

L'écologie computationnelle

Réseaux trophiques des vertébrés terrestres du Québec

Benjamin Mercier,
Étudiant au BSc en écologie



@BenMerSci



[BenMerSci/CVM_presentation](#)



```
head
  <!-- meta -->
  <title>Integrative Ecology Lab</title>
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0, maximum-scale=1.0, user-scalable=0" />
  <link rel="shortcut icon" href="/favicon.ico" type="image/x-icon" />
  <link rel="icon" href="/favicon.ico" type="image/x-icon" />
  <!-- CSS -->
  <link type="text/css" rel="stylesheet" href="css/materialize.min.css" media="screen,projection" />
  <link rel="stylesheet" href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/font-awesome/4.6.3/css/font-awesome.min.css" />
  <link rel="stylesheet" href="css/animate.css" />
  <link rel="stylesheet" href="css/theme.css" />
  </head>
  <body>
    banner-->
    <div class="banner">
      <nav class="nav">
        <div class="nav-wrapper">
          <div class="container">
            <a href="#" class="brand-logo hide-on-med-and-up">Integrative Ecology Lab</a>
            <ul class="right">
              <li><a href="#">Home</a></li>
              <li><a href="#">About</a></li>
              <li><a href="#">Publications</a></li>
              <li><a href="#">Data</a></li>
              <li><a href="#">Contact</a></li>
            </ul>
          </div>
        </div>
      </nav>
    </div>
    <div class="container">
      <h1>Integrative Ecology Lab</h1>
      <h2>L'écologie computationnelle</h2>
      <h3>Réseaux trophiques des vertébrés terrestres du Québec</h3>
      <img alt="A network diagram showing the terrestrial vertebrate trophic network of Quebec. Nodes represent species, and edges represent interactions. The network is highly interconnected, with many small clusters and a few large hubs." data-bbox="300 400 700 800" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"/>
      <p>This network diagram illustrates the complex interactions within the terrestrial vertebrate ecosystem of Quebec. Nodes represent individual species, and edges represent feeding relationships. The size of each node corresponds to its relative abundance or trophic importance. The network shows a clear top-down flow of energy, with many smaller organisms serving as prey for larger ones. Some species appear to be omnivores, with both predator and prey edges pointing to them. The overall structure is dense, reflecting the rich biodiversity and ecological complexity of the region.</p>
      <img alt="Small image of a book titled 'Introduction to Statistical Computing in R' by Michael J. Crawley" data-bbox="300 850 700 900" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"/>
      <p>Introduction to Statistical Computing in R</p>
    </div>
  </body>
```

Déroulement de la présentation

1. Mon cheminement
2. Qu'est-ce que l'écologie computationnelle
3. Présentation du projet de recherche



Mon cheminement

Mon cheminement

Cégep du Vieux Montréal (2013-2016)

- Pré-universitaire en Sciences de la nature

Université de Sherbrooke (2016-2020)

- Baccalauréat en écologie
- Microprogramme en écologie pratique
- Divers stages en milieu académique (recherche)

Qu'est-ce que l'écologie computationnelle?

Historique

- Longtemps une discipline descriptive et conceptuelle
- Développement et application de statistiques (1930)
- Développement et applications de théories mathématiques (1960)
- Expérience terrain coûteux et laborieux
- Accumulation massive de données meilleurs ordinateurs



Définition

"L'utilisation combinée d'algorithmes, de programmes et de bonnes pratiques de gestion de données dans le but de résoudre des problèmes complexes."

L'écologie computationnelle est donc l'application de ces outils à des problèmes écologiques complexes

Quelques exemples d'application

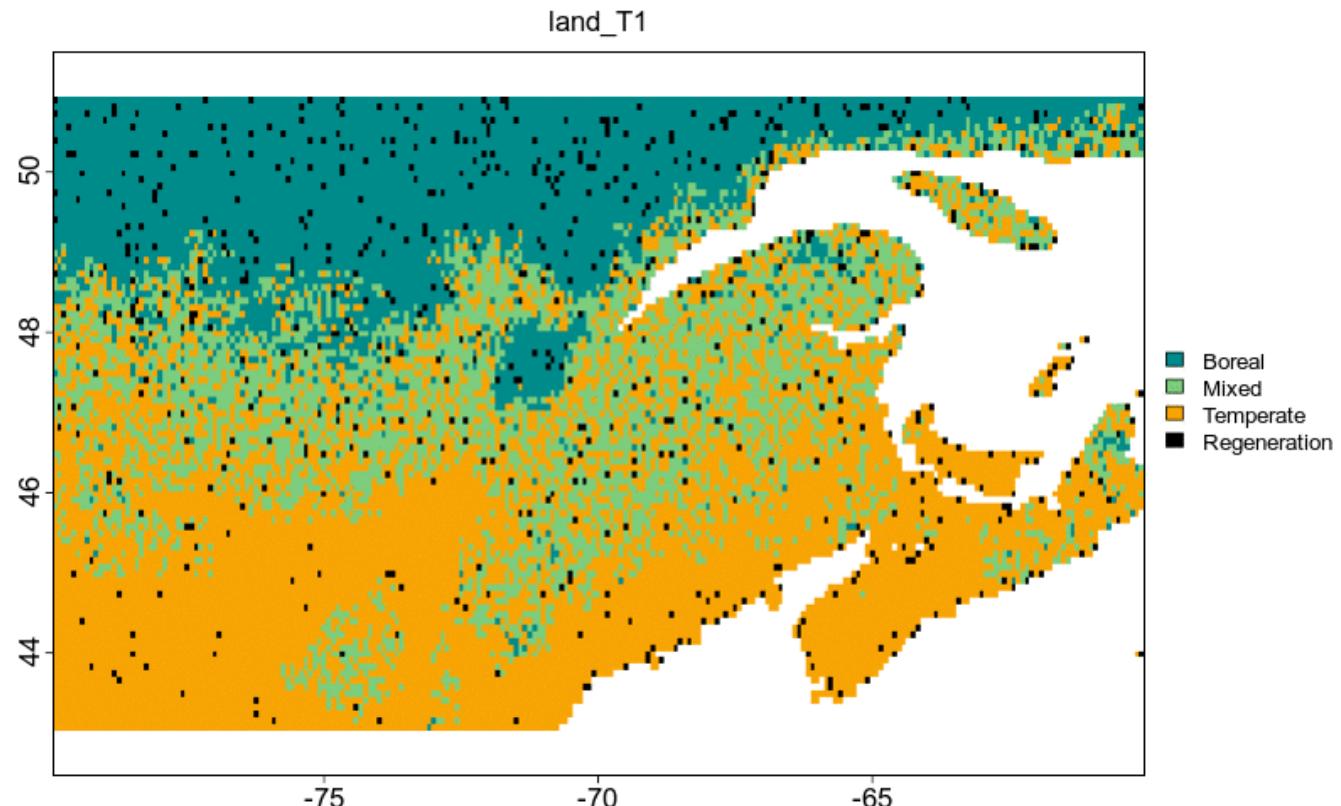
1) Modélisation de la migration de la forêt

- État initial de chaque parcelle de la forêt (T, B, M, R)
- Probabilité de changer d'état selon l'environnement et ses "voisins"



Quelques exemples d'application

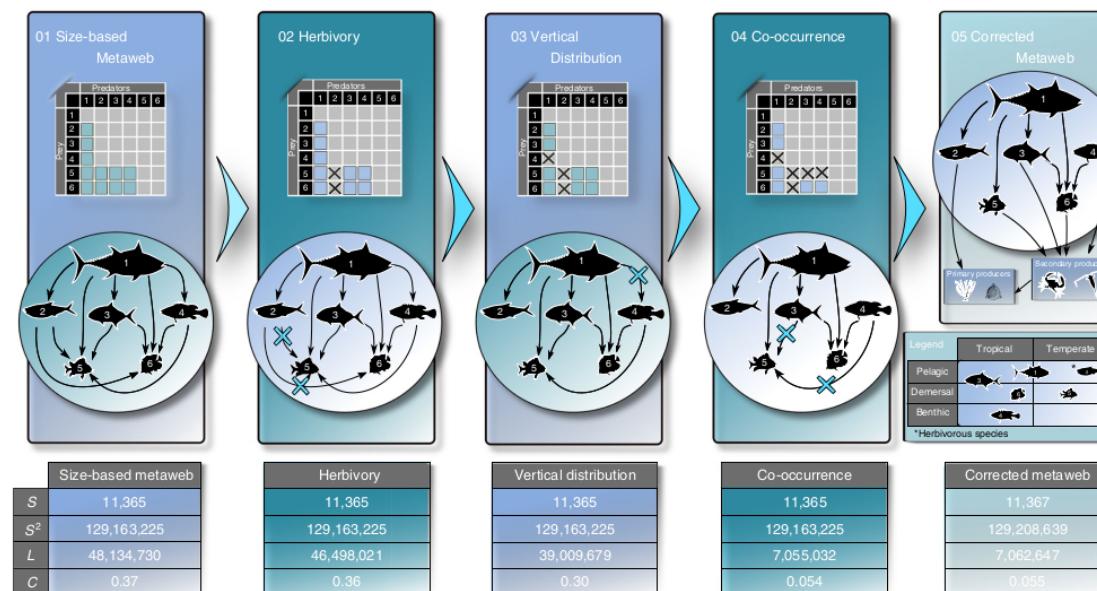
1) Modélisation de la migration de la forêt



Quelques exemples d'application

2) Les écosystèmes marins

- Impossible d'échantillonner les réseaux marins empiriquement
- Reconstituer les interactions en combinant des données massives et certaines suppositions



Reconstitution des réseaux trophiques des vertébrés terrestres

Tables des matières

- 1) Préambule
- 2) Théorie sous-jacente
- 3) Objectifs et hypothèse
- 4) Méthodologie
- 5) Bibliographie

Préambule

Écologie

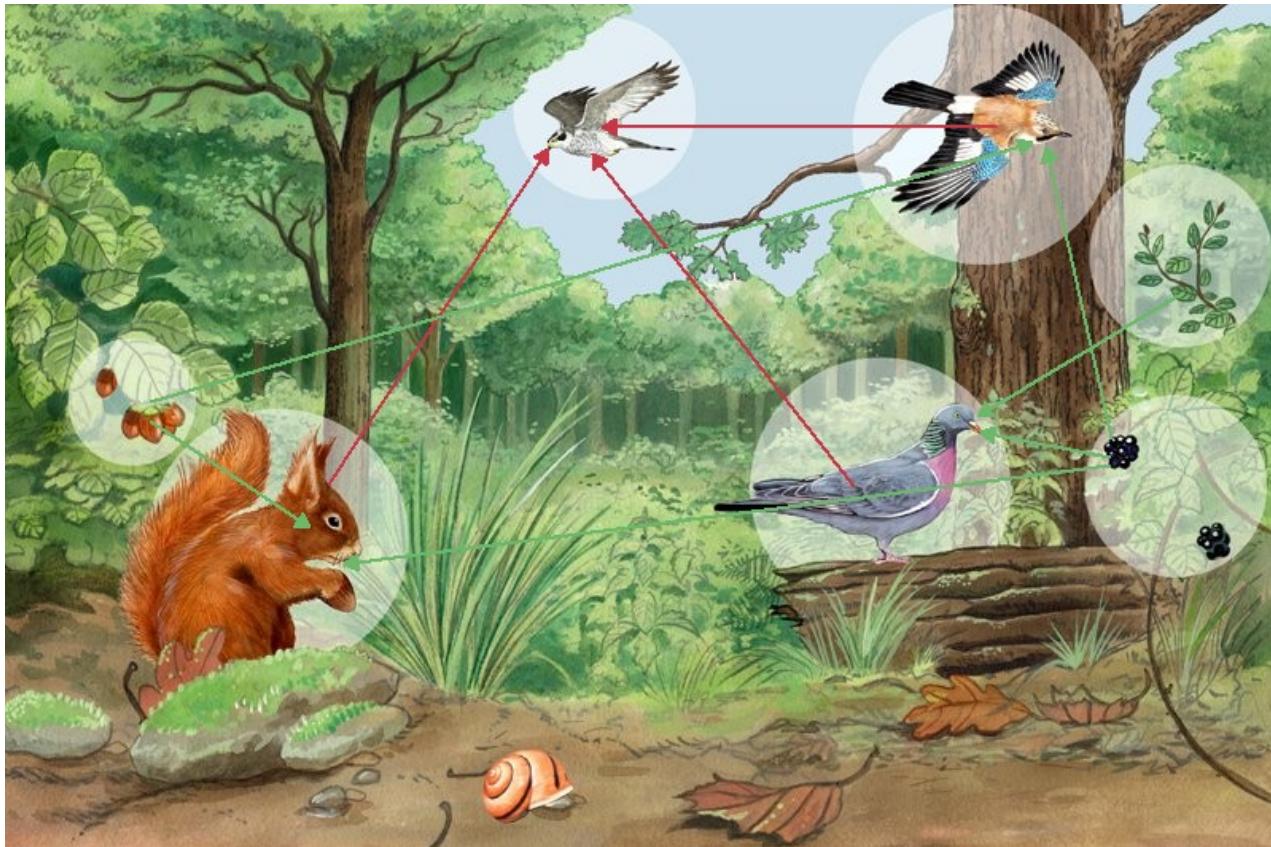
Définition:

L'Étude des organismes vivants dans leur environnement; les interactions avec les paramètres biotiques et abiotiques.

La représentation en réseau de ce type de système permet d'interpréter la diffusion des perturbations

Préambule

Réseau trophique



Préambule

Cascade trophique

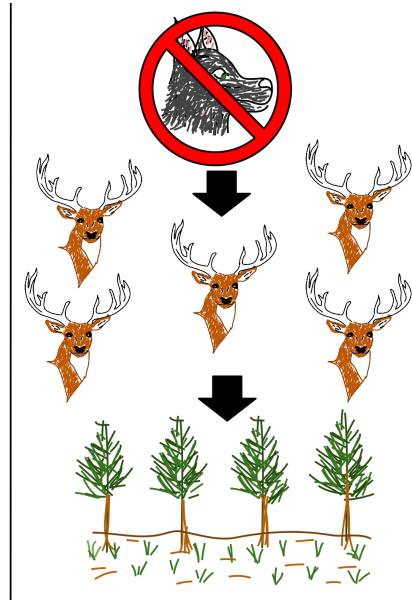
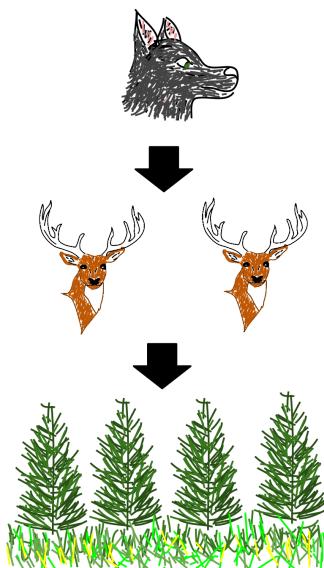
Services écosystémiques découlent
des interactions biologiques [1, 2, 3]



changements globaux



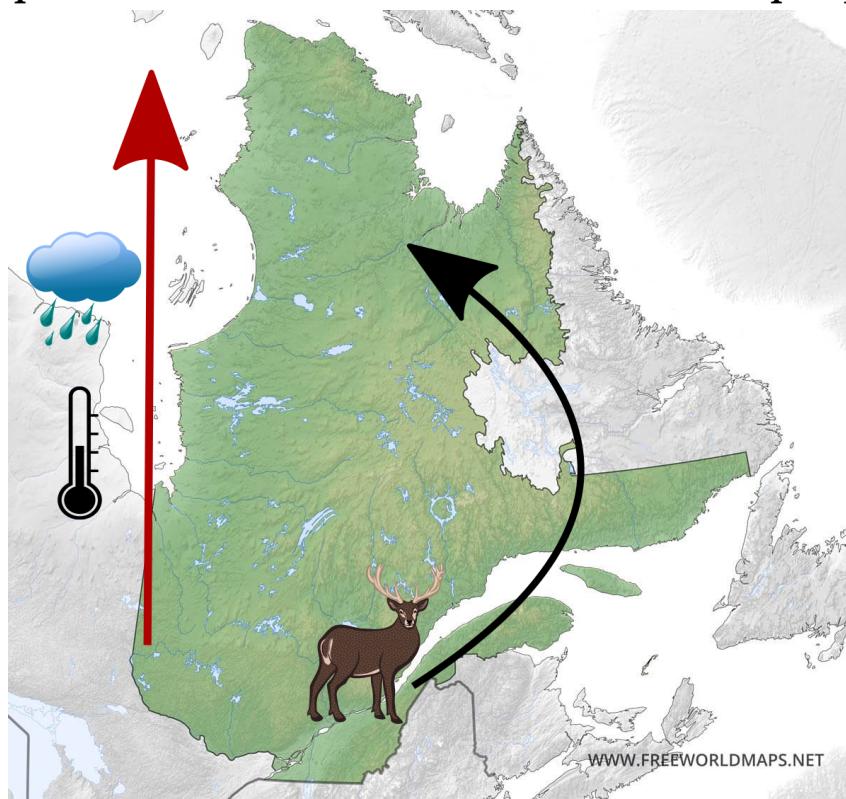
Perte de gros organismes et
cascades trophiques [3, 4, 5]



Préambule (suite)

Enveloppe climatique

- Conditions environnementales optimales pour prospérer
- Migration et déplacement/modification des réseaux trophiques



Préambule (suite)

Il est donc primordiale d'exposer la structure de base de nos présents réseaux écologiques pour en prévoir les variations et conséquences associées!

Théorie

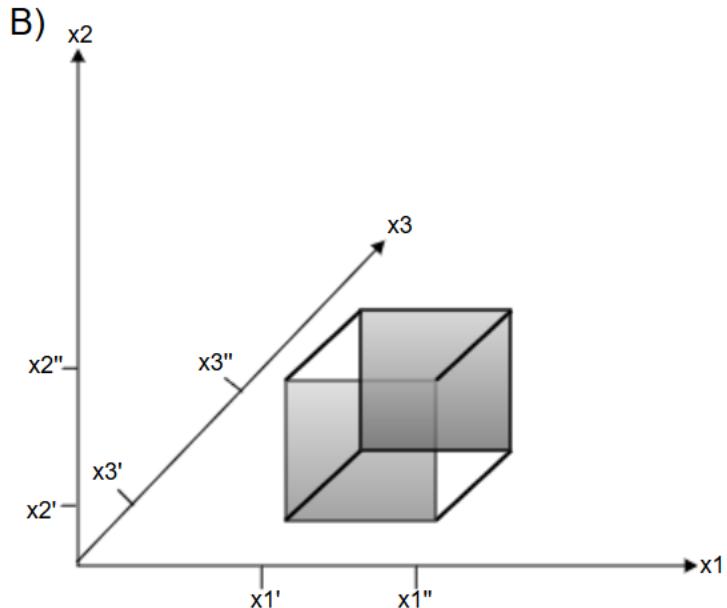
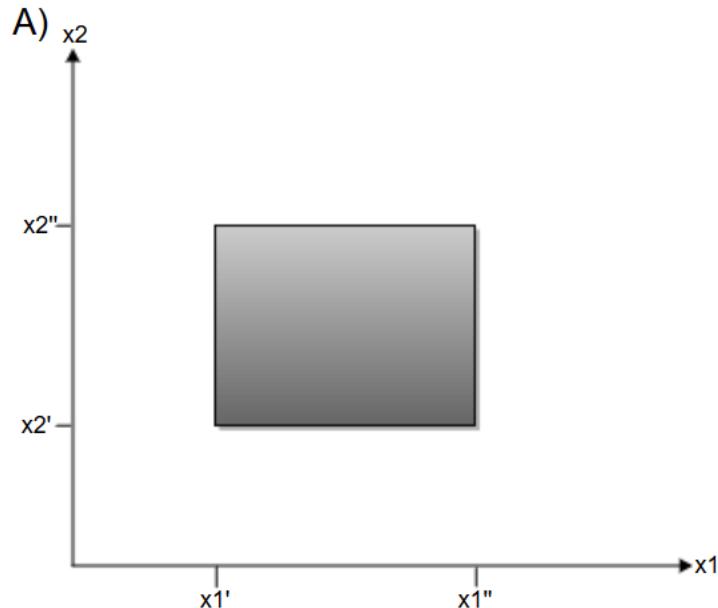
La niche écologique

- Distribution spatiale dépend de l'environnement [6]
- Quantification de cette niche selon Hutchinson [7]
- Chaque variable environnementale est un axe → *hypervolume*

Ceci est la niche écologique fondamentale

Théorie (suite)

La niche écologique



Représentation 2D (A) et 3D (B) de la niche fondamentale

Théorie (suite)

La niche écologique

- Intrégrer l'effet d'autres espèces
- Modification de "l'hypervolume"
- Variation spatiale et temporelle possible de la niche

Ceci est la niche écologique réalisée

Théorie (suite)

La niche d'interactions

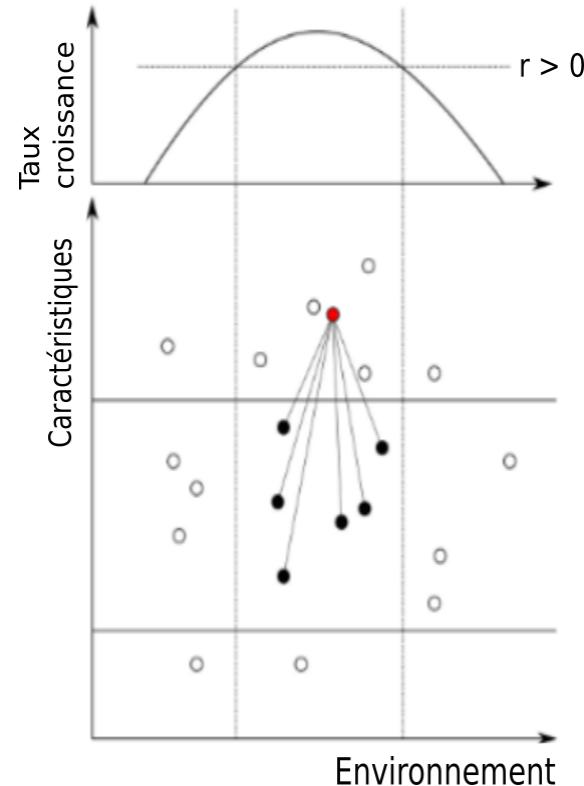
- Distribution spatiale dépend des interactions biotiques [8]
- Interactions nécessitent une correspondance de caractéristiques

exemple: ouverture de bouche suffisamment large pour une grosse proie

Théorie (suite)

La niche intégrée

- Combinaison de la niche écologique et de la niche d'interactions
- Distribution spatiale dépend de l'environnement et des interactions biotiques



Théorie (suite)

Limites taxonomiques respectives

Mammifères

- Équilibre énergétique pour la chaleur corporelle [9]
- Effets variables des microconditions environnementales [10]

Oiseaux

- Équilibre énergétique pour la chaleur corporelle
- Structure verticale de l'environnement [11, 12, 13]

Théorie (suite)

Limites taxonomiques respectives

Amphibiens

- Température [14]
- Disponibilité de l'eau [15, 16]

Reptiles

- Température [16]
- Disponibilité de l'eau [16]

Objectifs et hypothèse

Objectifs

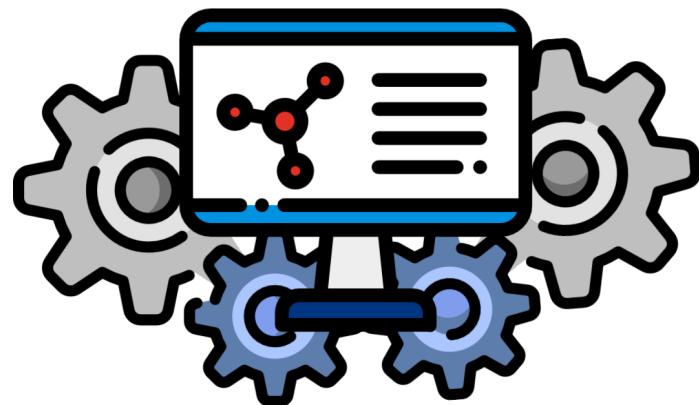
- Reconstituer le réseau trophique des vertébrés terrestres
- Illustrer spatialement ces réseaux sur le territoire du Québec
- Comprendre ce qui structure ces différents réseaux

Hypothèse

- La complexité des réseaux trophiques diminuera à l'écotone entre la forêt boréale et la tundra.

Méthodologie

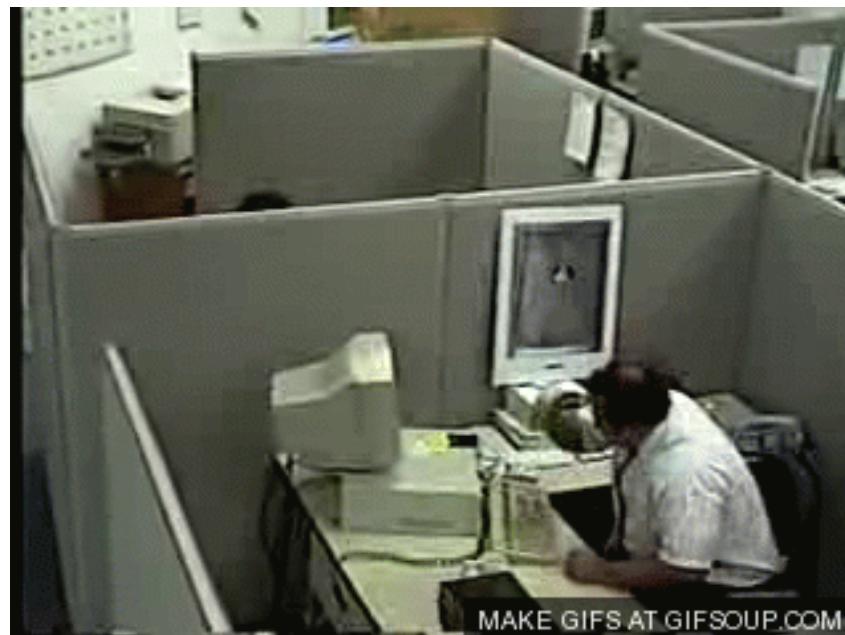
1. Regrouper et formatter les données de bases en un métaréseau
2. Reconstituer les réseaux trophiques
3. Illustrer spatialement les réseaux sur le territoire du Québec
4. Analyse des caractéristiques du réseau



Méthodologie

Regrouper et formater les données de base

- Jeux de données représentatifs de l'ensemble du Québec
- Formatage essentiel des données
- Résulte en un méta-réseau



Méthodologie

Reconstituer le métaréseau avec l'algorithme KNN

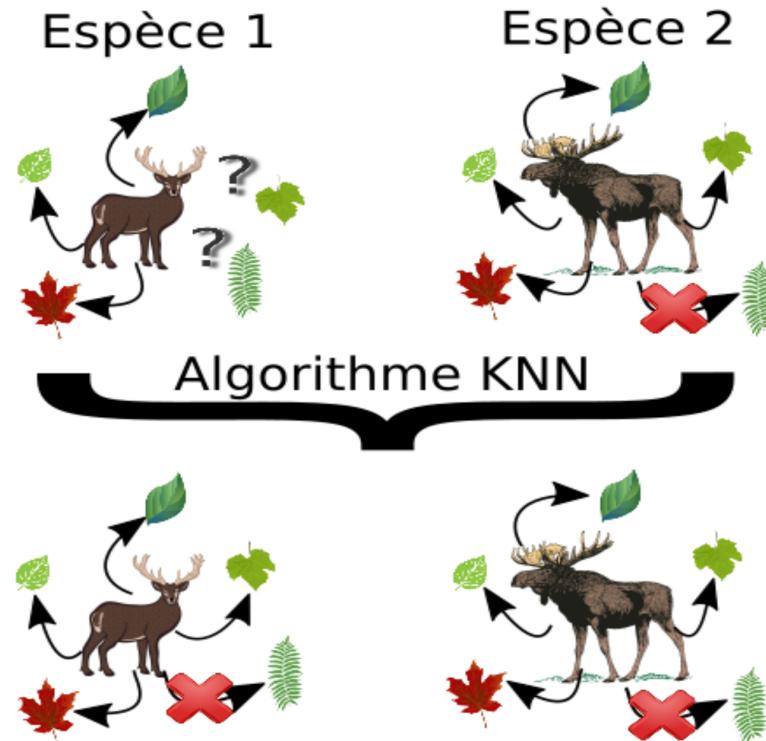
- KNN: K plus proches voisins (K-Nearest-Neighbor)
- Nécessite une initialement une matrice d'interaction

	Abies balsamea	Abietinella abietina	Accipiter cooperii	Accipiter gentilis	Accipiter striatus	Acer	Acer nigrum	Acer pensylvanicum	Acer rubrum	Acer saccharinum	Acer saccharum	Acer spicatum
Vireo solitarius	0	0	0	0	0	NA	0	0	0	0	0	0
Vitis riparia	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Vulpes lagopus	NA	NA	NA	0	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Vulpes vulpes	1	0	0	0	0	NA	0	0	0	0	0	0
Weissia controversa	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Wilsonia canadensis	0	0	0	0	0	NA	0	0	0	0	0	0
Wilsonia pusilla	0	0	0	0	0	NA	0	0	0	0	0	0
Woodisia ilvensis	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Xanthium	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Xanthoria fallax	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Zapodinae	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Zapus hudsonius	0	0	0	0	0	NA	0	0	0	0	0	0
Zea mays	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Zenaida macroura	0	0	0	0	0	NA	0	0	0	0	0	0
Zoarcetes americanus	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Zonotrichia albicollis	0	0	0	0	0	NA	1	1	1	1	1	1
Zonotrichia leucophrys	0	0	0	0	0	NA	0	0	0	0	0	0

Méthodologie

Reconstituer le métaréseau avec l'algorithme KNN

- Même principe que les propositions Netflix, Amazon et Youtube



Méthodologie

Reconstituer le métaréseau avec l'algorithme KNN

- Mesure de distance entre chaque paire d'espèces

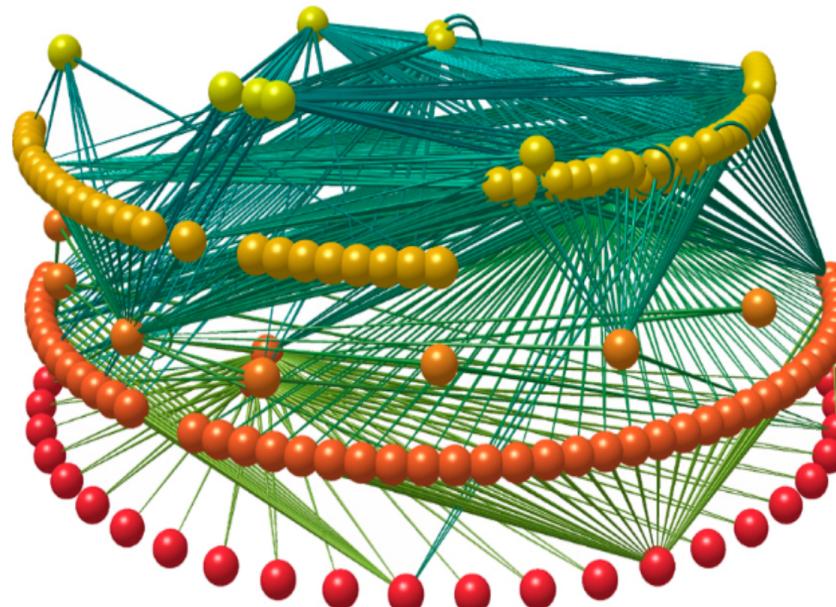
$$Jaccard_d = \frac{a}{(a + b + c)}$$

		espèce A	
		1	0
espèce B	1	a	b
	0	c	d

Méthodologie

Illustrer spatialement le méta-réseau

- Se procurer les cartes de distribution d'espèce
- Transformer la carte en grille
- Limiter les interactions avec les co-occurrences d'espèces



Méthodologie

Analyse des caractéristiques du réseau

- Nombre d'espèces (S)
- Nombre de liens (L)
- Connectance (L/S^2)
- Modularité

**Explorer la variation de ces caractéristiques sur
l'ensemble du territoire du Québec**

Utilité ?

- Exposer une structure initial en guise de référence
- Parler de biodiversité (changements climatiques abordés 8x plus)
- Pourquoi pas?

Bibliographie

1. Daily, G. C., S. Alexander, P. R. Ehrlich, L. Goulder, P. A. Matson, H. A. Mooney, S. Postel, H. Schneider, D. Tilman & G. M. Woodwell, 1997. Ecosystem services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems. Ecological Society of America: 21.
2. Duffy, J. E., 2009. Why biodiversity is important to the functioning of real-world ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7: 437–444.
3. Jordano, P., 2016. Chasing Ecological Interactions. *PLOS Biology*, 14: e1002559.
4. Estes, J. A., J. Terborgh, J. S. Brashares, M. E. Power, J. Berger, W. J. Bond, S. R. Carpenter, T. E. Essington, R. D. Holt, J. B. C. Jackson, R. J. Marquis, L. Oksanen, T. Oksanen, R. T. Paine, E. K. Pikitch, W. J. Ripple, S. A. Sandin, M. Scheffer, T. W. Schoener, J. B. Shurin, A. R. E. Sinclair, M. E. Soulé, R. Virtanen & D. A. Wardle, 2011. Trophic Downgrading of Planet Earth. *Science*, 333: 301–306.
5. Montoya, J. M. & D. Raffaelli, 2010. Climate change, biotic interactions and ecosystem services. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365: 2013–2018.
6. Grinnell, J., 1917. The Niche-Relationships of the California Thrasher. *The Auk*, 34: 427–433.
7. Hutchinson, G. E., 1957. Concluding Remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22: 415–427.
8. Elton, C. S. (Charles S., 1927. Animal ecology. New York, Macmillan Co.
9. Genoways, H. H. (Ed.), 1987. Current Mammalogy: Volume 1. Springer US.
10. Masini, F. & B. Sala, 2007. Large- and small-mammal distribution patterns and chronostratigraphic boundaries from the Late Pliocene to the Middle Pleistocene of the Italian peninsula. *Quaternary International*, 160: 43–56.
11. MacArthur, R., H. Recher & M. Cody, 1966. On the Relation between Habitat Selection and Species Diversity. *The American Naturalist*, 100: 319–332.
12. Brokaw, N. V. L. & R. A. Lent, 1999. Vertical structure. Pages 373–399 Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems. Cambridge: Cambridge University Press.
13. Culbert, P. D., V. C. Radeloff, C. H. Flather, J. M. Kellndorfer, C. D. Rittenhouse & A. M. Pidgeon, 2013. The Influence of Vertical and Horizontal Habitat Structure on Nationwide Patterns of Avian BiodiversityLa Influencia de la Estructura Vertical y Horizontal del Hábitat en los Patrones de Diversidad de Aves a Escala Nacional. *The Auk*, 130: 656–665.
14. P. S. Corn, 2007. Climate change and amphibians. *Animal Biodiversity and Conservation*, 28.
15. Hecnar, S. & R. M'Closkey, 1996. Amphibian species richness and distribution in relation to pond water chemistry in southwestern Ontario, Canada. *Freshwater Biology*, 36: 7–15.
16. Porter, K. R., 1972. Herpetology. Philadelphia, PA: Saunders.

Questions?

Remerciements

- Spécialement Willian Vieira
- Guillaume Blanchet
- Dominique Gravel
- Laboratoire d'écologie intégrative