

Interactions entre espèces et distribution des espèces



Niches écologiques et interactions entre espèces

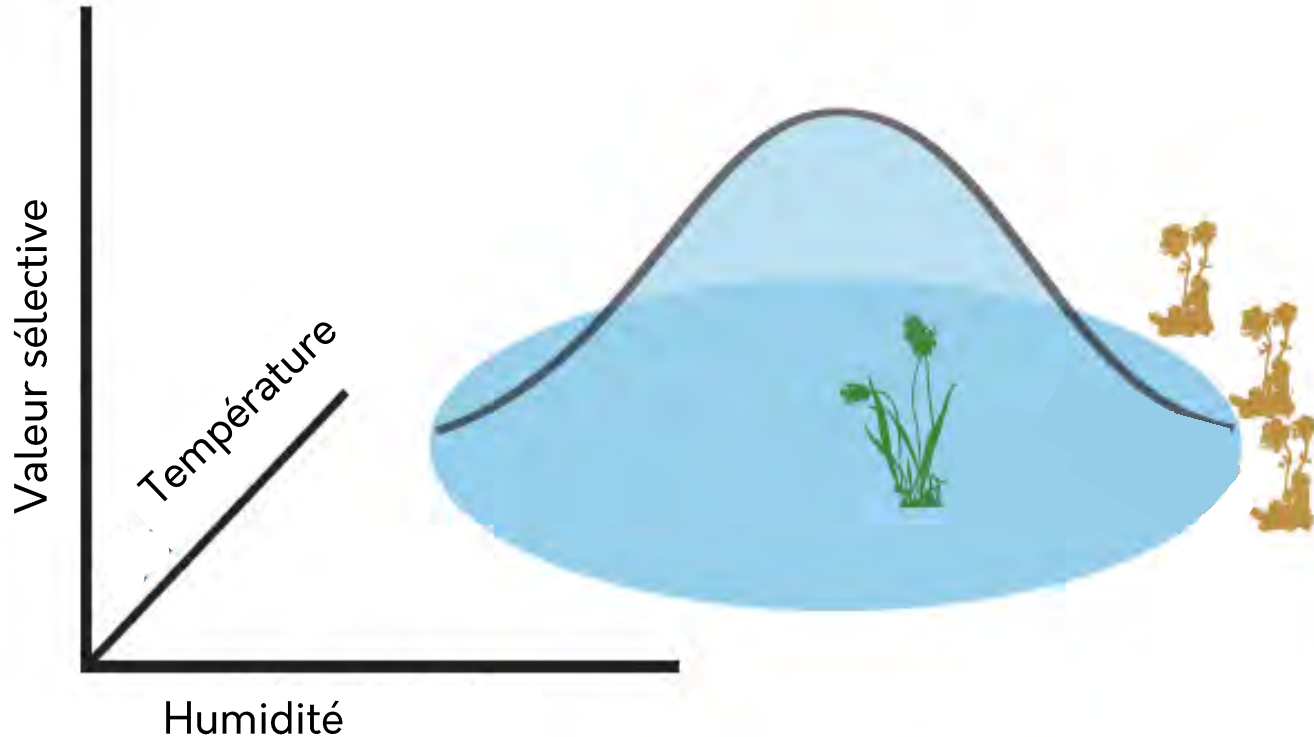
- Niches écologiques
- Différents types d'interactions:
compétition, prédation,
mutualisme, parasitisme
- Exemples chez les fourmis
- Distribution de la biodiversité



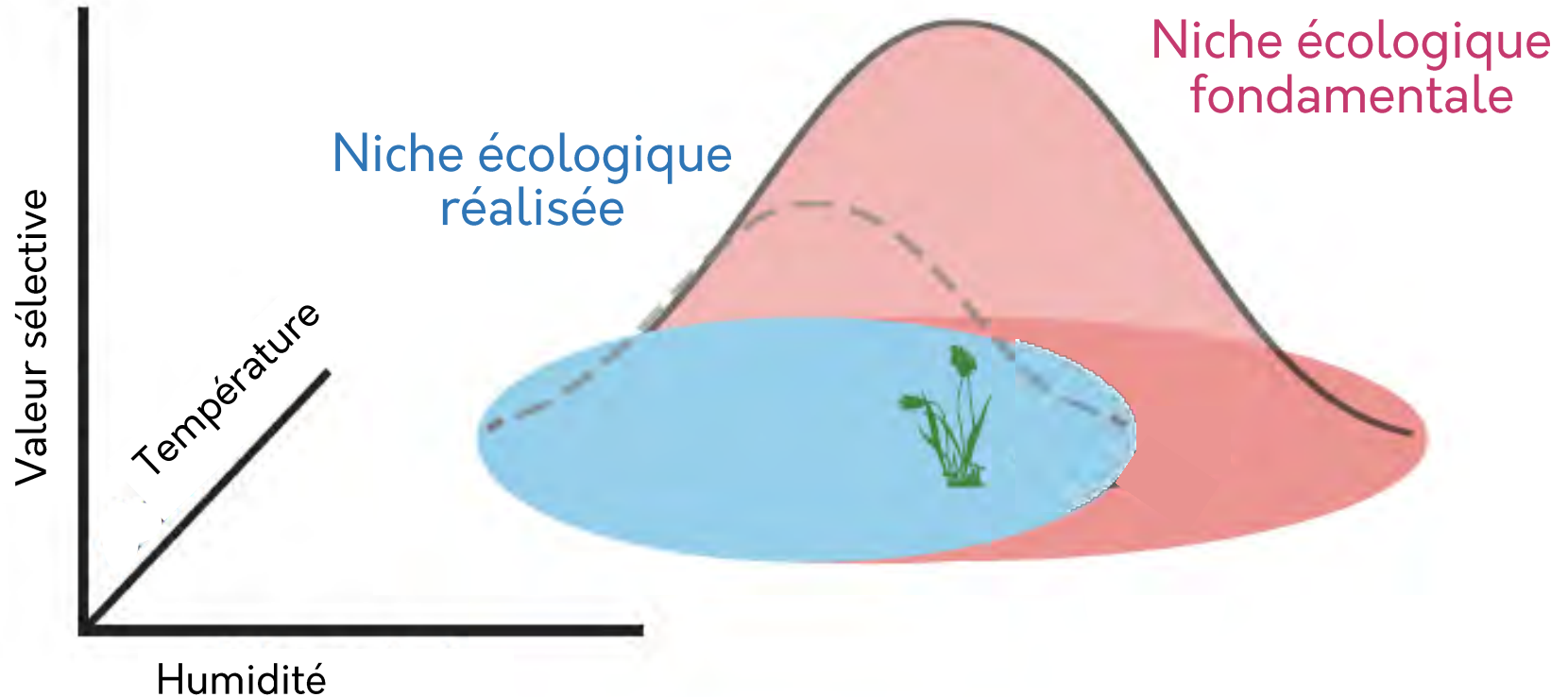
© Alex Wild

Niche écologique

Variation de la valeur sélective dans un gradient environnemental



Niche écologique



Eugene Odum

Pionnier de la vision globale des écosystèmes
Ecologie comme discipline à part entière

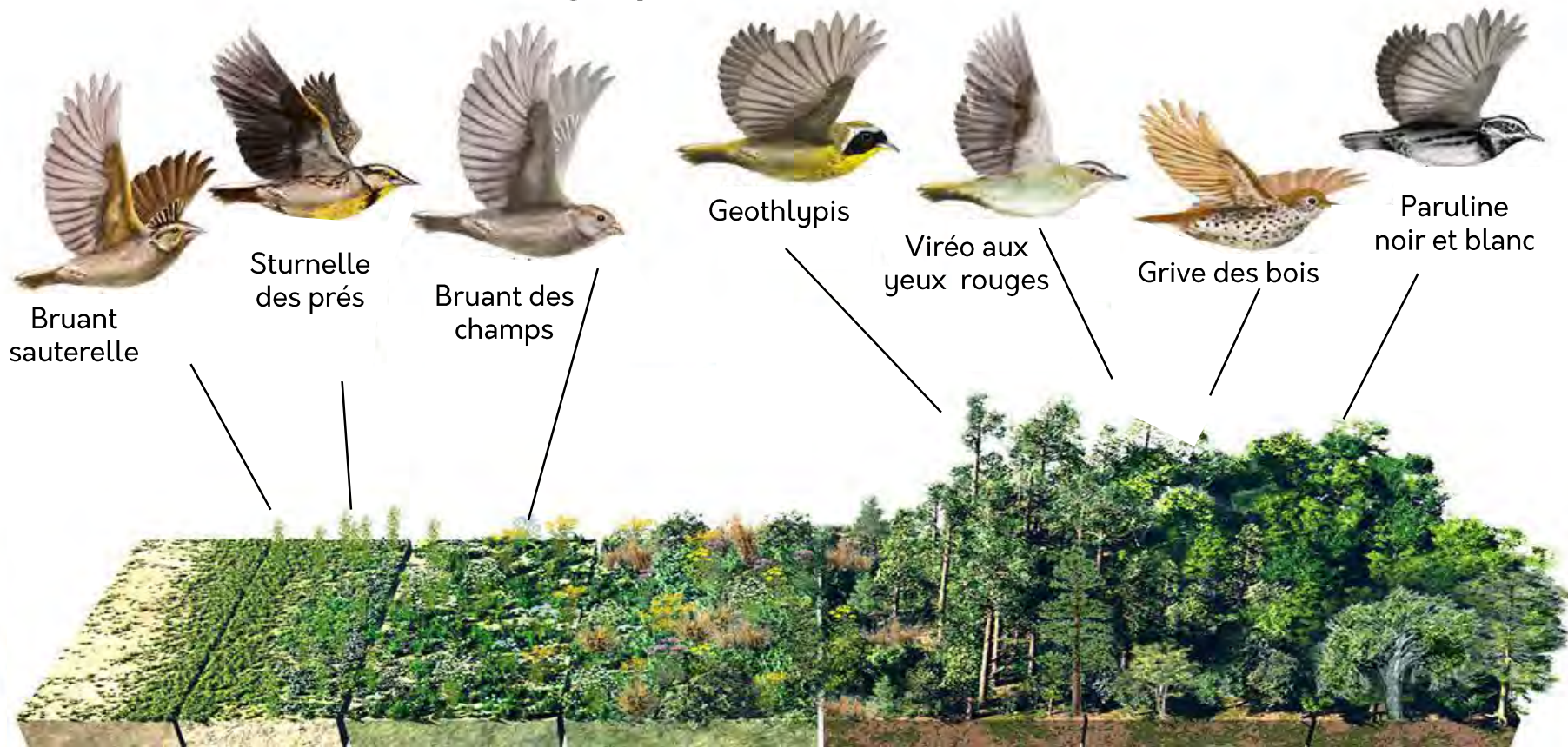
L'habitat est le « logement » de l'espèce
La niche écologique est sa « profession »



Eugene Odum 1913-2002

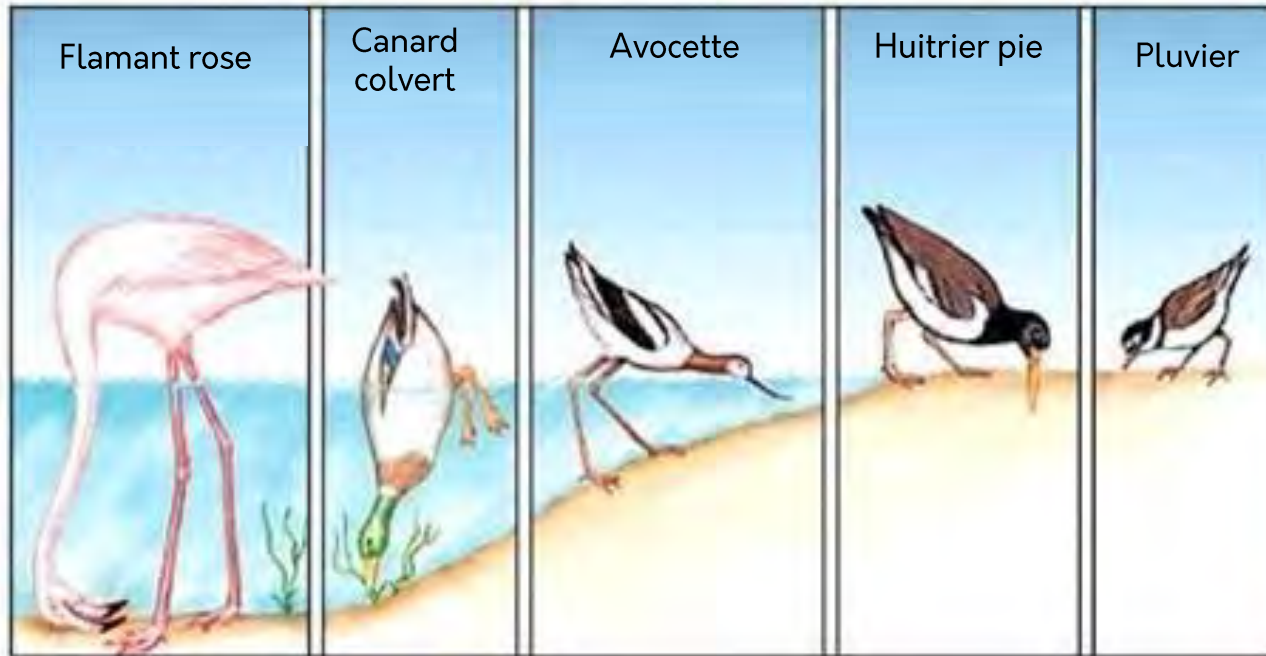
Photo: James Strawser

Niches écologiques

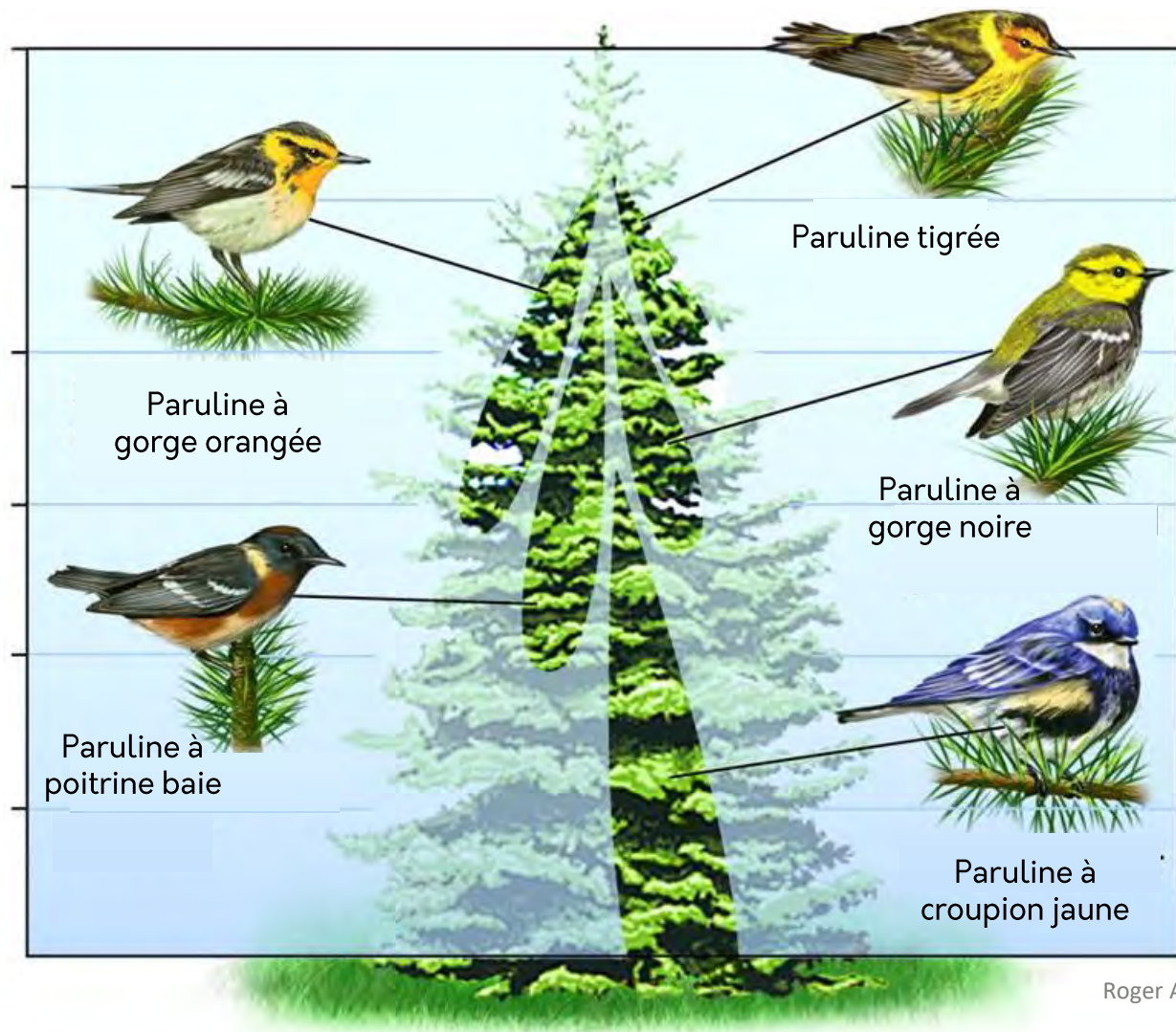


Niches écologiques

Oiseaux limicoles du parc régional de Camargue

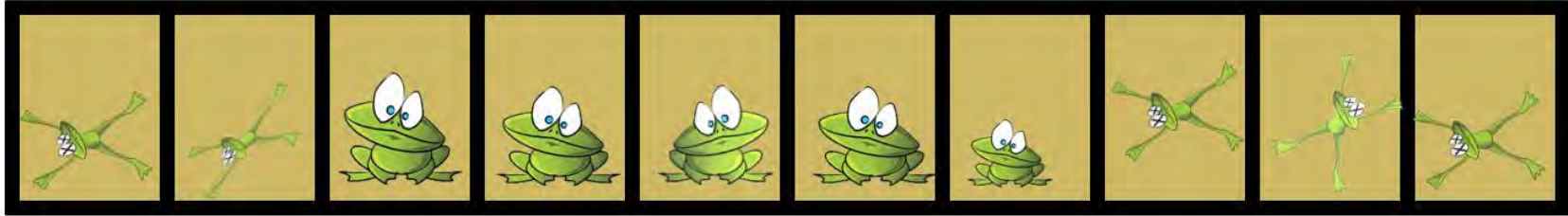


Niches écologiques



Modéliser la niche écologique fondamentale

Approches mécanistes (données physiologiques)

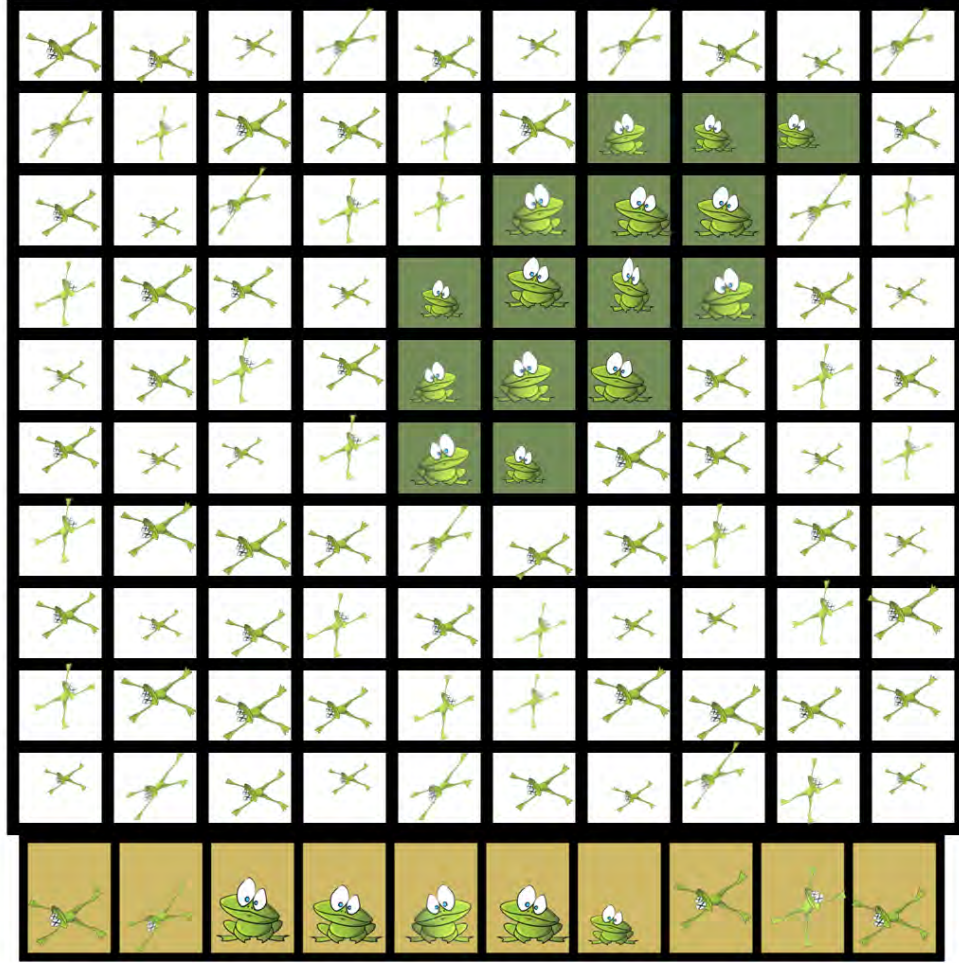


Température



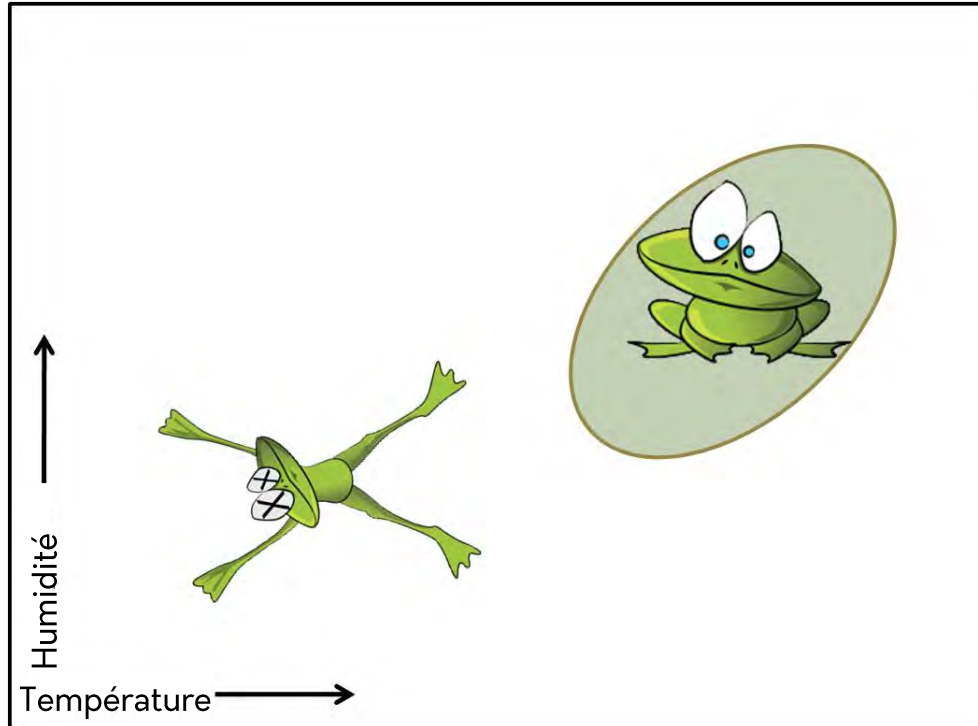
Humidité

Température

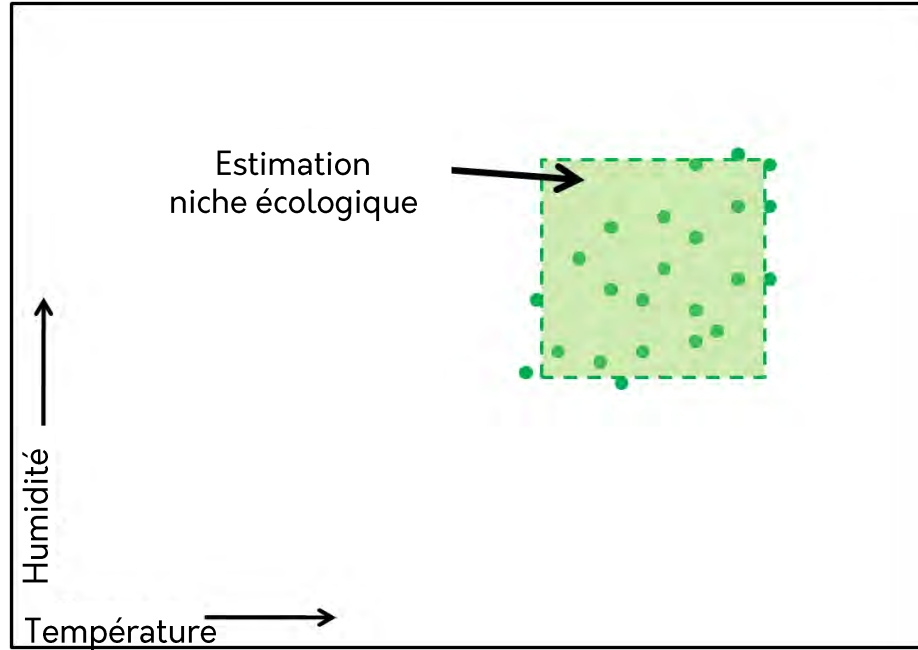


Modéliser la niche écologique fondamentale

Approches mécanistes (données physiologiques)



Modéliser la niche écologique



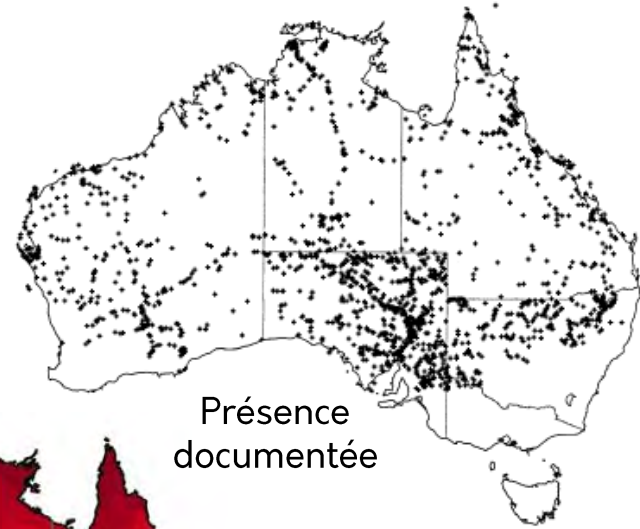
- Intérêts:
- comprendre l'écologie
 - prédire les changements de distributions suite aux changements climatiques
 - prédire les distributions potentielles d'espèces envahissantes

Niche écologique du Gecko

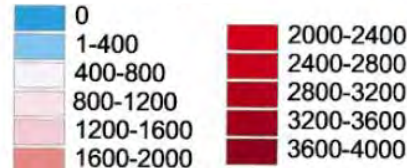
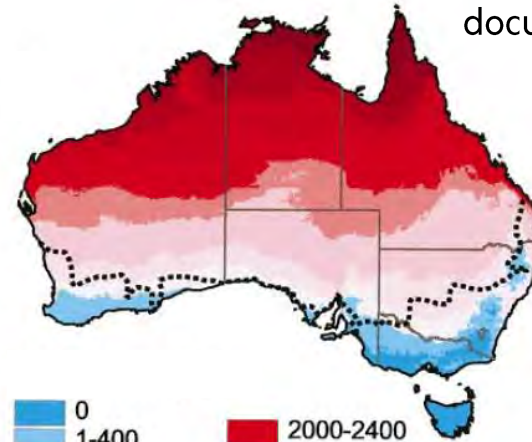
(Approche mécaniste)



Gecko de Bynoe
(*Heteronotia binoei*)



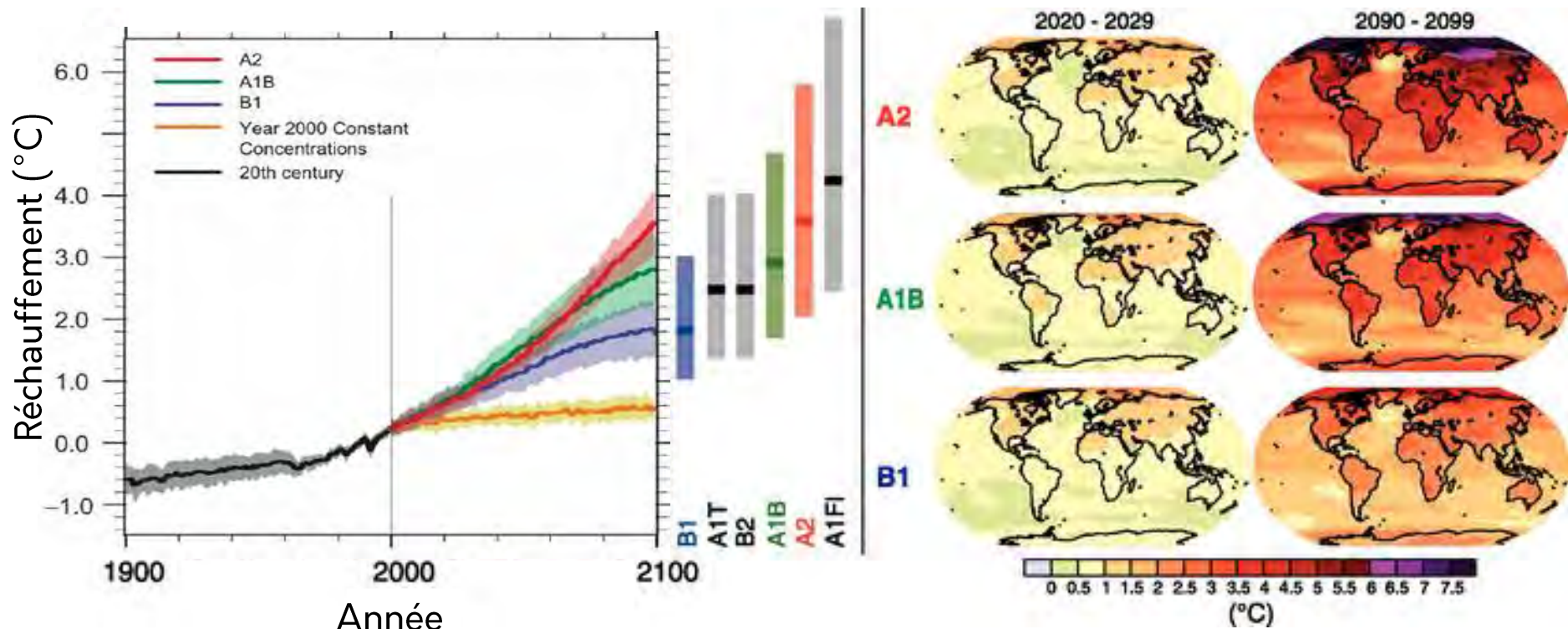
Présence
documentée



Activité potentielle (h par an) estimée
par la température, vent, humidité, ...

Scénarios de changements climatiques

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change



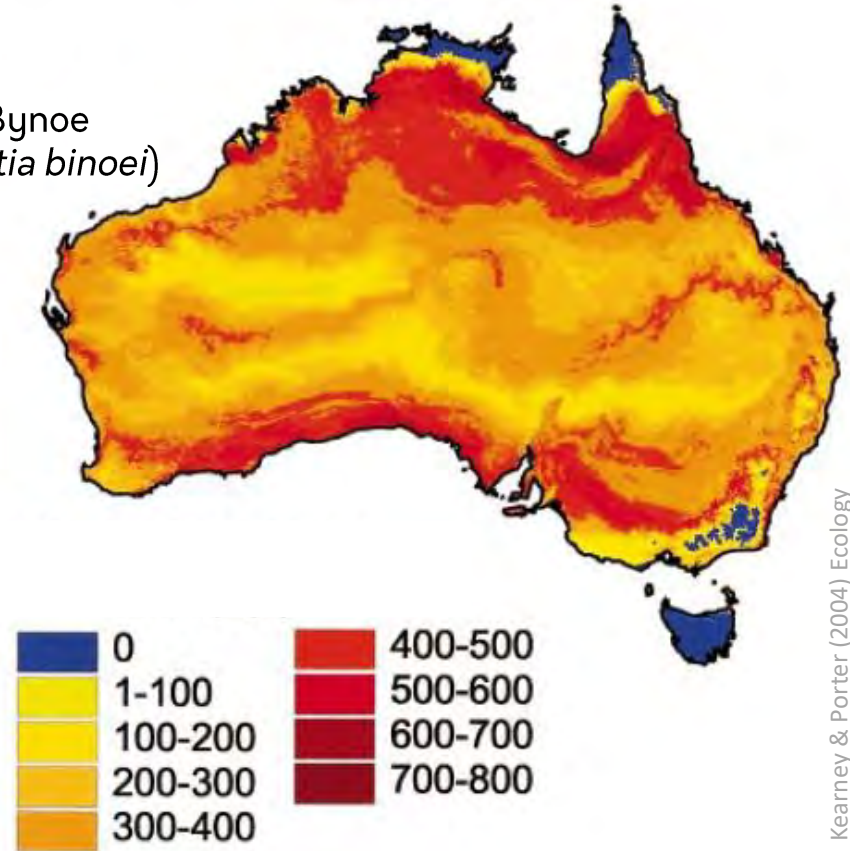
Niche écologique du Gecko

(Approche mécaniste)

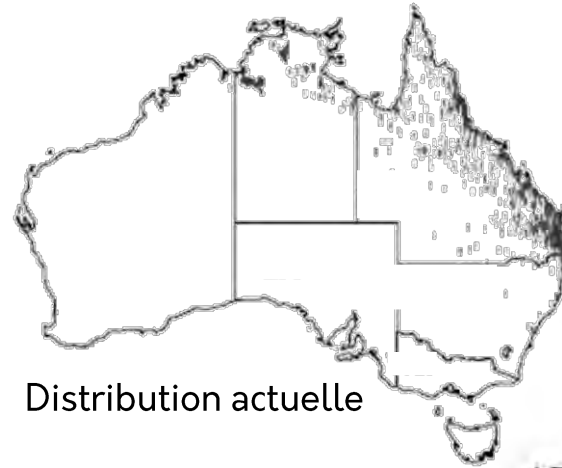


Gecko de Bynoe
(*Heteronotia binoei*)

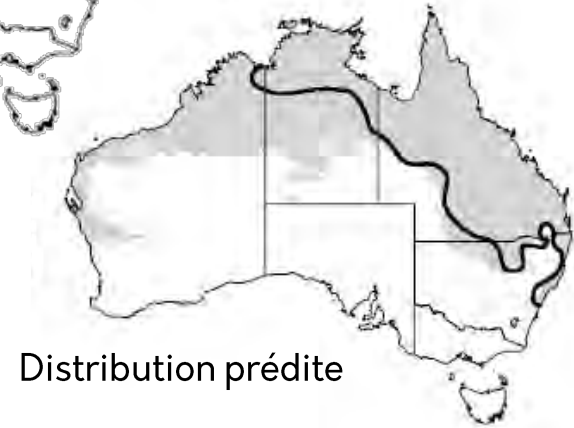
Changements prédits dans l'activité
potentielle (h par an) sur la base de
scénarios de changements climatiques



Niche écologique d'un crapaud envahissant (Approche mécaniste)



Vitesse de déplacement
(fonction de la T°)
Vitesse de prédation
Disponibilité en eau
Disponibilité en lieux de ponte
Développement des œufs/larves
Longueur de la saison de reproduction

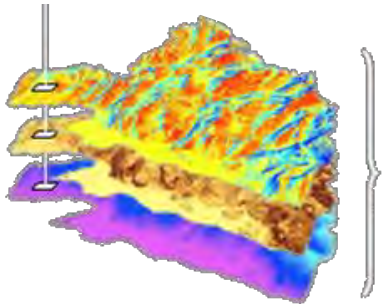
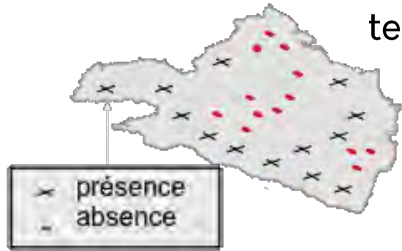


Niche écologique

Approche statistique: relier les présences/absences d'une espèce à des conditions environnementales

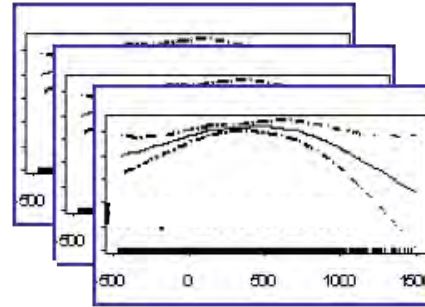
Échantillonnage

Données de terrain



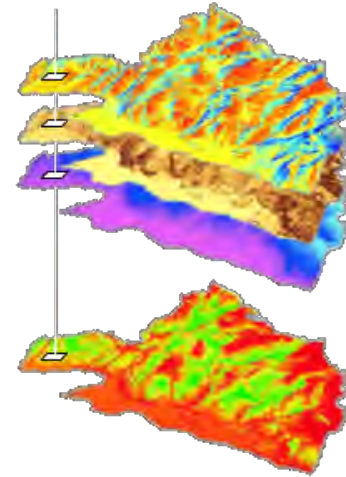
Variables
environnementales

Modélisation statistique



Quantification de
la niche de l'espèce

Prédictions spatiales



Prédiction de la
niche potentielle

Distribution présente et future de la sitelle?



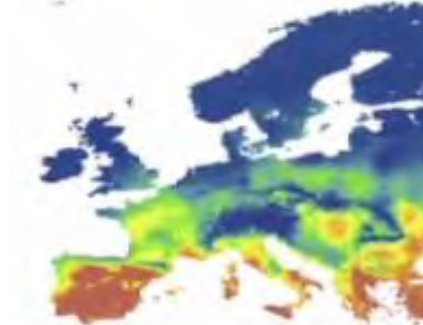
Distribution observée et inférence de la niche fondamentale de la sitelle



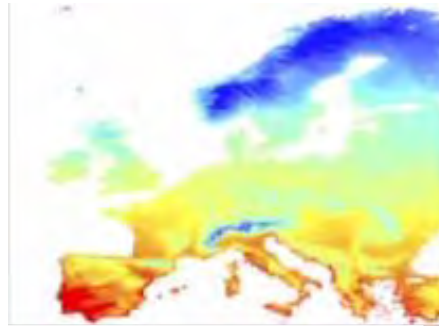
Philippe Rouzet



Distribution observée



Humidité



Température

Modèles: $E \sim \alpha + \sum \beta_i X_i$



Niche fondamentale prédite

Prédiction distribution future de la sitelle sous différents scénarios



- Disparition
- Colonisation

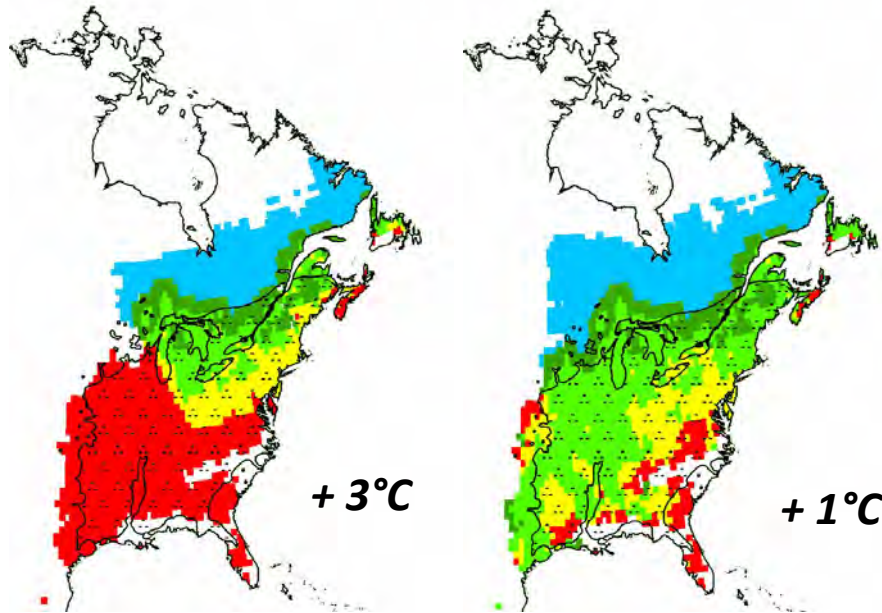


Scénario A1



Scénario B2

Projection de la distribution future des espèces

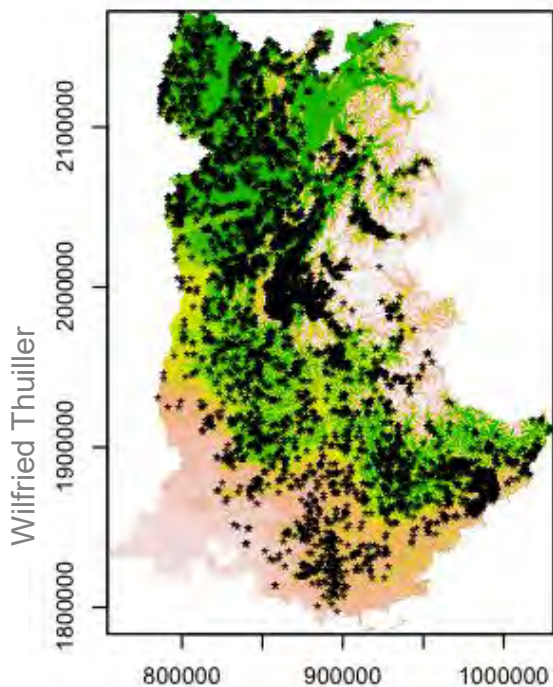


Fraxinus americana

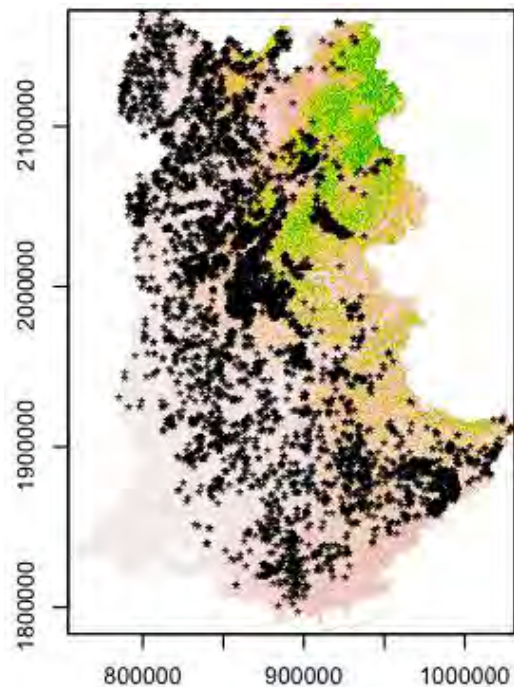
Projection de la distribution future des espèces



Actuel



Futur 2080 A1



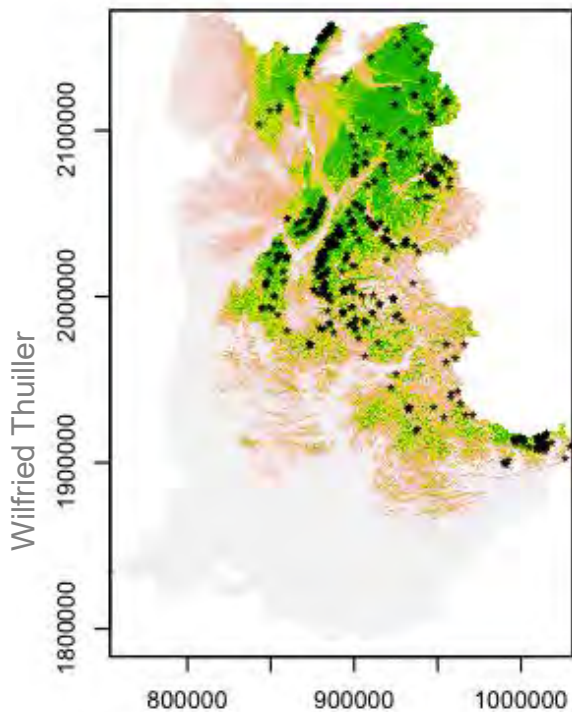
Willow

Acer campestre - érable

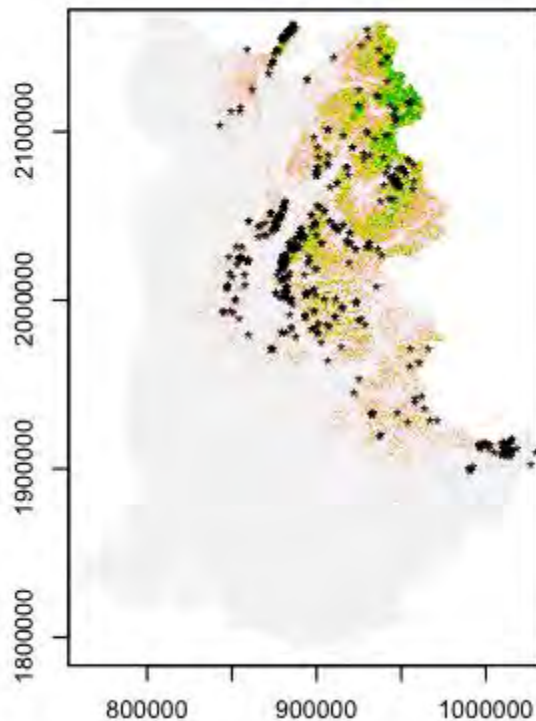
Projection de la distribution future des espèces



Actuel



Futur 2080 A1



Gymnocarpium dryopteris

Projection de la distribution future des espèces



Projection pour la fin du 21^{ème} siècle des distributions de **1350 plantes**

>50% des espèces vulnérables en 2080,
même avec les scénarios modérés

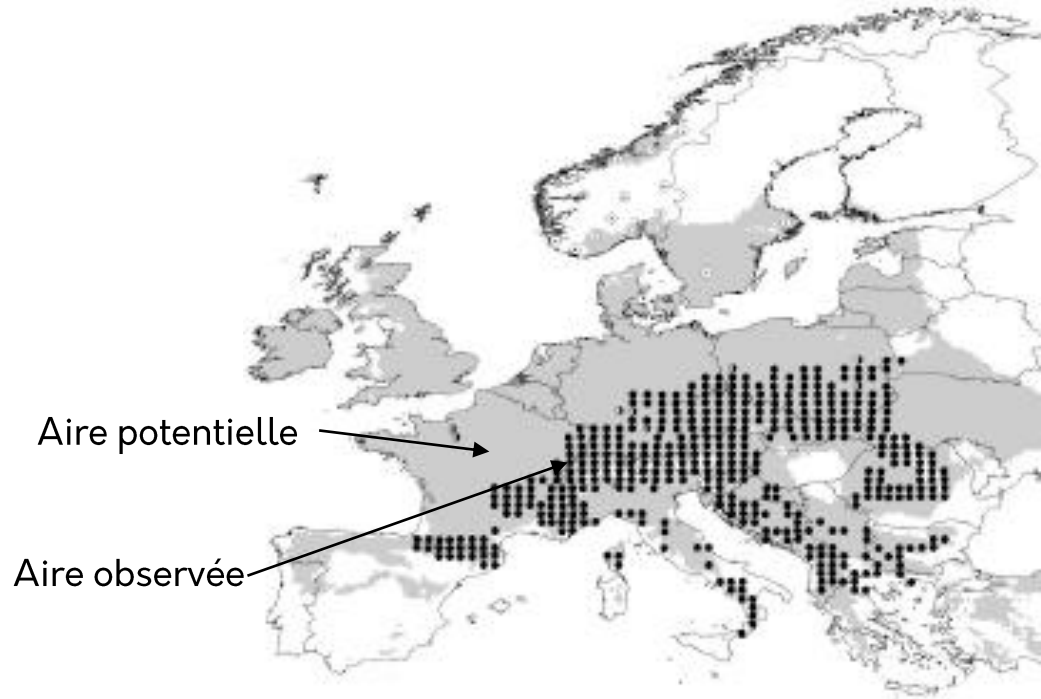
 *Excès de perte d'espèces*
 *Déficit de perte d'espèces*

Ces modèles sont corrélatifs

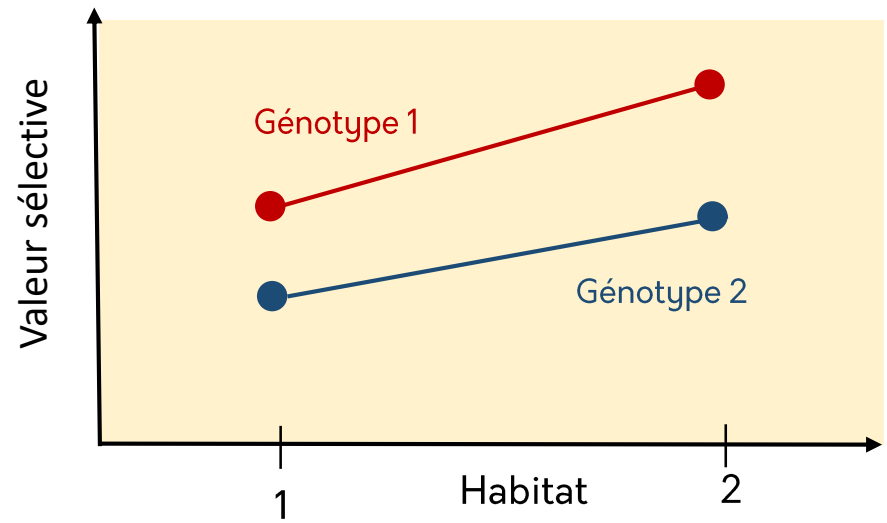
Ils ne prennent pas en compte la plasticité de la niche,
l'adaptation, la compétition ni l'histoire



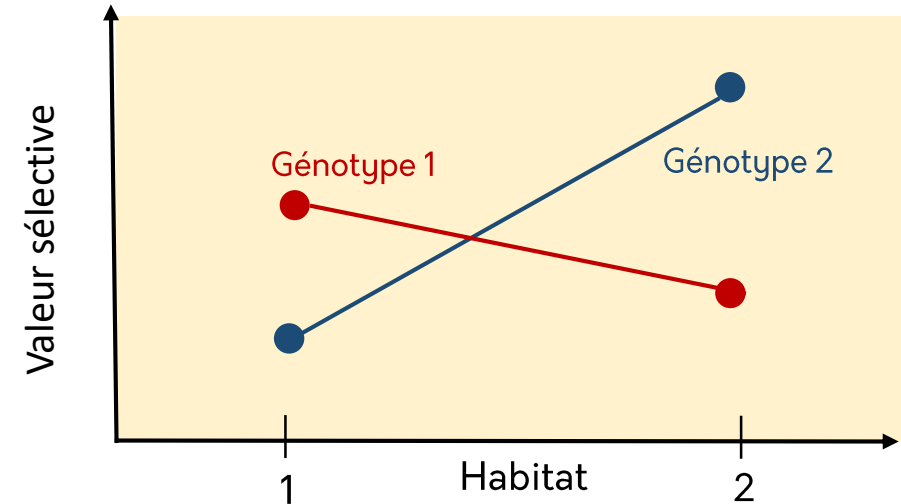
Sapin blanc

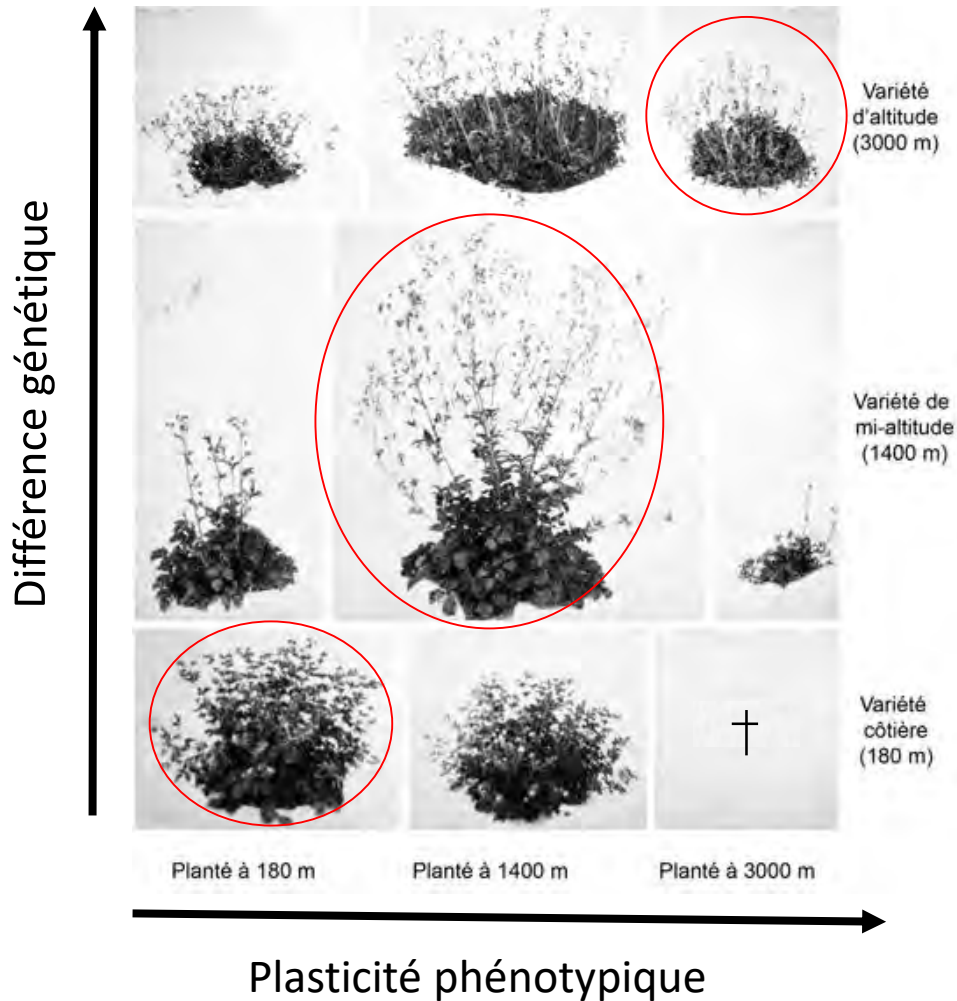


Le génotype 1 est meilleur



Le génotype “local” est plus performant que l’“immigrant”:
adaptation locale





Adaptation locale

Le génotype local est meilleur localement que les génotypes transplantés:

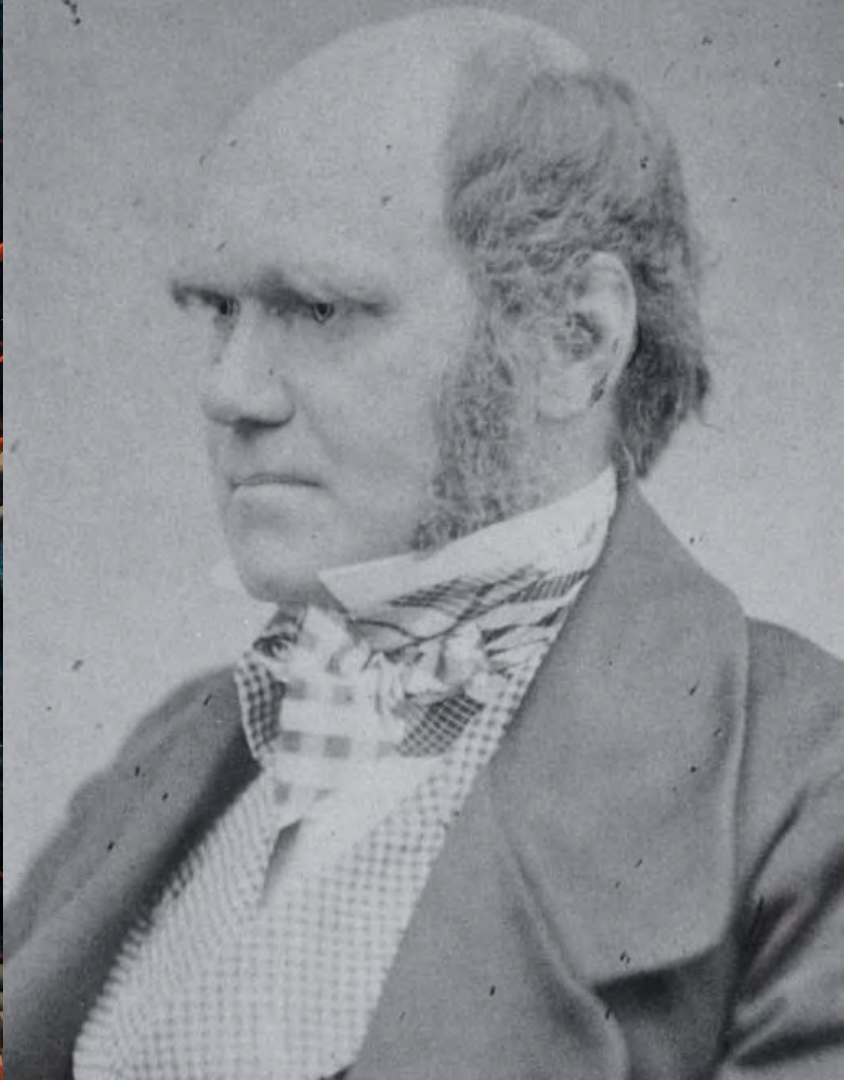
Les niches écologiques diffèrent suivant les génotypes

Niches écologiques et interactions entre espèces

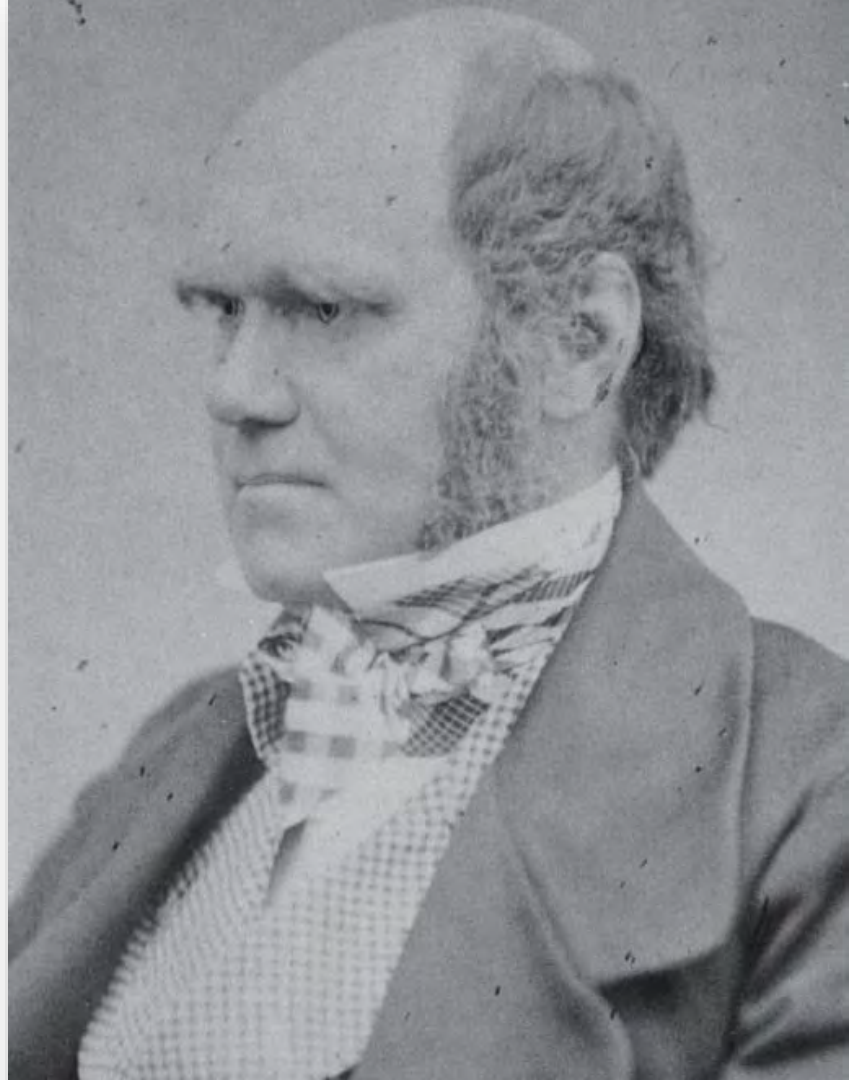
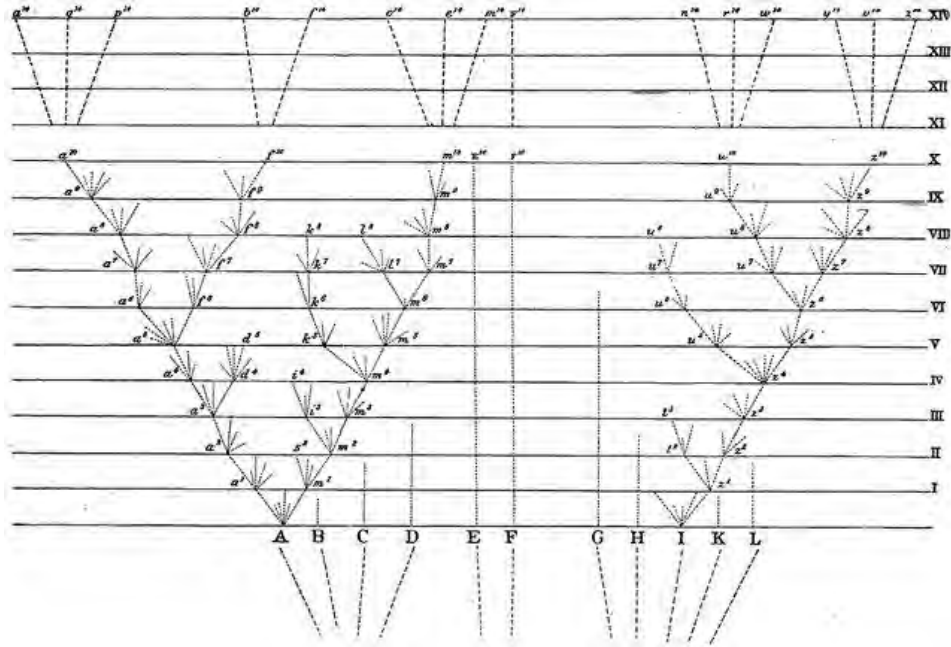
- Niches écologiques
- Différents types d'interactions:
compétition, prédation,
mutualisme, parasitisme
- Exemples chez les fourmis
- Distribution de la biodiversité



Compétition



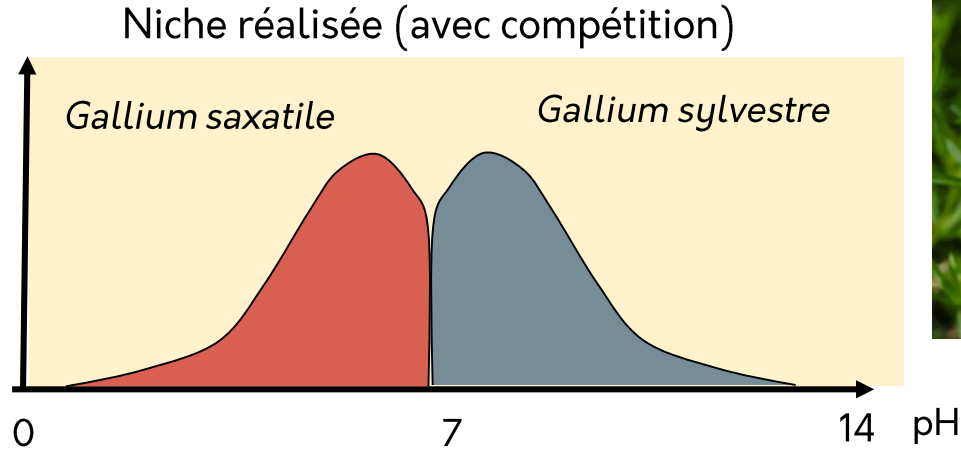
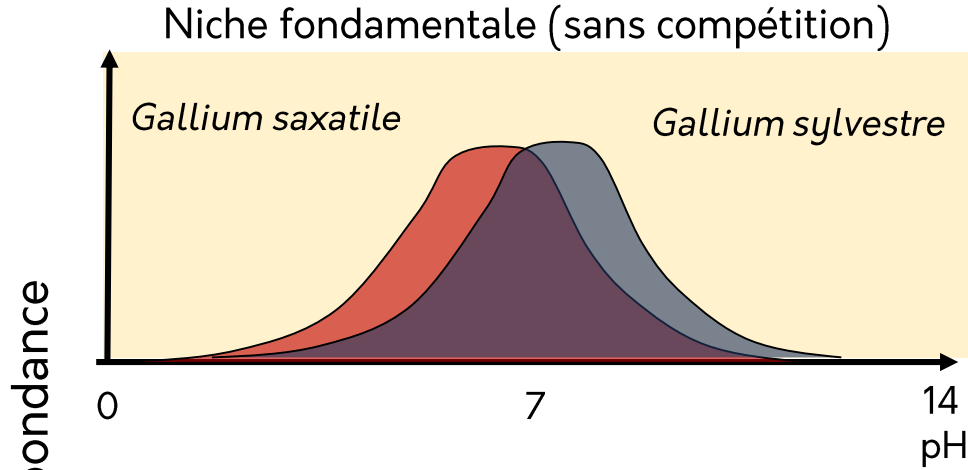
Compétition



Compétition



Compétition et niche écologique



Kari Pihlaviita

Compétition entre espèces: modélisation



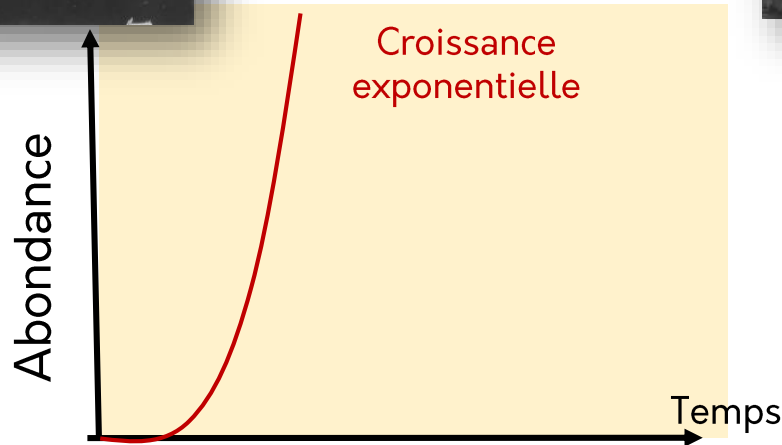
Alfred Lotka (1880-1949)

Mathématicien, chimiste
et statisticien



Vito Volterra (1860-1940)

Mathématicien italien et
son beau-fils zoologiste



$$\frac{dN}{dt} = rN$$

Croissance exponentielle
si $r > 1$

Compétition entre espèces: modélisation



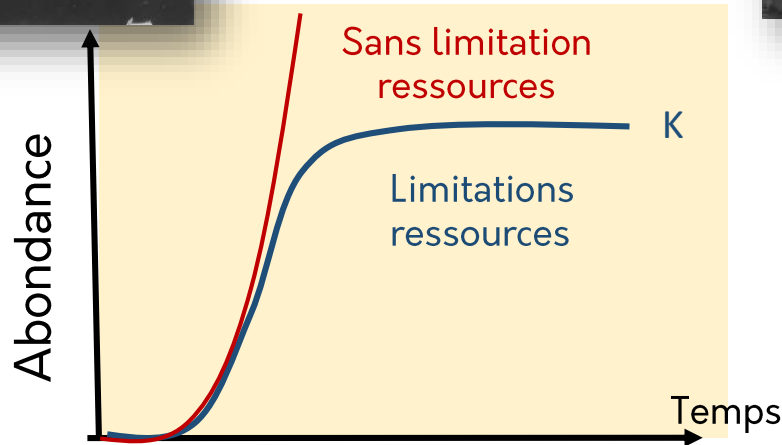
Alfred Lotka (1880-1949)

Mathématicien, chimiste
et statisticien



Vito Volterra (1860-1940)

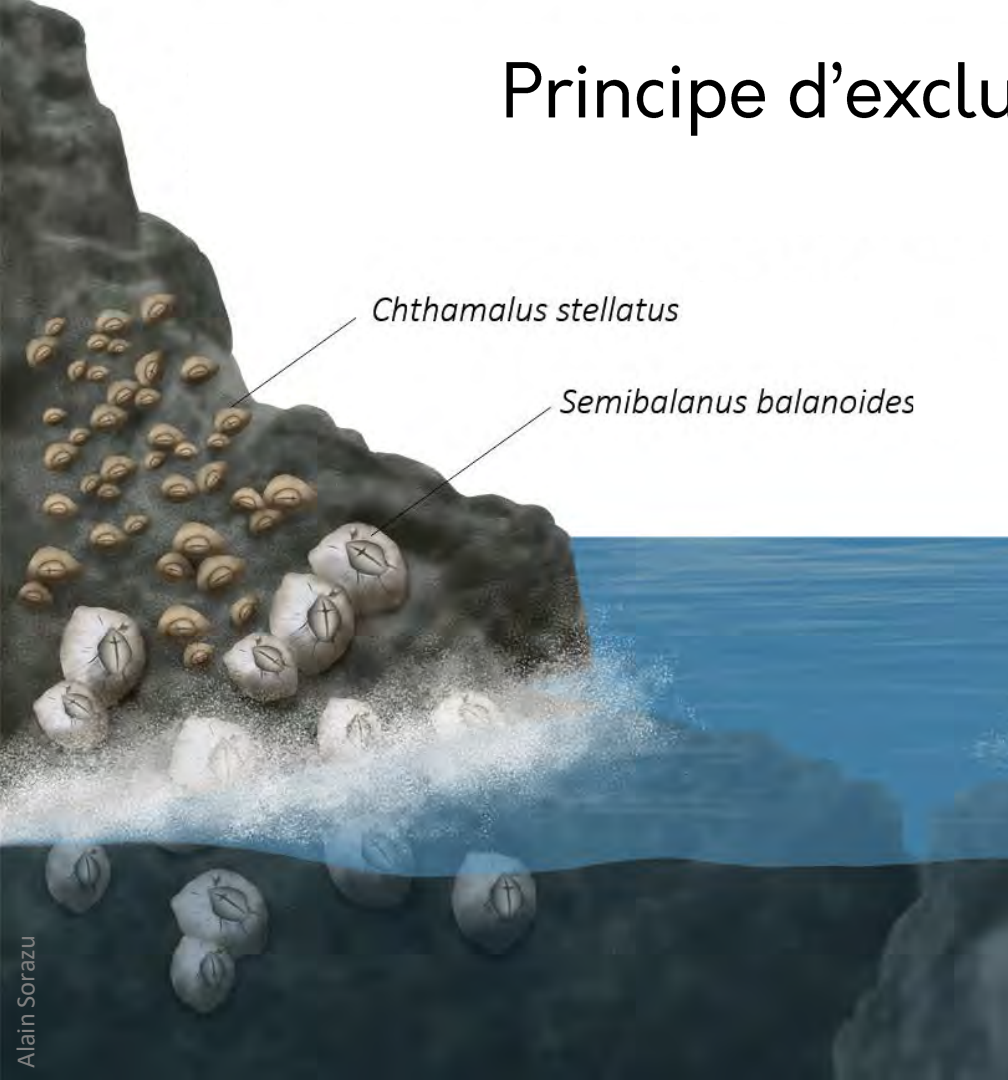
Mathématicien italien et
son beau-fils zoologiste



$$\frac{dN}{dt} = \underbrace{rN}_{\text{Croissance exponentielle si } r>1} \left(1 - \underbrace{\frac{N}{K}}_{\text{Limitation ressources}}\right)$$

Principe d'exclusion compétitive

Si deux espèces sont en compétition pour une même ressource, l'une exclut l'autre



Chthamalus stellatus

Semibalanus balanoides

Compétition

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(1 - \frac{N_1 + \alpha_{12} N_2}{K_1} \right)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(1 - \frac{N_2 + \alpha_{21} N_1}{K_2} \right)$$

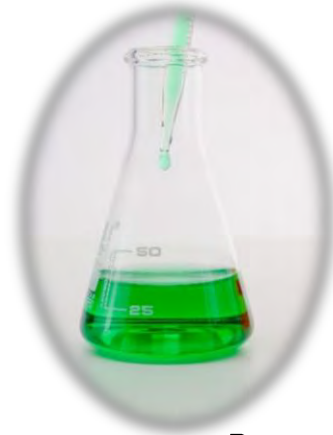
Compétition

Compétition entre espèces: test expérimental



Barfooz

Paramecium aurelia



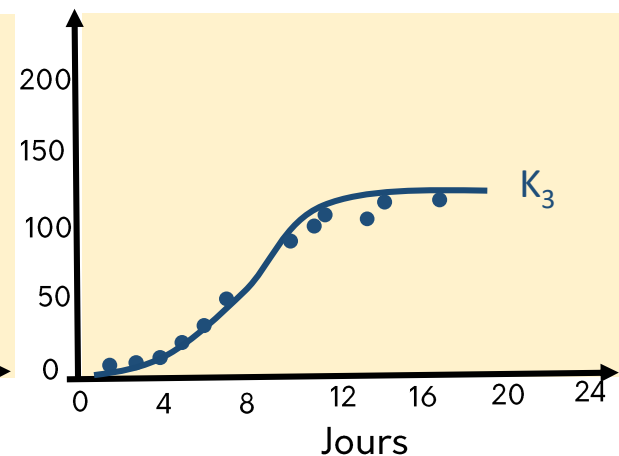
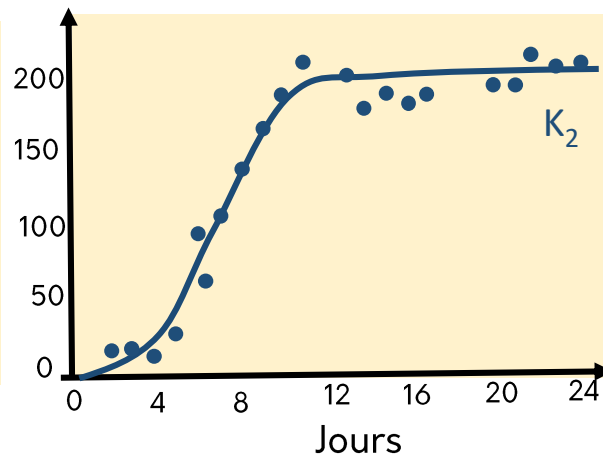
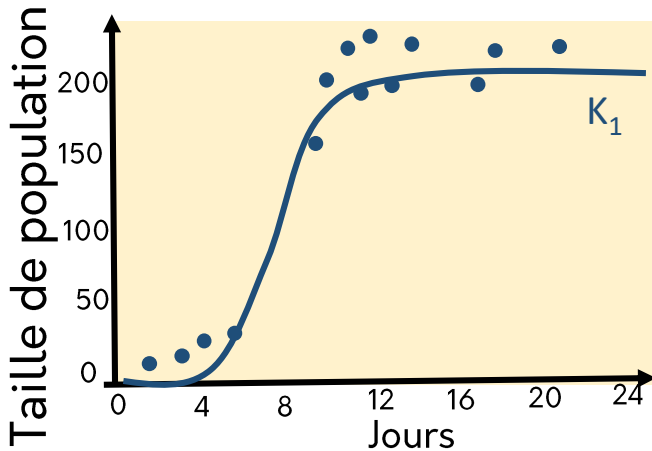
Georgii Gause
(1910-1986)

Paramecium caudatum

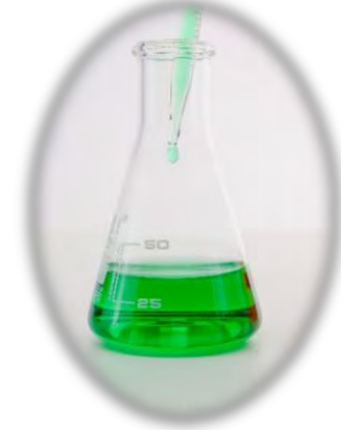


Picturepest

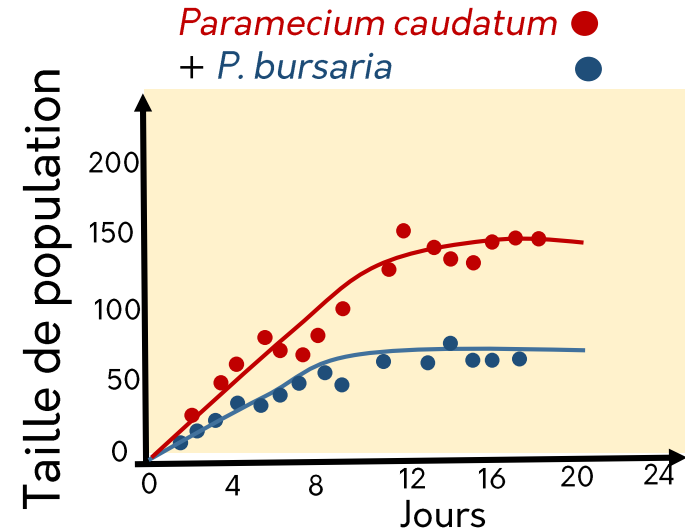
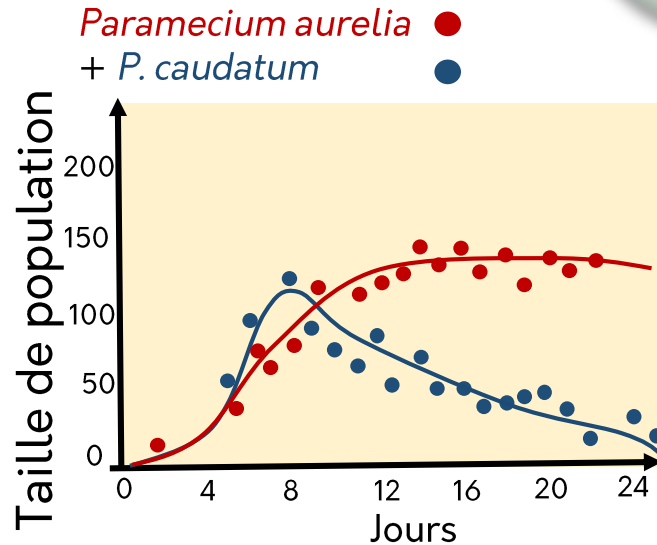
Paramecium bursaria



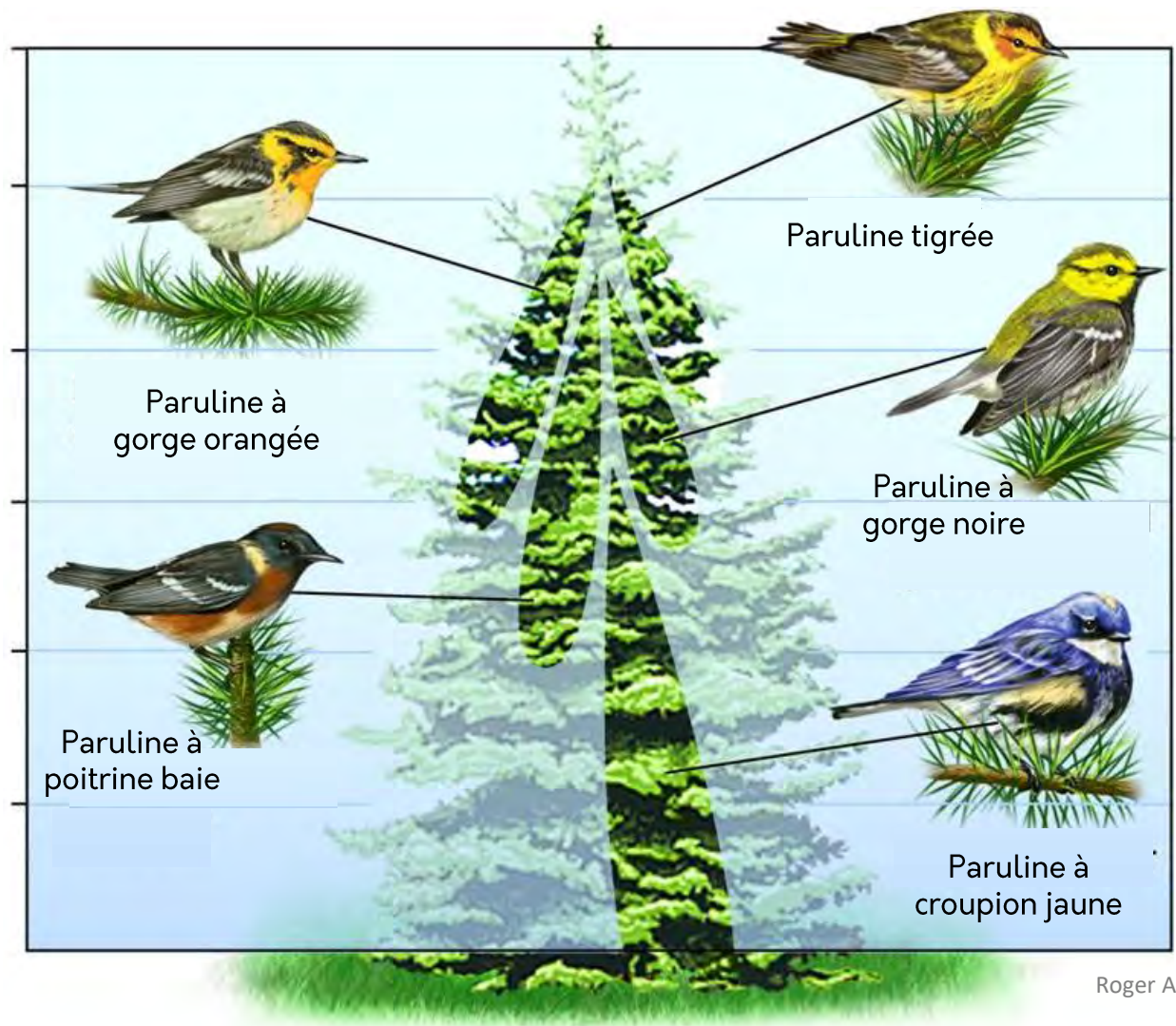
Compétition entre espèces: test expérimental



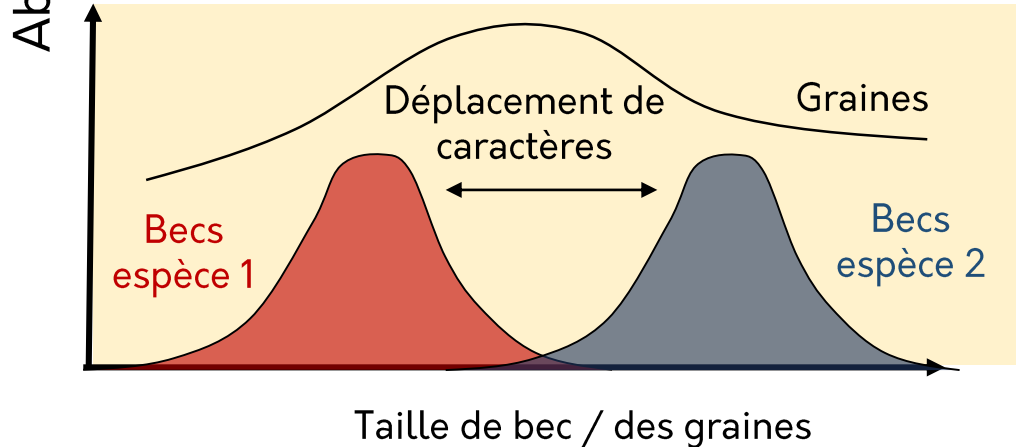
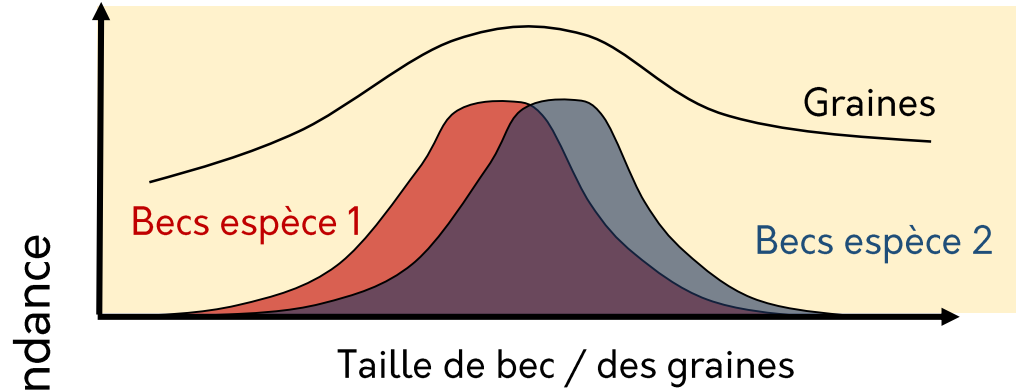
Georgii Gause
(1910-1986)



Exclusion compétitive



Déplacement de caractères dû à la compétition



Déplacement de caractères dû à la compétition



- Différentes espèces de *Geospiza* (pinsons de Darwin)
- Diffèrent par la morphologie du bec (taille des graines consommées)
- Présence variable selon les îles Galapagos

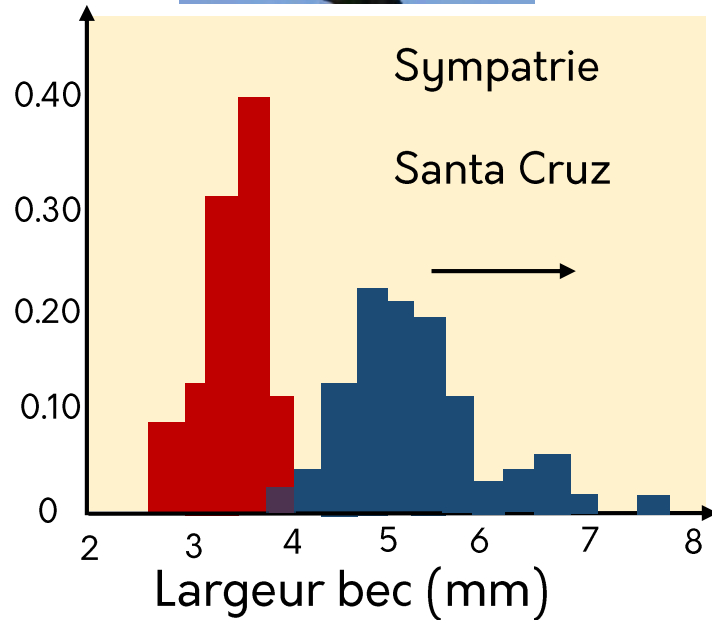
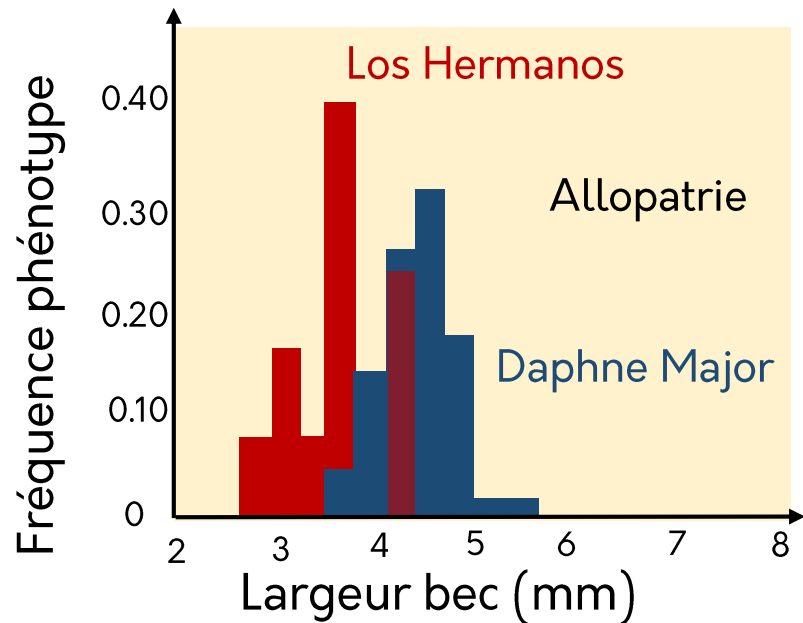
Déplacement de caractères dû à la compétition



Geospiza fuliginosa



Geospiza fortis



Spécialistes versus généralistes

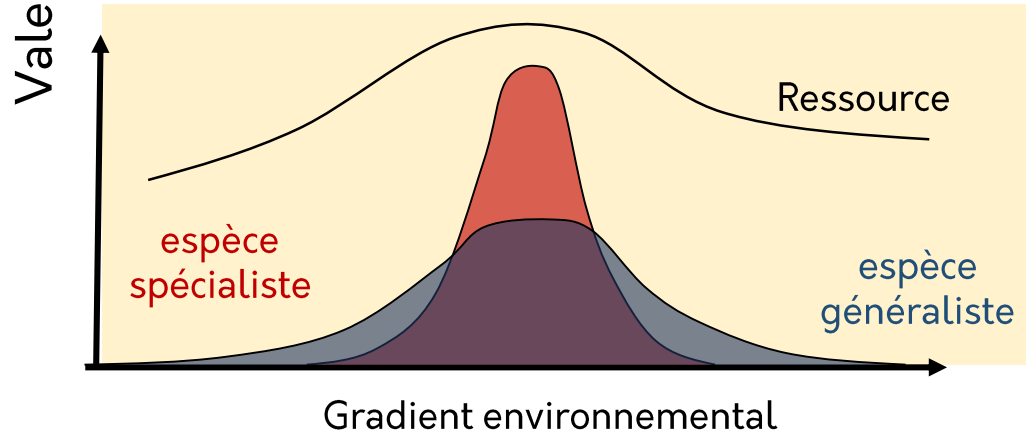
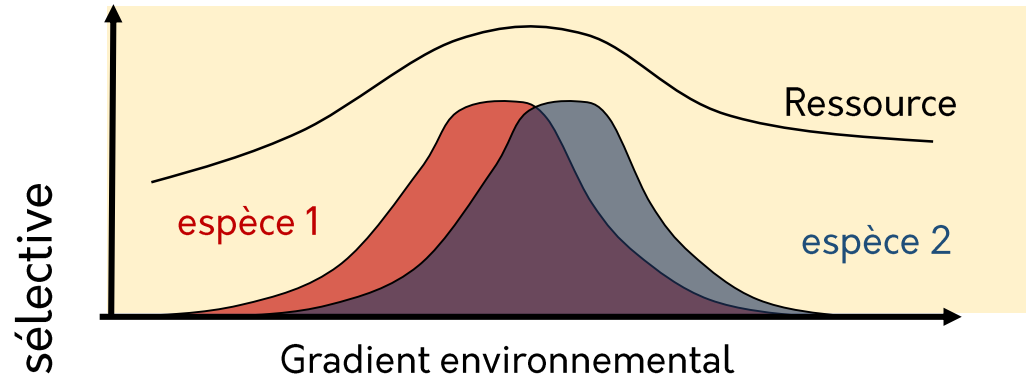


Zoran Veselinović



Artaxerxes

Spécialistes versus généralistes



Niches écologiques et interactions entre espèces

- Niches écologiques
- Différents types d'interactions:
compétition, prédation,
mutualisme, parasitisme
- Exemples chez les fourmis
- Distribution de la biodiversité



Les différents types d'interactions entre deux espèces

	<i>Espèce A</i>	<i>Espèce B</i>
Compétition	-	-
Mutualisme, symbiose	+	+
Prédation, parasitisme	+	-
Commensalisme	+	0
Amensalisme	-	0
Neutre	0	0

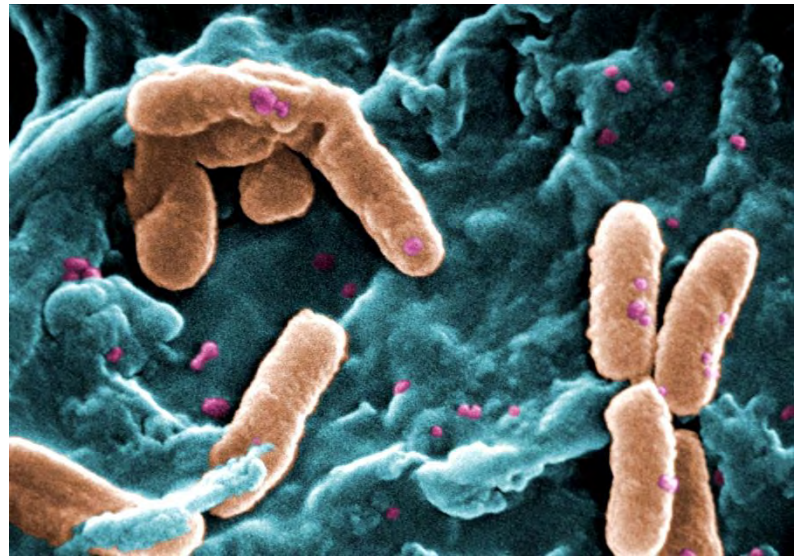
+ : effet positif
- : effet négatif
0 : indifférent

Commensalisme : une espèce indifférente, l'autre espèce en bénéficie

Commensaux de l'être humain



Rats



Bactéries (peau, tube digestif)

Entre 500 et 100 000 espèces de bactéries différentes vivant dans le corps humain
10 fois plus de bactéries que de cellules humaines dans le corps (10^{14} contre 10^{13})

Commensalisme :
une espèce indifférente,
l'autre espèce en bénéficie

Epiphytes



Peter Nijenhuis

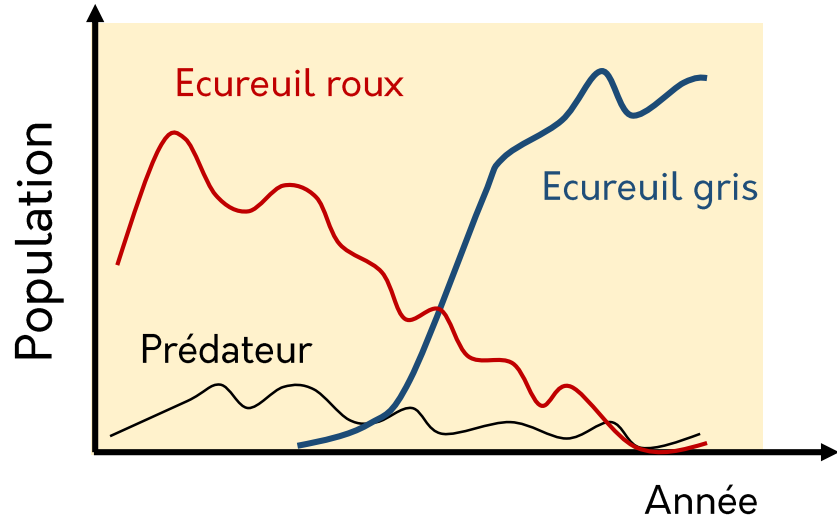


Hans Hillewaert

Amensalisme :
une espèce indifférente,
l'autre espèce affectée



Compétition inter-spécifique



Compétition inter-spécifique



Ecureuil gris de Californie

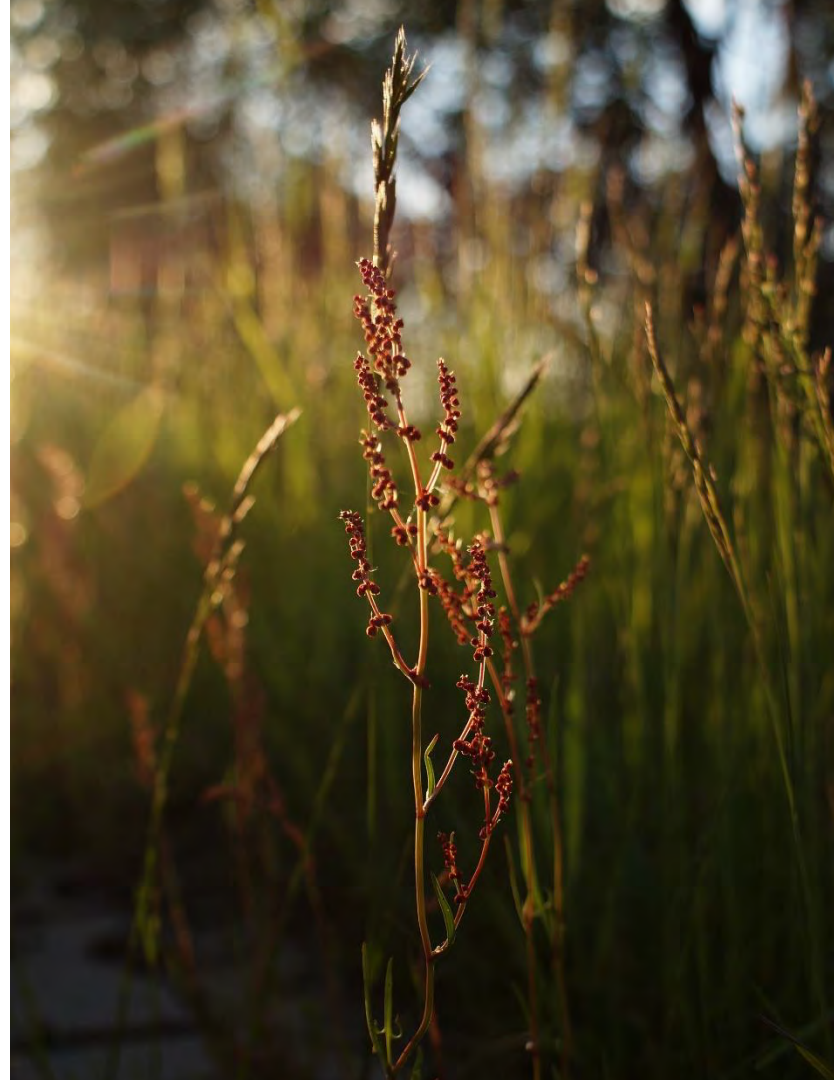


Ecureuil roux natif



Compétition inter-spécifique

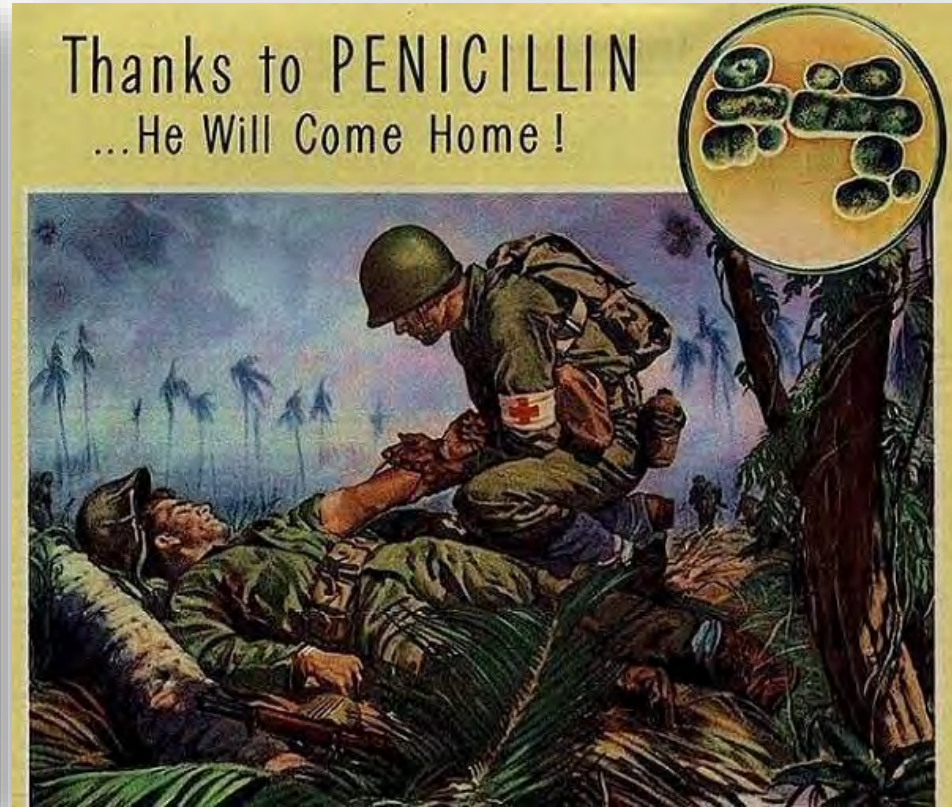
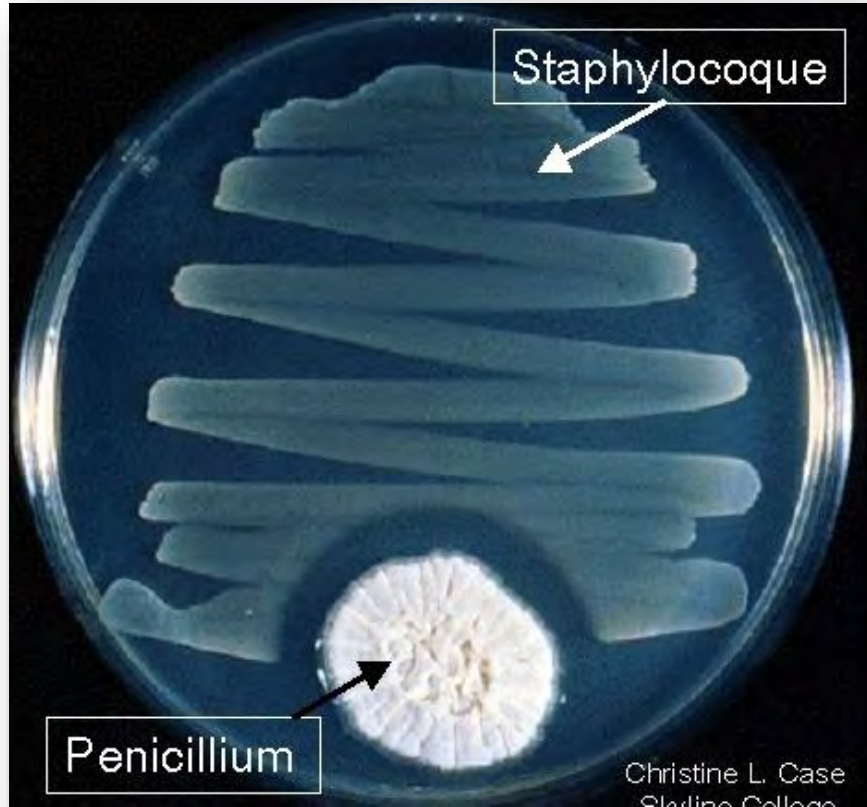
Elimination du rumex dans les prairies:
les autres herbes augmentent leur
biomasse d'un facteur 10



Compétition inter-spécifique



Compétition



Compétition



Nick Desnoyer

Prédation



Prédation



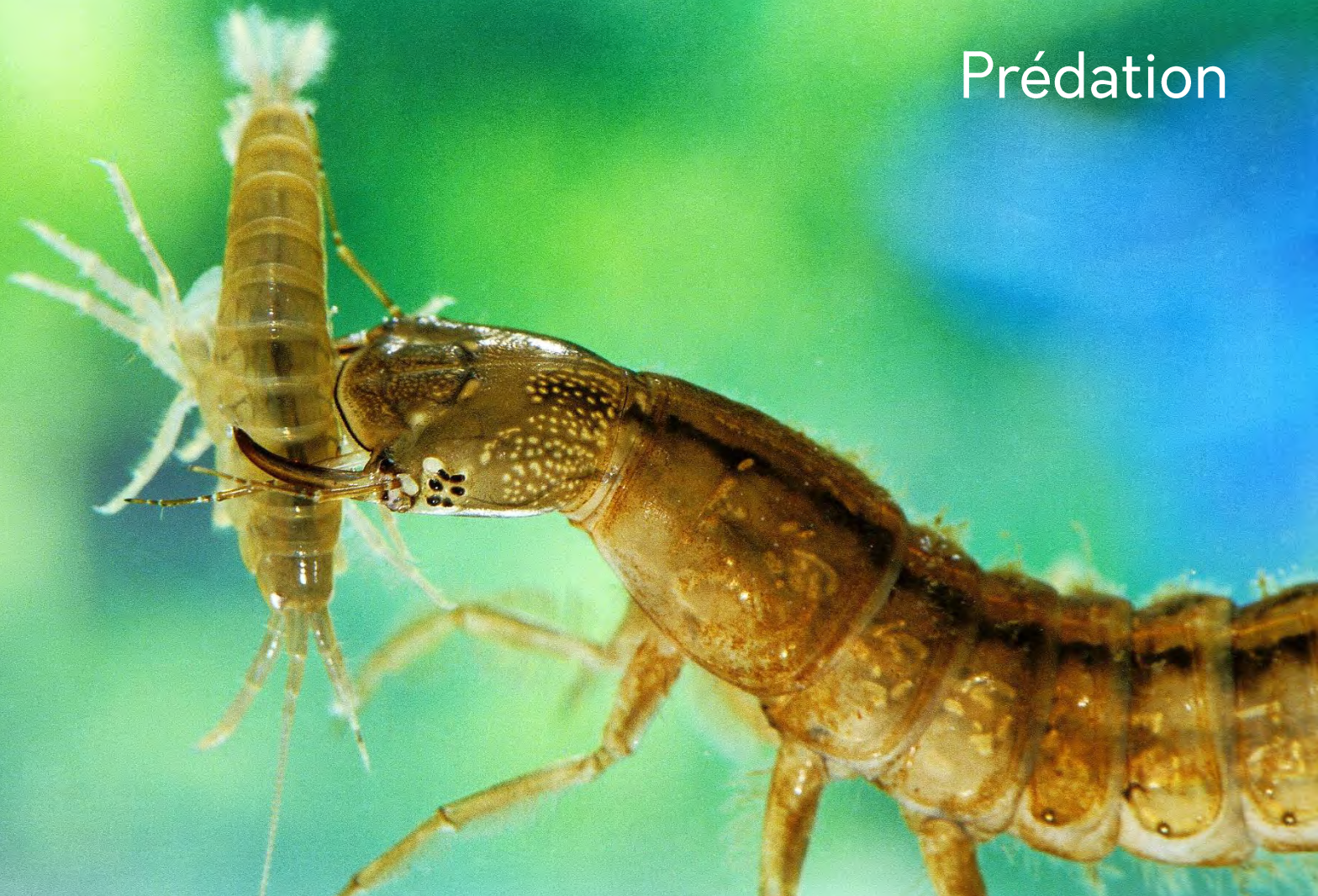
Prédation



Prédation



Prédation

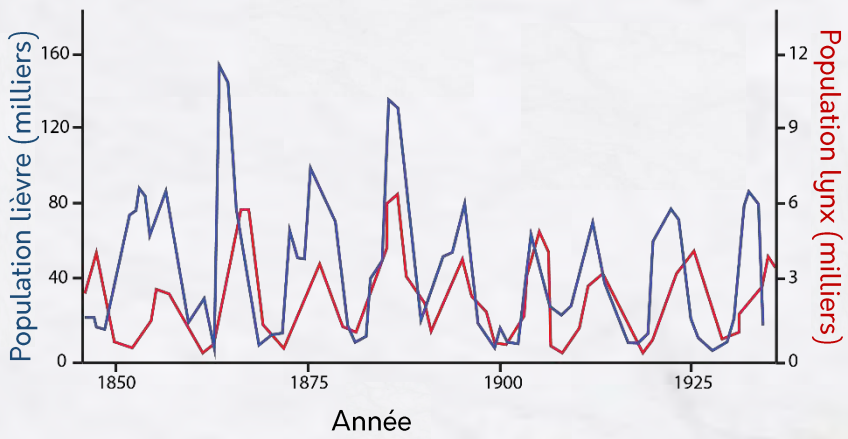


Prédation



$$\frac{dN}{dt} = rN\left(1 - \frac{N}{K}\right) - \alpha NP$$
$$\frac{dP}{dt} = \alpha\beta NP - \delta P$$





$$\frac{dN}{dt} = rN\left(1 - \frac{N}{K}\right) - \alpha NP$$

$$\frac{dP}{dt} = \alpha \beta NP - \delta P$$



Herbivorie



Mutualisme

Relations plantes- pollinisateurs



Mutualisme

Relations plantes-pollinisateurs



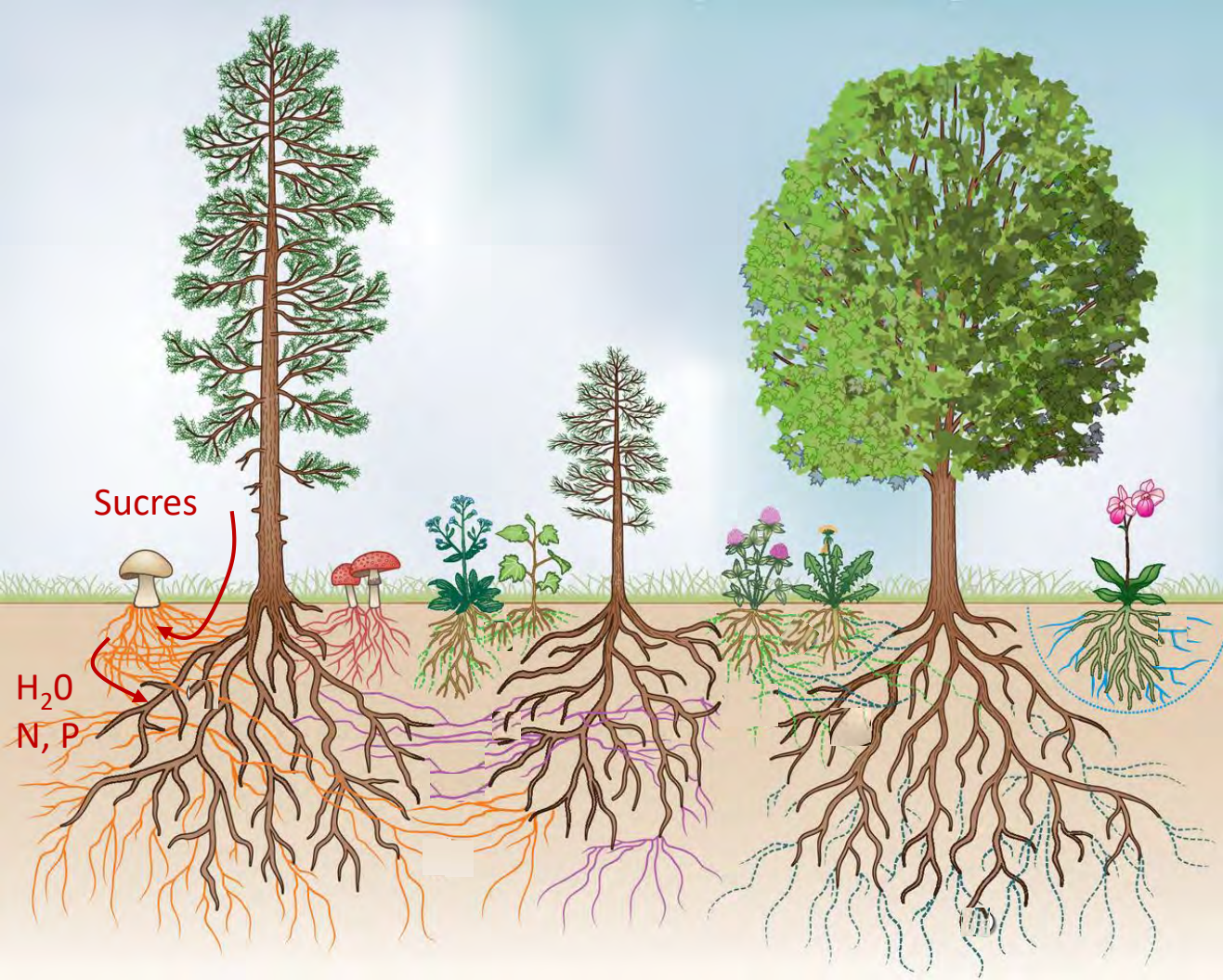
Alex Wild



Ömer İltaş and Clement Lafon Placette

Mutualisme

Associations mycorhyziennes



Ursus Kaufmann, Agroscope

New Phytologist (2015) 205: 1406–1423

doi: 10.1111/nph.13288

Mutualisme Associations mycorhyziennes



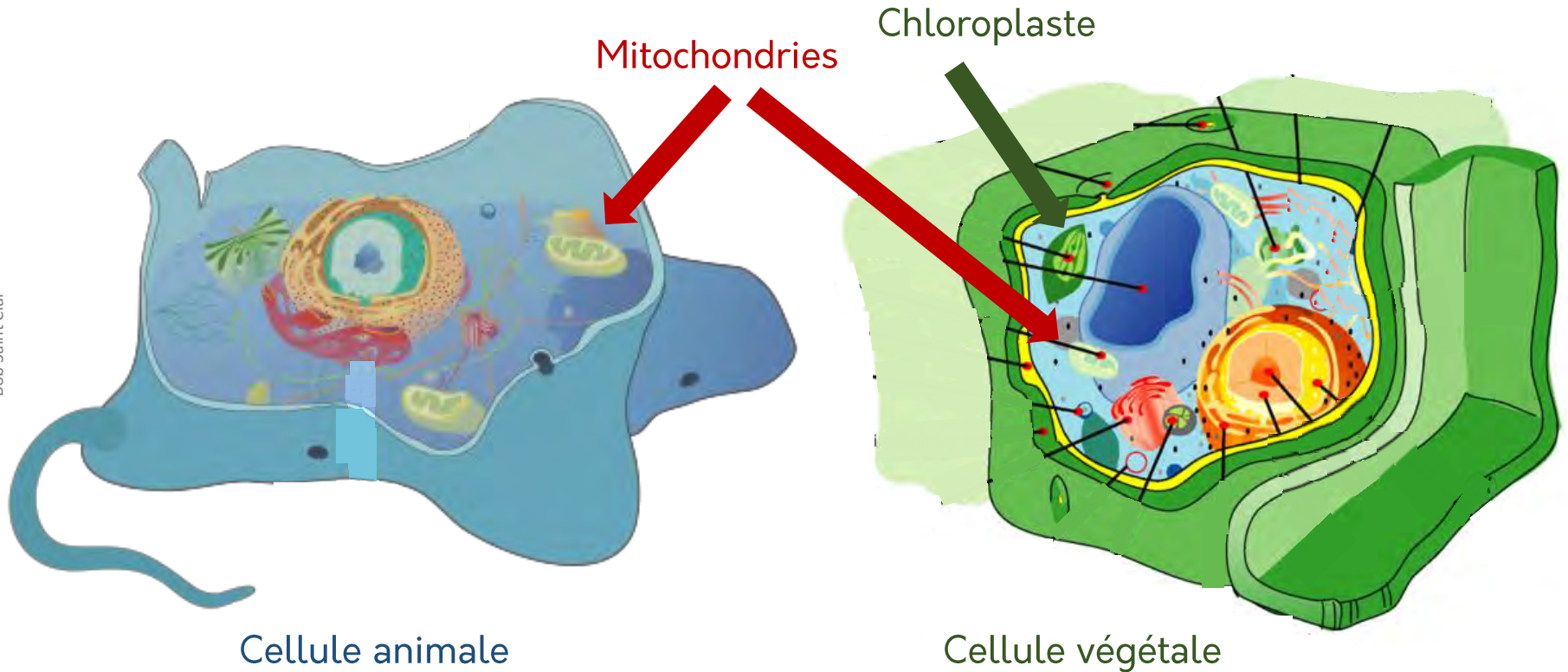
Associations mycorhyziennes



Symbioses : Lichens
(algues-champignons)
20 000 espèces



La cellule eucaryote, une symbiose datant de plus d'un milliard d'années



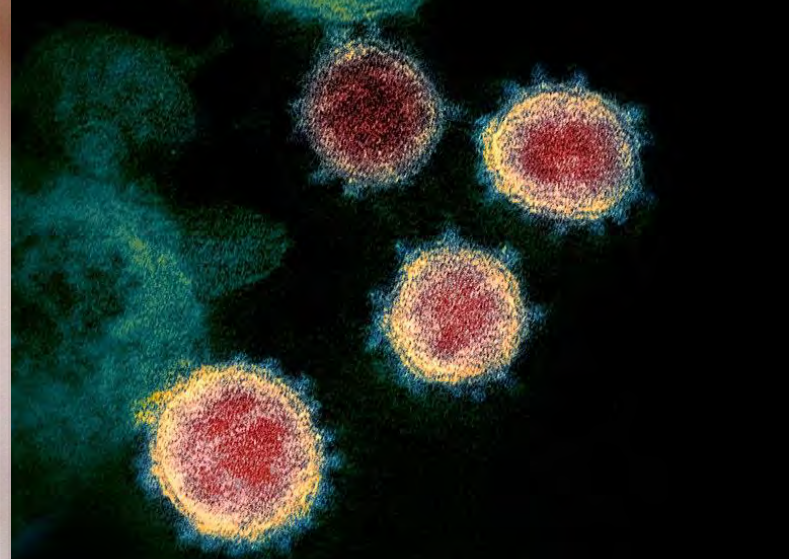
Mutualisme non obligatoire



Mutualisme non obligatoire



Parasites et pathogènes





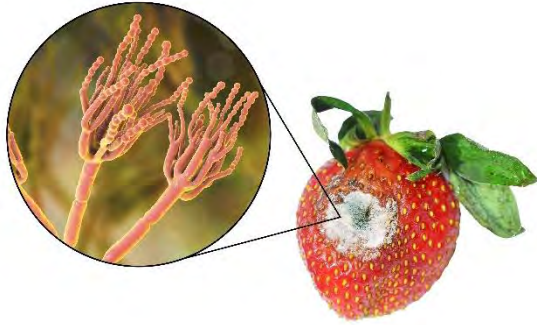
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0007725>



Parasites et pathogènes



Parasites et pathogènes



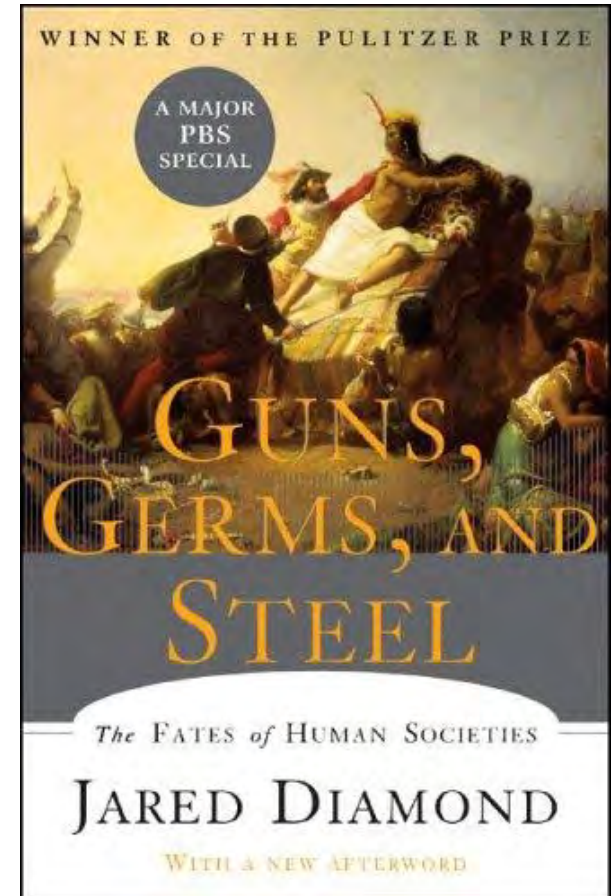
Parasites et pathogènes



Parasites et pathogènes

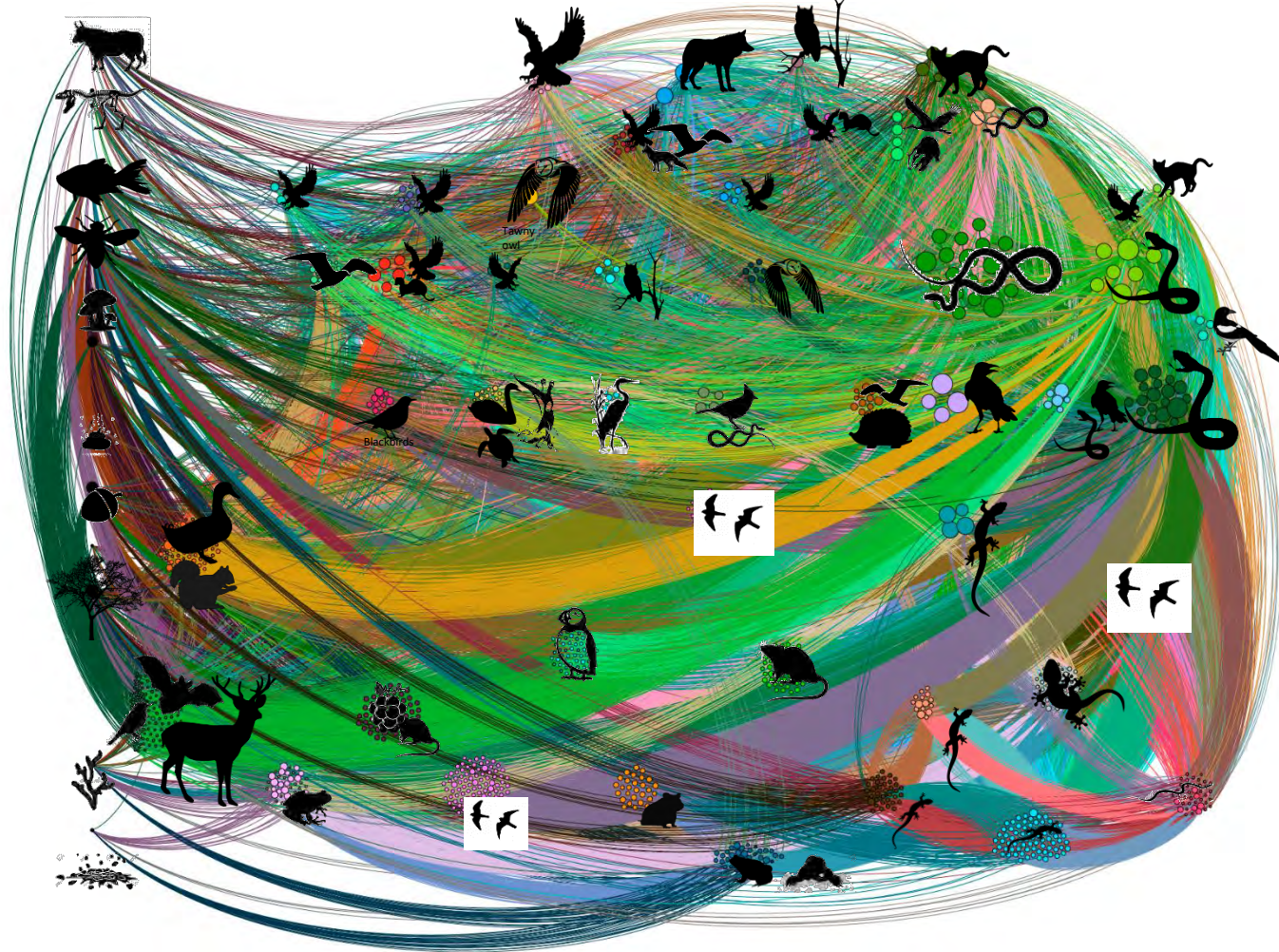


Parasites et pathogènes



Niches écologiques et interactions entre espèces





O'Connor, Pollock, Thuiller. Stochastic block models identify interacting trophic groups of European vertebrates.

Niches écologiques et interactions entre espèces

- Niches écologiques
- Différents types d'interactions:
compétition, prédation,
mutualisme, parasitisme
- Exemples chez les fourmis
- Distribution de la biodiversité



Mutualisme plantes-fourmis

Interactions facultatives
dispersion des graines





Mutualisme plantes-fourmis:
Interactions facultatives
dispersion des graines

Mutualisme plantes-fourmis

Interactions facultatives
pollinisation





Mutualisme
plantes-fourmis



© Alex Wild

Mutualisme



Mutualisme



Mutualisme



Mutualisme





Mutualisme



Mutualisme





Mutualisme



Mutualisme



Mutualisme

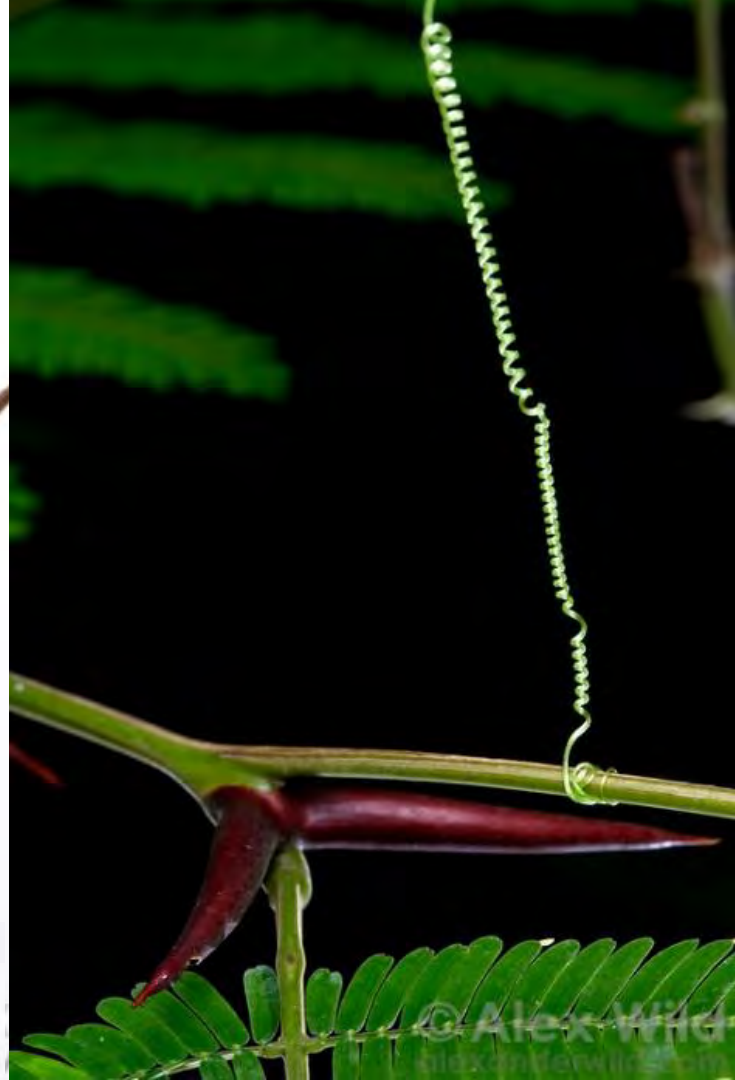
© Alex Wild



Mutualisme



Mutualisme



Jardin du diable

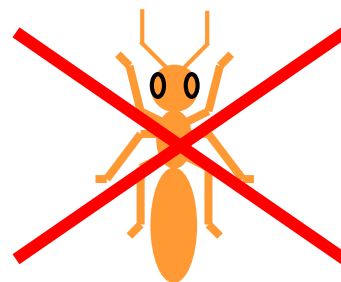


Alex Wild
alexanderwild.com

© Alex Wild
alexanderwild.com



Protection contre les insectes phytophages et mammifères



Cataulacus,
fourmi parasite



Cataulacus,
fourmi parasite



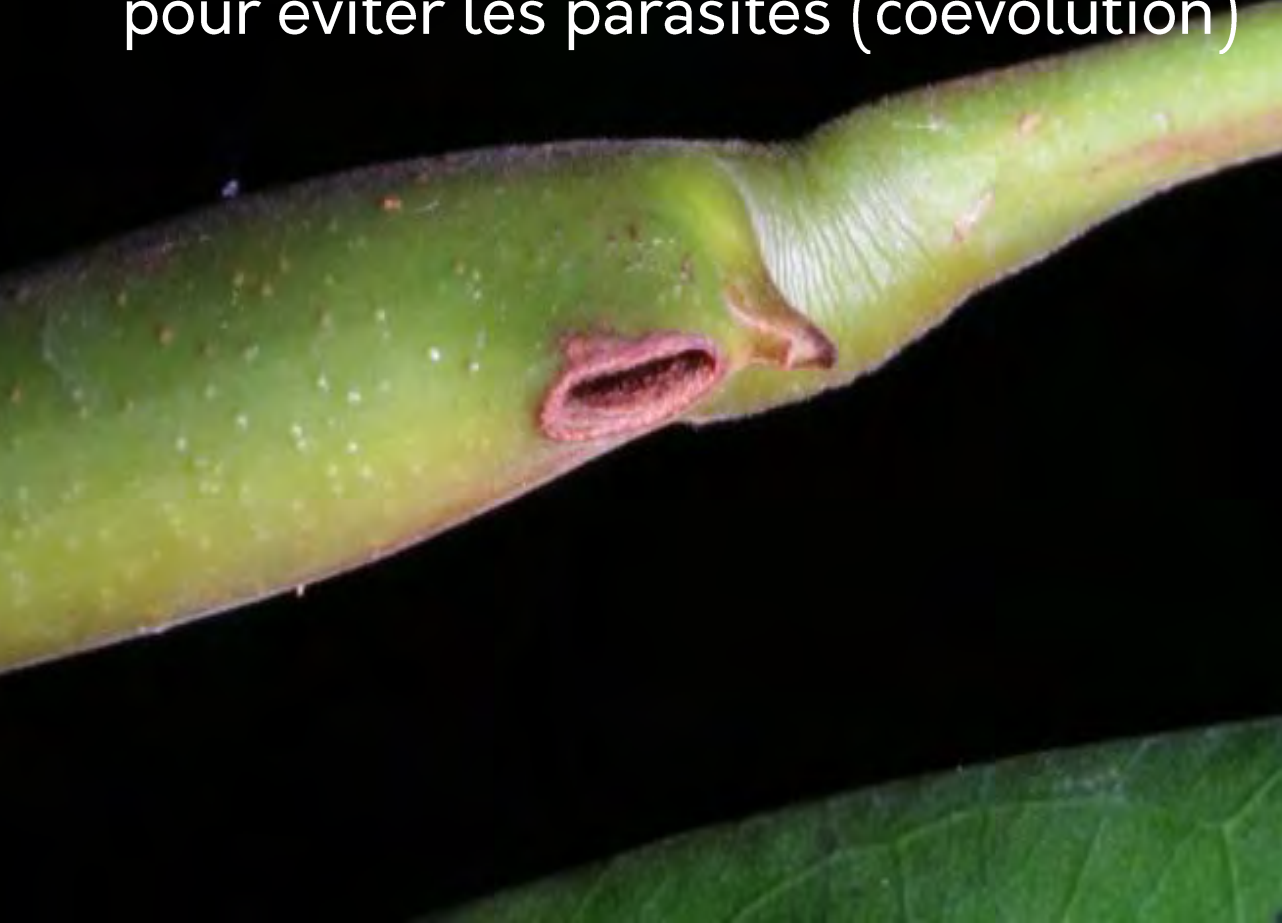
Cataulacus



Petalomyrmex



Evolution d'une plus grande spécificité
pour éviter les parasites (coévolution)



Rumsais Blatrix

Conflits dans la relation plante-fourmis



Mutualisme fourmis- champignon



Mutualisme fourmis-champignon



Mutualisme



Mutualisme



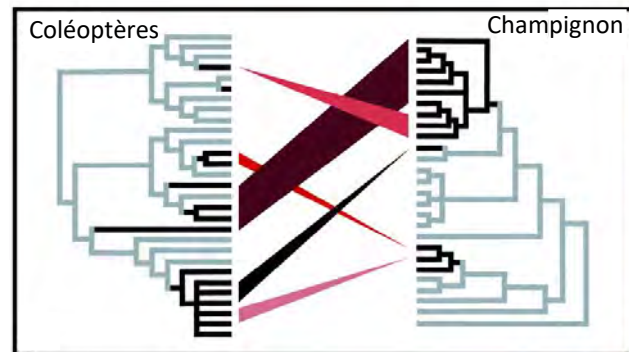
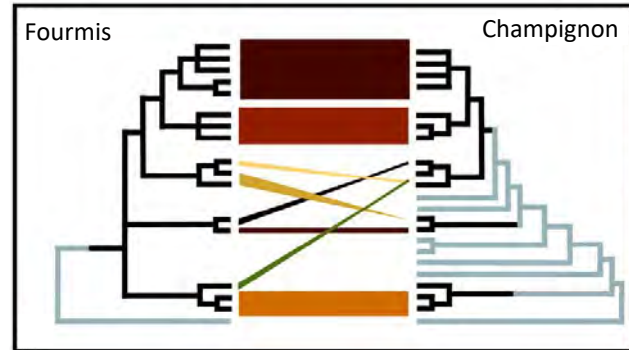
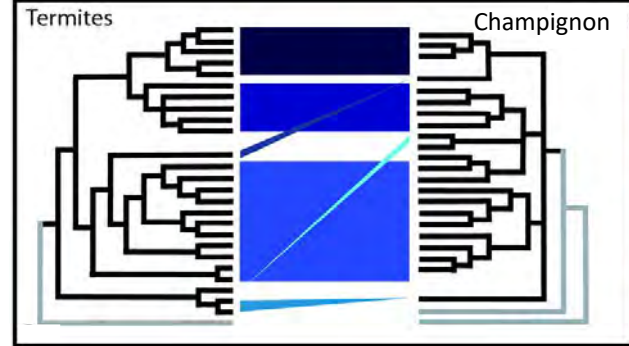
Mutualisme



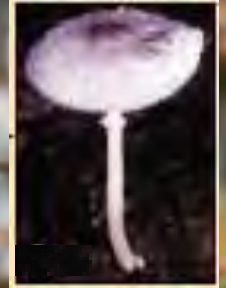
Mutualisme



Plusieurs domestications indépendantes des champignons par les insectes



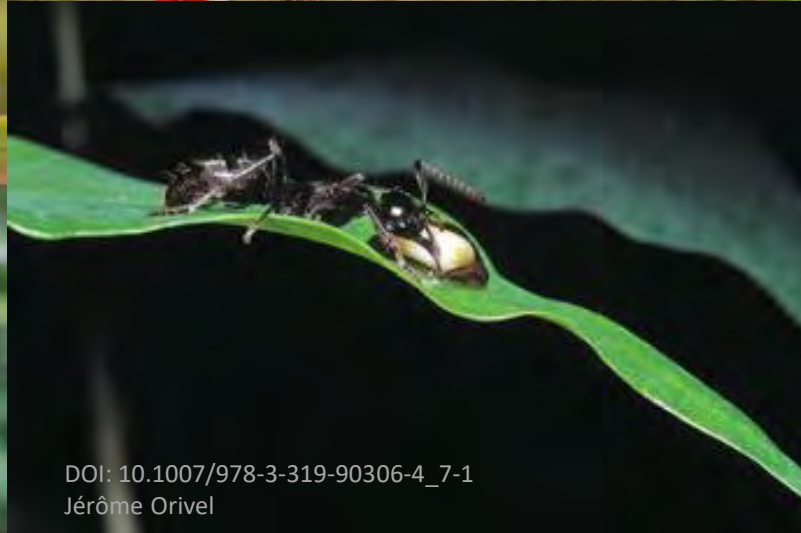
Conflits dans la relation champignon-fourmis



Jardins de fourmis



DOI: 10.1007/978-3-319-90306-4_7-1
Bruno Corbara



DOI: 10.1007/978-3-319-90306-4_7-1
Jérôme Orivel

Mutualisme



Mutualisme



Mutualisme



Mutualisme



Compétition



Compétition



Compétition



Compétition



Compétition



Prédation





Prédation





Prédation



Prédation





Prédation

Parasitisme



Parasitisme



Parasitisme



Parasitisme



Parasitisme



Parasitisme



Parasitisme



Sanford D. Porter
USDA-ARS.



© Alex Wild

© Alex Wild

Parasitisme



Parasitisme



Parasitisme social

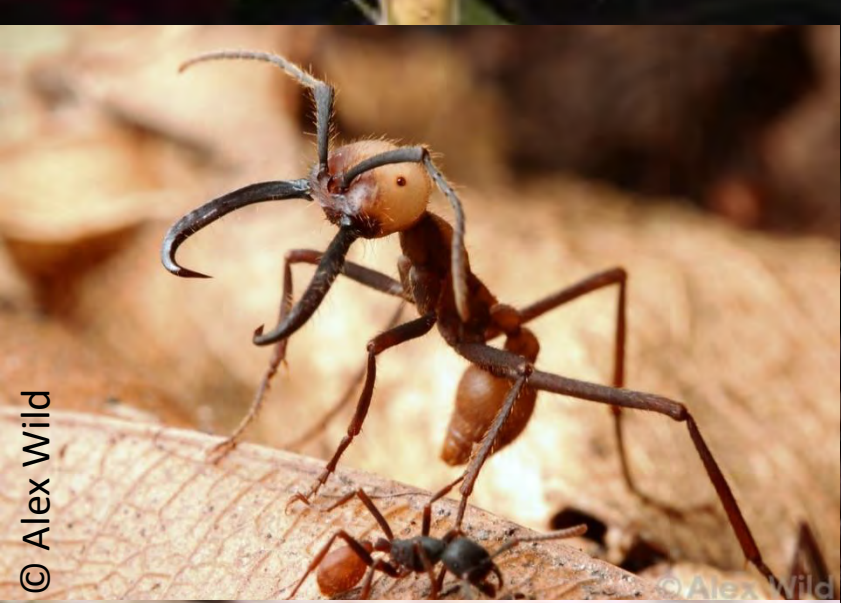


Parasitisme social



Parasitisme social

© Alex Wild



Parasitisme social

© Alex Wild



Parasitisme social



Parasitisme social

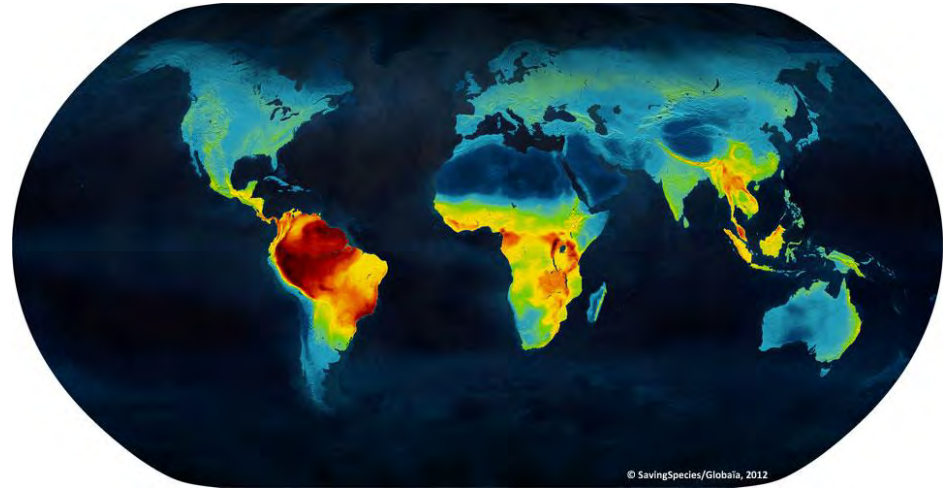


Niches écologiques et interactions entre espèces



Niches écologiques et interactions entre espèces

- Niches écologiques
- Différents types d'interactions:
compétition, prédation,
mutualisme, parasitisme
- Exemples chez les fourmis
- Distribution de la biodiversité



Biodiversité



Canis lupus



Biodiversité

Panthera tigris



Tigre de Sumatra



Tigre de Sibérie



Tigre du Bengal



Tigre de Bali

†



Tigre de la Caspienne

†



Tigre de Java

†

Biodiversité



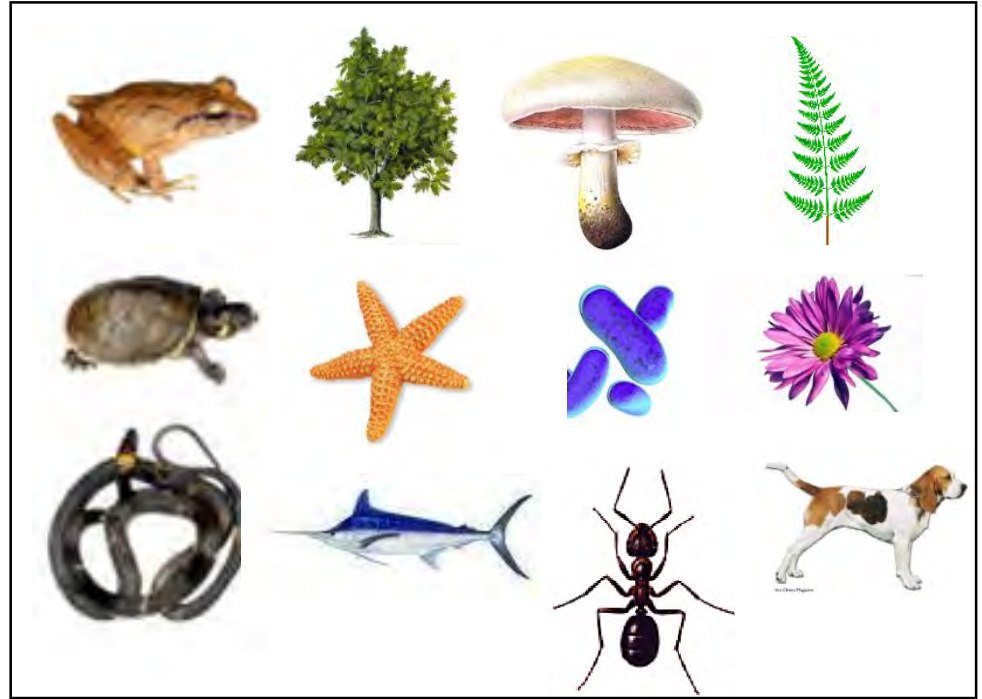
Biodiversité



Diversité spécifique versus phylogénétique

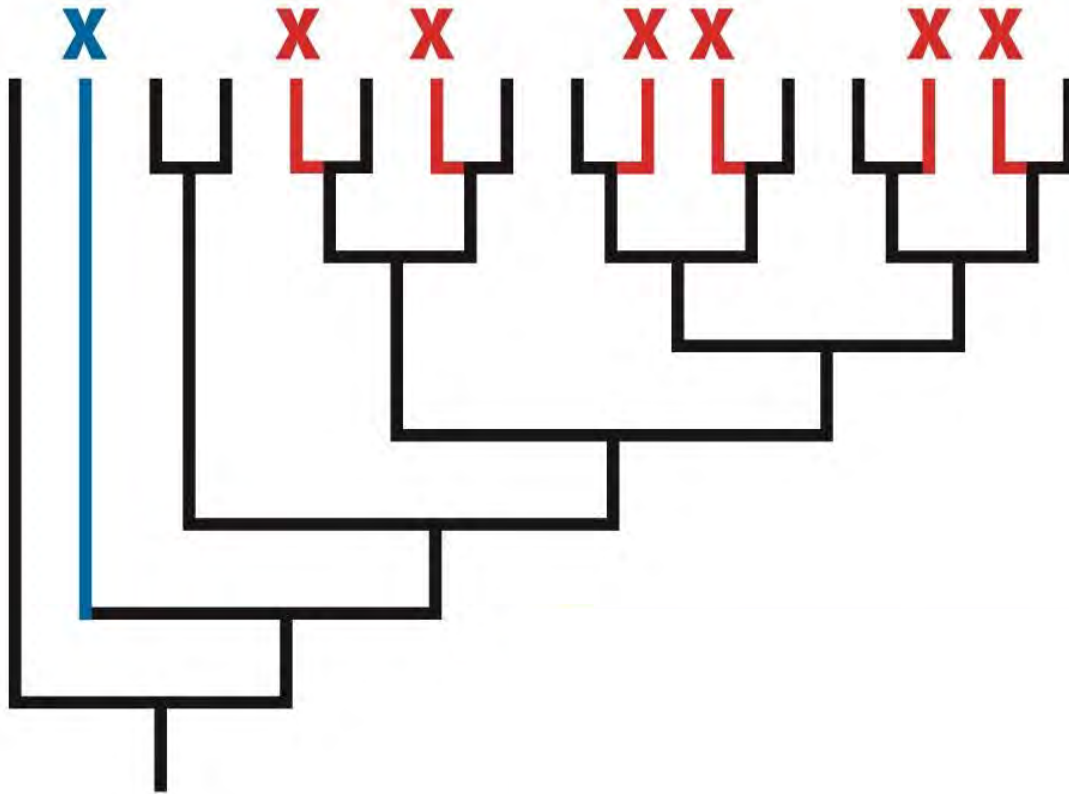


12 espèces

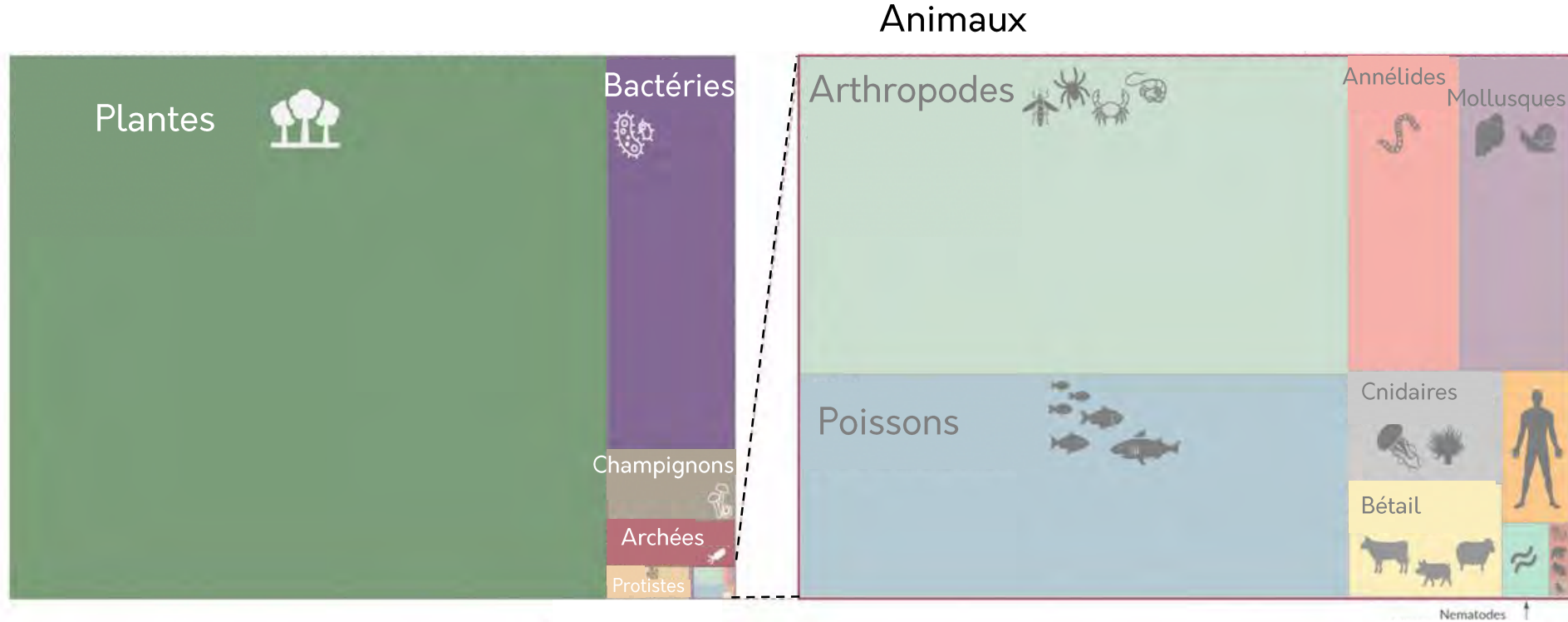


12 espèces

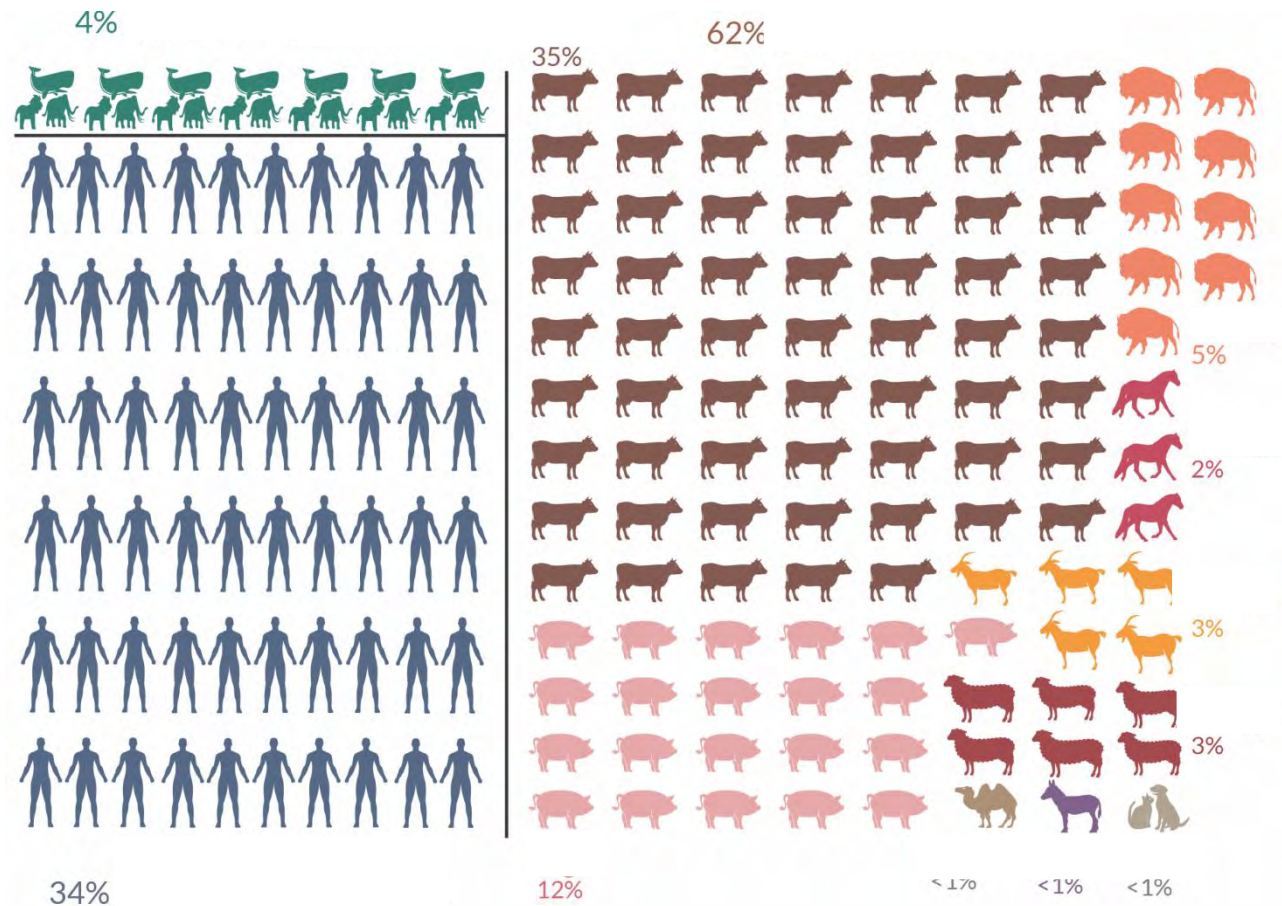
Diversité spécifique versus phylogénétique



Distribution de la biodiversité en biomasse



Distribution de la biomasse des mammifères sur la planète



Distribution de la biodiversité en nombre d'espèces décrites

1,75 millions d'espèces décrites

Estimations: 3 -100 millions





JBS Haldane : ' »Un penchant immodéré pour les coléoptères »



Howard Bryne

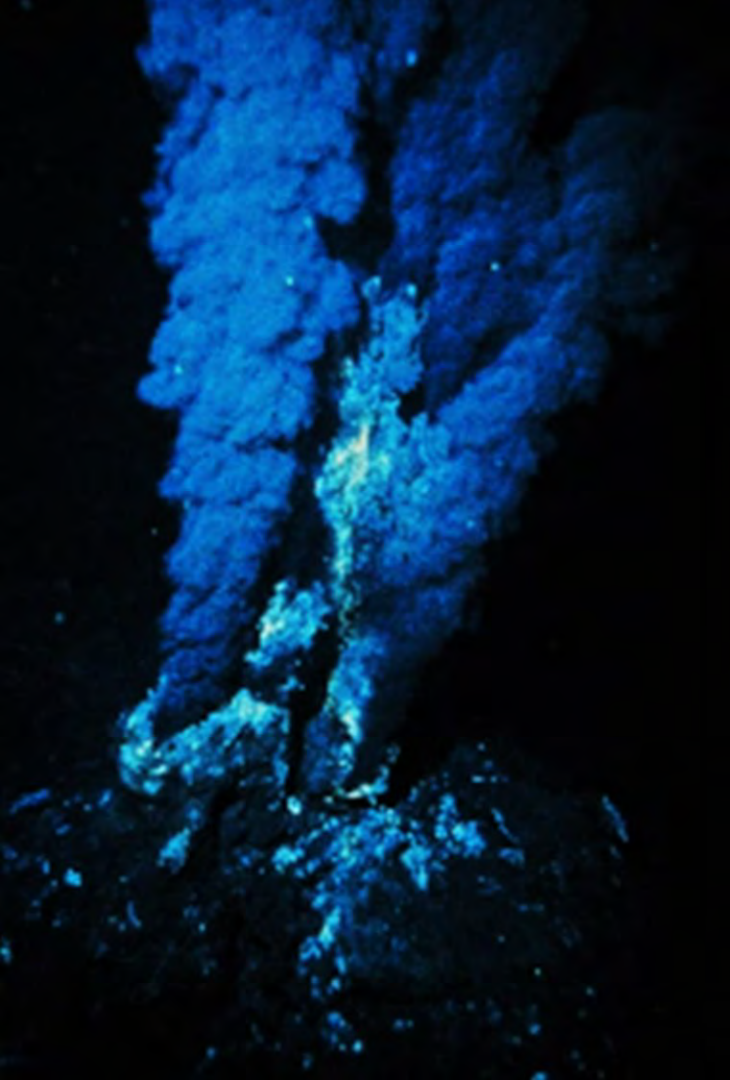


Estimer le nombre d'espèces

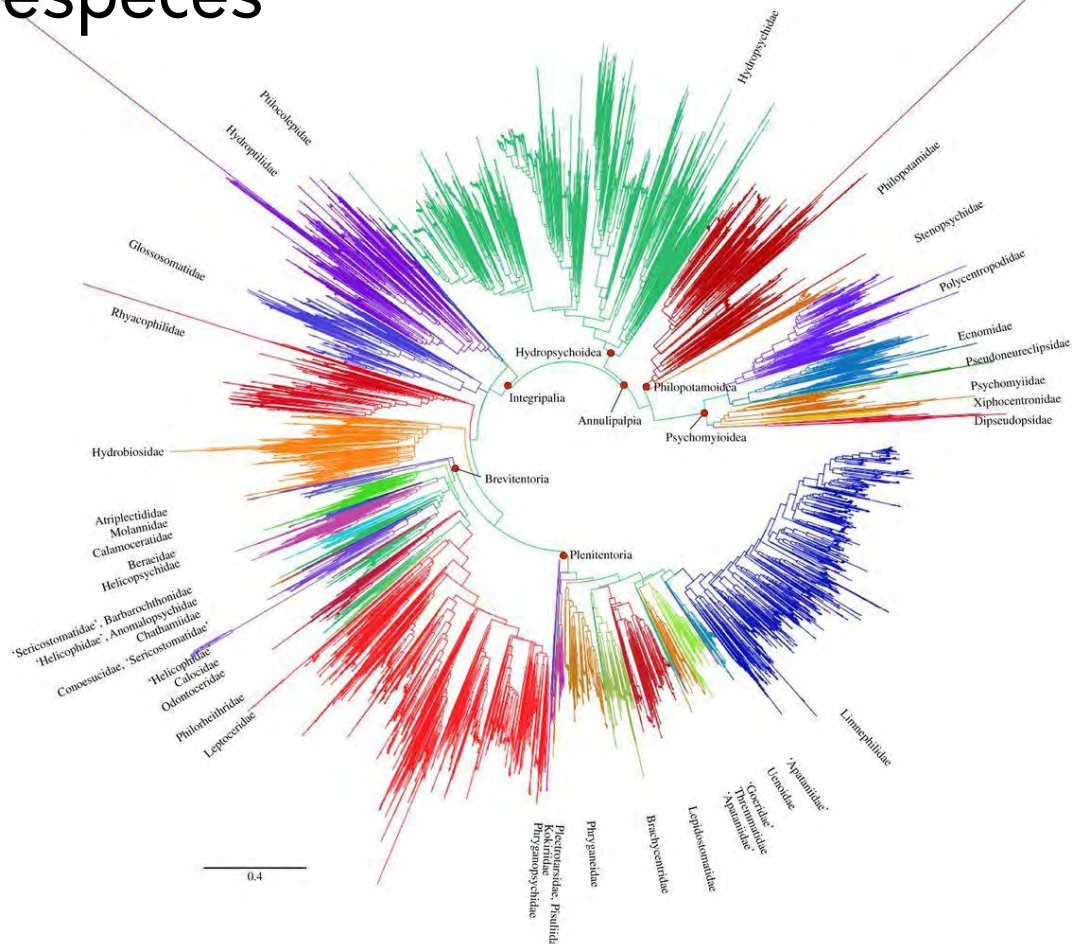
Estimer le nombre d'espèces



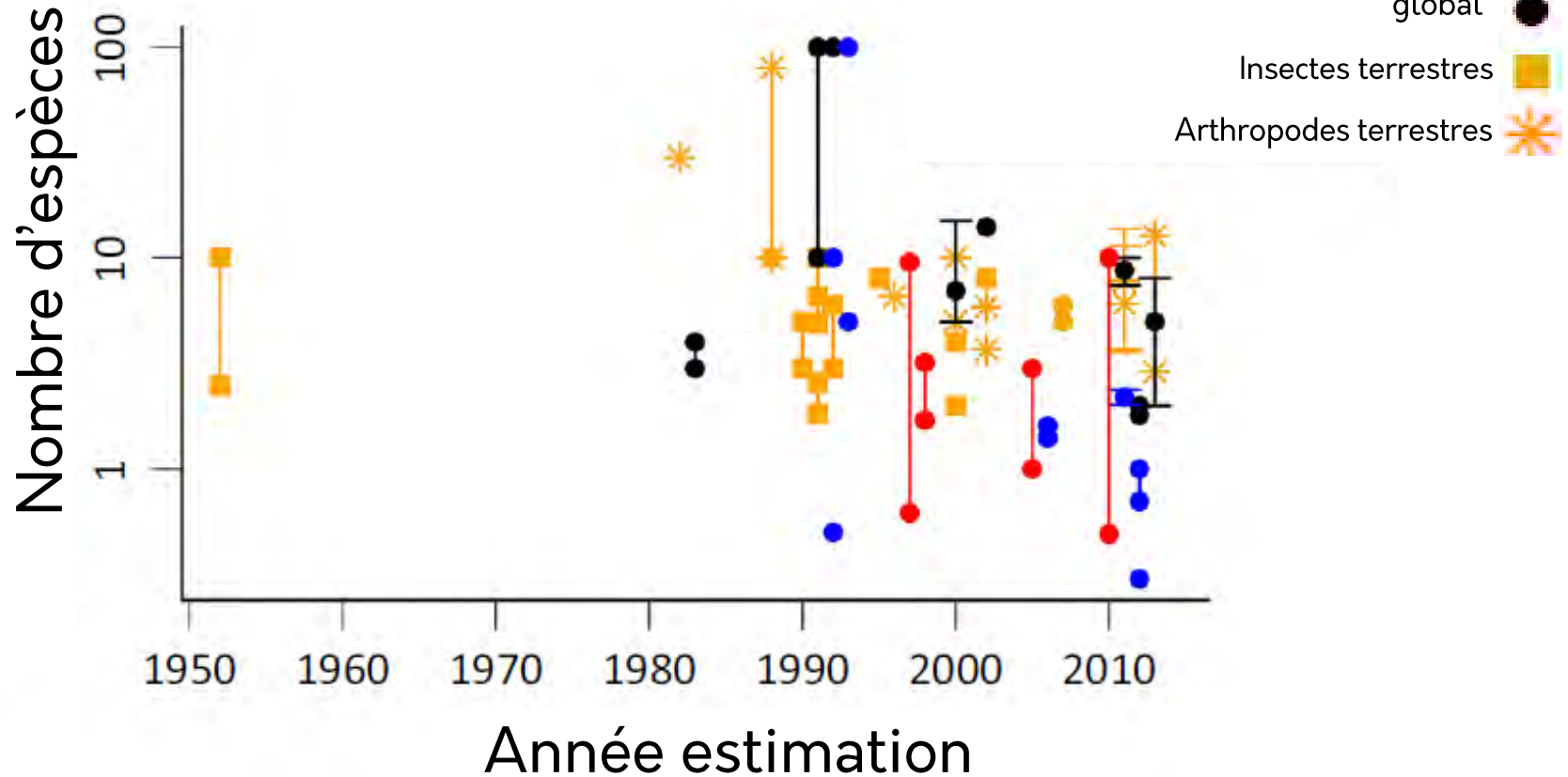
Estimer le nombre d'espèces



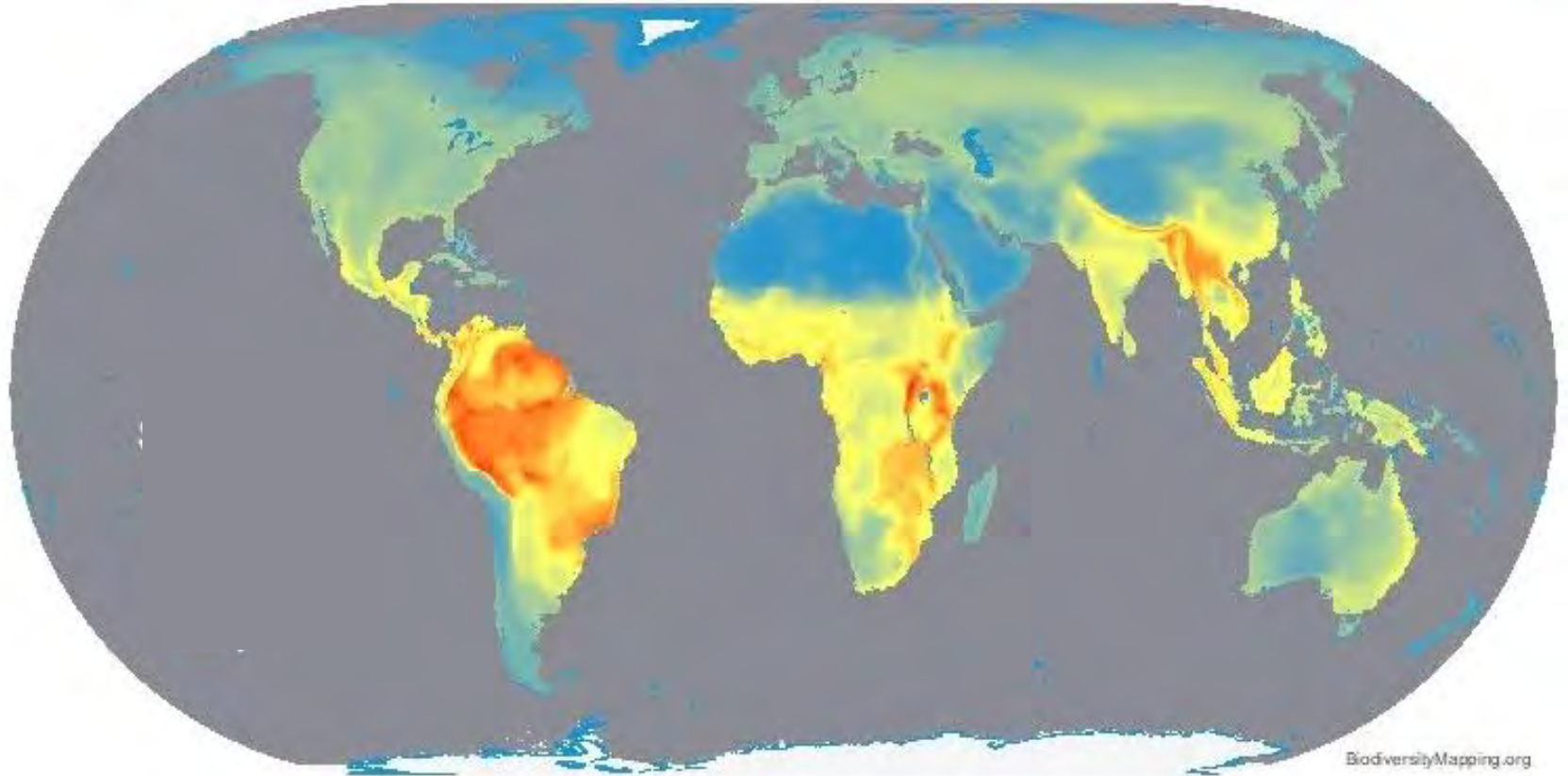
Code-barres ADN



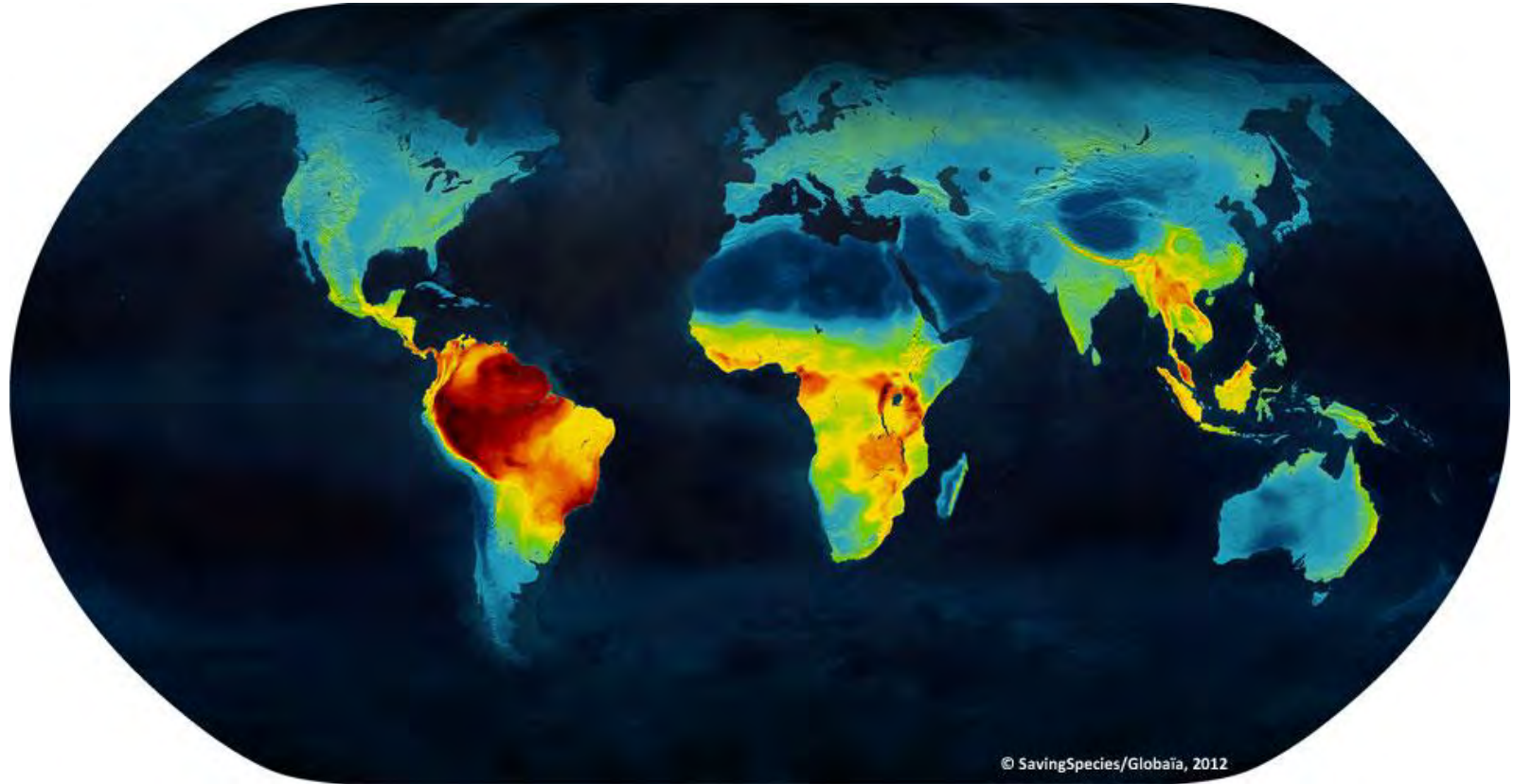
Estimer le nombre d'espèces



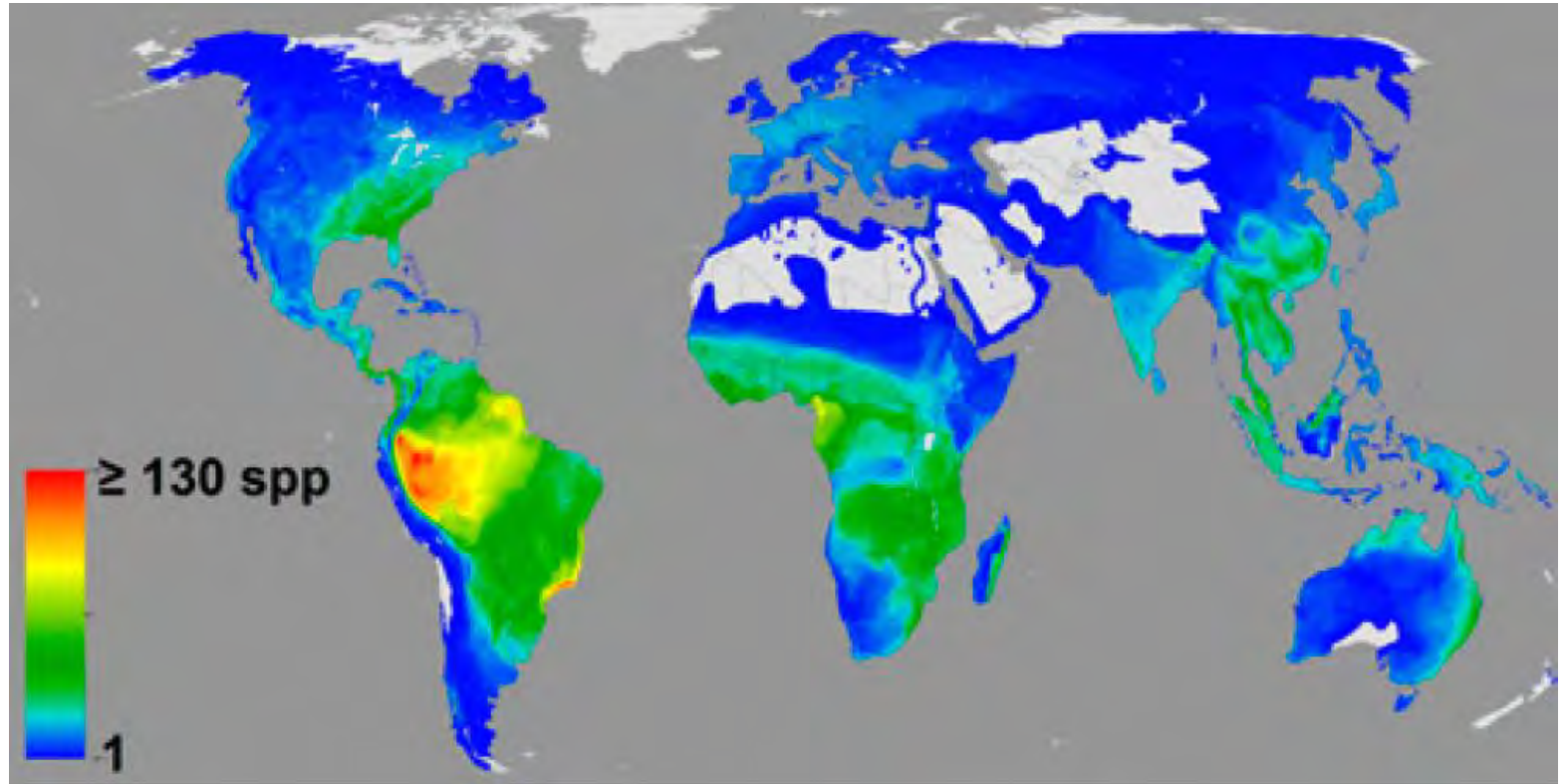
Distribution de la biodiversité Oiseaux



Distribution de la biodiversité Vertébrés



Distribution de la biodiversité Amphibiens



Pourquoi d'aussi grandes
différences de diversité ?

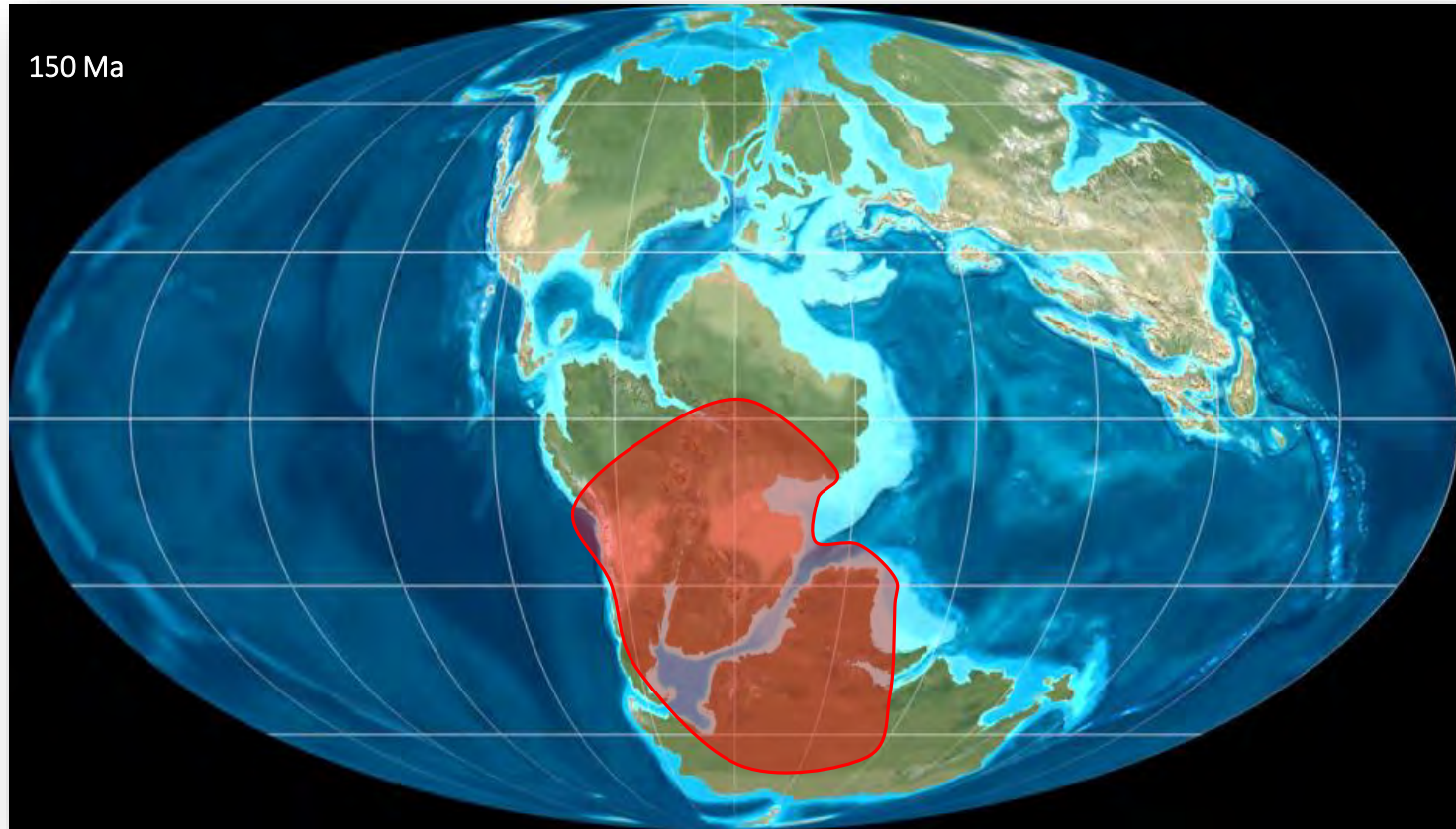


1 ha à Panama :
200 espèces d'arbres

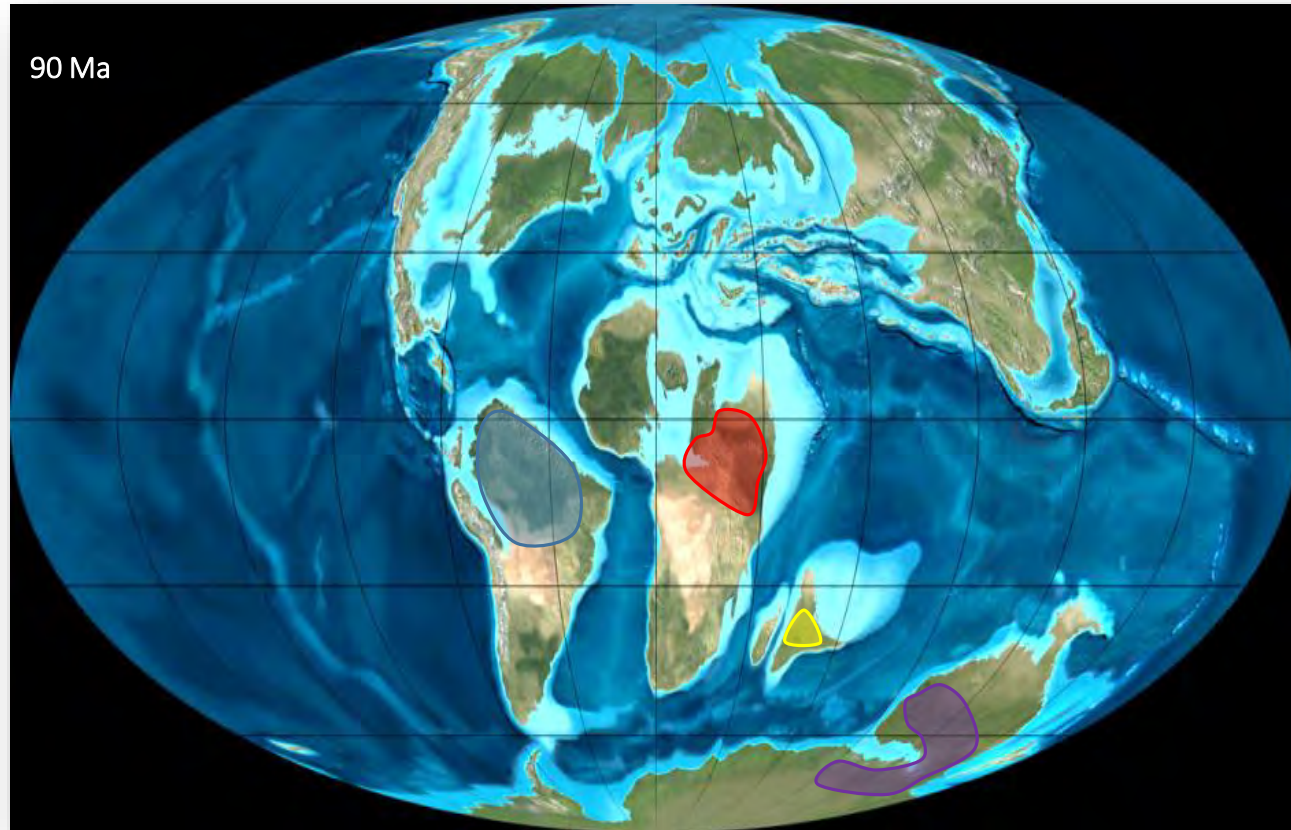


Ensemble de l'Europe :
<150 espèces d'arbres

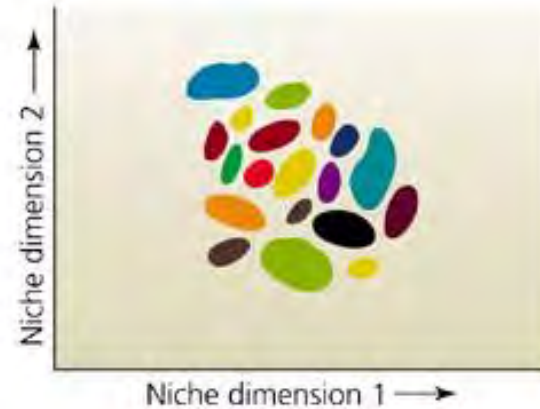
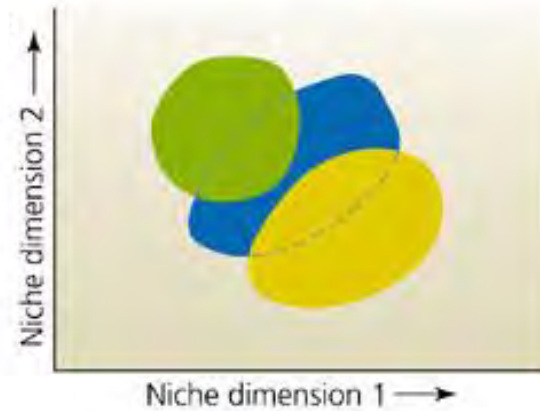
Influence historique



Influence historique



Influence des interactions entre espèces



The background image is a composite of numerous microscopic planktonic organisms. These include various types of ciliates (some with prominent cilia), flagellates, and small crustaceans. The organisms are rendered in a vibrant, almost ethereal color palette of blues, purples, and greens, set against a solid black background. They are scattered across the entire frame, creating a sense of a vast, teeming microbial world.

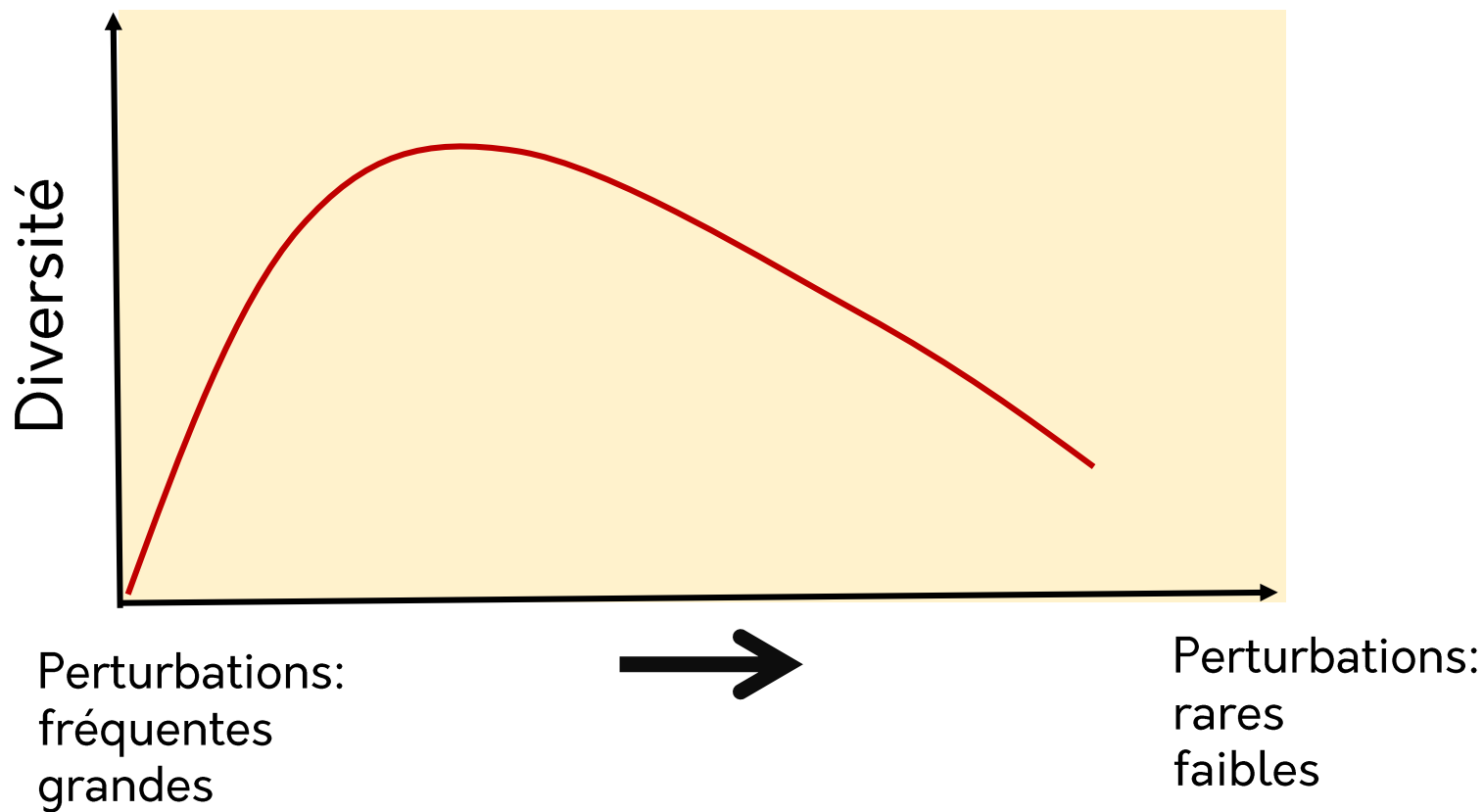
Comment expliquer l'abondance locale des espèces ?

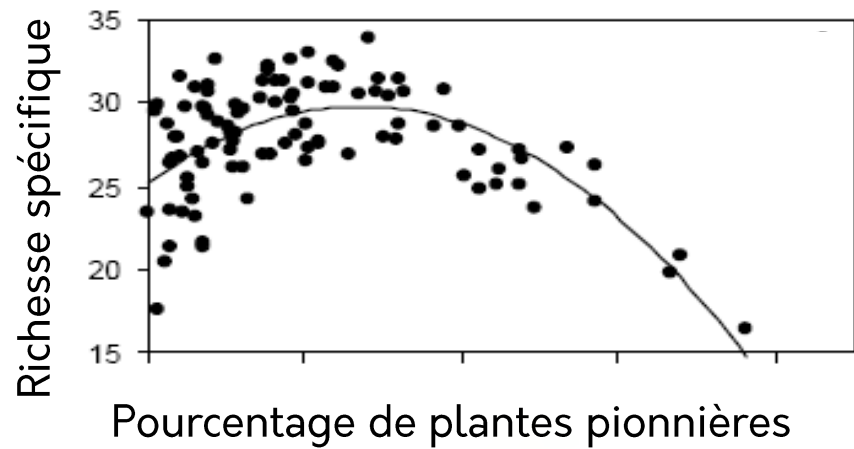
Le paradoxe du plancton

1 – Les espèces occupent des niches différentes
(une espèce étant la ressource d'une autre par exemple)



2-Rôle des perturbations

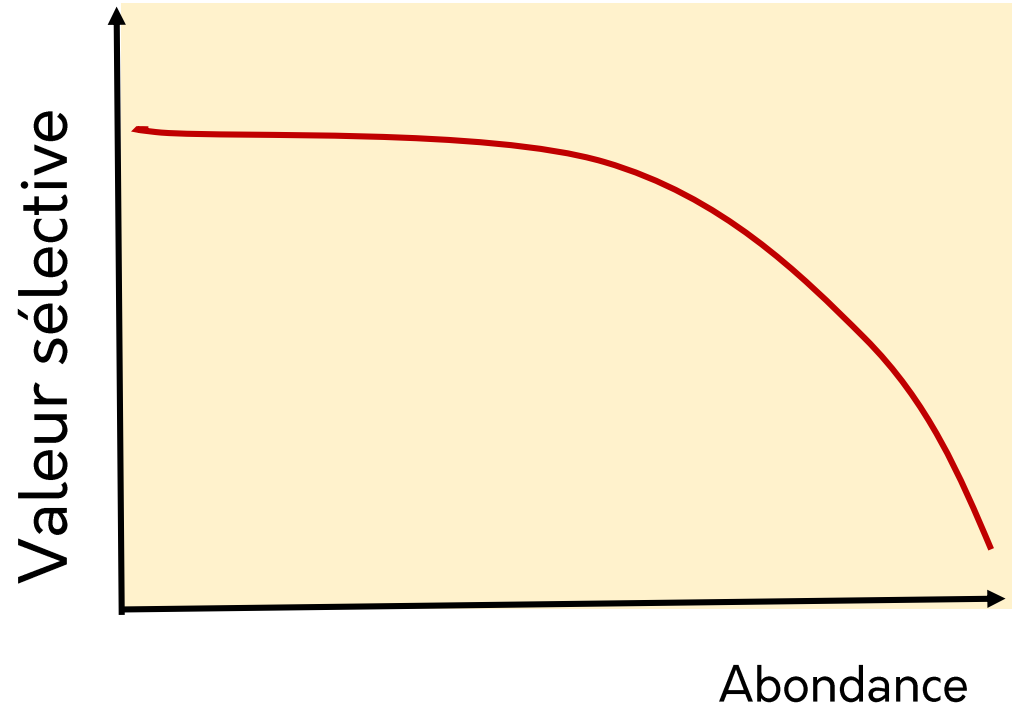




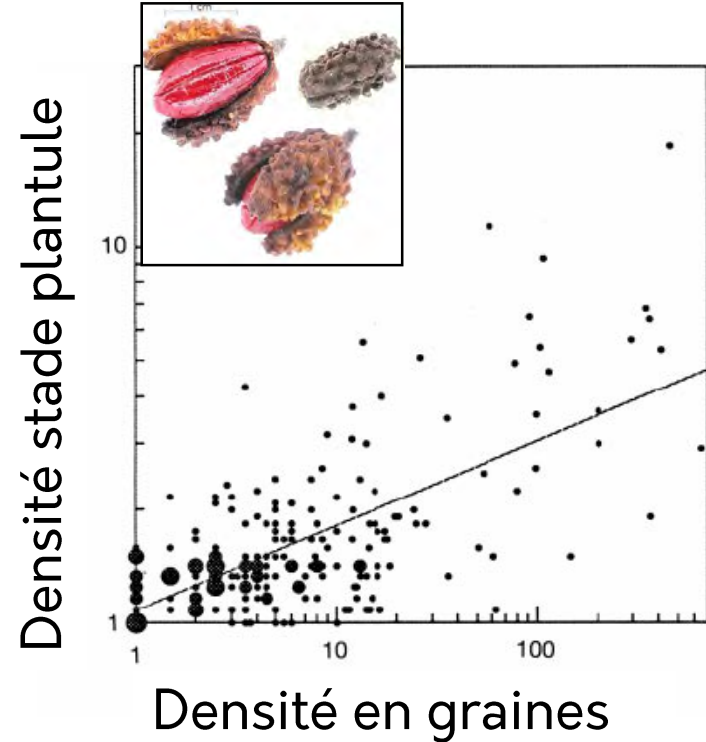
Test sur successions Forêt Guyanne



3-Effet régulateur des prédateurs/parasites



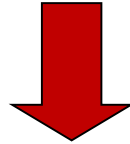
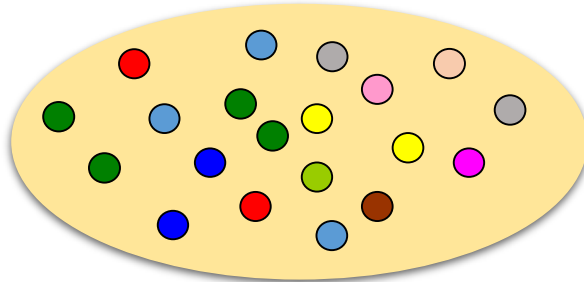
Test (forêt au Panama): la probabilité d'atteindre le stade plantule diminue avec la densité de l'espèce



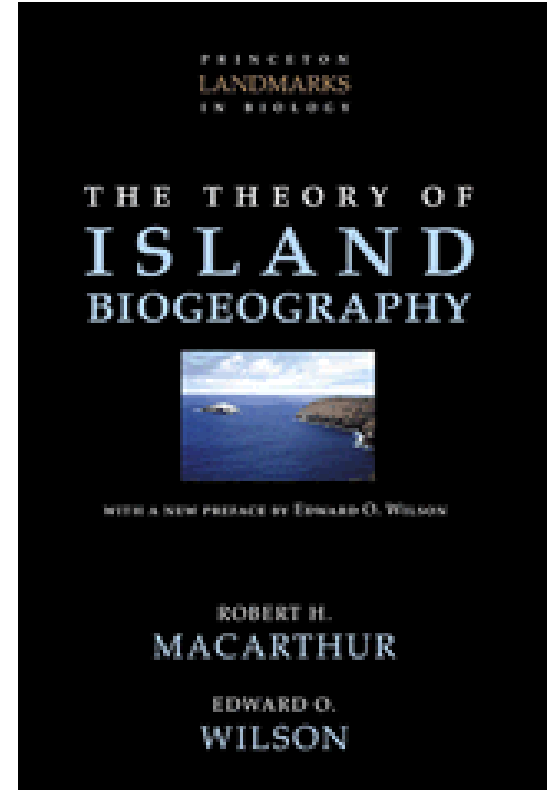
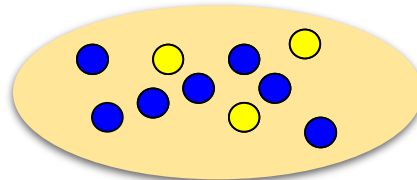
4 – métacommunautés et migration

Le nombre d'espèces sur une île dépend de sa taille
et de sa distance au continent

Réservoir
régional



Communauté
locale

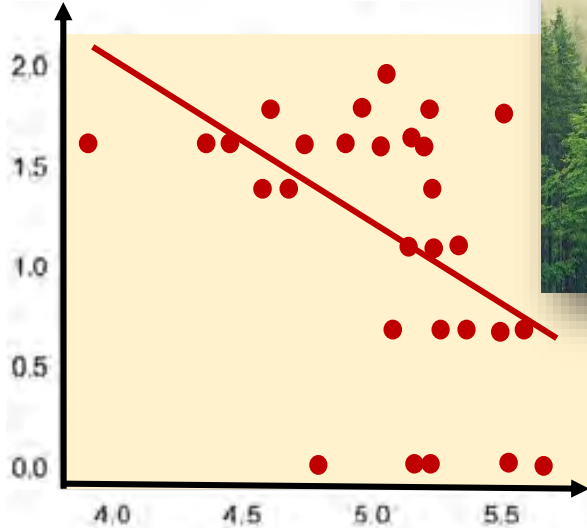


1967

4 – métacommunautés et migration

Le nombre d'espèces sur une île dépend de sa taille et de sa distance au continent

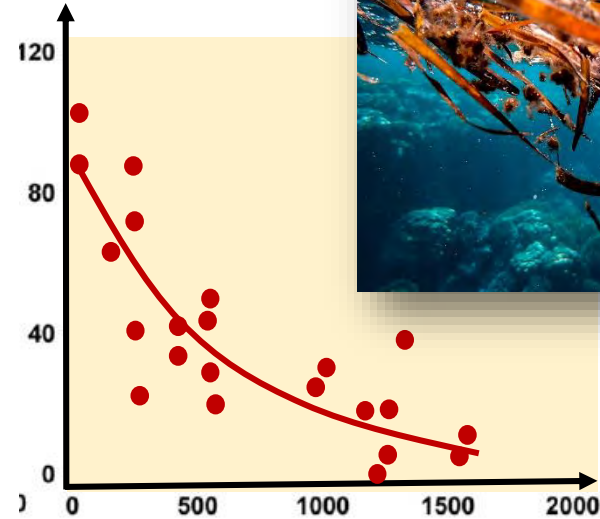
Diversité en espèces de pin



Distance au continent (km)



Diversité en espèces d'algues



Distance au continent (km)

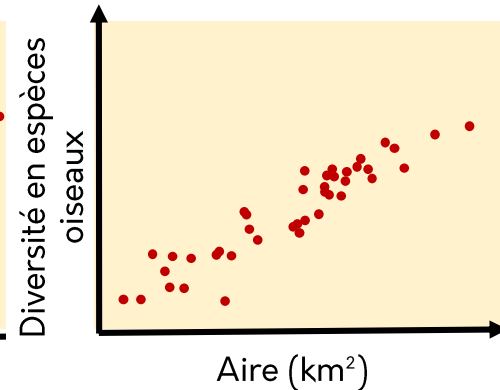
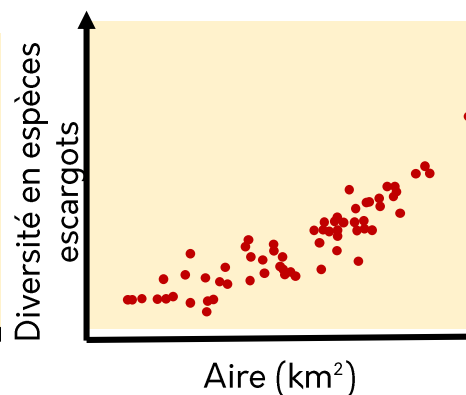
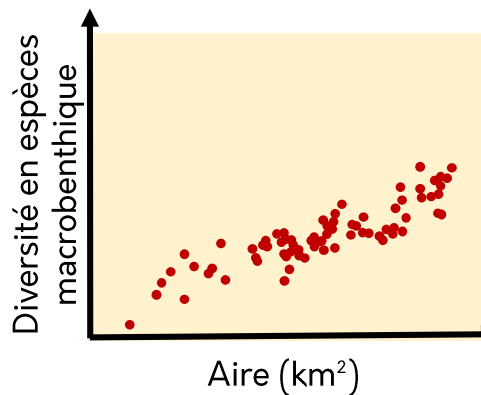
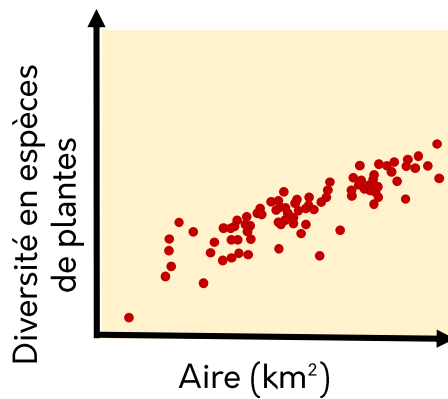


Courbe aire-espèce

$$S = b A^z$$

S : Nb d'espèces

A : Aire de l'île



Théorie radicale... « neutre »!



Niches écologiques et interactions entre espèces



Théorie neutre de la biodiversité

Généralisation de l'idée de faire un modèle sans considérer les niches écologiques:

Prédit le nombre d'espèces en fonction du nombre d'individus, spéciation, immigration

Steve Hubbell
2001

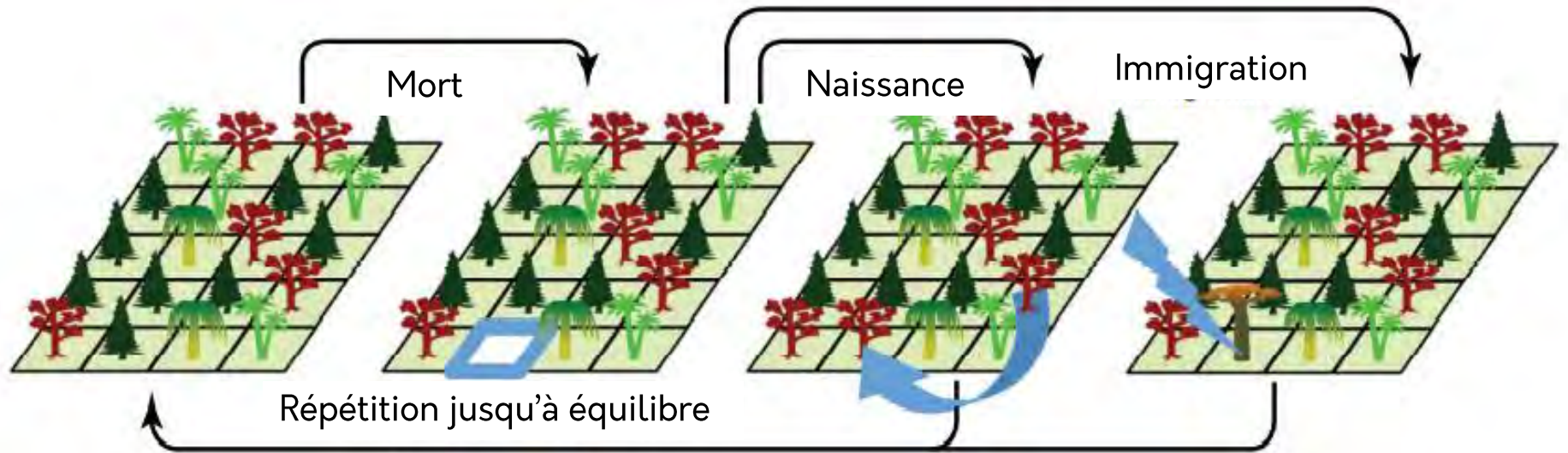
The Unified Neutral Theory of
BIODIVERSITY AND BIOGEOGRAPHY

STEPHEN P. HUBBELL

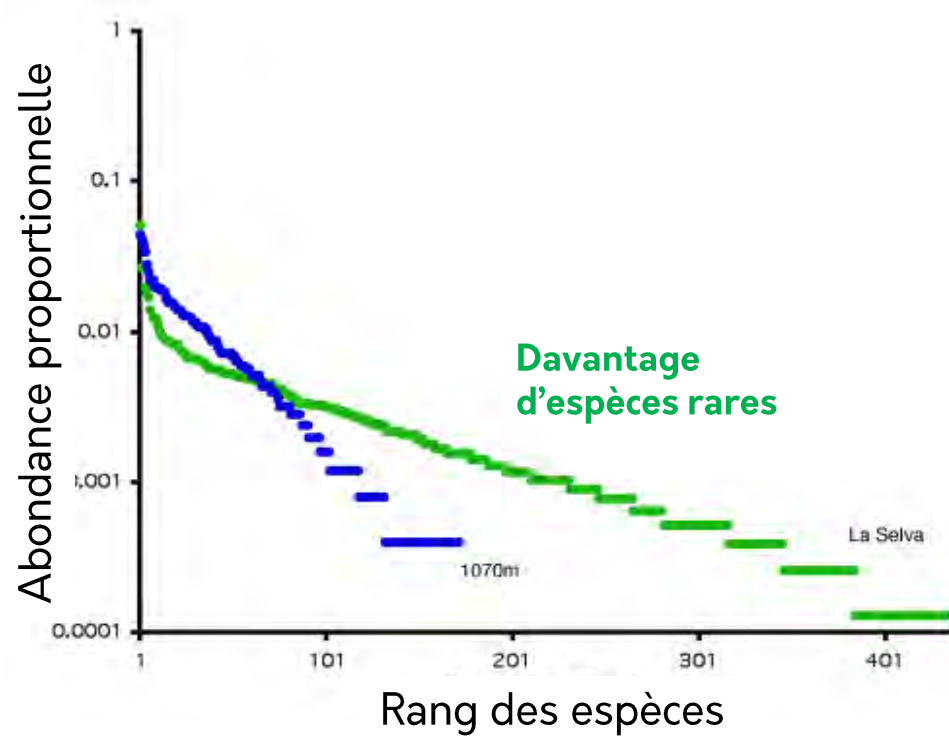


MONOGRAPHS IN POPULATION BIOLOGY 42

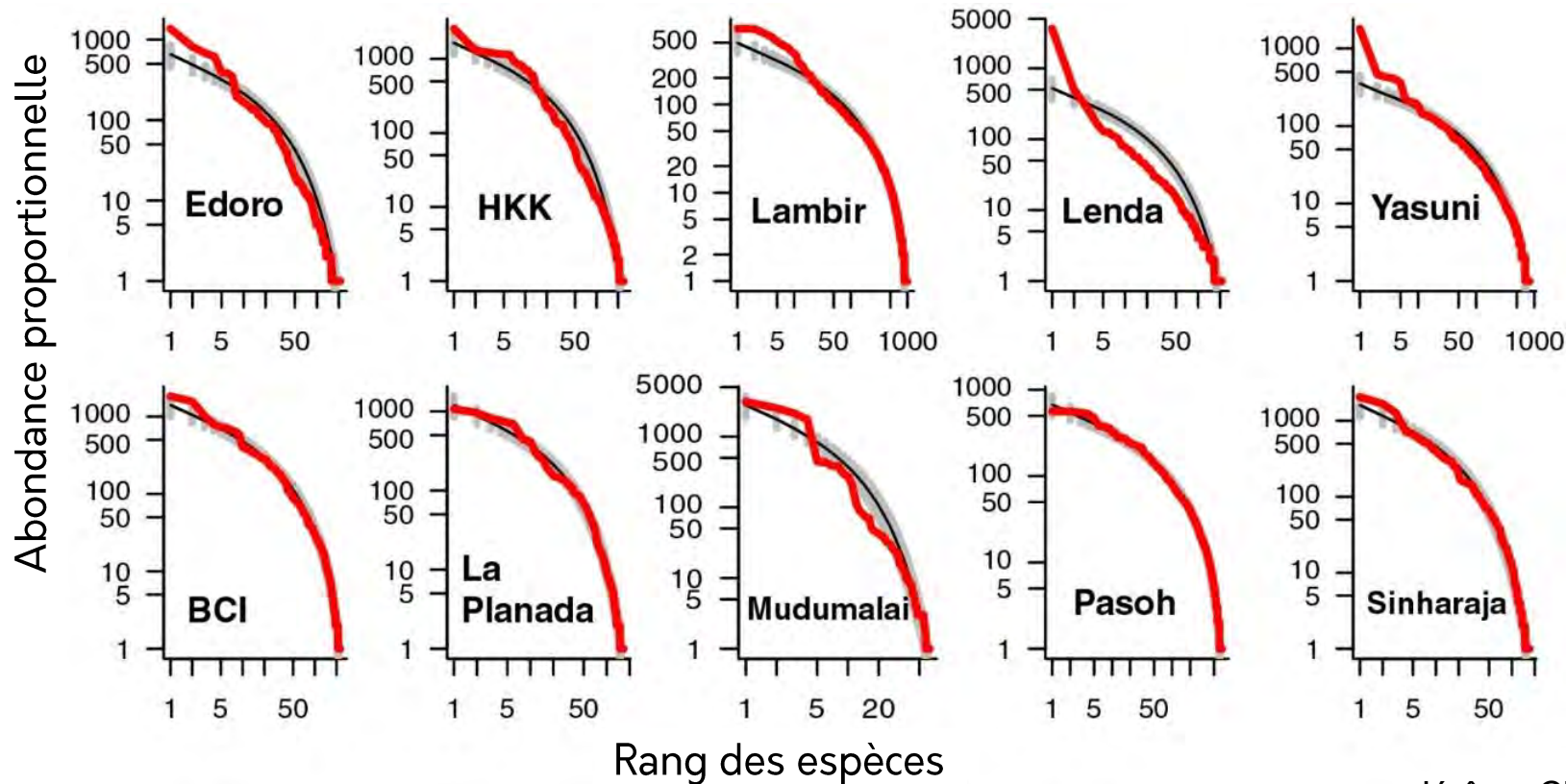
Modèle neutre de la biodiversité



Abondance locale des espèces



Test du modèle dans différentes forêts tropicales



Menaces sur la biodiversité et conséquences pour l'être humain

Tatiana Giraud



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



Fondation
Jean-François et Marie-Laure
de Clermont-Tonnerre

