

Analyse de la corrélation spatiale entre les espèces du genre *Asclepias* et le papillon monarque (*Danaus plexippus*) sur l'île de Montréal

H. Choulgian A. Laforest N. Landucci

Collège Jean-de-Brebeuf
Département de Biologie

11 novembre 2025

Corrélation spatiale entre *Asclepias* et *Danaus plexippus*

Analyse de la corrélation spatiale entre les espèces du genre *Asclepias* et le papillon monarque (*Danaus plexippus*) sur l'île de Montréal

H. Choulgian A. Laforest N. Landucci

Collège Jean-de-Brebeuf
Département de Biologie

11 novembre 2025

2025-11-10

Question de recherche

Comment l'asclépiade (genre *Asclepias*) et le papillon monarque (*Danaus plexippus*) sont-ils spatialement corrélés sur l'île de Montréal ?

Comment l'asclépiade (genre *Asclepias*) et le papillon monarque (*Danaus plexippus*) sont-ils spatialement corrélés sur l'île de Montréal ?

Le papillon monarque (*Danaus plexippus*)



Papillon monarque adulte
Crédit photographique : BRESSON, 2009



Chenille du papillon monarque
Crédit photographique : RAMSEY, 2007

Corrélation spatiale entre *Asclepias* et *Danaus plexippus*

Contexte théorique

Le papillon monarque (*Danaus plexippus*)

- Espèce migratrice endémique d'Amérique du Nord
- Hiver : forêts sud USA + Mexique
- Depuis 1983, baisse de 83 % de la surface occupée l'hiver au Mexique
- Au Canada, inscrit comme espèce en voie de disparition depuis décembre 2023



Le papillon monarque (*Danaus plexippus*)



Chenille du papillon monarque

Crédit photographique : RAMSEY, 2007

L'asclépiade (genre *Asclepias*)



Asclépiade commune (*Asclepias syriaca*)
Crédit photographique : DOYLE, 2018



Asclepias incarnata
Crédit photographique : CBAILE19, 2024



Asclépiade commune (*Asclepias syriaca*)
Crédit photographique : Dovis, 2018



Asclepias incarnata
Crédit photographique : Casser19, 2024

Contexte théorique

L'asclépiade (genre *Asclepias*)

- Hôte obligatoire pour la chenille du monarque
- Jusqu'en 2014, considérée une mauvaise herbe nuisible
- À Montréal, *Asclepias incarnata* beaucoup plus rare que l'asclépiade commune

L'Île de Montréal

- ▶ Présence d'îlots de chaleur
- ▶ Faible couvert végétal ($\sim 7\%$ en superficie)
- ▶ Trame végétale éparses

Contexte théorique

L'Île de Montréal

- Δ de température affectent négativement le métabolisme du monarque (changements climatiques + îlots de chaleur)
- Couvert végétal $\approx 7\%$, $\sim 72\%$ de surfaces artificielles (Sud du Québec : $\sim 72\%$ couvert végétal, $\sim 2\%$ de surfaces artificielles
 - Trame végétale éparses
 - \therefore différences dans la niche écologique du monarque en milieu urbain/rural

- ▶ Présence d'îlots de chaleur
- ▶ Faible couvert végétal ($\sim 7\%$ en superficie)
- ▶ Trame végétale éparses

La corrélation spatiale croisée

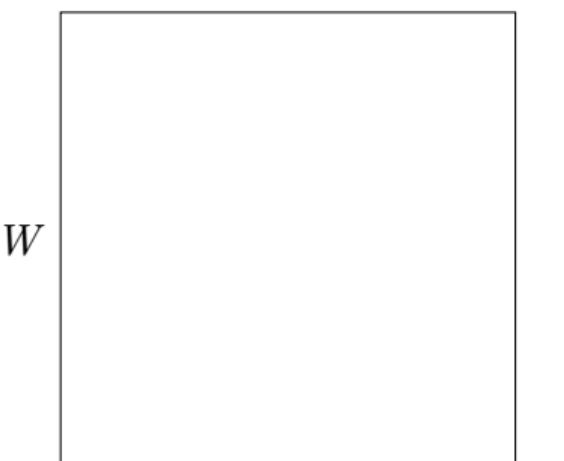
CSR : Complètement spatialement aléatoire (*Completely spatially random*)

2025-11-10

- Position d'un pt : pas affectée par autres points
- Prenons p.ex. zone d'étude W , aire = 1 km^2
- Observation dans la zone : espèce B , 50 individus
- ∴ densité de pop. de 50 individus/ km^2
- On peut considérer un individu a de l'espèce A (point rouge).
- Pour une échelle r donnée, on compte les points de B à une distance $\leq r$:
ici, $n_B = 10$

La corrélation spatiale croisée

CSR : Complètement spatialement aléatoire (*Completely spatially random*)



$$\blacktriangleright |W| = 1 \text{ km}^2$$

2025-11-10

Corrélation spatiale entre *Asclepias* et *Danaus plexippus*

Contexte théorique

La corrélation spatiale croisée

- Position d'un pt : pas affectée par autres points
- Prenons p.ex. zone d'étude W , aire = 1 km^2
- Observation dans la zone : espèce B , 50 individus
- ∴ densité de pop. de 50 individus/ km^2
- On peut considérer un individu a de l'espèce A (point rouge).
- Pour une échelle r donnée, on compte les points de B à une distance $\leq r$:
ici, $n_B = 10$

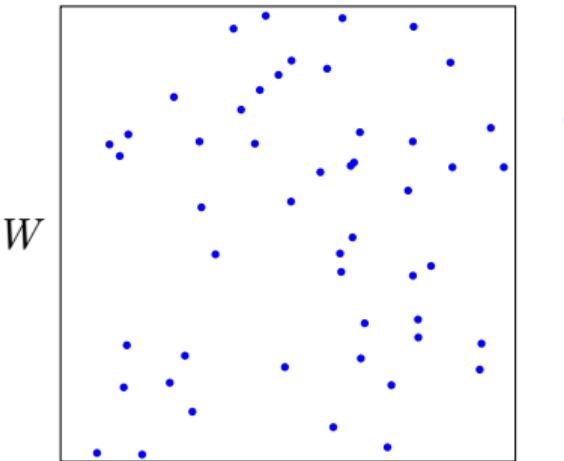
La corrélation spatiale croisée

CSR : Complètement spatialement aléatoire (*Completely spatially random*)

$$\blacktriangleright |W| = 1 \text{ km}^2$$

La corrélation spatiale croisée

CSR : Complètement spatialement aléatoire (*Completely spatial random*)



- ▶ $|W| = 1 \text{ km}^2$
 - ▶ $N_B = 50$

Rélation spatiale entre *Asclepias* et *Danaus plexippus*

Contexte théorique

└ La corrélation spatiale croisée

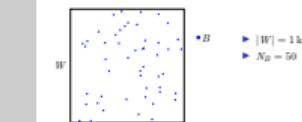
- Position d'un pt : pas affectée par autres points
Prenons p.ex. zone d'étude W , aire = 1 km^2

Observation dans la zone : espèce B , 50 individus

∴ densité de pop. de 50 individus/ km^2

On peut considérer un individu a de l'espèce A (point rouge).

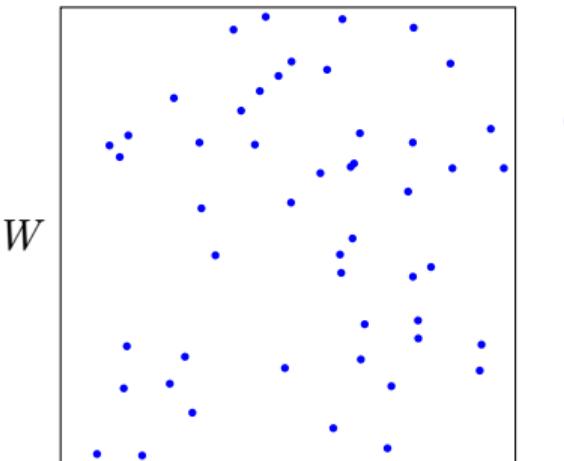
Pour une échelle r donnée, on compte les points de B à une distance $\leq r$ ici, $n_B = 10$



La corrélation spatiale c

CSR : Complètement spatialement aléatoire (Completely spatially random)

La corrélation spatiale croisée



- B
- ▶ $|W| = 1 \text{ km}^2$
- ▶ $N_B = 50$
- ▶ $\lambda_B = \frac{N_B}{|W|} = 50 \text{ km}^{-2}$

2025-11-10

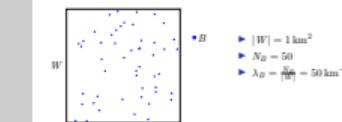
Corrélation spatiale entre *Asclepias* et *Danaus plexippus*

Contexte théorique

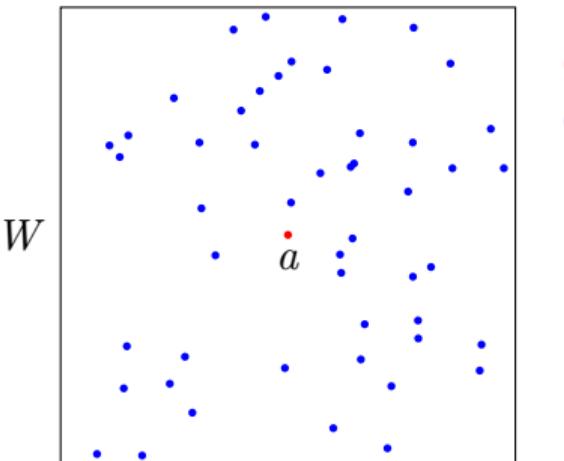
La corrélation spatiale croisée

- Position d'un pt : pas affectée par autres points
- Prenons p.ex. zone d'étude W , aire = 1 km^2
- Observation dans la zone : espèce B , 50 individus
- ∴ **densité de pop. de 50 individus/km²**
- On peut considérer un individu a de l'espèce A (point rouge).
- Pour une échelle r donnée, on compte les points de B à une distance $\leq r$:
ici, $n_B = 10$

La corrélation spatiale croisée



La corrélation spatiale croisée



$$\bullet a \in A \quad \blacktriangleright \lambda_B = \frac{N_B}{|W|} = 50 \text{ km}^{-2}$$

• B

2025-11-10

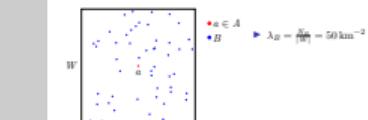
Corrélation spatiale entre *Asclepias* et *Danaus plexippus*

Contexte théorique

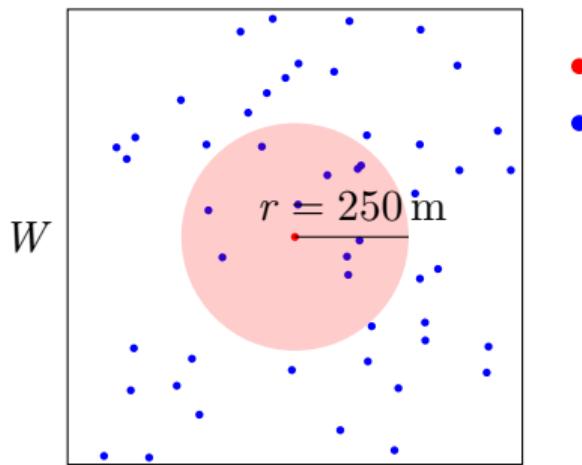
La corrélation spatiale croisée

- Position d'un pt : pas affectée par autres points
- Prenons p.ex. zone d'étude W , aire = 1 km^2
- Observation dans la zone : espèce B , 50 individus
- ∴ densité de pop. de 50 individus/ km^2
- On peut considérer un individu a de l'espèce A (point rouge).**
- Pour une échelle r donnée, on compte les points de B à une distance $\leq r$:
ici, $n_B = 10$

La corrélation spatiale croisée



La corrélation spatiale croisée



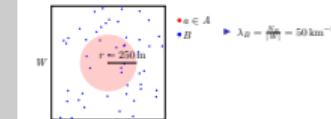
$$\blacktriangleright \lambda_B = \frac{N_B}{|W|} = 50 \text{ km}^{-2}$$

Corrélation spatiale entre *Asclepias* et *Danaus plexippus*

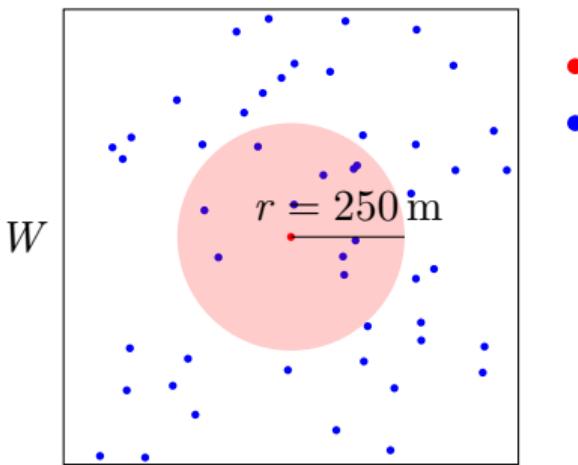
Contexte théorique

La corrélation spatiale croisée

- Pour une échelle r donnée, on compte les points de B à une distance $\leq r$: ici, $n_B = 10$
- On calcule l'indice de Ripley bivarié $K_{AB}(r)$ en divisant ce nombre d'individus par λ_B , la densité de B à l'échelle de la densité de la zone d'étude
- On peut aussi calculer l'aire du cercle de rayon r : ici aire $\approx K_{AB}(r)$
- En général, si la distribution de B est aléatoire, $K_{AB}(r) \approx \pi r^2$
- Similairement, si B est attiré ou repoussé par A , $K_{AB}(r) \gtrless \pi r^2$
- Dans le cadre de l'étude, on a calculé $K_{AB}(r)$ pour différentes paires d'espèces, dont *Danaus plexippus*, *Asclepias syriaca*, *Asclepias incarnata*, + 2 contrôles négatifs végétaux et 1 papillon contrôle négatif.



La corrélation spatiale croisée



$\bullet a \in A$
 $\bullet B$

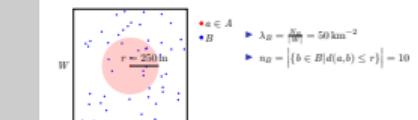
► $\lambda_B = \frac{N_B}{|W|} = 50 \text{ km}^{-2}$

► $n_B = \left| \{b \in B | d(a,b) \leq r\} \right| = 10$

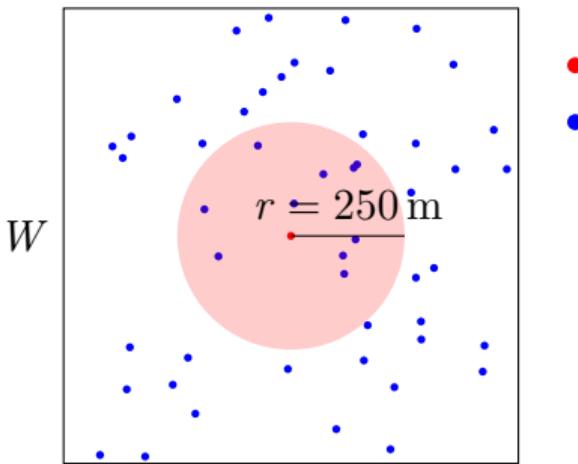
Contexte théorique

La corrélation spatiale croisée

- Pour une échelle r donnée, on compte les points de B à une distance $\leq r$:
ici, $n_B = 10$
- On calcule l'indice de Ripley bivarié $K_{AB}(r)$ en divisant ce nombre d'individus par λ_B , la densité de B à l'échelle de la densité de la zone d'étude
- On peut aussi calculer l'aire du cercle de rayon r : ici aire $\approx K_{AB}(r)$
- En général, si la distribution de B est aléatoire, $K_{AB}(r) \approx \pi r^2$
- Similairement, si B est attiré ou repoussé par A , $K_{AB}(r) \gtrless \pi r^2$
- Dans le cadre de l'étude, on a calculé $K_{AB}(r)$ pour différentes paires d'espèces, dont *Danaus plexippus*, *Asclepias syriaca*, *Asclepias incarnata*, + 2 contrôles négatifs végétaux et 1 papillon contrôle négatif.



La corrélation spatiale croisée



- $a \in A$
- B

► $\lambda_B = \frac{N_B}{|W|} = 50\text{ km}^{-2}$

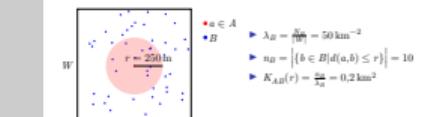
► $n_B = \left| \{b \in B | d(a,b) \leq r\} \right| = 10$

► $K_{AB}(r) = \frac{n_B}{\lambda_B} = 0,2\text{ km}^2$

Corrélation spatiale entre *Asclepias* et *Danaus plexippus*

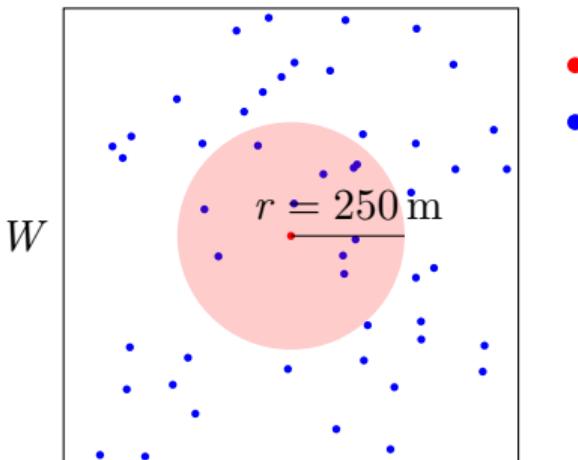
Contexte théorique

La corrélation spatiale croisée



- Pour une échelle r donnée, on compte les points de B à une distance $\leq r$: ici, $n_B = 10$
- On calcule l'indice de Ripley bivarié $K_{AB}(r)$ en divisant ce nombre d'individus par λ_B , la densité de B à l'échelle de la densité de la zone d'étude
- On peut aussi calculer l'aire du cercle de rayon r : ici aire $\approx K_{AB}(r)$
- En général, si la distribution de B est aléatoire, $K_{AB}(r) \approx \pi r^2$
- Similairement, si B est attiré ou repoussé par A , $K_{AB}(r) \gtrless \pi r^2$
- Dans le cadre de l'étude, on a calculé $K_{AB}(r)$ pour différentes paires d'espèces, dont *Danaus plexippus*, *Asclepias syriaca*, *Asclepias incarnata*, + 2 contrôles négatifs végétaux et 1 papillon contrôle négatif.

La corrélation spatiale croisée



- $a \in A$
- B

$$\begin{aligned} \blacktriangleright K_{AB}(r) &= \frac{n_B}{\lambda_B} = 0,2 \text{ km}^2 \\ \blacktriangleright \pi r^2 &\approx 0,196 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

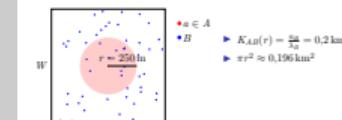
Contexte théorique

La corrélation spatiale croisée

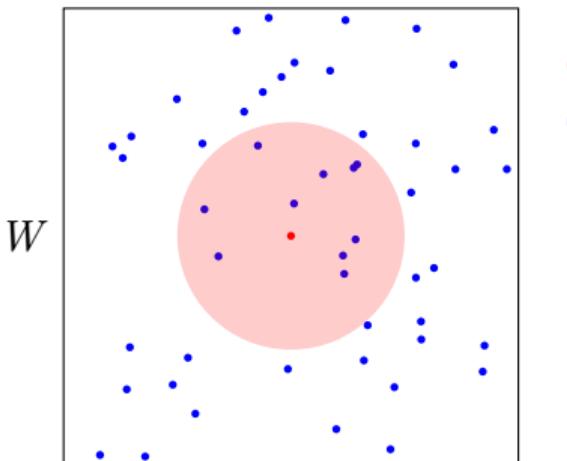
2025-11-10

- Pour une échelle r donnée, on compte les points de B à une distance $\leq r$:
ici, $n_B = 10$
- On calcule l'indice de Ripley bivarié $K_{AB}(r)$ en divisant ce nombre d'individus par λ_B , la densité de B à l'échelle de la densité de la zone d'étude
- **On peut aussi calculer l'aire du cercle de rayon r : ici aire $\approx K_{AB}(r)$**
- En général, si la distribution de B est aléatoire, $K_{AB}(r) \approx \pi r^2$
- Similairement, si B est attiré ou repoussé par A , $K_{AB}(r) \gtrless \pi r^2$
- Dans le cadre de l'étude, on a calculé $K_{AB}(r)$ pour différentes paires d'espèces, dont *Danaus plexippus*, *Asclepias syriaca*, *Asclepias incarnata*, + 2 contrôles négatifs végétaux et 1 papillon contrôle négatif.

La corrélation spatiale croisée



La corrélation spatiale croisée



• $a \in A$
• B

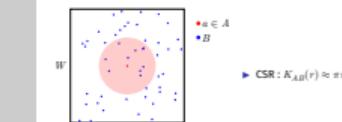
► CSR : $K_{AB}(r) \approx \pi r^2$

Corrélation spatiale entre *Asclepias* et *Danaus plexippus*

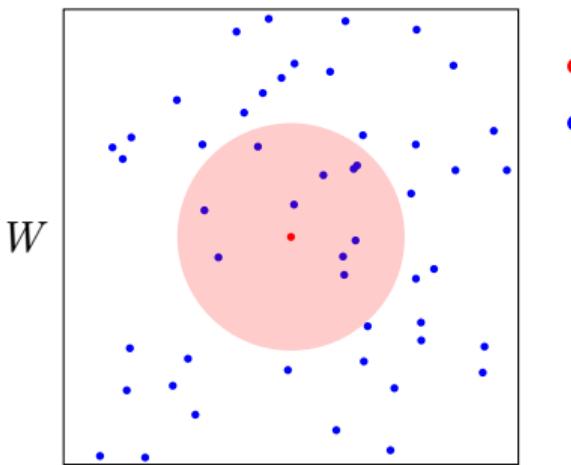
Contexte théorique

La corrélation spatiale croisée

- Pour une échelle r donnée, on compte les points de B à une distance $\leq r$: ici, $n_B = 10$
- On calcule l'indice de Ripley bivarié $K_{AB}(r)$ en divisant ce nombre d'individus par λ_B , la densité de B à l'échelle de la densité de la zone d'étude
- On peut aussi calculer l'aire du cercle de rayon r : ici aire $\approx K_{AB}(r)$
- En général, si la distribution de B est aléatoire, $K_{AB}(r) \approx \pi r^2$
- Similairement, si B est attiré ou repoussé par A , $K_{AB}(r) \gtrless \pi r^2$
- Dans le cadre de l'étude, on a calculé $K_{AB}(r)$ pour différentes paires d'espèces, dont *Danaus plexippus*, *Asclepias syriaca*, *Asclepias incarnata*, + 2 contrôles négatifs végétaux et 1 papillon contrôle négatif.



La corrélation spatiale croisée



- $a \in A$
- B

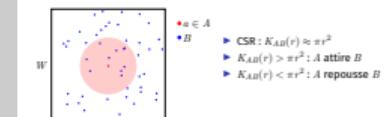
- ▶ CSR : $K_{AB}(r) \approx \pi r^2$
- ▶ $K_{AB}(r) > \pi r^2$: A attire B
- ▶ $K_{AB}(r) < \pi r^2$: A repousse B

Corrélation spatiale entre *Asclepias* et *Danaus plexippus*

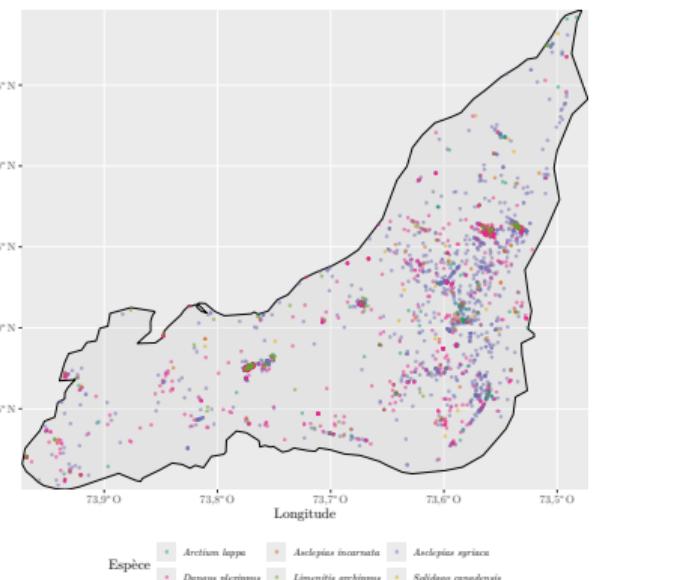
Contexte théorique

La corrélation spatiale croisée

- Pour une échelle r donnée, on compte les points de B à une distance $\leq r$: ici, $n_B = 10$
- On calcule l'indice de Ripley bivarié $K_{AB}(r)$ en divisant ce nombre d'individus par λ_B , la densité de B à l'échelle de la densité de la zone d'étude
- On peut aussi calculer l'aire du cercle de rayon r : ici aire $\approx K_{AB}(r)$
- En général, si la distribution de B est aléatoire, $K_{AB}(r) \approx \pi r^2$
- Similairement, si B est attiré ou repoussé par A , $K_{AB}(r) \gtrless \pi r^2$
- Dans le cadre de l'étude, on a calculé $K_{AB}(r)$ pour différentes paires d'espèces, dont *Danaus plexippus*, *Asclepias syriaca*, *Asclepias incarnata*, + 2 contrôles négatifs végétaux et 1 papillon contrôle négatif.



Occurrences de diverses espèces végétales et de lépidoptères sur l'île de Montréal depuis 2020



Choulgian, Laforest, Landucci

Corrélation spatiale entre *Asclepias* et *Danaus plexippus*

Corrélation spatiale entre *Asclepias* et *Danaus plexippus*

Résultats

Occurrences de diverses espèces végétales et de lépidoptères sur l'île de Montréal depuis 2020

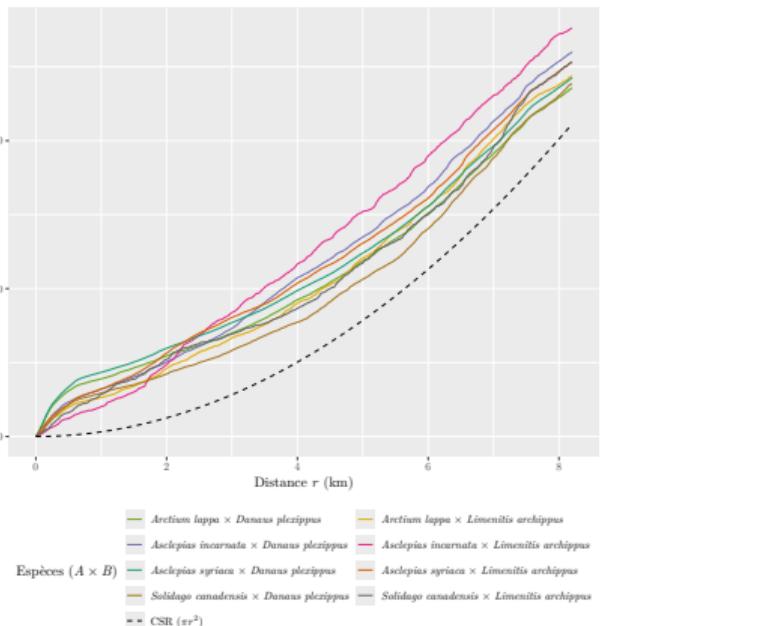
Visuellement, clustering observable dans plusieurs milieux verts :

- Forêt de Senneville
- Parc du Mont-Royal
- Parc-nature de la Pointe-aux-Prairies

Occurrences de diverses espèces végétales et de lépidoptères sur l'île de Montréal depuis 2020

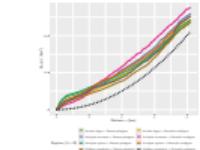


Corrélation entre les espèces

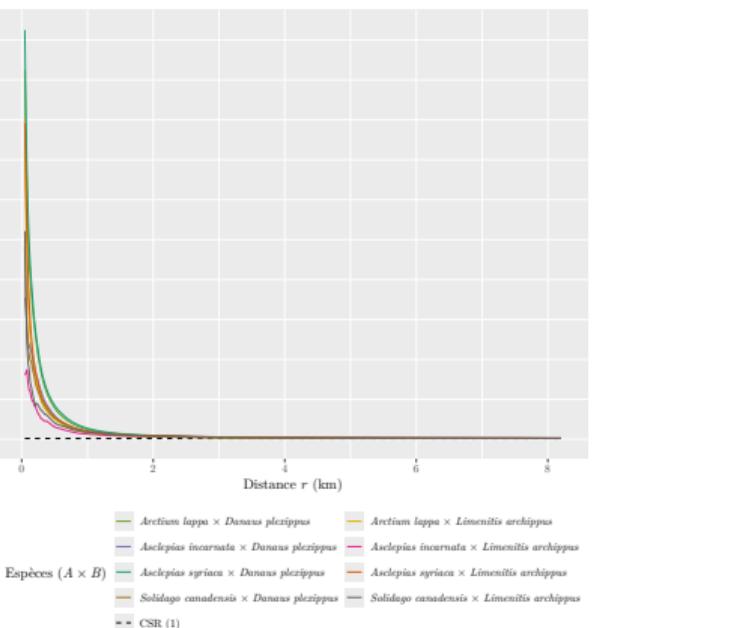


Corrélation entre les espèces

Pour toutes les distances, corrélation > CSR



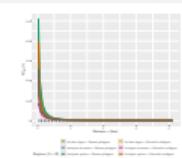
Corrélation normalisée entre les espèces ($r \geq 50$ m)



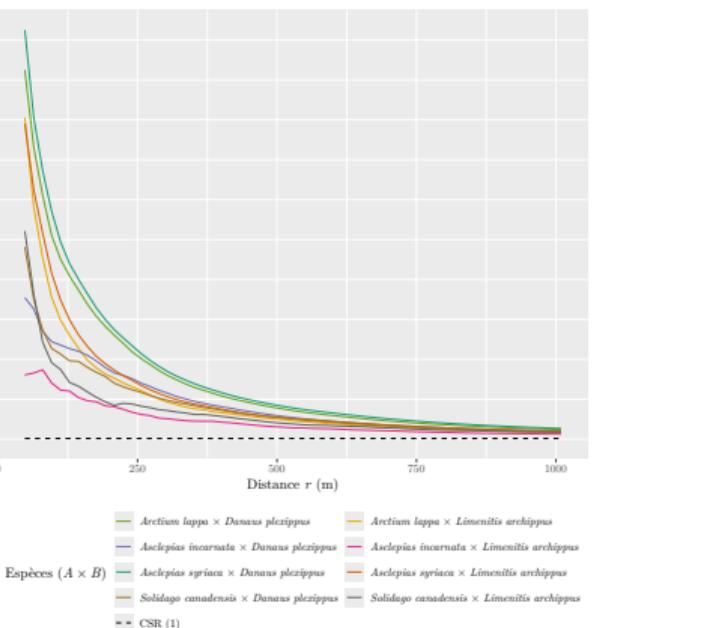
Résultats

Corrélation normalisée entre les espèces ($r \geq 50$ m)

Ici, on a divisé $K_{AB}(r)$ par πr^2 (valeur attendue si CSR) : on voit que > 1 pour toutes les distances



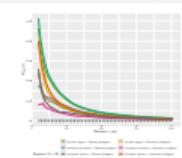
Corrélation normalisée entre les espèces ($50 \text{ m} \leq r \leq 1 \text{ km}$)



Résultats

Corrélation normalisée entre les espèces ($50 \text{ m} \leq r \leq 1 \text{ km}$)

- Corrélation + plus forte à courte portée qu'à longue portée pour toutes les espèces
- Interaction entre asclépiade commune et monarque > qu'avec les autres paires d'espèces (pour $r < 2,2 \text{ km}$)



Interprétation des résultats

- ▶ Rejet de l'hypothèse nulle (CSR) : $K_{AB}(r) > \pi r^2$ pour toutes les valeurs de r
- ▶ Trame végétale urbaine \Rightarrow *clustering* pour toutes les espèces
- ▶ Asclépiade et monarque : hôte obligatoire

Corrélation spatiale entre *Asclepias* et *Danaus plexippus*

2025-11-10

Discussion

Interprétation des résultats

Interprétation des résultats des résultats

Rejet de l'hypothèse nulle (CSR) : $K_{AB}(r) > \pi r^2$ pour toutes les valeurs de r

Trame végétale urbaine \Rightarrow clustering pour toutes les espèces

Asclépiade et monarque : hôte obligatoire

- Facteurs expliquant une corrélation positive pour toutes les espèces
 - On peut rejeter l'hypothèse nulle (CSR) : écart significatif entre le modèle de l'hypothèse nulle et les données expérimentales
 - Trame urbaine : entraîne un *clustering* d'une multitude d'espèces végétales et animales
- Asclépiade et monarque : hôte obligatoire \Rightarrow corrélation plus forte
 - Le monarque ne peut pas vivre sans l'asclépiade

Critique de l'étude

- ▶ Observations biaisées?
 - ▶ Naturalistes amateurs
 - ▶ Zone d'étude inadéquate

Corrélation spatiale entre *Asclepias* et *Danaus plexippus*

2025-11-10

Critique de l'étude

Discussion

Observations biaisées?

- ▶ Naturalistes amateurs
- ▶ Zone d'étude inadéquate

- Données utilisées viennent de naturalistes amateurs
 - Tendance à recenser des monarques là où des asclépiades sont présentes ?
 - Solution : méthode des quadrats pour échantillonner partout
- Zone d'étude utilisée (agglomération de Montréal) inclut des portions de cours d'eau et des surfaces artificielles (bétonnées)
 - Introduit des biais dans le calcul de $K_{AB}(r)$
 - Solution : seulement considérer l'union de zones à haute valeur écologique

Médiagraphie

ABASS, M., & VASSEUR, L. (2025). Testing germination of common milkweed (*Asclepias syriaca*) from different study sites in the Niagara Region.

Botany, 103, 1-6. <https://doi.org/10.1139/cjb-2024-0080>

BATOOL, R., JENAN, J., SCHUSTER, M., & MURRAY, R. L. (2024). How do latitude and urban heat islands affect larval melanization in monarch butterflies (*Danaus plexippus*)? *Canadian Journal of Zoology*, 102(3), 315-321.

<https://doi.org/10.1139/cjz-2023-0099>

Corrélation spatiale entre *Asclepias* et *Danaus plexippus*

Médiagraphie

Médiagraphie

2025-11-10

ABASS, M., & VASSEUR, L. (2025). Testing germination of common milkweed (*Asclepias syriaca*) from different study sites in the Niagara Region. *Botany*, 103, 1-6. <https://doi.org/10.1139/cjb-2024-0080>

BATOOL, R., JENAN, J., SCHUSTER, M., & MURRAY, R. L. (2024). How do latitude and urban heat islands affect larval melanization in monarch butterflies (*Danaus plexippus*)? *Canadian Journal of Zoology*, 102(3), 315-321. <https://doi.org/10.1139/cjz-2023-0099>

Médiagraphie

BEAUREGARD-DESJARDINS, P., KEITH, M., & ROY-MILLIARD, S. (2024). *Comptes des terres du Québec méridional* (M. MONSENGO, Éd.; Édition 2024). Institut de la statistique du Québec.

<https://statistique.quebec.ca/fr/fichier/comptes-terres-quebec-meridional-2024.pdf>

BOYLE, J. H., DALGLEISH, H. J., & PUZEY, J. R. (2019). Monarch butterfly and milkweed declines substantially predate the use of genetically modified crops.

Proceedings of the National Academy of Sciences, 116(8), 3006-3011.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1811437116>

Médiagraphie

BRESSON, T. (2009, août). *ComputerHotline - Danaus plexippus (by) (3)*.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ComputerHotline_-_Danaus_plexippus_\(by\)_3.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ComputerHotline_-_Danaus_plexippus_(by)_3.jpg)

CBAILE19. (2024, juillet). *Asclepias incarnata, Homewood Cemetery, 2024-07-26*.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Asclepias_incarnata,_Homewood_Cemetery,_2024-07-26.jpg

COSEWIC. (2016). *COSEWIC assessment and status report on the Monarch Danaus plexippus in Canada..* Environment and Climate Change Canada.

<https://publications.gc.ca/site/eng/9.832848/publication.html>

DOYLE, A. O. (2018, juin). *Asclepias syriacus*.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Asclepias_syriacus.tif?page=1

Médiagraphie

Médiagraphie

2025-11-10

BRESSON, T. (2009, août). *ComputerHotline - Danaus plexippus (by) (3)*.
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ComputerHotline_-_Danaus_plexippus_\(by\)_3.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ComputerHotline_-_Danaus_plexippus_(by)_3.jpg)

CBAILE19. (2024, juillet). *Asclepias incarnata, Homewood Cemetery, 2024-07-26*.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Asclepias_incarnata,_Homewood_Cemetery,_2024-07-26.jpg

COSEWIC. (2016). *COSEWIC assessment and status report on the Monarch Danaus plexippus in Canada..* Environment and Climate Change Canada.
<https://publications.gc.ca/site/eng/9.832848/publication.html>

DOYLE, A. O. (2018, juin). *Asclepias syriacus*.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Asclepias_syriacus.tif?page=1

Médiagraphie

ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA. (2025, février). *Le monarque : profil d'une espèce en péril.* <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril/fiches-information/papillon-monarque.html>

GADM. (2022, juillet). *Global Administrative Areas (Version 4.1).* <https://gadm.org/data.html>

GBIF.ORG. (2025, octobre). *GBIF Occurrence Download. The Global Biodiversity Information Facility.* <https://doi.org/10.15468/dl.nvd6f9>

KNAPP, S., KÜHN, I., MOSBRUGGER, V., & KLOTZ, S. (2008). Do protected areas in urban and rural landscapes differ in species diversity? *Biodiversity and Conservation*, 17(7), 1595-1612. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9369-5>

Médiagraphie

Loi sur les espèces en péril (2002, décembre).

<https://laws.justice.gc.ca/fra/lois/s-15.3/page-10.html>

LUNA, T., & DUMROESE, R. K. (2013). Monarchs (*Danaus plexippus*) and milkweeds (*Asclepias* species) : The Current Situation and Methods for Propagating Milkweeds. *Native Plants Journal*, 14(1), 5-16.

<https://doi.org/10.3368/npj.14.1.5>

NIEMELÄ, J. (1999). Ecology and urban planning. *Biodiversity & Conservation*, 8(1), 119-131. <https://doi.org/10.1023/A:1008817325994>

RAGAB, S. H., TYSHENKO, M. G., & HALMY, M. W. A. (2025). Impact of climate change on the habitat range of monarch butterfly (*Danaus plexippus*). *Scientific Reports*, 15(1), 32654. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-17443-x>

Corrélation spatiale entre *Asclepias* et *Danaus plexippus*

Médiagraphie

Médiagraphie

Médiagraphie

Loi sur les espèces en péril (2002, décembre).

<https://laws.justice.gc.ca/fra/lois/s-15.3/page-10.html>

LUNA, T., & DUMROESE, R. K. (2013). Monarchs (*Danaus plexippus*) and milkweeds (*Asclepias* species) : The Current Situation and Methods for Propagating Milkweeds. *Native Plants Journal*, 14(1), 5-16.

<https://doi.org/10.3368/npj.14.1.5>

NIEMELÄ, J. (1999). Ecology and urban planning. *Biodiversity & Conservation*, 8(1), 119-131. <https://doi.org/10.1023/A:1008817325994>

RAGAB, S. H., TYSHENKO, M. G., & HALMY, M. W. A. (2025). Impact of climate change on the habitat range of monarch butterfly (*Danaus plexippus*). *Scientific Reports*, 15(1), 32654. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-17443-x>

Médiagraphie

RAMSEY, D. (2007, septembre). *Monarch Butterfly Danaus plexippus Vertical Caterpillar 2000px*. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Monarch_Butterfly_Danaus_plexippus_Vertical_Caterpillar_2000px.jpg

RICH, M., KESSELRING, J. H., GARCIA, A., WALLIN, D., & FEDORKA, K. M. (2025). The impact of temperature on the reproductive development, body condition and mortality of autumn migrating monarch butterflies in the laboratory. *Royal Society Open Science*, 12(8), 250343. <https://doi.org/10.1098/rsos.250343>

ROSSITER, D. G. (2024, mars). Tutorial : Spatial Point Pattern Analysis. *Cornell University*. https://www.css.cornell.edu/faculty/dgr2/_static/files/R_PDF/exPPA.pdf

Médiagraphie

Médiagraphie

Médiagraphie

U.S. NATIONAL PARK SERVICE. (2023, mars). *Milkweed and Monarchs*. U.S. National Park Service.
<https://www.nps.gov/articles/000/milkweed-and-monarchs.htm>