



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation
Jean-François
de Clermont-Tonnerre

Ecologie fonctionnelle des invasions biologiques

Céline Bellard

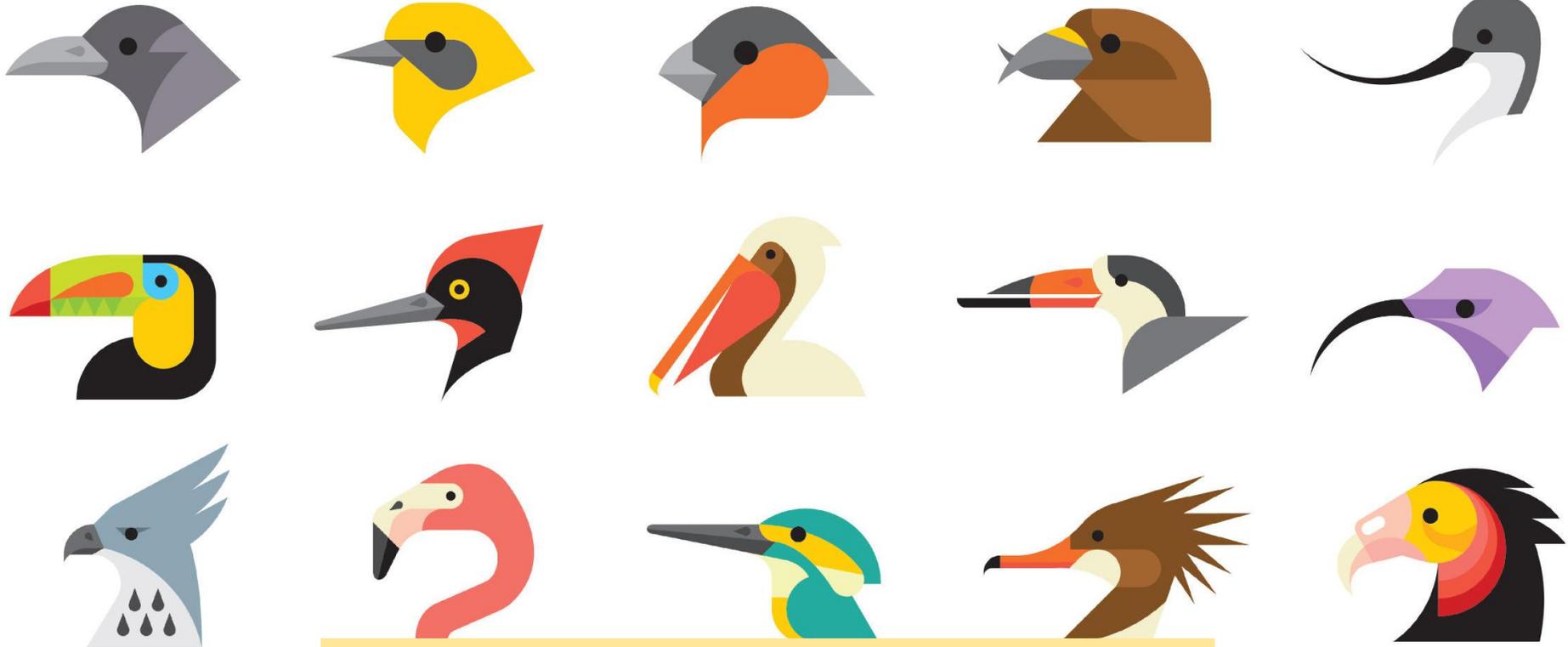
Celine.bellard@cnr.fr

CR CNRS



Contexte : Ecologie fonctionnelle c'est quoi ?

Au-delà de la « simple notion d'espèce »



Quelle est la diversité observée ?

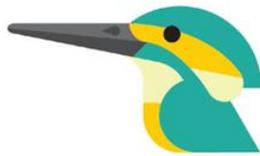
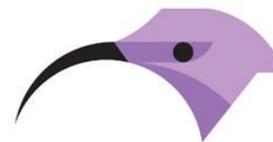
Ecologie fonctionnelle c'est quoi ?

Au-delà de la « simple notion d'espèce »



Ecologie fonctionnelle c'est quoi ?

Quelle est la richesse fonctionnelle observée ?



Ecologie fonctionnelle c'est quoi ?

Quelle est la richesse fonctionnelle observée ?

Les oiseaux, une variété de profils, de caractéristiques, de traits ...



Régime alimentaire



Taille de la portée

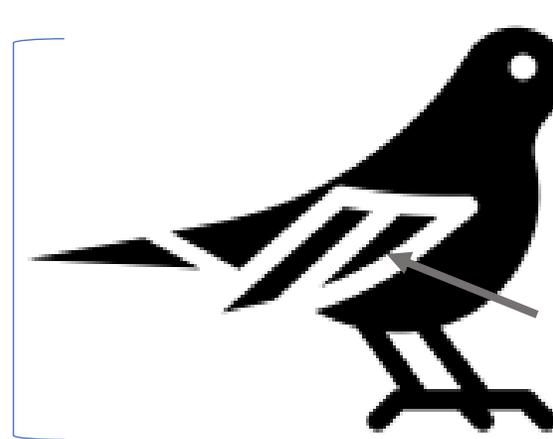


Masse corporelle

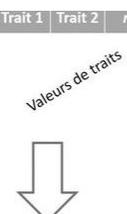
Longueur des ailes

Taille du bec

Positionnement des ailes

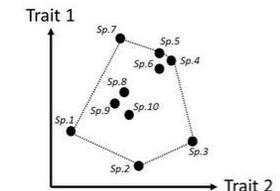
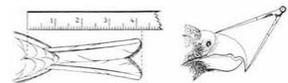


	Trait 1	Trait 2	n
Espèce 1			
Espèce 2			
Espèce 3			
N = 10			



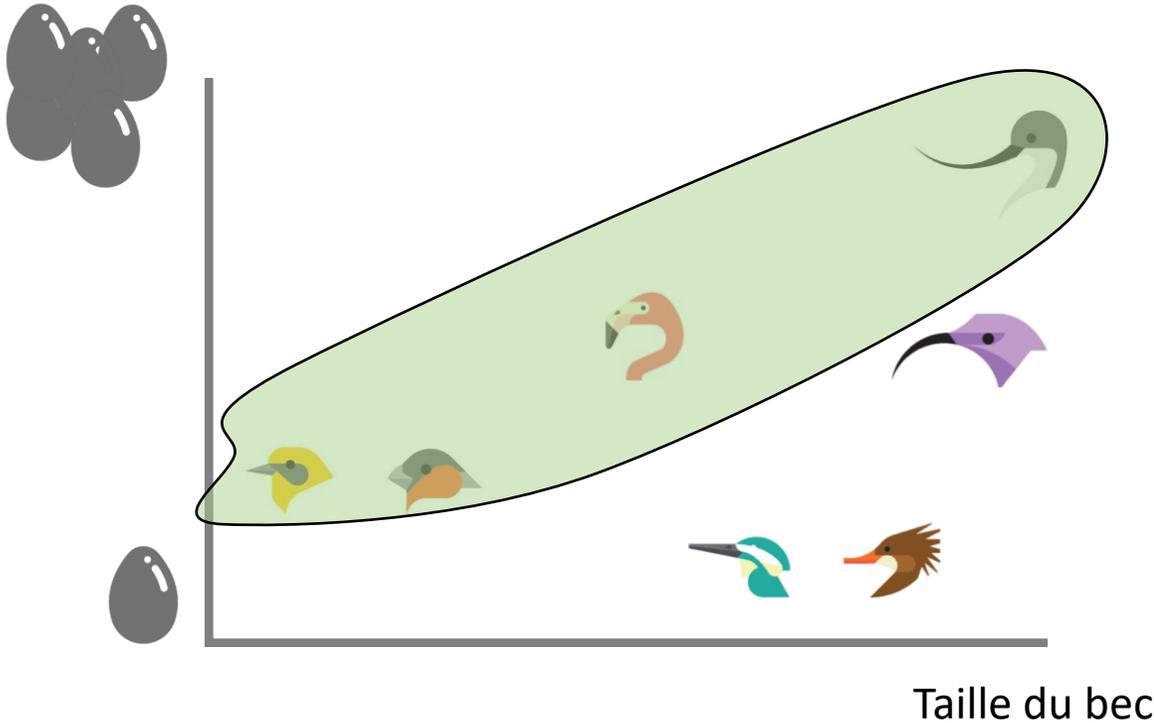
Mesure de n traits sur les individus (longueur du bec, longueur de la queue...).

Valeurs des traits moyennées pour chaque espèce.

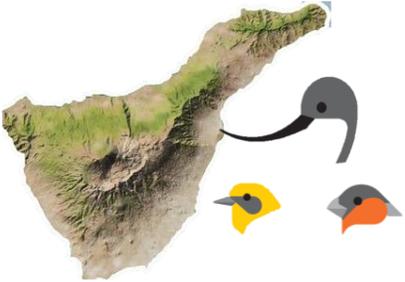


Ecologie fonctionnelle c'est quoi ?

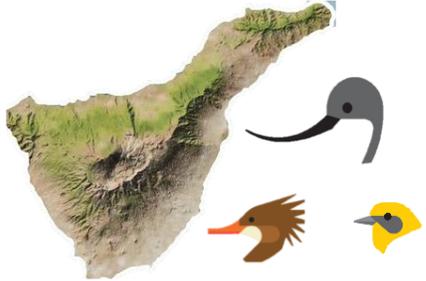
Quelle est la richesse fonctionnelle observée ?



Ile 1

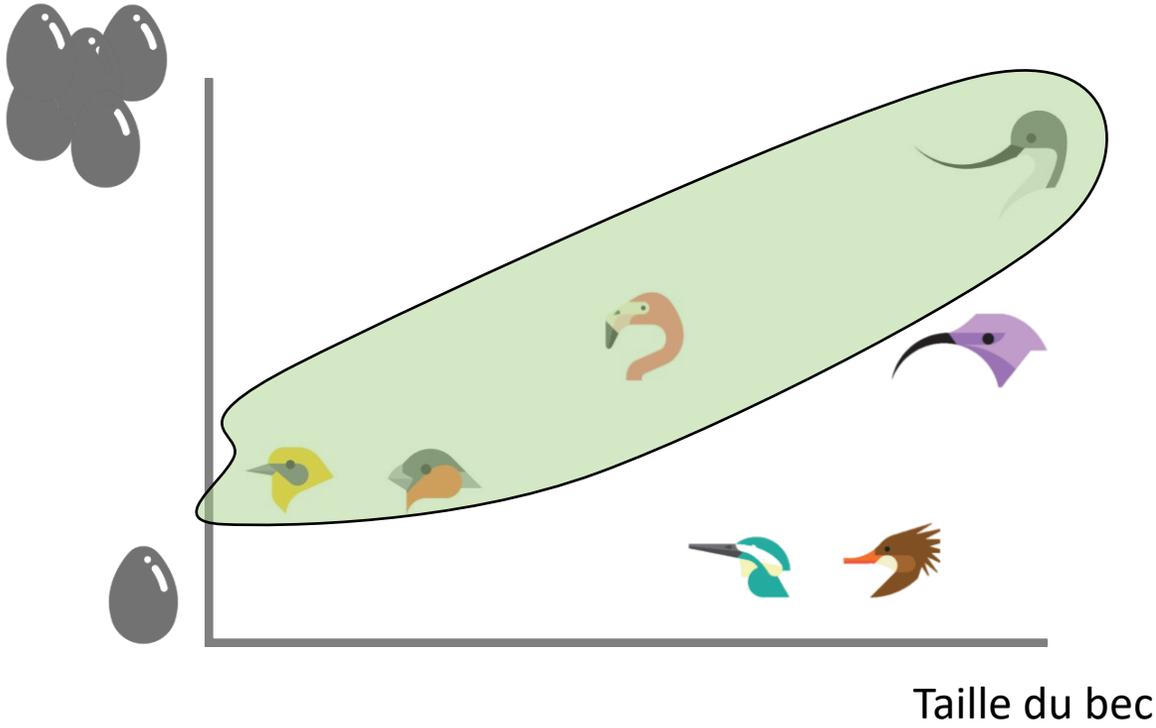


Ile 2

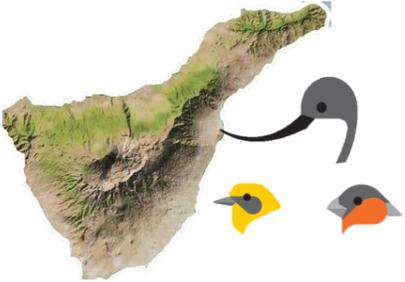


Ecologie fonctionnelle c'est quoi ?

Quelle est la richesse fonctionnelle observée ?



Ile 1

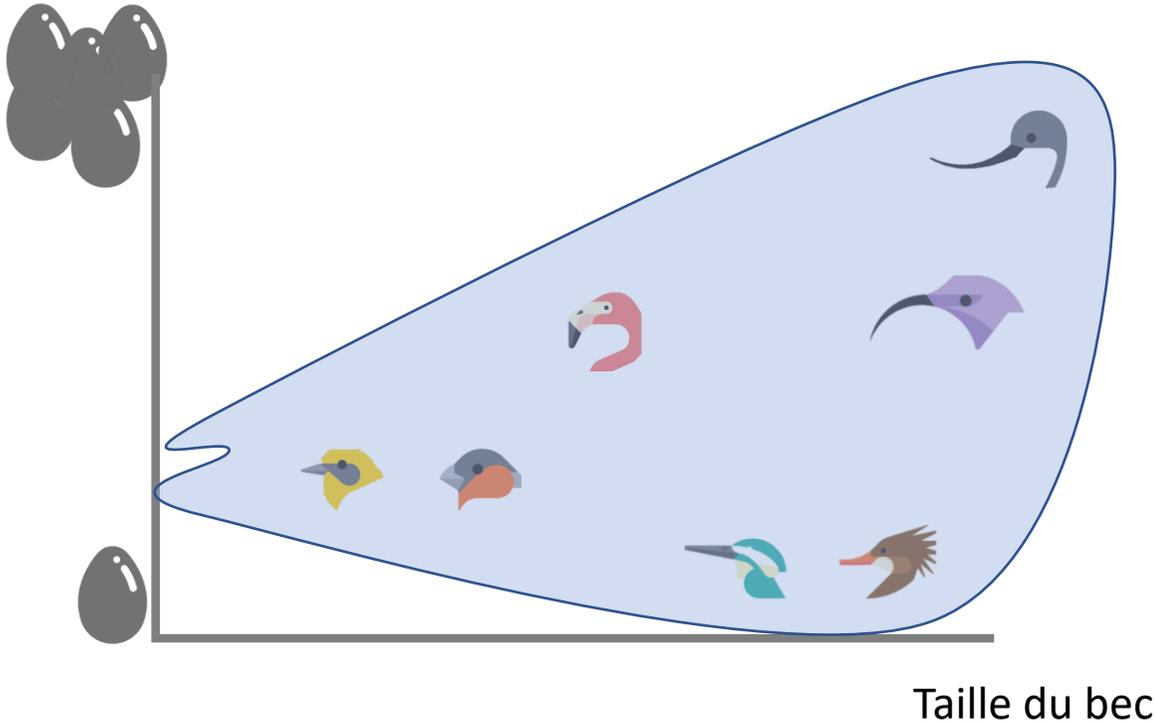


Ile 2

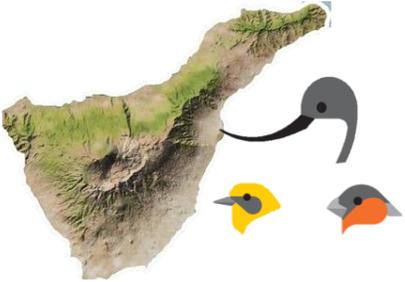


Ecologie fonctionnelle c'est quoi ?

Quelle est la richesse fonctionnelle observée ?



Ile 1

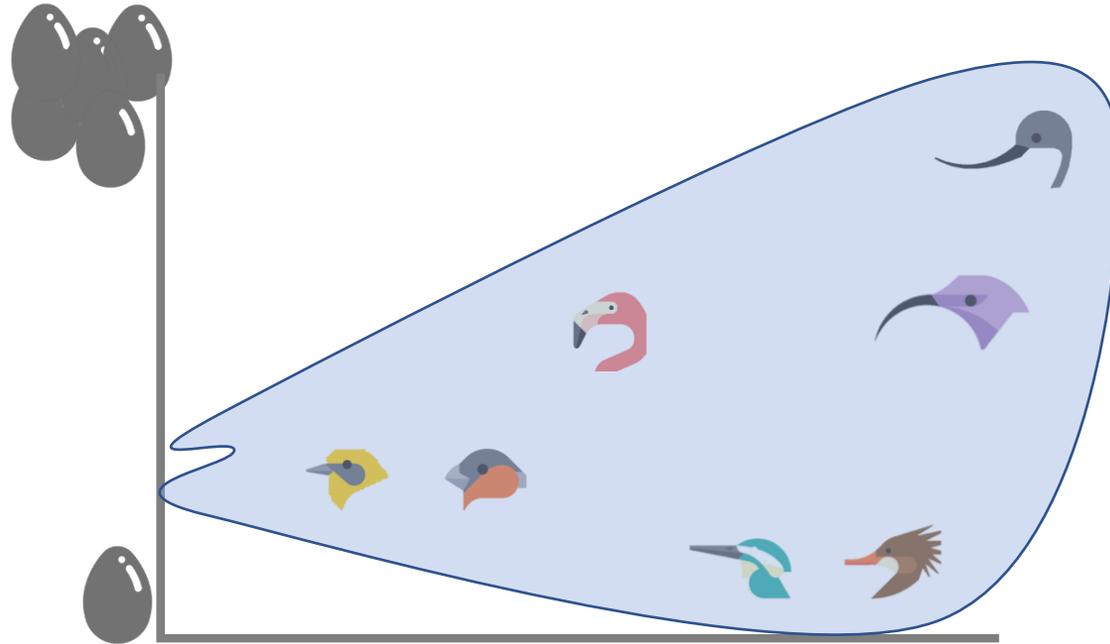


Ile 2

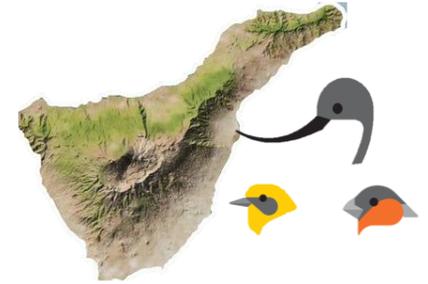


Ecologie fonctionnelle c'est quoi ?

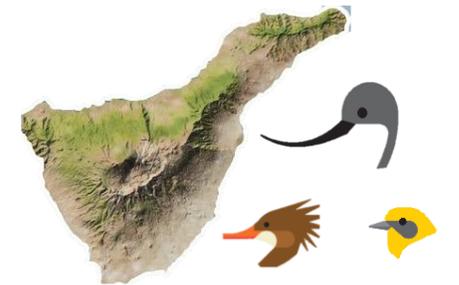
Quelle est la richesse fonctionnelle observée ?



Ile 1



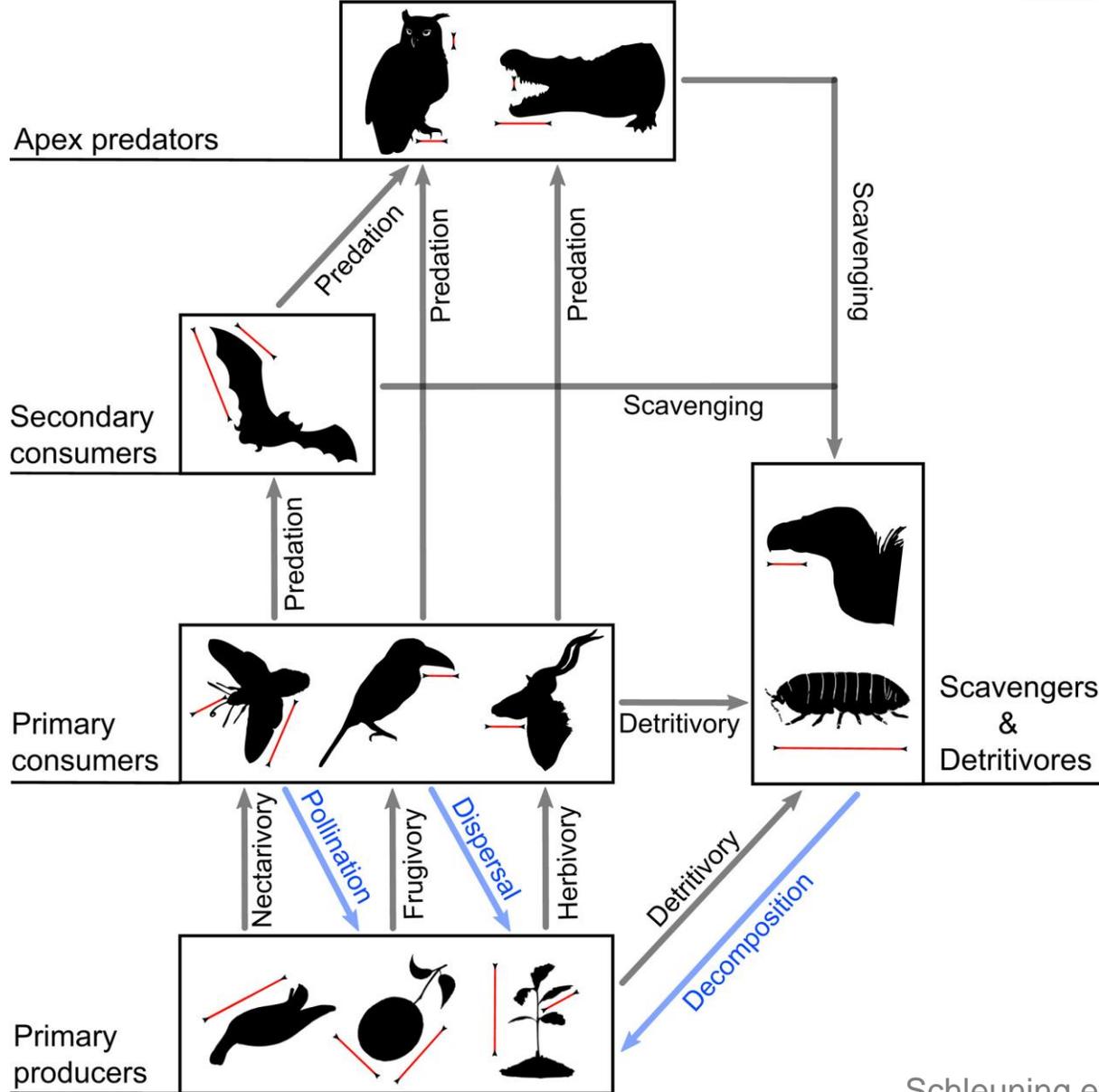
Ile 2



La diversité fonctionnelle

Tous les traits mesurables au niveau de l'individu, caractéristiques morphologiques, comportementales, traits d'histoire de vie qui vont affecter la performance des individus (reproduction, survie, croissance, etc.)

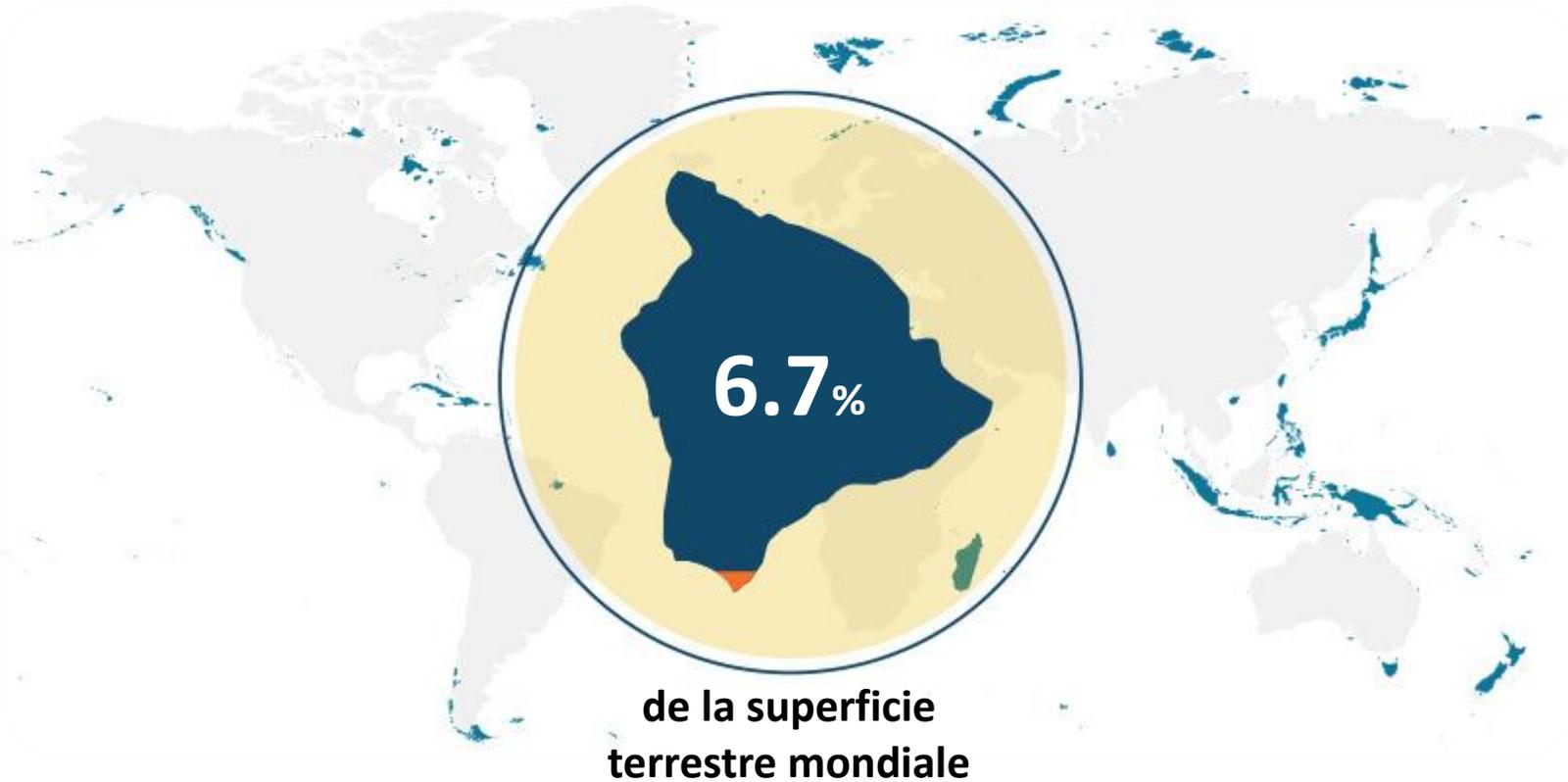
Contexte : Ecologie fonctionnelle, pourquoi c'est important ?



Les traits écologiques, comportementaux, d'histoire de vie des espèces qui permettent le fonctionnement et le maintien des écosystèmes

Contexte : les écosystèmes insulaires

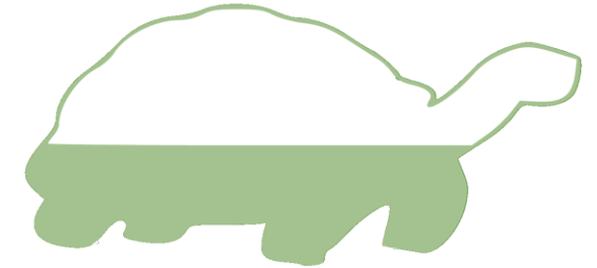
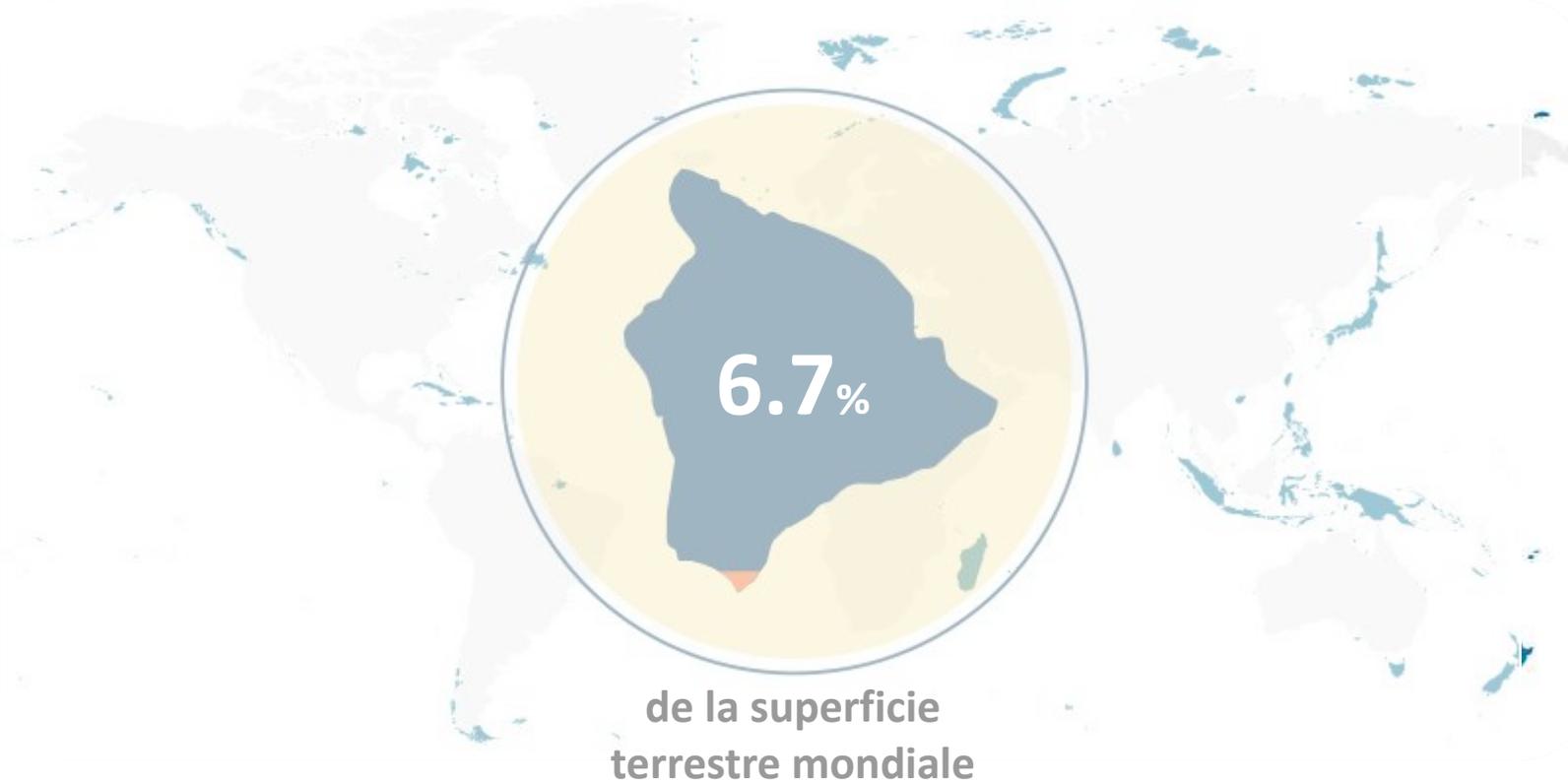
Concentration des extinctions au sein des **écosystèmes insulaires**



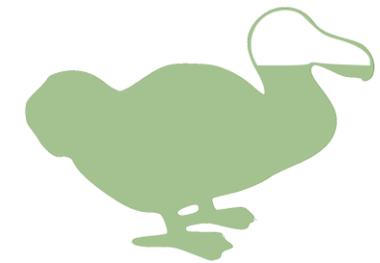
Contexte : les écosystèmes insulaires

Concentration des extinctions au sein des **écosystèmes insulaires**

Une biodiversité remarquable



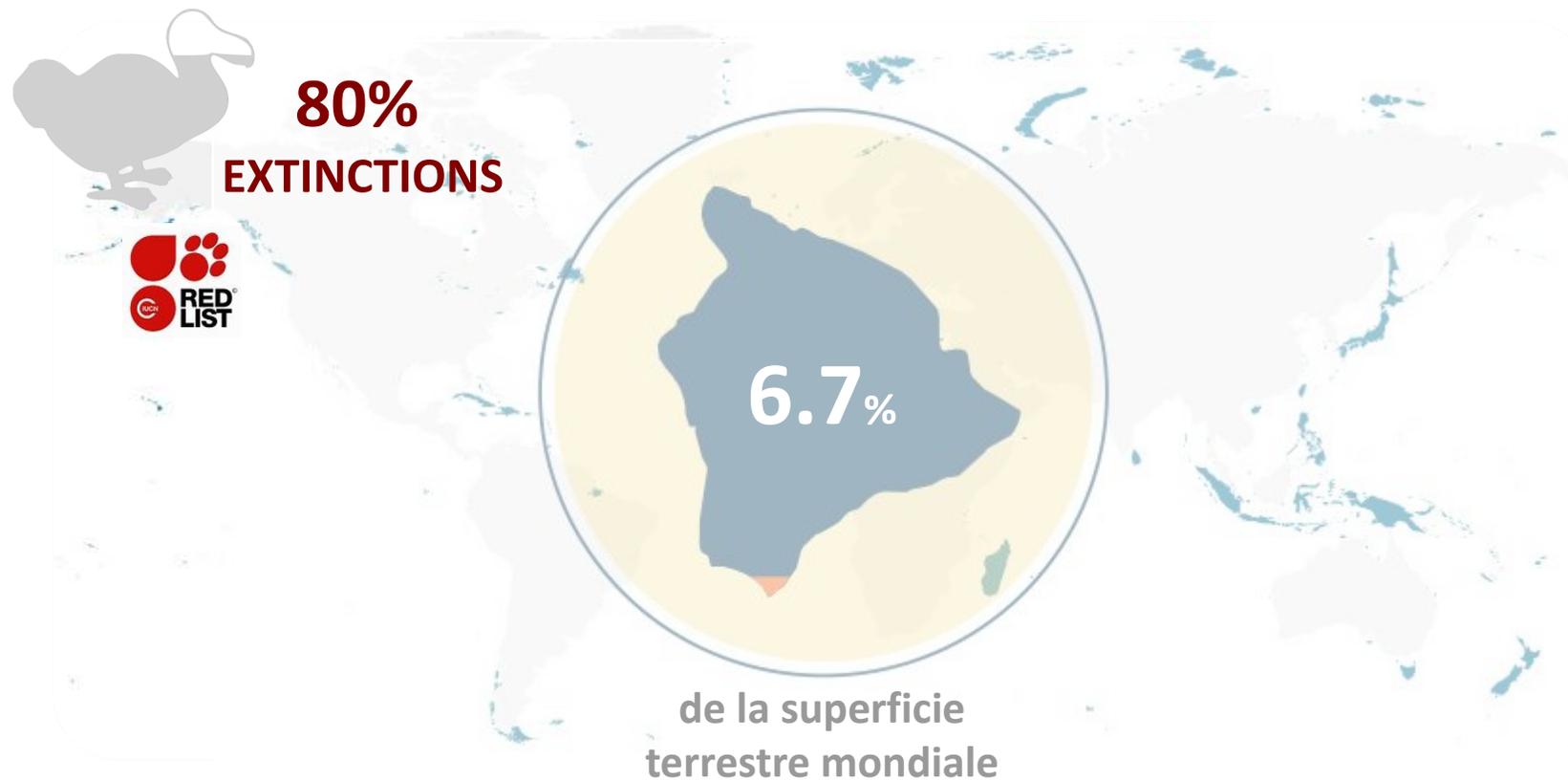
- + de 15% des espèces terrestres



- 8 fois plus d'espèces endémiques que sur les continents

Contexte : les écosystèmes insulaires

Concentration des extinctions au sein des **écosystèmes insulaires**

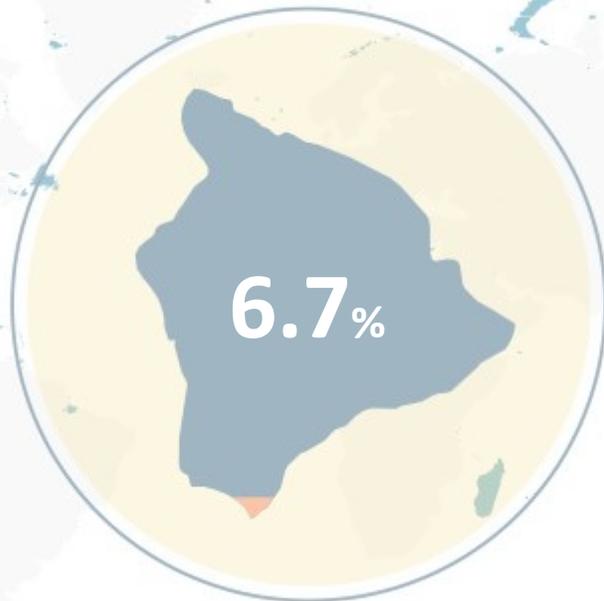


Contexte : les écosystèmes insulaires

Concentration des extinctions au sein des **écosystèmes insulaires**



80%
EXTINCTIONS



de la superficie
terrestre mondiale



95%
BIRDS



54%
AMPHIBIANS



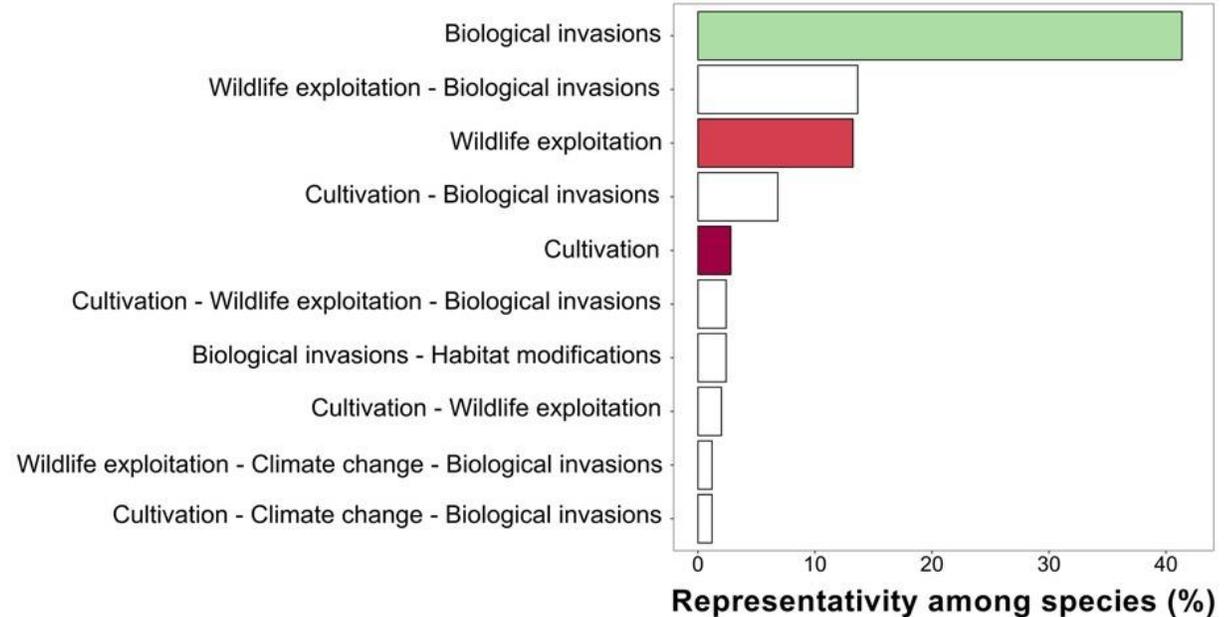
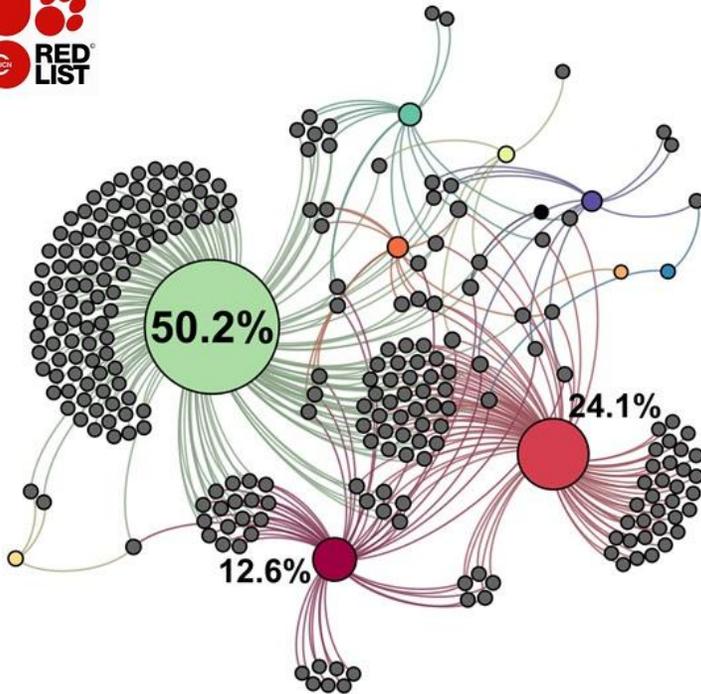
54%
MAMMALS



81%
REPTILES

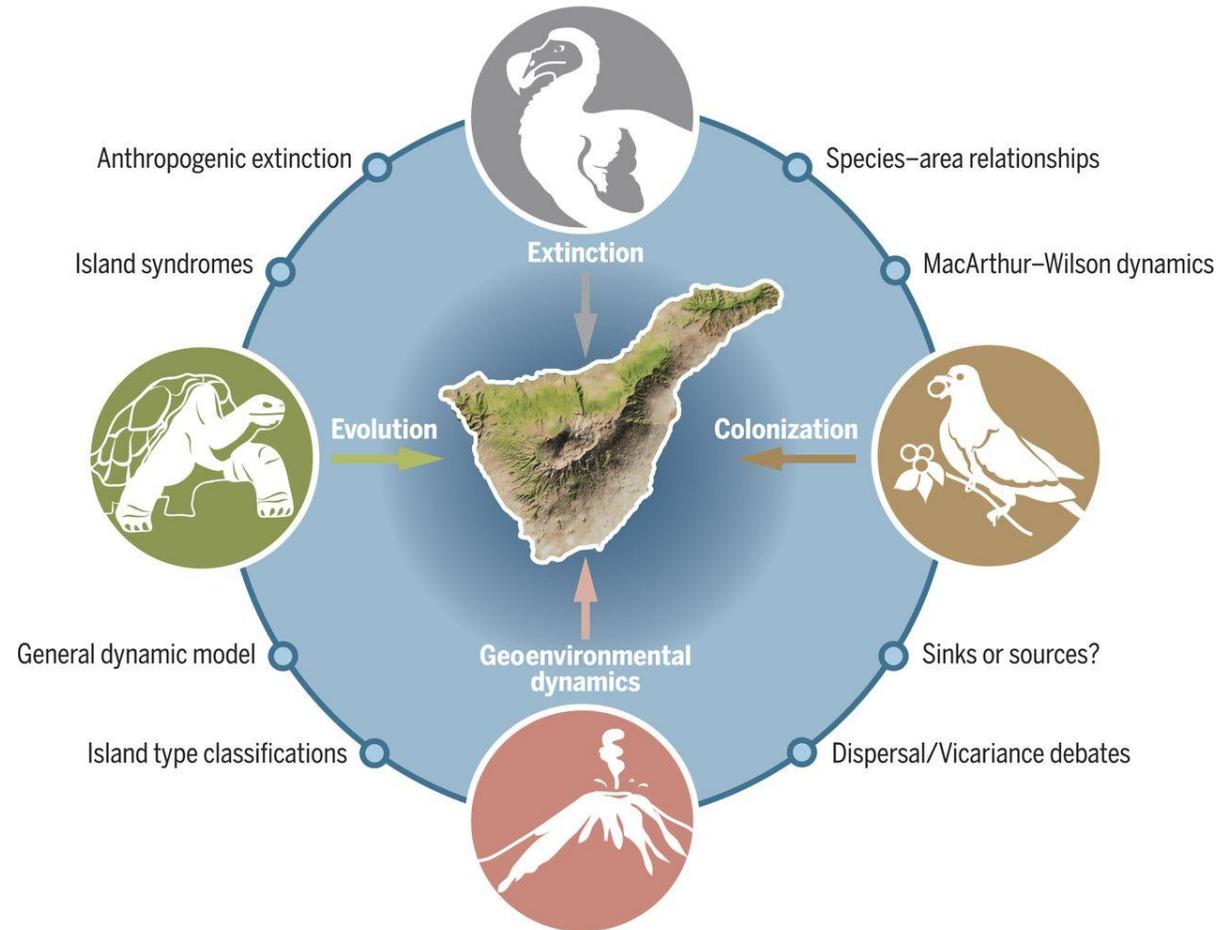
Contexte : les écosystèmes insulaires

Concentration des extinctions au sein des écosystèmes insulaires et de la menace **des invasions biologiques**



Contexte : les écosystèmes insulaires

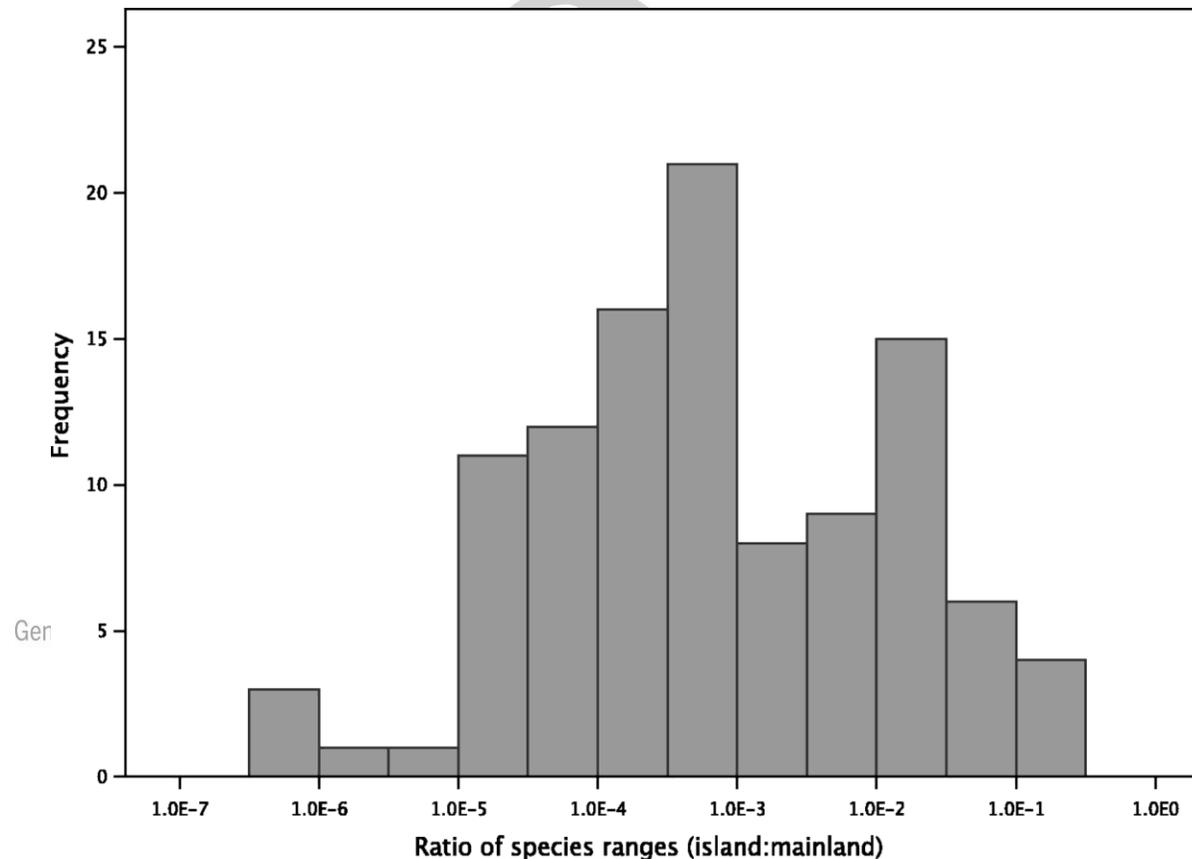
Ancrage théorique : diversité insulaire



① LA NATURE GEOPHYSIQUE DES ÎLES ISOLEMENT, FRAGMENTATION

Contexte : les écosystèmes insulaires

Ancrage théorique : diversité insulaire



① LA NATURE GEOPHYSIQUE DES ÎLES
ISOLEMENT, FRAGMENTATION

② LES CARACTÉRISTIQUES GÉOGRAPHIQUES,
DÉMOGRAPHIQUES ET GÉNÉTIQUES DU BIOTE INSULAIRE

Aire de répartition moyenne des
espèces insulaires = 5 780 km²

Aire de répartition moyenne des
espèces continentales > 4 080 000 km²

Contexte : les écosystèmes insulaires

Ancrage théorique : diversité insulaire



① LA NATURE GEOPHYSIQUE DES ÎLES
ISOLEMENT, FRAGMENTATION

② LES CARACTÉRISTIQUES GÉOGRAPHIQUES,
DÉMOGRAPHIQUES ET GÉNÉTIQUES DU BIOTE INSULAIRE

③ SYNDROME D'INSULARITÉ
ensemble de modifications (morphologiques,
comportementales, ...) propres à la situation insulaire

80%
EXTINCTIONS



Ecologie fonctionnelle des invasions biologiques

- Introduction
- Profils écologiques des 'envahisseurs' et des 'envahis'
- Scénarios d'extinctions de la diversité fonctionnelle (et phylogénétique) en raison des invasions
- Quelles solutions pour limiter leurs impacts ?
- Conclusion



Camille Bernery
Thèse, 2022



Clara Marino
Thèse, 2023



Déterminer le profil écologique des invasions biologiques

En théorie, le profil écologique des espèces menacées par les invasions biologiques est à l'opposé des espèces qui sont vulnérables aux invasions



C. Marino

“Two sides of the same coin” hypothesis



Vulnérable

Succès

Déterminer le profil écologique des invasions biologiques

En théorie, le profil écologique des espèces menacées par les invasions biologiques est à l'opposé des espèces qui sont vulnérables aux invasions



C. Marino



Perte de la capacité à voler //
cas du Kiwi (*Apteryx sp.*)



Trait 1 : la mobilité



© Camille BERNERY / ESE / CNRS Images

Vulnérable

Succès

Déterminer le profil écologique des invasions biologiques

En théorie, le profil écologique des espèces menacées par les invasions biologiques est à l'opposé des espèces qui sont vulnérables aux invasions



C. Marino



Trait 1 : la mobilité



Trait 2 : régime alimentaire



© Camille BERNERY / ESE / CNRS Images



11 traits liés à la morphologie,
caractéristiques géographiques,
et écologiques (régime
alimentaire, habitats)

“Two sides of the same coin”
hypothesis

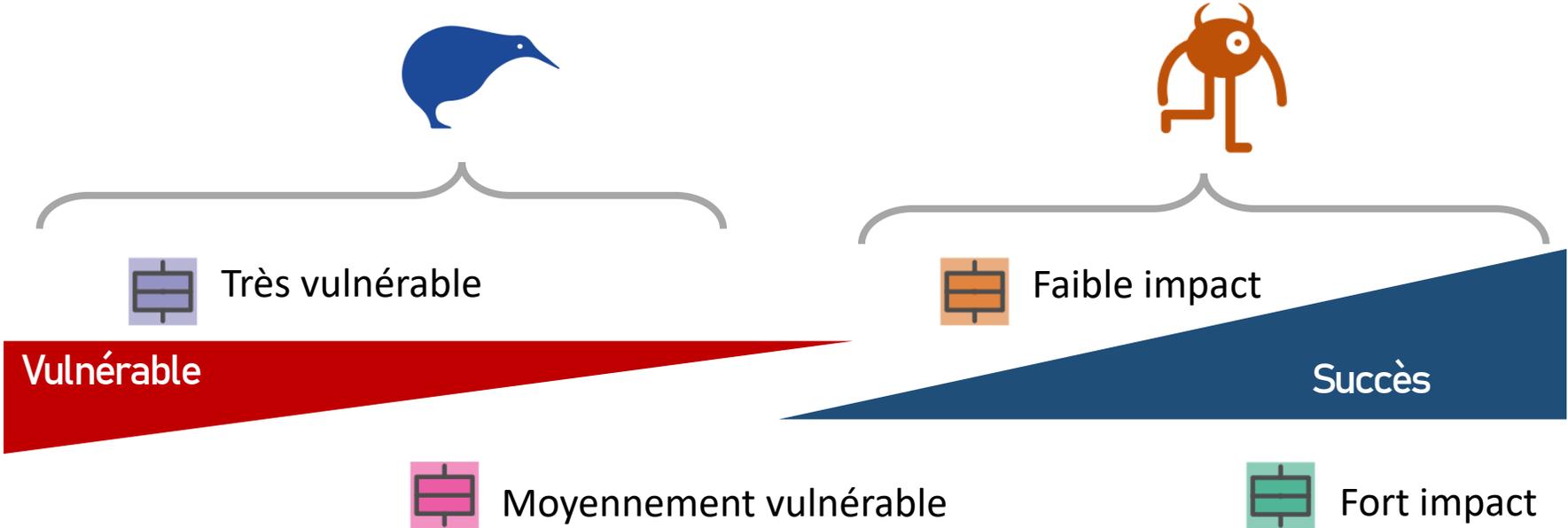


Déterminer le profil écologique des invasions biologiques : le cas des oiseaux



C. Marino

450 oiseaux **natifs menacés** par les invasions vs. 400 oiseaux **exotiques**

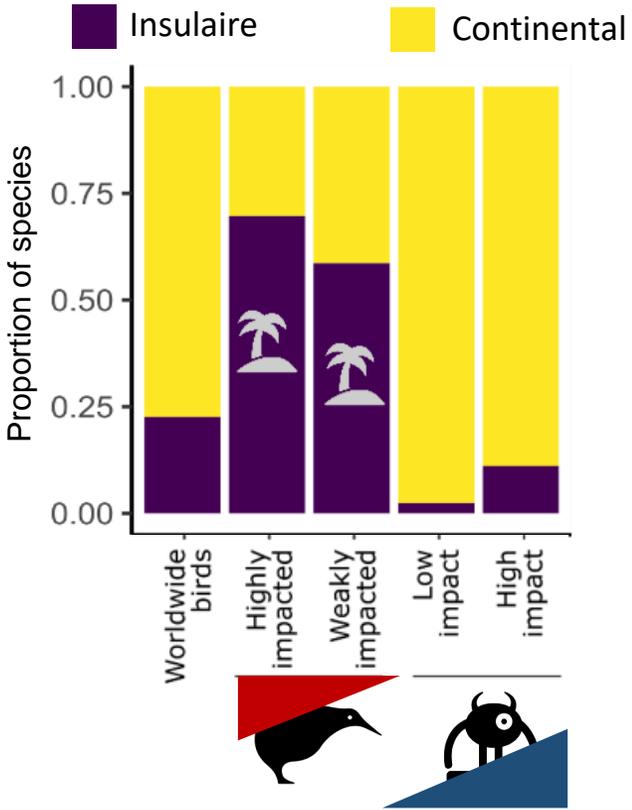
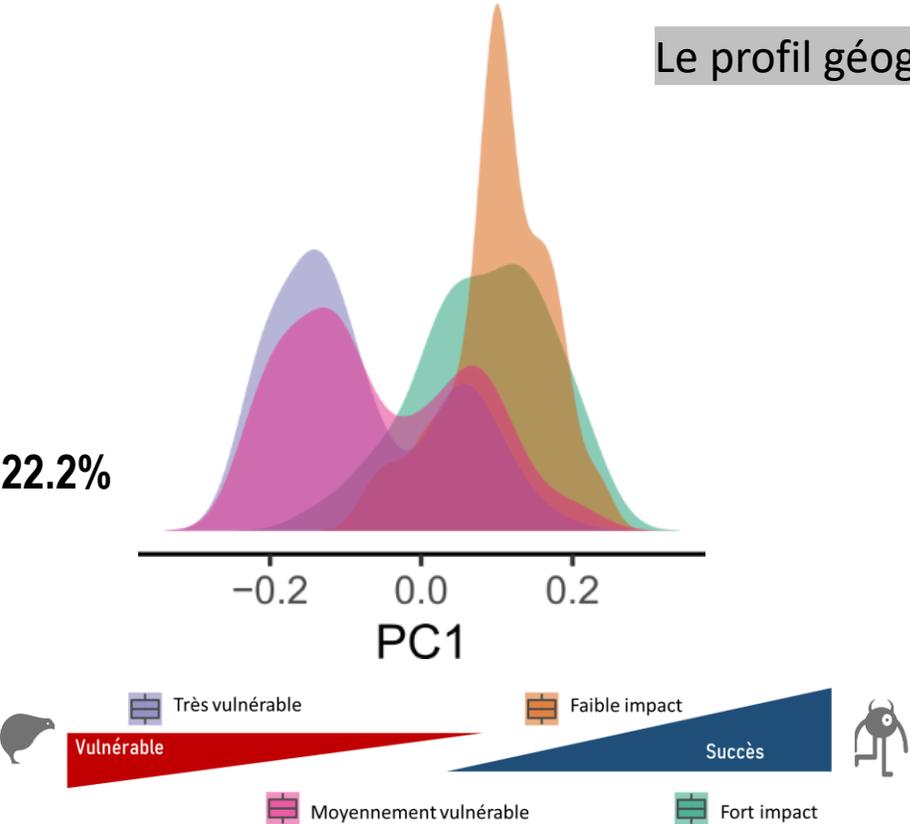


Déterminer le profil écologique des invasions biologiques : le cas des oiseaux



C. Marino

Le profil géographique

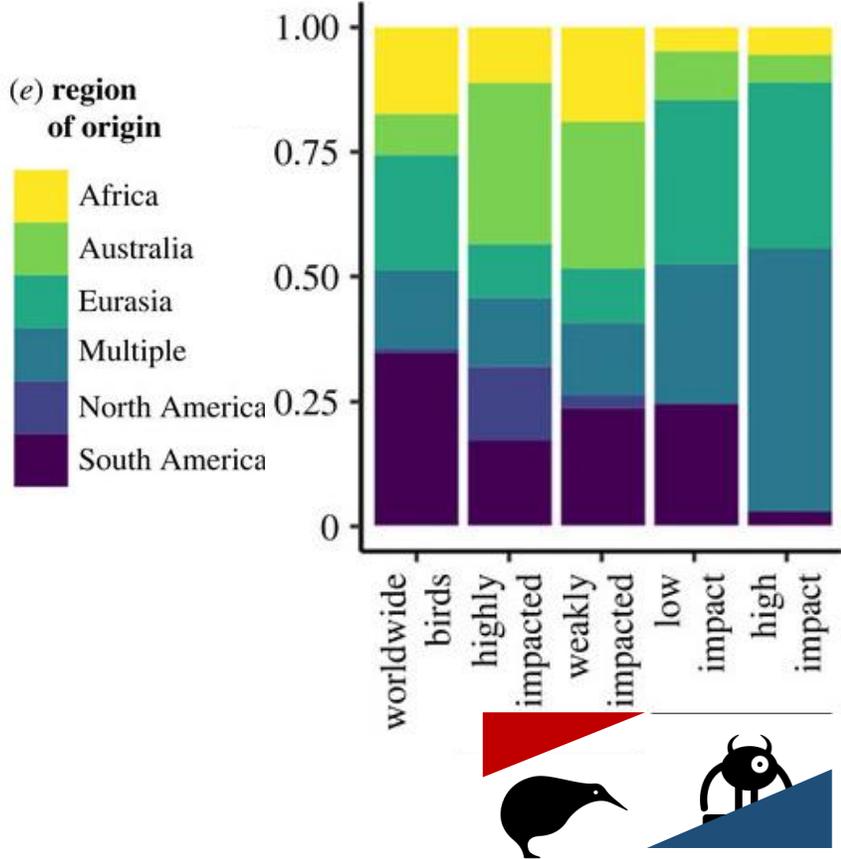
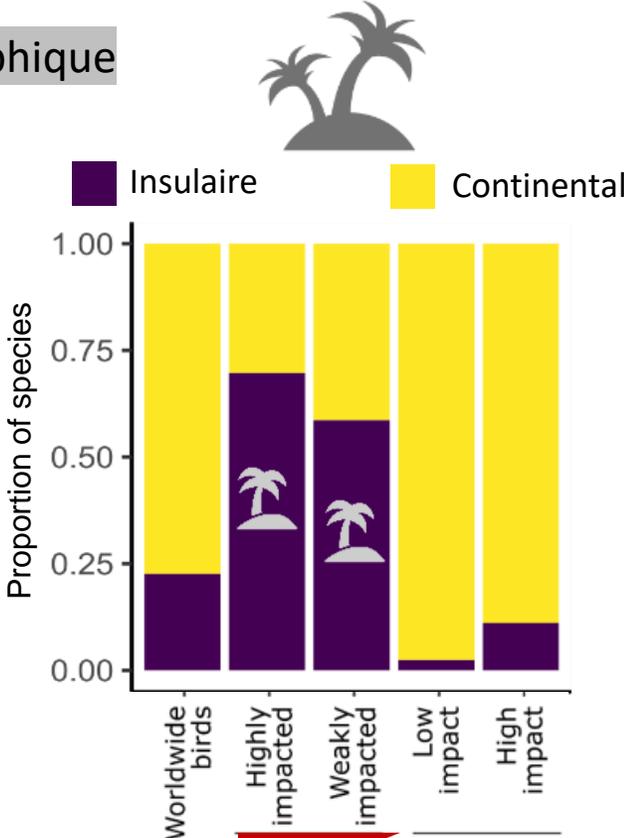
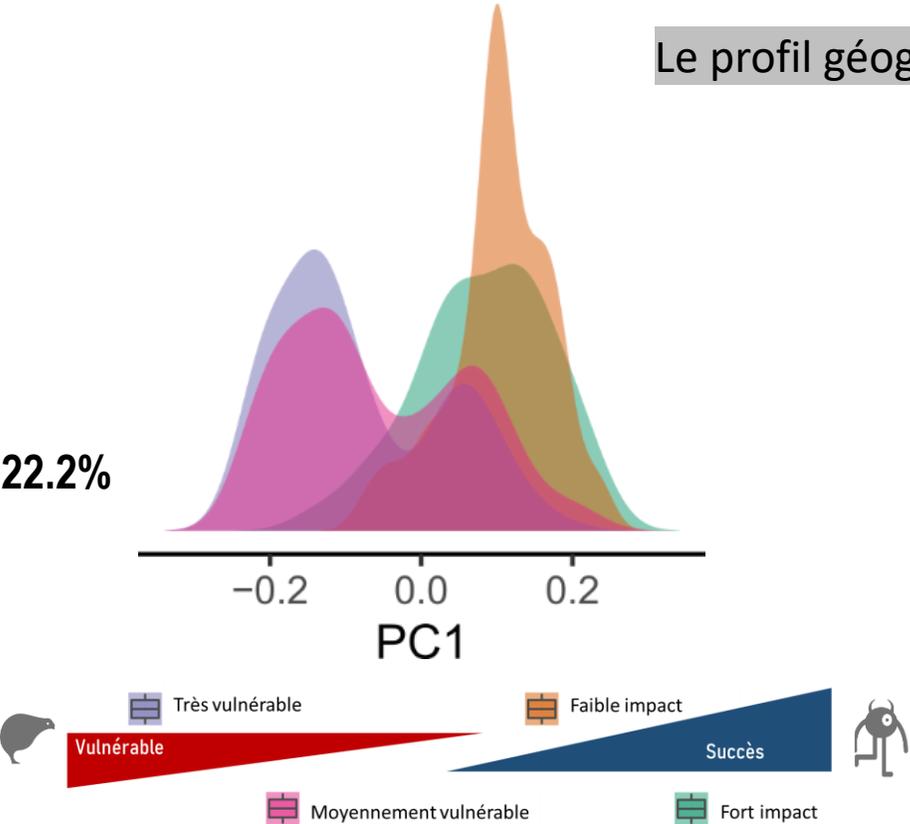


Déterminer le profil écologique des invasions biologiques : le cas des oiseaux

Le profil géographique



C. Marino

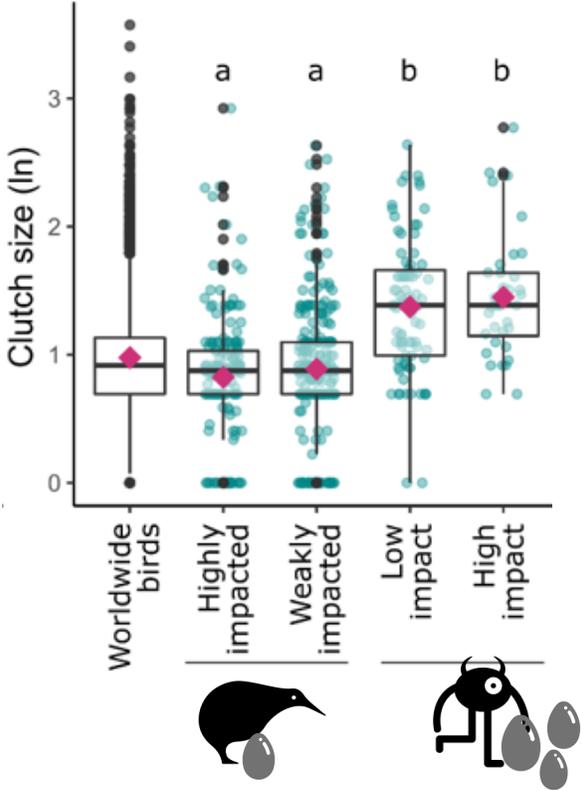


Déterminer le profil écologique des invasions biologiques : le cas des oiseaux



C. Marino

Taille de la portée

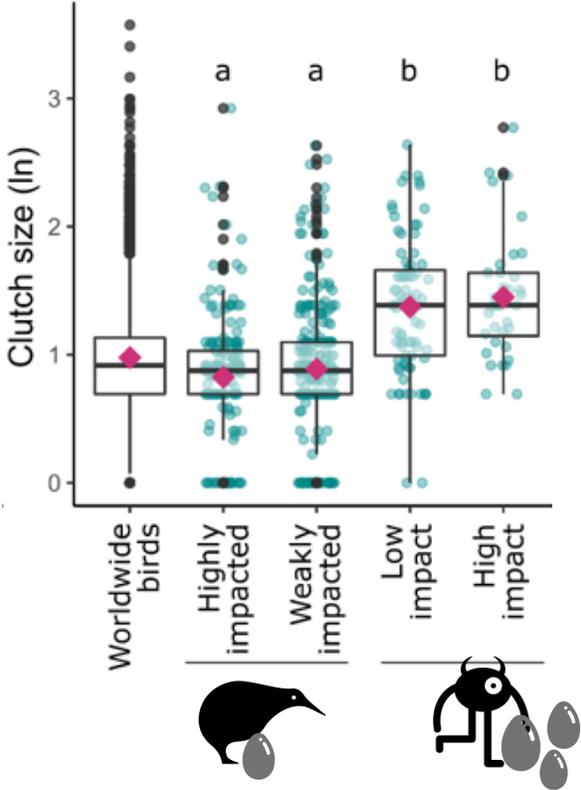


Déterminer le profil écologique des invasions biologiques : le cas des oiseaux

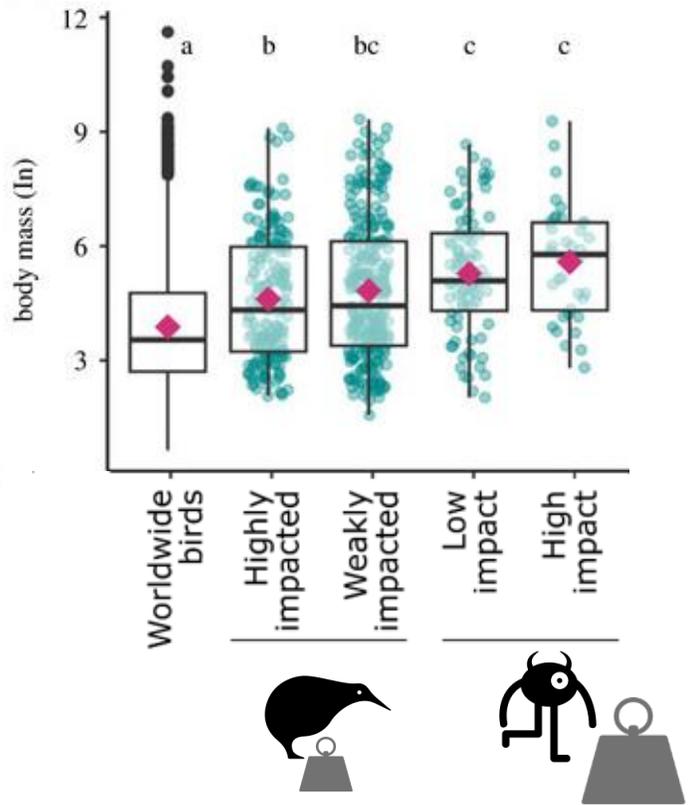


C. Marino

Taille de la portée



Masse corporelle

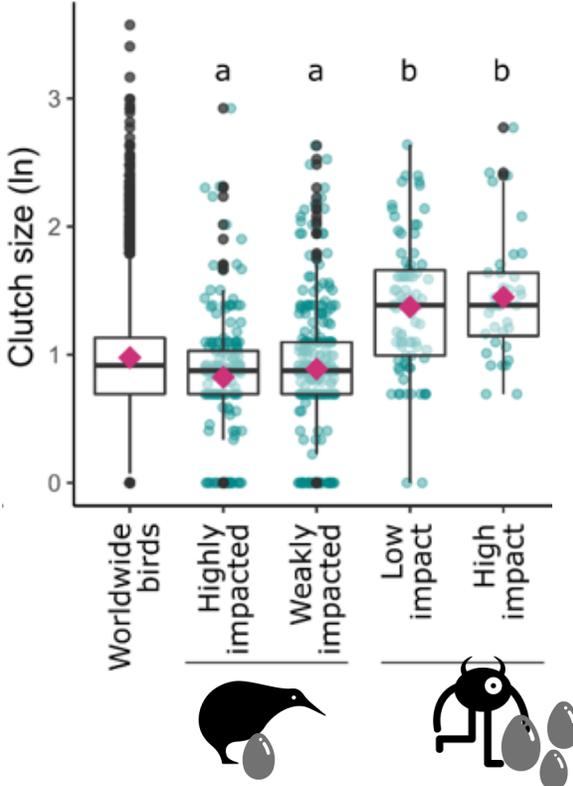


Déterminer le profil écologique des invasions biologiques : le cas des oiseaux

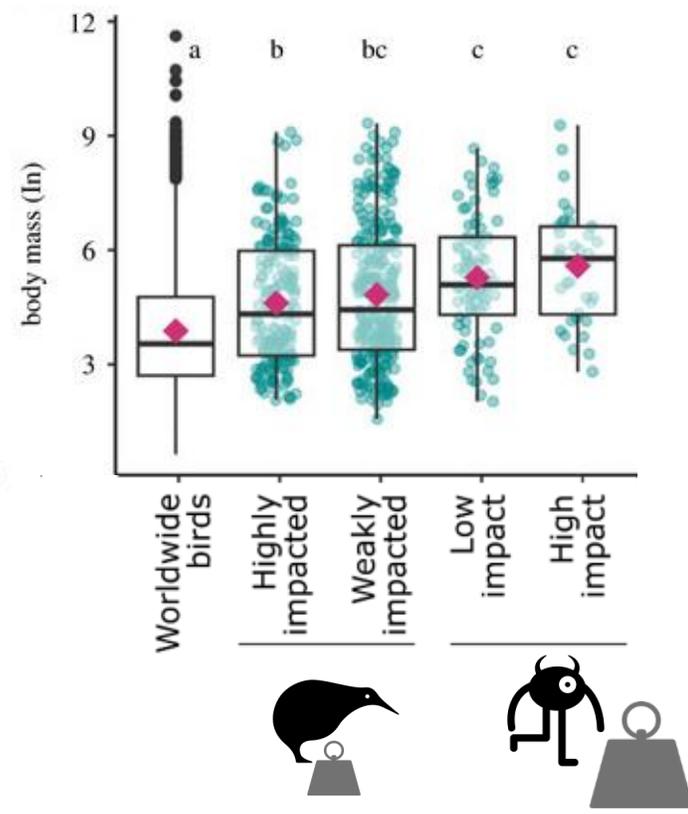


C. Marino

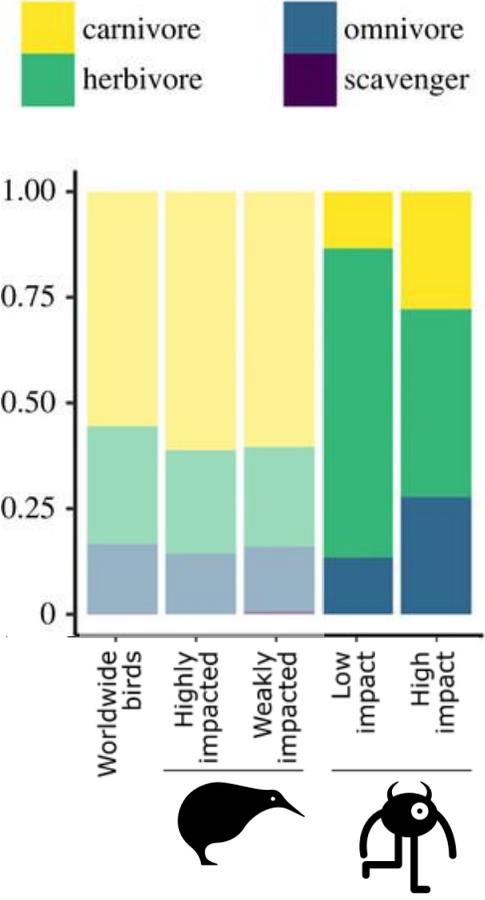
Taille de la portée



Masse corporelle



Niveau trophique



Déterminer le profil écologique des invasions biologiques : le cas des oiseaux, c'est possible ?



Le profil géographique, niveau de spécialisation de l'habitat, régime alimentaire, taille de la portée, caractéristiques morphologiques (masse corporelle)

Distinction des espèces exotiques à faible ou fort impact sur les écosystèmes natifs

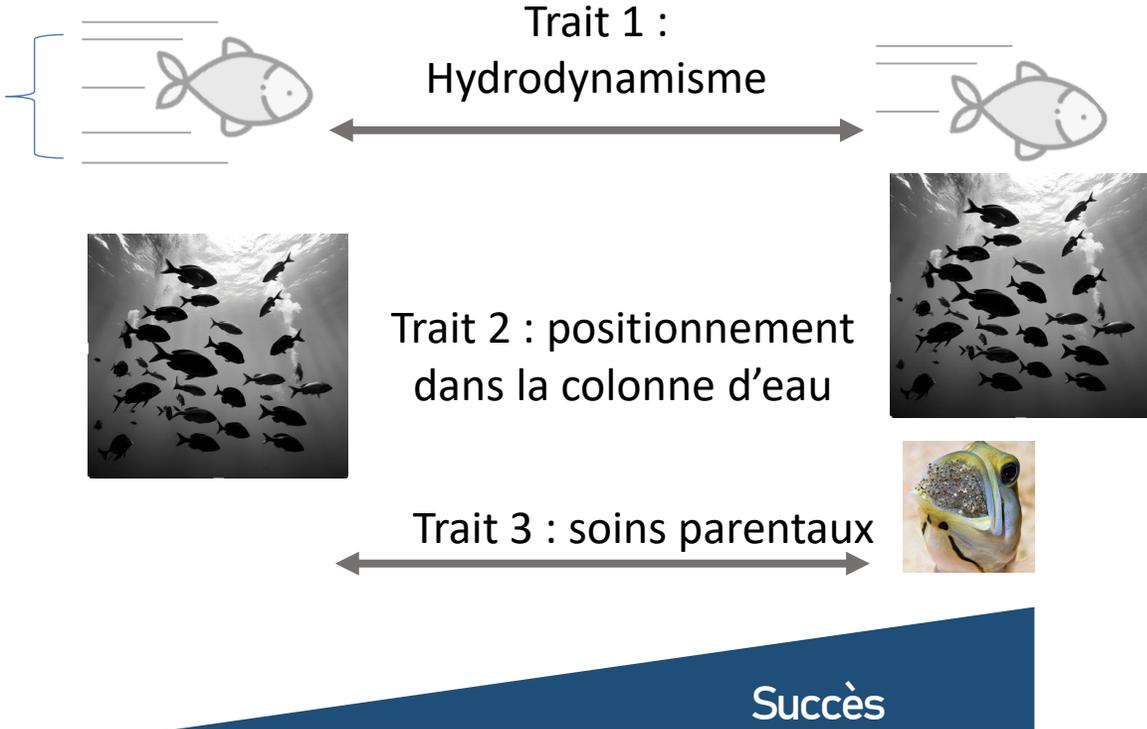


Traits morphologiques (taille des ailes ou du bec)

Déterminer le profil écologique des invasions biologiques : le cas des poissons



C. Bernery



13 traits liés à la morphologie, caractéristiques écologiques (régime alimentaire, habitats) et comportementales

Déterminer le profil écologique des invasions biologiques : le cas des oiseaux



C. Bernery

222 poissons **exotiques**



Nombre de bassins
Capacité à s'établir en dehors de son aire géographique d'origine

Faible succès

Fort succès

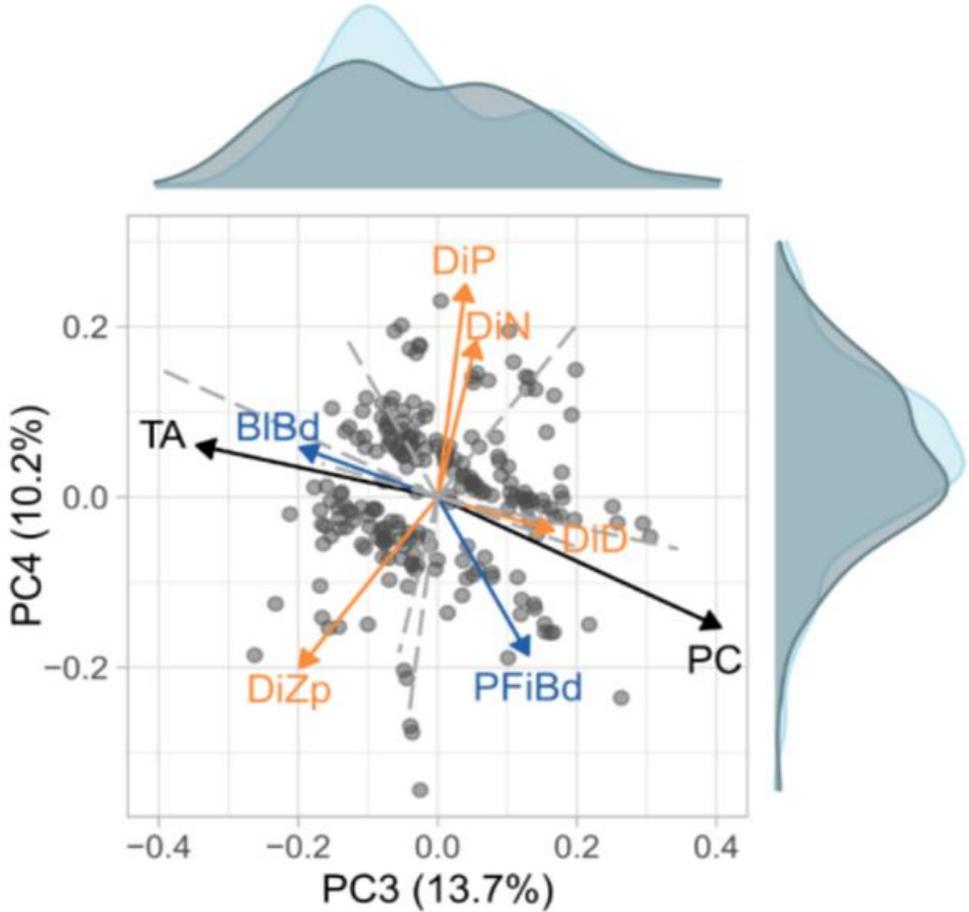


Déterminer le profil écologique des invasions biologiques : le cas des poissons

Le succès des invasions de poissons d'eau douce à travers deux critères :



C. Bernery

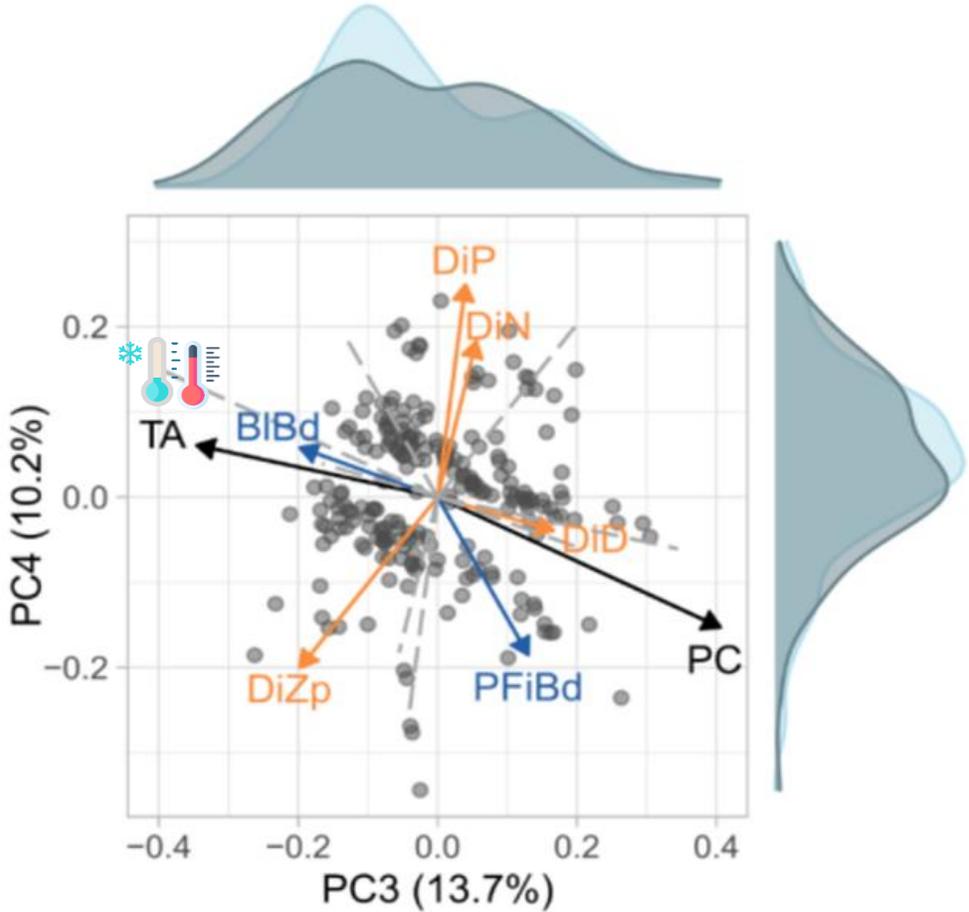


Déterminer le profil écologique des invasions biologiques : le cas des poissons

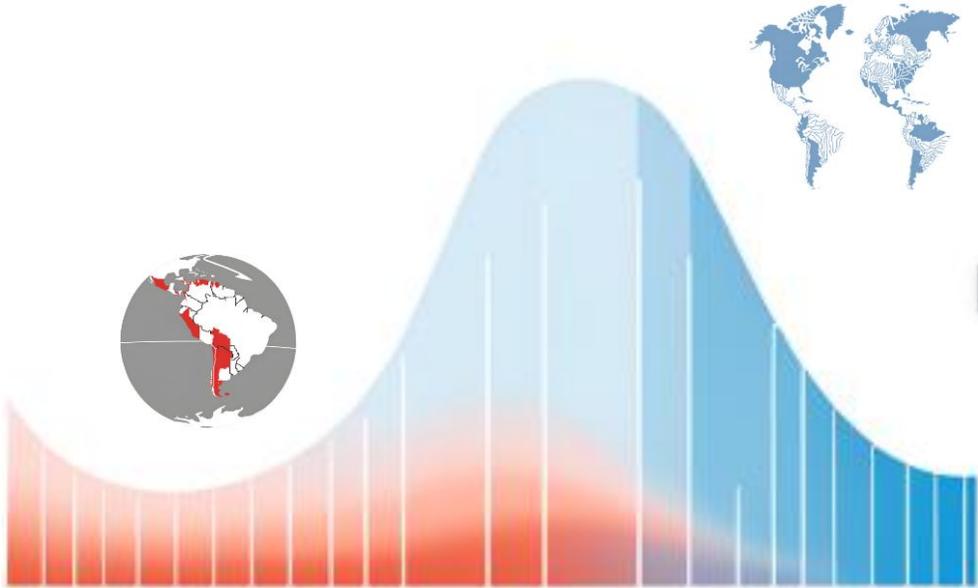
Le succès des invasions de poissons d'eau douce à travers deux critères :



C. Bernery



Amplitude de température

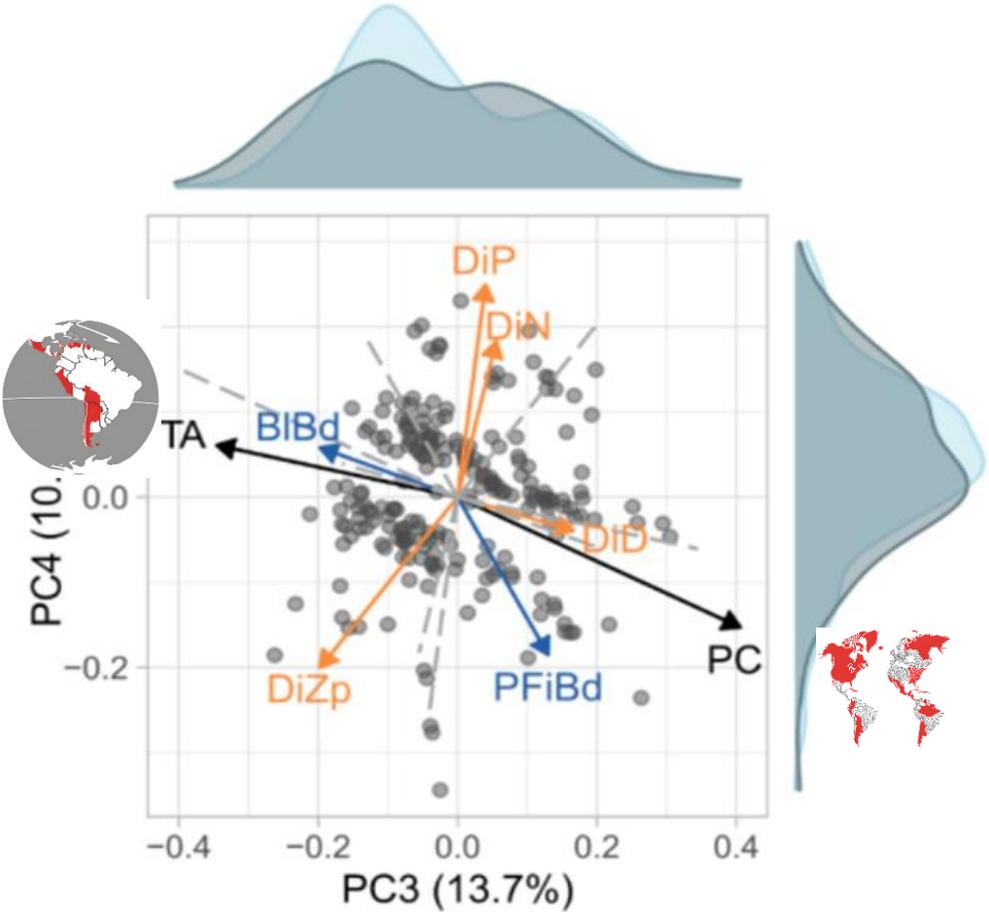


Déterminer le profil écologique des invasions biologiques : le cas des poissons

Le succès des invasions de poissons d'eau douce à travers deux critères :



C. Bernery



Soins parentaux



Déterminer le profil écologique des invasions biologiques : le cas des poissons



Succès



C. Bernery



- **Position plus haute** dans la colonne d'eau

- **Grande taille**



- Régime alimentaire **plus varié**

- **Position latérale** de la nageoire pectorale

- **Niveau** de soins parentaux



- **Plus grande amplitude** de température dans leur bassins natifs

Quelles sont les conséquences de cette sélection d'espèces ?



Succès

Certains traits sont sélectionnés, ce ne sont pas toutes les espèces qui vont devenir envahissantes, elles vont arriver sur les îles avec certains profils (reproduction élevée, généraliste)

Vulnérable



Certaines espèces avec des traits spécifiques sont plus vulnérables (masse corporelle élevée, insulaire, faible mobilité), **ce n'est pas uniquement le nombre d'espèces qui va changer mais toute la diversité des traits représentées par ces espèces**

Ecologie fonctionnelle des invasions biologiques

- Introduction
- Profils écologiques des 'envahisseurs' et des 'envahis'
- Scénarios d'extinctions de la diversité fonctionnelle (et phylogénétique) en raison des invasions
- Quelles solutions pour limiter leurs impacts ?
- Conclusion



Camille Bernery
Thèse, 2022



Clara Marino
Thèse, 2023



Camille Leclerc,
Thèse, 2019

Quelles seraient les conséquences pour la diversité fonctionnelle future ?



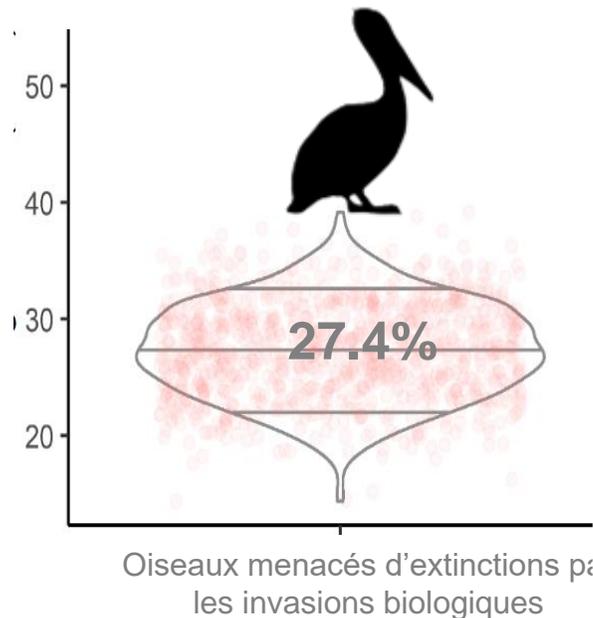
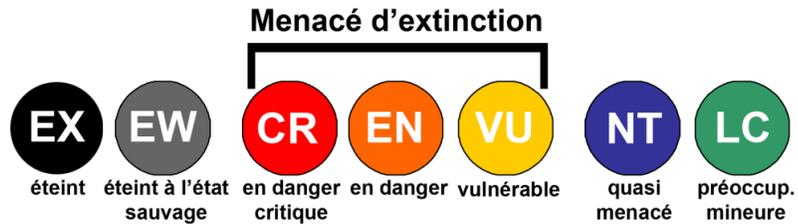
n = 8113

n = 499 menacées d'extinctions par les invasions biologiques

Dans 50 ans ...

6% de la richesse taxonomique des oiseaux menacées d'extinctions par les invasions biologiques

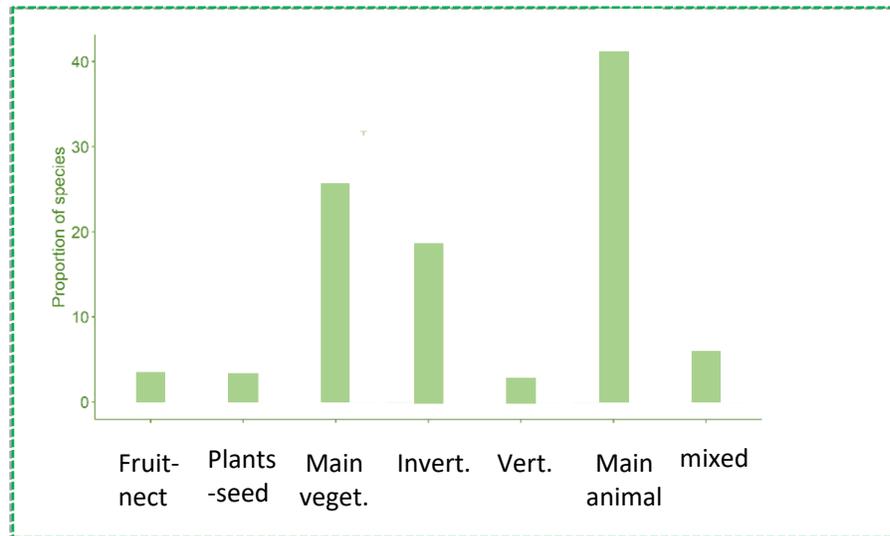
Quelles seraient les conséquences pour la diversité fonctionnelle future ?



Dans 50 ans ...

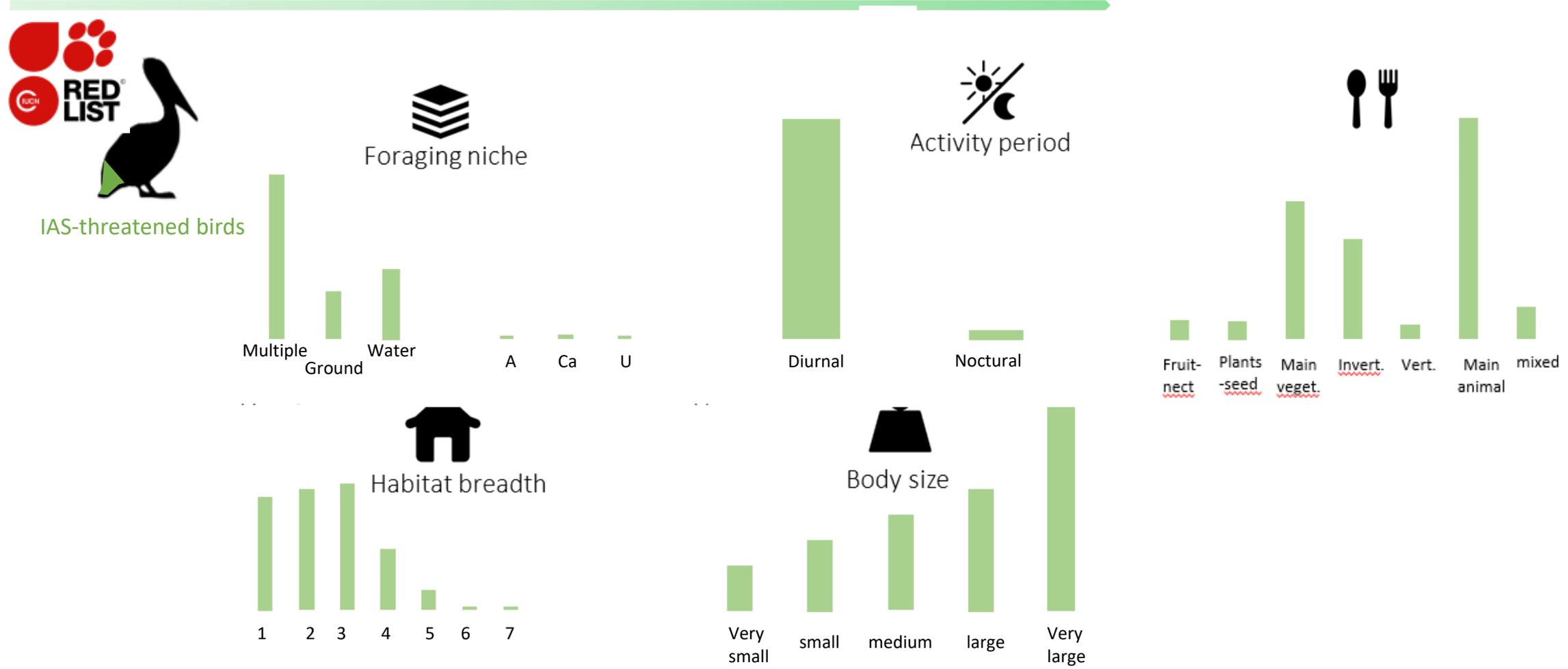
27% de la richesse fonctionnelle des oiseaux menacés d'extinctions par les invasions biologiques

Quelles seraient les conséquences pour la diversité fonctionnelle future ?



27% de la richesse fonctionnelle des oiseaux menacés d'extinctions par les invasions biologiques

Quelles seraient les conséquences pour la diversité fonctionnelle future ?



27% de la richesse fonctionnelle des oiseaux menacés d'extinctions par les invasions biologiques

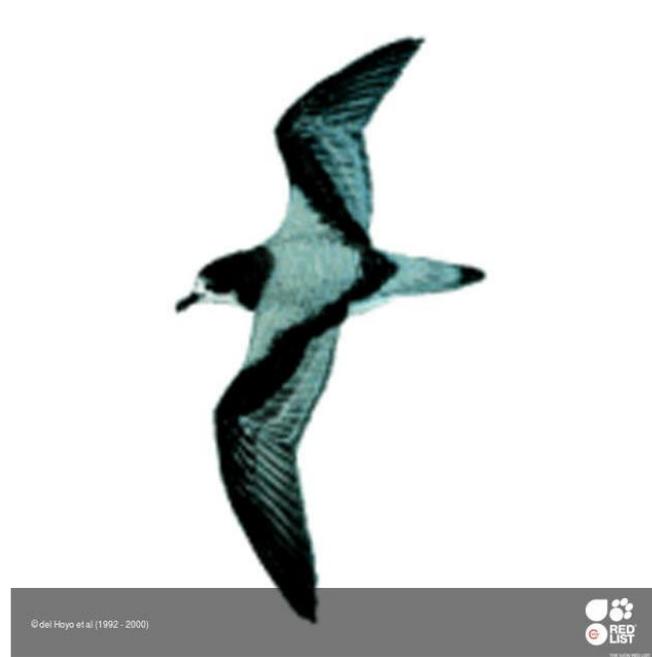
Quelles sont les conséquences de cette perte de richesse fonctionnelle ?

✓ Une perte de près d'un tiers de la richesse fonctionnelle des oiseaux

✓ Perte des espèces spécialistes, des “gros” oiseaux



© Grant Maslowki



© del Hoyo et al (1992 - 2000)



Phaeornis myadestina Stejn (kamao from Kauai), Bishop Museum, Honolulu

Ecologie fonctionnelle des invasions biologiques

- Introduction
- Profils écologiques des 'envahisseurs' et des 'envahis'
- Scénarios d'extinctions de la diversité fonctionnelle (et phylogénétique) en raison des invasions
- Quelles solutions pour limiter leurs impacts ?
- Conclusion



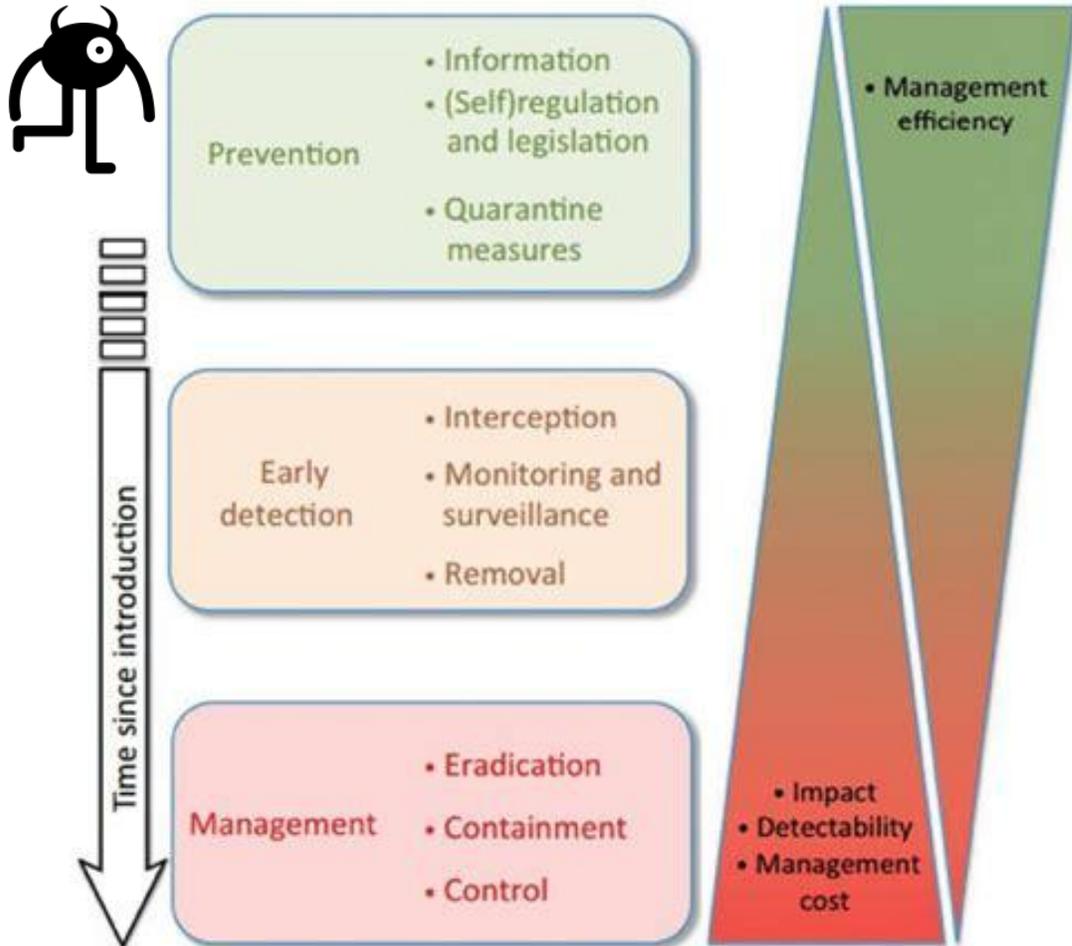
Filipa Soares,
collab. 2024



Clara Marino
Thèse, 2023

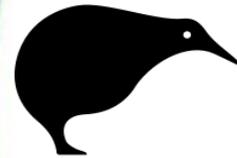
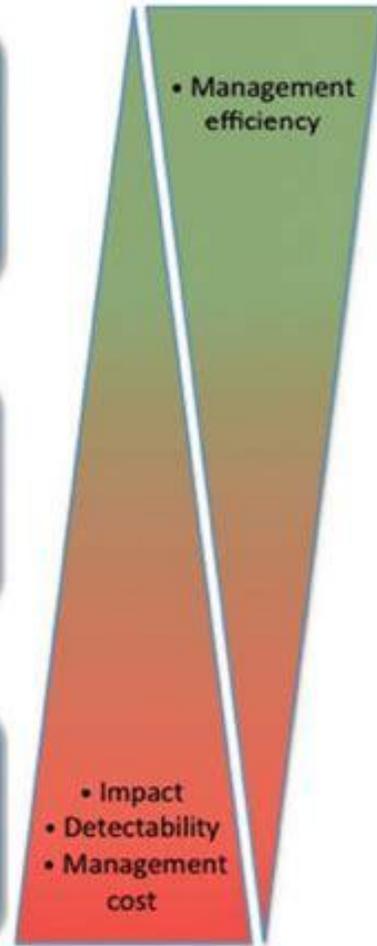
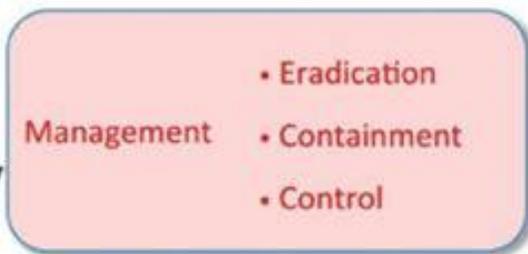
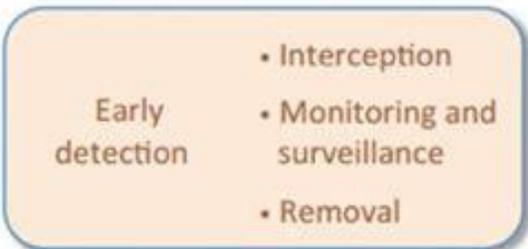
Quelles sont les solutions pour limiter les impacts des invasions sur la diversité fonctionnelle ?

Une multitude d'option ...



Quelles sont les solutions pour limiter les impacts des invasions sur la diversité fonctionnelle ?

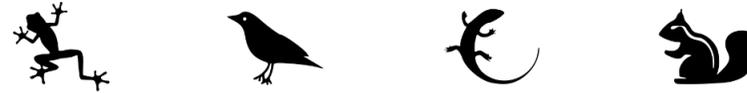
Une multitude d'option ...



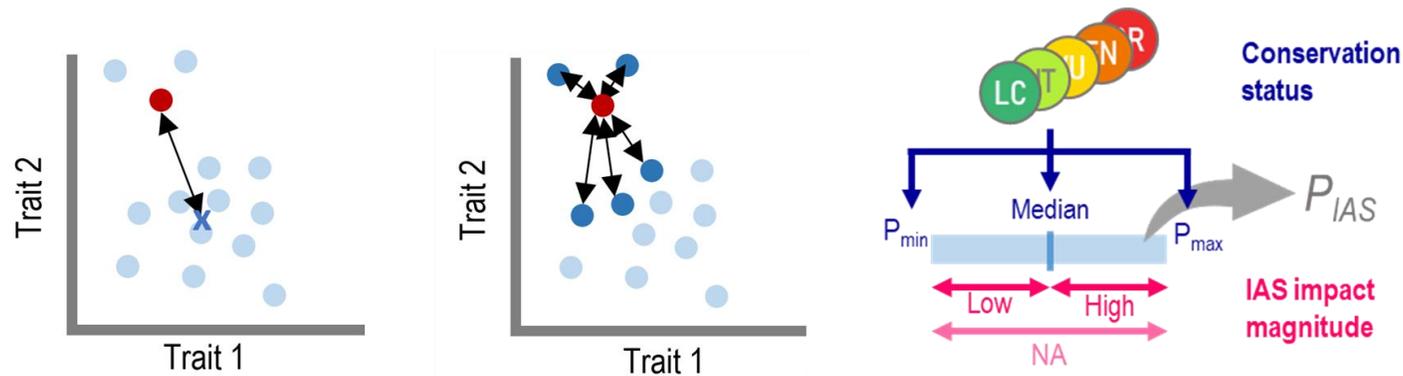
Identifier et protéger **les espèces les plus menacées** par les invasions et qui contribuent le plus à la **diversité fonctionnelle**

Quelles sont les solutions pour limiter les impacts des invasions sur la diversité fonctionnelle ?

Calcul d'un indice d'irremplacabilité fonctionnelle des espèces chez les tétrapodes



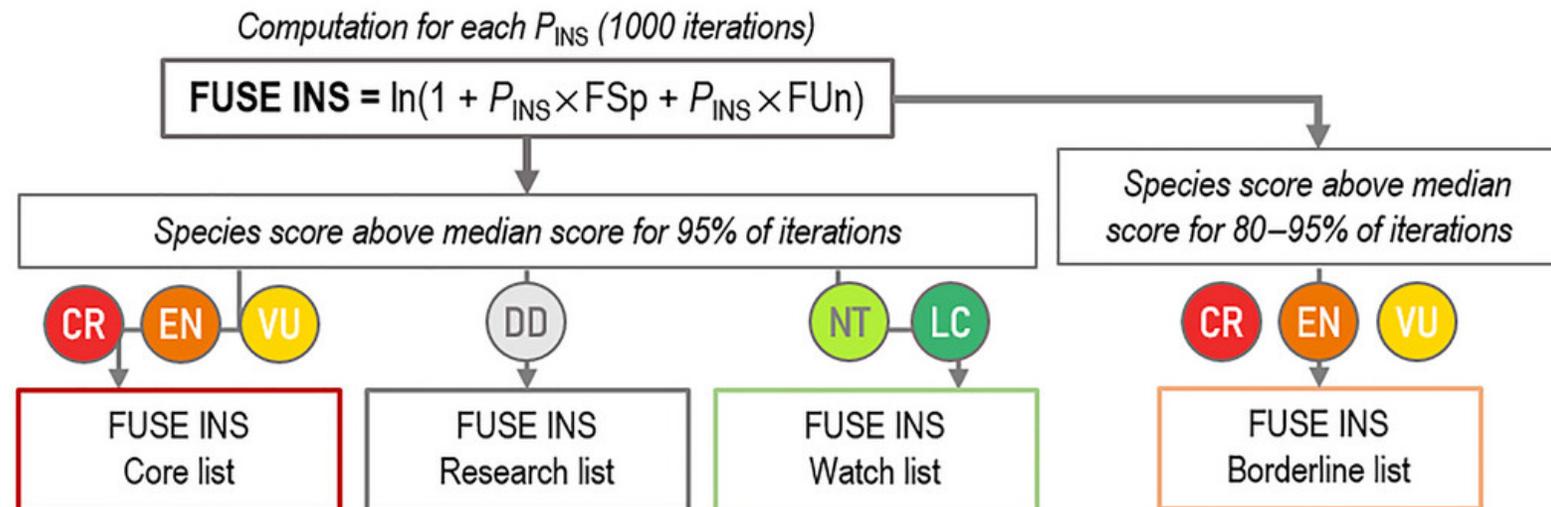
$$\left(\text{FSp} = \text{functional specialization} + \text{FUn} = \text{functional uniqueness} \right) \times P_{\text{IAS}} = \text{probability of extinction due to IAS}$$



Quelles sont les solutions pour limiter les impacts des invasions sur la diversité fonctionnelle ?

Calcul d'un indice d'irremplacabilité fonctionnelle des espèces chez les tétrapodes et **création de listes de priorité**

(c) FUSE INS score and priority lists



Quelles sont les solutions pour limiter les impacts des invasions sur la diversité fonctionnelle ?

CR EN VU

Liste des espèces prioritaires Besoin urgent de mesures de conservation

Irremplacable fonctionnelle & risque d'extinction élevé

Quelles sont les solutions pour limiter les impacts des invasions sur la diversité fonctionnelle ?



Liste des espèces potentiellement prioritaires Risques d'extinctions élevées mais ne sont pas les plus exceptionnelles d'un point de vue fonctionnel

Liste des espèces prioritaires Besoin urgent de mesures de conservation

Irremplaçable fonctionnelle & risque d'extinction élevé

Quelles sont les solutions pour limiter les impacts des invasions sur la diversité fonctionnelle ?

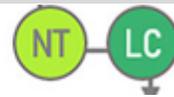


Liste des espèces potentiellement prioritaires Risques d'extinctions élevées mais ne sont pas les plus exceptionnelles d'un point de vue fonctionnel

Liste des espèces prioritaires Besoin urgent de mesures de conservation

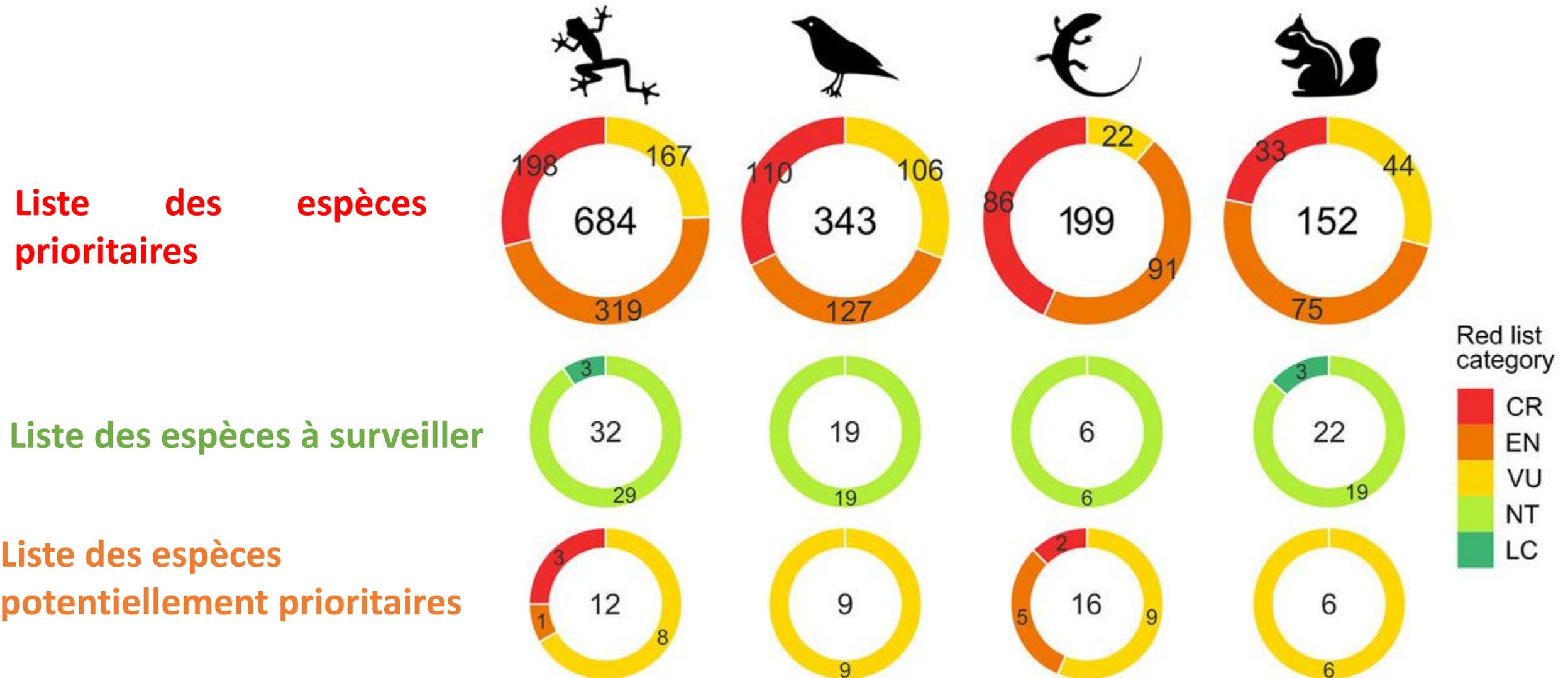


Liste des espèces à étudier Données manquantes sur leurs risques d'extinctions mais sont exceptionnelles d'un point de vue de la diversité fonctionnelle

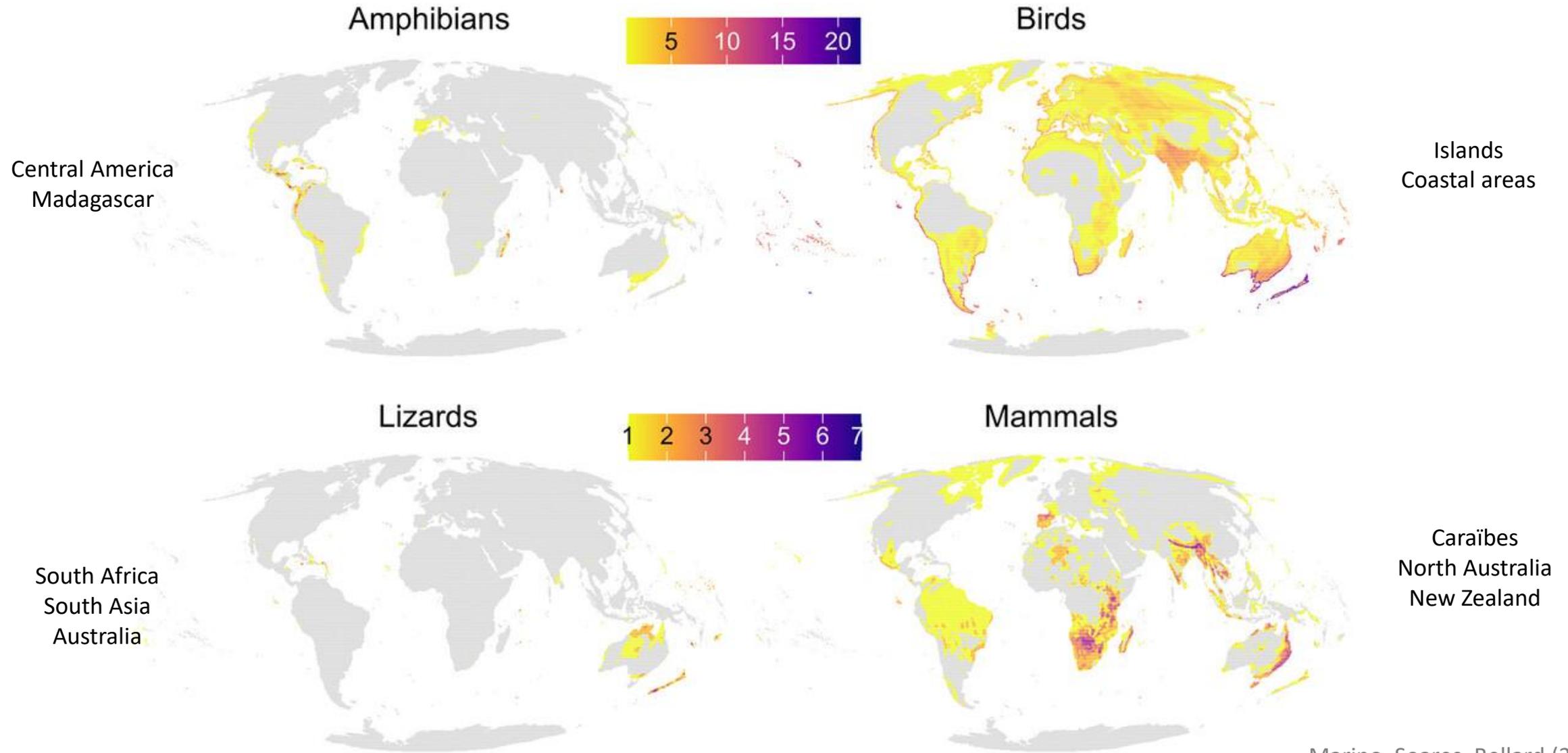


Liste des espèces à surveiller Pas encore menacées mais sont exceptionnelles d'un point de vue de la diversité fonctionnelle

Quelles sont les solutions pour limiter les impacts des invasions sur la diversité fonctionnelle ?

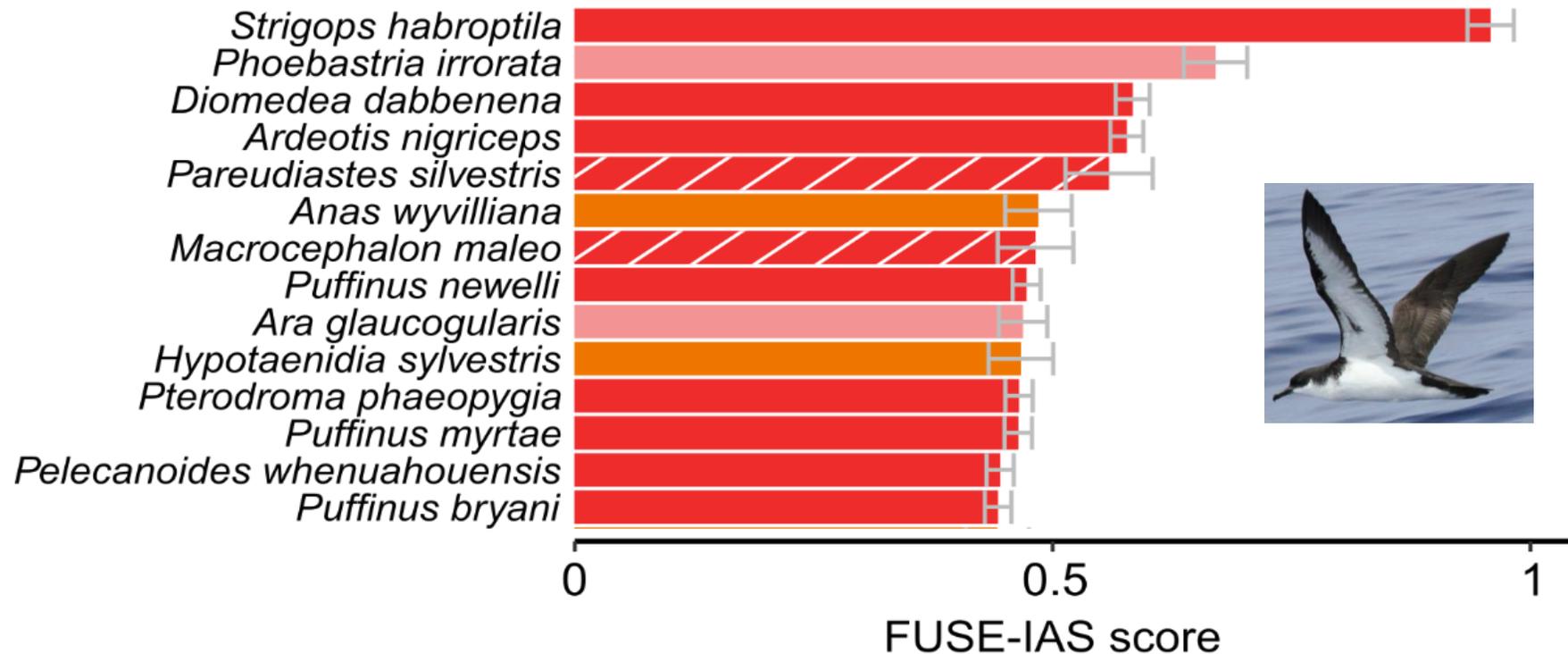


Quelles sont les solutions pour limiter les impacts des invasions sur la diversité fonctionnelle ?



Quelles sont les solutions pour limiter les impacts des invasions sur la diversité fonctionnelle ?

Top 14 des oiseaux



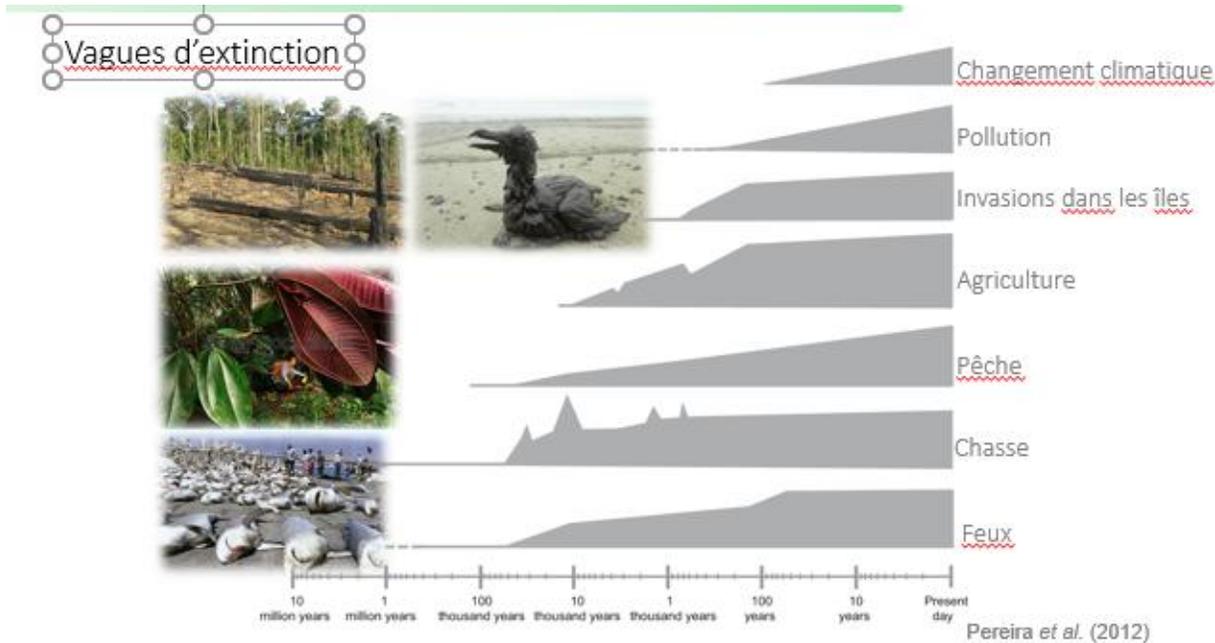
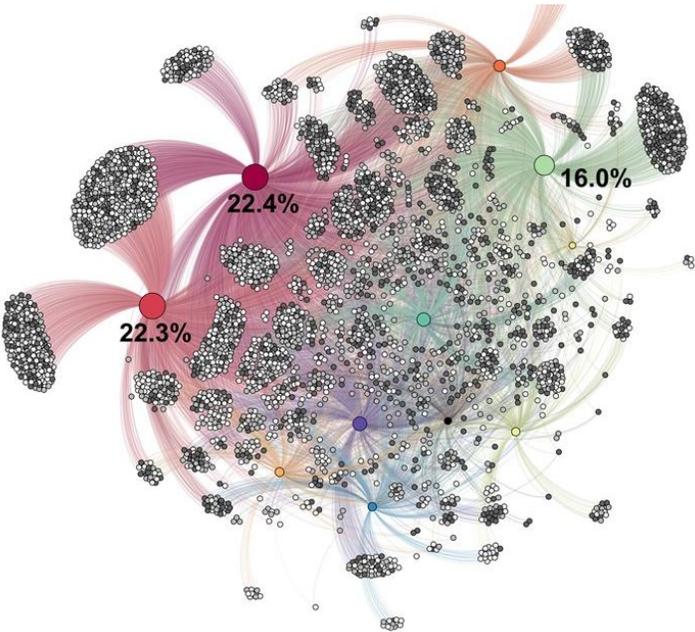
Kakapo ou perroquet Hibou



Quelles sont les solutions pour limiter l'impact ?

✓ Etablir des listes d'espèces invasives et menacées aux échelles pertinentes (Française?)

✓ Approche intégrative de la crise de la biodiversité, les invasions biologiques ne sont pas la seule menace



Remerciements, collaborateurs



Clara Marino
Thèse, 2023



Equipe BIOM, ESE



Camille Bernery
Thèse, 2022



Camille Leclerc,
Thèse, 2019



Filipa Soares,
collab. 2024



Elsa Bonnaud



Franck Courchamp



Principales ressources et publications :

[Conservation priorities for functionally unique and specialized terrestrial vertebrates threatened by biological invasions](#)

<https://cnrs.hal.science/hal-04479704>

C Marino, FC Soares, C Bellard - Conservation Biology, 2025

[When origin, reproduction ability and diet define the role of birds in invasions](#)

<https://hal.science/hal-03563209v2>

C Marino, C Bellard - Proceedings of the Royal Society B, 2023

[Relative importance of exotic species traits in determining invasiveness across levels of establishment: Example of freshwater fish](#)

<https://hal.science/hal-04241286v1>

C Bernery, C Marino, C Bellard - Functional Ecology, 2023

[Looming extinctions due to invasive species: Irreversible loss of ecological strategy and evolutionary history](#)

<https://hal.science/hal-03312166v1>

C Bellard, C Bernery, C Leclerc - Global Change Biology, 2021

