

**L'effet de la composition du paysage sur l'abondance des tortues peintes (*Chrysemys picta*)
et la présence des tortues mouchetées (*Emydoidea blandingii*)**

Par Amélie Boutin
300113721

BIO 4009 – Projet de recherche
Superviseur : Dr. Gabriel Blouin-Demers

Université d'Ottawa
Département de biologie

21 avril, 2023

RÉSUMÉ

Les pressions croissantes exercées sur la biodiversité incluent l'urbanisation et d'autres activités humaines menant à la conversion, la fragmentation et la dégradation des habitats. Les zones humides, en particulier, comptent parmi les écosystèmes les plus menacés. Entre autres, la tortue peinte (*Chrysemys picta*) et la tortue mouchetée (*Emydoidea blandingii*) sont vulnérables à la perte et à l'altération des milieux humides. J'ai testé l'hypothèse selon laquelle la composition du paysage a un effet sur l'abondance des tortues peintes et la présence des tortues mouchetées dans les milieux humides. J'ai réalisé 21 suivis de 26 milieux humides dans la région du Pontiac au Québec. En utilisant une zone tampon de 500 mètres, j'ai testé la prédiction que les tortues peintes seront plus abondantes et qu'il y aura une plus forte probabilité de présence de tortues mouchetées dans les milieux humides entourés d'une plus haute proportion de forêt et de milieux humides. L'absence d'effet de mes analyses doit être interprétée avec prudence en raison de mon aire d'étude relativement homogène, ma petite taille d'échantillon et mes analyses à seule échelle spatiale. Cependant, mes résultats pourraient suggérer qu'un vaste réseau naturel de milieux humides pourrait offrir des habitats convenables et présents en quantité suffisante aux tortues d'eau douce.

ABSTRACT

Increasing pressures on biodiversity include urbanization and other human activities leading to habitat conversion, fragmentation and degradation. Wetlands, in particular, are among the most threatened ecosystems. Among others, the painted turtle (*Chrysemys picta*) and the Blanding's turtle (*Emydoidea blandingii*) are vulnerable to wetland loss and alteration. I tested the hypothesis that landscape composition affects the abundance of painted turtles and the presence of Blanding's turtles in wetlands. I recorded a total of 332 painted turtles and 12 Blanding's turtles during 21 surveys of 26 wetlands in the Pontiac region of Quebec. Using a 500-meter buffer, I tested the prediction that painted turtles will be more abundant and Blanding's turtles will have a higher probability of occurrence in wetlands surrounded by a higher proportion of forest and wetlands. The absence of effect from my analyses should be interpreted with caution due to my relatively homogeneous study area, small sample size, and analyses considering only one spatial scale. However, my results may suggest that a large natural system of wetlands could provide suitable and sufficient amounts of habitat for freshwater turtles.

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord mon superviseur Gabriel Blouin-Demers de m'avoir donné l'occasion de rejoindre son laboratoire et de s'être rendu disponible tout au long de mon projet pour me guider dans ma recherche et me conseiller pour ma rédaction. Je remercie également Audrey Turcotte pour son aide avec mes analyses statistiques et à René Duplain et Benoit Faucher pour leur aide liée aux SIG.

Je tiens à remercier Conservation de la Nature Canada pour leurs contributions, incluant les ressources et l'équipement, qui ont rendu ce projet possible. Je remercie notamment mon superviseur de stage, Francisco Retamal Diaz, pour sa contribution à la réalisation de ce projet, ainsi que son aide et expertise sur le terrain. Merci aussi à Milaine Saumur et Anaïs Rouillard pour leur aide avec le travail de terrain.

TABLE DE MATIÈRE

RÉSUMÉ	2
ABSTRACT	3
REMERCIEMENTS	4
LISTE DE TABLEAUX	6
LISTE DE FIGURES	6
INTRODUCTION	8
MÉTHODES	12
<i>Aire d'étude</i>	12
<i>Suivis visuels</i>	12
<i>Composition du paysage</i>	13
<i>Analyses statistiques</i>	14
RÉSULTATS	15
<i>Suivis visuels</i>	15
<i>Effets du paysage sur l'abondance ou la présence des tortues</i>	15
DISCUSSION	16
<i>Présences de tortues peintes et de tortues mouchetées</i>	16
<i>Détection de tortues</i>	16
<i>Effets du paysage sur l'abondance ou la présence des tortues</i>	18
<i>Implications et conclusions</i>	20
RÉFÉRENCES	22
TABLEAUX	26
FIGURES	27
ANNEXE	31

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 1. Modèle linéaire généralisé de type binomial négatif pour déterminer les effets du couvert terrestre sur le nombre maximal de tortues peintes (N = 26) dans le Grand Marais de Bristol dans la région du Pontiac (Québec, Canada). Une zone tampon avec un distance de 500 m autour de chaque milieu humide a été utilisée pour déterminer les proportions des différents types de couvert terrestres.

Tableau 2. Modèle linéaire généralisé de type binomial pour déterminer les effets du couvert terrestre sur la probabilité de présence des tortues mouchetées (N = 26) dans le Grand Marais de Bristol dans la région du Pontiac (Québec, Canada). Une zone tampon avec un distance de 500 m autour de chaque milieu humide a été utilisée pour déterminer les proportions des différents types de couvert terrestres.

LISTE DE FIGURES

Figure 1. Carte des 26 milieux humides étudiés dans le Grand Marais de Bristol dans la région du Pontiac au Québec. Les 21 suivis hebdomadaires ont été réalisés en suivant l'ancienne voie ferrée de Canadian National. Le nombre maximal de tortues peintes par milieu humide (observées lors d'un suivi) est représentée par un icône avec une couleur permettant de comparer visuellement l'abondance. Les milieux humides où au moins une tortue mouchetée a été documentée sont encadrés en blanc.

Figure 2. Matrice de corrélation de toutes les variables mesurées pour les analyses de l'effet de la composition du paysage. Les cercles de plus grande taille et plus foncés ont des coefficients de corrélation plus élevés. Légende : F_feuillus = couvert de forêts de feuillus; Eau = couvert de plans d'eau ouverte; chpi = nombre maximal de tortues peintes observé; embl = présence de tortue mouchetée; F_mixtes = couvert de forêts mixtes; MH = couvert de milieux humides; Superficie = superficie des milieux humides suivis (ha); F_conifere = couvert de forêts de conifères.

Figure 3. Nombre maximal de tortues peintes prédit en fonction de B) la proportion de milieux humides, C) la proportion de forêts de feuillus, D) la proportion de forêts de conifères et A) la superficie du milieu humide (ha). Les points représentent les 26 milieux humides suivis avec une zone tampon de 500 mètres dans le Grand Marais de Bristol, Pontiac, Québec. Le nuage gris représente l'intervalle de confiance à 95 %.

Figure 4. Probabilité de présence de tortues mouchetées prédite en fonction de B) la proportion de milieux humides, C) la proportion de forêts de feuillus, D) la proportion de forêts de conifères et A) la superficie du milieu humide (ha). Les points représentent les 26 milieux humides suivis avec une zone tampon de 500 mètres dans le Grand Marais de Bristol, Pontiac, Québec. Le nuage gris représente l'intervalle de confiance à 95 %.

INTRODUCTION

L'un des problèmes environnementaux les plus urgents de notre époque est le déclin de la biodiversité mondiale. Les pressions croissantes exercées sur la biodiversité incluent l'urbanisation et d'autres activités humaines menant à la conversion, la fragmentation et la dégradation des habitats (Haines-Young, 2009; Newbold et al., 2015; Pereira et al., 2012). En particulier, le développement d'infrastructures augmente le pourcentage de surfaces imperméables ce qui réduit et dégrade les habitats terrestres et aquatiques (Stokeld et al., 2014). De plus grands volumes d'eau et de polluants terrestres sont donc déversés dans les systèmes aquatiques ce qui a des effets immédiats et à long terme sur les régimes hydrologiques et les espèces de ces écosystèmes (Stokeld et al., 2014; Walsh et al., 2005). De plus, les infrastructures construites entravent sur les déplacements des espèces terrestres ce qui a des effets sur la distribution et la viabilité des populations (Pereira et al., 2012; Stokeld et al., 2014). Par exemple, les routes peuvent avoir des effets indirects, tels que l'isolement des populations, mais elles peuvent aussi avoir des effets directs, tels que la mortalité routière (Shepard et al. 2008). Ainsi, les zones à prédominance humaine ont tendance à perdre beaucoup plus de biodiversité que les régions où les habitats sont plus naturels, y compris les milieux aquatiques et terrestres (Newbold et al., 2015). Les espèces diffèrent dans leur habilité à tolérer et s'adapter à l'urbanisation et la perte, la dégradation et la fragmentation d'habitats qu'elle représente.

Les écosystèmes d'eau douce tels que les milieux humides font partie des écosystèmes les plus menacés (Leal et al., 2020; Environnement et ressources naturelles, 2023) et abritent une grande biodiversité (ECCC, 2016). Les milieux humides jouent un rôle majeur dans l'équilibre des milieux naturels et urbanisés. Il s'agit de sites saturés d'eau ou inondés - de manière permanente ou temporelle – suffisamment longtemps pour influencer la nature du sol et la composition

végétale (ECCC, 2016). La plupart des eaux souterraines ou de surface qui s'écoulent dans un bassin versant entrent en contact avec des zones humides. (Joly et al., 2008). Ces filtres naturels rendent donc de précieux services à la société, notamment en aidant à purifier l'eau et en prévenant l'érosion et les inondations (Joly et al, 2008; Canada). Les milieux humides représentent également des fonctions telles que la nourriture ou l'habitat pour de nombreuses espèces animales qui y vivent en permanence ou qui les visitent périodiquement (ECCC, 2016).

Les tortues sont un des groupes de vertébrés les plus menacés du monde (Lovich et al., 2018; Turtle Taxonomy Working Group, 2021). L'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) définit les espèces menacées comme celles appartenant aux trois catégories suivantes : en danger critique d'extinction, en danger et vulnérable (UICN 2021). Parmi les 274 espèces de tortues répertoriées dans la liste rouge de l'UICN (version 2021.2), 62,4% sont considérées menacées, et ce, par plusieurs facteurs. Tout d'abord, les reptiles font partie des groupes les plus sensibles aux changements climatiques (Case et al., 2015). Ceci est dû principalement au fait que ce sont des ectothermes pour lesquels leur température corporelle, qui dicte ultimement leur physiologie et performance, dépend de la température de leur environnement (Edge et al., 2010; Blouin-Demers & Weatherhead, 2002). Il y a également plusieurs espèces qui ont un mode de détermination du sexe de leur progéniture qui dépend de la température de leur environnement (Lovich et al., 2018). D'une autre part, leur stratégie d'histoire de vie est particulière et caractérisée par une maturité sexuelle tardive, une longévité extrême et l'itéroparité (c'est-à-dire qu'elles se reproduisent plusieurs fois), ce qui leur confère un désavantage et limite leur résilience face aux changements anthropiques rapides (Stanford et al., 2020; Roberts et al., 2021).

Les tortues semi-aquatiques sont vulnérables aux modifications du paysage qui entraînent la perte et l'altération des habitats terrestres et aquatiques, ainsi que les niveaux de connectivité entre eux (Roe & Georges, 2007; Roberts et al., 2021). Les différentes parties du cycle de vie des tortues semi-aquatiques les rendent dépendantes aux habitats terrestres et aquatiques (Stokeld et al. 2014; Bowne et al., 2018). Elles passent généralement la majeure partie de leur temps dans des milieux aquatiques pour l'hivernage, l'accouplement, l'alimentation, la thermorégulation, l'inactivité pendant certaines périodes de l'été et les déplacements (Buchanan et al. 2019). Toutes les espèces de tortues d'eau douce utilisent aussi les habitats terrestres pour la nidification, les déplacements et l'estivation, mais la proportion de temps passé dans les hautes terres varie selon les espèces (Ernst et Lovich, 2009). Le paysage à proximité et entre les zones humides est lié à de nombreux processus écologiques des tortues d'eau douce et permet la dispersion des populations (Joyal et al. 2001). La dispersion permet l'effet d'immigration externe et augmente le flux génique pour maintenir une diversité génétique assurant une certaine résilience des espèces à l'égard des stressseurs environnementaux (Environnement et Changement climatique Canada, 2018).

La tortue peinte (*Chrysemys picta*) est l'une des espèces de tortues d'eau douce la plus répandue en Amérique du Nord (Ernst & Lovich, 2009). Sa vaste aire de répartition, la nature grégaire de son comportement de lézardage et sa facilité d'identification en ont fait une espèce modèle pour de nombreuses études (COSEPAC, 2018). Ses habitats incluent des milieux humides peu profonds avec une abondance de plantes, de sites exposés au soleil et de substrat organique (COSEPAC, 2018). Elles sont semi-tolérantes aux paysages modifiés par les humains et peuvent parfois être retrouvées dans étangs urbains et des terres soumises à des perturbations humaines telles que des étangs agricoles, des bassins de retenue ou des installations de traitement de l'eau (COSEPAC, 2018). Cependant, il s'agit d'une espèce désignée « préoccupante » par le Comité sur

la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) lors de son évaluation de 2018 puisqu'elles font face à plusieurs menaces dont la mortalité routière, la dégradation et la perte d'habitat, les espèces envahissantes et les prédateurs favorisés par les humains. Ce statut signifie que si les menaces auxquelles elles font face, notamment la perte et la dégradation des habitats, ne sont pas renversées ou gérées, les tortues peintes risquent de devenir « menacée » (COSEPAC, 2018).

La tortue mouchetée quant à elle a été désignée « en voie de disparition » en 2016 lors du réexamen de son statut par le COSEPAC (ECCC, 2018). Cette espèce a un domaine vital relativement plus grand que les autres espèces de tortues d'eau douce (Edge et al., 2010) et peut utiliser plusieurs différents milieux humides au cours d'une année (Beaudry et al. 2009). Ainsi, leur déplacement entre milieux humides est important et les rend particulièrement susceptibles à la mortalité routière (Millar & Blouin-Demers, 2001; ECCC, 2018). Cependant, la menace principale à laquelle font face les tortues mouchetées est la perte et la dégradation des habitats (ECCC, 2018). Environ 20% de l'aire de répartition mondiale de la population des Grands Lacs et du Saint-Laurent se trouve en Ontario et au Québec (COSEPAC, 2005). Des analyses quantitatives ont estimé que le nombre de tortues mouchetées adultes a diminué de plus de 60% au cours des 120 dernières années (ce qui équivaut à environ 3 générations) (COSEPAC, 2005).

Afin d'améliorer l'efficacité des actions de conservation et de prévoir la réaction des tortues d'eau douce aux changements de la couverture terrestre, il est important de comprendre comment elles interagissent avec les éléments du paysage (Blouin-Demers et al., 2012; Roberts et al., 2021). J'ai testé l'hypothèse selon laquelle la composition du paysage a un effet sur l'abondance des tortues peintes et l'occurrence des tortues mouchetée dans les milieux humides. Plus spécifiquement, j'ai testé la prédiction que les tortues peintes seront plus abondantes et qu'il

y aura une plus forte probabilité d'occurrence de tortues mouchetées dans les milieux humides entourés d'une plus grande proportion de zones humides.

Malgré leur importance au Québec, les milieux humides ont été altérés depuis plus d'un siècle, et ce, à un rythme accéléré au cours des 40 dernières années (Joly et al., 2008). Les Basse-Terre du Saint-Laurent ont perdu plus de 45 % de leurs milieux humides à ce jour et 65 % des milieux humides restants sont plus ou moins perturbés sous la pression du développement (Joly et al., 2008; CIC & MDDELCC, 2017). Cette évolution pose problème, car ces écosystèmes représentent également des habitats importants pour de nombreuses espèces, dont les tortues d'eau douce de la région. Ainsi, au fil des ans, les tortues d'eau douce telles que la tortue peinte (*Chrysemys picta*) et la tortue mouchetée (*Emydoidea blandingii*) ont donc perdu une partie importante de leur habitat.

MÉTHODES

Aire d'étude

Mes observations de tortues ont été faites dans 26 milieux humides en bordure d'un tronçon d'environ 10 km le long de l'ancienne voie ferrée du Canadian National à Bristol, Québec, Canada. Ce sentier utilitaire traverse le vaste réseau de milieux humides du Grand Marais de Bristol (Figure 1). La superficie des 26 milieux humides variait entre 84 et 152 ha, avec une moyenne de 107 ha (Annexe 1).

Suivis visuels

J'ai réalisé 21 suivis visuels hebdomadaires des 26 milieux humides entre les mois de mai et octobre, soit la presque totalité de la saison d'activité des tortues. Généralement, les suivis ont

été effectués entre 10 h 00 et 14 h 00 pour chevaucher la fenêtre de température pendant laquelle les probabilités de détection de tortues qui lézardent sont plus élevées (OMNRF, 2015).

À l'aide de jumelles, j'ai inspecté les milieux humides pour identifier et compter les tortues peintes et mouchetées qui s'y trouvaient. Pour chaque observation, les informations suivantes ont été notées : l'espèce, le nombre d'individus et les coordonnées UTM. Ces informations ont été enregistrées avec une tablette Blackview (OSCAL S60) et le logiciel ArcGIS Field Maps (ESRI, 2022).

Les tortues peintes sont facilement reconnaissables grâce à leur coloration rouge et jaune sur leurs extrémités, ainsi que par la taille et la forme aplatie de leur carapace (Ernst & Lovich 2009). La carapace des tortues mouchetée est plus bombée et ses mouchetures jaunâtres sont caractéristiques (COSEPAC, 2005). Elles ont aussi un cou distinctement jaune.

Composition du paysage

Je me suis servi de la cartographie des milieux humides potentiels du Québec 2019, publiée par la Direction de la connaissance écologique, afin de délimiter les 26 milieux humides dans ArcGIS Pro (Données Québec (b), 2019; ESRI, 2022). J'ai généré des zones tampons de 500 m de rayon autour du périmètre des milieux humides pour en quantifier la composition. J'ai choisi d'utiliser 500 m afin de prendre en compte les facteurs du paysage qui pourraient potentiellement influencer le déplacement régulier durant la saison active des deux espèces de tortues entre les terres humides et les autres zones aquatiques (Edge et al. 2010). Les tortues peintes parcourent des distances généralement inférieures à 450 m (COSEPAC, 2006; Steen et al. 2012). Les tortues mouchetées, quant à elles, ont des domaines vitaux relativement plus vastes (Joyal et al. 2001). Une étude par Edge et al. (2010) dans le parc provincial Algonquin, a trouvé que le domaine vital

des tortues mouchetées a une longueur moyenne de 1.8 km, avec une longueur maximale de 4.3 km. Cette étude a démontré que les tortues mouchetées avaient un déplacement annuel moyen de 231 mètres pour les mâles et de 497 mètres pour les femelles (Edge et al. 2010).

Je me suis servi de données géographiques des Comptes de terres du Québec méridional à une résolution de 50 m afin de quantifier la composition du paysage dans les zones tampons dans ArcGIS Pro (Données Québec (a); ESRI, 2022). J'ai mesuré les composantes du paysage (milieux humides et forêts) comme proportion de la superficie totale d'une zone tampon. J'ai exclu les composantes des surfaces artificielles et des terres agricoles puisque ces zones recouvraient chacune une moyenne de moins de 1% des zones tampons autour de mes milieux humides (Annexe 2). J'ai également regroupé les différents types de milieux humides (forestiers et herbacés ou arbustifs) puisque les milieux humides herbacés ou arbustifs comprenaient moins de 3% des zones tampons (Annexe 2).

Analyses statistiques

J'ai utilisé deux modèles statistiques afin de modéliser l'effet de la composition du paysage sur l'abondance ou la présence des tortues. Mon premier modèle était un modèle linéaire généralisé de type binomial négatif pour modéliser l'abondance des tortues peintes en fonction des variables de paysage. Afin d'éviter des problèmes de pseudoréplication, j'ai utilisé le nombre maximal de tortues peintes que j'ai observées dans un milieu humide lors d'un suivi. Cet index d'abondance locale a également permis de contrôler les facteurs environnementaux (p. ex., la température et le couvert nuageux) et logistiques (p. ex., le temps de la journée) qui auraient pu avoir un effet sur le nombre de tortues peintes observées lors d'un suivi donné. La distribution de mes données respectait une distribution de Poisson (Annexe 1). Toutefois, à cause d'un problème de dispersion,

j'ai opté pour un modèle binomial négatif. L'analyse statistique de probabilité de présence des tortues mouchetée a été faite avec un modèle linéaire généralisé de type binomial. Les milieux humides où j'ai observé au moins une tortue mouchetée au cours des 21 suivis avaient une valeur de 1, tandis que ceux où je n'en ai jamais vu avaient une valeur de 0.

J'ai réalisé mes analyses statistiques dans R version 4.2.1 (R Core Team, 2022) et je me suis servi du paquet DHARMA pour tester les conditions d'application de mes modèles linéaires généralisés (Hartig, 2022). J'ai utilisé une simulation, similaire à la valeur-p bayésienne ou au bootstrap paramétrique, pour convertir les résidus en une échelle standardisée (valeur entre 0 et 1) (Hartig, 2022). Ceci rend leur interprétation aussi intuitive que pour les résidus des modèles linéaires (Hartig, 2022).

RÉSULTATS

Suivis visuels

Au total, j'ai recensé 332 tortues peintes dans 18 des 26 milieux humides, avec un nombre maximal moyen de $3,2 \pm 4,2$ tortues peintes observées par milieu humide (Annexe 1). Le milieu humide avec le maximum d'individus observé lors d'un suivi (16 tortues) est également le milieu humide avec le plus de tortues peintes observées en tout (89 tortues) (Figure 1; Annexe 1). D'autre part, j'ai observé 12 tortues mouchetées dans 3 des 26 des milieux humides (Figure 1; Annexe 1).

Effets du paysage sur l'abondance ou la présence des tortues

Toutes les variables ont donc été considérées dans les modèles étant donné les coefficients de corrélation faible à modérer entre elles (Figure 2). La plus haute corrélation était entre l'eau ouverte et les milieux humides ($r = -0,7$), mais n'était pas suffisamment élevée pour être exclue.

Toutefois, pour mes deux modèles, en calculant les facteurs d'inflation de la variance de chaque prédicteur, j'ai constaté que certains prédicteurs étaient corrélés avec une combinaison linéaire des autres prédicteurs. Pour éviter ces problèmes de colinéarité, j'ai éliminé les prédicteurs redondants : les variables d'eau ouverte et les forêts mixtes. Les estimés de l'effet des variables prédictives sur, soit l'abondance des tortues peintes (Tableau 1), soit la probabilité de présence des tortues mouchetées (Tableau 2), étaient très faibles (Figures 3 & 4) et non significatives ($p > 0,05$; Tableaux 1 & 2). J'ai refait les analyses en combinant les types de forêts, mais les conclusions étaient les mêmes.

DISCUSSION

Présences de tortues peintes et de tortues mouchetées

Les tortues peintes ont été observées dans presque tous les milieux humides tandis que les tortues mouchetées n'étaient présentes que dans 3. Ceci pourrait résulter du fait que les tortues peintes étaient généralement plus faciles à détecter que les tortues peintes. Les tortues peintes ont une carapace plus brillante et un comportement plus grégaire ce qui augmente leur détectabilité, surtout sur des sites d'exposition au soleil (COSEPAC, 2018). De plus, les tortues peintes sont généralistes sur le plan alimentaire et sont semi-tolérantes aux paysages modifiés par les humains, ce qui signifie qu'elles sont moins sélectives quant au type et la qualité de leurs habitats (COSEPAC, 2018).

Détection de tortues

Plusieurs tortues semi-aquatiques ont une détectabilité faible et variable, ce qui représente un défi logistique pour l'étude de ces espèces cryptiques (Roberts et al. 2021). Même avec des

études de marquage-recapture à long terme, ce qui nécessite beaucoup de ressources, il est difficile d'obtenir des estimations précises de leur abondance en raison de la variation inévitable des observations (Buchanan et al. 2019). En effet, la détectabilité des tortues varie selon l'accessibilité des sites, la complexité de l'habitat et les conditions environnementales (COSEPAC, 2018; OMNRF, 2015).

Il y a plusieurs facteurs qui peuvent influencer le nombre d'observations lors d'un suivi. Tout d'abord, il pourrait y avoir une sous-estimation du nombre de tortues puisque les suivis étaient hebdomadaires et n'avaient pas toujours lieu pendant des journées avec des conditions météorologiques favorables aux observations. Les conditions environnementales font partie des facteurs les plus importants lors de campagnes d'observations de tortues (OMNRF, 2015). Comme les tortues sont des animaux ectothermes, les conditions environnementales ont donc un effet important sur leur comportement et leur niveau d'activité, ce qui peut influencer la probabilité des détections de tortue (OMNRF, 2015). Par exemple, lorsqu'il fait suffisamment chaud (courant vers la mi-juin) les tortues sont capables de maintenir une température interne favorable en restant dans l'eau et passent donc moins de temps à lézarder, ce qui les rend plus difficiles à observer (OMNRF, 2015).

De plus, au cours de la période de l'étude, il y a plusieurs changements au niveau de la végétation qui borde l'ancienne voie ferrée et qui est présente dans les milieux humides (Annexe 3). Ainsi, les milieux humides exposés au printemps étaient de moins en moins visibles au fur et à mesure que la végétation devenait plus dense, ce qui diminuait les chances de pouvoir observer des tortues. Il pourrait donc y avoir une sous-estimation quant à l'abondance des tortues vers la fin de printemps et le début de l'été lorsque la végétation devient plus dense et haute.

Les observations ont principalement été faites à partir du sentier plus élevé afin de pouvoir observer en angle de dépression les tortues dans les milieux humides plus bas. Toutefois, dans certains cas, il fallait descendre au niveau des milieux humides afin de pouvoir les inspecter sans que la végétation vienne obstruer le champ de vision. Malgré mes efforts de minimiser mon impact sur la détection de tortues en marchant tranquillement et en inspectant les milieux humides de loin, il est possible que les tortues se soient sauvées lorsqu'elles m'ont détecté.

Effets du paysage sur l'abondance ou la présence des tortues

L'objectif de mon étude était de tester l'hypothèse que la composition du paysage, notamment les milieux humides et les forêts, avait un effet sur l'abondance des tortues peintes et la probabilité de présence de tortues mouchetées. Les résultats que j'ai obtenus ne supportent pas mon hypothèse puisque les proportions des milieux humides ou des forêts dans une zone tampon de 500 m n'avaient pas effet significatif sur l'abondance et la présence de tortues dans les milieux humides.

Cela ne coïncide pas avec ce qui a été constaté dans des études antérieures. Par exemple, une étude dans la région d'Ottawa a trouvé que les milieux humides moins perturbés, avec une plus haute proportion des couvertures forestières et des milieux humides, avaient une probabilité plus élevée de présence de tortue mouchetée (Fyson & Blouin-Demers, 2021). Leur paysage était composé de terres anthropogéniques, de terres agricoles et de routes, ce qui a permis un certain niveau de perturbation pouvant avoir un effet sur la sélection de l'habitat à l'échelle du paysage. De plus, une étude par Roberts et al. (2021) a trouvé que l'abondance d'une autre espèce de tortue d'eau douce - la tortue des bois (*Glyptemys insculpta*) – a diminué avec l'agriculture et la circulation et a augmenté avec la couverture forestière.

Il est possible que je n'aie pas pu détecter d'effet du paysage puisque mon aire d'étude est relativement homogène. La matrice paysagère dans laquelle se retrouvent les milieux humides suivis est principalement constituée de terres protégées par Conservation de la nature Canada (CNC). En effet, 1 131 hectares de la superficie totale du Grand marais de Bristol sont protégés par cet organisme (Radio-Canada, 2020). Il y a donc très peu de perturbations pouvant avoir un effet sur la sélection de l'habitat à l'échelle du paysage. Lorsque l'aire d'étude est large et relativement naturelle, il est possible de ne pas détecter de sélection d'habitats puisque tous les habitats sont convenables et présents en quantité suffisante (Edge et al. 2010).

Des analyses à l'échelle du paysage sont utilisées depuis des décennies pour déterminer comment les changements dans la composition et la configuration du paysage affectent les espèces (Buchanan et al. 2019; Edge et al. 2010; Joyal et al. 2001; Roberts et al. 2021). Toutefois, les résultats des études écologiques de ce type dépendent de l'échelle à laquelle les observations ont lieu (Wiens, 1989). Les études de ce type ont habituellement recours à plusieurs échelles spatiales par différents incréments de zones tampons. Ceci permet de déterminer la taille de la zone tampon entourant une zone humide dans laquelle la variable paysagère présente la corrélation la plus élevée avec la présence de tortue (Buchanan et al. 2019; Edge et al. 2010; Fyson & Blouin-Demers, 2021). Le recours à différentes échelles spatiales permet également de prendre en compte la biologie des espèces étudiées (sans le biais de la perception humaine) pour que les résultats soient biologiquement pertinents (Johnson, 1980; Morris, 1987).

Ainsi, outre que la composition homogène de mon aire d'étude, il est possible que je n'aie pas pu détecter un effet du paysage sans considérer plusieurs échelles spatiales. Edge et al. (2010) ont également étudié la sélection d'habitats de la tortue mouchetée dans le paysage relativement homogène du parc provincial Algonquin. Ils ont trouvé que la composition du paysage avait un

effet sur la sélection de l'habitat de la tortue mouchetée à l'échelle de leur domaine vital, mais pas à de plus petites échelles (Edge et al. 2010). Il est donc possible que je puisse détecter un effet de mes variables de paysage si je me servais de différentes distances de zones tampons autour de mes milieux humides. Non seulement cela, mais il est également probable que la sélection d'habitats des tortues peintes et des tortues mouchetées pourrait être différentes et dépendre de facteurs à différentes échelles.

Implications et conclusions

Mon étude suggère que la composition du paysage, notamment les milieux humides et les forêts, n'a pas d'effet sur l'abondance des tortues peintes et la probabilité de présence de tortues mouchetées dans la région que j'ai étudié. Il faut néanmoins interpréter mes résultats avec prudence en raison de mon aire d'étude relativement homogène, ma petite taille d'échantillon et mes analyses à une seule échelle spatiale.

L'absence de l'effet attendu pourrait potentiellement suggérer que la conservation du paysage dans mon aire d'étude par Conservation de la Nature Canada (CNC) offre aux tortues peintes et aux tortues mouchetées des habitats convenables et présents en quantité suffisante (Edge et al. 2010). Cette hypothèse pourrait être testée en utilisant différentes distances de zones tampons et en utilisant d'autres méthodes pour la détection de tortues ce qui permettrait d'obtenir une plus grande taille d'échantillon.

Les processus à l'échelle du paysage tels que la dispersion, la connectivité, les perturbations et la fonction globale de l'écosystème peuvent être importants pour soutenir des populations robustes de tortues semi-aquatiques (Roberts et al., 2021). Les tortues contribuent à de multiples fonctions dans les écosystèmes aquatiques telles que le cycle des nutriments et la dispersion de

graines et sont donc importantes au rétablissement et maintien des milieux humides dégradés et menacés (COSEWIC, 2018). Ainsi, la conservation des tortues d'eau douce et des zones humides de qualité est une entreprise commune.

RÉFÉRENCES

- Blouin-Demers, Gabriel, and Patrick J. Weatherhead. “Habitat-Specific Behavioural Thermoregulation by Black Rat Snakes (*Elaphe Obsoleta Obsoleta*).” *Source: Oikos*, vol. 97, no. 1, 2002, pp. 59–68, doi:10.1034/j.1600-0706.2002.970106.x.
- Blouin-Demers, Gabriel, et al. “Landscape Composition Weakly Affects Home Range Size in Blanding’s Turtles (*Emydoidea Blandingii*).” *Ecoscience*, vol. 19, no. 3, Sept. 2012, pp. 191–97, doi:10.2980/19-3-3528.
- Buchanan, Scott W., et al. “Occupancy of Freshwater Turtles Across a Gradient of Altered Landscapes; Occupancy of Freshwater Turtles Across a Gradient of Altered Landscapes.” *Source: The Journal of Wildlife Management*, vol. 83, no. 2, 2019, pp. 435–45, doi:10.2307/26609588.
- Bowne, David R., et al. “Effects of Urbanization on the Population Structure of Freshwater Turtles across the United States.” *Conservation Biology*, vol. 32, no. 5, John Wiley & Sons, Ltd, Oct. 2018, pp. 1150–61, doi:10.1111/COBI.13136.
- Canards Illimités Canada et le ministère du Développement durable, de l’Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (CIC & MDDELCC). “Cartographie détaillée des milieux humides du territoire des basses-terres de l’Outaouais et ses environs - Rapport technique.” 52 P. 2017.
- Case, Michael J., et al. “Relative Sensitivity to Climate Change of Species in Northwestern North America.” *Biological Conservation*, vol. 187, Elsevier, July 2015, pp. 127–33, doi:10.1016/J.BIOCON.2015.04.013.
- Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). “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. Xviii + 123 P.*, 2018.
- Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la tortue mouchetée (*Emydoidea blandingii*) au Canada - Mise à jour. *Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa. Ix + 47 P.*, 2005.
- Données Québec (a). *Comptes des terres du Québec méridional (changement de la couverture terrestre)*. Institut de la Statistique, Gouvernement du Québec, 2019.
<https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/comptes-des-terres-du-quebec-meridional-changement-de-la-couverture-terrestre>
- Données Québec (b). *Milieux Humides Potentiels - Jeu de Données*. Environnement, Lutte contre les changements climatiques, Faune et Parcs, Gouvernement du Québec, 2019.
<https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/milieux-humides-potentiels>.

Edge, Christopher B., et al. “Habitat Selection by Blanding’s Turtles (*Emydoidea Blandingii*) in a Relatively Pristine Landscape.” *Ecoscience*, vol. 17, no. 1, Mar. 2010, pp. 90–99, doi:10.2980/17-1-3317.

Environment and Climate Change Canada (ECCC). “Water Sources: Wetlands.” *Government of Canada*, 14 Jan. 2016, <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/water-overview/sources/wetlands.html>.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). “Programme de rétablissement de la tortue mouchetée (*Emydoidea blandingii*), population des Grands Lacs et du Saint-Laurent, au Canada.” *Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril. Environnement et Changement climatique Canada, Ottawa. Viii + 64 P.*, 2018.

Environnement et ressources naturelles. “Les Solutions Fondées Sur La Nature.” *Gouvernement Du Canada*, 9 Mar. 2023, https://www.canada.ca/fr/services/environnement/notre-environnement/solutions-climatiques-fondees-nature.html?utm_campaign=eccc-eccc-nbs-22-23&utm_medium=sem&utm_source=ggl&utm_content=ad-text-fr&utm.

ESRI, Inc. 2022. ArcGIS Field Maps. Release 23.1.1. Environmental Systems Research Institute (ESRI), Inc., Redlands, Calif.

ESRI, Inc. 2022. ArcGIS Pro. Release 3.0.1. Environmental Systems Research Institute (ESRI), Inc., Redlands, Calif.

Ernst, C. H., and J. E. Lovich. 2009. *Turtles of the United States and Canada*. John Hopkins University Press, Baltimore.

Fyson, Vincent K., and Gabriel Blouin-Demers. “Effects of Landscape Composition on Wetland Occupancy by Blanding’s Turtles (*Emydoidea Blandingii*) as Determined by Environmental Dna and Visual Surveys.” *Canadian Journal of Zoology*, vol. 99, no. 8, Canadian Science Publishing, 2021, pp. 672–80, doi:10.1139/CJZ-2021-0004/SUPPL_FILE/CJZ-2021-0004SUPPLA.ZIP.

Haines-Young, Roy. “Land Use and Biodiversity Relationships.” *Land Use Policy*, vol. 26, no. SUPPL. 1, Pergamon, Dec. 2009, pp. S178–86, doi:10.1016/J.LANDUSEPOL.2009.08.009.

Hartig, Florian. (2022). DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models. R package version 0.4.6. <https://CRAN.R-project.org/package=DHARMA>.

IUCN. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-2. <https://www.iucnredlist.org>.

Joly, Martin, et al. *Guide d’élaboration d’un Plan de Conservation Des Milieux Humides*. Première édition, Québec, Ministère du Développement durable, de l’Environnement et des

- Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, 2008, ISBN 978-2-550-53636-9, 68 p.
- Johnson, Douglas H. “The Comparison of Usage and Availability Measurements for Evaluating Resource Preference.” *Ecology*, vol. 61, no. 1, 1980, pp. 65–71, <https://digitalcommons.unl.edu/usgsnpwrc/198>.
- Joyal, Lisa A., et al. *Landscape Ecology Approaches to Wetland Species Conservation: A Case Study of Two Turtle Species in Southern Maine*. no. 6, 2001, pp. 1755–62.
- Leal, Cecilia G., et al. “Integrated Terrestrial-Freshwater Planning Doubles Conservation of Tropical Aquatic Species.” *Science*, vol. 370, no. 6512, American Association for the Advancement of Science, Oct. 2020, pp. 117–21, doi:10.1126/SCIENCE.ABA7580.
- Lovich, Jeffrey E., et al. “Where Have All the Turtles Gone, and Why Does It Matter?” *BioScience*, vol. 68, no. 10, 2018, doi:10.1093/biosci/biy095.
- Millar, Catherine S., and Gabriel Blouin-Demers. “Spatial Ecology and Seasonal Activity of Blanding’s Turtles (*Emydoidea blandingii*) in Ontario, Canada.” <https://doi-org.proxy.bib.uottawa.ca/10.1670/10-172.1>, vol. 45, no. 3, Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Sept. 2011, pp. 370–78, doi:10.1670/10-172.1.
- Morris, Douglas W. *Ecological Scale and Habitat Use*. no. 2, 1987, pp. 362–69.
- Newbold, Tim, et al. “Global Effects of Land Use on Local Terrestrial Biodiversity.” *Nature*, no. 520, 2015, pp. 45–50, doi:10.1038/nature14324.
- Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry (OMNRF). “Survey Protocol for Blanding’s Turtle (*Emydoidea blandingii*) in Ontario.” *Species Conservation Policy Branch*. Peterborough, Ontario. ii + 16 P. 2015.
- Pereira, Henrique Miguel, et al. “Global Biodiversity Change: The Bad, the Good, and the Unknown.” *Annual Review of Environment and Resources*, no. 37, 2012, pp. 25–50, doi:10.1146/annurev-environ-042911-093511.
- Radio-Canada. *Une Nouvelle Aire Est Acquis Pour Protéger Des Animaux Menacés Dans Le Pontiac*. Radio-Canada.ca, 16 Feb. 2020, <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1524839/aire-protegee-animaux-menaces-bristol-pontiac-tortue-mouchetee-coutaouais-nature>.
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Roberts, H. Patrick, et al. “Large-Scale Collaboration Reveals Landscape-Level Effects of Land-Use on Turtle Demography.” *Global Ecology and Conservation*, vol. 30, Elsevier B.V., Oct. 2021, doi:10.1016/J.GECCO.2021.E01759.

- Roe, John H., et al. "Suburbs: Dangers or Drought Refugia for Freshwater Turtle Populations?" *The Journal of Wildlife Management*, vol. 75, no. 7, John Wiley & Sons, Ltd, Sept. 2011, pp. 1544–52, doi:10.1002/JWMG.219.
- Shepard, Donald B., et al. "Roads as Barriers to Animal Movement in Fragmented Landscapes." *Animal Conservation*, vol. 11, no. 4, John Wiley & Sons, Ltd, Aug. 2008, pp. 288–96, doi:10.1111/J.1469-1795.2008.00183.X.
- Stanford, Craig B., et al. "Turtles and Tortoises Are in Trouble." *Current Biology*, vol. 30, no. 12, Cell Press, June 2020, pp. R721–35, doi:10.1016/J.CUB.2020.04.088.
- Steen, D. A., et al. "Terrestrial Habitat Requirements of Nesting Freshwater Turtles." *Biological Conservation*, vol. 150, no. 1, Elsevier, June 2012, pp. 121–28, doi:10.1016/J.BIOCON.2012.03.012.
- Stokeld, Danielle, et al. "Factors Influencing Occurrence of a Freshwater Turtle in an Urban Landscape: A Resilient Species?" *Wildlife Research*, vol. 41, no. 2, CSIRO Publishing, Aug. 2014, pp. 163–71, doi:10.1071/WR13205.
- Turtle Taxonomy Working Group. *Turtles of the World: Annotated Checklist and Atlas of Taxonomy, Synonymy, Distribution, and Conservation Status (9th Ed.)*. Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. 2021. Chelonian Research Monographs 8:1–472. doi: 10.3854/crm.8.checklist.atlas.v9.2021.
- Walsh, Christopher J., et al. "The Urban Stream Syndrome: Current Knowledge and the Search for a Cure." *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 24, no. 3, North American Benthological Society, 2005, pp. 706–23, doi:10.1899/04-028.1/ASSET/IMAGES/LARGE/I0887-3593-24-3-706-F03.JPEG.
- Wiens, J. A. "Spatial Scaling in Ecology." *Functional Ecology*, vol. 3, no. 4, 1989, pp. 385–97.

Tableau 1. Modèle linéaire généralisé de type binomial négatif pour déterminer les effets du couvert terrestre sur le nombre maximal de tortues peintes (N = 26) dans le Grand Marais de Bristol dans la région du Pontiac (Québec, Canada). Une zone tampon avec un distance de 500 m autour de chaque milieu humide a été utilisée pour déterminer les proportions des différents types de couvert terrestres.

Variabes	Estimé	Écart-type	Score Z	Valeur-p
Forêt de feuillus (%)	0.33913	18.472854	-0.263	0.921
Forêt de conifères (%)	-1.08587	0.031010	0.247	0.530
Milieus humides (%)	-2.83342	6.697	0.355	0.712
Superficie (ha)	-0.006516	3.5128	0.252	0.643

Tableau 2. Modèle linéaire généralisé de type binomial pour déterminer les effets du couvert terrestre sur la probabilité de présence des tortues mouchetées (N = 26) dans le Grand Marais de Bristol dans la région du Pontiac (Québec, Canada). Une zone tampon avec un distance de 500 m autour de chaque milieu humide a été utilisée pour déterminer les proportions des différents types de couvert terrestres.

Variabes	Estimé	Écart-type	Score Z	Valeur-p
Milieus humides (%)	- 4.857334	18.472854	-0.263	0.793
Superficie (ha)	0.007659	0.031010	0.247	0.805
Forêt de feuillus (%)	2.376	6.697	0.355	0.7227
Forêt de conifères (%)	0.8853	3.5128	0.252	0.80103

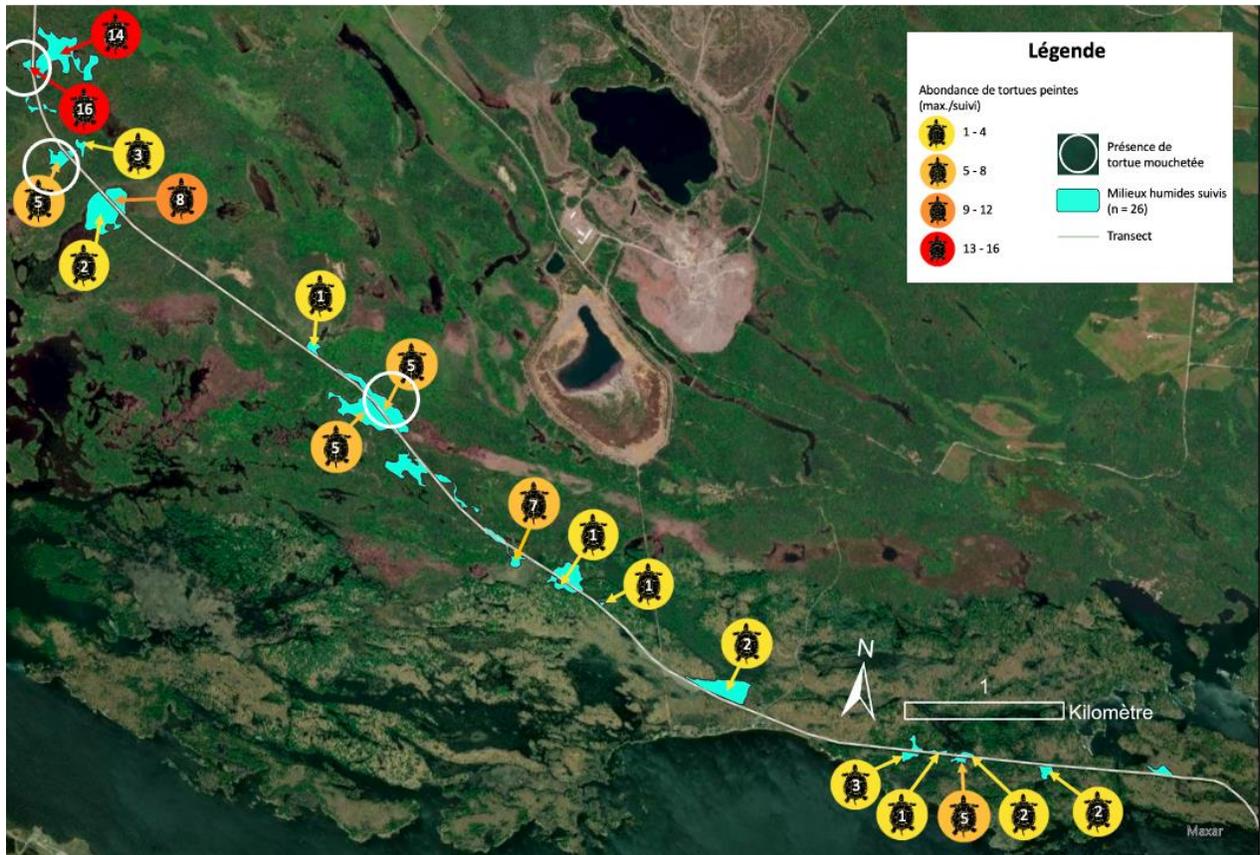


Figure 1. Carte des 26 milieux humides étudiés dans le Grand Marais de Bristol dans la région du Pontiac au Québec. Les 21 suivis hebdomadaires ont été réalisés en suivant l'ancienne voie ferrée de Canadian National. Le nombre maximal de tortues peintes par milieu humide (observées lors d'un suivi) est représentée par un icône avec une couleur permettant de comparer visuellement l'abondance. Les milieux humides où au moins une tortue mouchetée a été documentée sont encerclés en blanc.

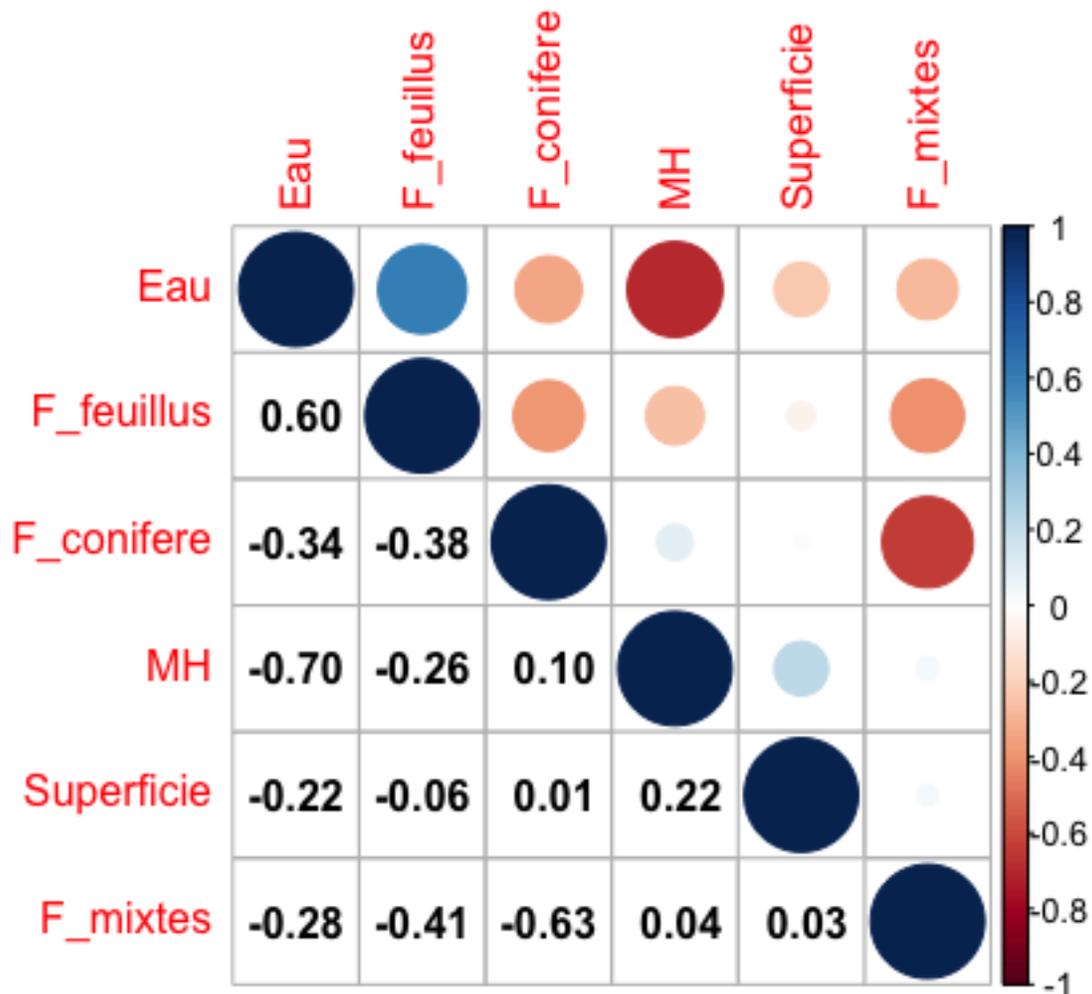


Figure 2. Matrice de corrélation entre toutes les variables mesurées pour les analyses de l’effet de la composition du paysage sur l’abondance des tortues peintes et la présence des tortues mouchetées à Bristol, Québec, Canada. Les cercles de plus grande taille et plus foncés ont des coefficients de corrélation plus élevés. Légende : F_feuillus = proportion de forêts de feuillus; Eau = proportion de plans d’eau ouverte; F_mixtes = proportion de forêts mixtes; MH = proportion de milieux humides; Superficie = superficie des milieux humides suivis (ha); F_conifere = proportion de forêts de conifères.

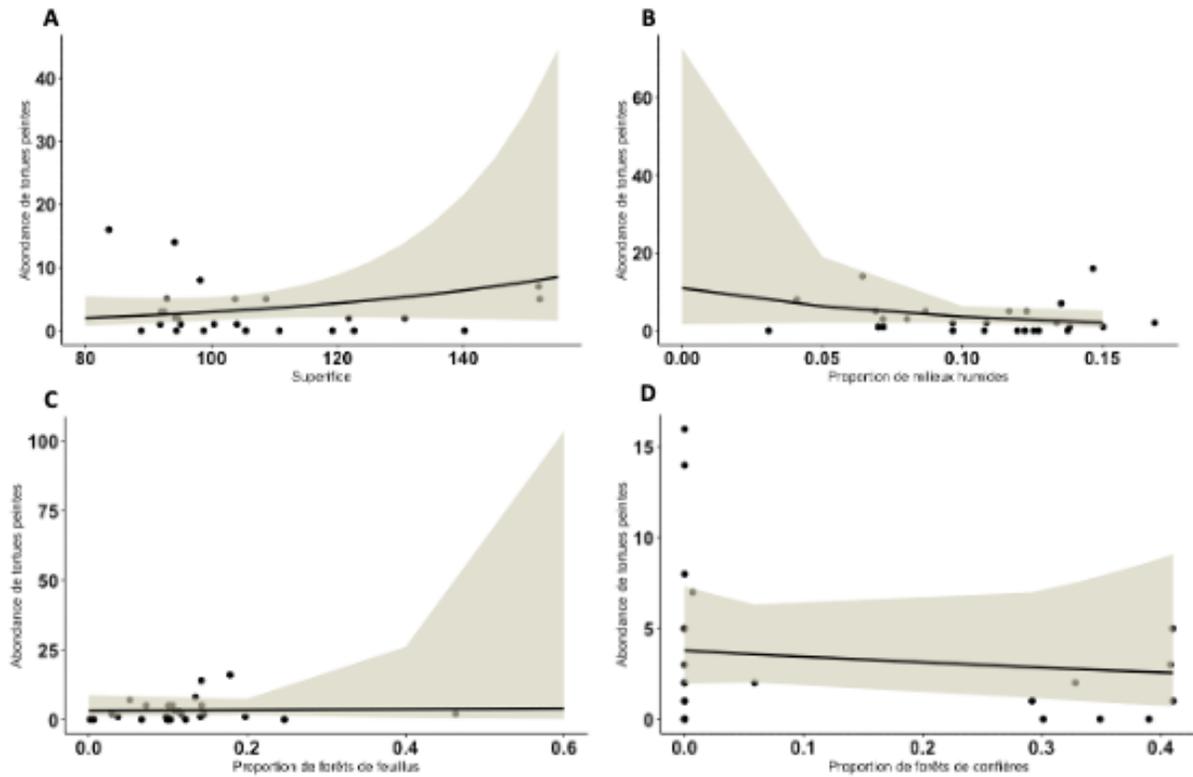


Figure 3. Nombre maximal de tortues peintes prédit en fonction de B) la proportion de milieux humides, C) la proportion de forêts de feuillus, D) la proportion de forêts de conifères et A) la superficie du milieu humide (ha). Les points représentent les 26 milieux humides suivis avec une zone tampon de 500 mètres dans le Grand Marais de Bristol, Pontiac, Québec. Le nuage gris représente l'intervalle de confiance à 95 %.

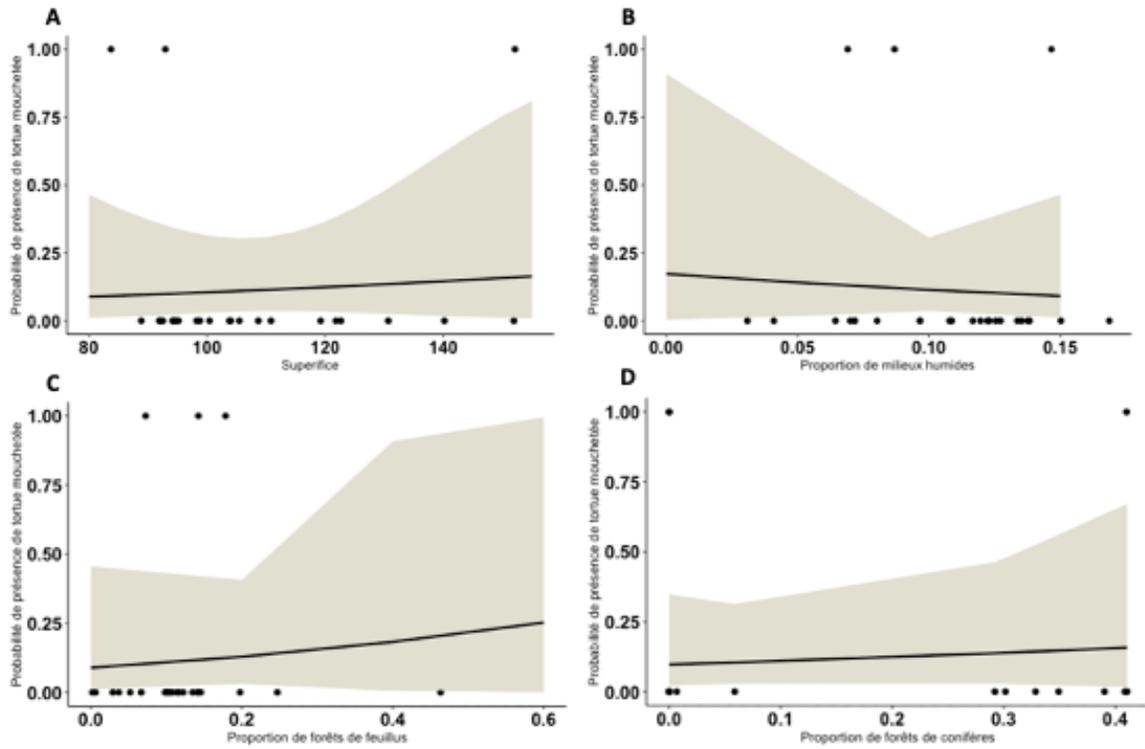


Figure 4. Probabilité de présence de tortues mouchetées prédite en fonction de B) la proportion de milieux humides, C) la proportion de forêts de feuillus, D) la proportion de forêts de conifères et A) la superficie du milieu humide (ha). Les points représentent les 26 milieux humides suivis avec une zone tampon de 500 mètres dans le Grand Marais de Bristol, Pontiac, Québec. Le nuage gris représente l'intervalle de confiance à 95 %.

Annexe 1

Tableau 1 - sommaire des informations pour les 26 milieux humides suivis.

ID	Abondance max. peintes	Total peintes	Présence mouchetées	Total mouchetées	Superficie (m²)	Y	X
1	14	62	Non	0	941426.548	45.505905	-76.392132
2	16	89	Oui	6	837268.039	45.5042709	-76.392013
3	0	0	Non	0	944402.94	45.5018428	-76.391048
4	0	0	Non	0	1226388.15	45.5017382	-76.391032
5	5	5	Oui	1	1521161.03	45.4993308	-76.388449
6	3	3	Non	0	925273.715	45.4993308	-76.388449
7	2	5	Non	0	1306752.56	45.4968921	-76.384495
8	8	33	Non	0	982096.088	45.4968921	-76.384495
9	1	2	Non	0	951433.215	45.4895343	-76.366915
10	5	15	Oui	5	929317.631	45.4866729	-76.360974
11	5	16	Non	0	1037496.56	45.4866729	-76.360974
12	0	0	Non	0	1108043.87	45.4840282	-76.357144
13	0	0	Non	0	1192085.89	45.4833577	-76.356175
14	0	0	Non	0	1401744.99	45.481884	-76.354025
15	7	36	Non	0	1519323.7	45.4804632	-76.350922
16	0	0	Non	0	1054508.72	45.4783003	-76.344808
17	1	1	Non	0	1040316.41	45.4783003	-76.344808
18	1	1	Non	0	1004170.6	45.4771373	-76.341797
19	2	4	Non	0	942465.248	45.4726408	-76.331247
20	3	19	Non	0	920487.464	45.4708923	-76.315639
21	0	0	Non	0	987768.411	45.4708923	-76.315639
22	1	4	Non	0	918732.436	45.4709453	-76.313587
23	5	29	Non	0	1086735.89	45.4709421	-76.311589
24	2	4	Non	0	1217908.66	45.4709421	-76.311589
25	2	4	Non	0	947138.595	45.4709242	-76.304964
26	0	0	Non	0	888543.525	45.4710359	-76.294994

Annexe 2

Tableau 2 - Liste de variables de la composition du paysage des zones tampons autour des 26 milieux humides. Le pourcentage moyen (n=26) et le pourcentage maximal des zones tampons composées des différentes variables sont également présentés.

Variable de composition du paysage	Pourcentage moyen (%) des zones tampons recouvertes par la variable	Pourcentage maximal (%) des zones tampons recouvertes par la variable
Surfaces artificielles	*0,24	3,12
Terres agricoles	*0,15	4,01
Milieux humides forestiers	**18,34	33,73
Milieux humides herbacés ou arbustifs	**2,74	14,24
Plans et cours d'eau intérieure	6,10	24,37
Forêts de conifères à couvert fermé	11,37	41,04
Forêts de feuillus à couvert fermé	12,03	46,31
Forêts mixtes à couvert fermé	48,96	68,87
Pas de données	*0,09	1,73

* Variable exclu de l'analyse à cause d'un faible pourcentage moyen

** Les différents types de milieux humides (forestiers et herbacés ou arbustifs) ont été combinés dans l'analyse

Annexe 3



Figure 1 – Différence de la végétation en bordure et dans le même milieu humide (ID_1) en juillet (gauche) et en octobre (droite).