implications of extreme sexual size dimorphism for thermoregulation in a freshwater turtle", *Oecologia*, 162 (2): 313-322.
- BULTÉ, G., M.-A. CARRIÈRE et G. BLOUIN-DEMERS (2010). "Impact of recreational power boating on two populations of Northern Map Turtles (*Graptemys geographica*)", *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 20: 31-38.
- CALVO, K. (2017). *Drones for conservation – Field guide for photographers, researchers, conservationists and archaeologists*, Dronesforconservation.org, 89 p.
- CARRIÈRE, M.-A. et G. BLOUIN-DEMERS (2010). "Habitat selection at multiple spatial scales in northern Map Turtles (*Graptemys geographica*)", *Canadian Journal of Zoology*, 88: 846-854.

- CDPNQ (2005). *Glossaire*, Gouvernement du Québec [En ligne] [<http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/glossaire.htm>] (Consulté le 8 mars 2019).
- CHABOT, D. et D. M. BIRD (2015). "Wildlife research and management methods in the 21st century: Where do unmanned aircraft fit in?", *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3: 137-155.
- CHABOT J., B. GAGNÉ et D. ST-HILAIRE (1993). *Étude des populations de tortues du secteur de la baie Norway, de la rivière des Outaouais, comté de Pontiac, Québec*, Gouvernement du Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction régionale de l'Outaouais, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Hull (Québec), 42 p.
- CHARBONNEAU, P. et J. LEMAÎTRE (sous-presse). « Revue des applications et de l'utilité des drones en conservation de la faune », soumis à *Le Naturaliste canadien*.
- CHIANUCCI, A. M. (2013). *A population study of Northern Map Turtles (Graptemys geographica) in the Susquehanna River at Vestal, NY*, Thèse d'études spécialisées, State University of New York College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York, 29 p.
- CHOI, H.-I., H.-K. NAM et J. YOON (2020). "Testing the potential of lightweight drones as a tool for monitoring the status of colonially breeding Saunders's gulls (*Saundersilarus saundersi*)", *Korean Journal of Ornithology*, 27 (1): 10-16.
- CHRISTIE, K. S., S. L. GILBERT, C. L. BROWN, M. HATFIELD et L. HANSON (2016). "Unmanned aircraft systems in wildlife research: current and future applications of a transformative technology", *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14 (5): 241-251.
- COSEPAC (2008). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur la tortue serpentine (Chelydra serpentina) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 51 p.
- COSEPAC (2012). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur la tortue géographique (Graptemys geographica) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 73 p.
- COSEPAC (2016). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur la tortue mouchetée (Emydoidea blandingii), population de la Nouvelle-Écosse et population des Grands Lacs et du Saint-Laurent au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 124 p.
- COSEPAC (2018). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur la tortue peinte du Centre (Chrysemys picta marginata) et la tortue peinte de l'Est (Chrysemys picta picta) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 123 p.
- CONGDON, J. D., A. E. DUNHAM et R. C. VAN LOBEN SELS (1993). "Delayed sexual maturity and demographics of Blanding's turtles (*Emydoidea blandingii*): implications for conservation and management of long-lived organisms", *Conservation Biology*, 7: 826-833.
- CONSERVATION DE LA NATURE CANADA (2020). *Signalez une tortue* [En ligne] [<https://carapace.ca/>] (Consulté le 9 décembre 2020).

- CUNNINGTON, D. C. et R. J. BROOKS (1996). "Bet-hedging theory and eigen elasticity: a comparison of the life histories of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) and snapping turtles (*Chelydra serpentina*)", *Canadian Journal of Zoology*, 74: 291-296.
- DAIGLE, C. (1997). "Size and characteristics of a wood turtle, *Clemmys insculpta*, population in southern Québec", *The Canadian Field-Naturalist*, 111: 440-444.
- DAIGLE, C., A. DESROSIERS et J. BONIN (1994). "Distribution and abundance of Common Map Turtles, *Graptemys geographica*, in the Ottawa River, Québec", *Canadian Field Naturalist*, 108 (1): 84-86.
- DANIELS, K. (2018). *Inferences about the conservation utility of using unmanned aerial vehicles to conduct rapid assessments for basking freshwater turtles*, Mémoire soumis à la Faculty of the University of Tennessee at Chattanooga comme exigence partielle pour l'obtention du Degree of Master of Science: Environmental Science, University of Tennessee at Chattanooga, Chattanooga, Tennessee, États-Unis, 40 p. + annexes.
- de SOLLA, S. R., C. A. BISHOP, G. VAN DER KRAAK et R. J. BROOKS (1998). "Impact of organochlorine contamination on levels of sex hormones and external morphology of common Snapping Turtles (*Chelydra serpentina serpentina*) in Ontario, Canada", *Environmental Health Perspectives*, 106 (5): 253-260.
- DUBOIS, Y., G. BLOUIN-DEMERS, B. SHIPLEY et D. THOMAS (2009). "Thermoregulation and habitat selection in wood turtles *Glyptemys insculpta*: chasing the sun slowly", *Journal of Animal Ecology*, 78: 1023-1032.
- ECCC (2016). *Plan de gestion de la tortue serpentine (Chelydra serpentina) au Canada [Proposition]*, série de Plans de gestion de la *Loi sur les espèces en péril*, Environnement et Changement climatique Canada, Ottawa, 39 p.
- EDGE, C. B., B. D. STEINBERG, R. J. BROOKS et J. D. LITZGUS (2010). "Habitat selection by Blanding's Turtles (*Emydoidea blandingii*) in a relatively pristine landscape", *Écoscience*, 17: 90-99.
- EDMONDS, J. H. (2002). « Rapport de situation du COSEPAC sur la tortue musquée (*Sternotherus odoratus*) au Canada », dans *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur la tortue musquée (Sternotherus odoratus) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, Ontario, p. 1-19.
- ENVIRONNEMENT CANADA (2016a). *Plan de gestion de la tortue géographique (Graptemys geographica) au Canada [Proposition]*, série de Plans de gestion de la *Loi sur les espèces en péril*, Environnement Canada, Ottawa, 49 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA (2016b). *Programme de rétablissement de la tortue-molle à épines (Apalone spinifera) au Canada [Proposition]*, série de Programmes de rétablissement de la *Loi sur les espèces en péril*, Environnement Canada, Ottawa, 67 p.

ENVIRONNEMENT CANADA (2016c). *Programme de rétablissement de la tortue musquée (Sternotherus odoratus) au Canada [Proposition]*, série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Environnement Canada, Ottawa, 65 p.

ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC (2019). *Plan de rétablissement de la tortue des bois (Glyptemys insculpta) au Québec — 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 57 p.

ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC (2020a). *Plan de rétablissement de la tortue géographique (Gratemys geographica) au Québec — 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 60 p.

ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC (2020b). *Plan de rétablissement de la tortue-molle à épines (Apalone spinifera) au Québec — 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 51 p.

ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC (2020c). *Plan de rétablissement de la tortue mouchetée (Emydoidea blandingii) au Québec — 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 52 p.

ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC (2021). *Plan de rétablissement de la tortue musquée (Sternotherus odoratus) au Québec — 2021-2031*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 51 p.

ERNST, C. H. (1986). "Environmental temperatures and activities in the wood turtle, *Clemmys insculpta*", *Journal of Herpetology*, 20: 222-229.

ERNST, C. H. et J. E. LOVICH (2009). *Turtles of the United States and Canada*. 2^e édition, The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 827 p.

ESCOBAR, J. E. C., M. ROLLINS et S. UNGER (2021). "Preliminary data on an affordable UAV system to survey for freshwater turtles: Advantages and disadvantages of low-cost drones", *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 9: 67-74.

FARRELL, R. F. et T. E. GRAHAM (1991). "Ecological notes on the turtle *Clemmys insculpta* in northwestern New Jersey", *Journal of Herpetology*, 25: 1-9.

FLAHERTY, N. et J. R. BIDER (1984). "Physical structures and the social factor as determinants of habitat use by *Gratemys geographica* in southwestern Quebec", *American Midland Naturalist*, 111 (2): 259-266.

- FLETCHER, M. (2002). « Rapport de situation du COSEPAC sur la tortue-molle à épines (*Apalone spinifera*) au Canada – Mise à jour », dans *Évaluation et rapport de situation sur la tortue-molle à épines (Apalone spinifera) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, p. 1-18.
- GALOIS, P. et J. BONIN (1999). *Rapport sur la situation de la tortue des bois (Clemmys insculpta) au Québec*, Faune et Parcs Québec, Direction de la faune et des habitats, Québec, 45 p.
- GALOIS, P., M. LÉVEILLÉ, L. BOUTHILLIER, C. DAIGLE et S. PARREN (2002). “Movement patterns, activity, and home range of the eastern spiny softshell turtle (*Apalone spinifera*) in Northern Lake Champlain, Québec, Vermont”, *Journal of Herpetology*, 36 (3): 402-411.
- GAMBLE, T. et A. SIMONS (2004). “Comparison of harvested and nonharvested painted turtle populations”, *Wildlife Society Bulletin*, 32: 1269-1277.
- GIBBONS, J. W., D. E. SCOTT, T. J. RYAN, K. A. BUHLMANN, T. D. TUBERVILLE, B. S. METTS, J. L. GREENE, T. MILLS, Y. LEIDEN, S. POPPY et C. T. WINNE (2000). “The global decline of reptiles, déjà vu amphibians”, *BioScience*, 50: 653-666.
- GILHEN, J. (1984). *Amphibians and reptiles of Nova Scotia*, Nova Scotia Museum, Halifax, Nouvelle-Écosse, 162 p.
- GOEBEL, M. E., W. L. PERRYMAN, J. T. HINKE, D. J. KRAUSE, N. A. HANN, S. GARDNER et D. J. LEROI (2015). “A small unmanned aerial system for estimating abundance of and size of Antarctic predators”, *Polar Biology*, doi: 10.1007/s00300-014-1625-4.
- GOOLEY, A. C., H. J. STANTON, C. J. BARTKUS et T. K. PAULEY (2011). “The distribution of aquatic turtles along the Ohio, Great Kanawha, and Little Kanawha Rivers, West Virginia, with emphasis on *Graptemys ouachitensis* and *G. geographica*”, *Ohio Biological Survey Notes*, 3: 21-28.
- GORDON, D. et R. MacCULLOCH (1980). “An investigation of the ecology of the map turtle, *Glyptemys geographica*, in the northern part of its range”, *Canadian Journal of Zoology*, 58: 2210-2219.
- GOVERNEMENT DU CANADA (2016). *Principe de photographie aérienne* [En ligne] [<https://www.mcan.gc.ca/maps-tools-publications/satellite-imagery-air-photos/air-photos/national-air-photo-library/about-aerial-photography/principes-de-photographie-aerienne/9688>] (Consulté le 6 avril 2021).
- GOVERNEMENT DU CANADA (2019). *Sécurité des drones* [En ligne] [<https://www.tc.gc.ca/fr/services/aviation/securite-drones.html>] (Consulté le 19 février 2021).
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC (2021). *Directions de la gestion de la faune* [En ligne] [<https://www.quebec.ca/gouv/ministere/forets-faune-parcs/coordonnees-du-ministere/reseau-regional/#c13507>] (Consulté le 19 février 2021).
- GRAHAM, T. E. et J. E. FORSBERG (1991). “Aquatic oxygen uptake by naturally wintering wood turtles, *Clemmys insculpta*”, *Copeia*, 1991: 836-838.

- HARDING, J. H. (1997). *Amphibians and reptiles of the Great Lakes Region*, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, 378 p.
- HARDING, J. H. et T. J. BLOOMER (1979). "The wood turtle, *Clemmys insculpta*... a natural history", *Herpetological Bulletin of the New York Herpetological Society*, 15: 9-26.
- HERMAN, T. B., POWER, T. D. et B. R. EATON (1995). "Status of Blanding's turtles, *Emydoidea blandingii*, in Nova Scotia, Canada", *Canadian Field-Naturalist*, 109: 182-191.
- HODGSON, J. C. et L. P. KOH (2016). "Best practice for minimising unmanned aerial vehicle disturbance to wildlife in biological field research", *Current Biology*, 26: R404–R405.
- HODGSON, J. C., S. M. BAYLIS, R. MOTT, A. HERROLD et R. H. CLARKE (2016). "Precision wildlife monitoring using unmanned aerial vehicles", *Scientific Reports*, 6: 22574.
- JEWITT, D. (2018). "The use of drones in conservation", *Position IT*, (Aug/Sep): 20-23.
- JOHNSTON, D. W. (2019). "Unoccupied aircraft systems in marine science and conservation", *Annual Review of Marine Science*, 11: 439-463.",
- JONES IV, G. P., L. G. PEARLSTINE et H. F. PERCIVAL (2006). "An assessment of small unmanned aerial vehicles for wildlife research", *Wildlife Society Bulletin*, 34: 750-758.
- JOYAL, L. A., M. MCCOLLOUGH et M. L. HUNTER (2001). "Landscape ecology approaches to wetland species conservation: a case study of two turtle species in southern Maine", *Conservation Biology*, 15: 1755-1762.
- JUNDA, J., E. GREENE et D. M. BIRD (2015). "Proper flight technique for using a small rotary-winged drone aircraft to safely, quickly, and accurately survey raptor nests", *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3: 222-236.
- KAUFMANN, J. H. (1992). "Habitat use by wood turtles in central Pennsylvania", *Journal of Herpetology*, 26: 315-321.
- KOSKI, W. R., T. ALLEN, D. IRELAND, G. BUCK, P. R. SMITH, A. M. MACRANDER, M. A. HALICK, C. RUSHING, D. J. SLIWA et T. L. MCDONALD (2009). "Evaluation of an unmanned airborne system for monitoring marine mammals", *Aquatic Mammals*, 35 (3): 347-357.
- LAMOND, W. G. (1994). *The reptiles and amphibians of the Hamilton Area: An historical summary and the results of the Hamilton Herpetofaunal Atlas*, Hamilton, Ontario, Hamilton Naturalists' Club, 174 p.
- LINDEMAN, P. (1999). "Survey of basking map turtles, *Grytemys* spp. in three river drainages and the importance of deadwood abundance", *Biological Conservation*, 88: 33-42.
- LITZGUS, J. D. ET R. J. BROOKS (1996). *Status report on the wood turtle, Clemmys insculpta, in Canada*, Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada (COSEWIC) status report, Ottawa, Ontario. 76 p.

- LÓPEZ, J. J. et M. MULERO-PÁZMÁNY (2019). "Drones for conservation in protected areas: Present and future", *Drones*, 3 (10): doi: 10.3390.
- MARTIN, J., H. H. EDWARDS, M. A. BURGESS, H. F. PERCIVAL, D. E. FAGAN, B. E. GARDNER, J. G. ORTEGA-ORTIZ, P. G. IFJU, B. S. EVERS et T. J. RAMBO (2012). "Estimating distribution of hidden objects with drones: From tennis balls to manatees", *PLoS ONE*, 7: e38882.
- MEEKS, R. L. et G. R. ULTSCH (1990). "Overwintering behavior of snapping turtles", *Copeia*, 1990: 880-884.
- MELCC (2014). *Sentinelle* [En ligne] [<https://www.pub.mddefp.gouv.qc.ca/scc/#no-back-button>] (Consulté le 5 août 2019).
- MFFP (2018). *Protocole d'inventaire pour la détection de la tortue géographique au Québec*, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval, Secteur des opérations régionales, 13 p.
- MFFP (2019a). *Liste des espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec – Tortue des bois* [En ligne] [<http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche.asp?noEsp=71>] (Consulté le 19 février 2021).
- MFFP (2019b). *Liste des espèces menacées ou vulnérables au Québec - Tortue mouchetée* [En ligne] [<https://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche.asp?noEsp=74>] (Consulté le 19 février 2021).
- MFFP (2021). *Tortue à oreilles rouges (Trachemys scripta elegans)* [En ligne] [<https://mffp.gouv.qc.ca/la-faune/especes/envahissantes/tortue-oreille-rouge/>] (Consulté le 25 mai 2021).
- NOWAK, M. M., K. DZIÓB et P. BOGAWSKI (2018). "Unmanned aerial vehicles (UAVs) in environmental biology: A review", *European Journal of Ecology*, 4 (2): 56-74.
- PATERSON, J., B. STEINBERG et J. LITZGUS (2012). "Generally specialized or especially general? Habitat selection by snapping turtles (*Chelydra serpentina*) in Central Ontario", *Canadian Journal of Zoology*, 90: 139-149.
- PICARD, G., M. A. CARRIÈRE et G. BLOUIN-DEMERS (2011). "Common Musk Turtles (*Sternotherus odoratus*) select habitats of high thermal quality at the northern extreme of their range", *Amphibia-Reptilia*, 32 (2011): 83-92.
- QUINN, N. et D. TATE (1987). *Ecology of the wood turtle (Clemmys insculpta) in Algonquin Park*, Progress report, Ontario Ministry of Natural Resources, Whitney, Ontario, 17 p.
- RANGO, A., A. LALIBERTE, C. STEELE, J. E. HERRICK, B. BESTELMEYER, T. SCHMUGGE, A. ROANHORSE et V. JENKINS (2006). "Using unmanned aerial vehicles for rangelands: Current applications and future potentials", *Environmental Practice*, 8: 159-168.

- REBOLO-IFRÁN, N., M. GRAÑA GRILLI et S. A. LAMBERTUCCI (2019). "Drones as a threat to wildlife: YouTube complements science in providing evidence about their effect", *Environmental Conservation*, 6 p. doi.10.1017/S037689291900080.
- REESE, S. A., D. C. JACKSON et G. R. ULTSCH (2002). "The physiology of overwintering in a turtle that occupies multiple habitats, the common snapping turtle (*Chelydra serpentina*)", *Physiological and Biochemical Zoology*, 75(5): 432-438.
- RICHARDS, T. M. et R. A. SEIGEL (2009). "Habitat use of Northern Map Turtles (*Graptemys geographica*) in an altered system, the Susquehanna River, Maryland (USA)", *Nature Preceedings*, doi: org/10.1038/npre.2009.3680.1.
- RIOUX, S. et J.-F. DESROCHES (2007). « Découverte d'une tortue-molle à épines (*Apalone spinifera*) dans la rivière l'Acadie », *Le Naturaliste Canadien* 131(2): 51-53.
- RODRIGUE, D. et J.-F. DESROCHES (2018). *Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes*, Éditions Michel Quintin, Montréal, Québec, 375 p.
- ROSS, D. A., R. K. ANDERSON, C. M. BREWSTER, K. N. BREWSTER et N. RATNER (1991). "Aspects of the ecology of wood turtles (*Clemmys insculpta*) in Wisconsin", *The Canadian Field-Naturalist*, 105: 363-367.
- ROULEAU, S. et P.-A. BERNIER (2011). *Habitats, structure de la population, mouvements et menaces affectant la tortue géographique (Graptemys geographica) dans l'ouest du lac des Deux Montagnes*, Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent, Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec, 73 p.
- ROWE, C. L. (2008). "The calamity of so long life: life histories, contaminants, and potential emerging threats to long-lived vertebrates", *BioScience*, 58: 623-631.
- ROWE, J. W., LEHR, G. C., McCARTHY, P. M. et P. M. CONVERSE (2009). "Activity, movements and activity area size in stinkpot turtles (*Sternotherus odoratus*) in a Southwestern Michigan Lake", *The American Midland Naturalist*, 162 (2): 266-275.
- SANDBROOK, C. (2015). "The social implications of using drones for biodiversity conservation", *Ambio*, 44: 636-647.
- SAUMURE, R. A. (1997). *Growth, mutilation, and age structure of two populations of wood turtles (Clemmys insculpta) in southern Québec*, Mémoire de maîtrise (M. Sc. Thesis), Université McGill, Montréal, 70 p.
- SAUMURE, R. A. et J. BONIN (1998). *Une clef d'identification des fragments d'œufs de tortues d'eau douce du Québec*, rapport présenté au ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec, Québec, 4 p.
- SASSE, D. B. (2003). "Job-related mortality of wildlife workers in the United States, 1937-2000", *Wildlife Society Bulletin*, 31: 1015-1020.

- SEBURN, D. (2010). "Blanding's turtle, *Emydoidea blandingii*, habitat use during hibernation in Eastern Ontario", *Canadian Field-Naturalist*, 24: 263-265.
- SEMEL, B.P., S.M. KARPANTY, F.F. VOLOLONIRINA et A.N. RAKOTONANAHARY (2020). "Eyes in the sky: Assessing the feasibility of low-cost, ready-to-use unmanned aerial vehicles to monitor primate populations directly", *Folia Primatologica*, 91 (1): 69-82.
- STEEN, D. A., M. J. ARESO, S. G. BEILKE, B. W. COMPTON, E. P. CONDON, C. K. DODD JR., H. FORRESTER, J. W. GIBBONS, J. L. GREENE, G. JOHNSON, T. A. LANGEN, M. J. OLDHAM, D. N. OXIER, R. A. SAUMURE, F. W. SHUELER, J. M. SLEEMAN, L. L. SMITH, J. K. TUCKER et J. P. GIBBS (2006). "Relative vulnerability of female turtles to road mortality", *Animal Conservation*, 9: 269-273.
- STEEN, D., J. GIBBS, K. BUHLMANN, J. CARR, B. COMPTON, J. CONGDON, J. DOODY, J. GODWIN, K. HOLCOMB, D. JACKSON, F. JANZEN, G. JOHNSON, M. JONES, J. LAMER, T. LANGEN, M. PLUMMER, J. ROWE, R. SAUMURE, J. YUCKER et D. WILSON (2012). "Terrestrial habitat requirements of nesting freshwater turtles", *Biological Conservation*, 150: 121-128.
- SUMMER, A. et J. MANSFIELD-JONES (2008). "Role of trapping in detection of a small bog turtle (*Glyptemys muhlenbergii*) population", *Chelonian Conservation and Biology*, 7: 149-155.
- TESSIER, N., S. RIOUX PAQUETTE et F.-J. LAPOINTE (2005). "Conservation genetics of the wood turtle (*Glyptemys insculpta*) in Quebec, Canada", *Canadian Journal of Zoology*, 83: 765-772.
- TOMAINO, A., J. CORDEIRO, L. OLIVER et J. NICHOLS (2008). *Ranking Species Element Occurrences Using a Generic Approach: Decision Key & Guidance*, NatureServe.
- TRANSPORTS CANADA (2019). *Lignes directrices sur la protection de la vie privée à l'intention des utilisateurs de drones* [En ligne] [<https://www.tc.gc.ca/fr/services/aviation/securite-drones/lignes-directrice-protection-vie-privee-utilisateurs-drones.html>] (Consulté le 19 février 2021).
- ULTSCH, G. R. (2006). "The ecology of overwintering among turtles: where turtles overwinter and its consequences", *Biological Reviews*, 81: 339-367.
- van GEMERT, J. C., C. R. VERSCHOOR, P. METTES, K. EPEMA, L. P. KOH et S. WICH (2014). "Nature conservation drones for automatic localization and counting of animals", dans AGAPITO, L., M. M. BRONSTEIN et C. ROTHER (éditeurs). *Lecture notes in computer science*, vol. 8925, Intelligent Sensory Information Systems, Springer, New York, p. 255-270.
- WALLACE, P., R. MARTIN et I. WHITE (2018). "Keeping pace with technology: drones, disturbance and policy deficiency", *Journal of Environmental Planning and Management*, 61 (7): 1271-1288.
- WATTS, A. C., J. H. PERRY, S. E. SMITH, M. A. BURGESS, B. E. WILKINSON, Z. SZANTOI, P. G. IFJU et H. F. PERCIVAL (2010). "Small unmanned aircraft systems for low-altitude aerial surveys", *Journal of Wildlife Management*, 74 (7): 1614-1619.

WICH, S. A. et L. P. KOH (2018). *Conservation drones – Mapping and monitoring biodiversity*, Oxford University Press, Oxford, 118 p.

WIEGMANN, D. et N. TANEJA (2003). “Analysis of injuries among pilots involved in fatal general aviation airplane accidents”, *Accident Analysis and Prevention*, 35: 571–577.

Annexe A Procédure abrégée

Protocole standardisé Inventaire de tortues d'eau douce à l'aide de drones au Québec

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs



Procédure abrégée

Objectifs

Les objectifs d'un inventaire de type détection à l'aide de drones sont les suivants :

- Détecter la présence de tortues dans différents habitats;
- Identifier les tortues à l'espèce à partir des photographies et des vidéos;
- Dénombrer les individus;
- Caractériser l'habitat;
- Déterminer des menaces potentielles.

Matériel

- Télémètre (mesurer la distance entre le poste de pilotage et les individus en m);
 - Échelle de Beaufort;
 - Anémomètre (mesurer la vitesse du vent en m/s, optionnel);
 - Piles de rechange pour les petits équipements, comme le télémètre;
 - Drone et accessoires de pilotage;
 - Capteur couleur (caméra), lentille et filtre polarisant;
 - Batteries de rechange pour le drone;
 - Source d'alimentation électrique portative pour recharger les batteries du drone;
 - Plateforme de recharge des batteries du drone;
 - Cartes mémoires SD;
 - GPS;
 - Caméra;
 - Plan de vol;
 - Certificat de pilote de drone – opération de base ou avancée et preuve de mise à jour des connaissances, le cas échéant;
 - Certificat d'immatriculation du drone;
 - Manuel d'utilisation du drone;
 - Système de communication de type radio-émetteur;
 - Radio sur fréquence aviation en zone contrôlée, si nécessaire;
 - Procédures d'utilisation normalisées pour le drone;
 - Procédure abrégée;
 - Formulaire de terrain.
- Santé et sécurité au travail :**
- Équipements de protection individuelle (p. ex., casque de sécurité, lunettes);
 - Trousse de premiers soins;
 - Sacs Li-Po pour le transport de batteries au lithium endommagées;
 - Extincteur ABC.

Protocole standardisé Inventaire de tortues d'eau douce à l'aide de drones au Québec

Procédure abrégée (suite)

Périodes d'inventaire

Période d'inventaire	Dates	Cycle de vie
1	Fin avril et mai	Sortie de l'hibernation et exposition au soleil
2	Juin à la mi-juillet	Ponte des œufs
3	Mi-juillet et août	Déplacements estivaux et alimentation
4	Septembre à la fin octobre	Retour au site d'hibernation

Fréquence des survols

Dans une optique de détection des tortues, on doit effectuer deux sorties par période, pour un total de six sorties, soit pendant les périodes 1, 2 et 3 ou pendant les périodes 1, 2 et 4. La période la plus susceptible d'être favorable pour la détection des tortues est le printemps, soit de la mi-avril à la mi-mai, avant que la végétation ne soit déployée.

Conditions météorologiques

- Journée ensoleillée et couverture nuageuse pouvant aller jusqu'à 75 %;
- Température de l'air entre 10 et 25 °C;
- Journée sans vent ou jusqu'à une légère brise (force 2 sur l'échelle de Beaufort);
- Journées de canicule à éviter.

Effort

Survol de l'habitat identifié par l'évaluation environnementale ou le projet :

- Mode de recherche active (vol manuel);
ou
- Lignes de vol (vol automatisé).

Protocole standardisé Inventaire de tortues d'eau douce à l'aide de drones au Québec

Procédure abrégée (suite)

Altitude et durée

L'altitude de survol des tortues d'eau douce du Québec à respecter est établie à :

- **10 m** pour les microdrones (< 250 g);
- **20 m** pour les drones de 250 g à 25 kg.

La durée maximale pour un vol stationnaire au-dessus des individus est de **30 secondes**.

Méthodologie

Mode de recherche active

1. Établir le poste de pilotage dans une zone à découvert permettant d'effectuer un vol à vue sécuritaire.
2. Assurer une communication constante entre le pilote et l'observateur. En général, les membres d'équipage se trouvent au poste de pilotage, mais l'observateur peut se trouver dans un autre secteur du site à l'étude, notamment sur l'eau, dans une embarcation.
3. Préparer le drone pour le vol.
4. Effectuer un vol stationnaire pour s'assurer du bon fonctionnement du drone.
5. Survoler la zone d'étude à basse vitesse.
6. Lorsque des tortues sont détectées, il est important de ne pas les déranger et de faire un vol stationnaire au-dessus à **10 m (microdrones de < 250 g)** ou à **20 m (drones de 250 g à 25 kg)**, pour **une durée maximale de 30 secondes**.
7. Prendre des photographies et des vidéos à différents angles pour permettre une identification fiable à l'aide des critères morphologiques des espèces de tortues du Québec.
8. Observer le comportement des tortues. S'il y a un effet lié au drone, le noter.
9. Remplir la fiche de terrain.
10. Lorsque les données sont colligées et les photographies/vidéos enregistrées, quitter le vol stationnaire lentement afin de ne pas effaroucher les tortues (le bruit des pales sera ainsi moins perturbant).
11. Continuer de survoler la zone d'étude selon le plan de vol établi jusqu'à une prochaine observation.
12. Reprendre les éléments 5 à 11.

En cas de problème technique du drone, quitter rapidement l'habitat et tenter de le faire atterrir de manière sécuritaire pour les membres d'équipage et les gens au sol.

Protocole standardisé Inventaire de tortues d'eau douce à l'aide de drones au Québec

Procédure abrégée (suite)

Données à prendre en note :

- Date;
- Heure de début et de fin de l'inventaire;
- Nom du pilote et de l'observateur;
- Nom du site;
- Numéro de certificat du pilote;
- Type de drone (modèle et marque);
- Type de capteur (caméra);
- Lentille de la caméra (modèle et marque);
- Filtre de la lentille (filtre polarisant; modèle et marque);
- Numéro de la carte SD;
- Position du poste de pilotage et de l'observateur, le cas échéant, sur le site à l'étude (coordonnées géographiques; degrés décimaux);
- Altitude de survol;
- Distance du poste de pilotage par rapport aux individus survolés;
- Conditions météorologiques :
 - Température,
 - Vent (échelle de Beaufort ou m/s ou application UAV Forecast),
 - Couverture nuageuse (%),
 - Précipitations;
- Numéro de tronçon ou de ligne de vol;
- Début et fin du tronçon ou de la ligne de vol (degrés décimaux);
- Espèces observées (si identifiables sur le terrain);
- Nombre d'individus;
- Absence de détection de tortues (doit être confirmée, advenant le cas);
- Activités :
 - Lézardage (L),
 - Ponte (Po),
 - Nage (N),
 - Accouplement (A);
- Comportements face au drone :
 - Aucun effet (Nul),
 - Vigilance (lève la tête/regarde alentour) (V),
 - Fuite (glisse à l'eau lorsqu'en lézardage) (F),
 - Plonge (disparaît sous l'eau) (Pl),
 - Autre (préciser);
- Identification des photographies;
- Identification des vidéos;
- Description de l'habitat;
- Description des menaces observables des airs ou à partir du poste de pilotage.

Inventaire complémentaire à pied pour la détection des sites de ponte

Pour repérer des sites de ponte potentiels, les bandes riveraines et les habitats terrestres adjacents sont parcourus à pied en vue de rechercher des traces d'activité de ponte, de déplacements au sol, de femelles en train de pondre ou de nids prédatés.

Période : **juin-juillet.**

Heure d'inventaire complémentaire : **tôt le matin, avant 9 h, et en soirée, après 18 h.**

Annexe B Échelle de Beaufort

Échelle de Beaufort - Conditions propices à respecter pour la réalisation d'un inventaire de tortues à l'aide d'un drone selon la classification de la force du vent

Force	Vitesse du vent (km/h)	Appellation	Effets observés sur terre	Recommandation
0	Moins de 1	Calme	La fumée s'élève verticalement.	✓
1	De 1 à 5	Très légère brise	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.	✓
3	De 12 à 19	Petite brise	Les feuilles et les brindilles bougent sans arrêt. Les petits drapeaux se déploient.	Non propice
4	De 20 à 28	Jolie brise	La poussière et les bouts de papier s'envolent. Les petites branches sont agitées.	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
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
7	De 50 à 61	Grand frais	Des arbres tout entiers s'agitent. La marche contre le vent devient difficile.	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
9	De 75 à 88	Fort coup de vent	Peut endommager légèrement les bâtiments (bardeaux des toitures).	Non propice
10	De 89 à 102	Tempête	Déracine les arbres et endommage sérieusement les bâtiments.	Non propice
11	De 103 à 117	Violente tempête	Dégâts considérables.	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

Source : GOUVERNEMENT DU 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 20 janvier 2021).

Annexe C Formulaire de prise de données –
Inventaire de tortues d'eau douce à
l'aide de drones au Québec

**FORMULAIRE DE PRISE DE DONNÉES — INVENTAIRE DE TORTUES D'EAU DOUCE
À L'AIDE DE DRONES AU QUÉBEC**

Nom pilote : _____ Nom observateur(s) : _____

Nom du site : _____

N° certificat pilote : _____ N° séance (1, 2, 3 ou 4) : _____

Date (aaaa/mm/jj) : ____/____/____ Heure : Début séance : _____ Fin séance : _____

Drone

Type drone (modèle/marque) : _____

Type capteur (caméra) : _____

Lentille caméra (modèle/marque) : _____

Filtre de la lentille (filtre polarisant; modèle/marque) : _____

N° carte SD : _____

Conditions météorologiques

Température air : Début : _____ °C Fin : _____ °C

Température eau : Début : _____ °C Fin : _____ °C

Ennuagement (encercler) : Début :	0-25 %	25-50 %	50-75 %	75-100 %
Fin :	0-25 %	25-50 %	50-75 %	75-100 %

Vitesse du vent (éch. Beaufort) : Début : _____ Fin : _____

Précipitations (oui/non) : Début : _____ Fin : _____

Poste de pilotage

Coord. poste pilotage (DD) : latitude : _____ longitude : _____ NAD : _____

Coord. observateur (DD) : latitude : _____ longitude : _____ NAD : _____

Altitude survol (m) : _____

Habitat : _____

Menaces observées : Perte/Dégradation de l'habitat Blessure/Mortalité
 Prédation des nids Pollution de l'eau

Autres menaces : _____



**Forêts, Faune
et Parcs**

Québec 