

Variations spatio-temporelles de la biodiversité des lépidoptères au Québec

Marika Roberge^a, Bertrand Labrecque^a, and Juliette Boulet-Thomas^a

^a Faculté des sciences, Département de biologie, 2500 Boulevard de l'Université, Sherbrooke, Québec, J1K 2R1

This manuscript was compiled on April 21, 2025

Inclure le résumé ici.

lepidopteres | communautés | variation temporelle | variation spatiale

Introduction et questions de recherche

Les lépidoptères, en tant qu'indicateurs sensibles à la température et aux changements environnementaux (Devictor et al., 2012; Parmesan et al., 1999), sont particulièrement utiles pour évaluer les effets des perturbations anthropiques, notamment les changements climatiques et l'altération des habitats. Au Québec, plusieurs espèces pourraient voir leur aire de répartition modifiée, soit par l'expansion d'espèces thermophiles vers le nord, soit par un recul des espèces froid-adaptées.

Dans ce contexte, nous avons étudié l'évolution de la diversité des lépidoptères au Québec, à la fois dans le temps et dans l'espace, en nous basant sur les données de présence collectées depuis environ 150 ans. L'objectif principal est d'évaluer les changements dans la diversité des lépidoptères au Québec à travers ces deux dimensions. Ainsi, la première analyse se pose la question suivante : comment la richesse spécifique des lépidoptères a-t-elle évolué au fil des années ? La deuxième analyse s'interroge sur : comment la diversité et la répartition des lépidoptères ont-elles évolué au fil du temps et selon les régions du Québec ? Enfin, la troisième analyse cherche à répondre à la question suivante : comment la répartition de *Papilio canadensis* a-t-elle changé au cours du temps et dans l'espace au Québec ?

Ces résultats permettront de discuter des mécanismes potentiels à l'origine des patrons observés, entre biais d'échantillonnage et signaux biologiques réels, et d'évaluer si la composition des communautés de lépidoptères au Québec reflète une transformation de la biodiversité entomologique.

Format.

References. References should be cited in numerical order as they appear in text; this will be done automatically via bibtext, e.g. (1) and (2, 3). All references, including for the SI, should be included in the main manuscript file. References appearing in both sections should not be duplicated. SI references included in tables should be included with the main reference section.

Résultats. Ici, est présenté un graphique (Fig. 1) mettant en évidence les variations en termes de nombre d'espèces uniques observées au fil des années. Expliquer pourquoi le nombre unique est utilisé et donc sa pertinence.

Comme deuxième analyse, elle porte sur une espèce commune au Québec, *Papilio canadensis*, communément appelé Papillon tigré du Canada (Fig. 2). Présenter ici la biologie de l'espèce rapidement et de combien de données ont été utilisées pour créer le graphique. Avec références bibliographiques.

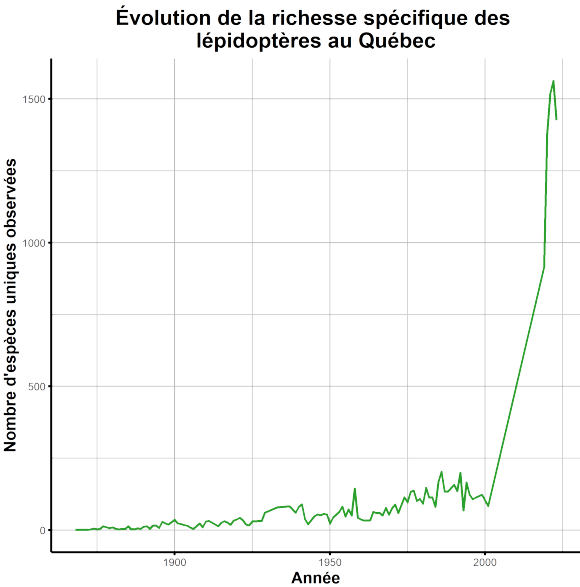


Fig. 1. Variation du nombre d'espèces de lépidoptères au Québec en fonction du temps.

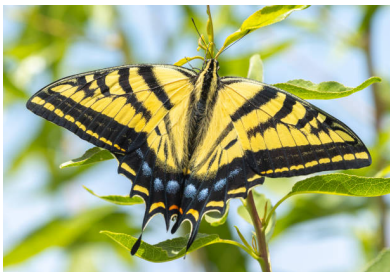


Fig. 2. Papillon tigré du Canada (*Papilio canadensis*) observé dans son habitat naturel.

L'analyse portant sur l'espèce permet de décrire comment la répartition de *Papilio canadensis* change dans le temps et l'espace.

!Répartition de *Papilio canadensis* au Québec au fil des années.#ajouter un png de notre figure obtenue dans un code chunk comme les autres figures d'analyse.

On voit dans cette figure (Fig.3 - ici cartes de l'espèce) que ... On peut donc dire que l'espèce est devenue plus/moins présente avec le temps...

Maintenant, dans cette section, nous analysons l'évolution de la biodiversité des lépidoptères au fil du temps à travers plusieurs visualisations. Nous allons créer des cartes et des graphiques pour observer les variations et tendances.

A. Méthodes.

A.1. Cartes de biodiversité spatio-temporelle. Pour l'étude de la biodiversité des Lépidoptère dans le temps et l'espace, une image regroupant six cartes a été produites. Dans cette image, on observe la carte de la province du Québec qui est notre air d'étude principale. Les points géographiques de la base de données qui sont à l'extérieur de la province ne sont pas pris en compte. La carte la plus anciennes débute en 1875 et représente les données sur 25 ans, soit de 1875 jusqu'à la fin de 1879, ces bonds de 25 ans de données vont jusqu'au données les plus récentes, soit en 2024. Cette image permet donc de combiner une analyse temporelle (par tranche de 25 ans) et une agrégation spatiale via une grille hexagonale. En effet, une grille hexagonable est utilisée pour éviter les effets de bord qu'on a avec une grilles carrées. De plus, elle permet une meilleure agégation spatiale. La projection utilisée pour cette carte est EPSG 32198 qui est la projection locale du Québec. Cela permet une représentation précise à l'échelle régionale. Pour finir, une moyenne de nombre d'espèces par cellule pour chaque période de temps a été fait. Ce qui donne une idée plus stable et comparable de la diversité à travers le temps. En conclusion, ces 6 cartes sont combinées en une seule image finale, ce qui permet une comparaison visuelle claire de l'évolution spatio-temporelle de la diversité spécifique au Québec. Ce qui est utile visualiser les zones où la diversité augmente, diminue ou reste stable.

B. Visualisation des données. Les graphiques ci-dessous montrent l'évolution de la biodiversité des lépidoptères pour différentes périodes et critères. Nous avons créé six graphiques pour illustrer les tendances dans les données des lépidoptères.

C. Résultats.

C.1. Cartes de biodiversité spatio-temporelle. Ces cartes montrent une augmentation de la couverture spatio-temporelle des données au fil des décennies. Plus on avance dans le temps, plus il y a des cellules remplies et plus les données sont denses et

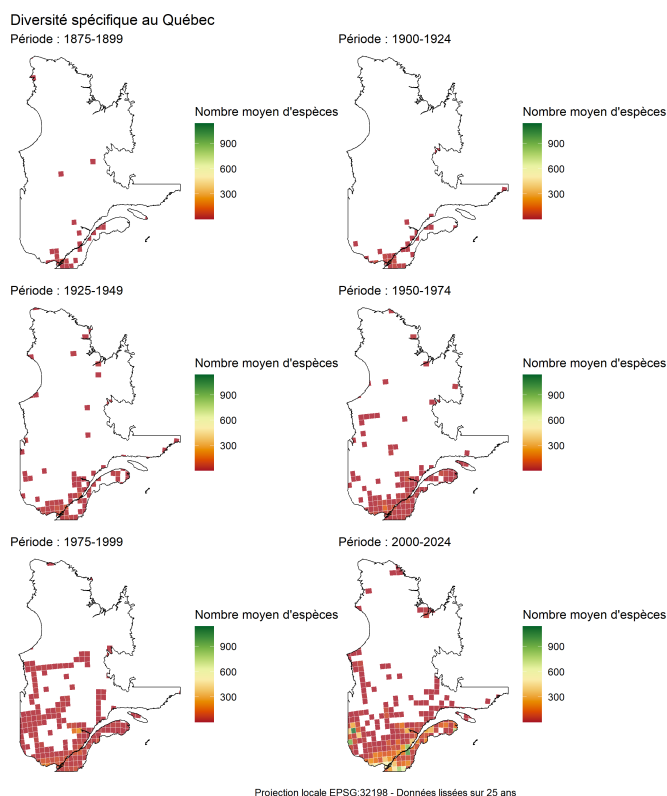


Fig. 3. Image de la province du Québec et de six cartes qui montrent l'évolution de la biodiversité des espèces de lépidoptères au fil du temps (fenêtres de 25 ans).

complètes. On voit aussi une légère augmentation du nombre d'espèces dans certaines régions, mais cette tendance est influencée par autre chose.

Un premier point important a aborder est que entre 1875 et 1899 il y a très peu de données et celle-ci sont concentrées autour de grandes villes comme Montréal, Québec, Sherbrooke, etc. La diversité moyenne pour cette période est faible à modérée, mais les données sont trop rares pour conclure quelques choses. Si on s'attarde entre 1900-1934 et 1925-1949, on remarque une progression lente de la couverture via les données d'échantillonnage. Il y a encore peu d'échantillons, donc les valeurs de diversité sont peu fiables. Les zones urbaines du sud par contre sont bien couvertes. De 1950-1974, on voit une nette amélioration de la couverture, des cellules commencent à atteindre une diversité de 7-9 espèces en moyenne dans le sud de la province. Par contre, de 1975-1999, il y a un essor de données. La majorité du sud du Québec est maintenant couverte, surtout autour des grands centres et zones agricoles. On remarque aussi plus de verts ce qui indique une augmentation du nombre d'espèces observées. Pour notre dernière plage de temps, de 2000-2024, il y a une couverture plus dense et étendue. La diversité moyenne est plus élevée dans plusieurs régions. Cela est probablement lié à une explosion des efforts de suivi, l'arrivée de bases de données en ligne comme iNaturalist.

D. Analyse.

D.1. Cartes de biodiversité spatio-temporelle. Un biais de la cartes de biodiversité spatio-temporelle est que plus on avance dans le

temps plus il y a d'observation ce qui logique. Par contre, ces données reflètent aussi les efforts d'échantillonnage autant que la réalité biologique. Ce qui mène aussi à se poser la question pour les zones en rouges (faible diversité) si elles représentent réellement peu d'espèces ou simplement un manque de points d'échantillonnage. De plus, le sud du Québec est a plus de données et c'est aussi là qu'on remarque une augmentation de la diversité. D'autre part, à partir de 1975, on voit une bonne stabilisation du nombre d'espèces moyen dans plusieurs cellules, ce qui pourrait refléter un effort d'échantillonnage suffisant pour capter la vraie diversité locale.

ACKNOWLEDGMENTS.

1. Belkin M, Niyogi P (2002) Using manifold structure for partially labeled classification. *Advances in Neural Information Processing Systems*, pp 929–936.
2. Bérard P, Besson G, Gallot S (1994) Embedding riemannian manifolds by their heat kernel. *Geometric & Functional Analysis GAFA* 4(4):373–398.
3. Coifman RR, et al. (2005) Geometric diffusions as a tool for harmonic analysis and structure definition of data: Diffusion maps. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102(21):7426–7431.