

De l'inégalité des espèces

Dispersion, compétition et
coexistence

Jérôme Chave

28 mars 2022



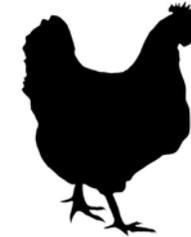
Abondance des espèces sur Terre

- 7 870 000 000



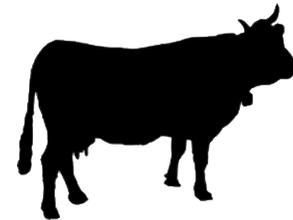
Homo sapiens

- 21 000 000 000



Gallus gallus

- 1 460 000 000

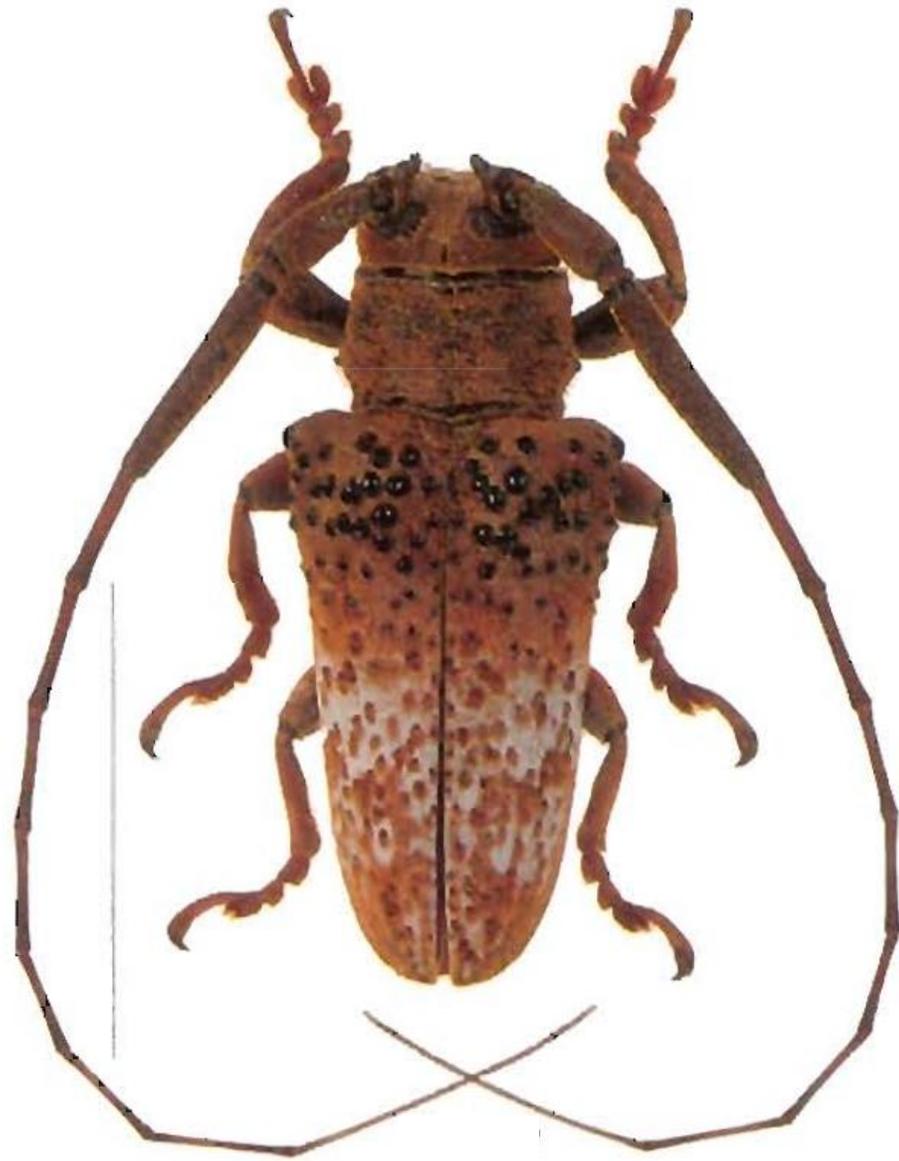


Bos taurus

- 500 000 000 000 000



Euphausia superba



Oncideres repandator (Fabricius, 1792)



Tous les animaux sont égaux mais certains animaux sont plus égaux que d'autres

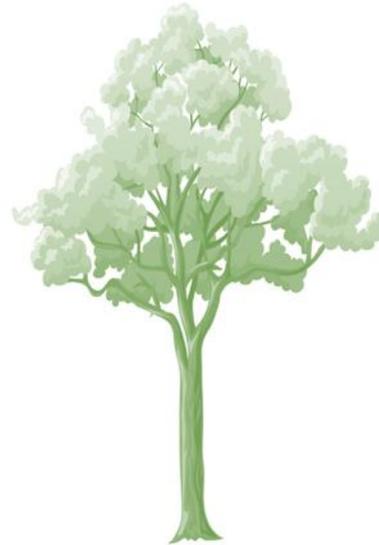
Georges Orwell, La Ferme des Animaux (1945)

Diversité du vivant

Vertébrés
65 000 espèces



Plantes
391 000 espèces



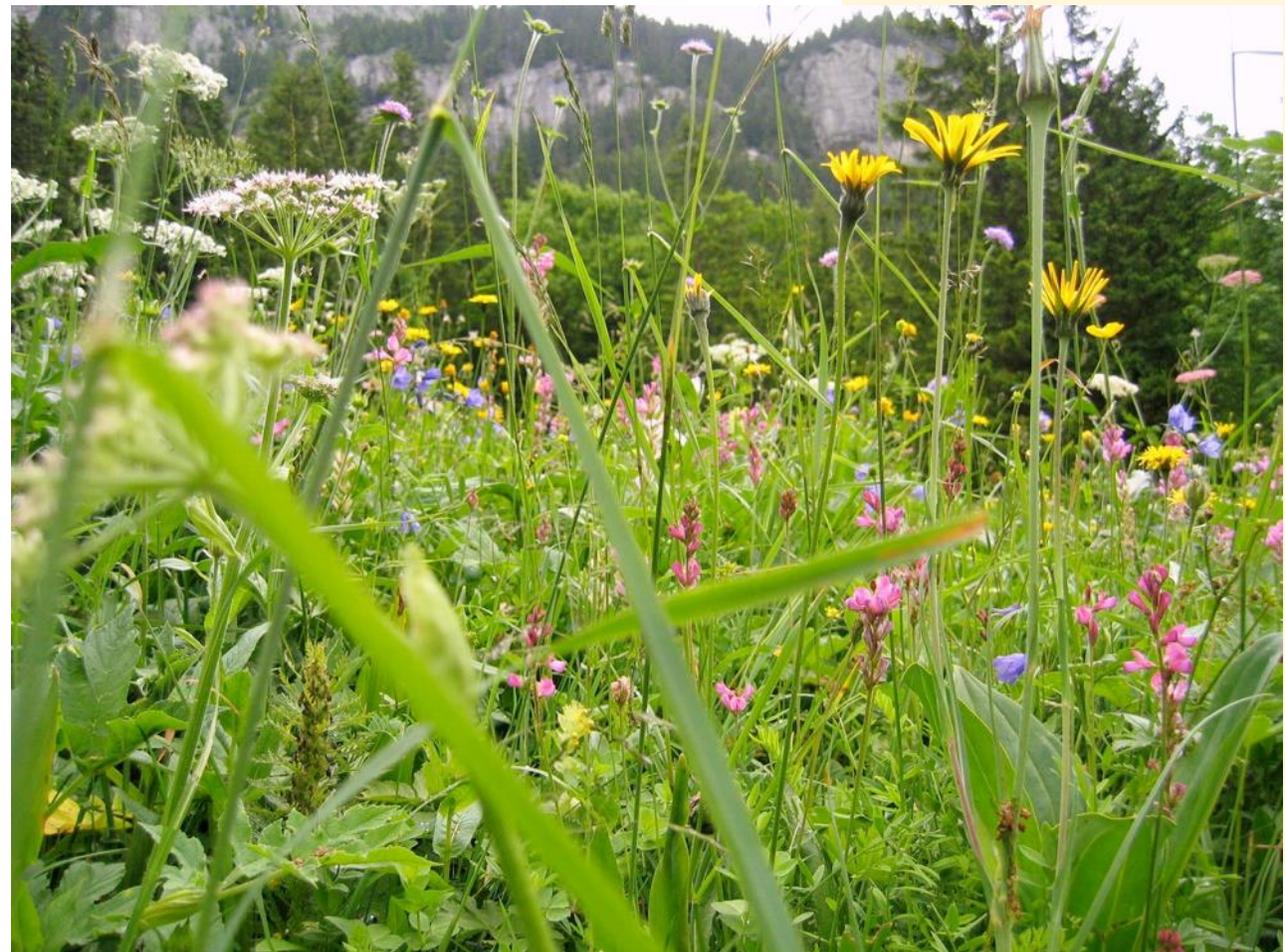
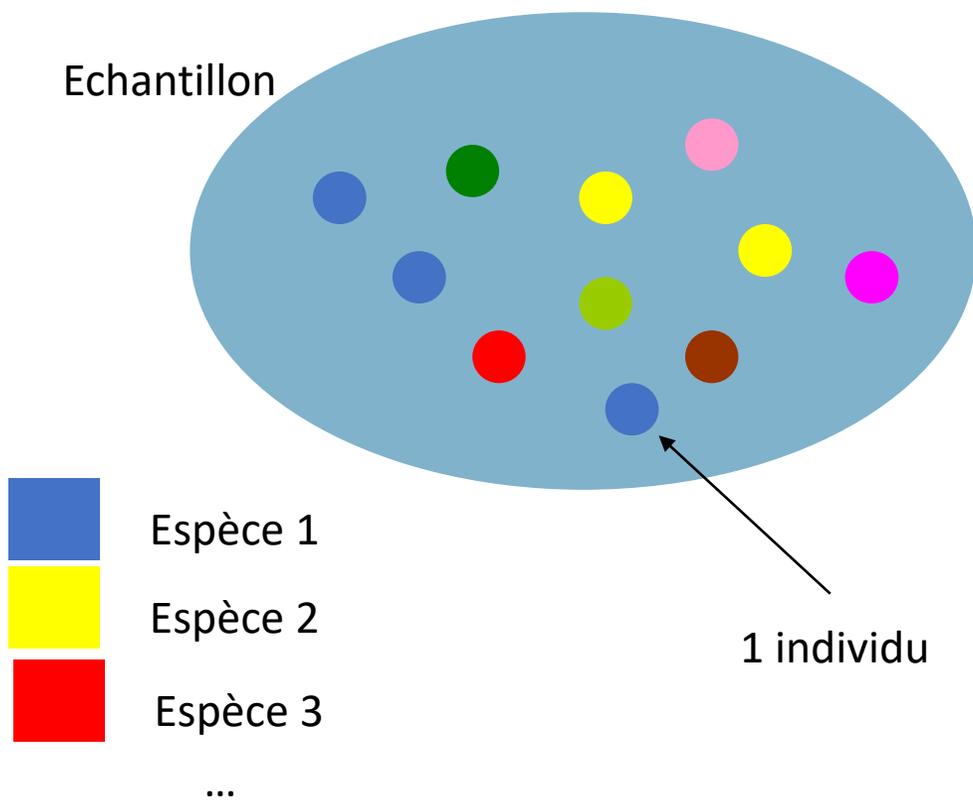
Champignons
1 500 000 (?) espèces



Arthropodes
5 600 000 espèces



Communauté écologique



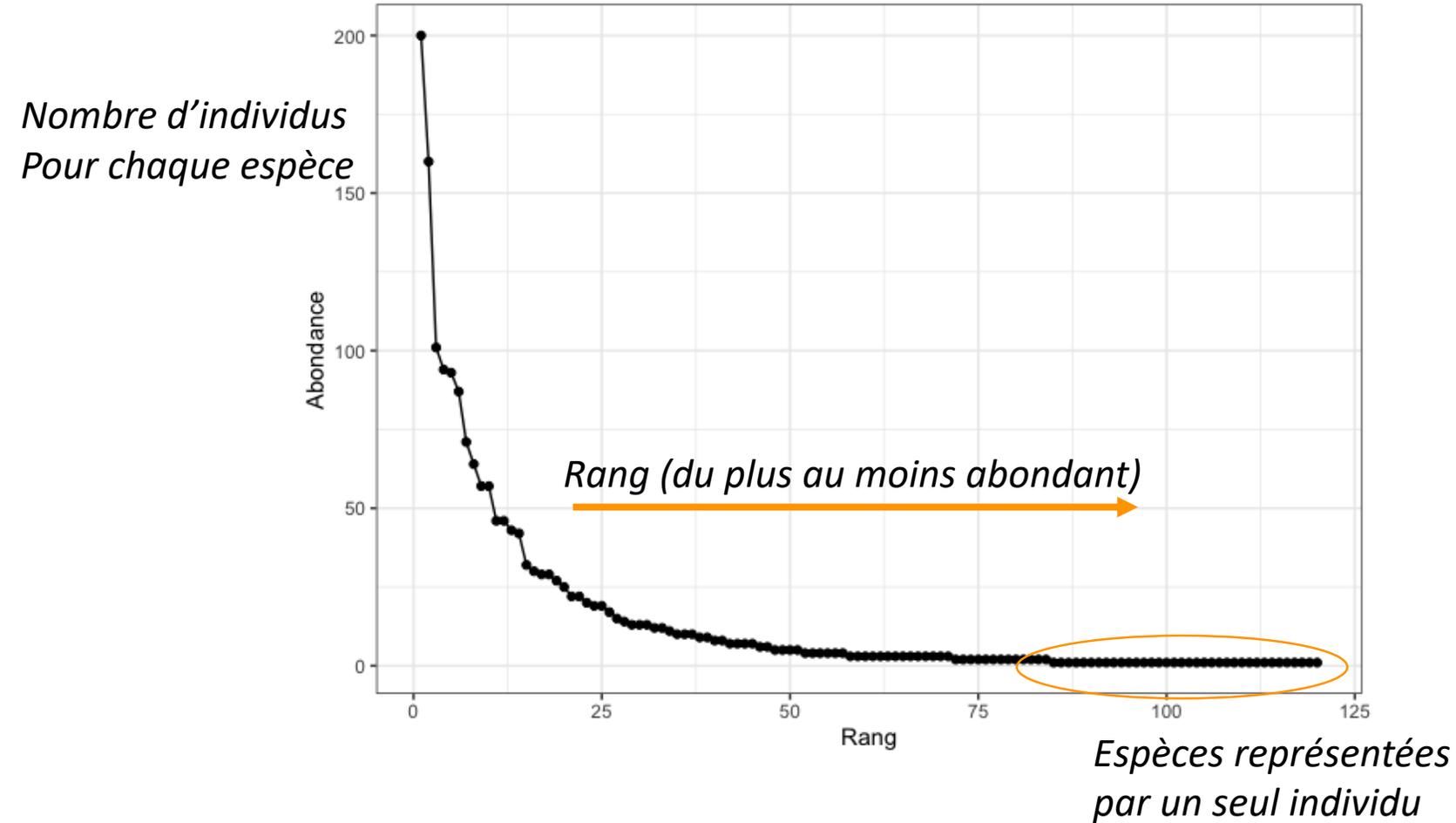
Une prairie dans la vallée de Gasterntal, Suisse, source: wikipedia

Abondance des espèces



Collecte d'insectes par piège lumineux
Station des Nouragues, Guyane, 2002

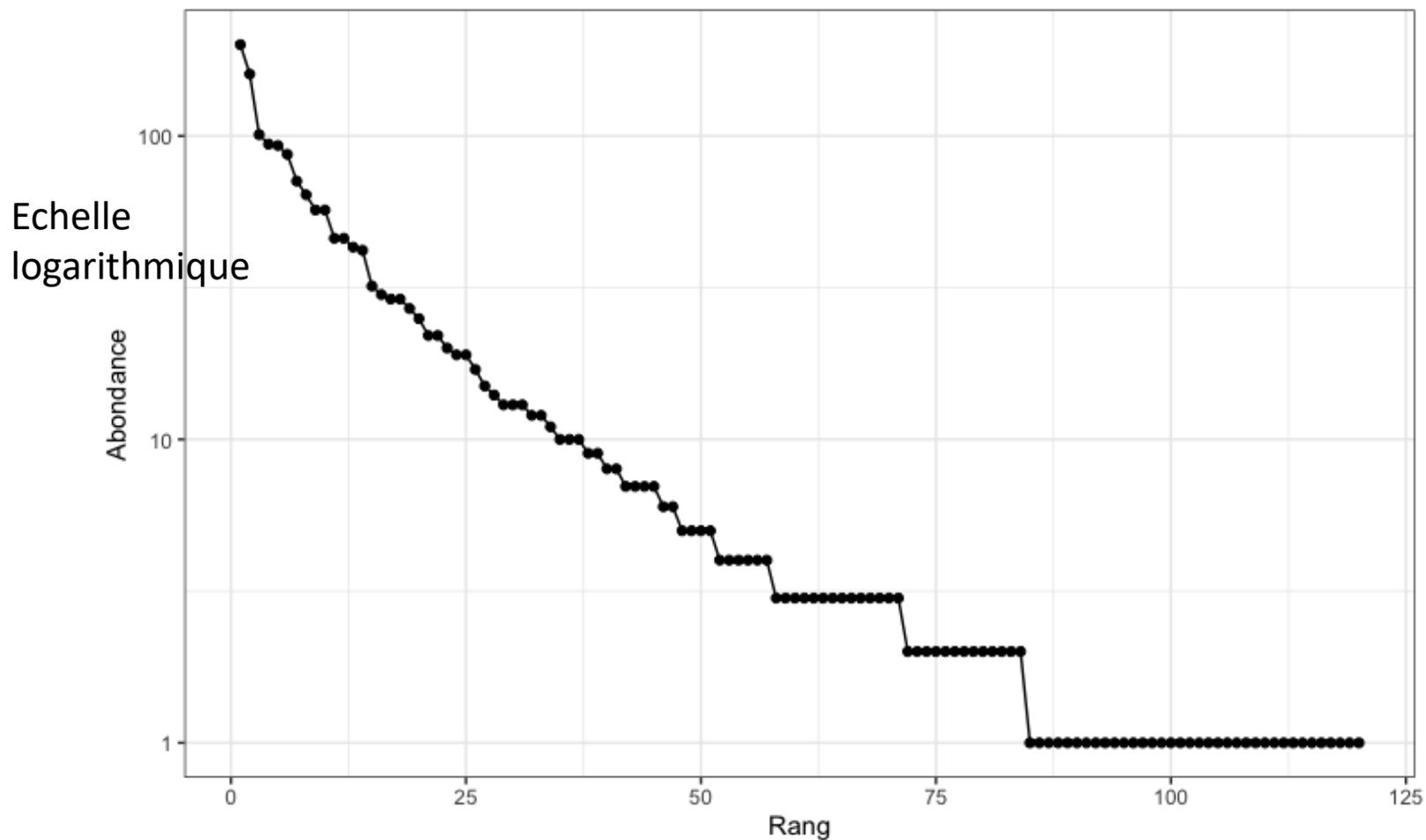
Abondance des espèces



Euphaedra permixtum (Wikimedia)

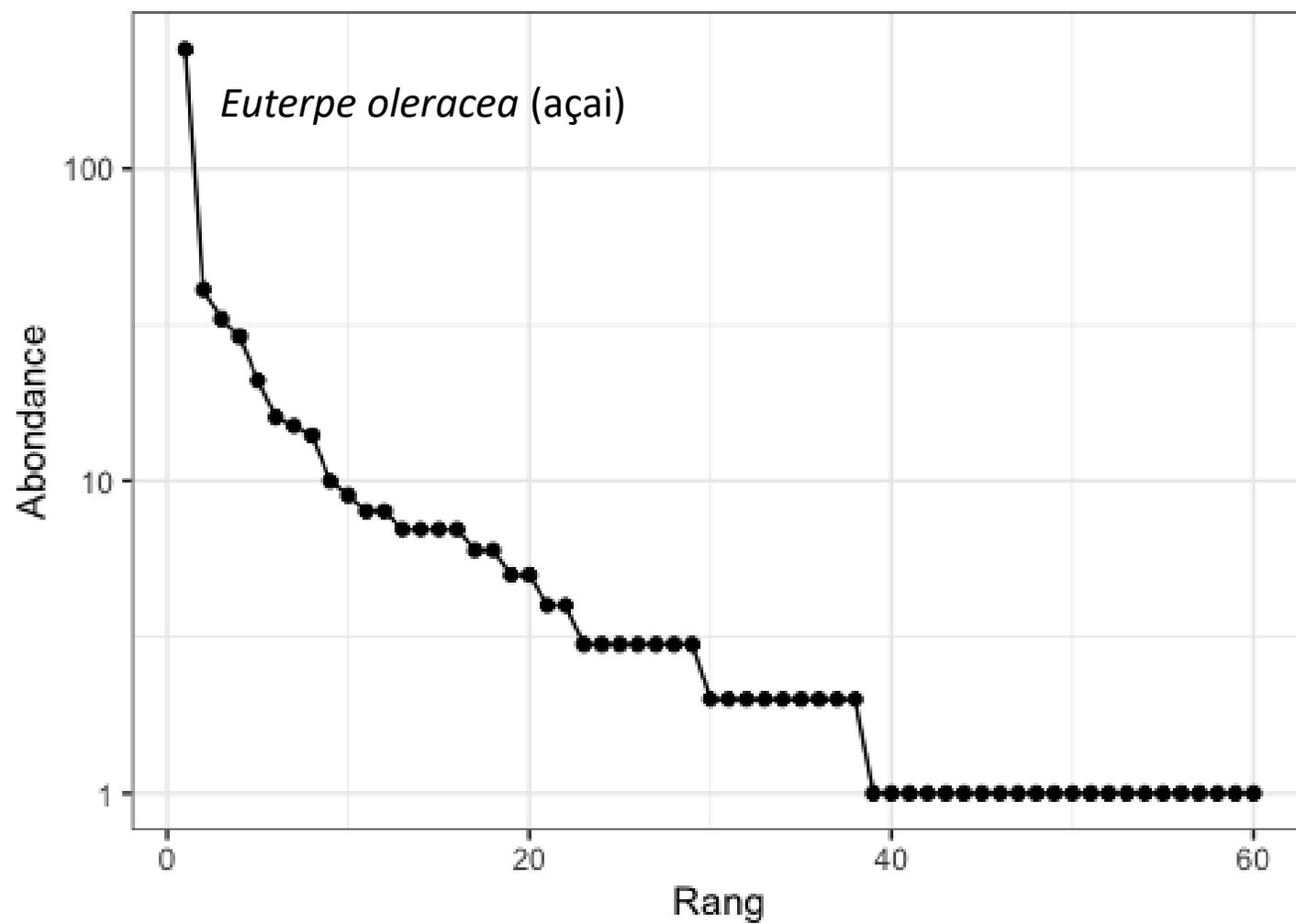
Données : lépidoptères du Mont Cameroun
Maicher et al. *Ecology & Evolution* (2019)

Abondance des espèces



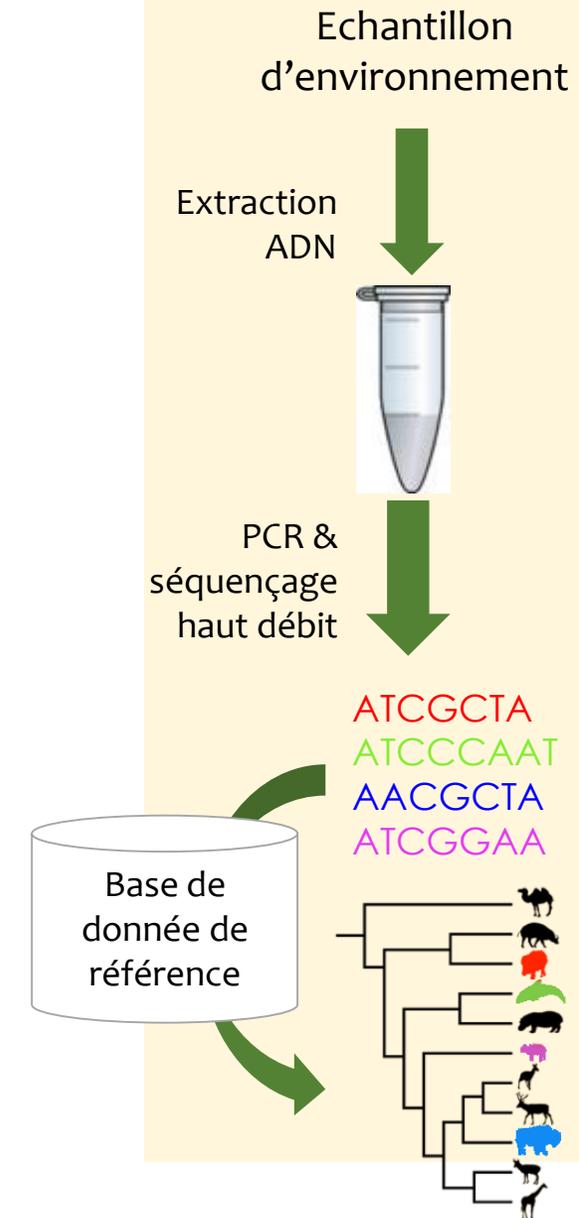
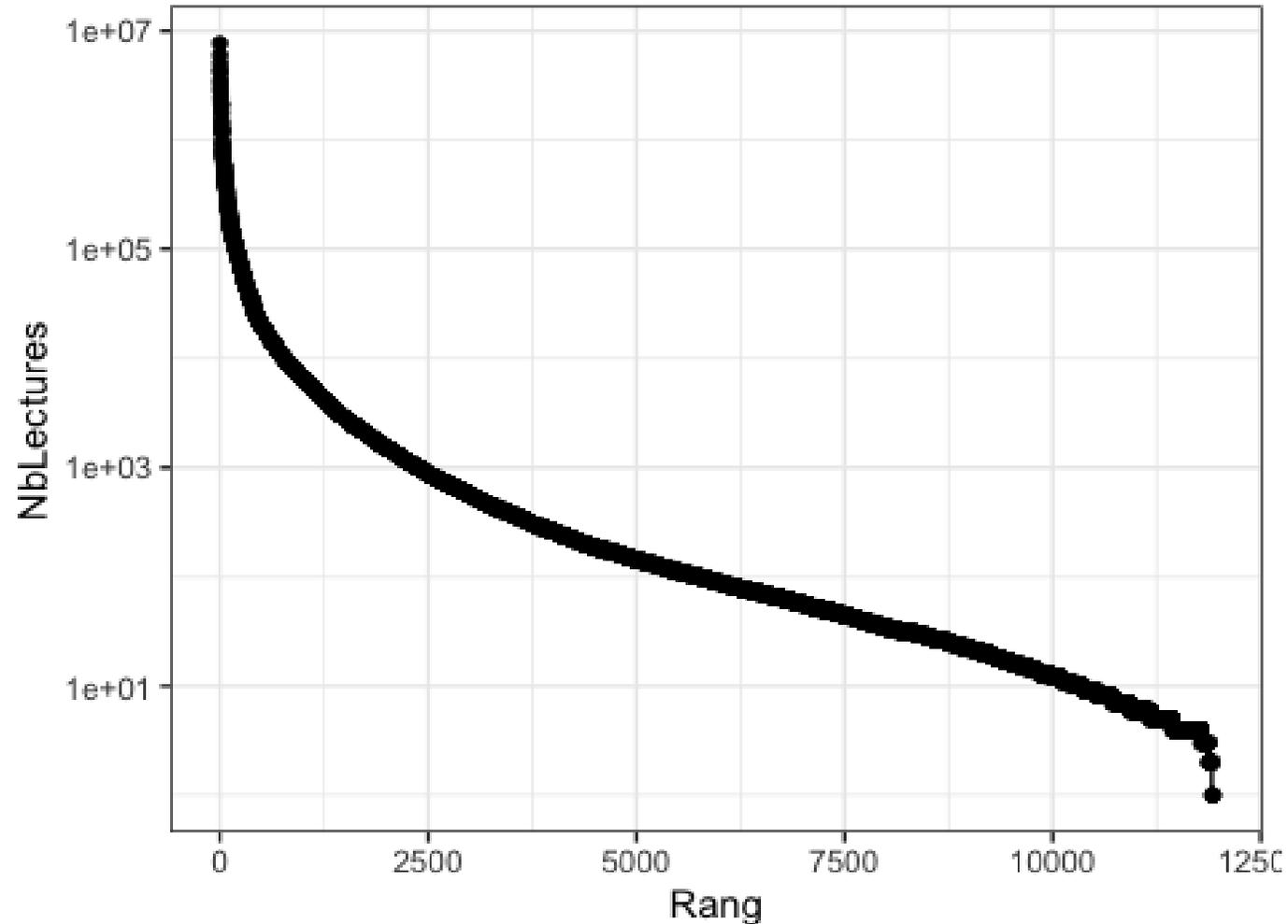
Données : lépidoptères du Mont Cameroun
Maicher et al. *Ecology & Evolution* (2019)

Inventaires d'espèces d'arbres en Amazonie



G.A. Black, Th. Dobzhansky, C Pavan (1950).
Botanical Gazette, 111, 413-425

Inventaires d'eucaryotes dans le sol

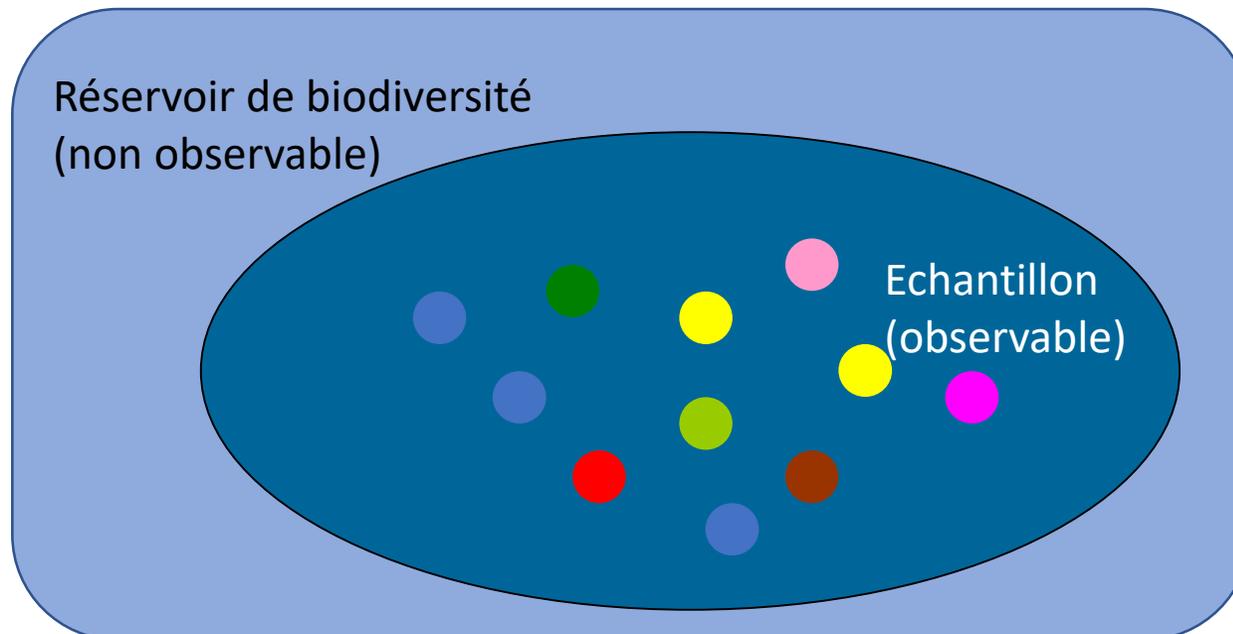


Théorie de l'échantillonnage

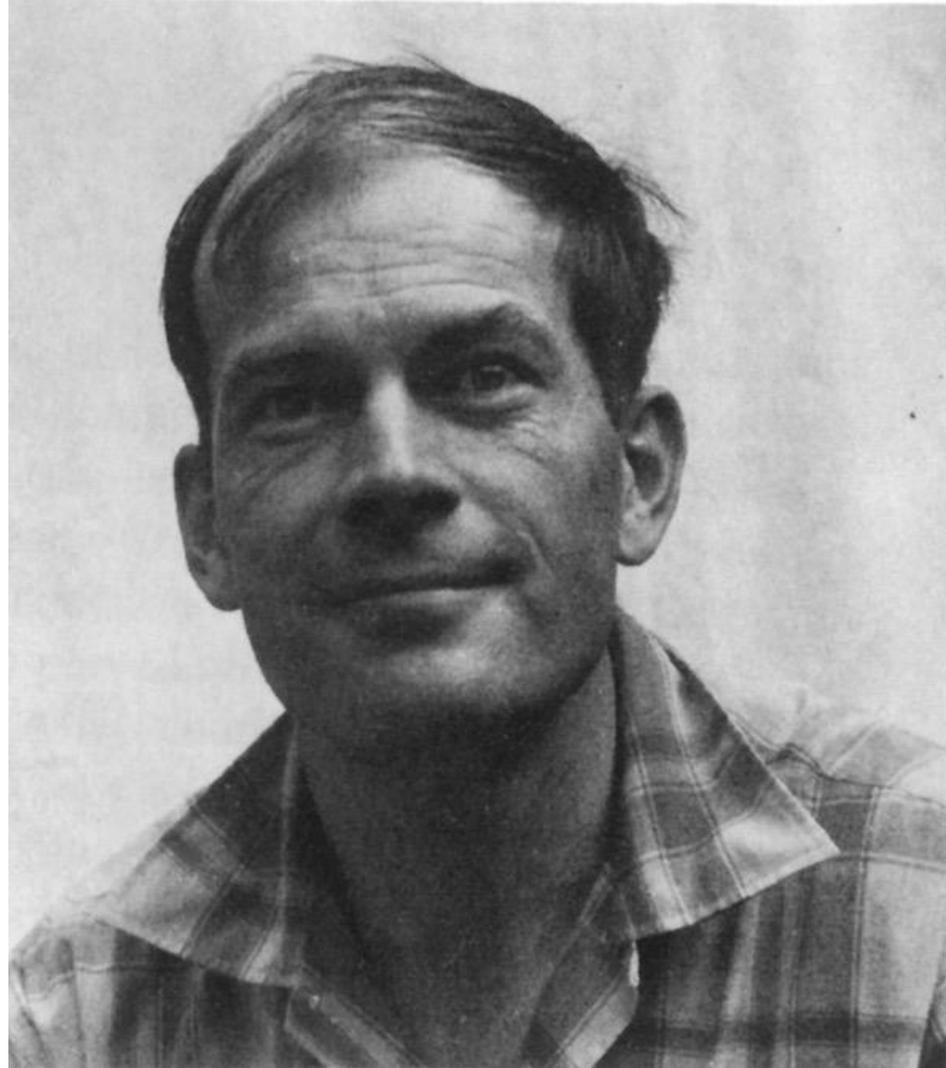
En supposant une forme mathématique de distribution régionale d'abondance des espèces, Fisher (1943) en déduit le lien entre nombre d'espèces et nombre d'individus dans un échantillon



Ronald Fisher
(1890-1962)

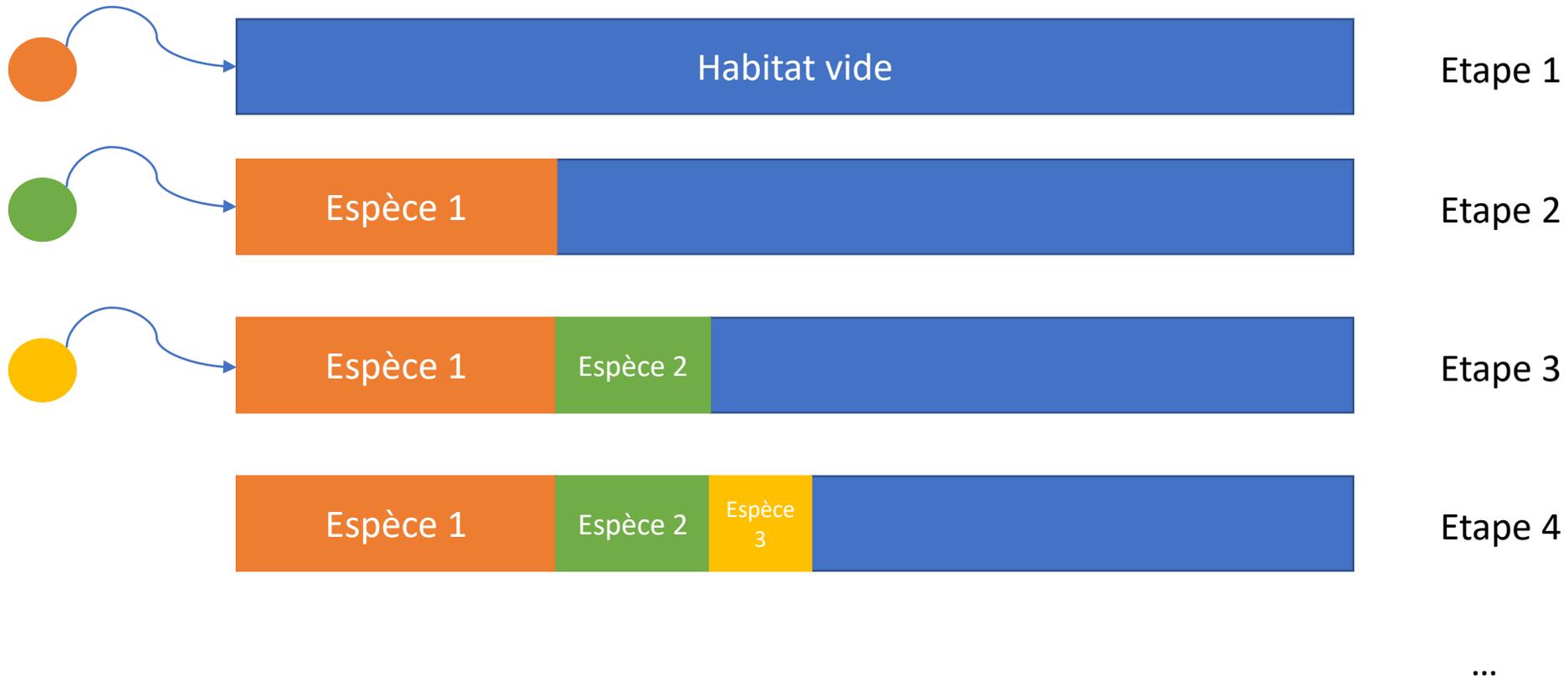


Fisher, R. A. (1943). *Journal of Animal Ecology*, 42-58.

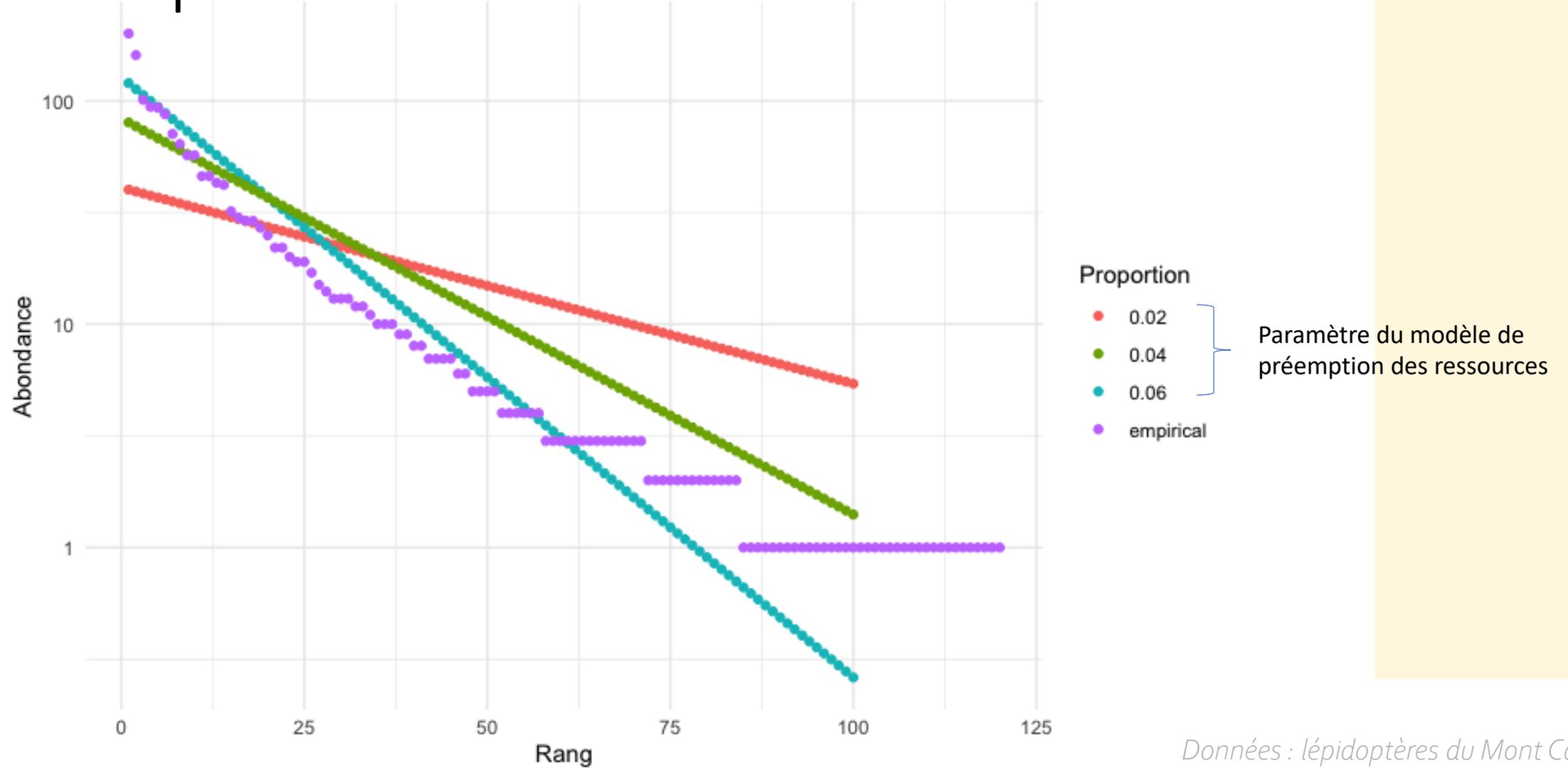


Robert MacArthur (1930-1972)

Préemption des ressources



Comparaison modèle-données



Données : lépidoptères du Mont Cameroun
Maicher et al. *Ecology & Evolution* (2019)

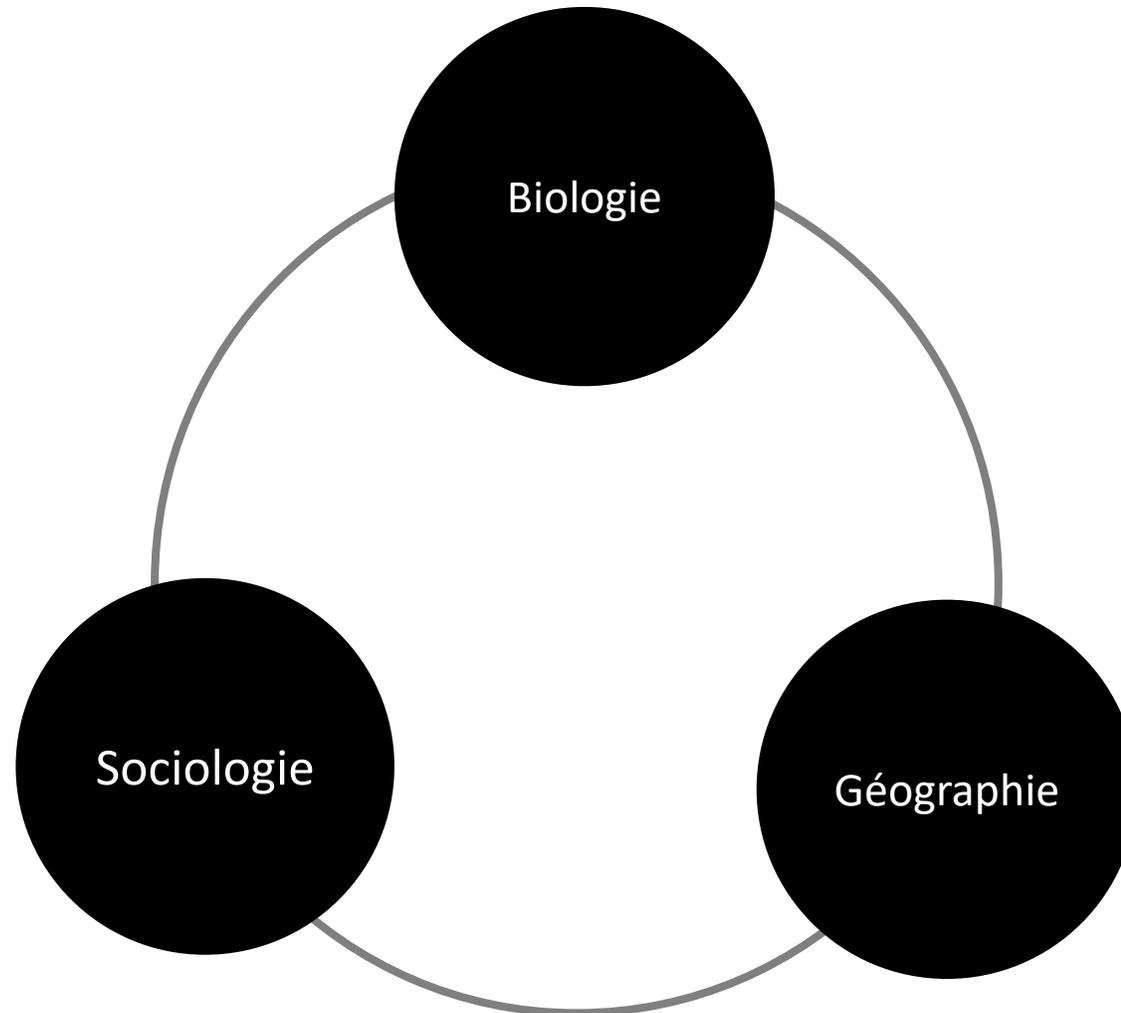
Facteurs causaux à l'abondance des espèces

1. L'influence que les éléments extérieurs exercent sur les [individus], et les modifications qui résultent, pour chaque espèce, du besoin qu'elle a de chaque substance, ou des moyens par lesquels elle peut échapper à son action;
2. Les conséquences qui résultent de ces données générales pour l'étude des [assemblages d'espèces];
3. L'examen de [la géographie des espèces], et les conséquences qui en résultent.

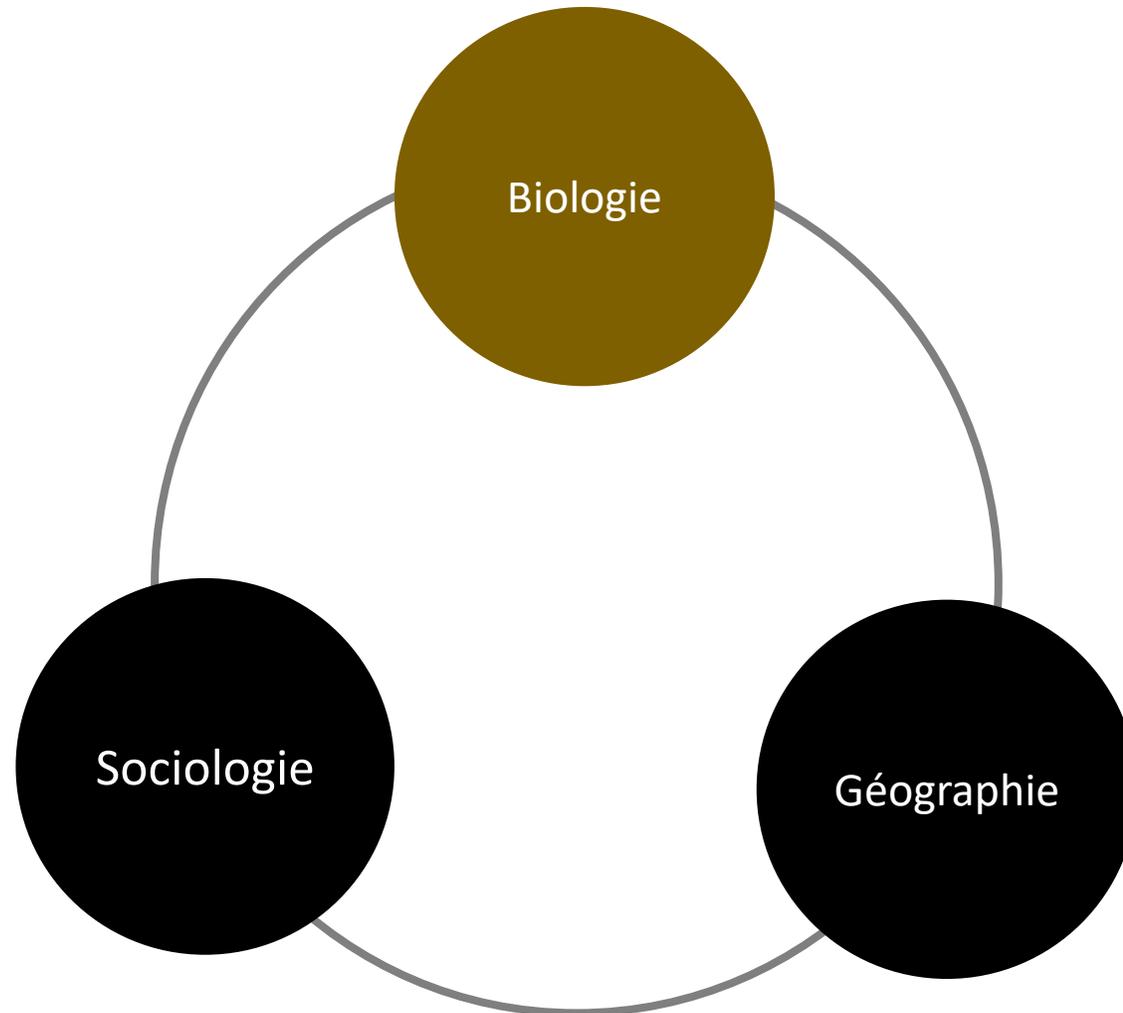


**Augustin Pyrame de
Candolle (1778-1841)**

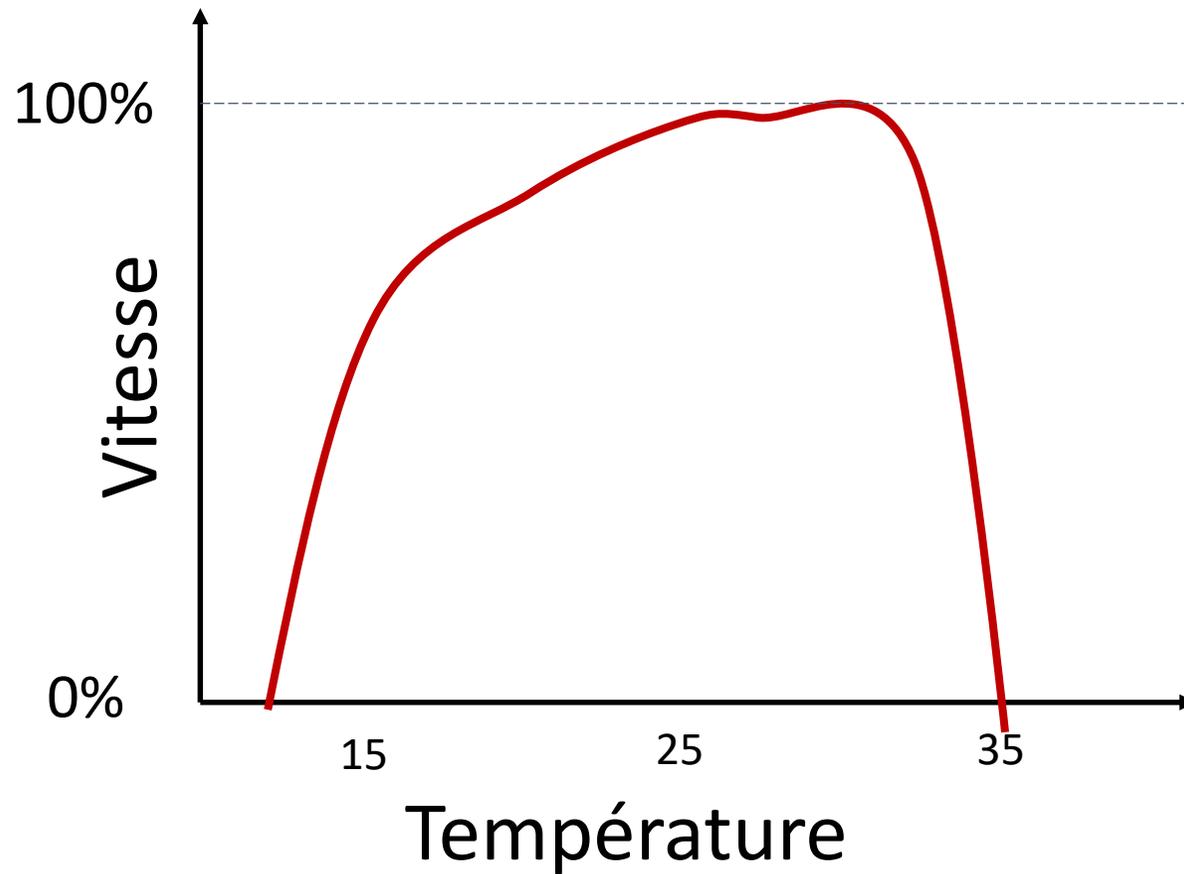
Facteurs causaux à l'abondance des espèces



Facteurs causaux à l'abondance des espèces



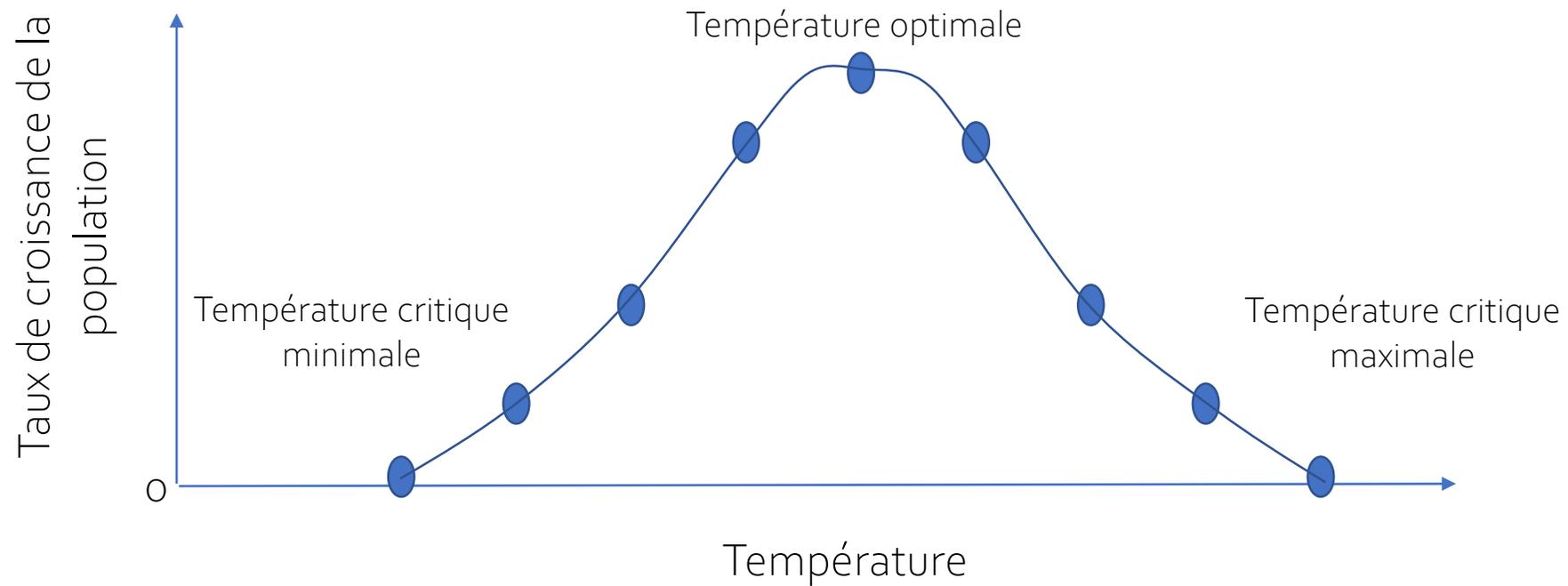
Performance et température



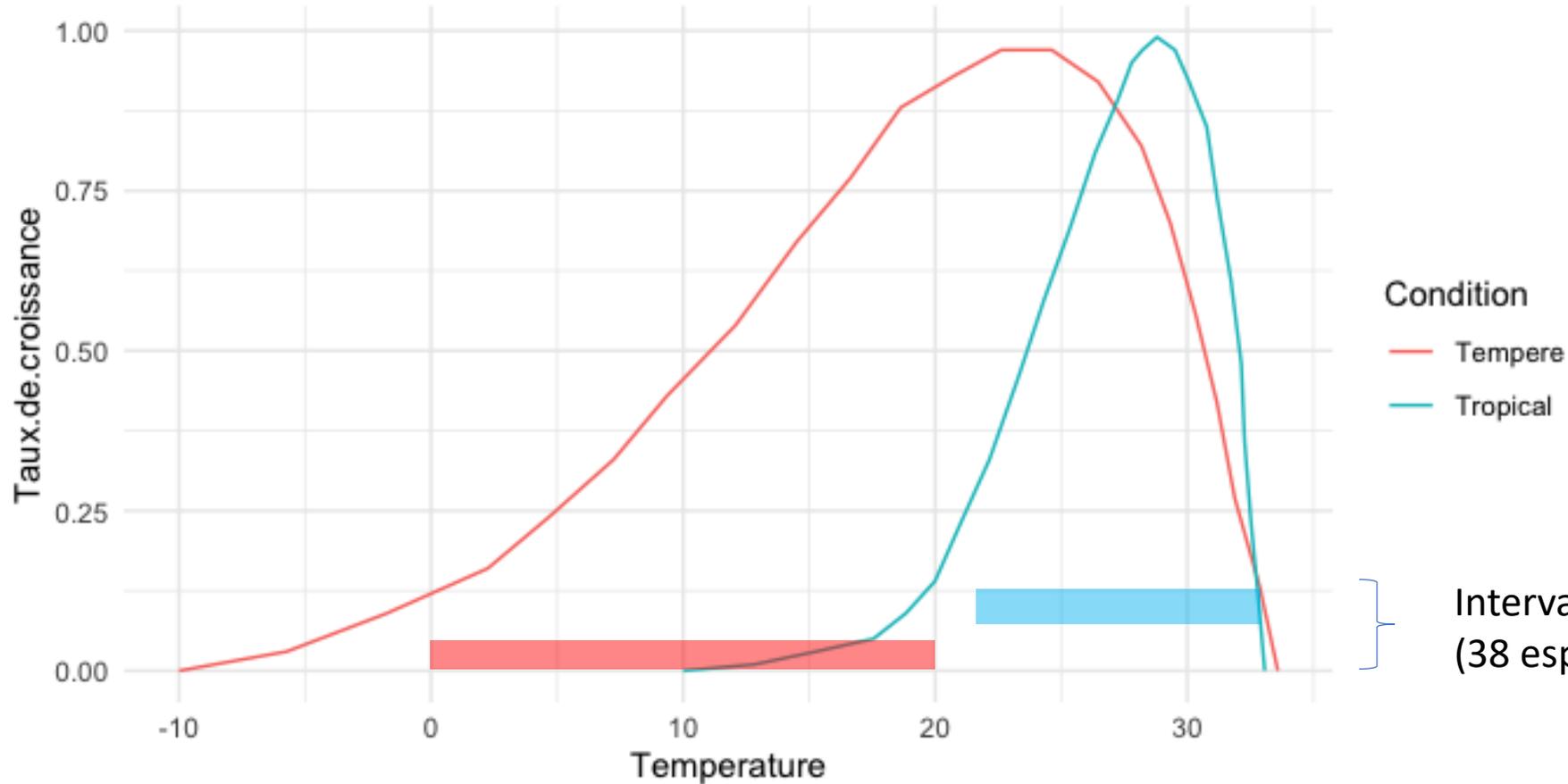
Xenopus tropicalis
Image : Václav Gvoždík

Herrel, A., & Bonneaud, C. (2012). *Journal of Experimental Biology*

Physiologie et environnement



Physiologie et environnement

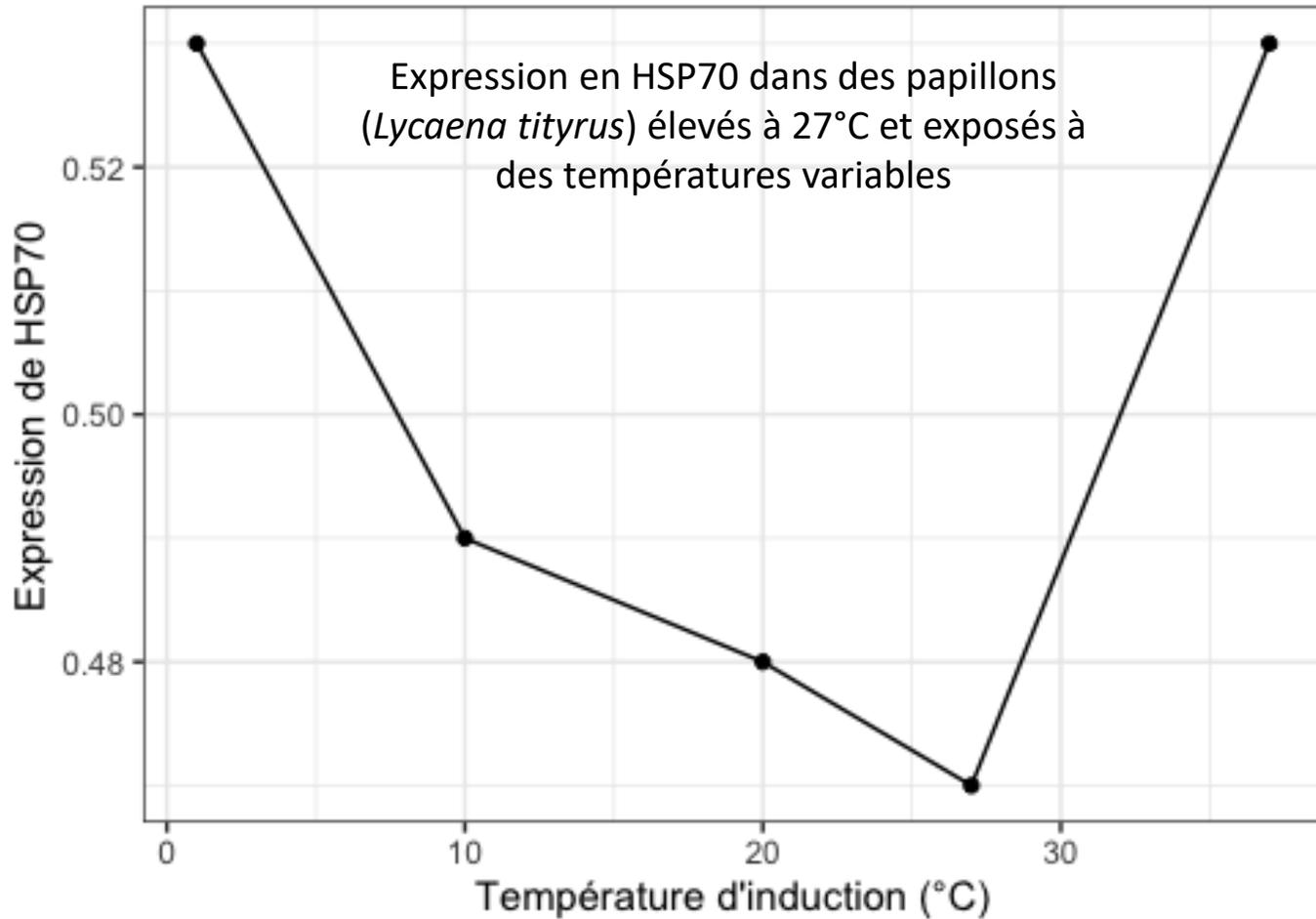


Clavigralla

Condition
— Tempere
— Tropical

Intervalle réalisé
(38 espèces)

Physiologie et environnement

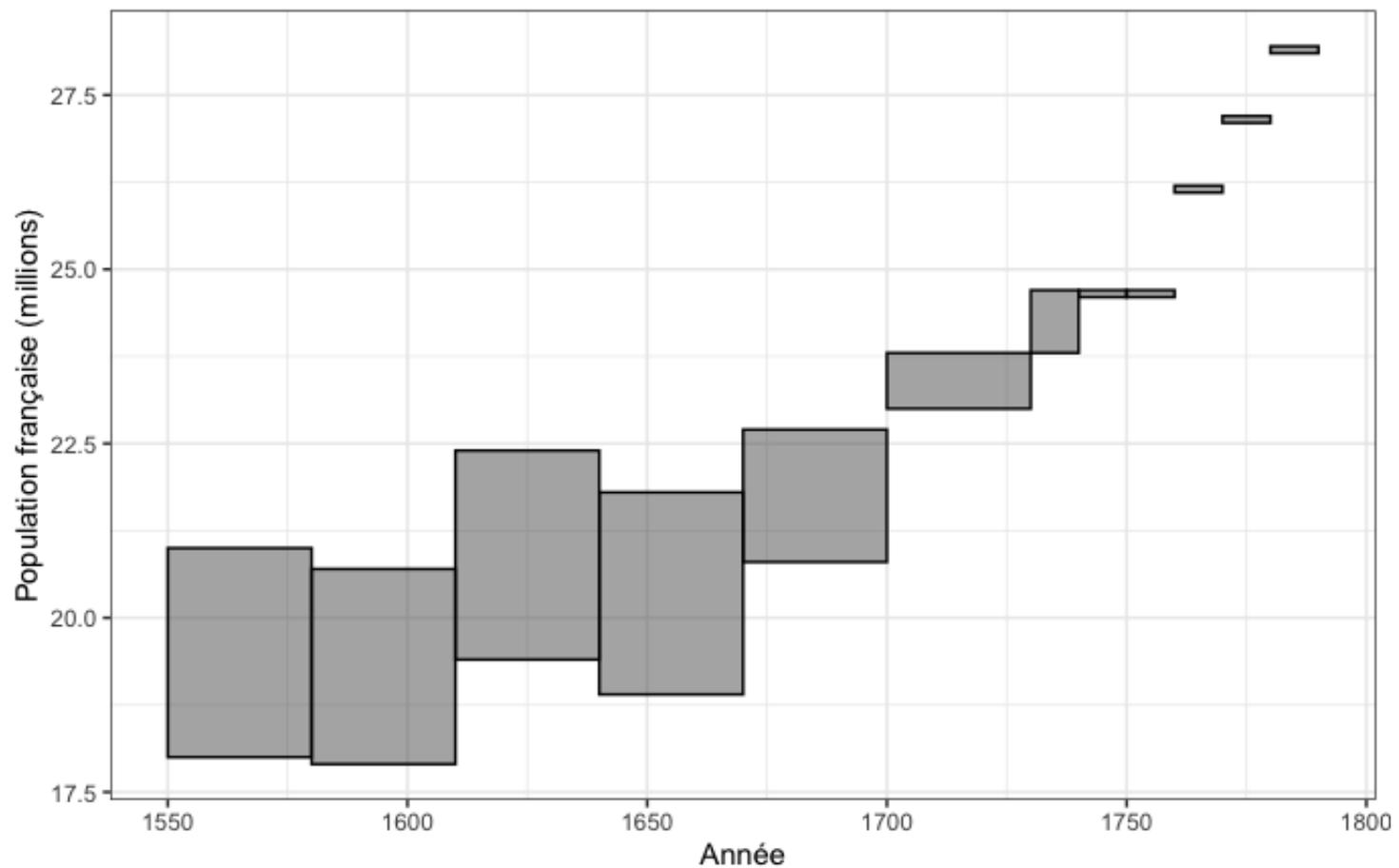


Lycaena tityrus

Estimer l'abondance : recensements



Recensements : France



Dupâquier J. (1988), Histoire de la
Population Française (t2)

Lynx du Canada (loup-cervier)



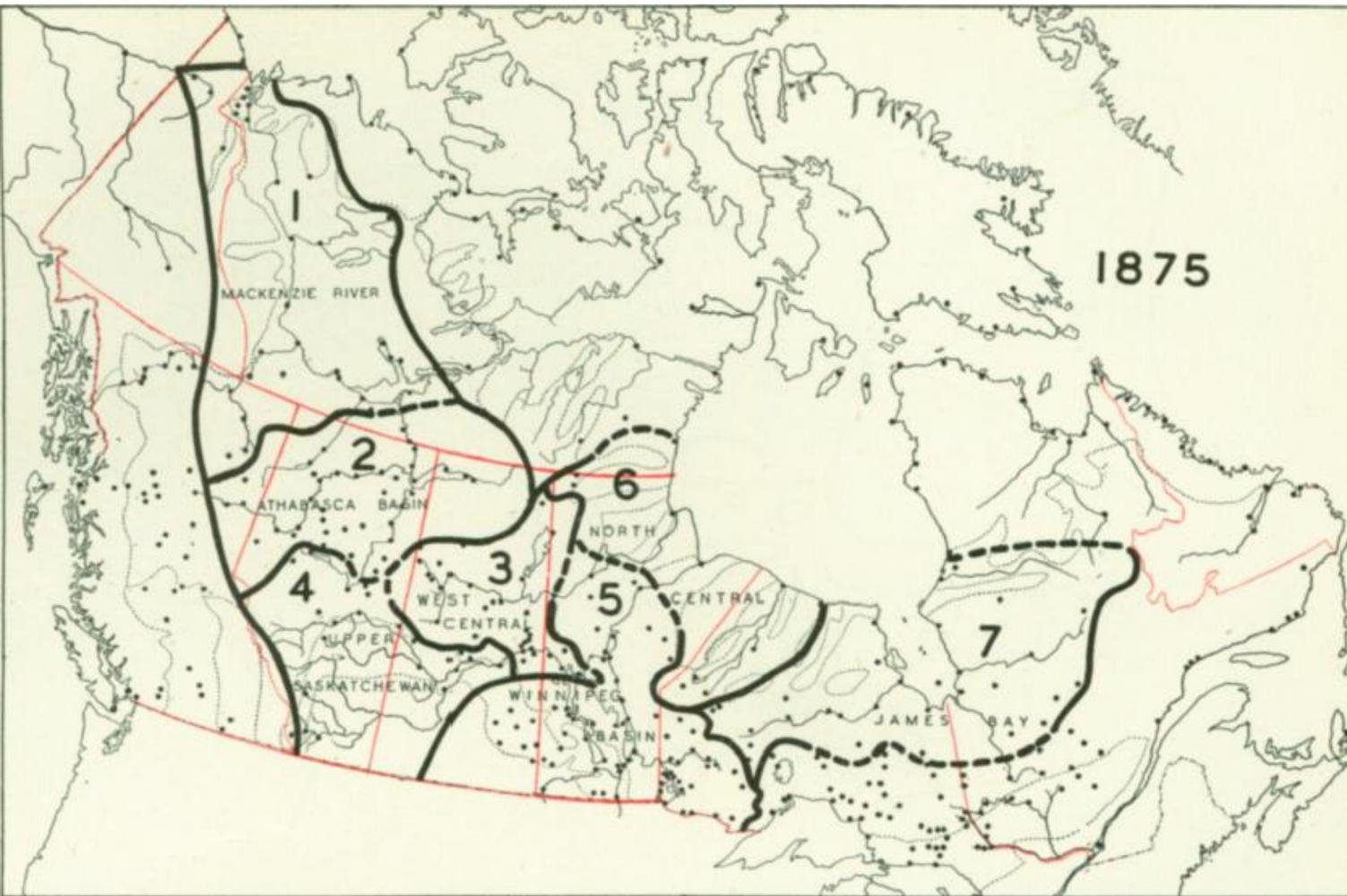
Photo credit: Alice J. Kenney.



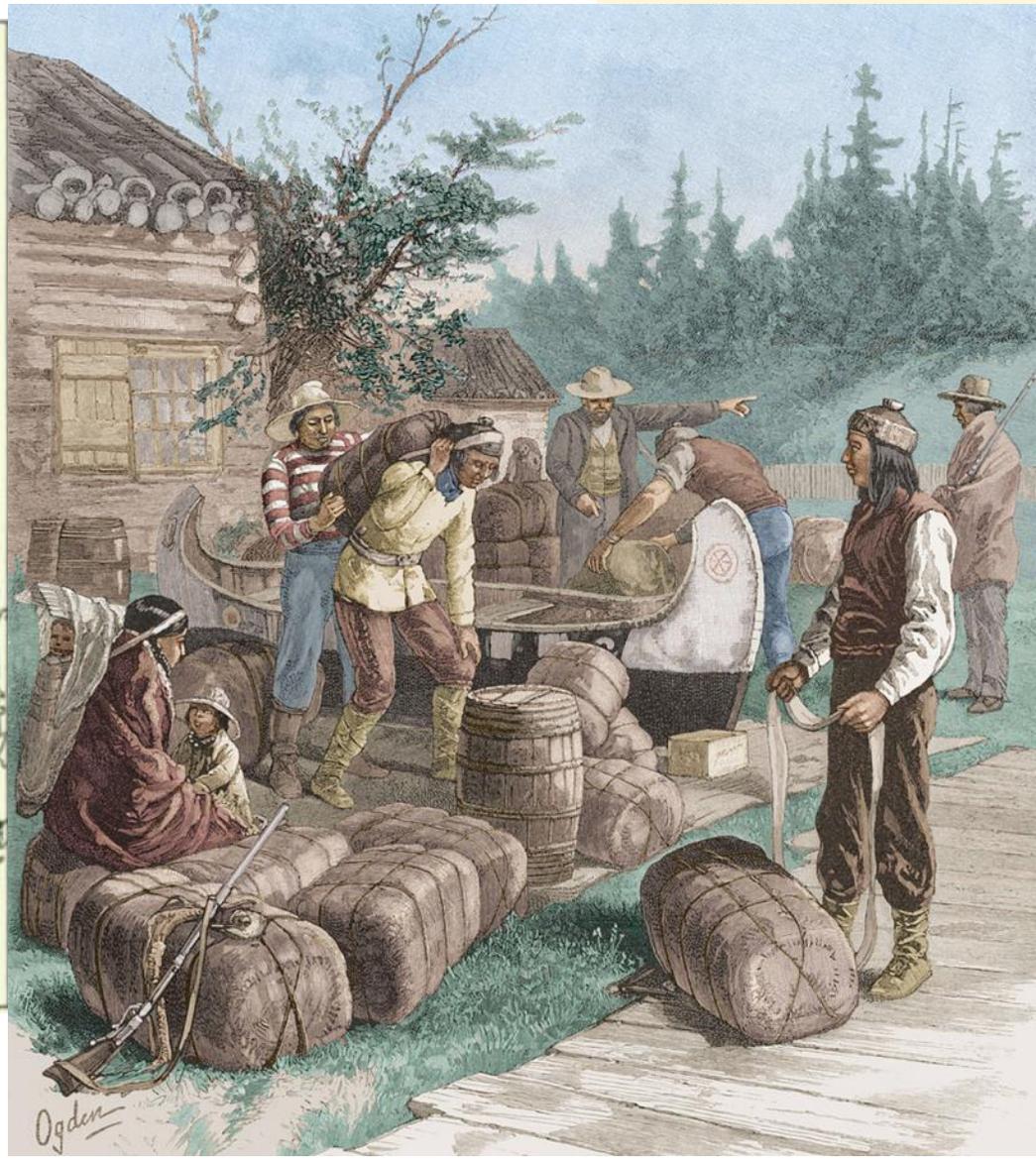
CameraName

17°F-8°C

11-27-2016 16:15:05

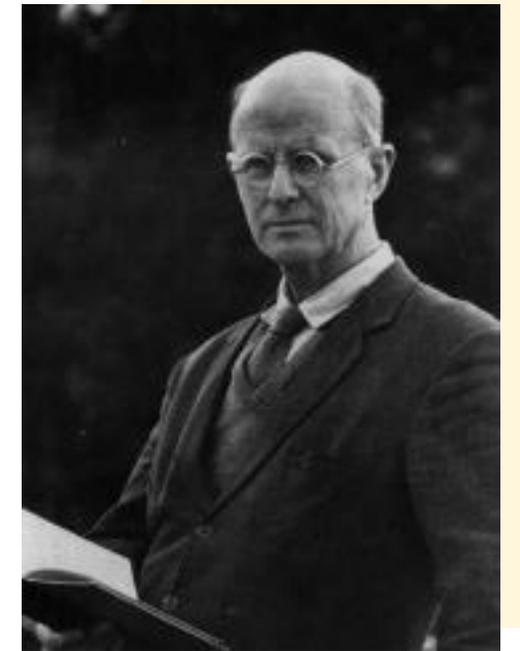
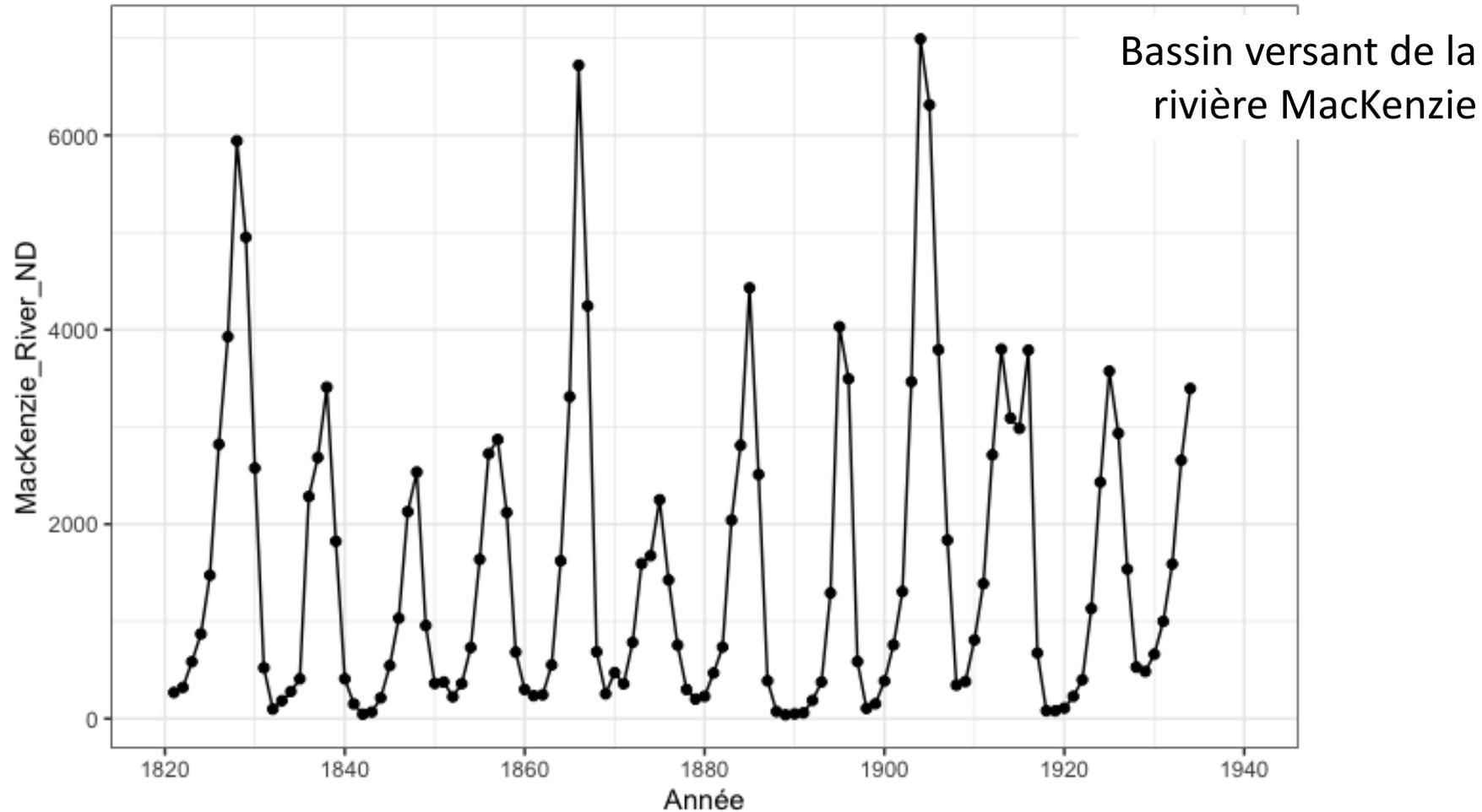


Elton & Nicholson (1942) *Journal of Animal Ecology*



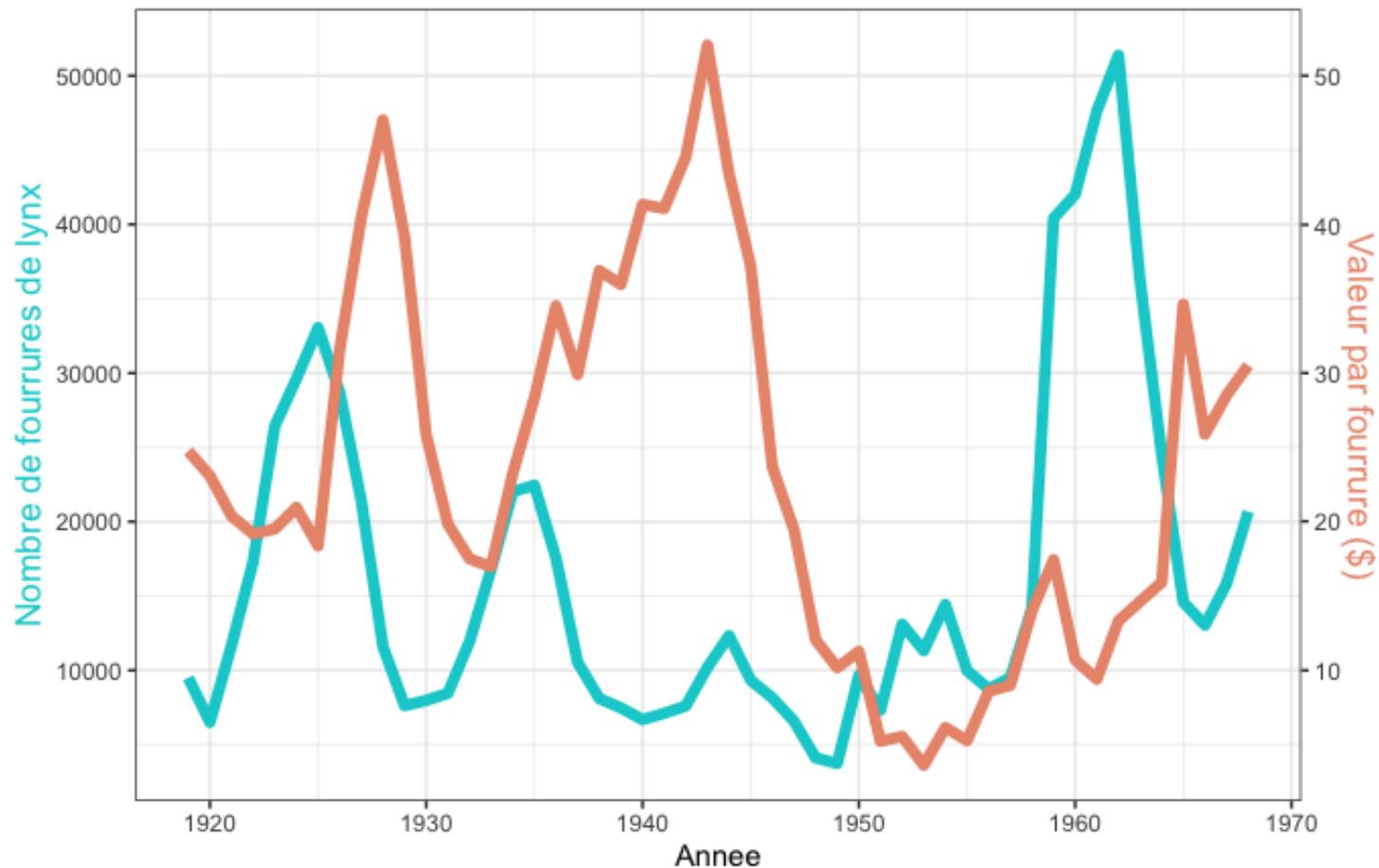
Hudson's Bay Company
GM Grant (1882) *Picturesque Canada*

Nombre de fourrures de *Lynx canadensis*



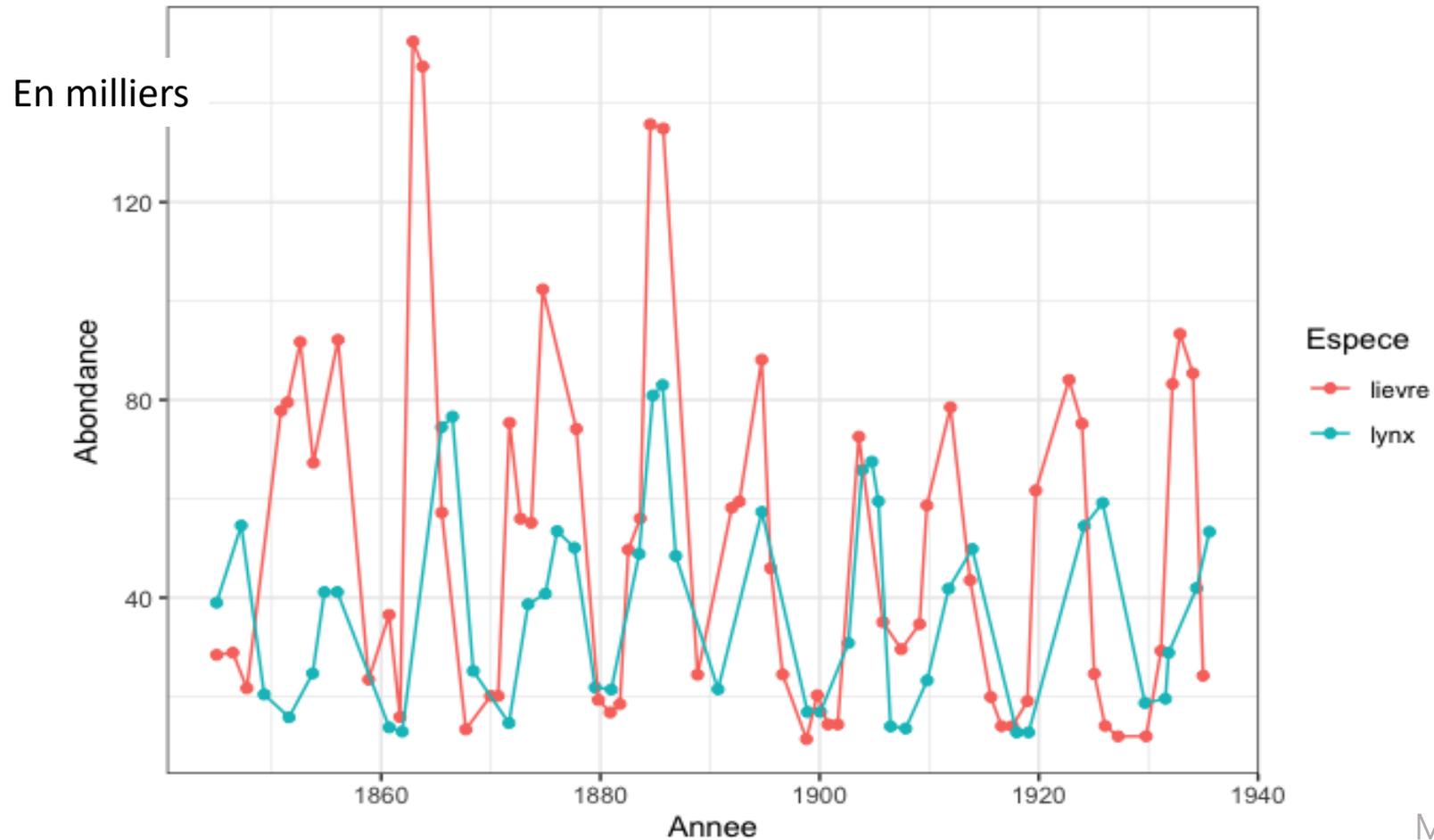
Charles Elton, 1900-1991

Effet économique ou biologique ?



Statistics Canada; Table: 32-10-0293-01
(anciennement CANSIM 003-0013)

Démographie et ressources



Lièvre d'Amérique
(*Lepus americanus*)

MacLulich, D. A. (1937). Fluctuations in numbers of the varying hare (*Lepus americanus*). Univ. Toronto Studies

Suivis expérimentaux (capture-recapture)

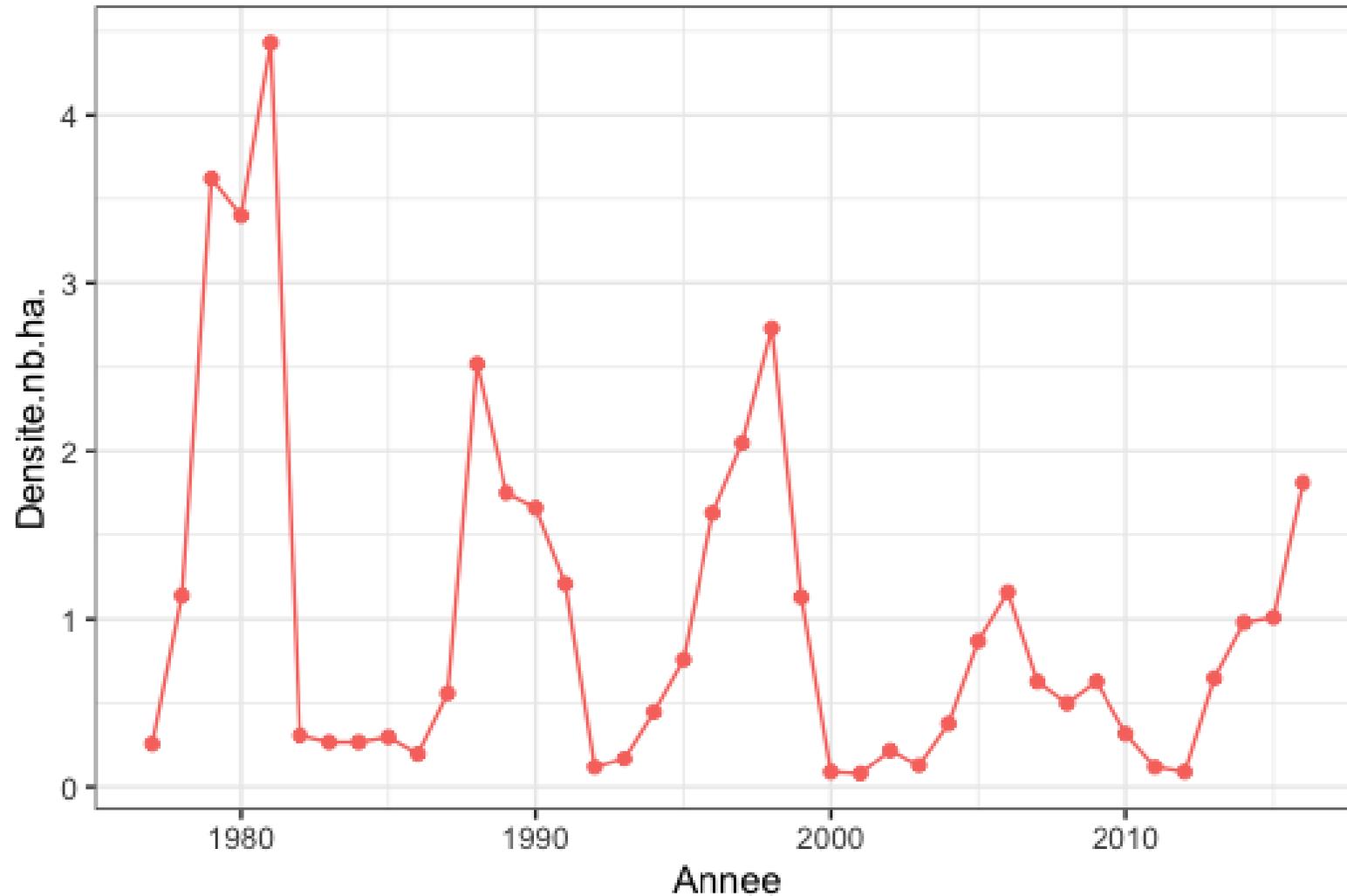
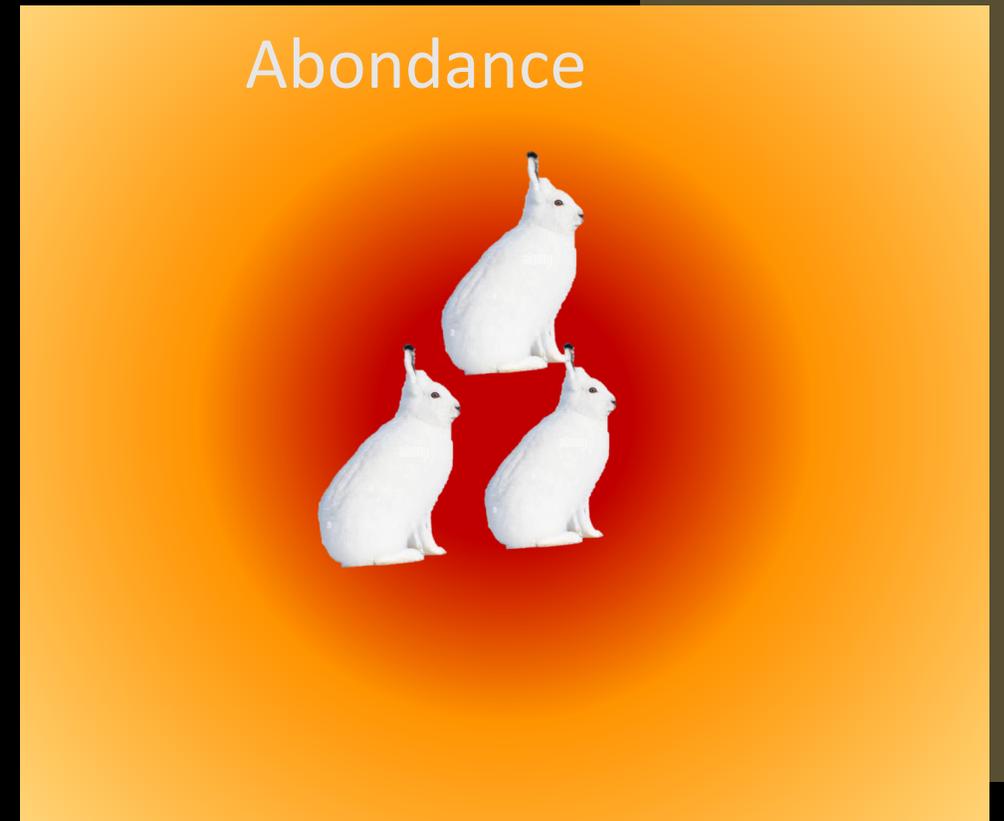
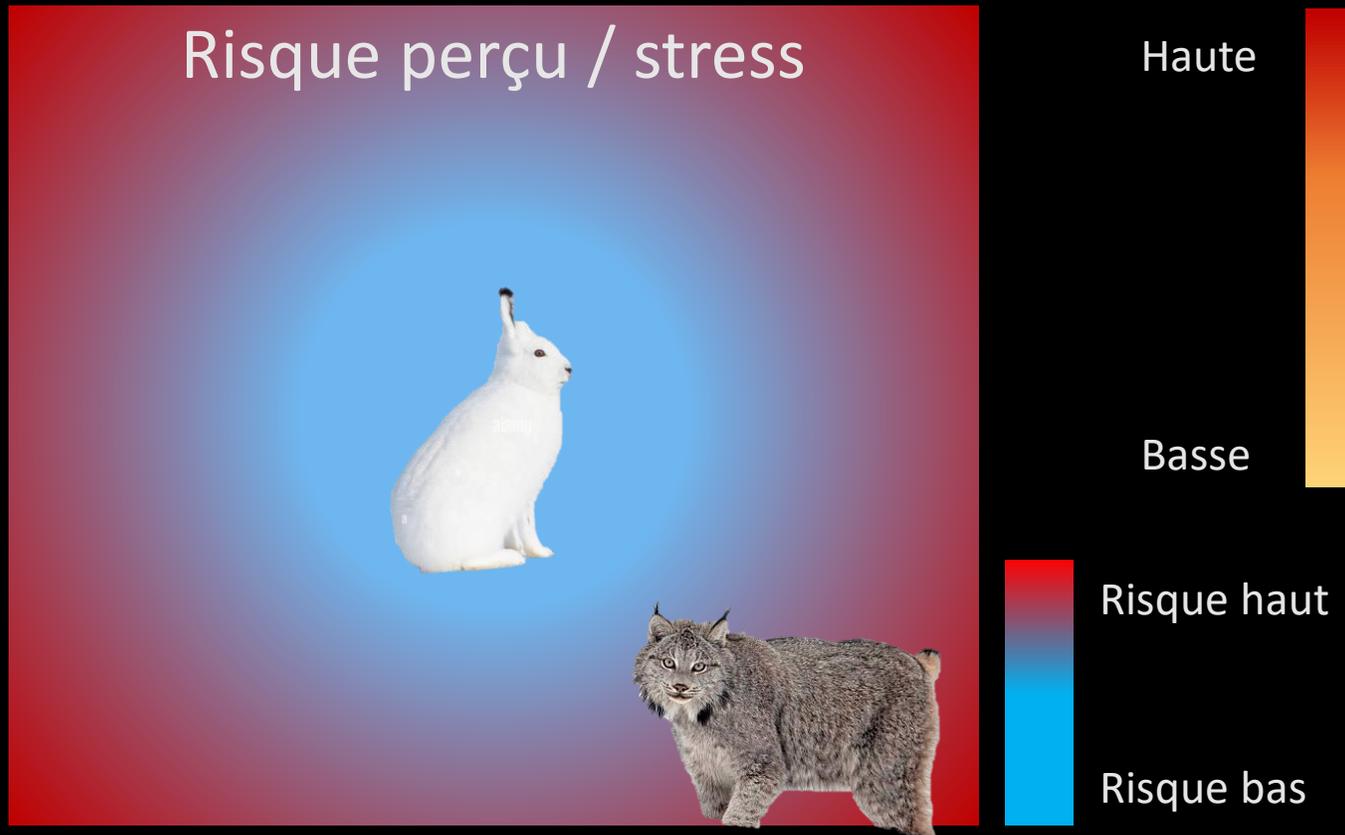


Photo credit: Yasmine Majchrzak

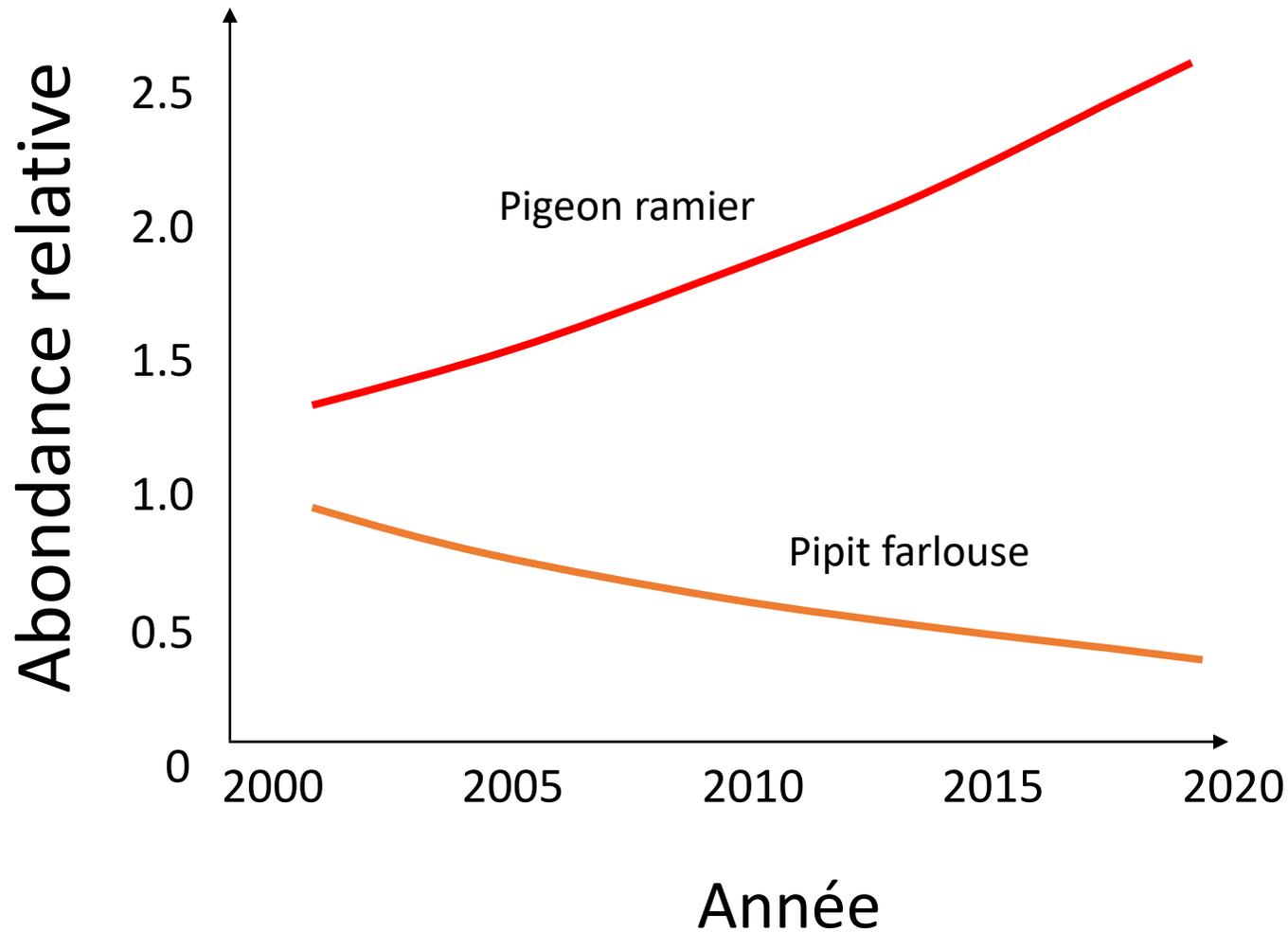
Krebs, CJ et al. (2018). *Journal of Animal Ecology*, 87, 87-100

Paysage de la peur



Brown, J. S., and B. P. Kotler
(2004). Ecology Letters

Tendances d'abondance



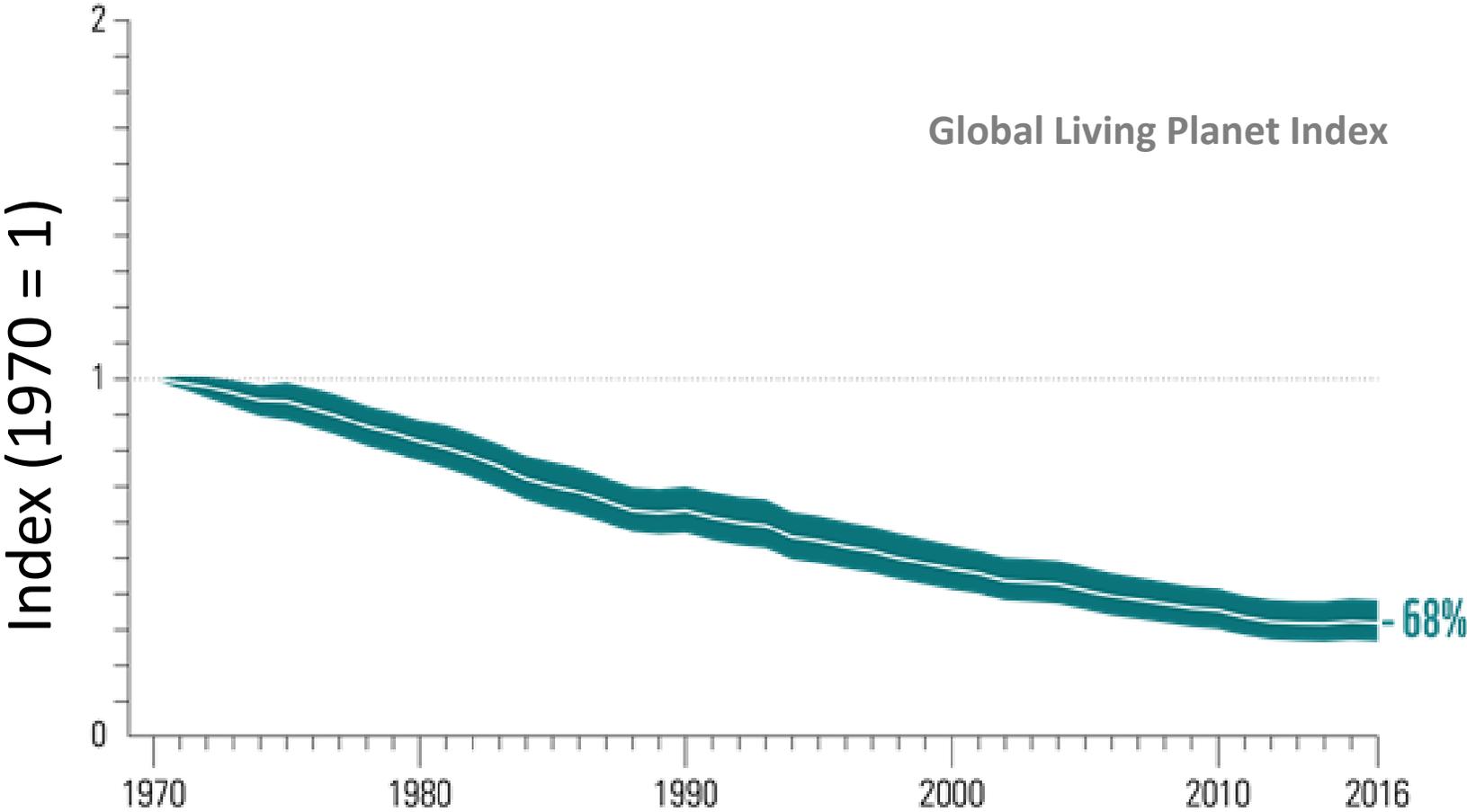
Columba palumbus
généraliste



Anthus pratensis
milieux agricoles

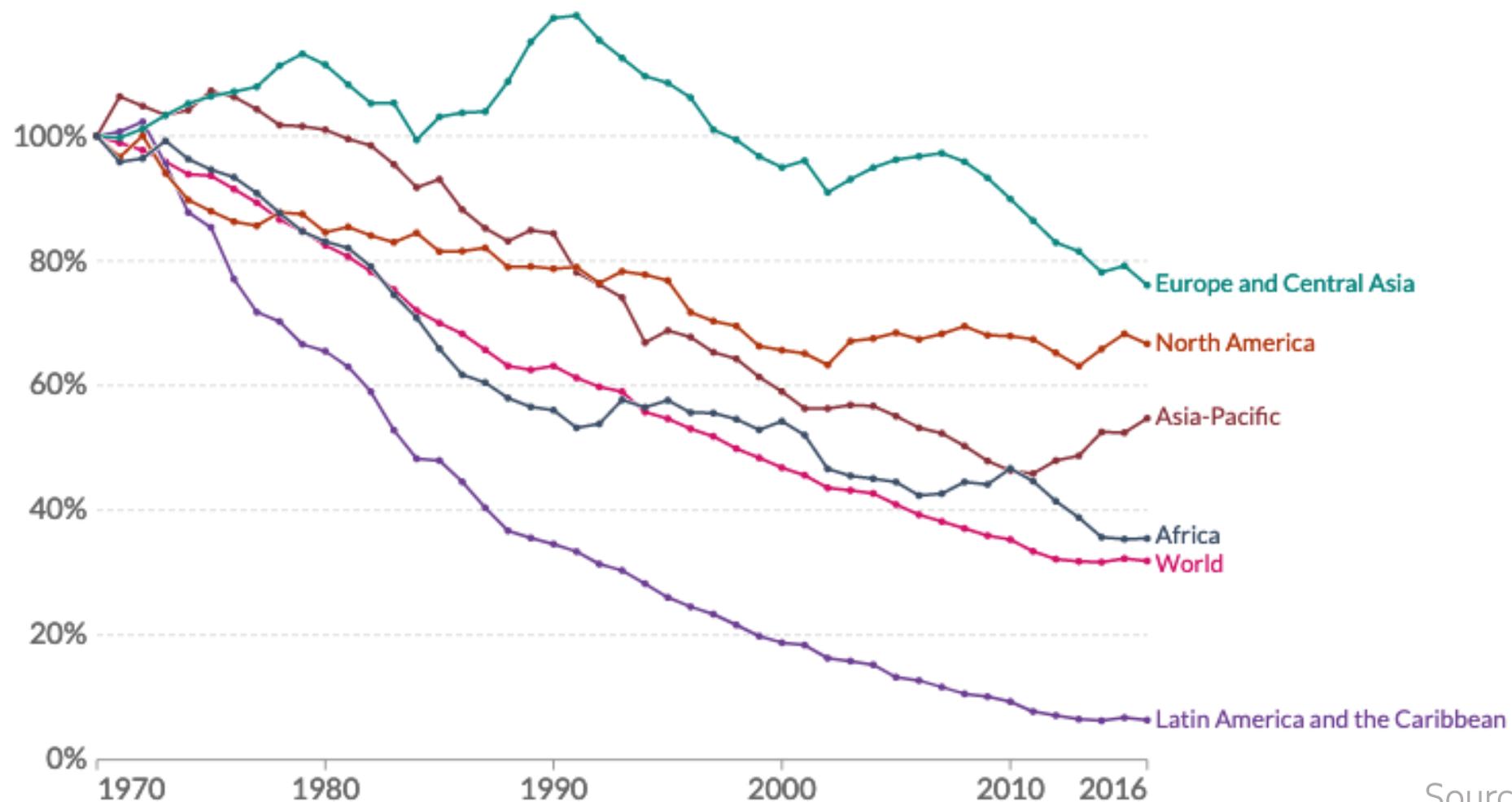
Fontaine B. et al. (2020). Suivi des oiseaux communs en France 1989-2019 : 30 ans de suivis participatifs. MNHN-CESCO, LPO BirdLife France, MTES. 46 pp.

Tendances composites d'abondance



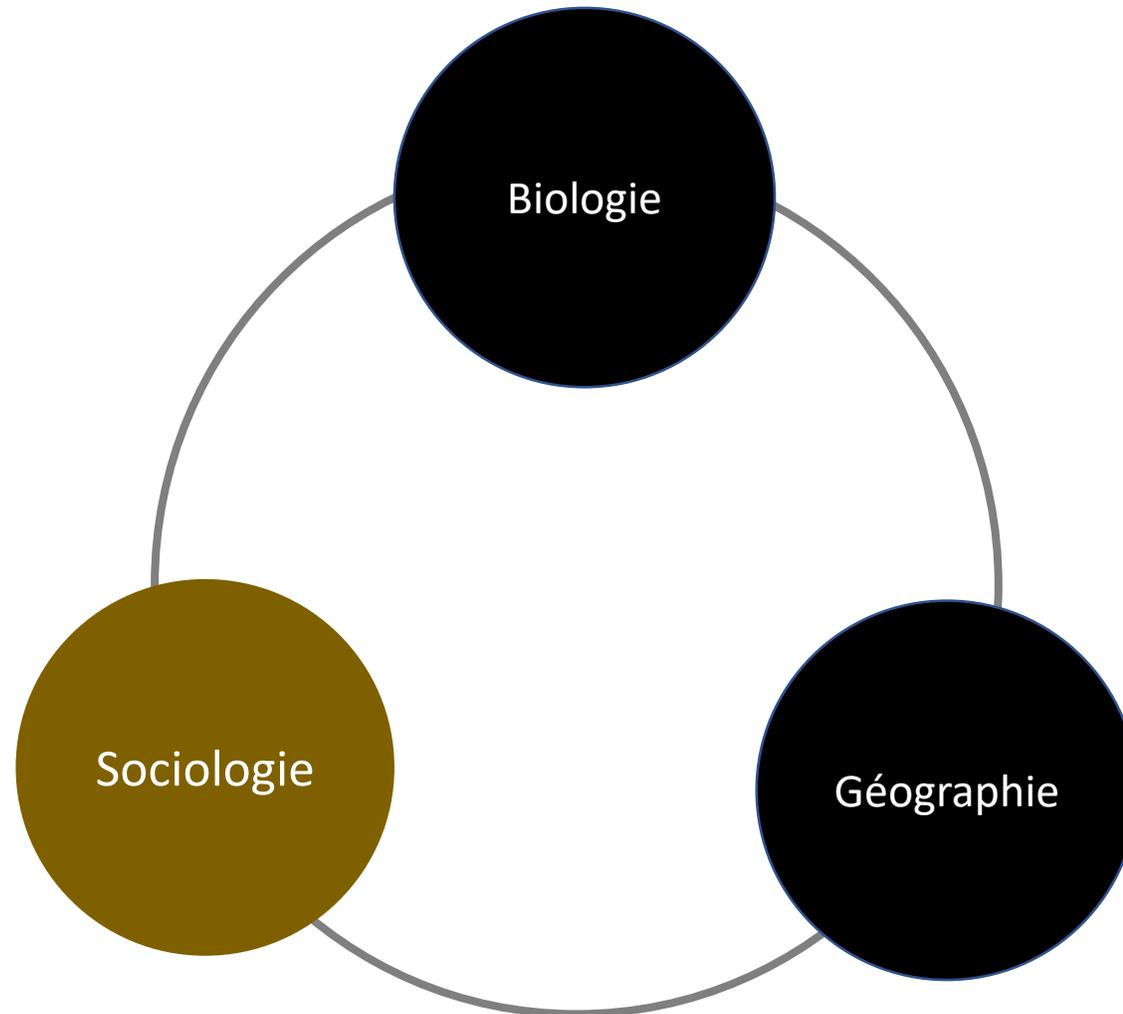
Source : Our World
in Data

Living Planet Index par région



Source : Our World
in Data

Facteurs causaux



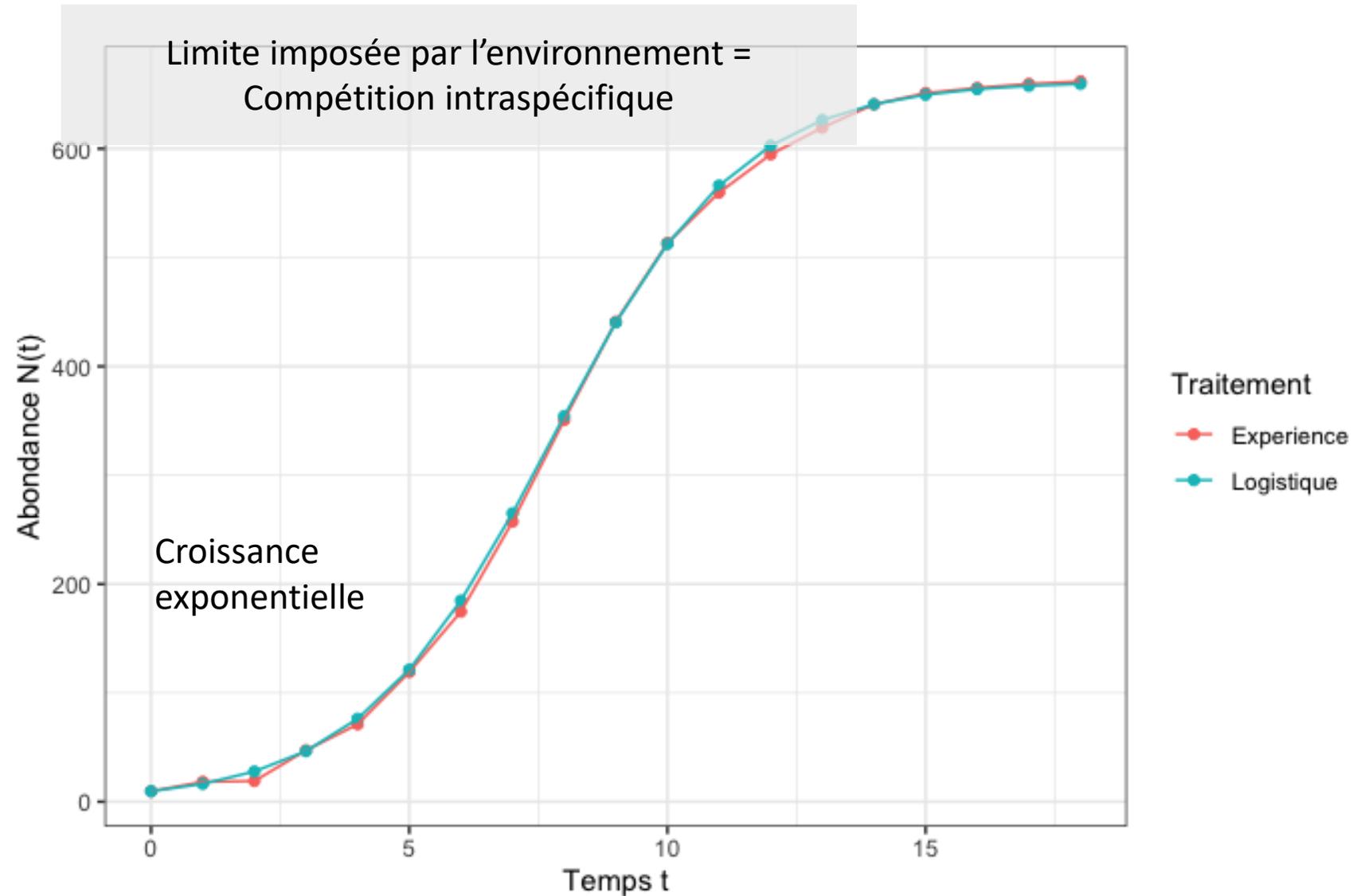
Compétition

Toutes les plantes [...] d'un lieu donné, **sont dans un état de guerre les unes relativement aux autres.** [...]

Les premières qui s'établissent par hasard dans une localité donnée, tendent, par cela même qu'elles occupent l'espace, à en exclure les autres [...]



Compétition intraspécifique

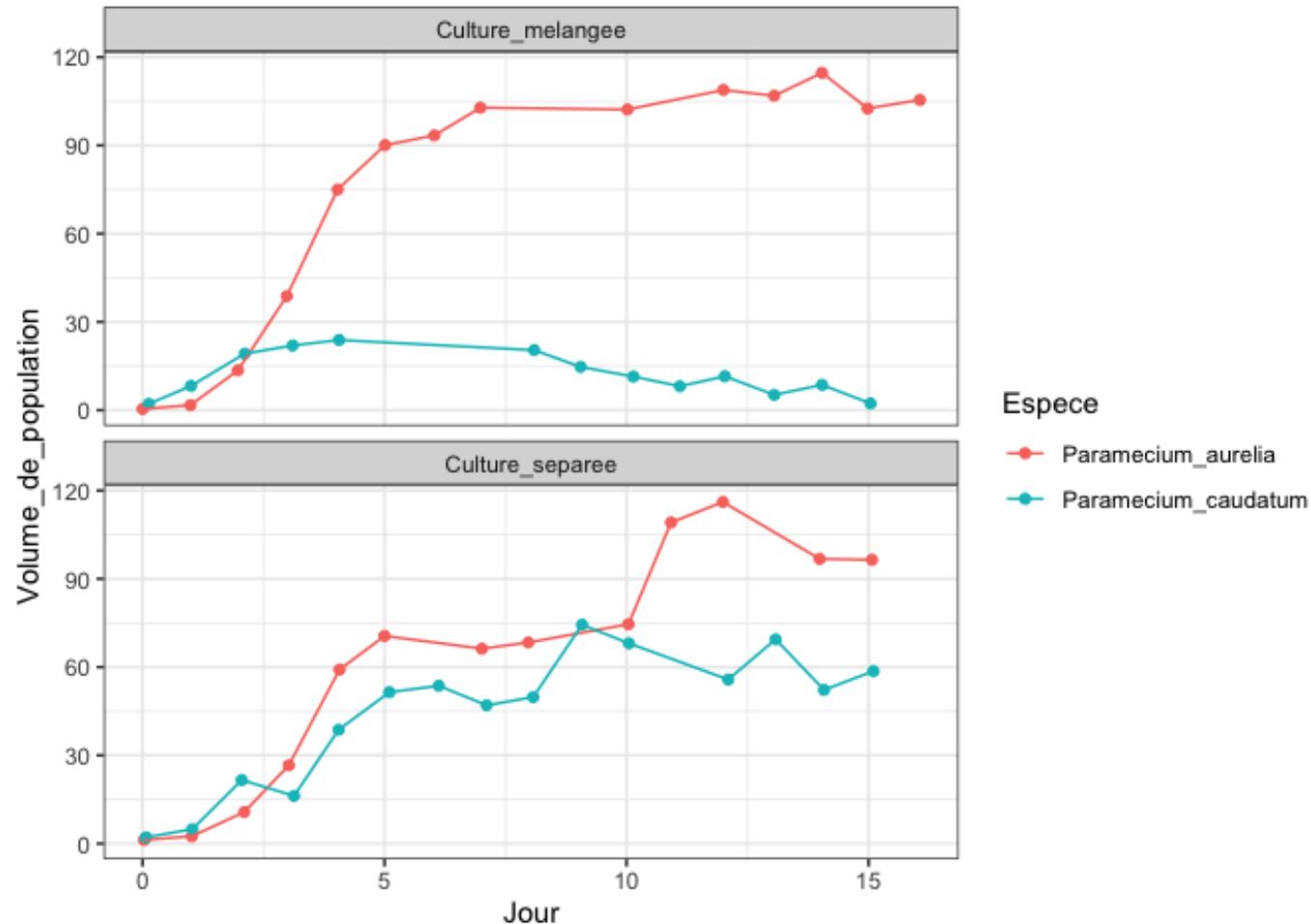
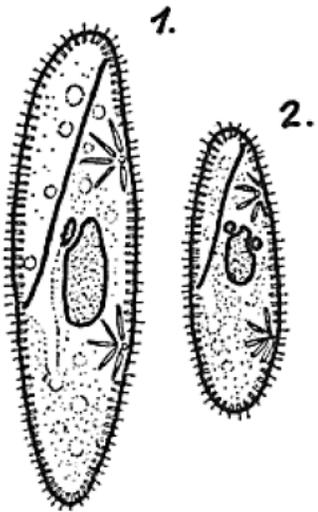


Saccharomyces cerevisiae

R Pearl (1927). The growth of populations. Quaterly Review of Biology.

« Principe » d'exclusion compétitive

1. *Paramecium caudatum*
2. *Paramecium aurelia*



Georgii Frantsevich Gause (1910-1986) et sa femme Maria Brazhnikova (1913-1998)

Niche écologique

La niche écologique d'une espèce est l'ensemble des conditions biotiques et abiotiques permettant la persistance d'une population

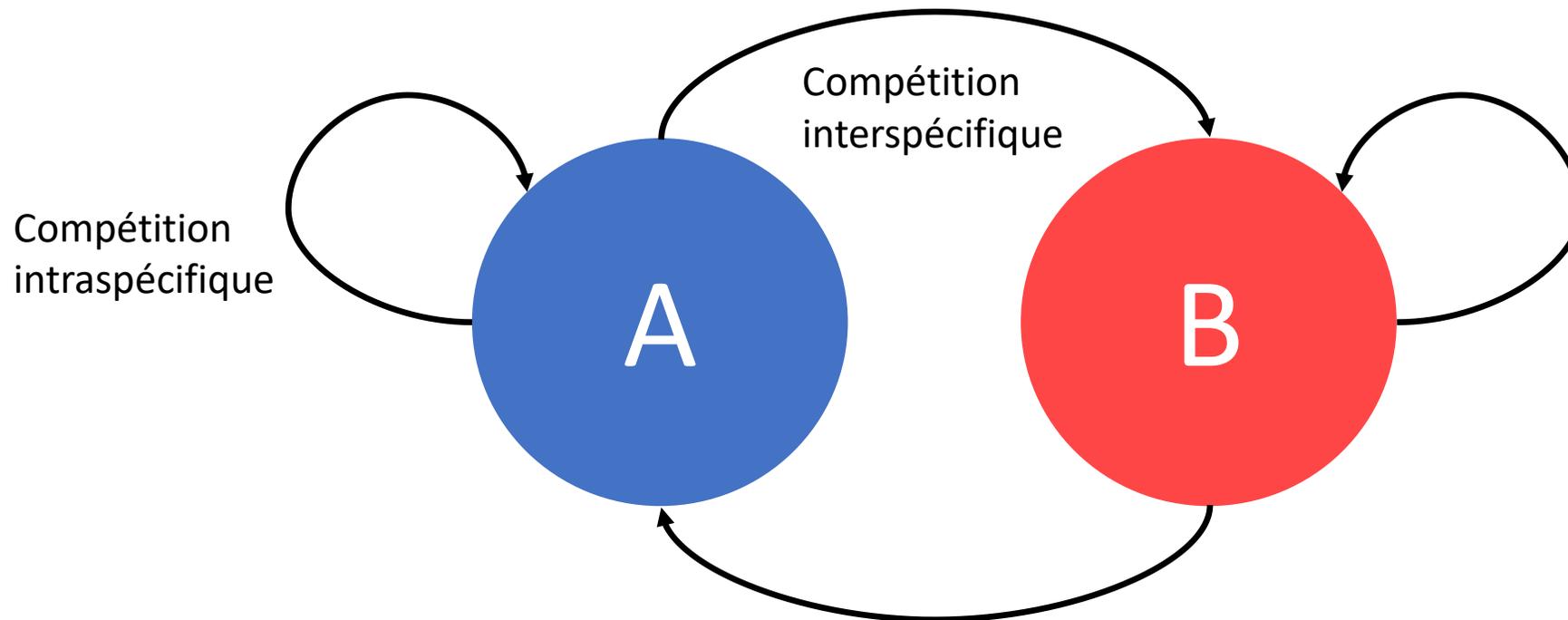
D'après le 'principe' d'exclusion compétitive, deux espèces ne peuvent pas occuper la même niche écologique durablement

Lack, D. (1944) *Ibis*, 86, 260-286.

Hutchinson, G. E. (1941) *American Naturalist* 75, 406-418.

Coexistence des espèces

Si la compétition intraspécifique est **plus intense** que la compétition interspécifique alors il peut y avoir coexistence

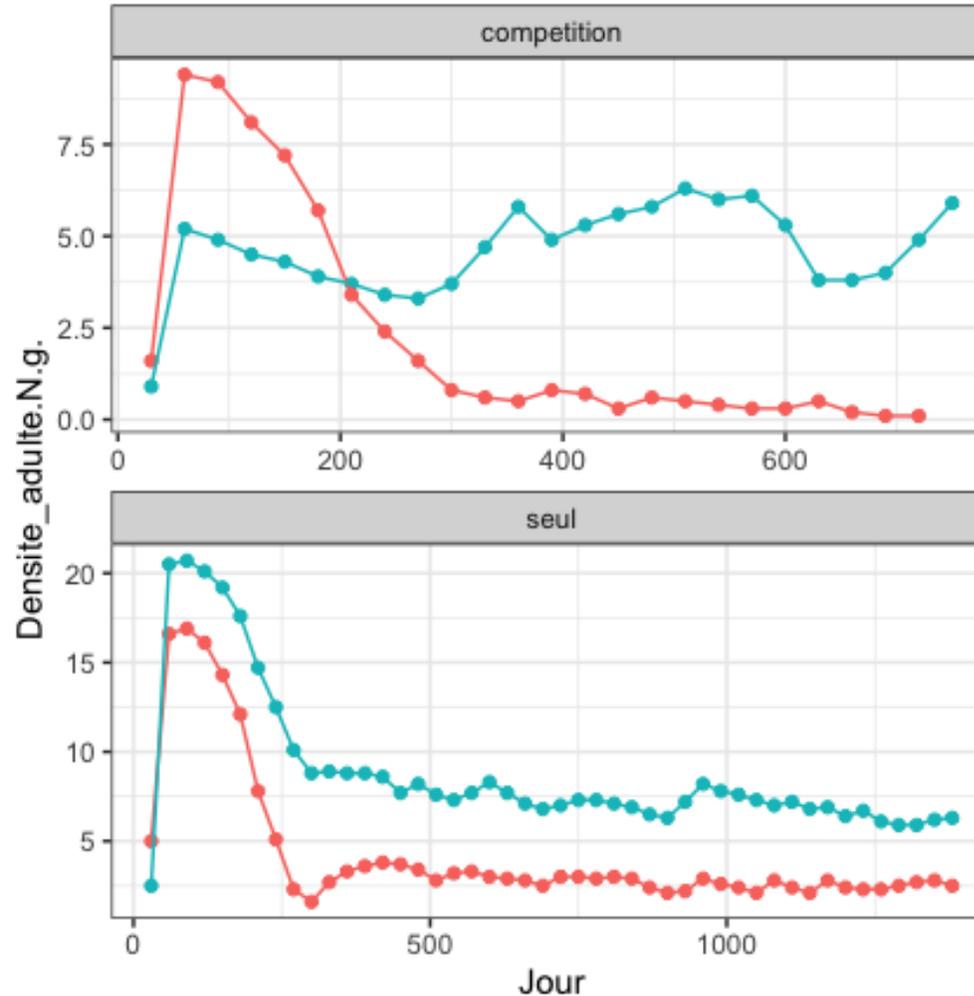




Tribolium castaneum Herbst

Photo: U.Schmidt, 2017 (wikipedia)

Expériences de Park (1948)



Espece

- Tribolium castaneum
- Tribolium confusum



Tribolium confusum

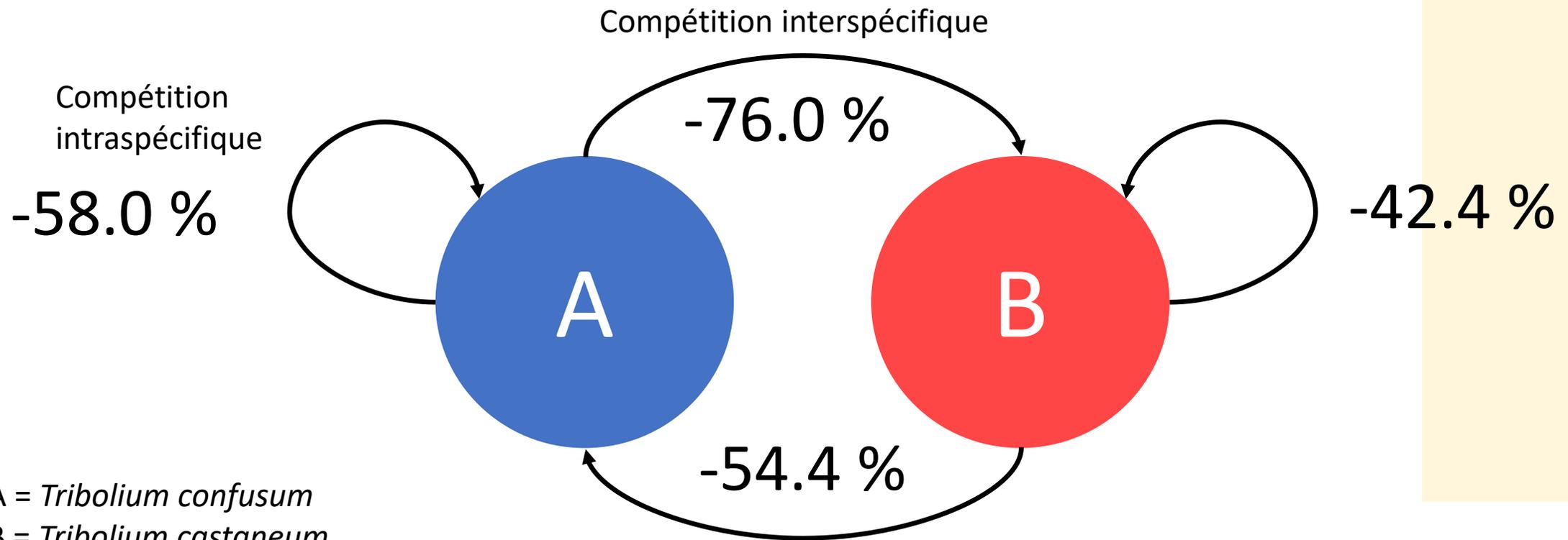


Tribolium castaneum

Données : Thomas Park (1948) Interspecies Competition in Populations of *Trilobium confusum* Duval and *Trilobium castaneum* Herbst. Ecological Monographs , 18, 265-307

Compétition intraspécifique vs interspécifique

Pourcentage de **réduction de la fécondité nette** dans une expérience avec 5 paires mâle-femelle d'une espèce et 80 mâles (A ou B) relativement à une expérience avec une paire mâle-femelle seule



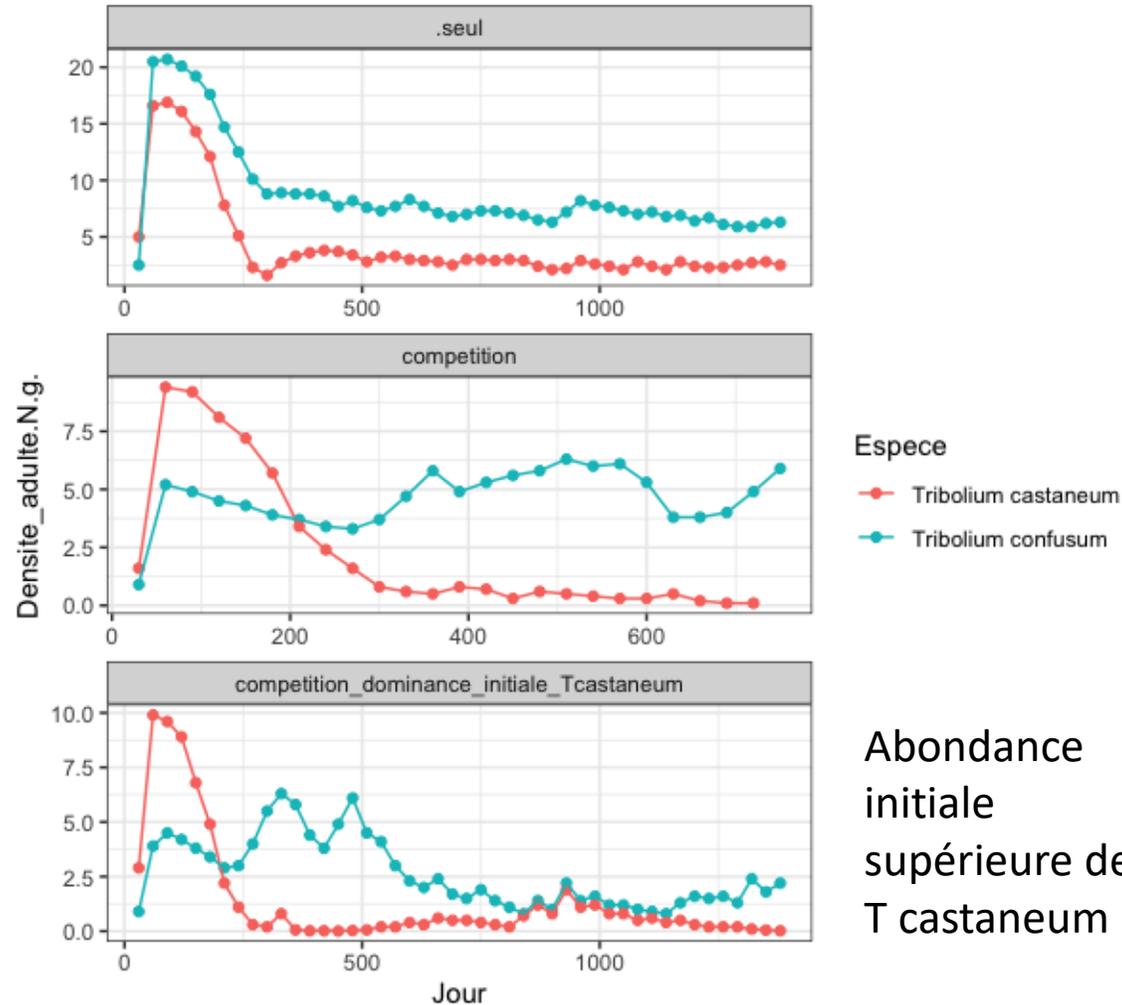
A = *Tribolium confusum*
B = *Tribolium castaneum*

Coexistence des espèces

Quels sont les facteurs limitant la compétition interspécifique comparativement à la compétition intraspécifique ?

1. Effet de masse initial
2. Hétérogénéité de l'habitat
3. Impact du parasitisme

1. Effet de masse initial



Abondance
initiale égale



Tribolium confusum

Abondance
supérieure de
T castaneum



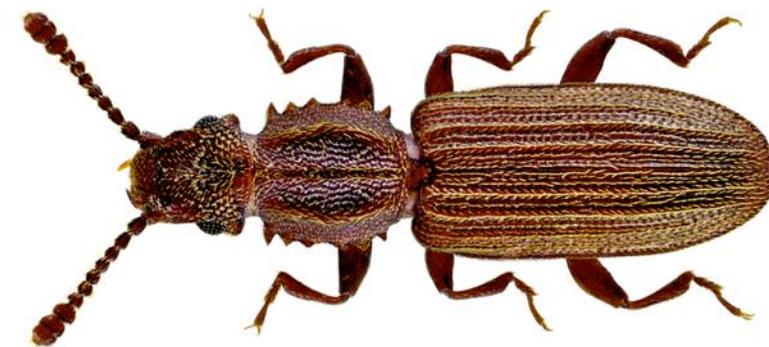
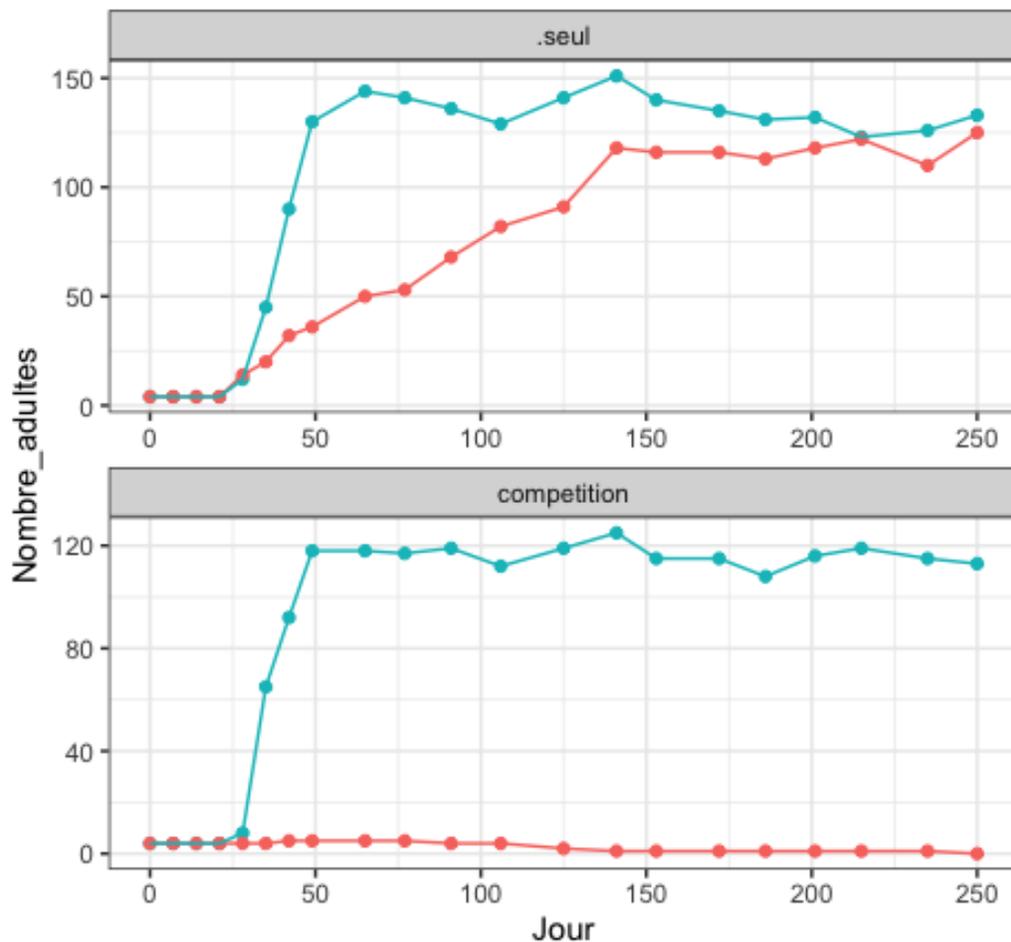
Tribolium castaneum

2. Hétérogénéité



Tribolium confusum

1 mm



1 mm

Oryzaephilus surinamensis

2. Hétérogénéité

Farine fine



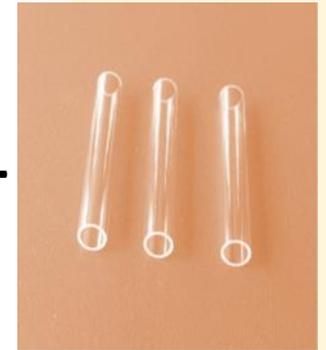
boulgour



Farine fine + tubes de verre



+



Hétérogénéité croissante



Tribolium confusum

1 mm

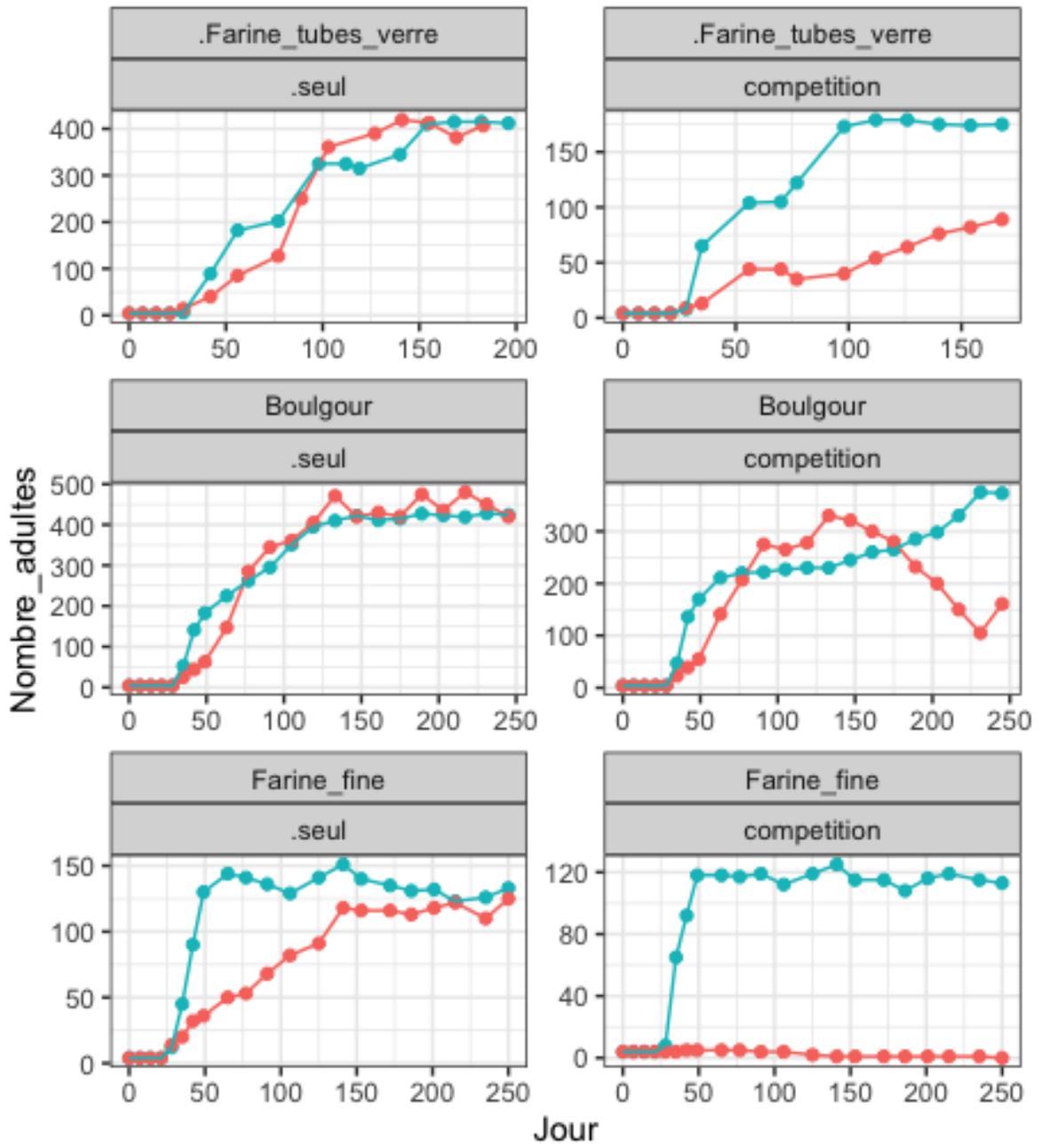


1 mm

Oryzaephilus surinamensis



+

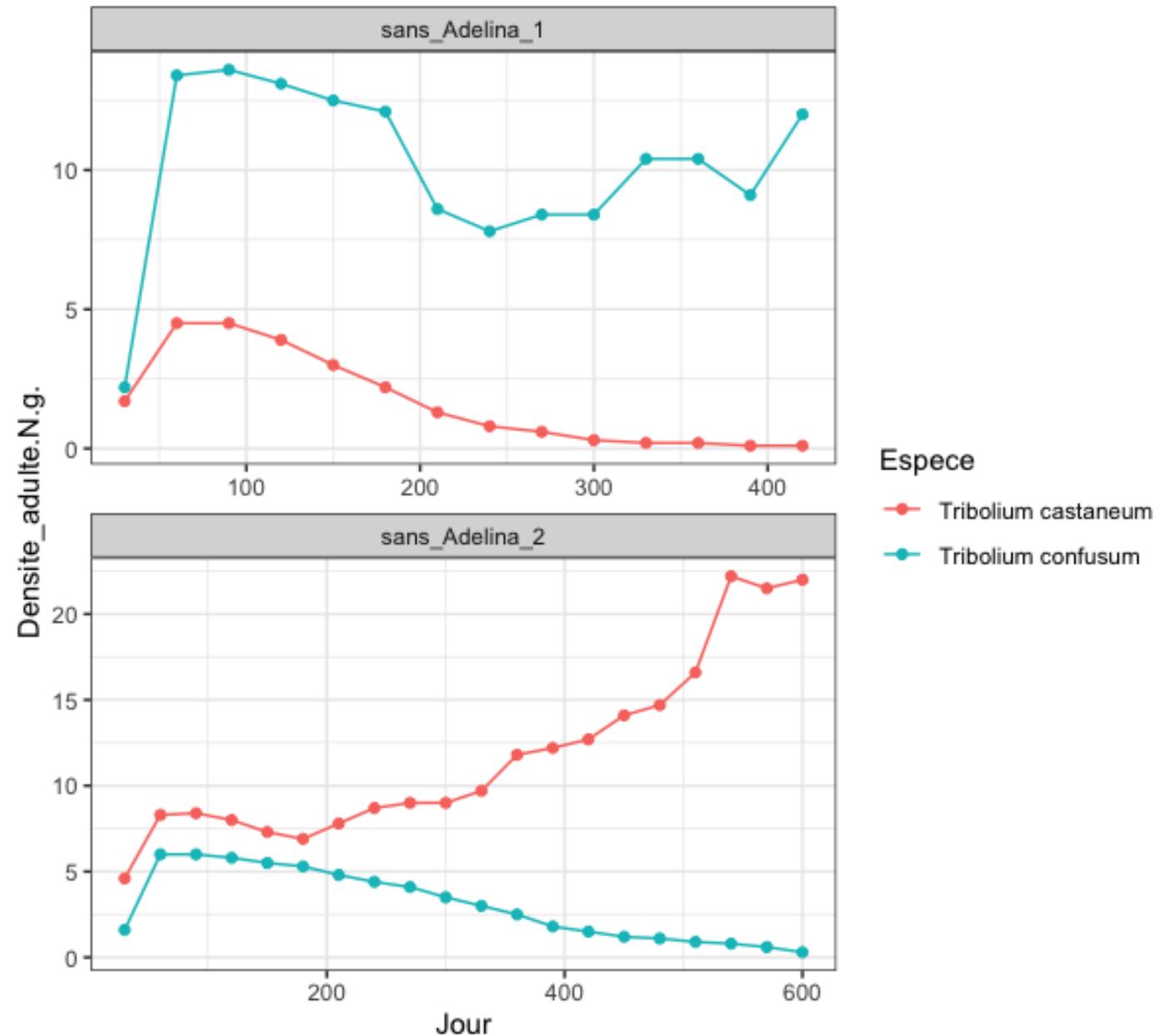


Données : Crombie, Alistair. C. (1946). Further experiments on insect competition. *Proc Royal Soc London B*, 133, 76-109.

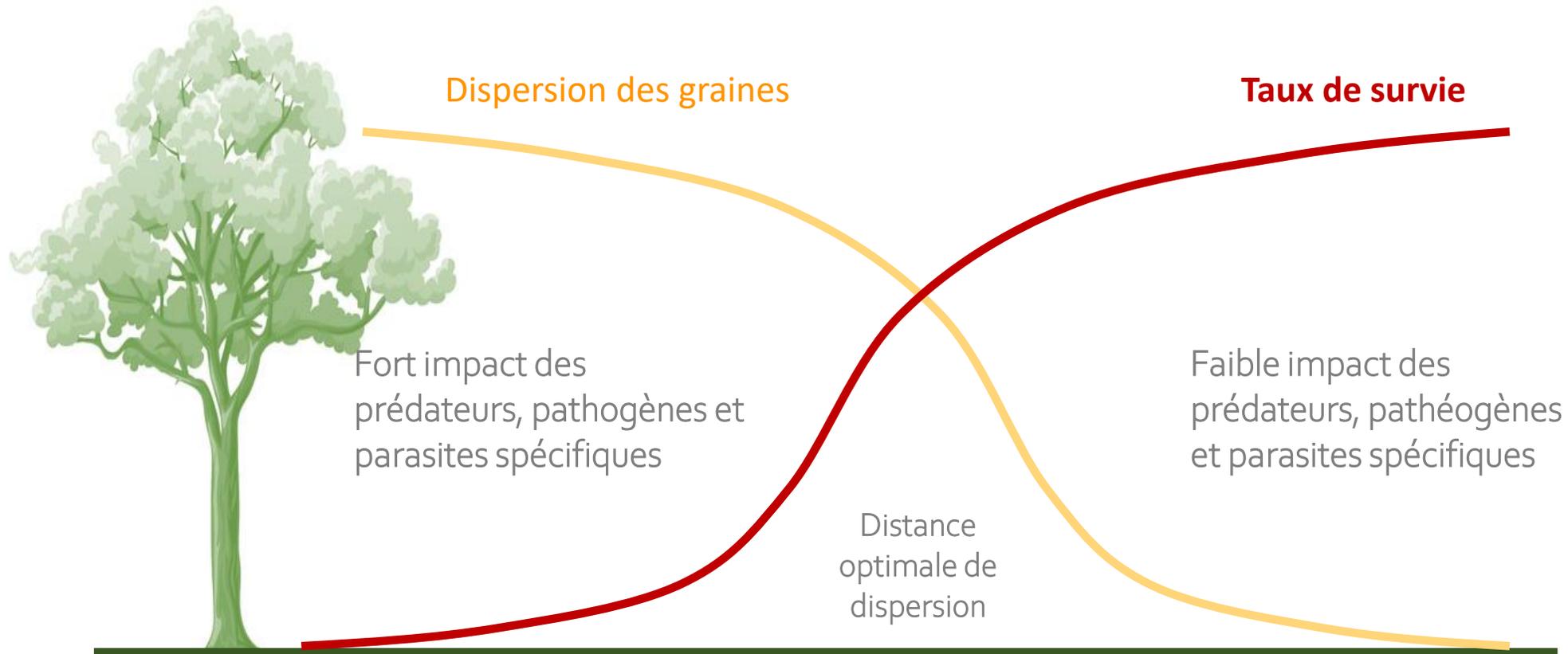
3. Parasitisme

Tribolium castaneum est parasité par le parasite *Adelina* qui produit des cystes sur les œufs

En enlevant le parasite, ce n'est plus toujours *T castaneum* qui est exclu compétitivement



Hypothèse de Janzen-Connell

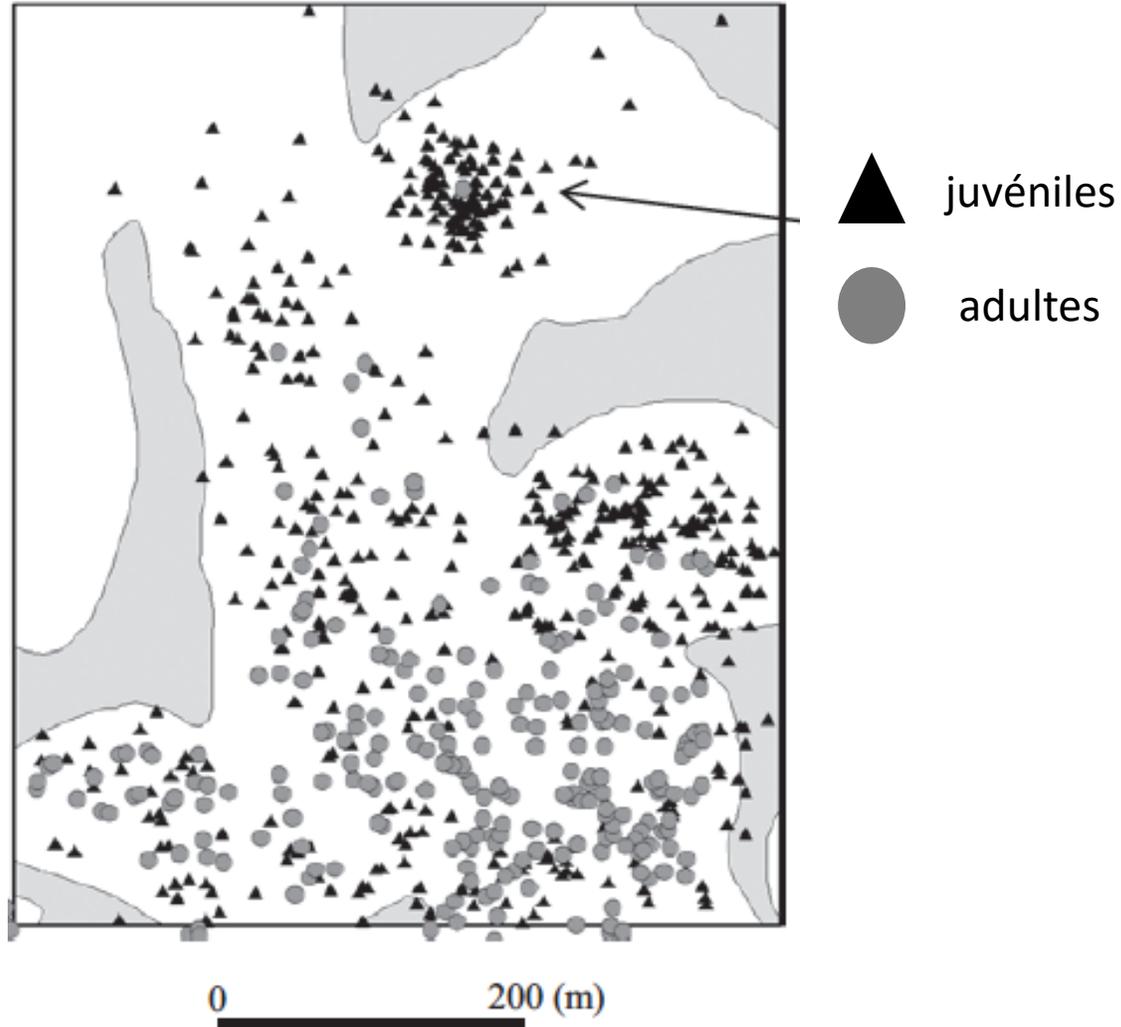


Ja

Janzen DH (1970) *American Naturalist*, 104, 501-528
Connell JH (1971) In: den Boer PJ, Gradwell GR (eds)
Dynamics of populations. Wageningen, 298-313

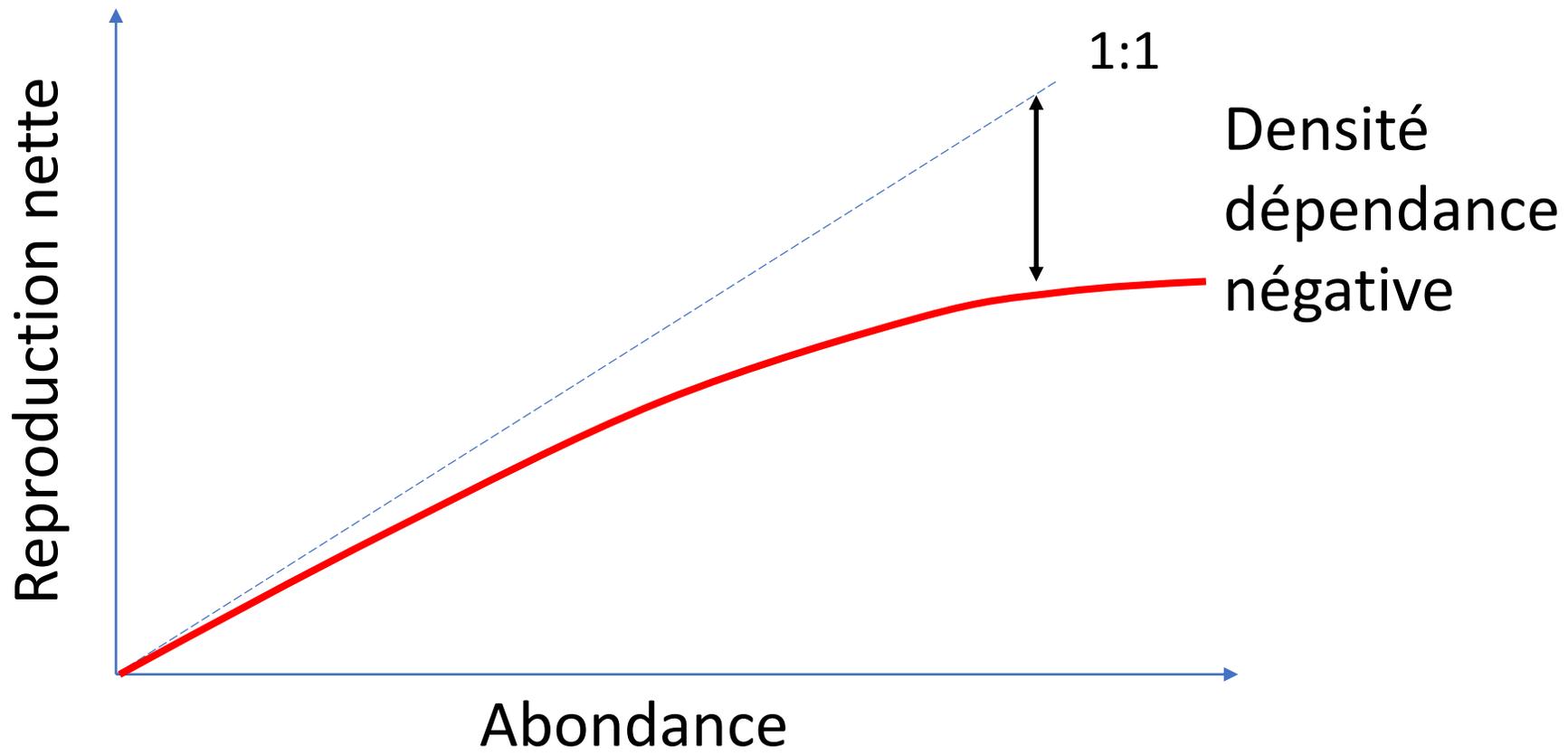


Hypothèse de Janzen-Connell

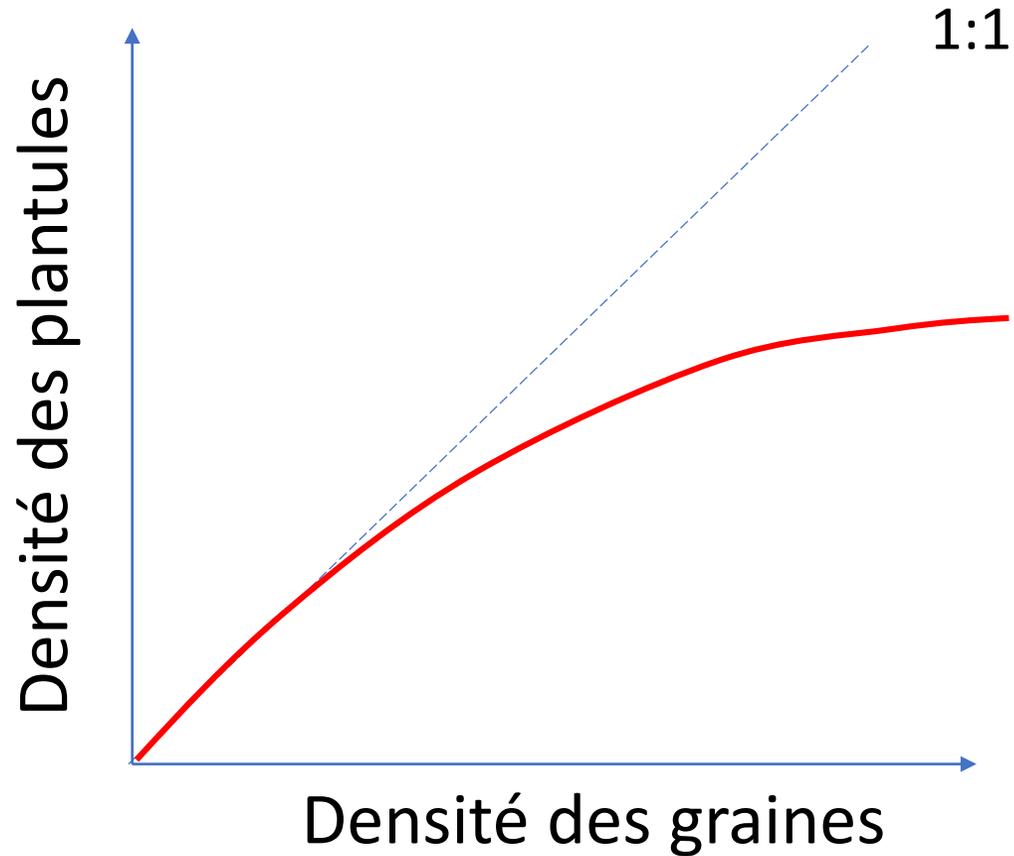


Vouacapoua americana (photo : ONF Guyane)

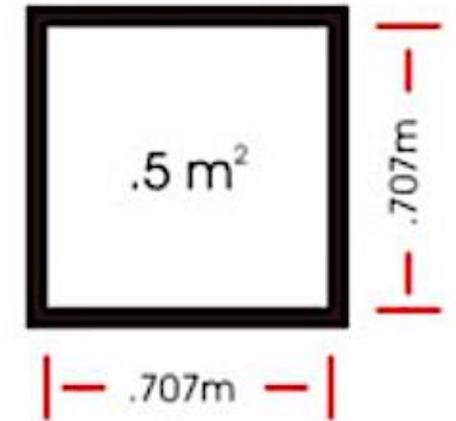
Test de l'hypothèse de Janzen-Connell



Test de l'hypothèse de Janzen-Connell

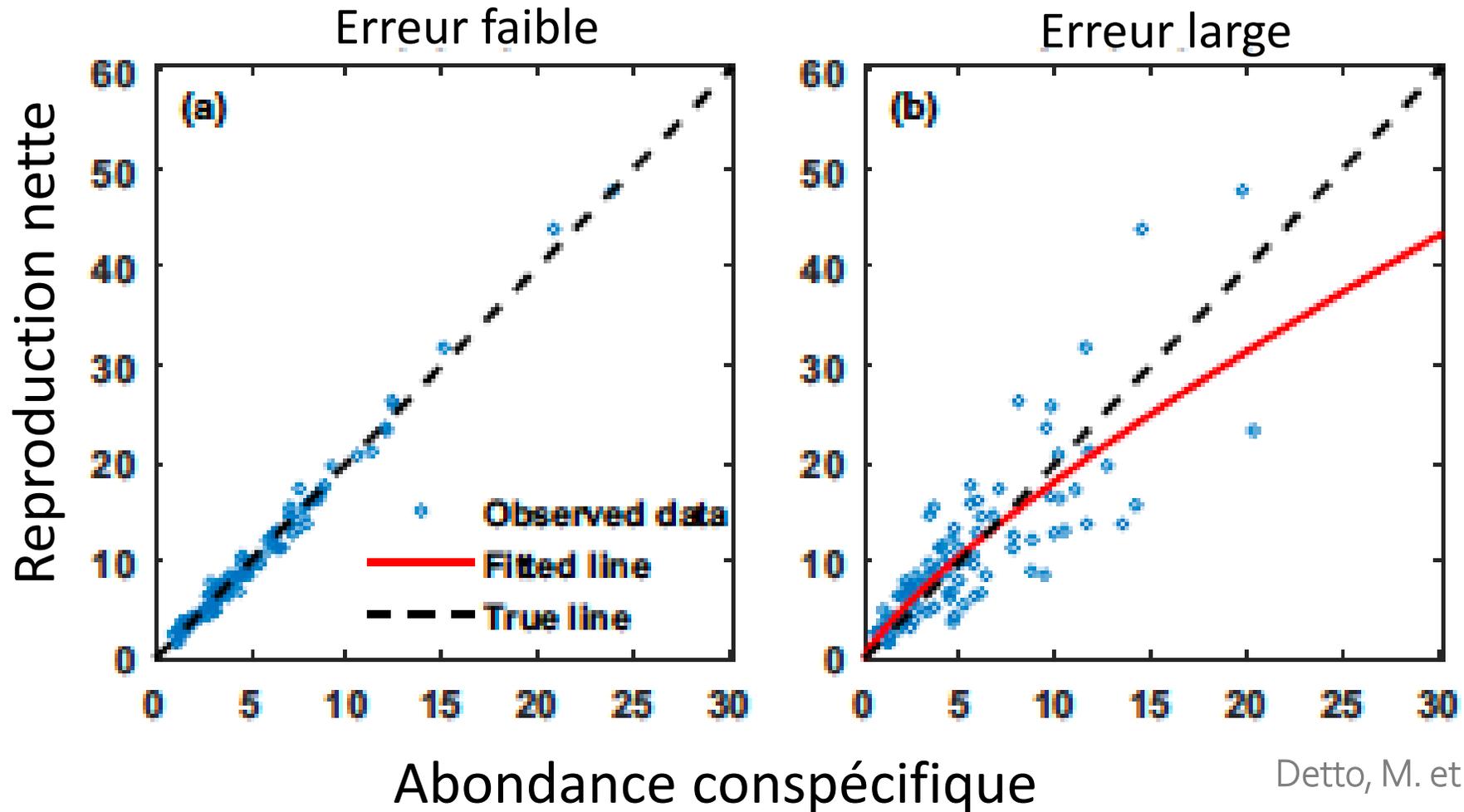


Collecteurs de graines



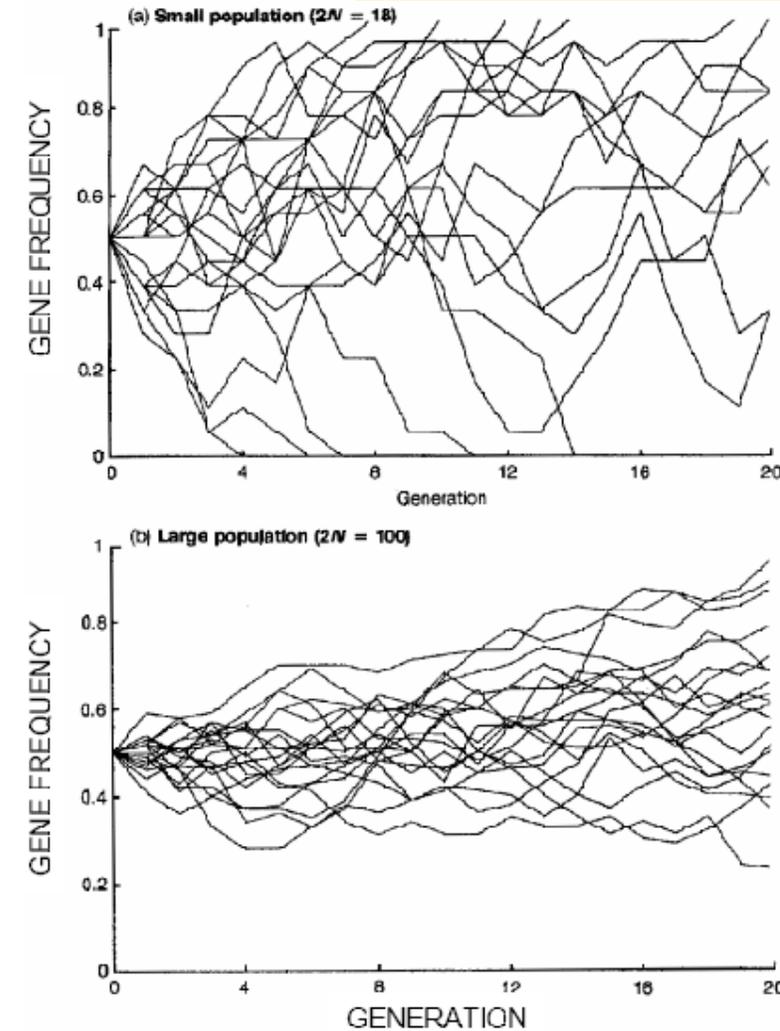
Placettes de plantules

Biais de dilution

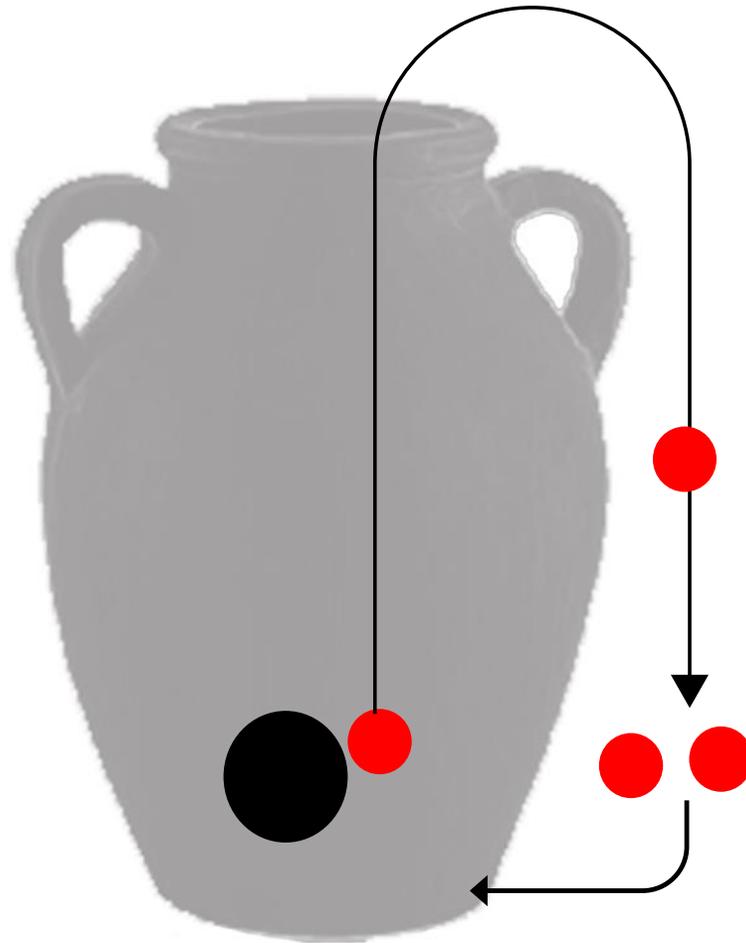


Théorie neutre de la biodiversité

- Théorie neutre en **évolution moléculaire** : la plupart des mutations sur l'ADN sont causées par la dérive aléatoire, et pas par la sélection
- Théorie neutre **de la biodiversité** : les espèces sont équivalentes du point de vue démographique : chaque individu a les mêmes chances de produire des descendants ou de mourir

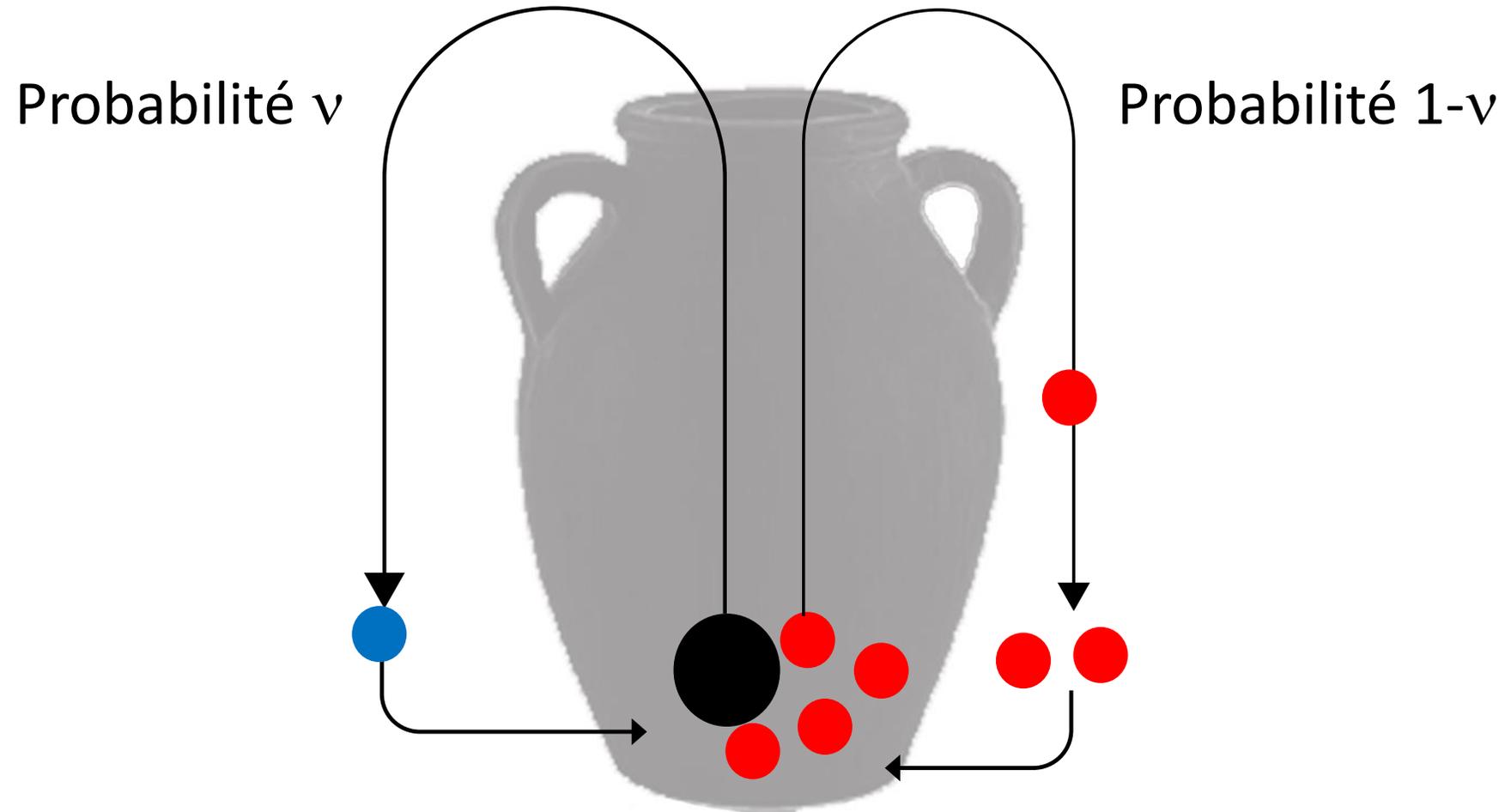


Construction d'une communauté neutre

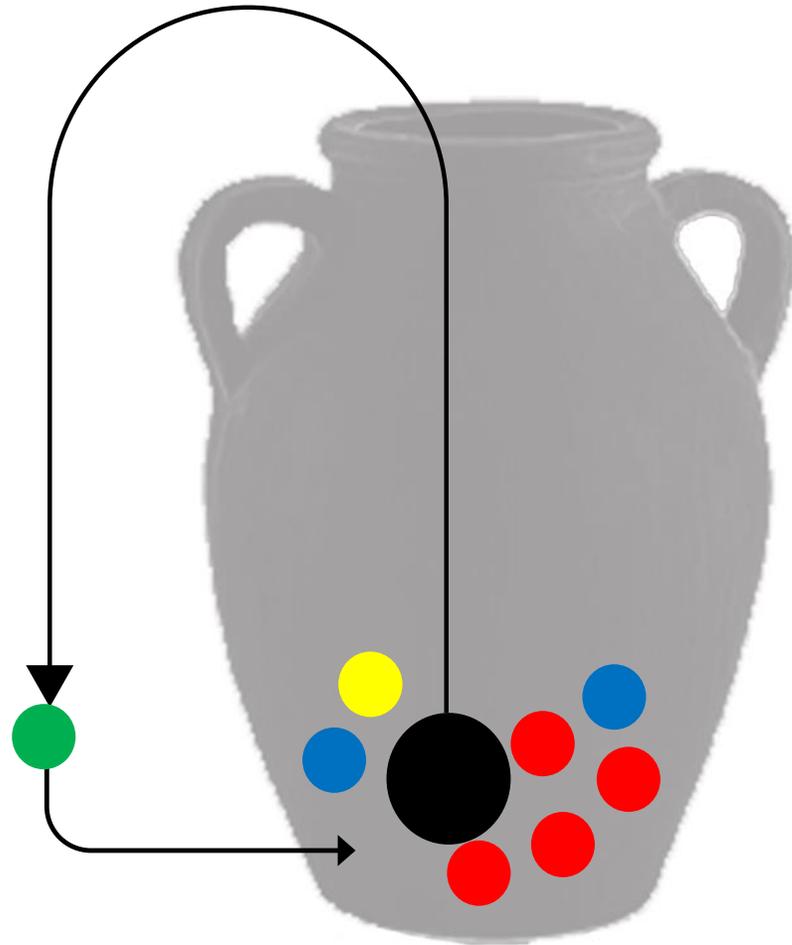


Hoppe, F. M. (1984). *Journal of Mathematical Biology*, 20, 91-94.

Construction d'une communauté neutre



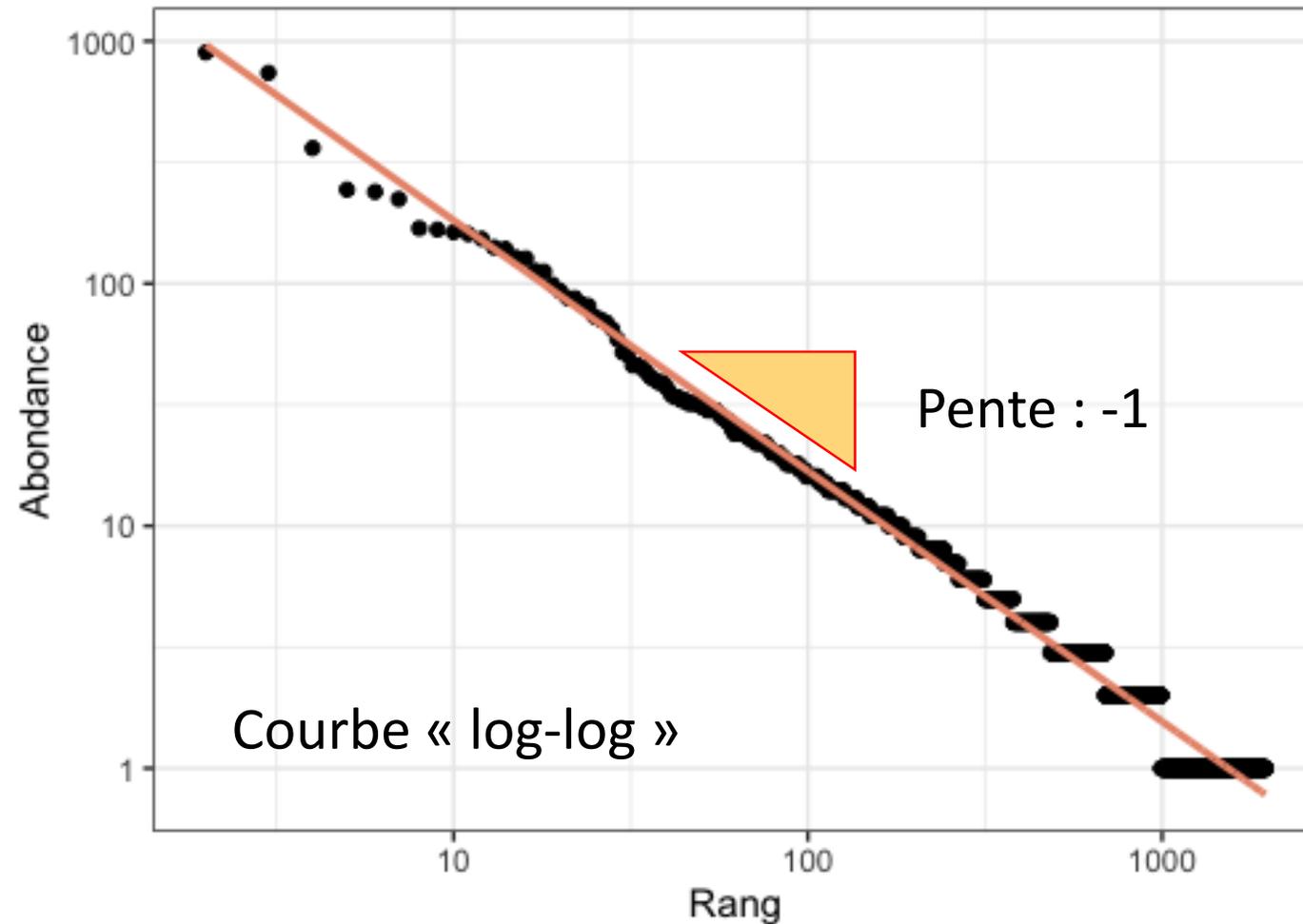
Construction d'une communauté neutre



Construction d'une communauté neutre

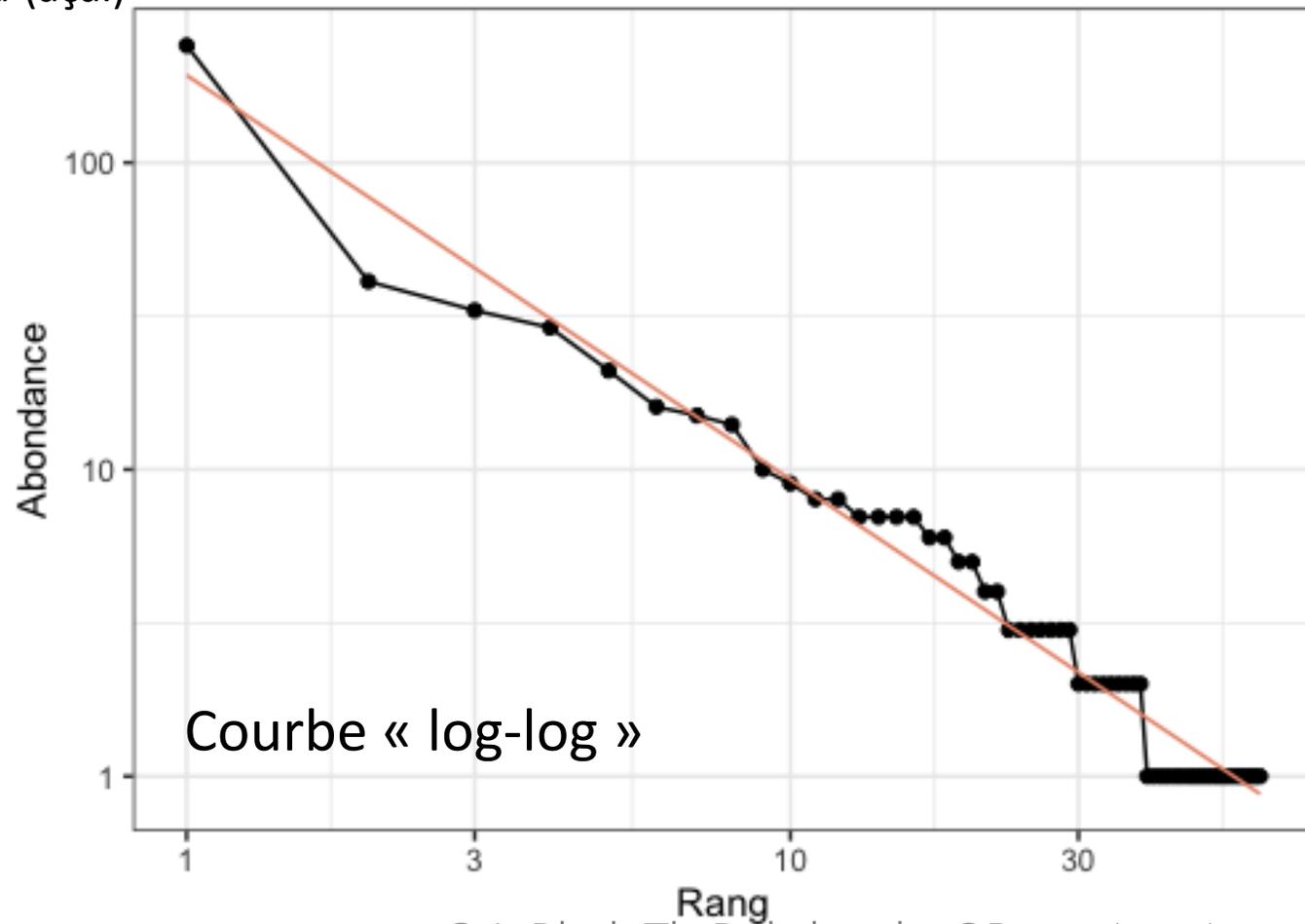
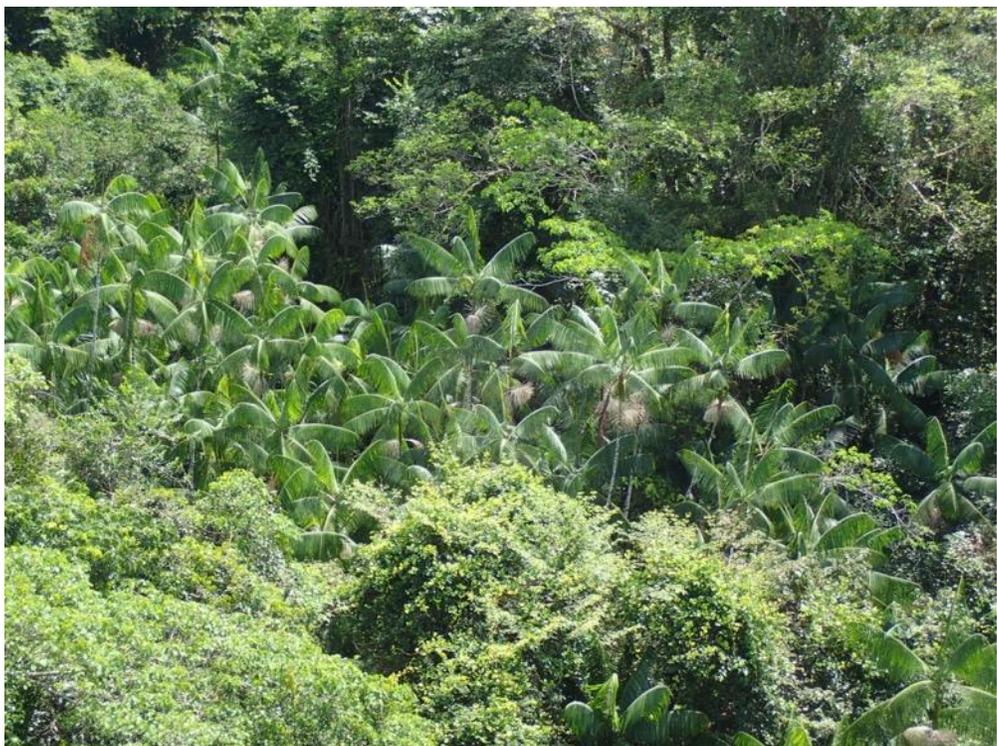
$N=100\ 000$

$v = 0.02$



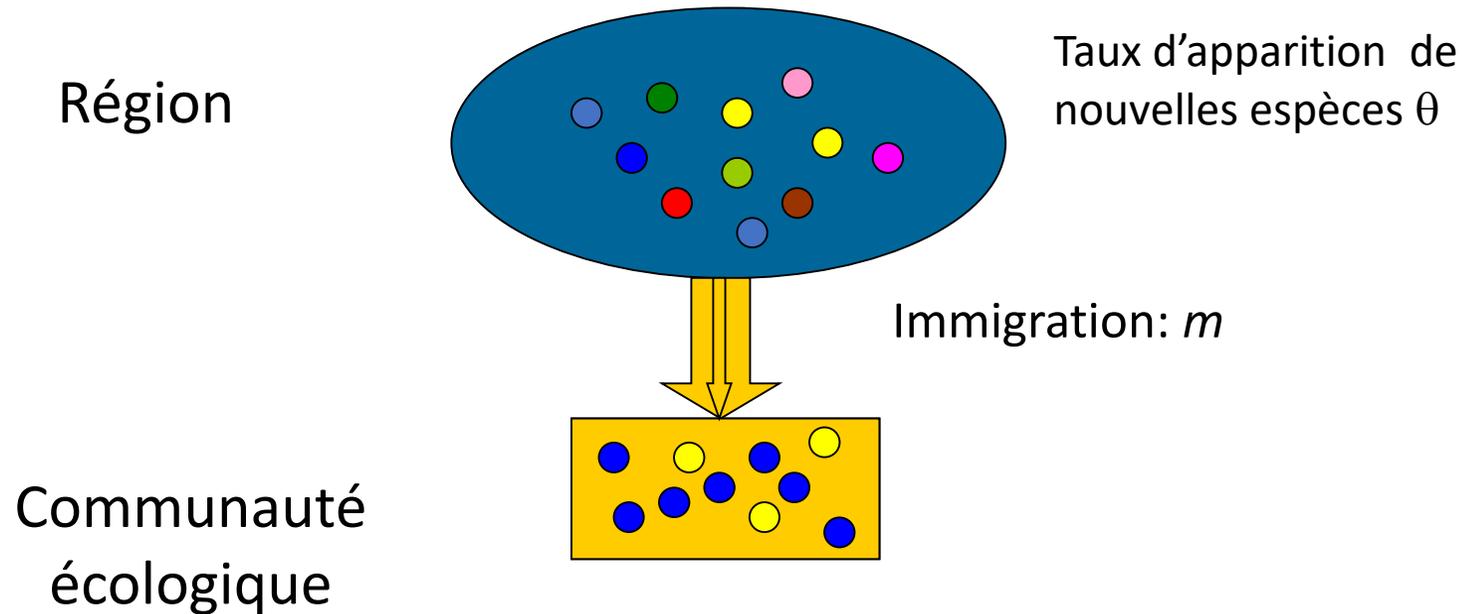
Comparaison modèle-données

Euterpe oleracea (açai)



G.A. Black, Th. Dobzhansky, C Pavan (1950).
Botanical Gazette, 111, 413-425

Le modèle neutre de la biodiversité à deux échelles

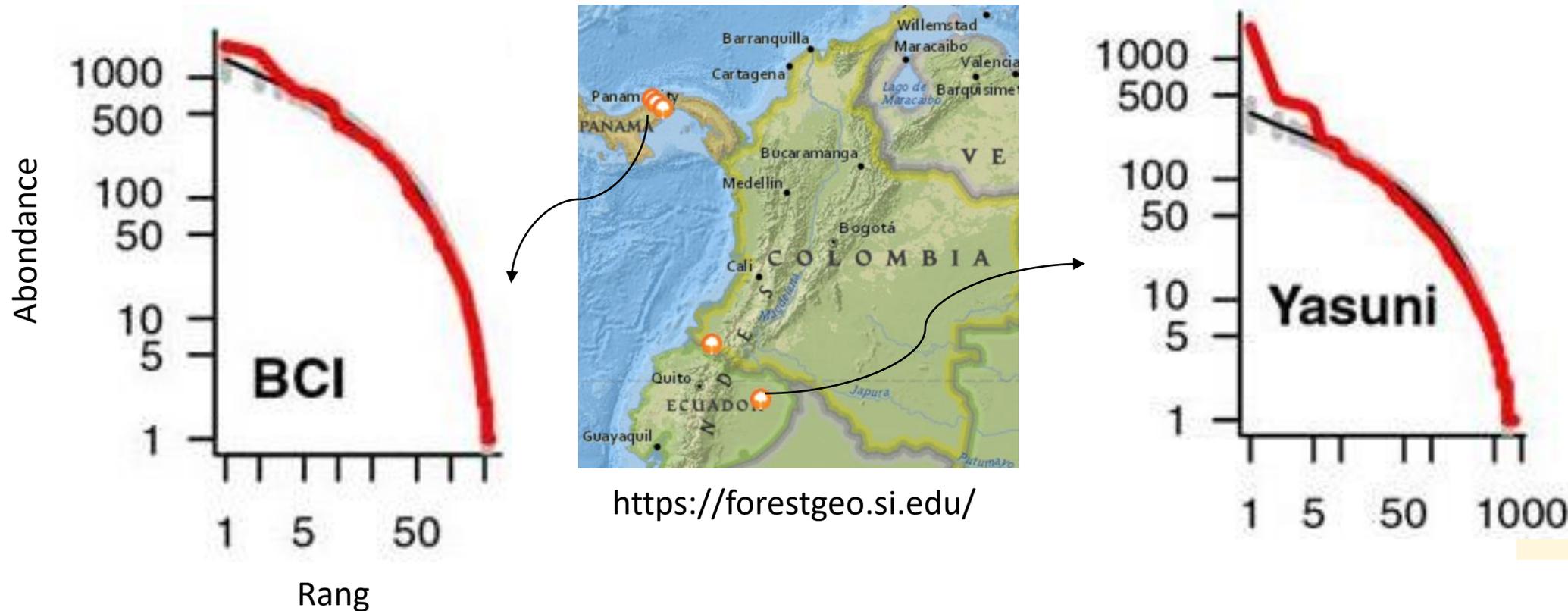


Equivalence
entre individus

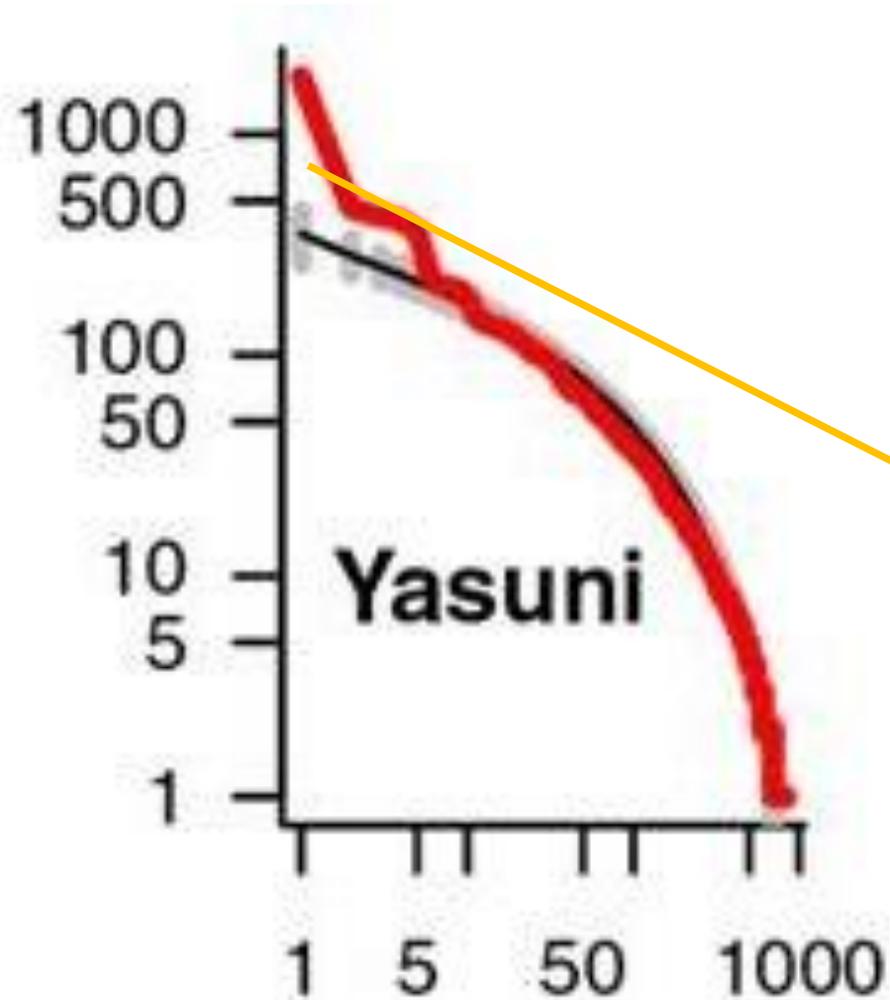
Deux échelles
spatiales

Deux
paramètres
(θ, m)

Comparaison modèle-données



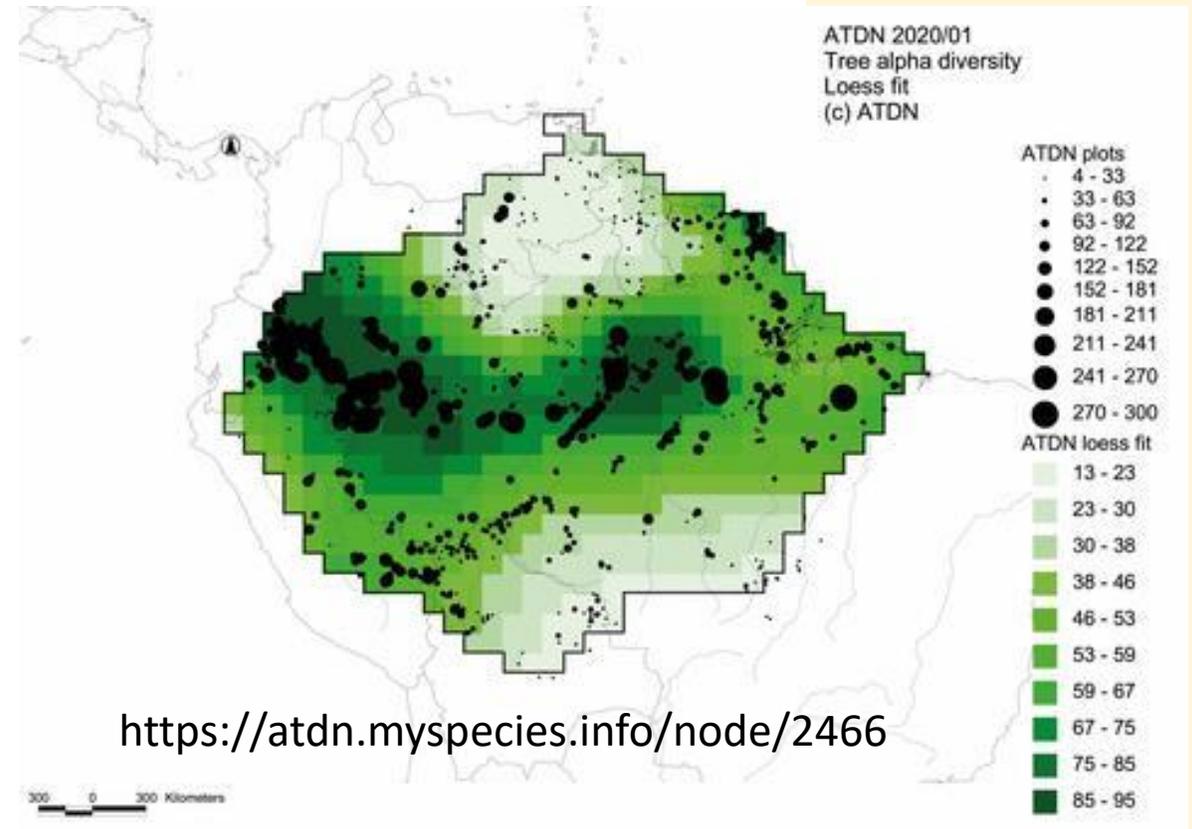
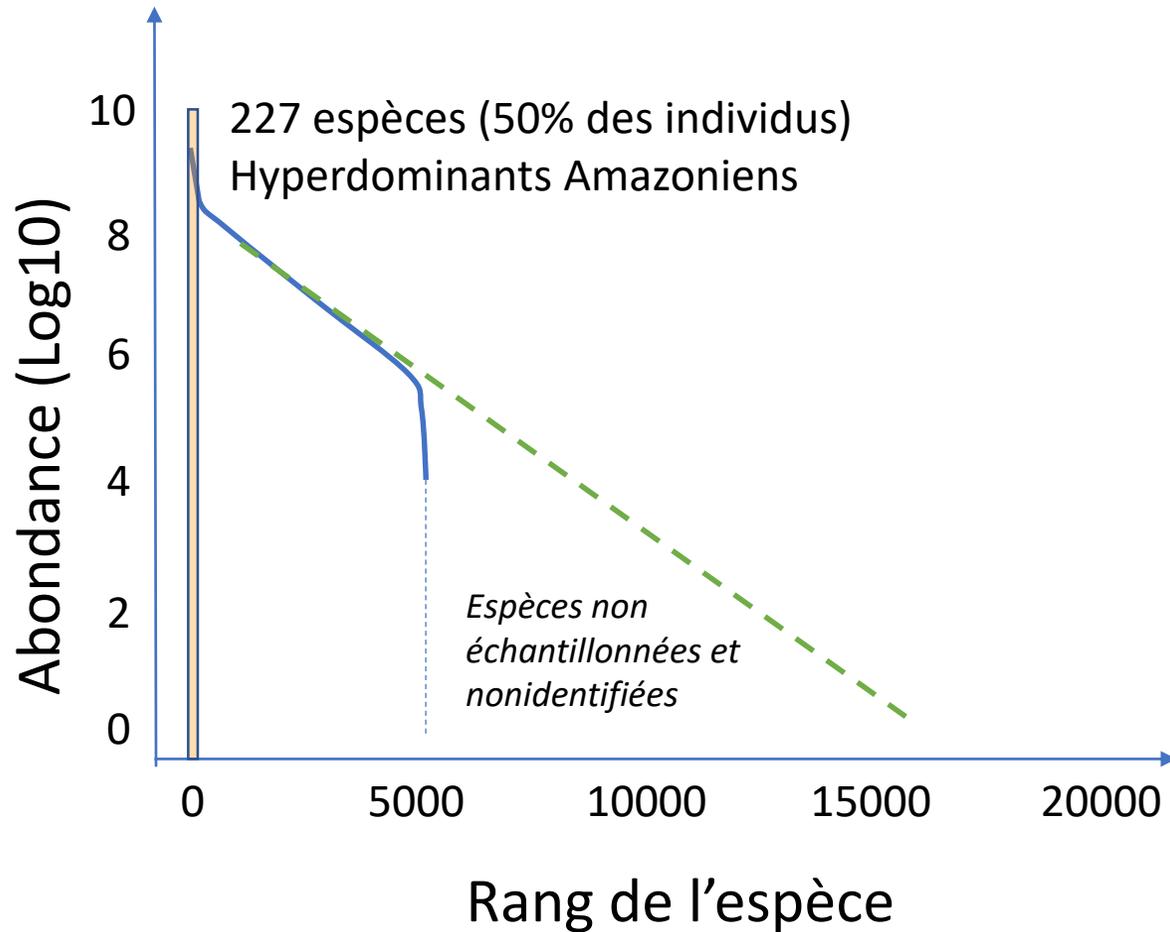
Comparaison modèle-données



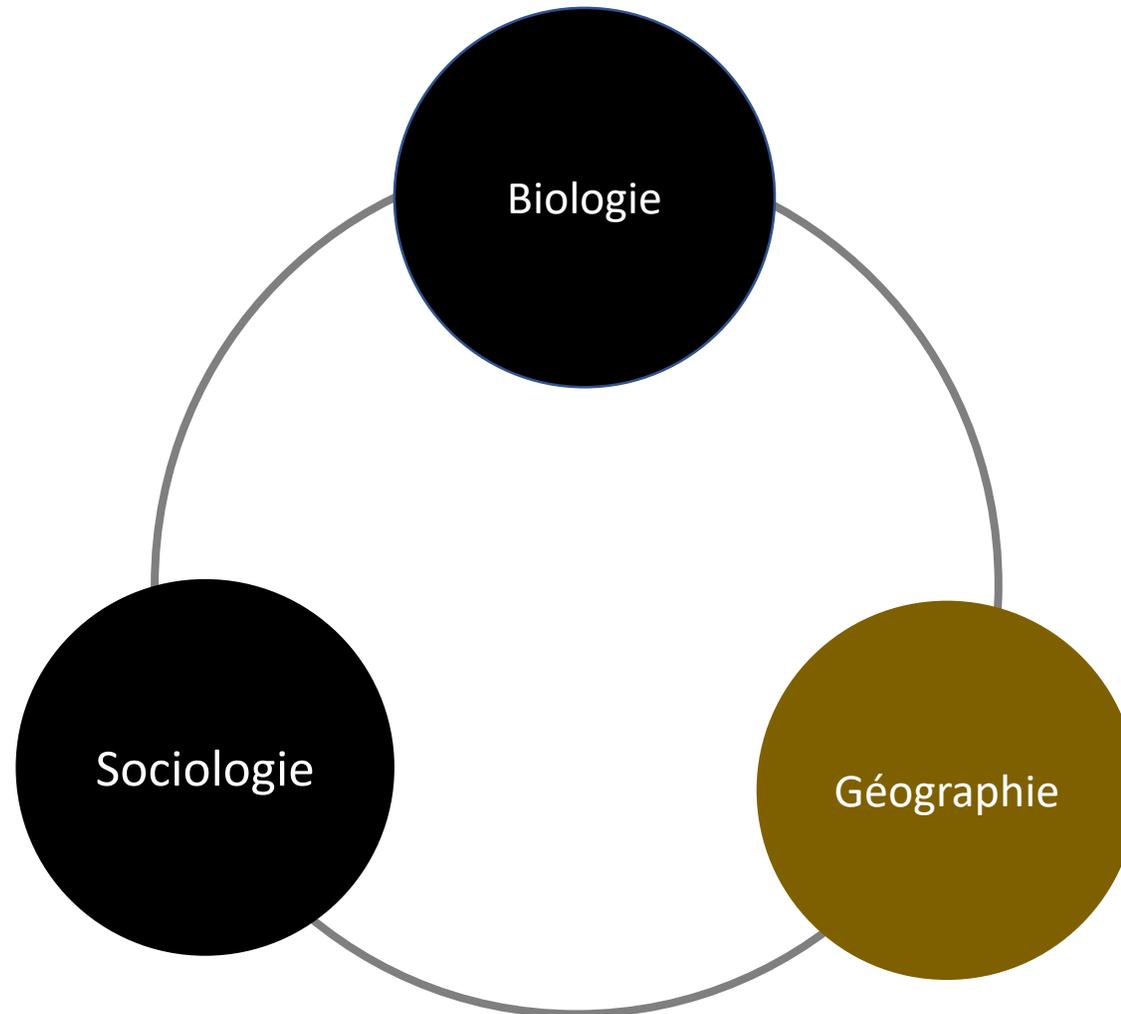
Espèce « hyperdominante »



Comparaison modèle-données

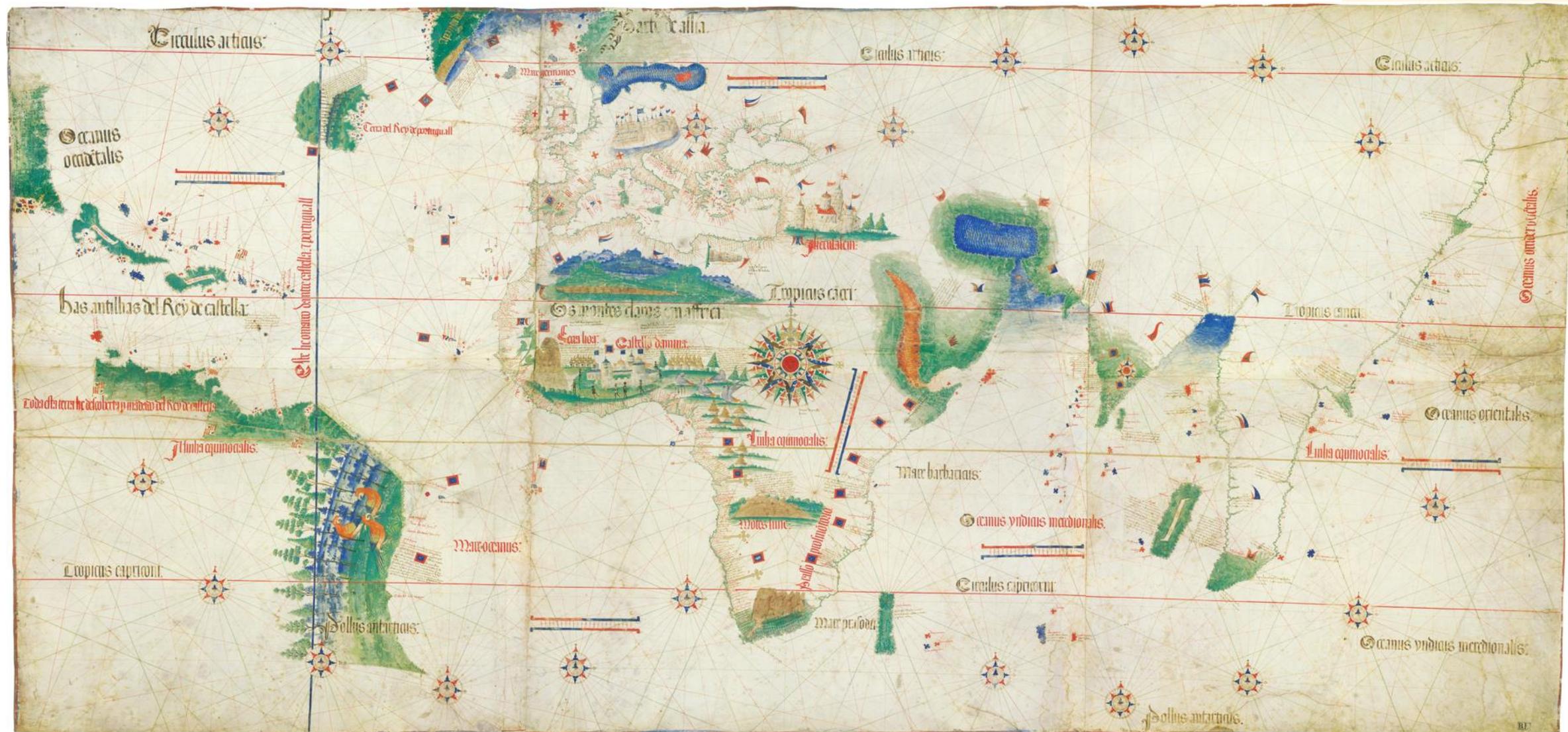


Facteurs causaux



Les limites du monde

Planisphère de Cantino (1502)



Les limites du monde

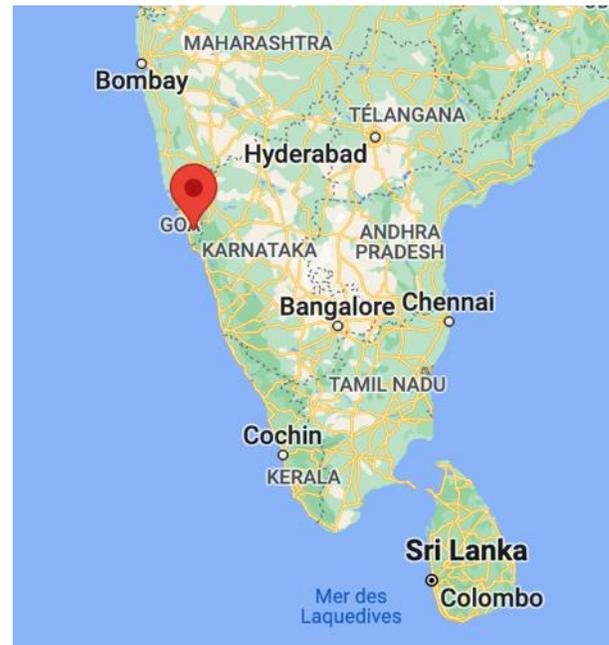
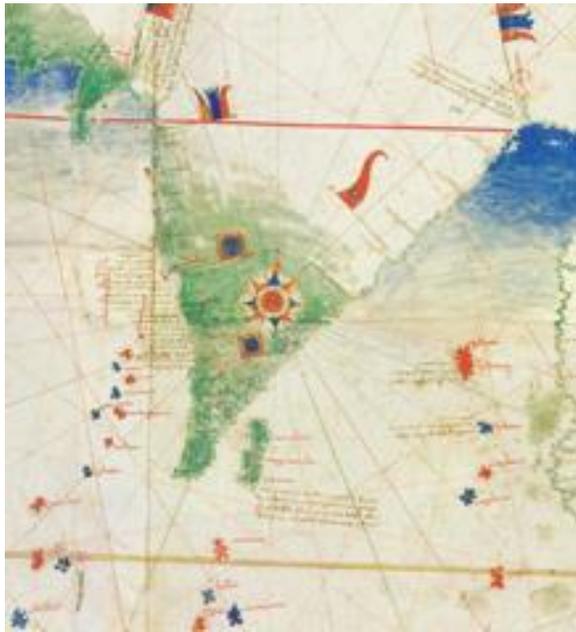


Da Ming Hunyi Tu
(1389)



Géographie de la biodiversité

- Goa, 1563
- 73 plantes tropicales décrites



COLLOQUIES ON THE SIMPLES & DRUGS OF INDIA

BY
GARCIA DA ORTA

NEW EDITION (LISBON, 1895) EDITED AND ANNOTATED
BY THE CONDE DE FICALHO

TRANSLATED WITH AN INTRODUCTION AND INDEX

BY
SIR CLEMENTS MARKHAM, K.C.B., F.R.S.

HON. FELLOW OF THE ASIATIC SOCIETY OF BENGAL ; HON. MEMBER OF THE LISBON GEOGRAPHICAL SOCIETY
MEMBER OF THE PORTUGUESE SOCIETY OF HISTORICAL STUDIES



LONDON
HENRY SOTHERAN AND CO.

43 PICCADILLY, W., AND 140 STRAND, W.C.

MCMXIII

Classer les plantes vivantes utiles

plantes méconnues et leurs usages

- Andrea Cesalpino (1583) 1300 espèces
- Garcia de Orta (1563) 73 espèces
- *Hortus Malabaricus* (Hendrik van Rheedee, 1669-1676) 725 espèces
- Joseph Tournefort (1656-1708)
- Carl von Linné (1753) 8000 espèces
- De Candolle (1820) 75000 espèces



Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708)

Bois de santal

« Comme le bois de santal, le nirvana est difficile à obtenir, son parfum est incomparable et il est loué par les hommes de bien ». Milinda Panha (II^{ème} siècle av. JC)

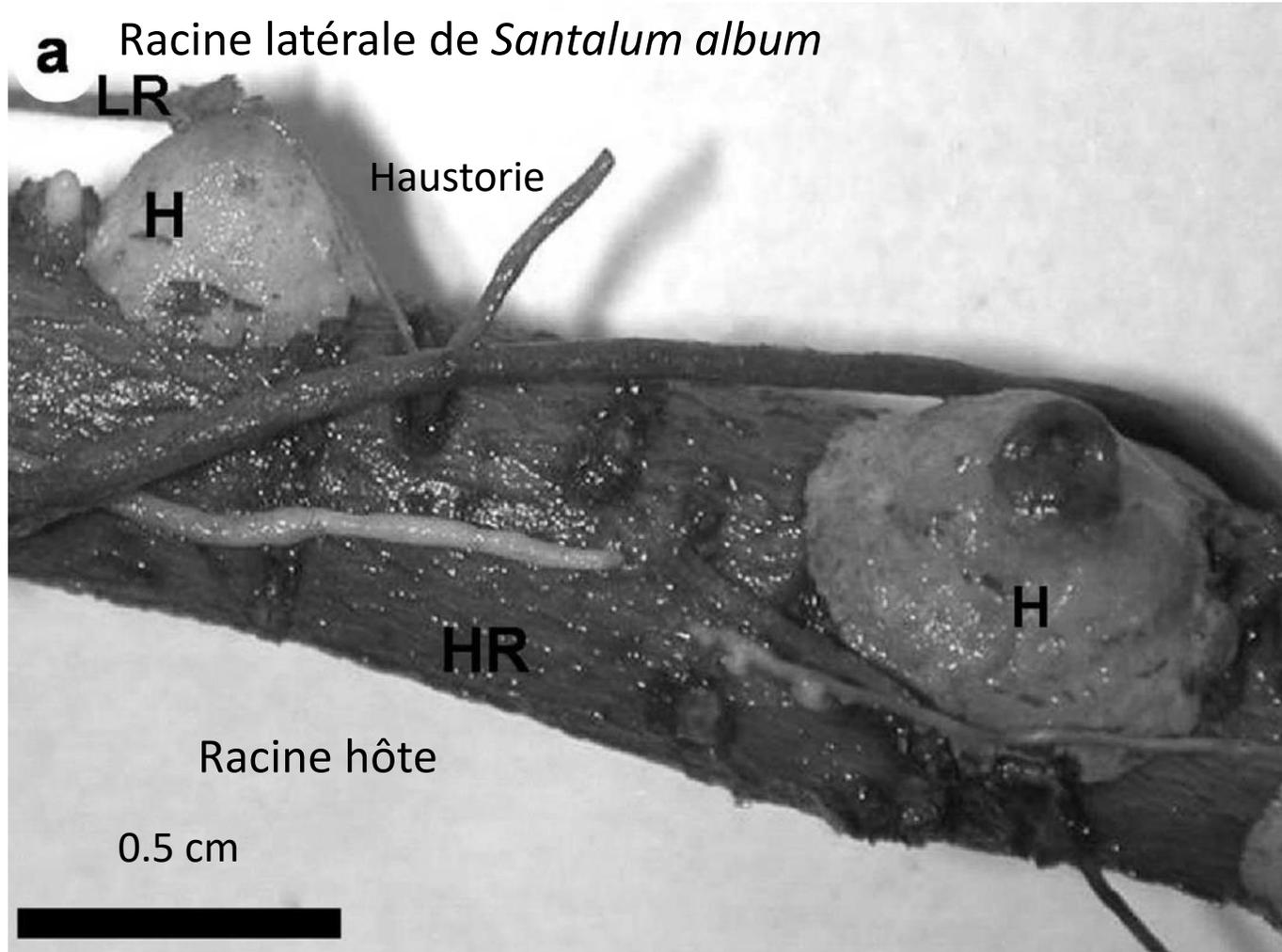
Shweta candana (Santal blanc) Charaka Samhita (texte Ayurvédique)



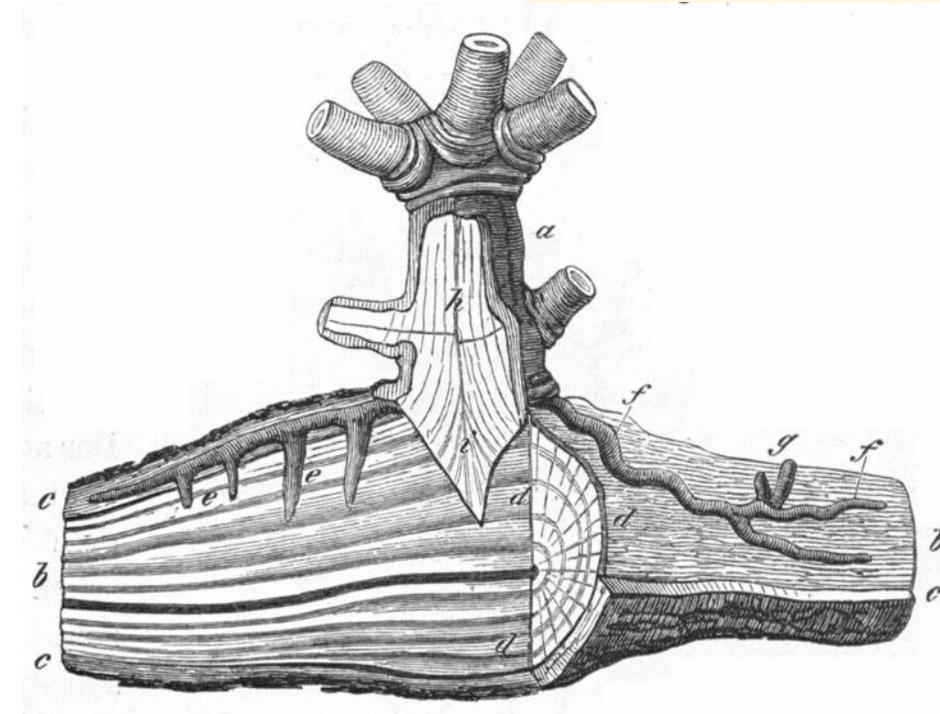
Koehler, 1887

Wikimedia

Le santal : un hémiparasite



Tennakoon & Cameron (2006). *Botany*, 84, 1608-1616.



Haustorie de gui (*Viscum album*, Santalaceae)

Julius Sachs: Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, zweite Auflage, Leipzig 1887 (de wikipedia)

Bois de santal

« Le bois de santal provient des deux pays de Ta-kang [île de Flores?] et de Ti-wu [Timur] ; on le trouve également à San-fo-ch'i [Palembang, Sud Sumatra] » (Chu-fan-chi, « Description des peuples barbares » 1225)

Timor : « les montagnes sont couvertes de santal et le pays ne produit rien d'autre. » (Fei Hsin 1436)

« Les marchands malais disent que Dieu a créé Timor pour le bois de santal. » (Tome Pires 1513)

« Les arbres du bois de santal poussent à Timor, c'est là où il y en a le plus, et les bois ne s'épuisent ni d'un côté ni de l'autre de l'île. » (Garcia de Orta, 1563)

Dynastie Sailendra

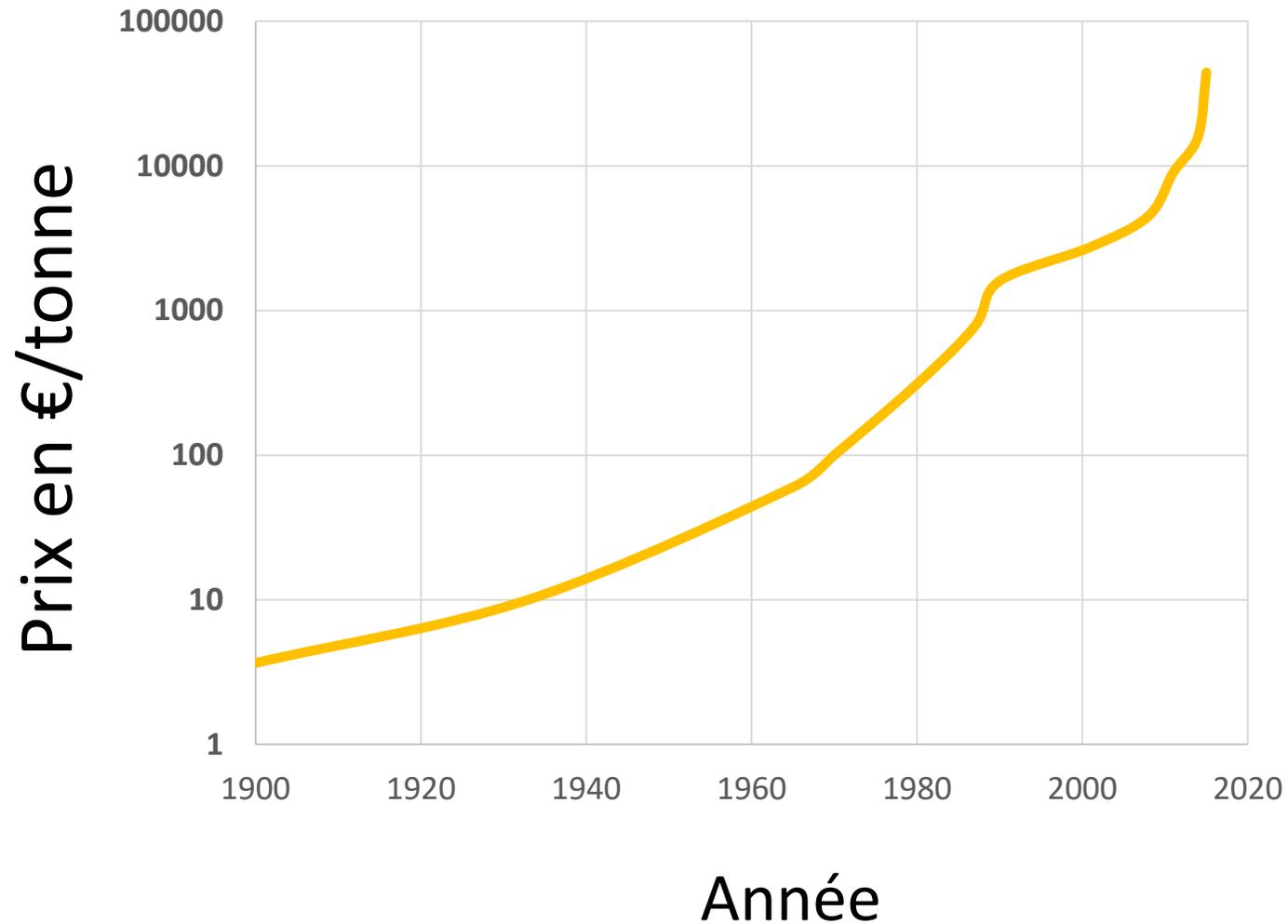


pièces de monnaie fleur de santal
(800-1300 de notre ère)



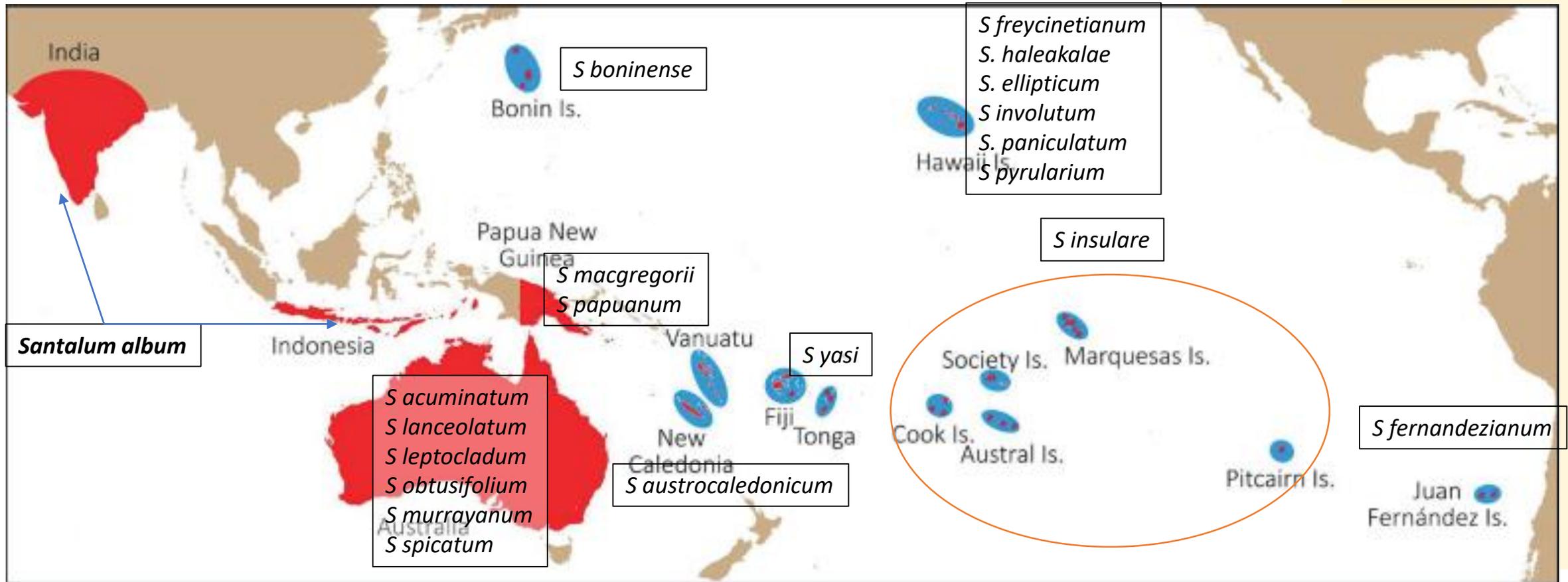
Temple de Borobudur (Java) 800-1100

Prix du bois de santal



Rashkow, E. D. (2022). In *Indian Sandalwood* (pp. 27-43). Springer, Singapore.

Biogéographie du genre *Santalum*



Dispersion des graines



Pycnonotus jocosus (bulbul orphée)

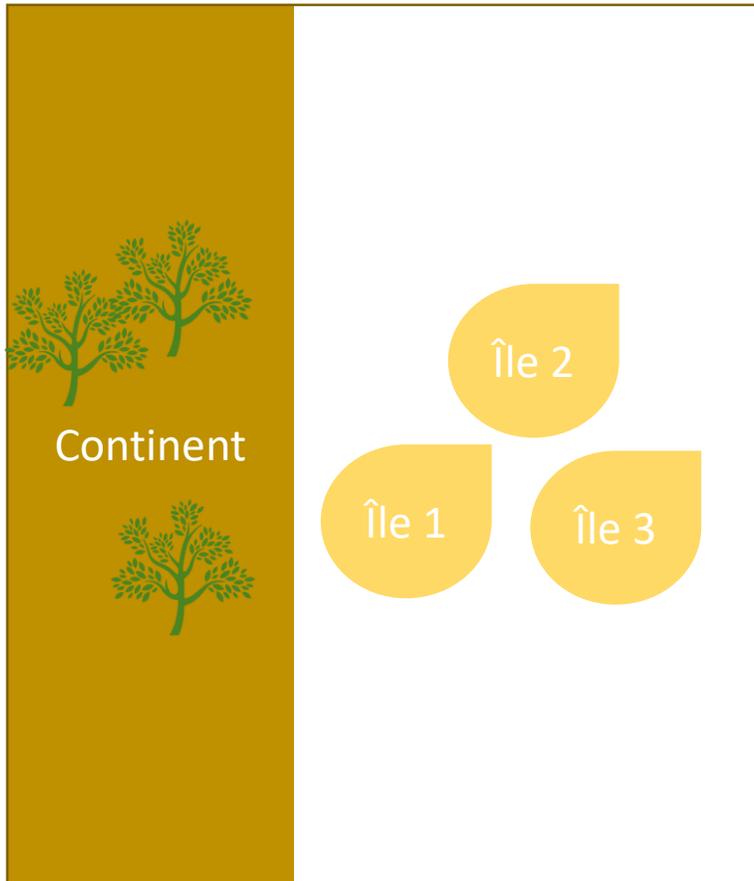
Espèces endémiques



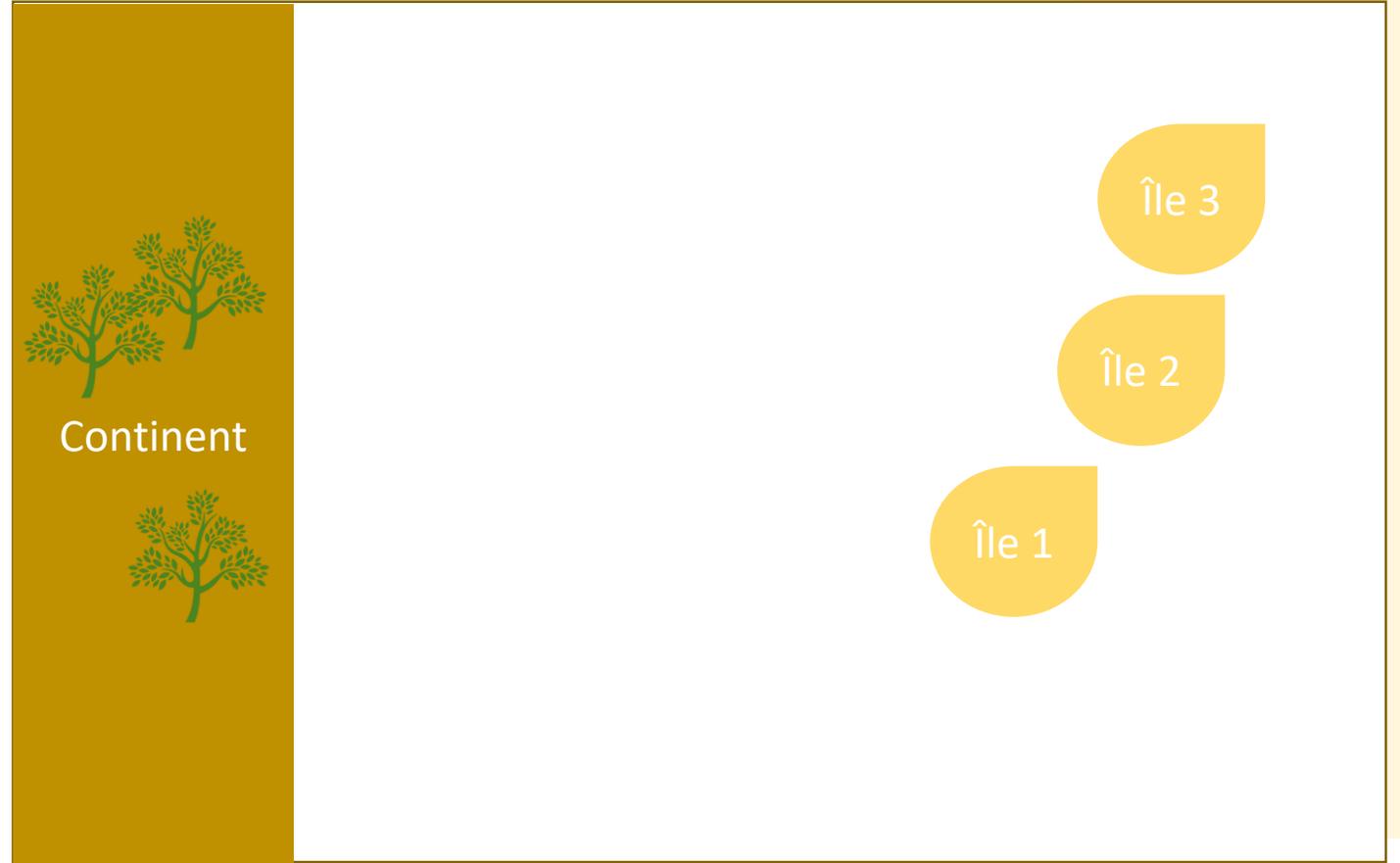
Santalum freycinetianum, endémique de Hawaii

Forest and Kim Starr, 2009
<http://www.starrenvironmental.com>

Endémisme et biogéographie insulaire

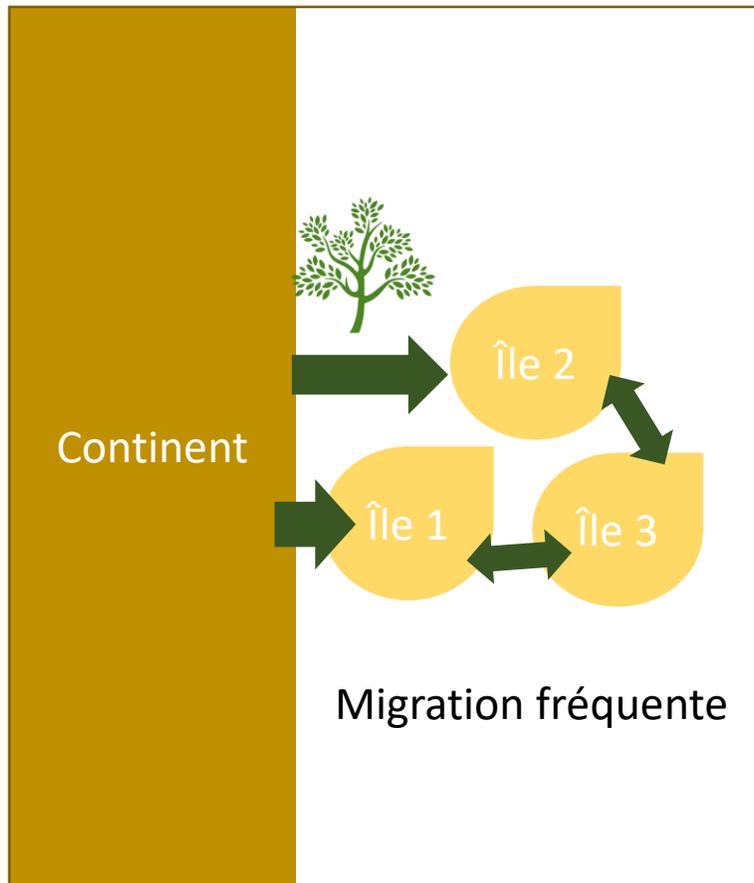


Exemple : îles britanniques

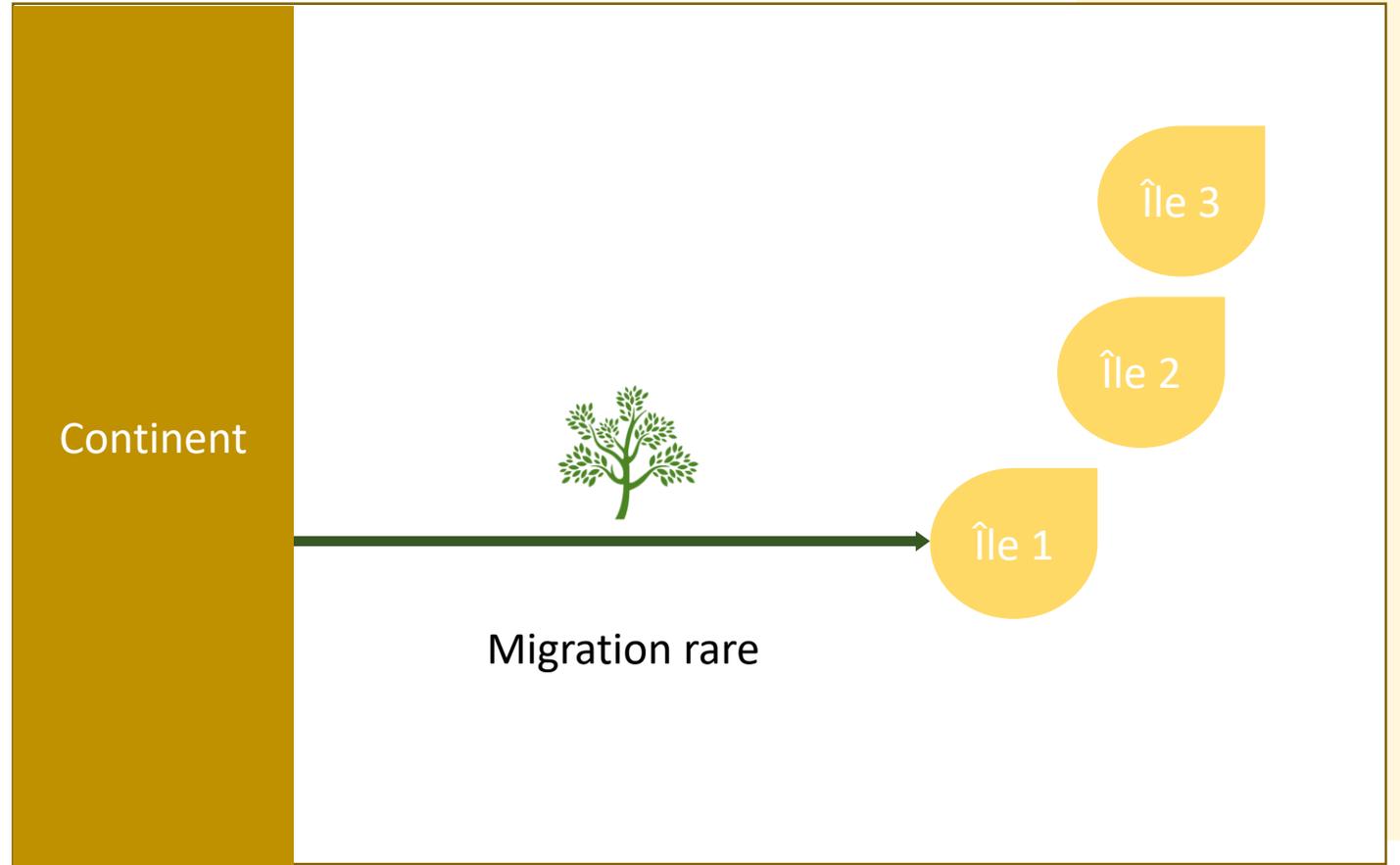


Exemple : Hawaii

Endémisme et biogéographie insulaire

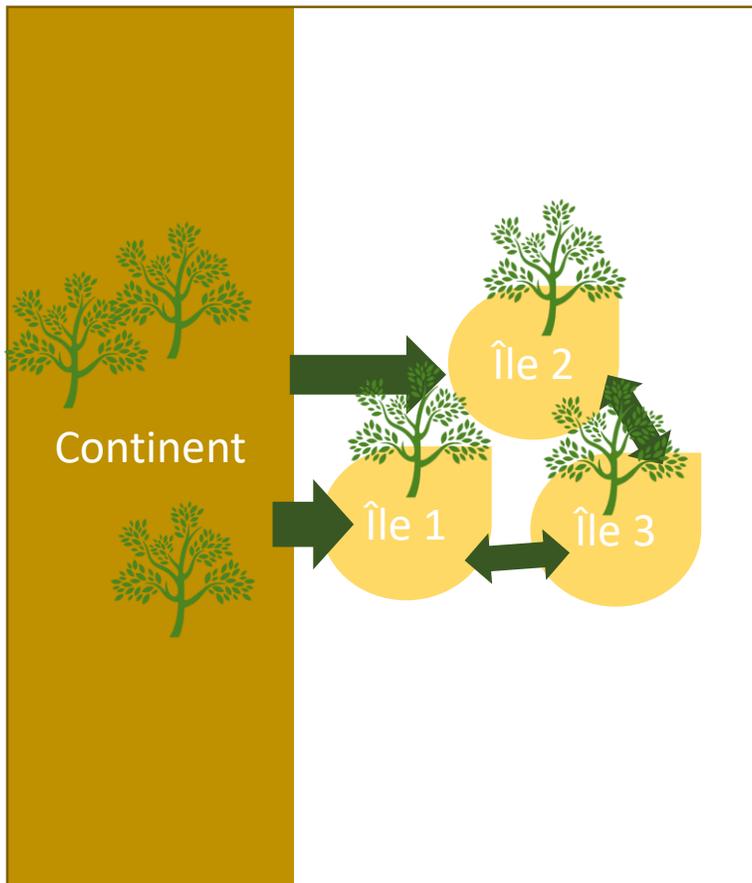


Exemple : îles britanniques

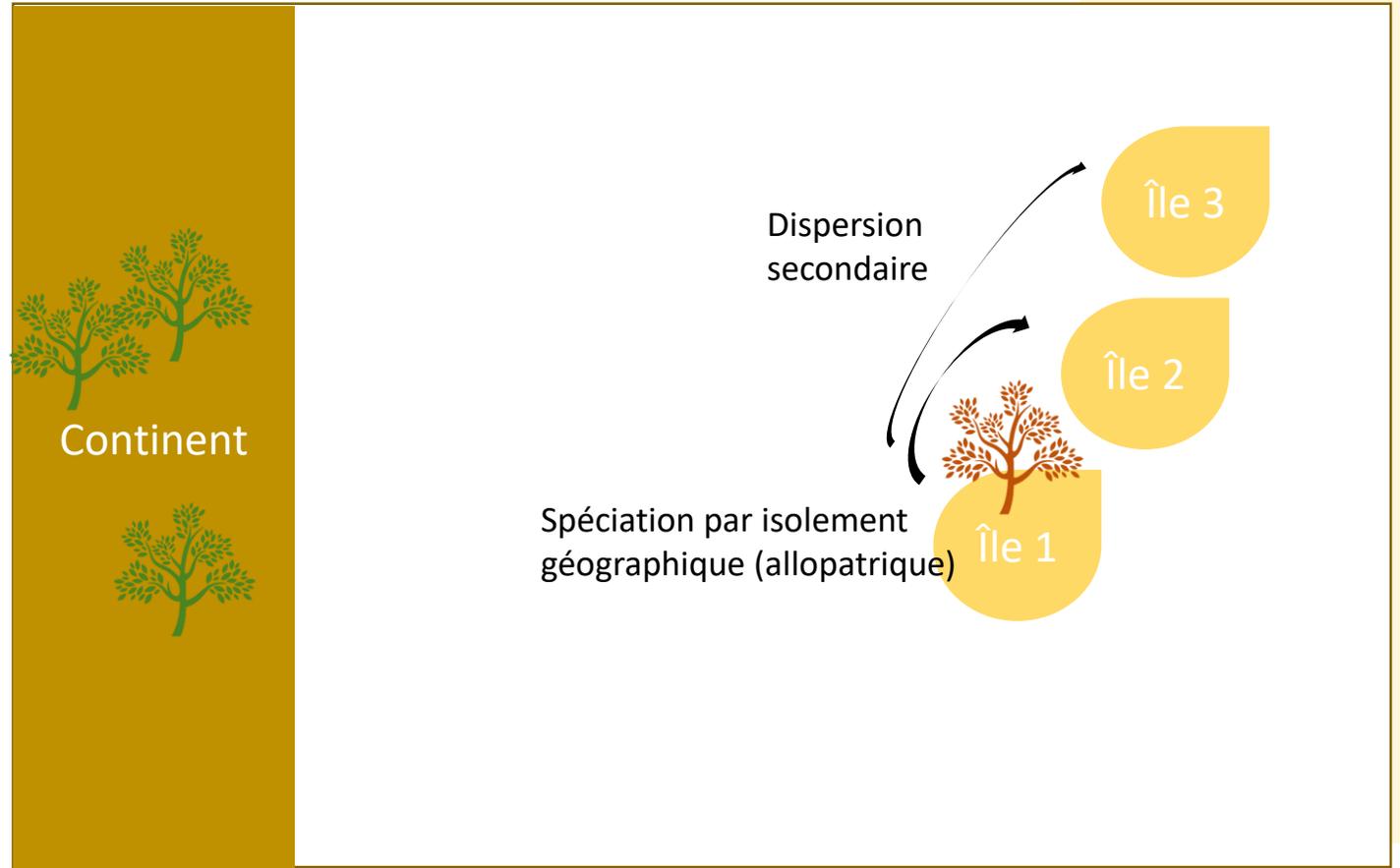


Exemple : Hawaii

Endémisme et biogéographie insulaire

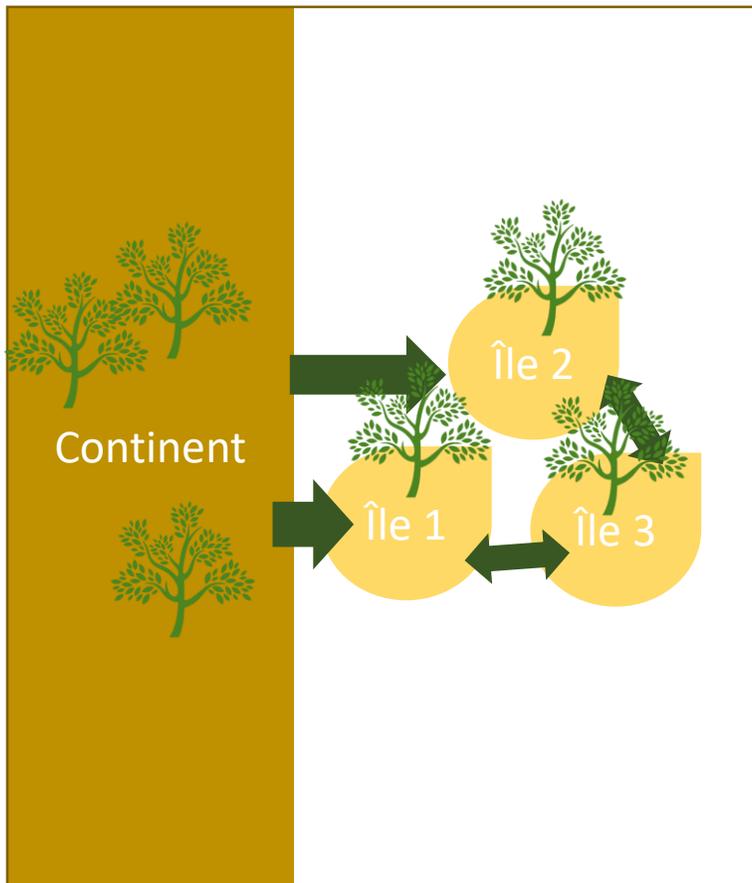


Exemple : îles britanniques



Exemple : Hawaii

Endémisme et biogéographie insulaire



Exemple : îles britanniques



Exemple : Hawaii

Extinctions insulaires



Plants of the World Online

Santalum fernandezianum Phil.
Vu pour la dernière fois en 1908

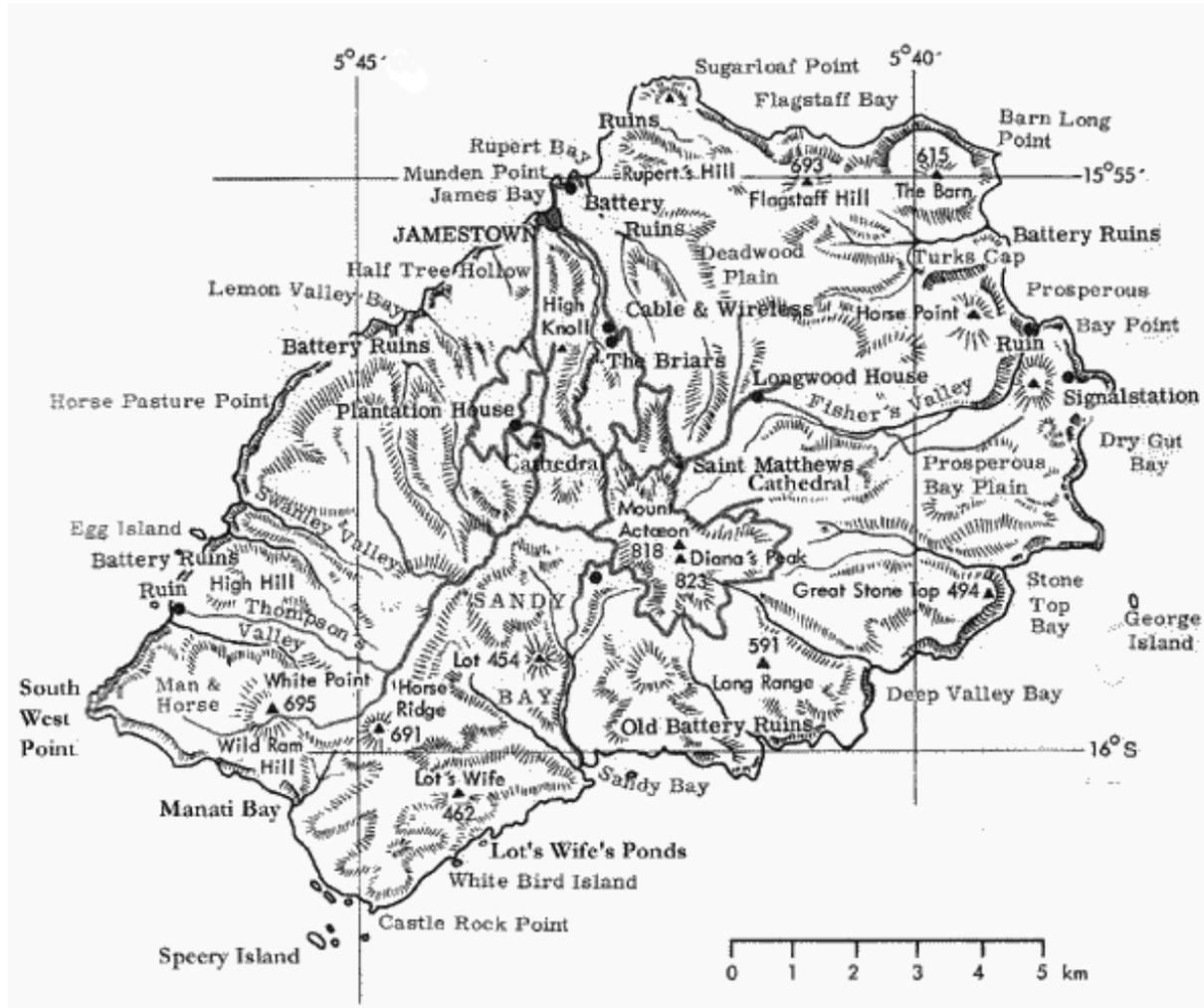


Archipel de Juan Fernandez

210 espèces de
plantes vasculaires,
dont 130 sont
endémiques
8 espèces éteintes

Hobohm, C. (Ed.). (2014).
Endemism in vascular plants.
Springer Netherlands.

Extinctions insulaires



Ile de Sainte Hélène

Grove, R. (1996). *Green imperialism, 1600-1860*. Cambridge University Press.

Extinctions insulaires

- 48 espèces endémiques, 8 espèces documentées comme éteintes, dont
 - Bois rouge de St Hélène (*Trochetiopsis melanoxylon*) **éteinte c. 1790**
 - Ebène de St Hélène (*Trochetiopsis erythroxylon*) **éteinte en milieu sauvage**
- **Combien d'espèces se sont-elles éteintes avant d'être décrites ?**



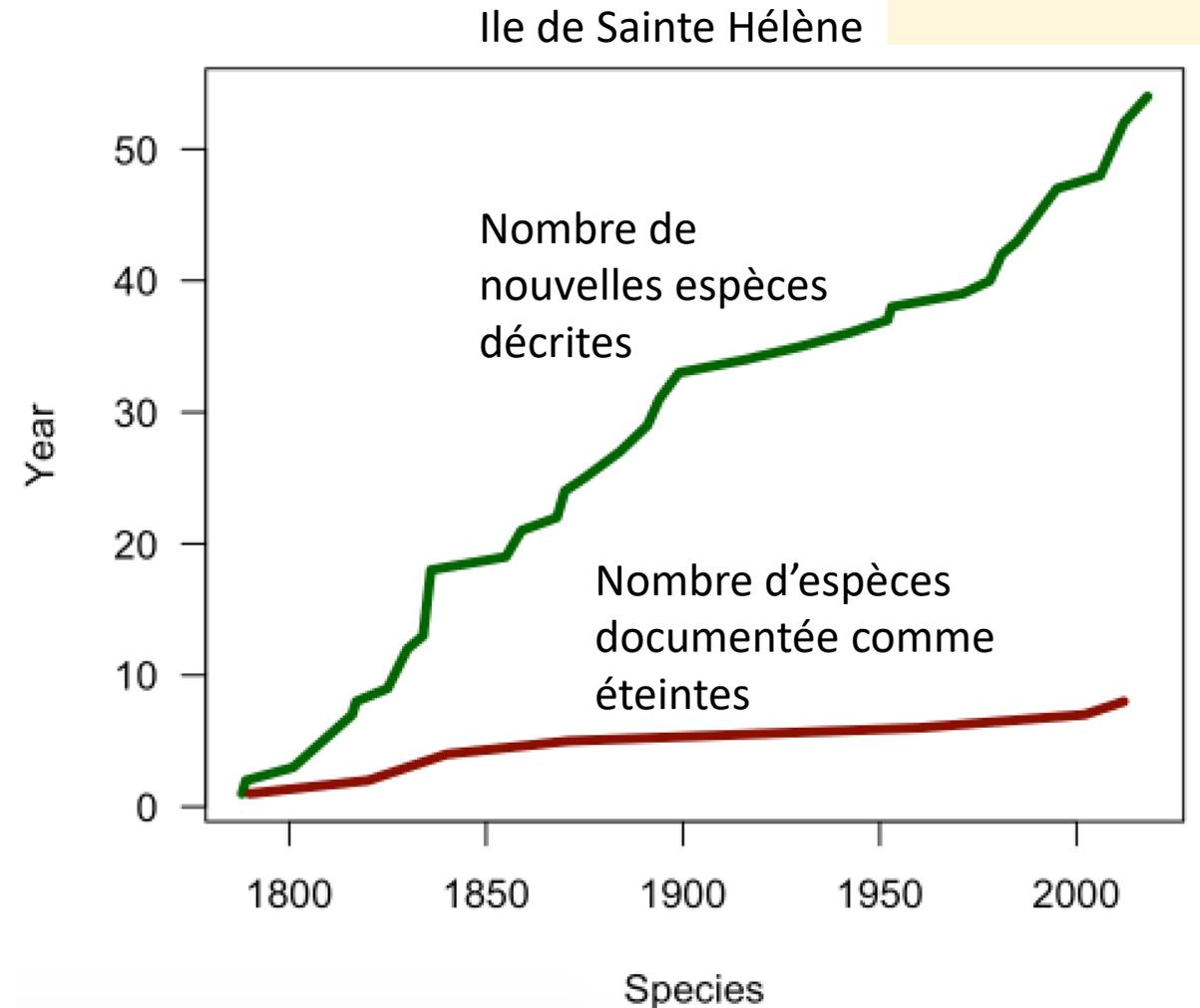
Trochetiopsis ebenus Q.C.B. Cronk

Cronk New Phytologist (1987)
Lambdon & Cronk Frontiers Ecol Evol (2020)

Extinctions insulaires

10 à 17 espèces éteintes avant d'être décrites (en plus des 8 extinctions documentées)

Sous-estimation des extinctions passées



Espèces endémiques sur les continents

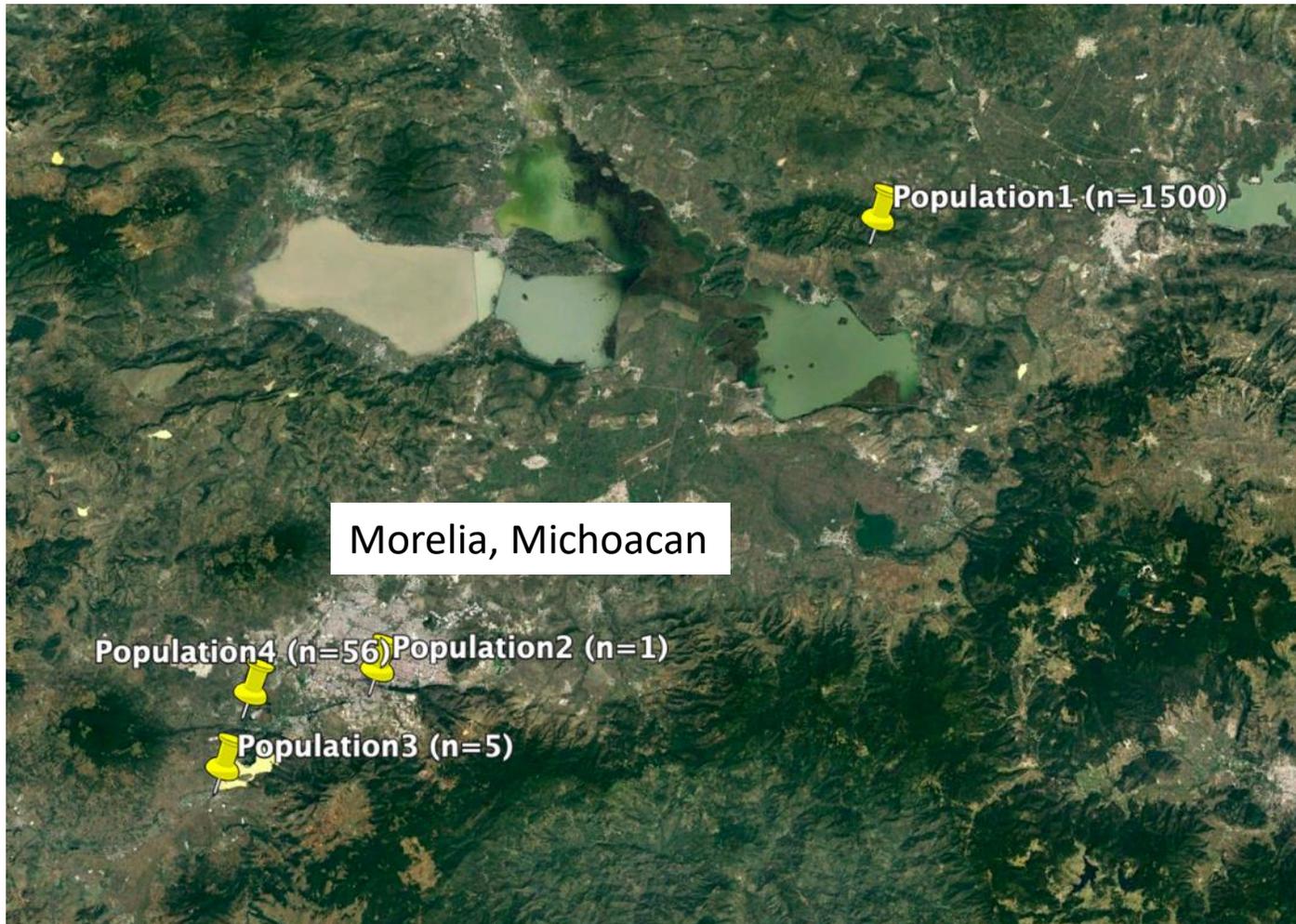


Diospyros xolocotzii
Ebenaceae (1988)

Image : Ignacio Torres García (GBIF)

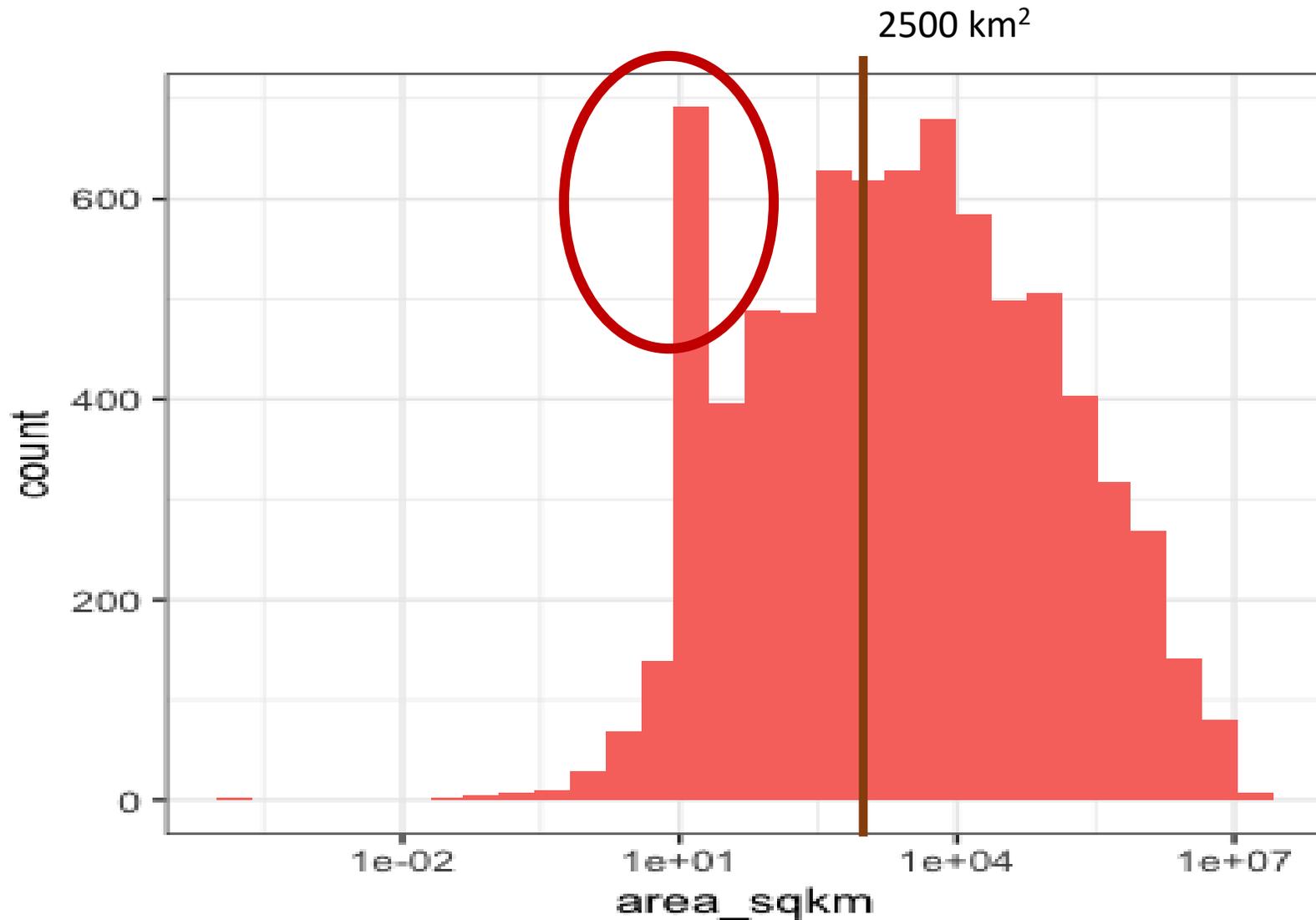
Torres I, Arizaga S (2014) Acta
Botanica Mexicana

Espèces endémiques sur les continents



Diospyros xolocotzii

Aires de distribution



Allobates femoralis (Amazonie)

7684 espèces d'amphibiens

Changement d'utilisation des terres



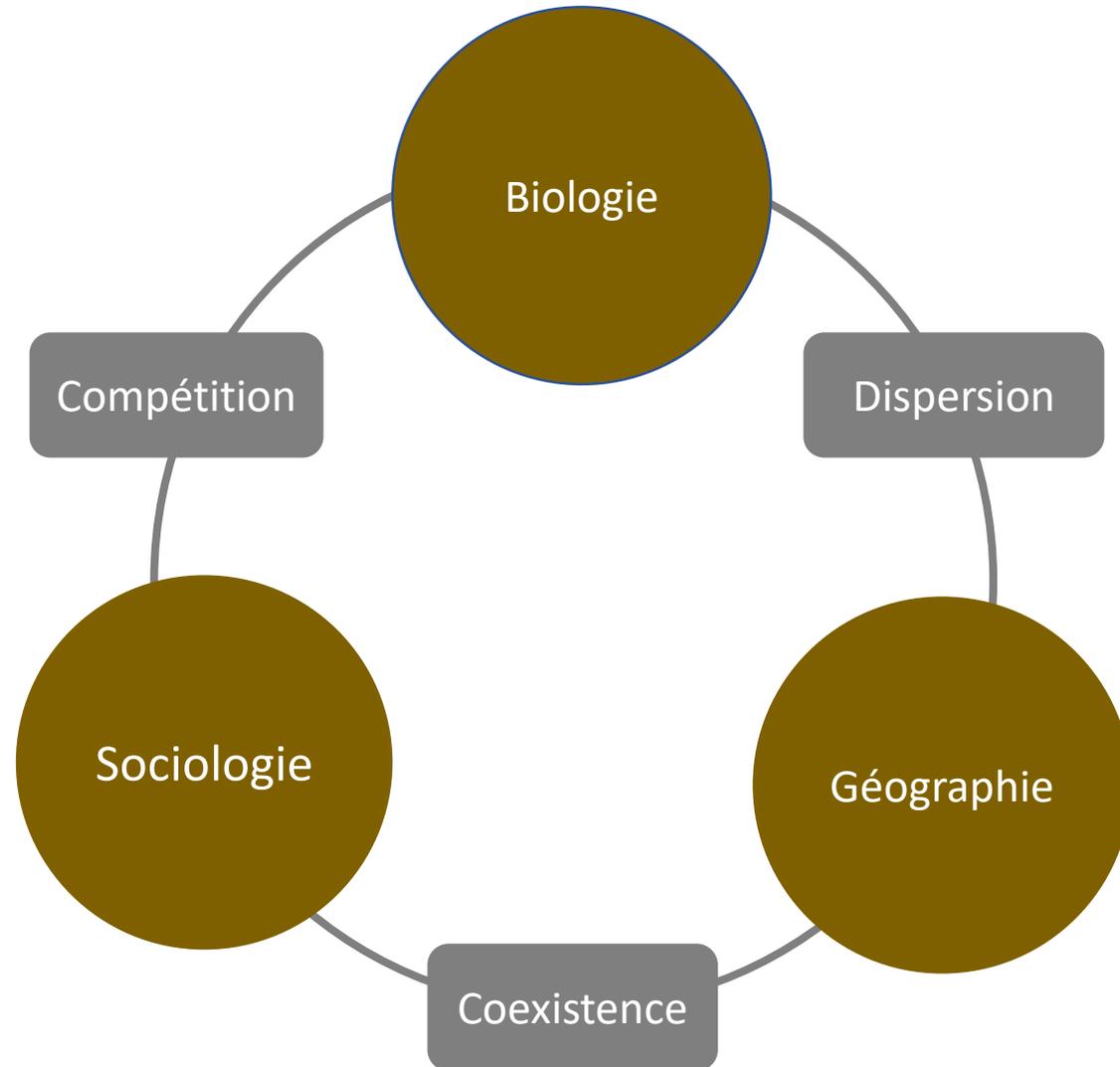
⋮ Forest landscape integrity index



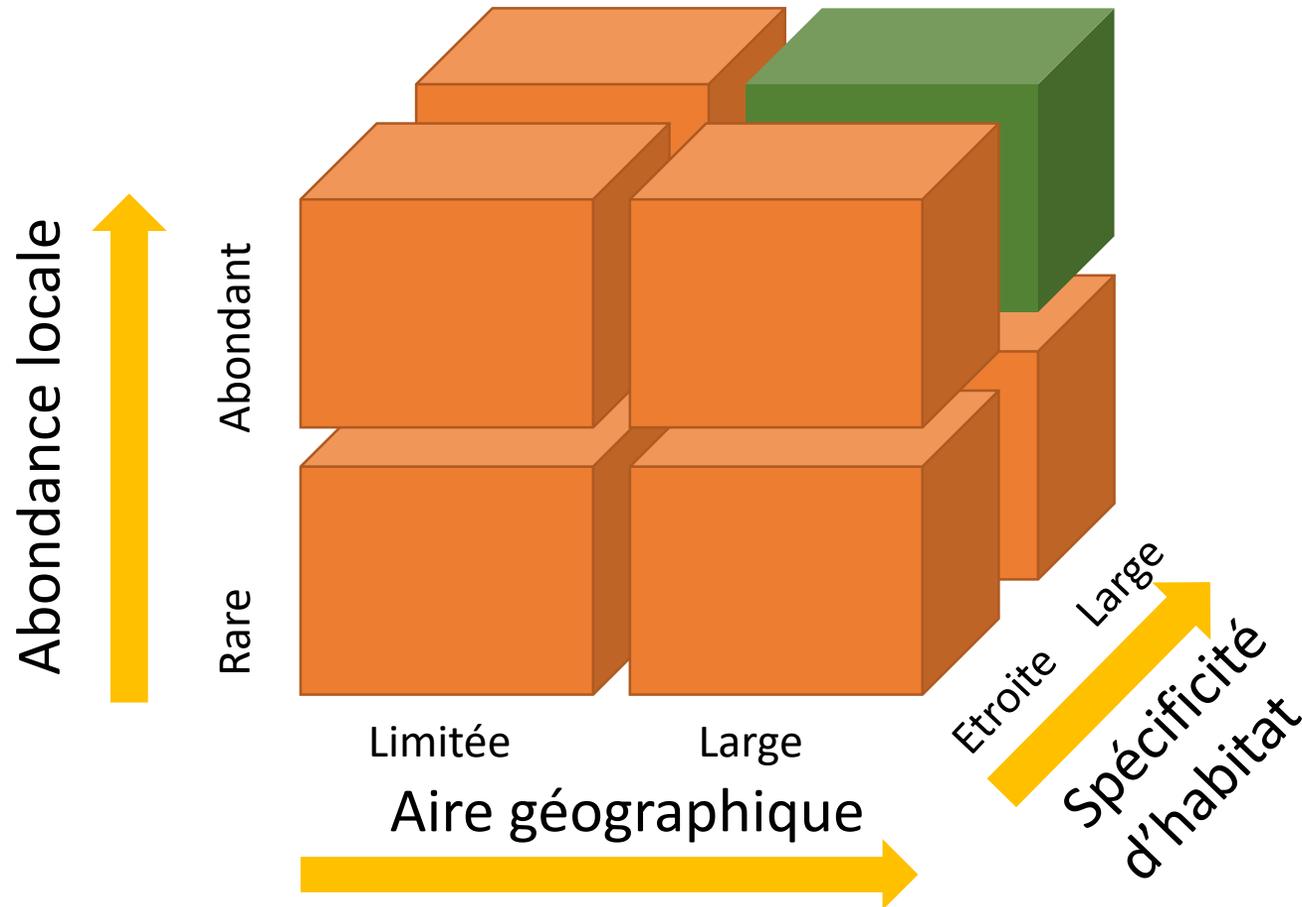
Forest Landscape Integrity Index

<https://www.globalforestwatch.org>

Conclusion

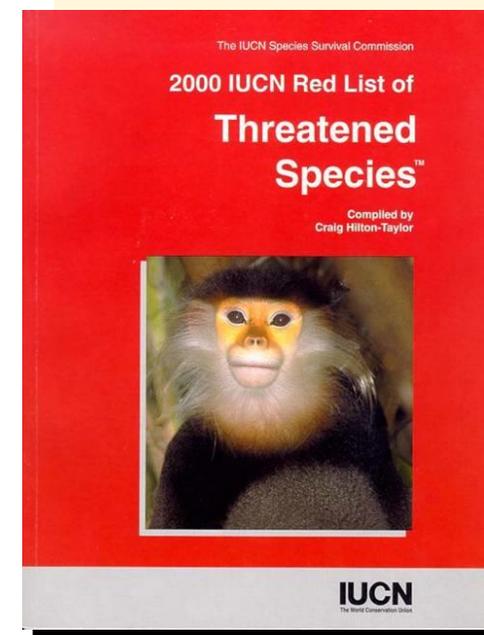
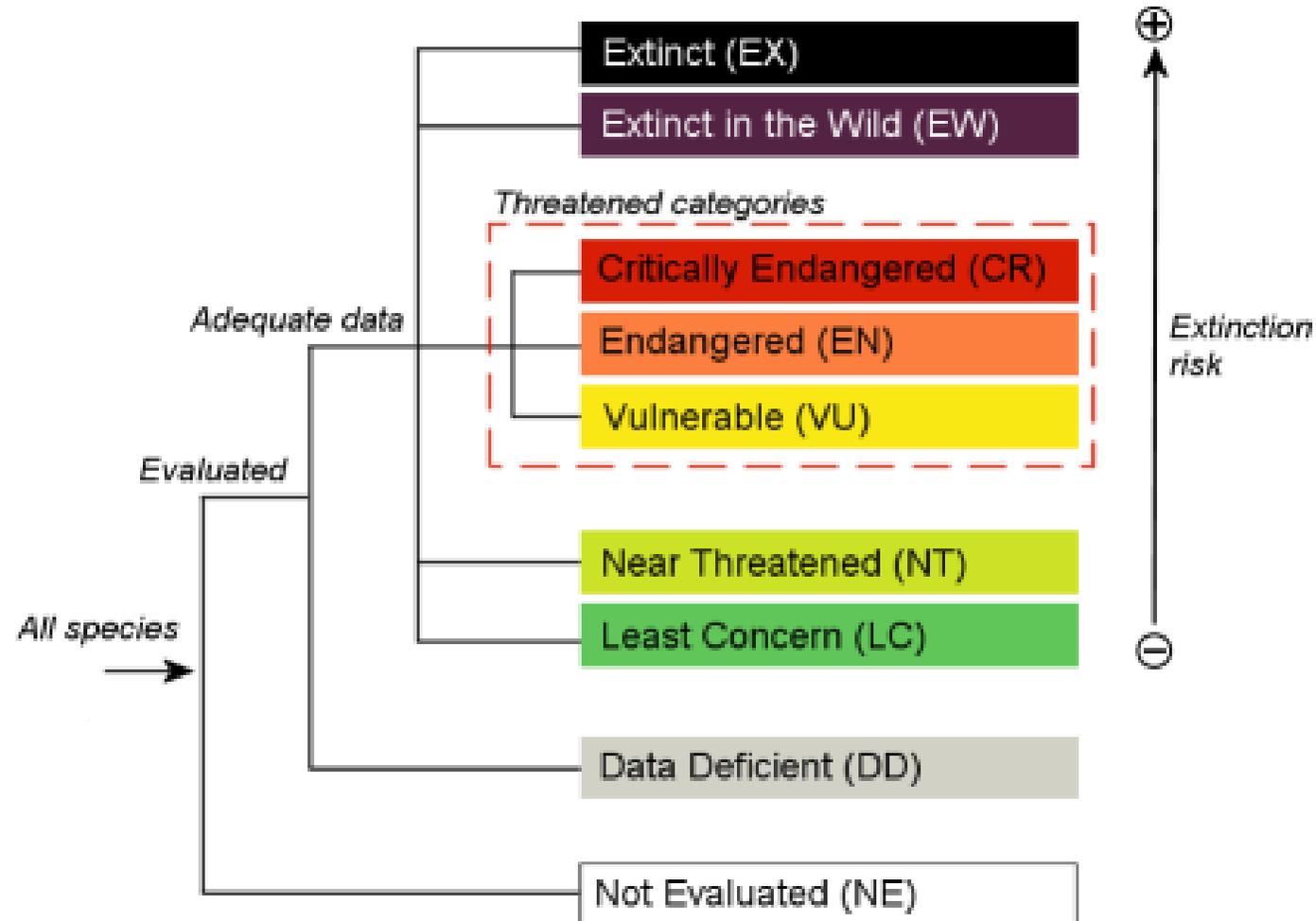


Sept formes de rareté



Rabinowitz D (1981) In The Biological Aspects of Rare Plant Conservation. Wiley

Abundance et conservation



Droits des espèces

Deux courants de pensée distincts :

- Les espèces constituent un patrimoine naturel : elles doivent être protégées.
- La nature est une ressource pour les sociétés, y compris les produits de base, les composés chimiques ou les technologies bioinspirées.

Droits des espèces

- La Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) (1973)
- Convention pour la Diversité Biologique (Article 8) (1992)



Convention on
Biological Diversity

