

Rapport - Article scientifique

Marika Roberge^{a,1,4}, Bertrand Labrecque^{a,2,4}, and Juliette Boulet-Thomas^{a,3,4}

^aFaculté des sciences, Département de biologie, 2500 Boulevard de l'Université, Sherbrooke, Québec, Zip

This manuscript was compiled on April 20, 2025

Please provide an abstract of no more than 250 words in a single paragraph. Abstracts should explain to the general reader the major contributions of the article. References in the abstract must be cited in full within the abstract itself and cited in the text.

lépidoptères | communautés | variation temporelle | variation spatiale

Le rapport doit contenir :

3 figures Un titre et un résumé Une courte introduction spécifiant les questions Une courte description de la méthode et des résultats Une discussion, enrichie de citations provenant de la littérature scientifique Références interne aux figures et à la bibliographie L'ensemble du texte doit faire 1000-1500 mots max Une bibliographie

A. Nos questions de recherche.

A.1. Question principale .: Quels sont les changements dans la biodiversité des espèces de lépidoptères dans le temps et dans l'espace au Québec ?

Questions spécifiques (1 sur la variation temporelle et 2 sur la variation temporelle+spatiale) : ### **Variation temporelle** : Analyse 1 : Comment la diversité des espèces de lépidoptères a-t-elle évolué au fil des années?

Variation temporelle et spatiale : Analyse 2 : Comment la diversité et la répartition des espèces de lépidoptères a-t-elle évolué au fil des années? Analyse 3 : Comment la répartition de *Papilio canadensis* change dans le temps et l'espace?

Please start your introduction without including the word "Introduction" as a section heading; this heading is implied in the first paragraphs.

Guide to using this template

Author Affiliations. Include department, institution, and complete address, with the ZIP/postal code, for each author. Use lower case letters to match authors with institutions, as shown in the example. Authors with an ORCID ID may supply this information at submission.

Submitting Manuscripts.

Format. Many authors find it useful to organize their manuscripts with the following order of sections; Title, Author Affiliation, Keywords, Abstract, Significance Statement, Results, Discussion, Materials and methods, Acknowledgments, and References. Other orders and headings are permitted.

Manuscript Length. PNAS generally uses a two-column format averaging 67 characters, including spaces, per line. The maximum length of a Direct Submission research article is six pages and a PNAS PLUS research article is ten pages including all text, spaces, and the number of characters displaced by figures, tables, and equations. When submitting tables, figures, and/or equations in addition to text, keep the text for

your manuscript under 39,000 characters (including spaces) for Direct Submissions and 72,000 characters (including spaces) for PNAS PLUS.

References. References should be cited in numerical order as they appear in text; this will be done automatically via bibtex, 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.

Data Archival. Présenter ici la biologie de l'espèce rapidement et de combien de données ont a utilisés pour créer le graphique. Avec références bibliographiques.

Language-Editing Services. ![Répartition de *Papilio canadensis* au Québec au fil des années.] #ajouter une png ou jpg de notre figure obtenue

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.

B. Méthodes.

B.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

Significance Statement

Authors must submit a 120-word maximum statement about the significance of their research paper written at a level understandable to an undergraduate educated scientist outside their field of speciality. The primary goal of the Significance Statement is to explain the relevance of the work in broad context to a broad readership. The Significance Statement appears in the paper itself and is required for all research papers.

Please provide details of author contributions here.

Please declare any conflict of interest here.

⁴ M.R.(Author One), B.L. (Author Two) and J.B-T. (Author Three) contributed equally to this work (remove if not applicable).

¹ To whom correspondence should be addressed. E-mail: marikaroberge@email.com

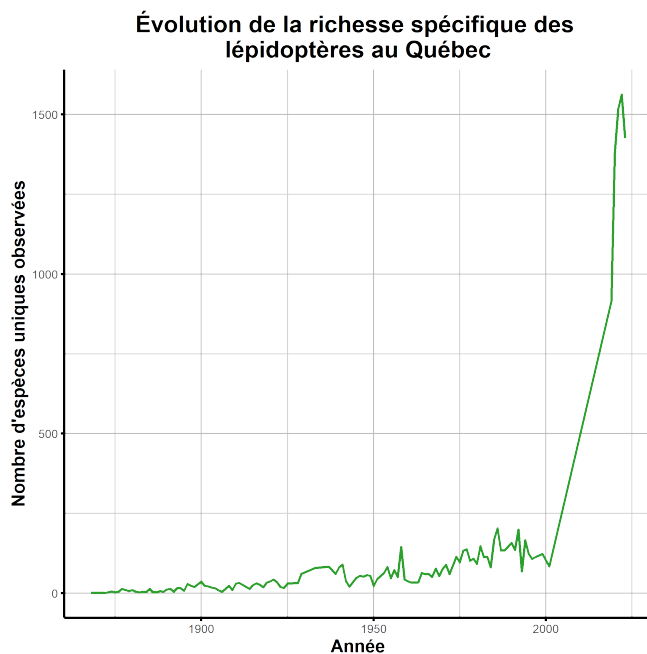


Fig. 1. Variation du nombre d'espèces de lépidoptères au Québec en fonction du temps.

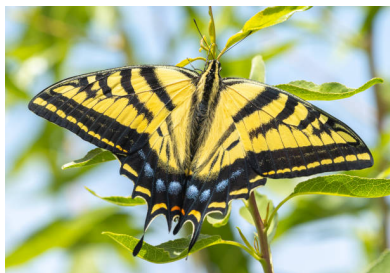


Fig. 2. Photo de *Papilio canadensis* observé dans son habitat naturel.

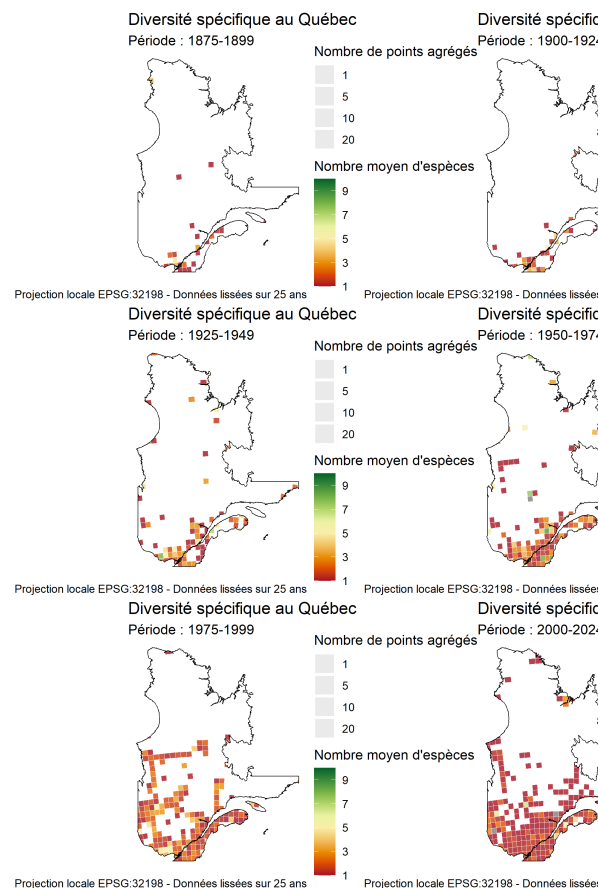


Fig. 3. Image de la province du Québec et de six cartes qui montrent l'évolution de la biodiversité des espèces de lépidoptères au fil du temps (fenêtres de 25 ans).

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 aggrégation 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.

C. 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.

D. Résultats.

D.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 complètes. On voit aussi une légère augmentation du nom-

bre d'espèces dans certaines régions, mais cette tendance est influencée par autre chose.

Un premier point important à aborder est que entre 1975 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.

E. Analyse.

E.1. Cartes de biodiversité spatio-temporelle. Un biais de la carte de biodiversité spatio-temporelle est que plus on avance dans le temps plus il y a d'observation ce qui est 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 rouge (faible diversité) si elles représentent réellement peu d'espèces ou simplement un manque de points d'échantillonnage. De plus, le sud du Québec est à 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. Please include your acknowledgments here, set in a single paragraph. Please do not include any acknowledgments in the Supporting Information, or anywhere else in the manuscript.

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.