

Comment mesurer la diversité locale ? Introduction des mesures de diversité à distance

Éric Marcon¹ et Florence Puech²

¹AgroParisTech ²Université Paris-Saclay, accueillie en délégation INRAE au sein de PSAE

Résumé

Ce travail méthodologique introduit une nouvelle famille d'indicateurs permettant d'obtenir, à l'échelle souhaitée, une valeur de la biodiversité observée selon différentes approches conceptuelles. Cette nouvelle approche est centrée sur les taxocènes pour évaluer la biodiversité à partir de données géolocalisées. Une première application, preuve de concept, est proposée sur les arbres d'un parc parisien.

Question de recherche

◆ **Positionnement général** - Comment évaluer localement la diversité, quelles que soient l'échelle géographique et la définition de la diversité retenues ?

◆ **Exemple** - Estimer la biodiversité perçue par un promeneur autour de lui lors d'un cheminement dans un parc.

Motivation

◆ **Constat** - Les mesures d'entropie sont aujourd'hui les plus utilisées pour mesurer la diversité (Marcon, 2017). Les plus connues sont certainement la richesse ou les indices de Shannon (1948) ou de Simpson (1949). Moins connus, les nombres de Hill (1973) peuvent également être mobilisés. Toutes ces mesures statistiques permettent d'évaluer, pour un territoire analysé, le niveau de diversité observé.

◆ **Contribution** - A notre connaissance, les mesures *locales* de diversité définie par l'entropie n'existent pas dans la littérature. Nous introduisons de telles mesures dans cet article, quelles que soient la définition de la diversité retenue (Shannon etc.) et la distance d'étude (5m, 10m...). Les résultats apportés par ces mesures sont une approche alternative aux mesures existantes (Marcon et Puech, 2020, 2023).

Références

- Matheron G. (1970). La Théorie Des Variables Regionalisées et Ses Applications, Les Cahiers Du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau (vol.5).
- Marcon É. (2017). Mesures de la Biodiversité. Kourou, France. Hal id : cel-01205813v5.
- Marcon É. et F. Puech (2020). Parisiens en quête de biodiversité, promenez-vous dans les cimetières !, The Conversation, 13 déc. 2020.
- Marcon É. et F. Puech (2023). Mapping distributions in non-homogeneous space with distance-based methods. Submitted for publication.
- Hill M.O. (1973). Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. Ecology 54.2, 427-432.
- Jost L. (2006). Entropy and diversity. Oikos 113.2, 363-375.
- Shannon C.E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. The Bell System Technical Journal, 27, 379-423.
- Simpson E.H. (1949). Measurement of diversity. Nature 163(4148), 688.
- Tsallis C. (1994). What are the numbers that experiments provide?, Química Nova 17.6, 468-471.

Méthodologie

DÉMARCHE

◆ **Arriver à interpréter de manière intuitive les mesures d'entropie**

Il n'y a pas d'interprétation intuitive de l'entropie de Shannon ou de Simpson. Utiliser les nombres de Hill (1973) permet d'apporter une solution.

On définit un nombre de Hill d'ordre q comme le nombre d'espèces équiprobables qui donne la même entropie que celle observée dans la distribution. Le nombre de Hill est le nombre d'espèces effectives, la diversité au sens strict (Jost, 2006) ; en effet, l'entropie n'est pas la diversité mais son exponentielle l'est.

◆ **Proposer un cadre unifié pour des mesures à distance**

Travailler avec un cadre théorique qui permette de lier aisément les mesures d'entropie et l'échelle géographique serait idéal. Pour cela, nous allons retenir l'entropie généralisée de Tsallis (1994) et des distances euclidiennes.

RAPPEL SUR L'INDICE DE SHANNON

◆ **La rareté** est définie comme $1/p_s$, où p_s est la probabilité d'obtenir l'issue m_s (parmi S issues possibles d'une expérience).

◆ **Le logarithme de la rareté** est la fonction d'information de Shannon, notée $I(p_s)$, décroissante quand p_s augmente.

◆ **L'entropie de Shannon** est la moyenne des logarithmes de la rareté donc l'information moyenne donnée par toutes les issues possibles de l'expérience :

$$\sum_s p_s \ln \frac{1}{p_s} \quad (1)$$

ENTROPIE GÉNÉRALISÉE (TSALLIS, 1994)

◆ Définitions

Le logarithme déformé à l'ordre q est :

$$\ln_q x = \frac{x^{1-q} - 1}{1-q} \quad (2)$$

Si l'on revient à l'indice de Shannon et si l'on retient la moyenne (déformée à l'ordre q) du logarithme de la rareté, on obtient :

$$\sum_s p_s \ln_q \frac{1}{p_s} \quad (3)$$

On remarque notamment :

- si $q = 0$, on obtient la richesse (nb. d'espèces-1),
- si $q = 1$, l'entropie de Shannon,
- si $q = 2$, l'entropie de Simpson.

◆ **Mesure d'entropie (q) et distance (r) à choisir**

Les considérations théoriques, *i.e.* la question de recherche posée, guident le choix de q et r :

- **la valeur de q** : désigne l'importance accordée aux espèces rares. Le choix dépend de la définition de la diversité recherchée et certaines valeurs remarquables de q ont été données plus haut.
- **la valeur de r** : désigne le rayon d'étude pertinent. La distance euclidienne jusqu'à r est considérée (même si d'autres distances sont possibles).
- **Calculs possibles avec le package R Spat-Div** (en progrès). Le lissage spatial est obtenu par krigeage (Matheron, 1970).

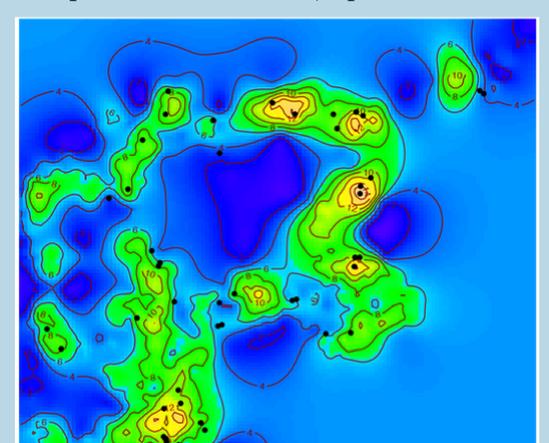
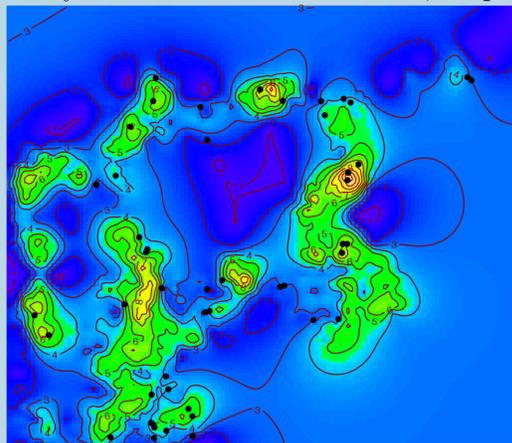
Première application, preuve de concept

◆ Données

- Arbres parisiens géolocalisés issues de Paris open data (<https://opendata.paris.fr>).
- Étude de la diversité locale des arbres du Parc Omnisport Suzanne Lenglen (POSL, 75015).

◆ Résultats à 25 mètres

- Les courbes de niveaux indiquent la diversité moyenne des arbres observée dans un rayon de 25m grâce à l'exponentielle de l'entropie de Shannon (figure de gauche) et la richesse (figure de droite)
- Diversité moyenne autour des arbres : 3,5 espèces effectives pour Shannon et 7,5 pour la richesse.



Niveau de diversité : ■ faible ■ moyen ■ élevé

◆ Résultat complémentaire : Est-ce que la diversité protège ?

- Les points noirs sur les cartes représentent les érables coupés car malades (maladie de la suie) ou en déclin irréversible.
- Ces arbres sont localisés dans des zones avec des niveaux de diversité moyens ou forts mais notre test statistique (boîte à moustaches) montre que la diversité locale autour des érables victimes de la maladie de la suie est la même qu'autour de n'importe quel érable du POSL.

Remerciements

- ◆ Poster proposé pour la première journée scientifique CBASC organisée le 14 mars 2023 à l'Université Paris-Saclay.
- ◆ Source des données : Arbres, Direction des Espaces Verts et de l'Environnement - Ville de Paris, 07/02/2022, sous licence ODbL et Arbres à abattre pour raison sanitaire et essence de remplacement, Direction des Espaces Verts et de l'Environnement - Ville de Paris, 03/02/2022, sous licence ODbL.