



AMAP

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

Mesure de la biodiversité dans le cadre de la théorie de l'information

Eric Marcon

12 juin 2024



Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

Motivation

Facettes de la biodiversité

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information
Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

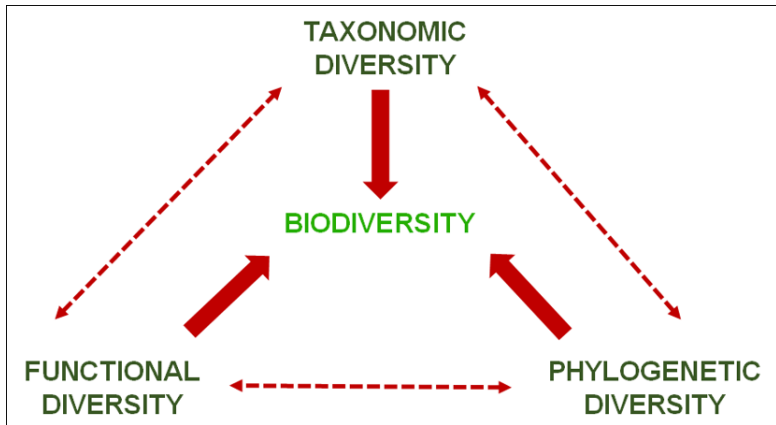


Figure de [Swenson \(2011\)](#). Dépasser la seule richesse spécifique.



AMAP

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

Diversité taxonomique



Formalisation

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

On connaît la probabilité qu'un individu appartienne à une espèce particulière : p_s .

L'information $I(p_s)$ est la surprise apportée par l'observation de l'espèce s . Elle est strictement décroissante et $I(1) = 0$.

L'entropie est l'espérance de l'information apportée par une observation ([Maasoumi, 1993](#)).



AMAP

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

Entropie de Shannon

L'inverse de la probabilité p_s est appelé *rareté* de l'espèce s

L'information de Shannon est $\ln(1/p_s)$

\Rightarrow L'information de Shannon est le logarithme de la rareté.

L'entropie de [Shannon \(1948\)](#) est la moyenne de l'information apportée par tous les individus :

$$H = \sum_{s=1}^S p_s \log \frac{1}{p_s}$$



AMAP

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

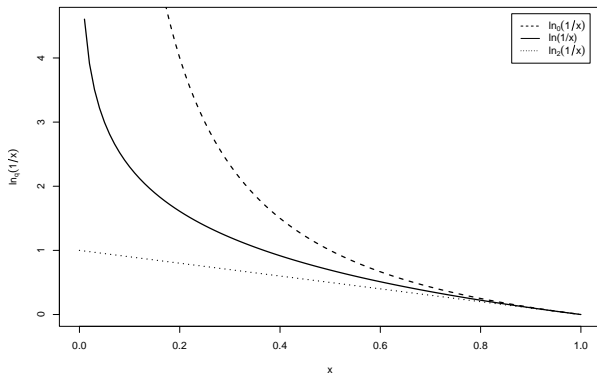
Estimation

Conclusion

References

Généralisation

Modification de la fonction d'information : logarithme déformé
d'ordre q (Tsallis, 1994) : $\ln_q x = \frac{x^{1-q} - 1}{1-q}$





AMAP

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

Entropie HCDT

L'entropie HCDT ([Havrda and Charvát, 1967](#); [Daróczy, 1970](#); [Tsallis, 1988](#)) d'ordre q est la moyenne du logarithme déformé de la rareté :

$${}^qH = \sum_s p_s \ln_q(1/p_s)$$

Elle généralise les mesures traditionnelles :

- 0H est le nombre d'espèces moins 1
- 1H est l'indice de Shannon
- 2H est l'indice de Simpson

Elle permet de choisir l'importance des espèces rares.



AMAP

Nombres de Hill

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

[Hurlbert \(1971\)](#) publie *The Nonconcept of Species Diversity: A Critique and Alternative Parameters* : l'entropie est peu intuitive.

[Hill \(1973\)](#) introduit les nombres effectifs (devenus Nombres de Hill) :

- nombres d'espèces équiprobables ayant la même entropie que les données (concept de [Wright, 1931](#))



AMAP

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

Nombres de Hill

Le nombres de Hill d'ordre q est l'exponentielle déformée de l'entropie ([Marcon et al., 2014](#)) :

$$e_q^x = [1 + (1 - q)x]^{\frac{1}{1-q}}.$$

C'est la définition de la diversité au sens strict ([Jost, 2006](#))

$${}^qD = e_q^H$$

C'est un *nombre effectif* d'espèces ([Gregorius, 1991](#)).



Profils de Diversité

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information
Eric Marcon

Motivation

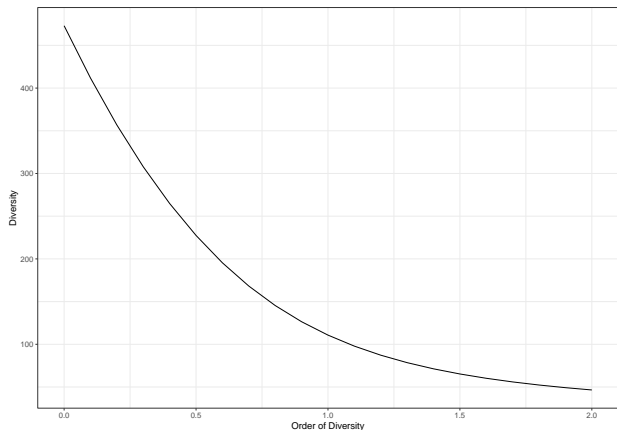
Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References



Profils de diversité des arbres de la parcelle 6 de Paracou



AMAP

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

Extensions



AMAP

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

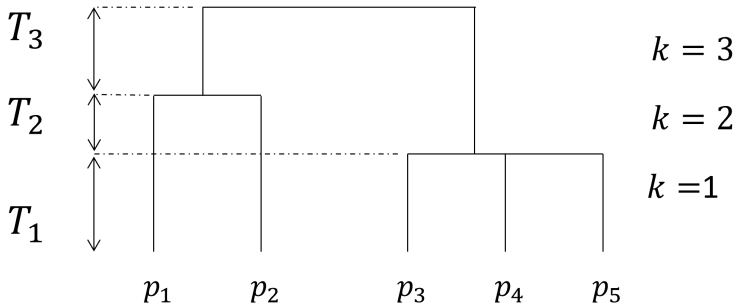
Extensions

Estimation

Conclusion

References

Diversité phylogénétique



L'entropie est calculée à chaque période de l'arbre, et moyennée.

La diversité est son exponentielle ([Marcon and Hérault, 2015a](#)).



AMAP

Diversité fonctionnelle

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

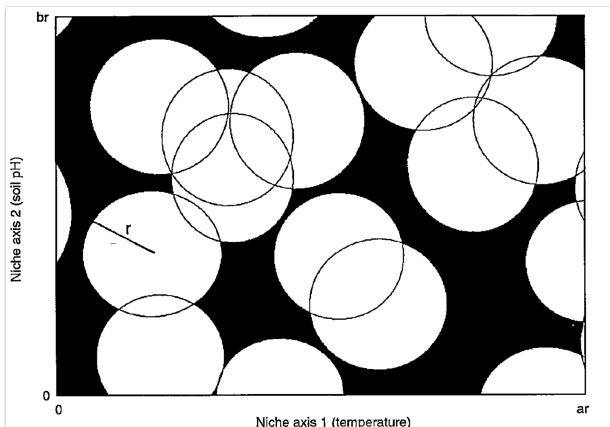


Figure de [Tilman \(2001\)](#). La similarité entre espèces définit à quel point deux espèces sont fonctionnellement proches : nécessite de définir une matrice de similarité \mathbf{Z} .



Diversité fonctionnelle

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

La banalité d'une espèce est la similarité moyenne de ses représentants avec les autres individus ([Leinster and Cobbold, 2012](#)) : Z_p

La rareté est l'inverse de la banalité : $1/Z_p$

Le reste des définitions est inchangé.



Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

Estimation



Accumulation

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information
Eric Marcon

Motivation

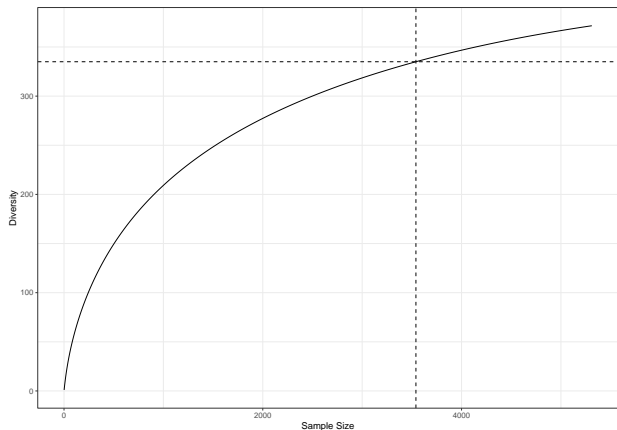
Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References



Raréfaction exacte, extrapolation estimée.



Diversité asymptotique

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

Diversité de la communauté entière, dont on aurait inventorié tous les individus.

En forêt tropicale : convention.

Diversité asymptotique estimée de Paracou, parcelle 6 : 473 espèces.



Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

Conclusion



Avantages

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information
Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

Théorie complète et robuste pour unifier la mesure de la biodiversité d'un taxon ou d'un groupe biologique (les arbres).

Mémorisation simple :

- l'information est le logarithme de la rareté,
- l'entropie est l'espérance de l'information;
- la diversité est l'exponentielle de l'entropie.

Synthèse : <https://github.com/EricMarcon/MesuresBioDiv2>

Outils mathématiques (estimateurs) disponibles dans deux package R : *entropart* ([Marcon and Hérault, 2015b](#)) et *iNEXT.3D* ([Chao et al., 2021](#)).



Limites

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

Ne prend en compte qu'un groupe biologique.

Pas de théorie sur la composition des mesures (ex.: diversité des arbres et des papillons)

Nécessite beaucoup de données, peu utilisable à grande échelle.



AMAP

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de

l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

Chao, A., P. A. Henderson, C.-H. Chiu, F. Moyes, K.-H. Hu, M. Dornelas, and A. E. Magurran (2021). Measuring temporal change in alpha diversity: A framework integrating taxonomic, phylogenetic and functional diversity and the iNEXT.3D standardization. *Methods in Ecology and Evolution* 12(10), 1926–1940.

Daróczy, Z. (1970). Generalized information functions. *Information and Control* 16(1), 36–51.

Gregorius, H.-R. (1991). On the concept of effective number. *Theoretical population biology* 40(2), 269–83.

Havrda, J. and F. Charvát (1967). Quantification method of classification processes. Concept of structural alpha-entropy. *Kybernetika* 3(1), 30–35.



AMAP

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

Hill, M. O. (1973). Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology* 54(2), 427–432.

Hurlbert, S. H. (1971). The Nonconcept of Species Diversity: A Critique and Alternative Parameters. *Ecology* 52(4), 577–586.

Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos* 113(2), 363–375.

Leinster, T. and C. Cobbold (2012). Measuring diversity: The importance of species similarity. *Ecology* 93(3), 477–489.

Maasoumi, E. (1993). A compendium to information theory in economics and econometrics. *Econometric Reviews* 12(2), 137–181.



AMAP

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information

Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

Marcon, E. and B. Hérault (2015a). Decomposing
Phylodiversity. *Methods in Ecology and Evolution* 6(3),
333–339.

Marcon, E. and B. Hérault (2015b). entropart, an R Package
to Measure and Partition Diversity. *Journal of Statistical
Software* 67(8), 1–26.

Marcon, E., I. Scotti, B. Hérault, V. Rossi, and G. Lang (2014).
Generalization of the Partitioning of Shannon Diversity. *Plos
One* 9(3), e90289.

Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of
Communication. *The Bell System Technical Journal* 27,
379–423, 623–656.



AMAP

Mesure de la
biodiversité
dans le cadre
de la théorie
de
l'information
Eric Marcon

Motivation

Diversité
taxonomique

Extensions

Estimation

Conclusion

References

Swenson, N. G. (2011, March). The role of evolutionary processes in producing biodiversity patterns, and the interrelationships between taxonomic, functional and phylogenetic biodiversity. *American Journal of Botany* 98(3), 472–480.

Tilman, D. (2001). Functional diversity. In S. Levin (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity*, pp. 109–121. San Diego: Academic Press.

Tsallis, C. (1988). Possible generalization of Boltzmann-Gibbs statistics. *Journal of Statistical Physics* 52(1), 479–487.

Tsallis, C. (1994). What are the numbers that experiments provide? *Química Nova* 17(6), 468–471.

Wright, S. (1931). Evolution in Mendelian Populations. *Genetics* 16(2), 97–159.