



Modèles de distribution

Et les invasions biologiques

Céline Bellard

Espèce envahissante



Black rats



Rabbits in Australia

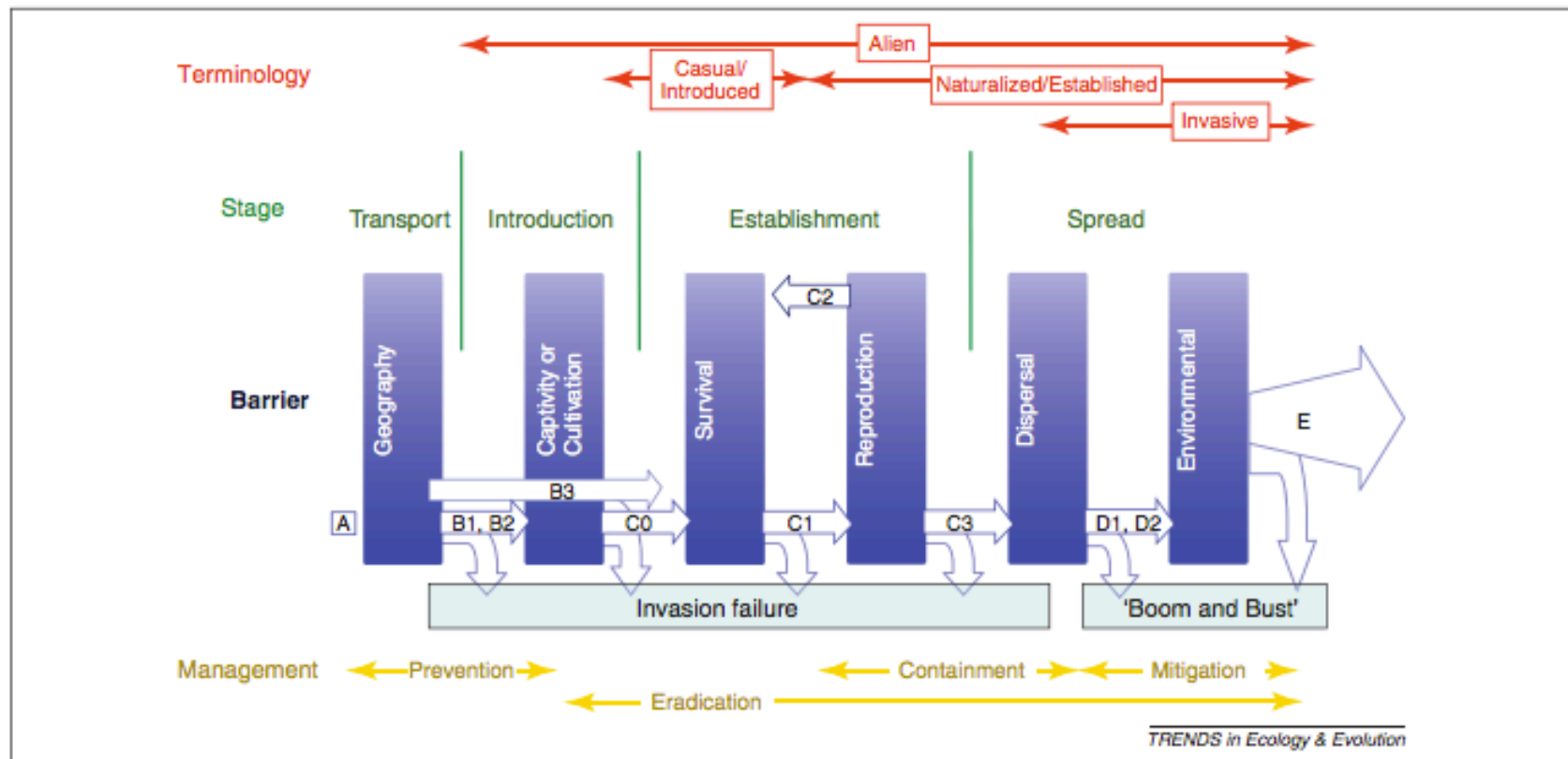


Brown tree snake

Espèce envahissante

Définition :

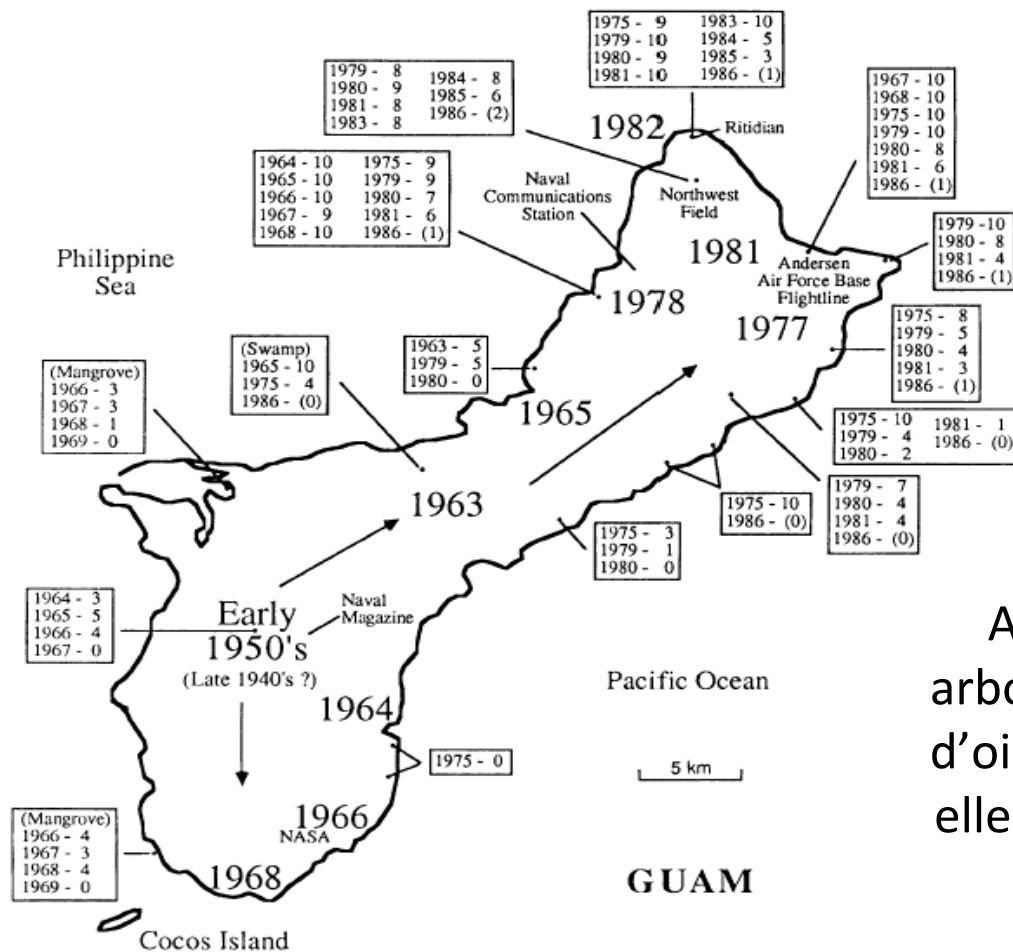
Une espèce est dite invasive lorsque, **s'étant introduite, établie et se reproduisant** naturellement dans un domaine géographique dont elle n'est **pas originaire**, elle devient un agent de perturbation et nuit à la diversité biologique.



Exemple de l'introduction du serpent arboricole

Impact négatif particulièrement dans les îles

Peu de prédateurs → Les espèces insulaires manquent de défense anti-prédateurs



Avant l'introduction du serpent brun arboricole, Guam avait 12 espèces natives d'oiseaux de forêt. Aujourd'hui 10 d'entre elles sont éteintes, et les deux qui restent ont moins de 200 individus

Impact des espèces envahissantes : Menace pour la biodiversité

- Threat to indigenous diversity (Mooney & Hobbs 2000)
- Modification of disturbance regimes (Grigulis et al. 2005)
- Ecosystem disruption (Vitousek et al. 1997)
- Global homogenisation (Mooney & Hobbs 2000)
- Emerging disease (Sutherst 2000)
- Economic impacts through (Perrings 2002) :
 - Pest in agricultural fields
 - cost-non effective eradications



Chromolaena odorata



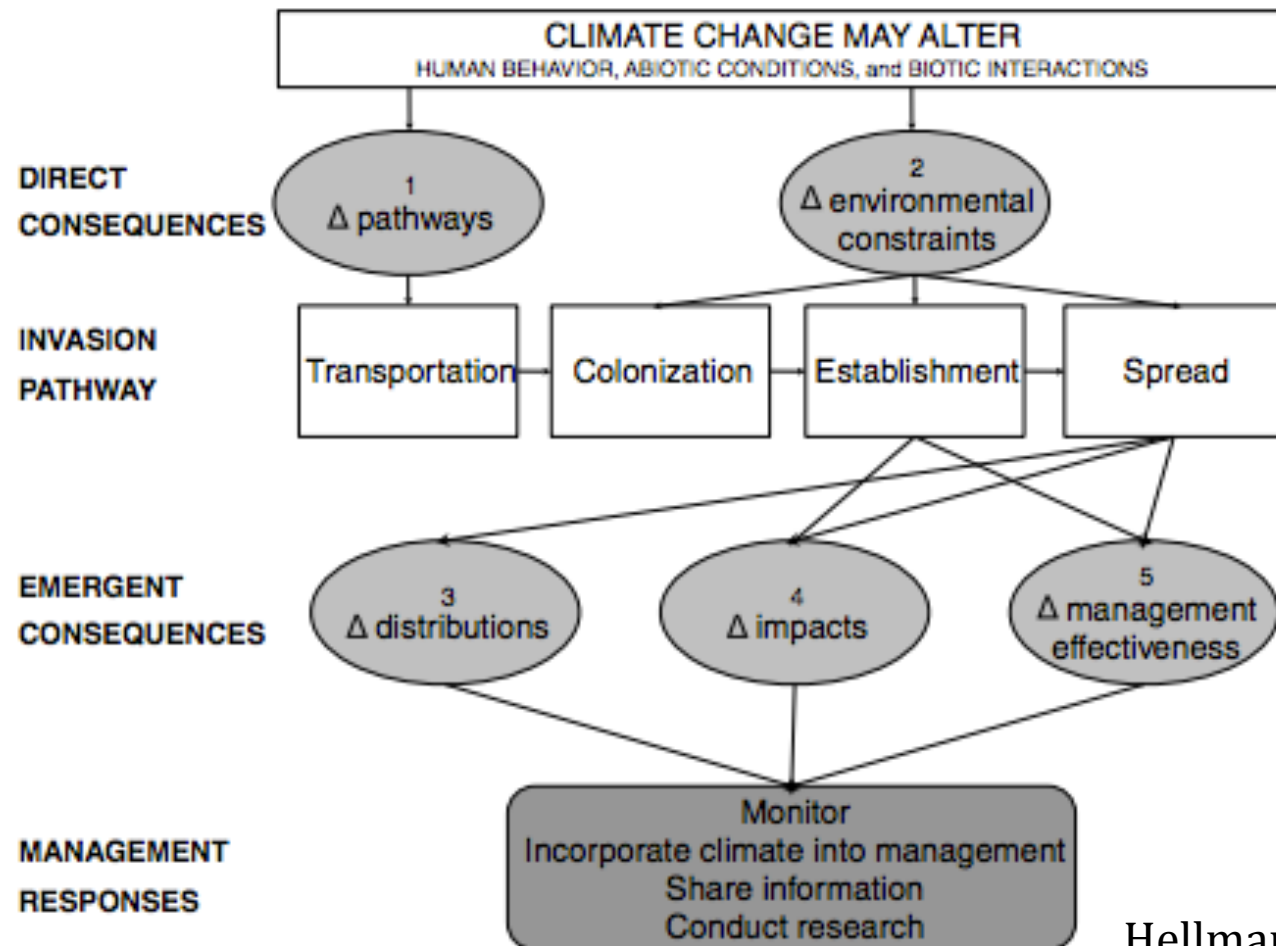
Eucalyptus spp.



Opuntia spp.

Espèces envahissantes et changement climatique

Synergies potentielles entre les changements climatiques et les invasions biologiques (*Brook et al., 2008; Hellman et al., 2008; Walther et al., 2009*)

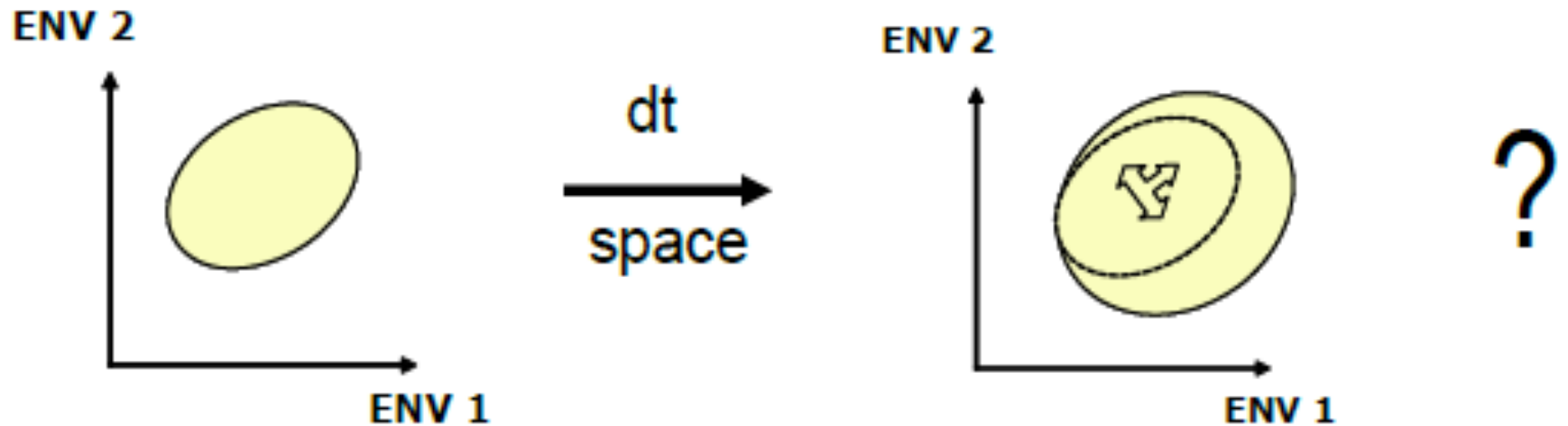


Quelles utilisations ? SDMs et IAS

- Tester des hypothèses biogéographiques, écologiques ou évolutives
 - *Niche conservatism*
 - *Species at equilibrium*

Niche conservatism ?

Hyp1 : La niche est conservée entre la région native et envahie

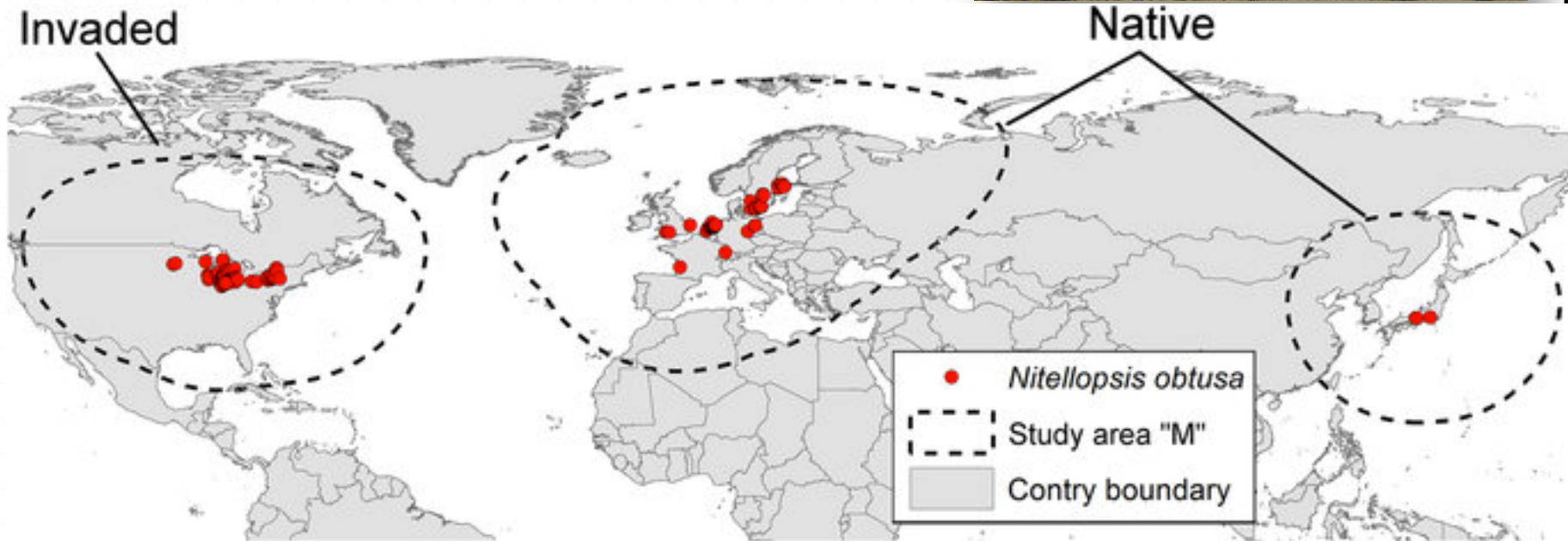


Niche conservatism ?

Hyp1 : La niche est conservée entre la région native et envahie

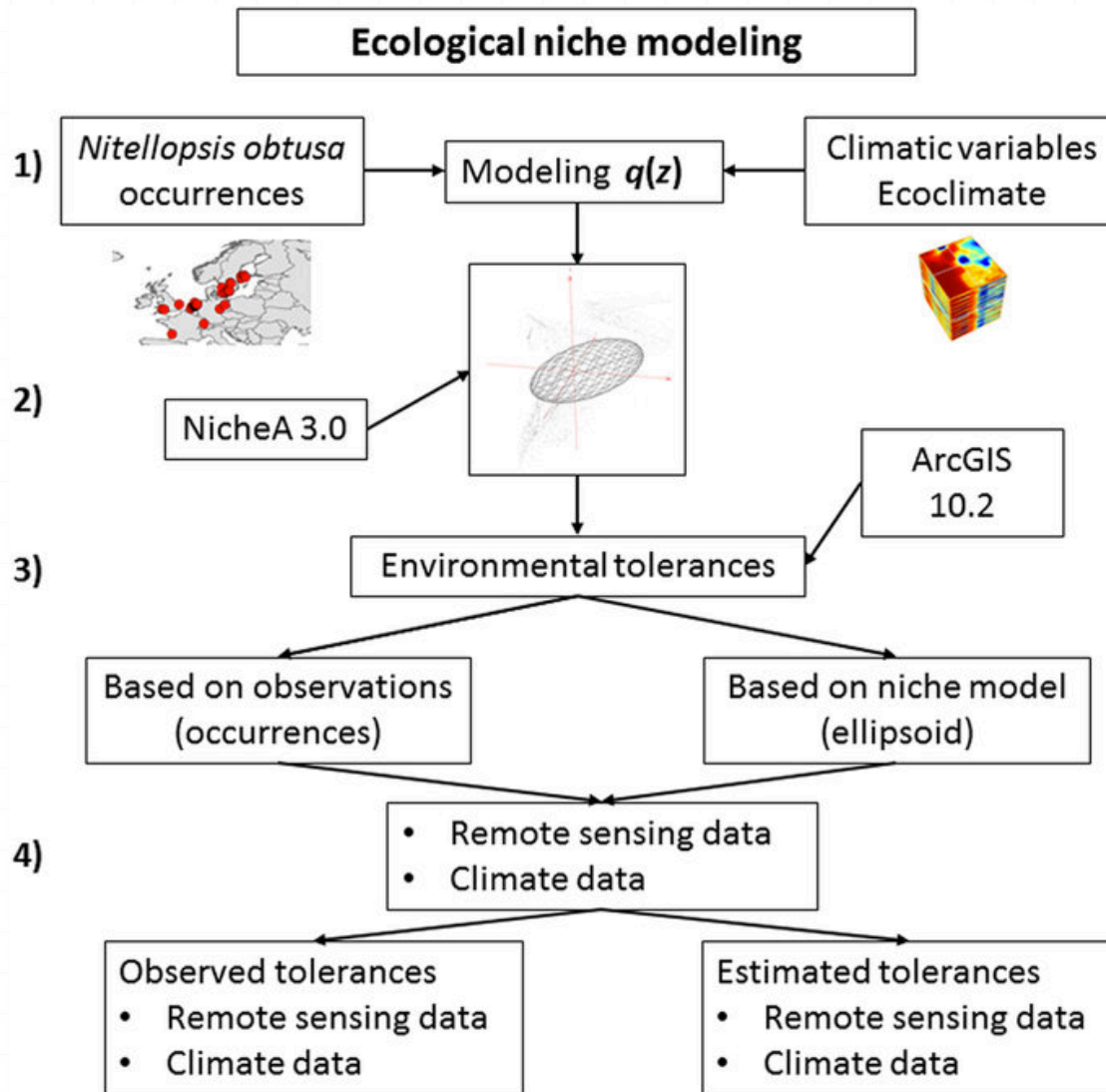
Nitellopsis obtusa algue verte native de l'Europe et l'Asie et invasive aux USA

Nitellopsis obtusa est plutôt rare dans son habitat natif, mais a envahi très rapidement les lacs des USA où elle peut remplacer les espèces natives.



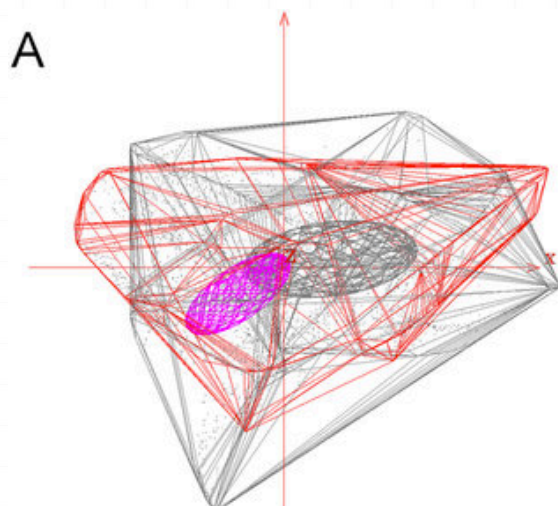


Niche conservatism ?

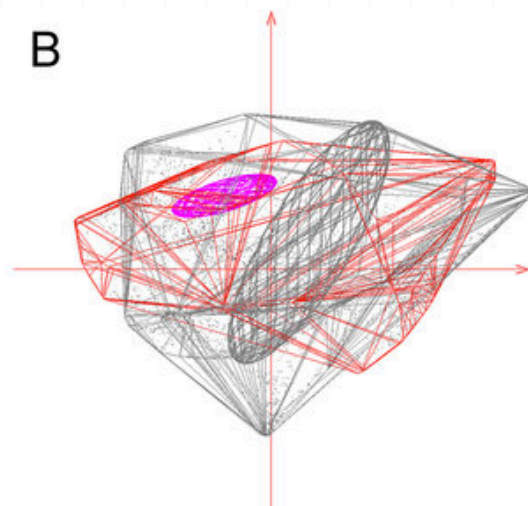




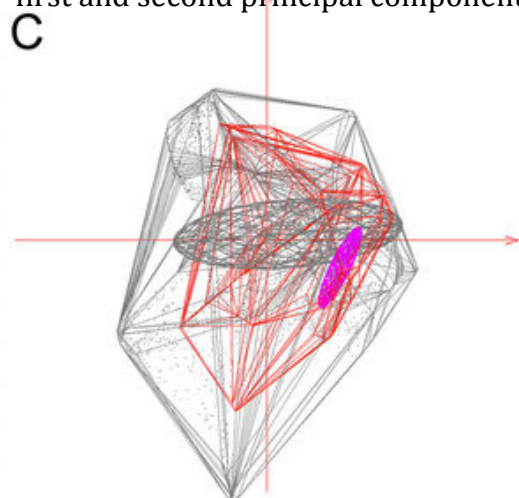
Niche conservatism ?



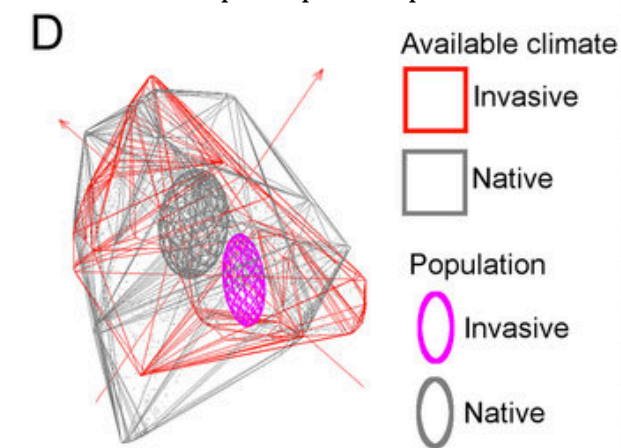
first and second principal components



first and third principal components



second and third principal components

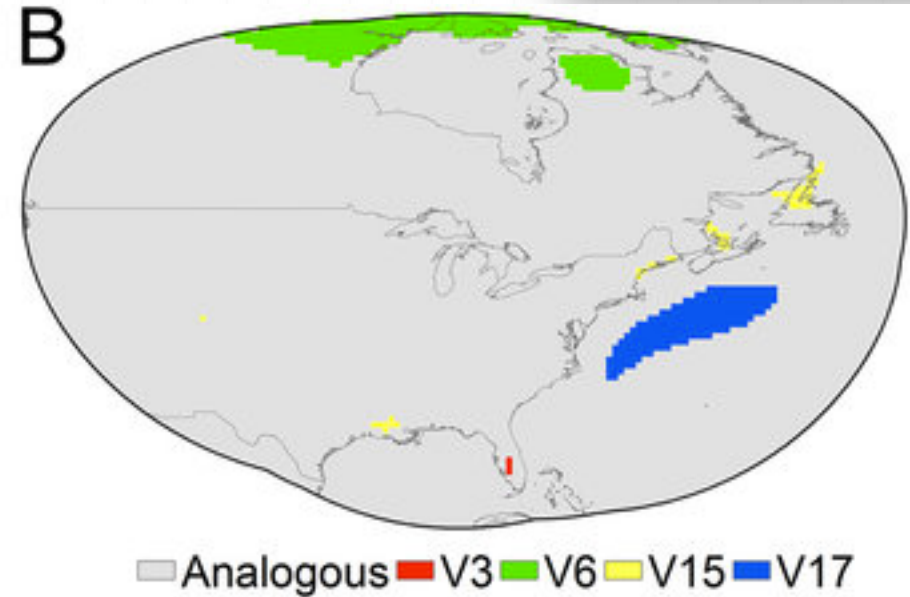
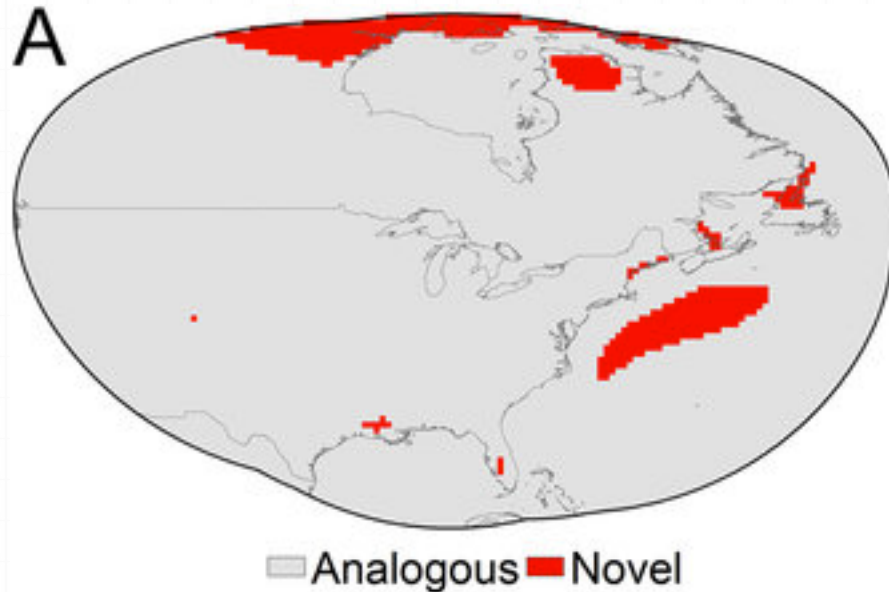


three-dimensional visualization of the first three principal components.

Recouvrement important des conditions environnementales disponibles dans l'habitat natif et envahi

However, a background similarity test showed that niche differentiation between the native and invaded ranges was not statistically significant.

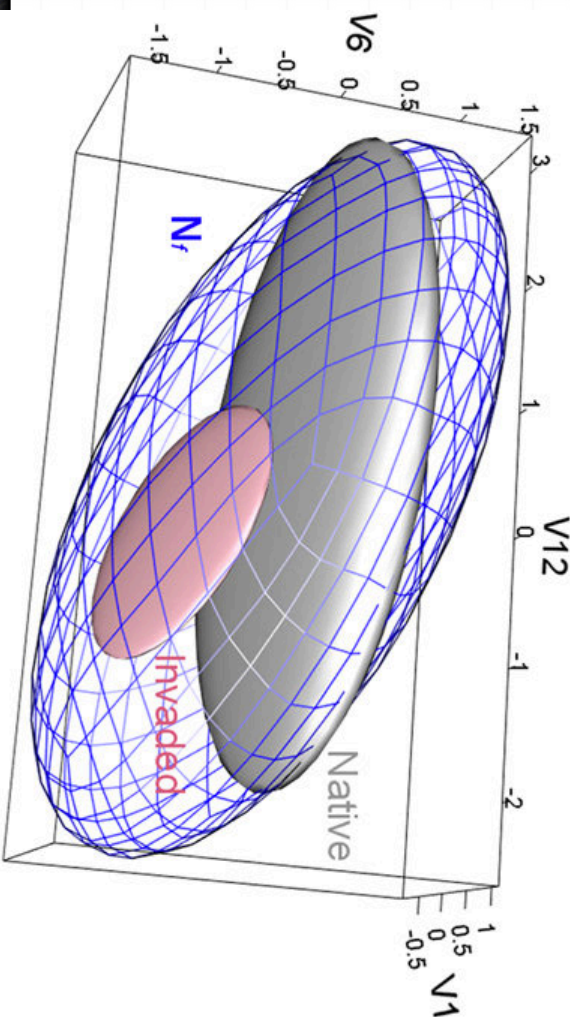
Niche conservatism ?



However, there was evidence of some “novel” (non-analogue) environments in the invaded region.



Niche conservatism ?



N. obtusa est dans des conditions environnementales similaires à son habitat natif, ce qui suggère que **la niche fondamentale a été conservée durant l'invasion**

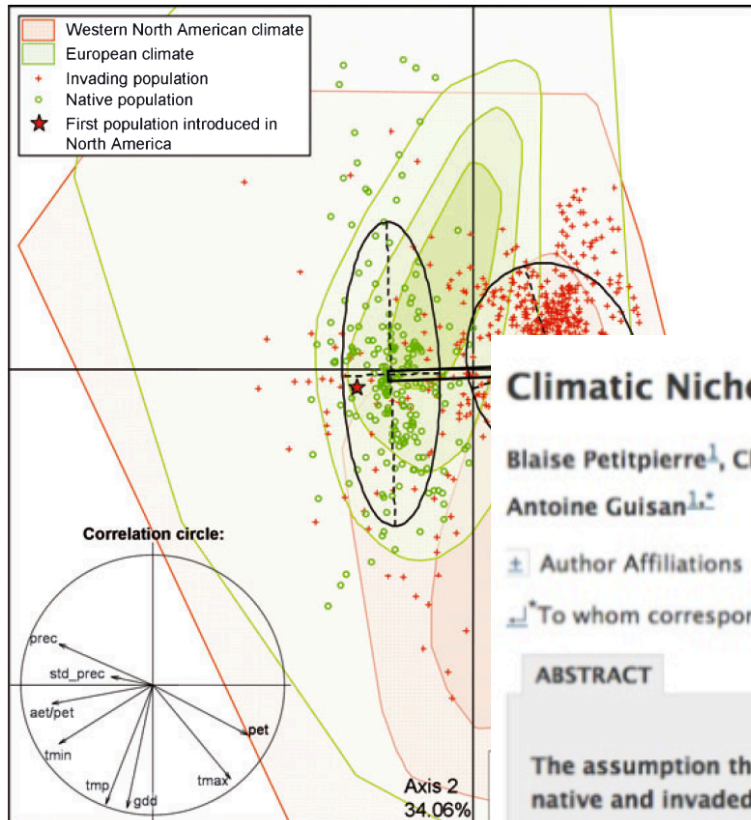
MAIS, *N. obtusa* montre **des signes d'expansions dans des parties de sa niche fondamentale qui aurait pu être (mais qui n'était pas) occupées dans son aire native**

- human movement of *N. obtusa* to a new range
(allowing it to overcome biogeographic barriers that constrained its potential distribution as a native species)

- expanded into new environments, occupying previously unfilled portions of its fundamental niche,
(as a result of release from natural enemies that may have limited its native range)

Occupancy of novel portions of a species' fundamental niche in separate geographic regions is termed a "realized niche shift".

Evidence of climate niche during invasions



Climatic Niche Shifts Are Rare Among Terrestrial Plant Invaders

Blaise Petitpierre¹, Christoph Kueffer^{2,3}, Olivier Broennimann¹, Christophe Randin⁴, Curtis Daehler³, Antoine Guisan^{1,*}

± Author Affiliations

✉ *To whom correspondence should be addressed. E-mail: antoine.guisan@unil.ch

ABSTRACT

The assumption that climatic niche requirements of invasive species are conserved between their native and invaded ranges is key to predicting the risk of invasion. However, this assumption has been challenged recently by evidence of niche shifts in some species. Here, we report the first large-scale test of niche conservatism for 50 terrestrial plant invaders between Eurasia, North America, and Australia. We show that when analog climates are compared between regions, fewer than 15% of species have more than 10% of their invaded distribution outside their native climatic niche. These findings reveal that substantial niche shifts are rare in terrestrial plant invaders, providing support for an appropriate use of ecological niche models for the prediction of both biological invasions and responses to climate change.

CCl Niche conservatism during invasions

Niches évoluent

MAIS

- ce n'est pas si fréquent
- niche conservée pour de longues périodes

Complexe dans le cas des espèces envahissantes (shift de niche réalisée)

-> prédiction important de tenir compte de l'habitat natif et envahie

A l'équilibre ?

Hyp2 : L'espèce envahissante a atteint toutes les aires favorables dans son aire envahie

En théorie, le degré d'équilibre entre une espèce envahissante et son environnement dépend du stade d'invasions (introduction, colonisation, établissement)

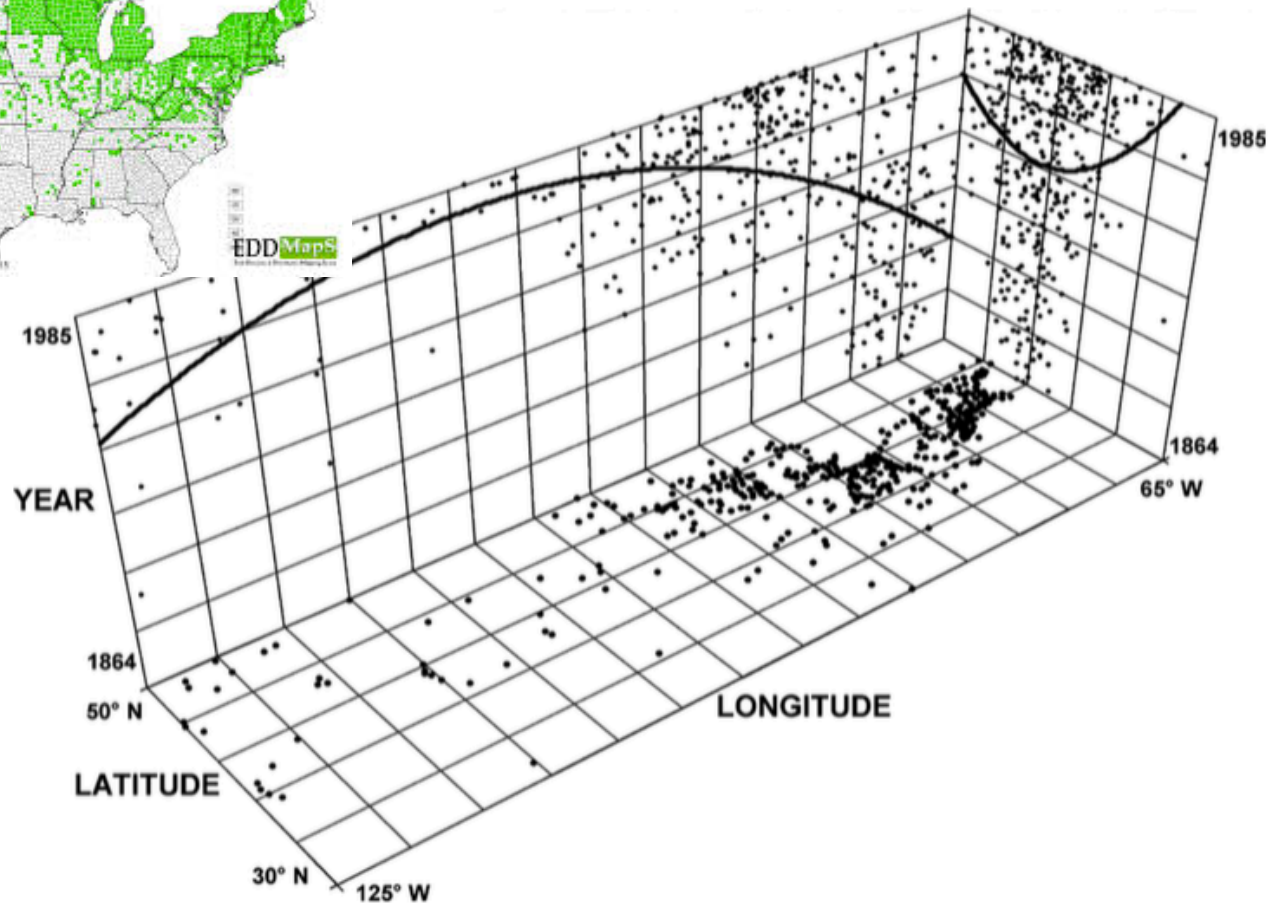
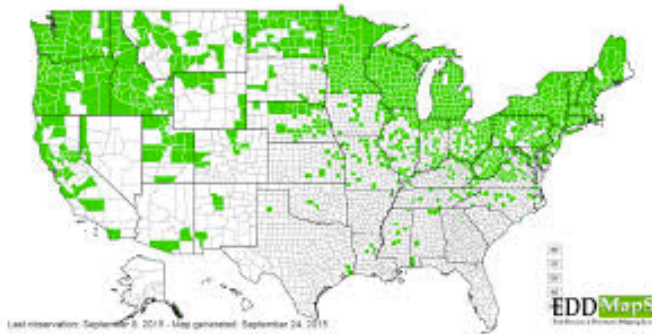
- (1) the introduction history (e.g. propagule pressure, position of founder populations, time of residence)
- (2) the spatial distribution of suitable habitats
- (3) the invader's characteristics (e.g. dispersal capabilities)
- (4) the invader's potential for rapid adaptation
- (5) interactions between the invader and the native communities

A l'équilibre ?



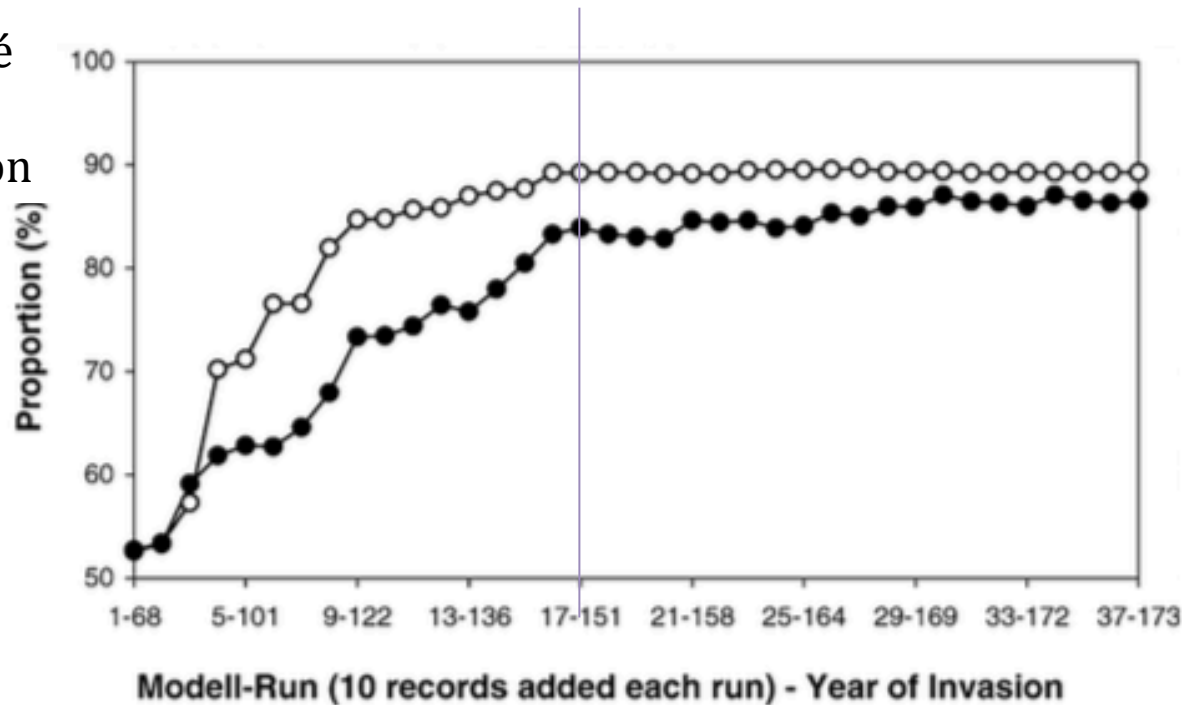
Hyp2 : L'espèce envahissante a atteint toutes les aires favorables dans son aire envahie

Lythrum salicaria



A l'équilibre ?

Capacité
de
prédiction



Equilibre environnemental atteint plus tôt (150 ans après le début de l'invasion) que l'équilibre géographique

Quelles utilisations ? SDMs et IAS

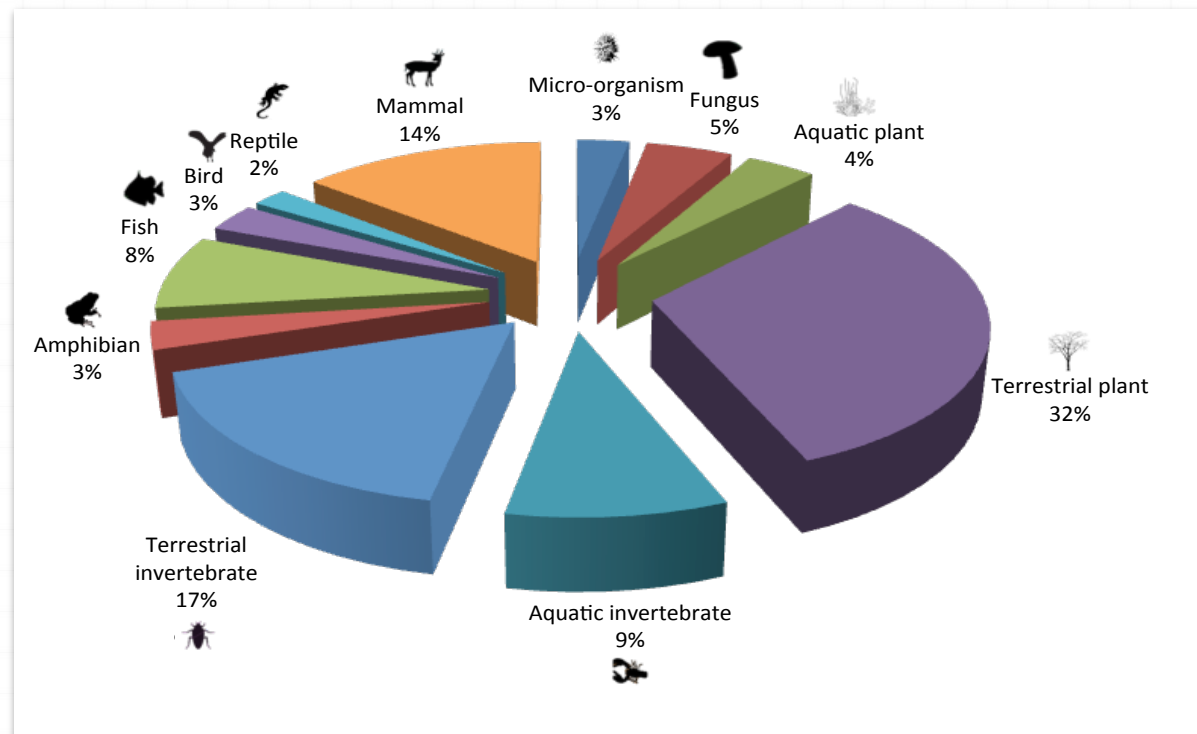
- Est ce que le climat est le principal facteur déterminant la distribution des espèces envahissantes ?

Facteurs responsables de la distribution des IAS

100 espèces envahissantes

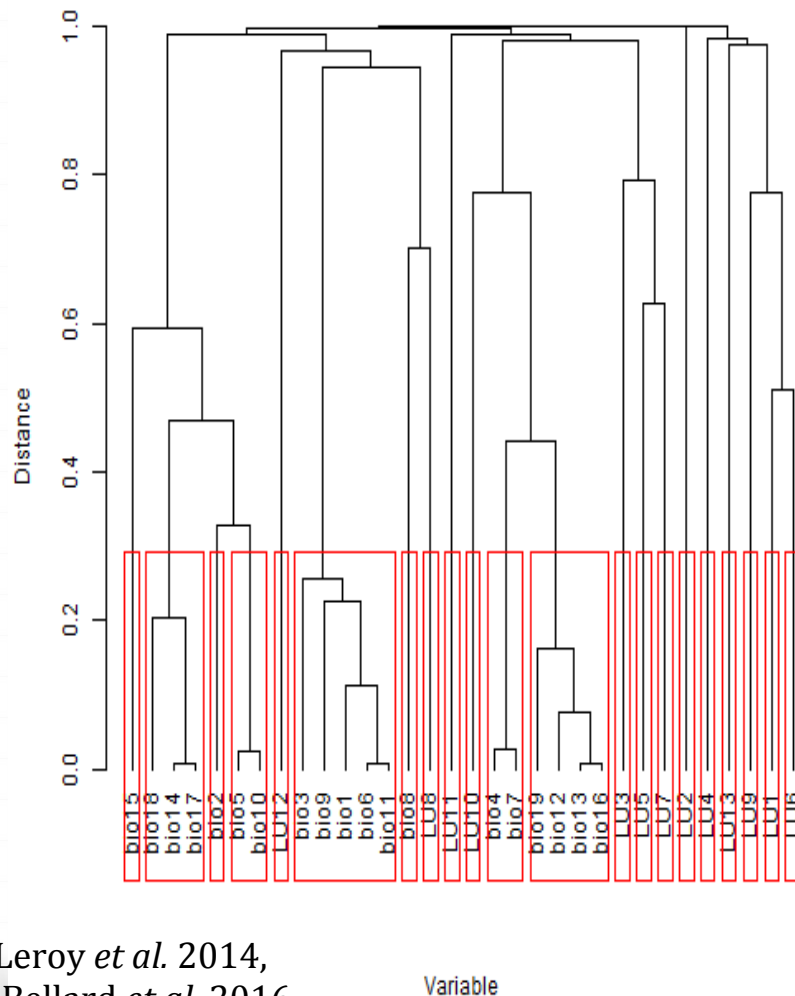
-SDMs

-Climate, habitat, human, and land use variables



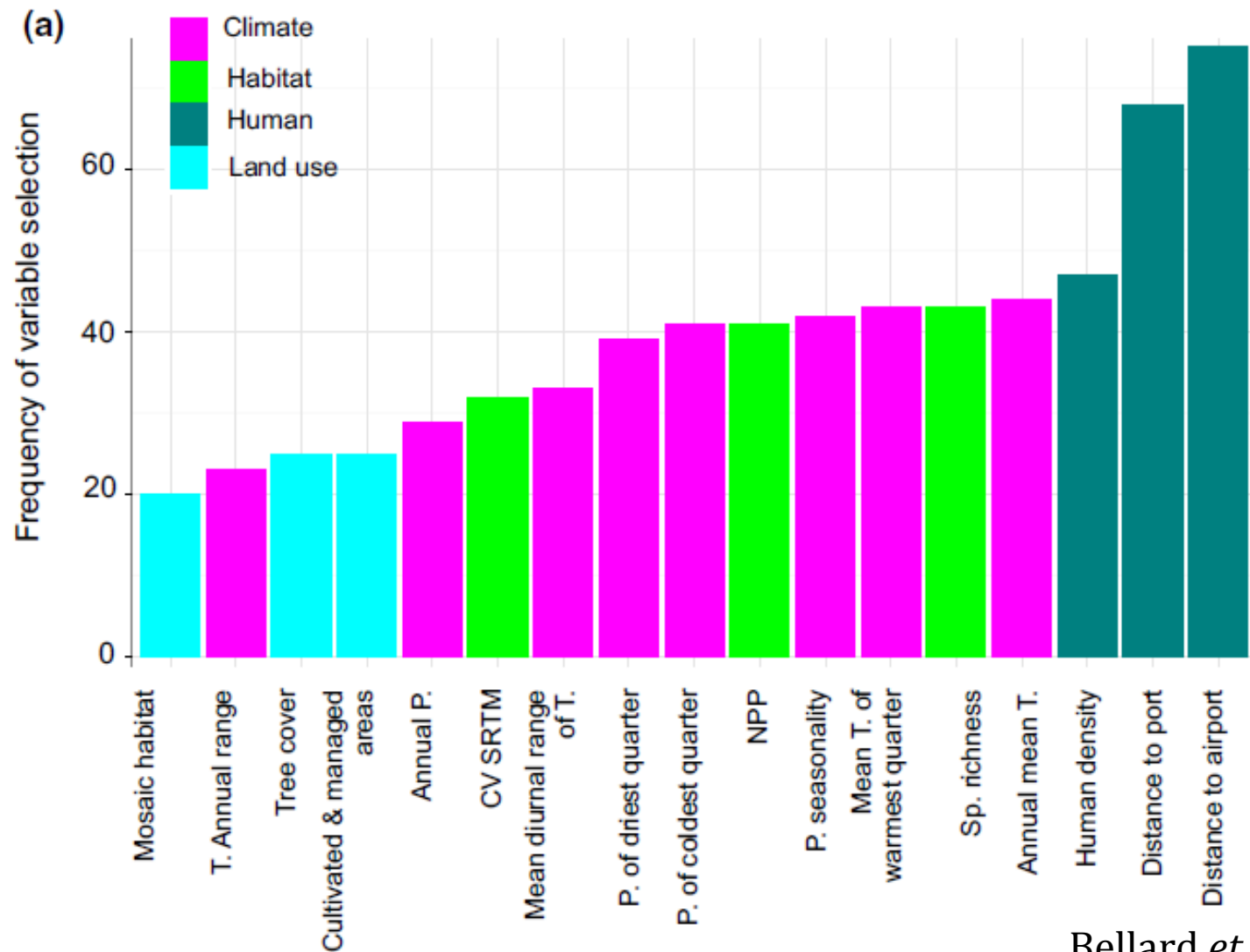
Facteurs responsables de la distribution des IAS

Protocole de sélections de variables

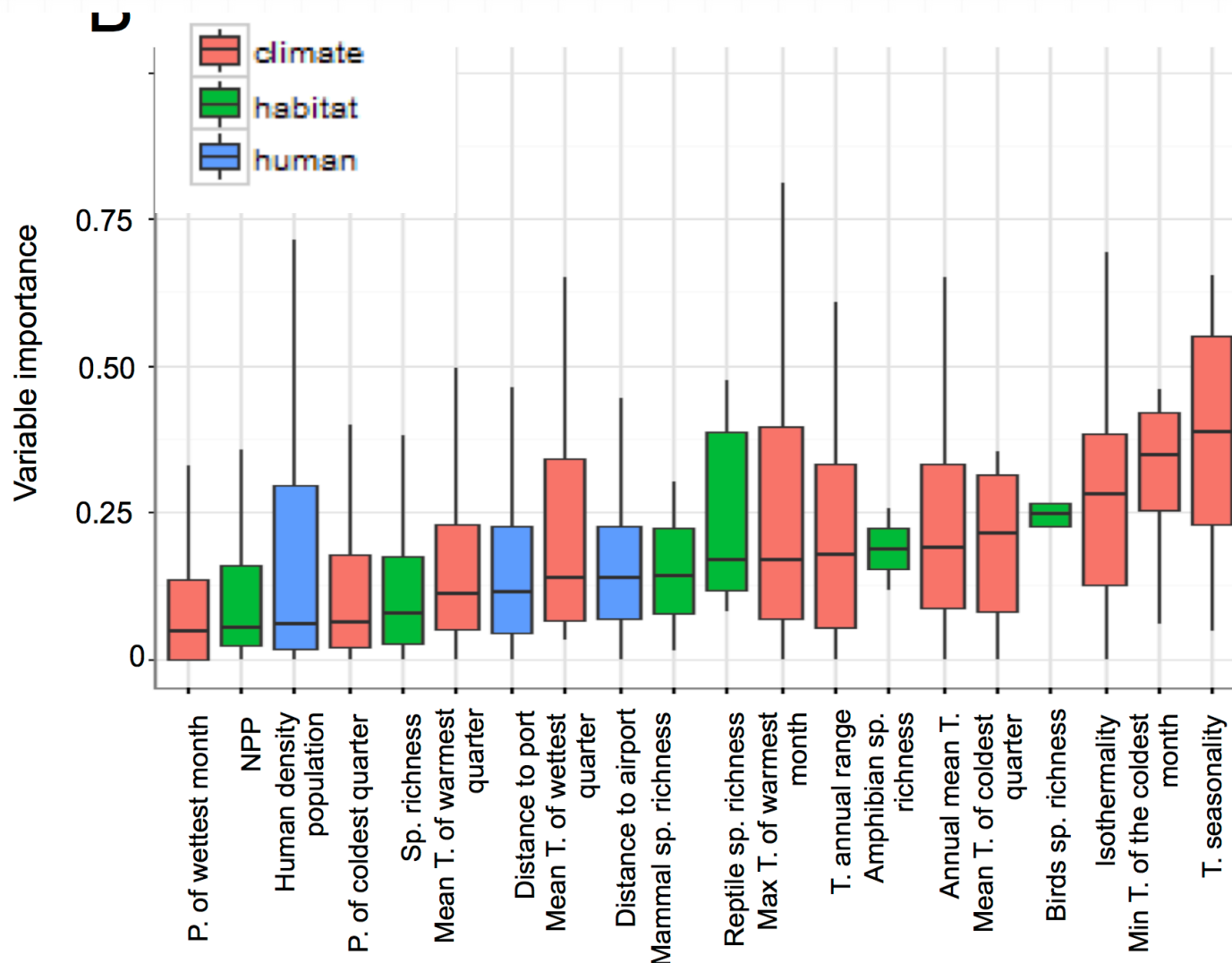


1. Recherche des variables intercorrélées
2. Pour chaque groupe de variables intercorrélées, on calibre les modèles
3. On retient la variable qui explique le plus de variabilité de chaque groupe
4. On re-calibre les modèles avec toutes les variables les plus importantes et les variables non intercorrélées
5. On retient les variables sélectionnées (i.e., importance > 0.01) par au moins 50% des algos

Facteurs responsables de la distribution des IAS



Facteurs responsables de la distribution des IAS



Facteurs responsables de la distribution des IAS

- Est ce que le climat est le principal facteur déterminant la distribution des espèces envahissantes ?

Climat est un facteur prédominant pour les IAS

MAIS

-facteurs socio-économiques jouent sur la dynamique des invasions (Comment les prendre en compte ?)

Quelles utilisations ? Screening controls

► Different strategies

- Based on intrinsic attributes (dispersal – competition)

Non effective

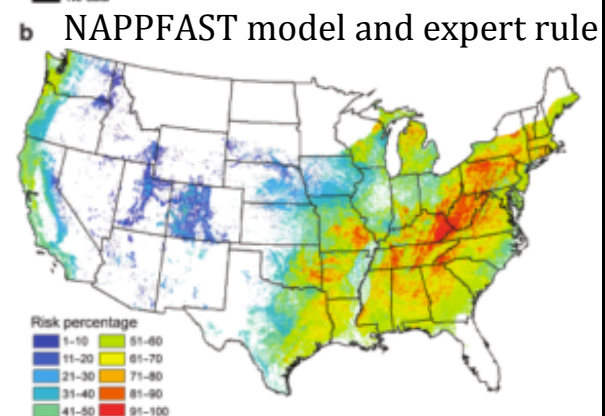
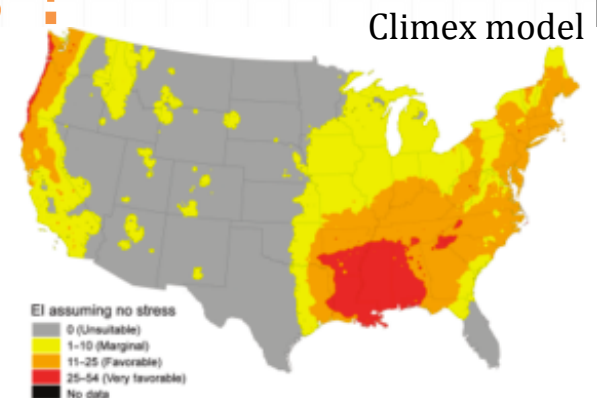
- Lot of IAS are poor disperser and poor competitor (opportunistic)

- Based on extrinsic attributes (origin – usage)

- Effective but too coarse (e.g. Australian Weed Control, Pacific Island Ecosystem at Risk, PIER)

► SDMs for a more powerful screening

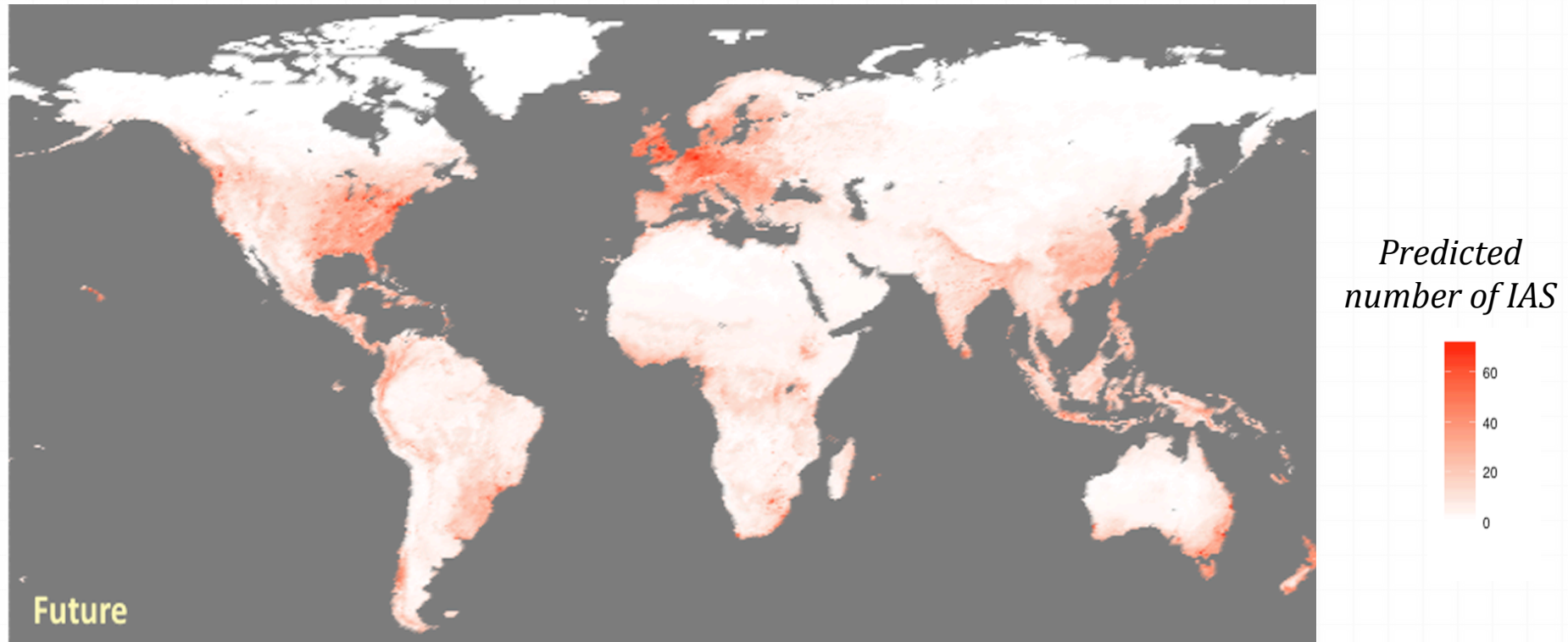
- Niche = long-term stable constraints on geographic distributional potential
- Climate matching well developed for flies (e.g. Suthers 2000), ants (Roura et al. 2004), birds (Peterson 2003)
- Few wide-biota assessment



Pest risk maps for *Phytophthora ramorum*, the pathogen responsible for sudden oak death, (Venette 2010)

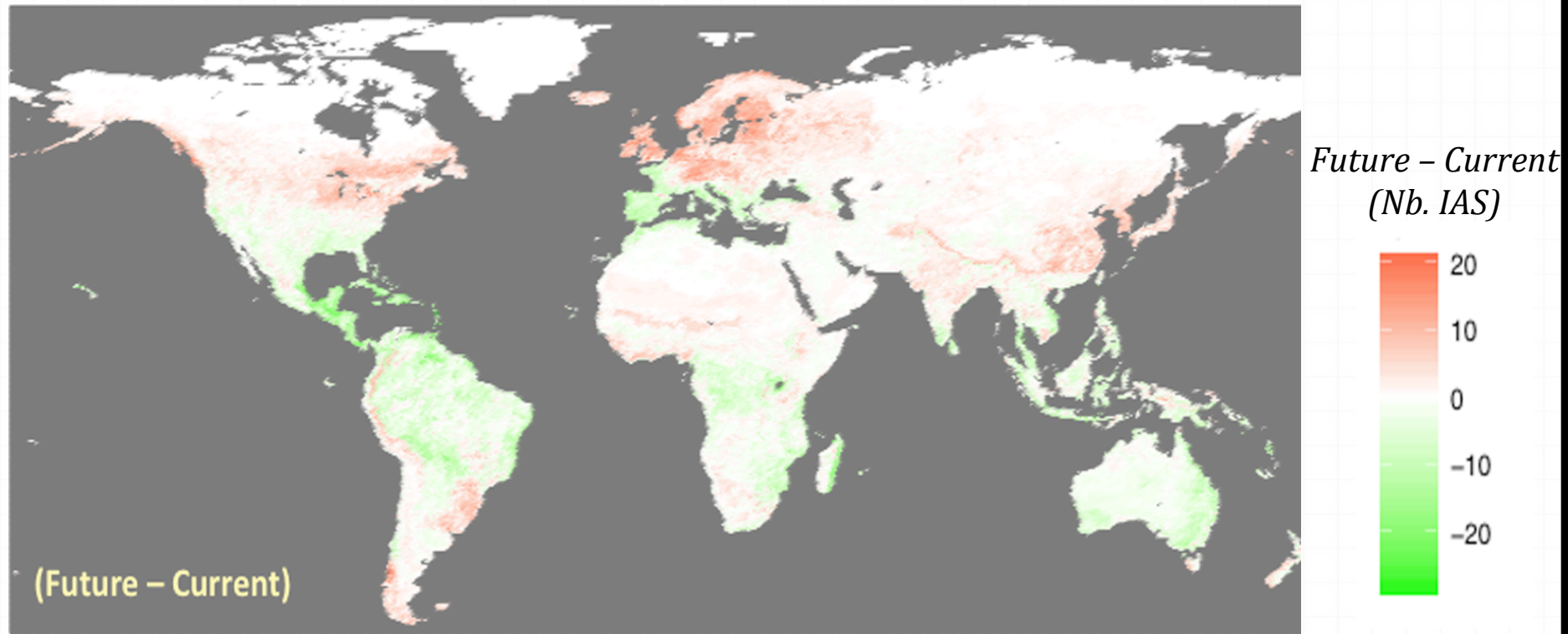
Model the risk of invasion of “100 among the world worst IAS” worldwide

Where are the future « hotspot of invasions » following climate change effects ?
in 2080



Model the risk of invasion of “100 among the world worst IAS” worldwide

Does climate change really alter the IAS distributions ? in 2080



Excellents modèles pour tester des hypothèses

MAIS

- précautions (*conservatism* niche, équilibre avec son environnement)

- > prédiction important de tenir compte de l'aire complète (native + invasive)

Attention l'établissement n'est pas l'impact

- > besoin d'aller plus loin (interactions biotiques vers l'impact)

Modèles de répartition et espèces envahissantes

Quelles directions ?

Distribution
vers l'impact ...

Solution 1

Inclure les relations
biotiques (prédation et
compétition)

Solution 2

Inclure les traits des
espèces natives comme
PROXY de l'impact

Faire des
simulations !!!!!

Software note

virtualspecies, an R package to generate virtual species distributions

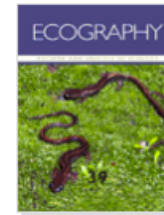
Boris Leroy, Christine N. Meynard, Céline Bellard,
Franck Courchamp

First published: 15 June 2015 [Full publication history](#)

DOI: 10.1111/ecog.01388 [View/save citation](#)

Cited by (CrossRef): 1 article [Check for updates](#)

[Citation tools](#) ▼



[View issue TOC](#)
Volume 39, Issue 6
June 2016
Pages 599–607

Package virtualspecies

Package virtualspecies

Comment choisir / valider les modèles ?

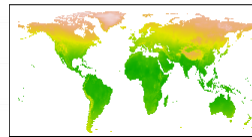
Validation expérimentale impossible : la répartition d'une espèce n'est jamais totalement connue (pleins de biais associés)

➔ Génération d'espèces virtuelles pour tester les modèles

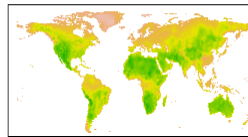
Package virtualspecies

Comment simuler une espèce ?

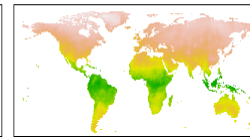
***Données
environnementales***



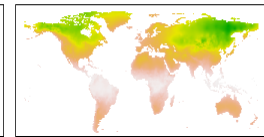
Température
moyenne
annuelle



Température
max

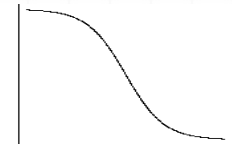
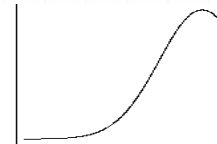
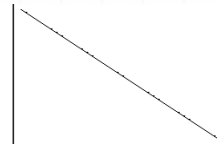


Température
min

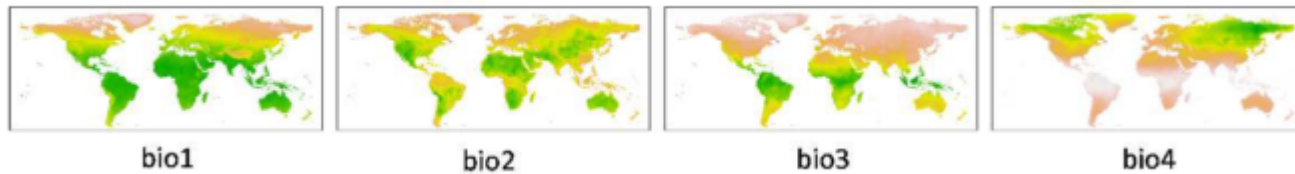


Précipitations

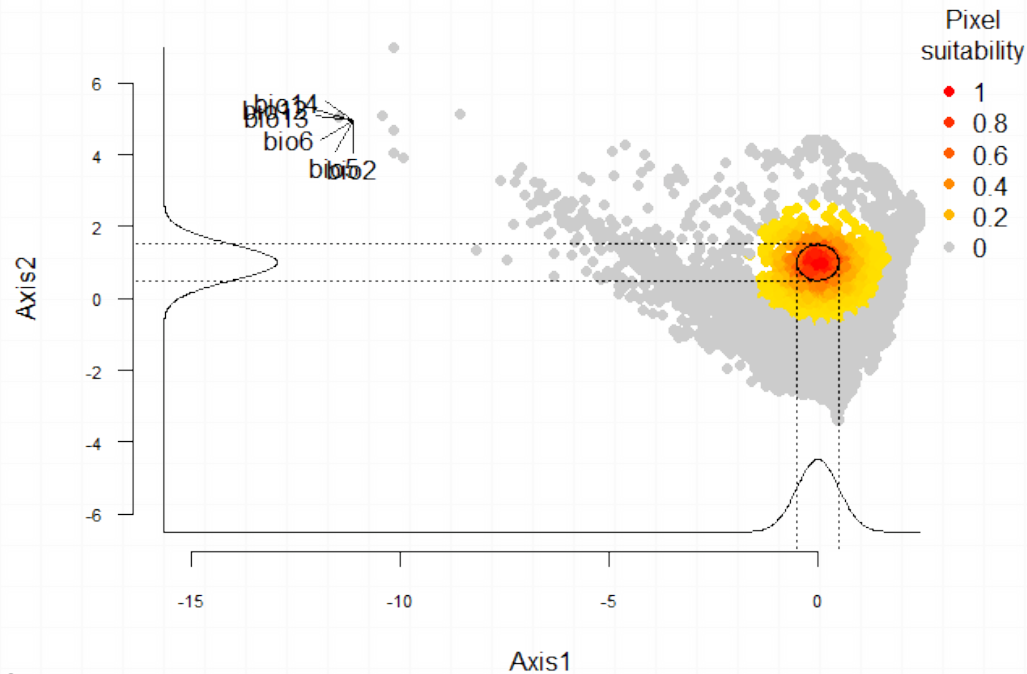
***Créer la réponse de
l'espèce aux variables***



Package virtualspecies

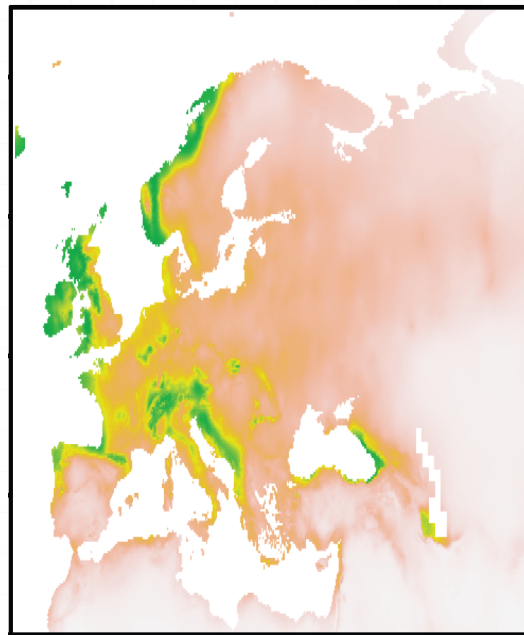


ACP des conditions climatiques



(Leroy et al., 2015)

Package virtualspecies

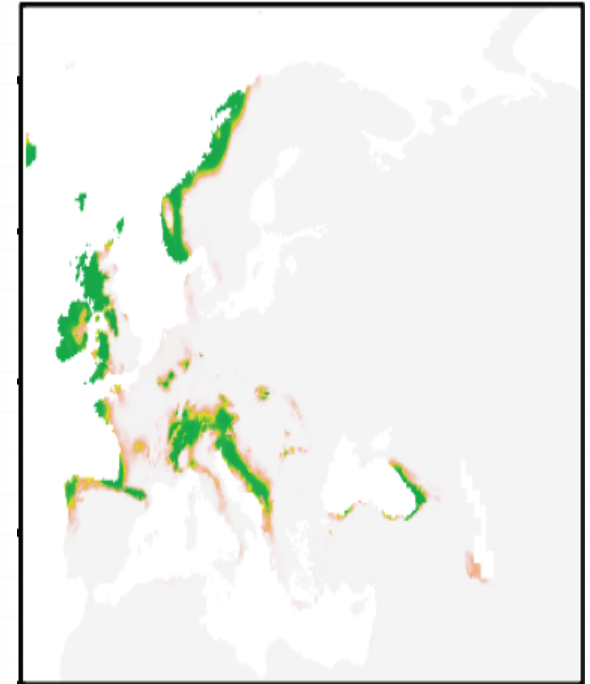


Espèce simulée

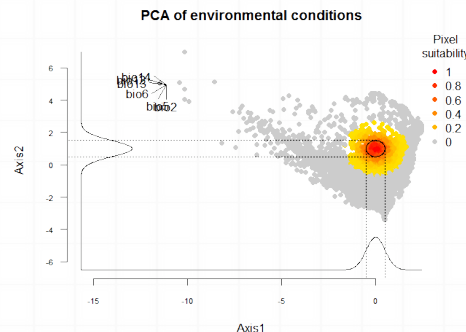
Comparaison



Modèles
de niche



Répartition prédite



Package virtualspecies

Comment simuler une espèce ?

```
library(raster, quietly = T)
worldclim <- getData("worldclim", var = "bio", res
= 10)
```

```
library(virtualspecies)
```

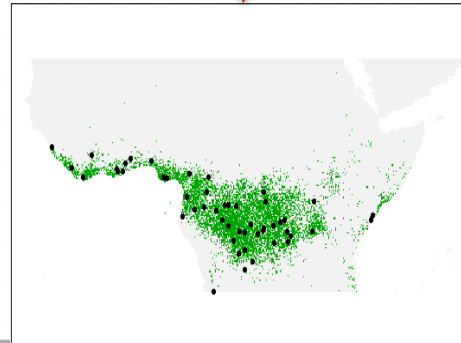
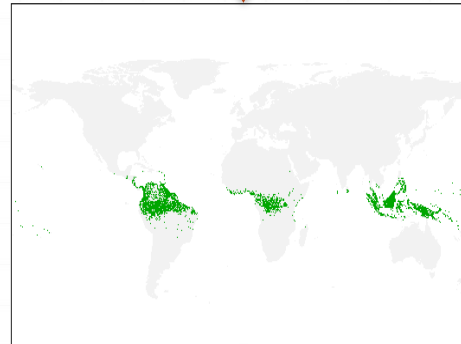
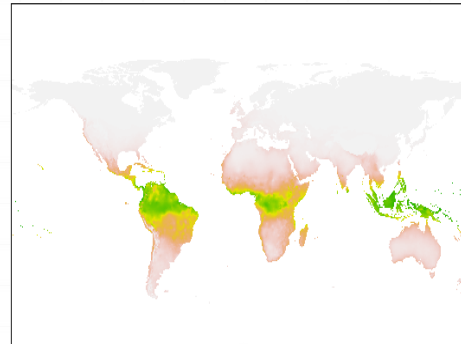
```
my.parameters <- formatFunctions(biol = c(fun =
'dnorm', mean = 250, sd = 50),
                                biol2 = c(fun =
'dnorm', mean = 4000, sd = 2000))
```

```
my.first.species <- generateSpFromFun(raster.stack
= worldclim[[c("biol", "biol2")]],
                                     parameters =
my.parameters)
```

Convertir en présence-absence

Echantillonner les données

Courtoisie B. Leroy

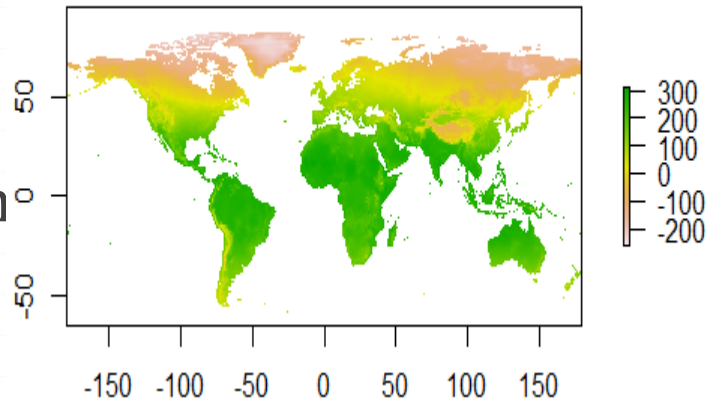


Package virtualspecies

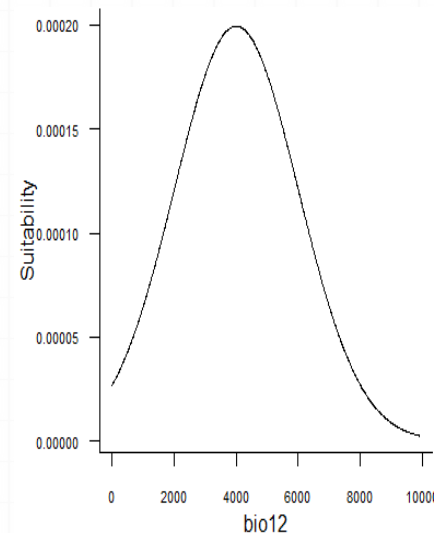
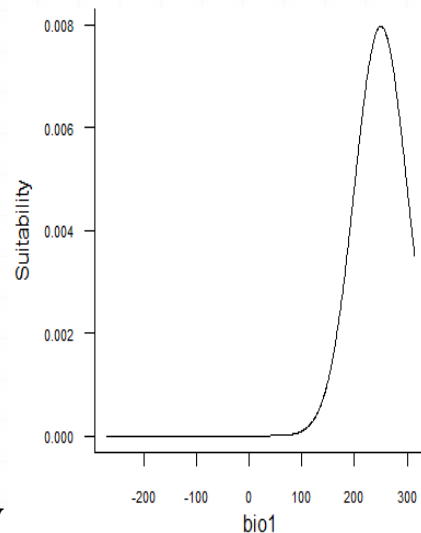
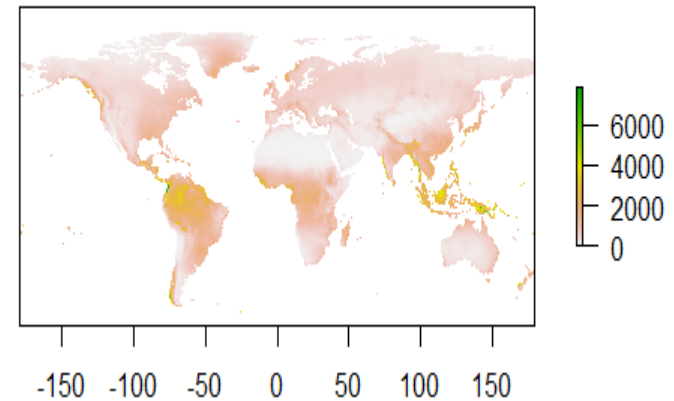
Exemple

Génération
d'une
espèce
tropicale

T° Moyenne annuelle



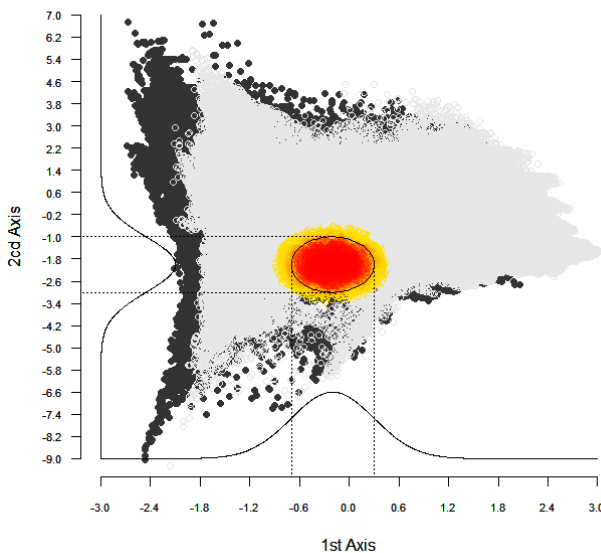
Précipitations annuelles



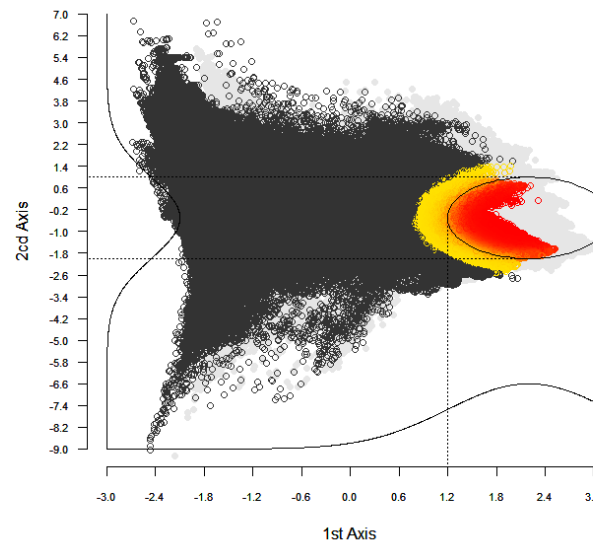
Courtoisie B. Leroy

Package virtualspecies

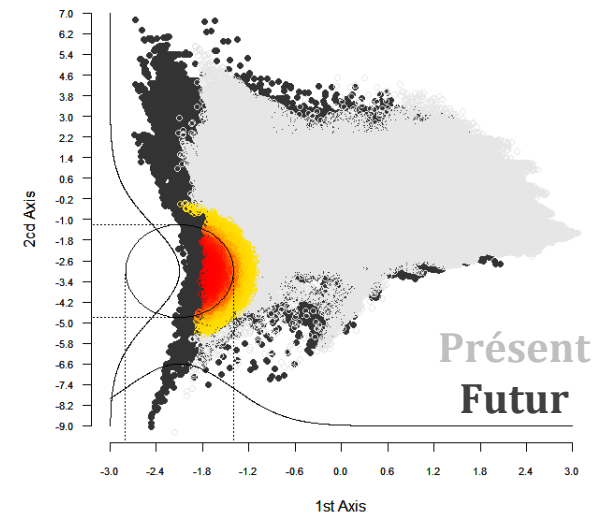
Niche « fondamentale »



Espèce à la niche
analogue

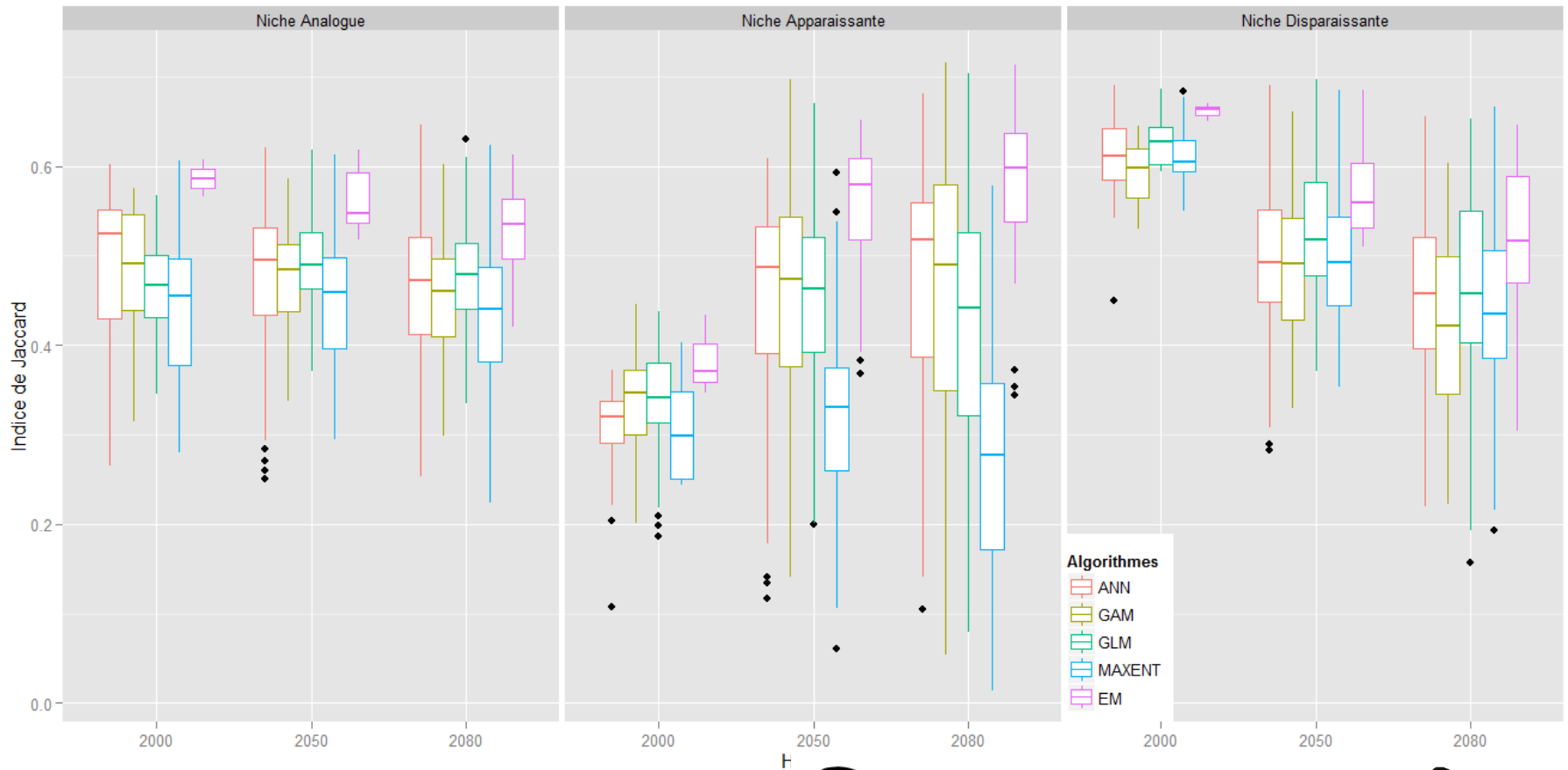


Espèce à la niche
disparaissante



Espèce à la niche
apparaissante

Package virtualspecies



Package virtualspecies

<https://borisleroy.com/virtualspecies/>

The virtualspecies R package: a complete tutorial

Boris Leroy - leroy.boris@gmail.com

May 2015

- Introduction
- 1. Input data
- 2. First approach: generate virtual species distributions by defining response functions
 - 2.1. An introduction example
 - 2.2. Customisation of parameters
 - 2.3. How to create and use your own response functions
- 3. Second approach: generate virtual species with a Principal Components Analysis
 - 3.1. An introduction example
 - 3.2. Customisation of the parameters
- 4. Conversion of environmental suitability to presence-absence
 - 4.1. Introduction: why should we avoid a threshold conversion?
 - 4.2. Customisation of the conversion
- 5. Generating random virtual species
 - 5.1. General parameters
 - 5.2. Parameters specific to a 'response' approach
 - 5.3. Parameters specific to a 'PCA' approach
- 6. Exploring and using the outputs of virtualspecies
 - 6.1. Consult the details of a generated virtual species
 - 6.2. Plot the virtual species map
 - 6.3. Plot the species-environment relationship
 - 6.4. Extracting elements of the virtual species, such as the rasters of environmental suitability
 - 6.5. Saving the virtual species objects for later use
- 7. Sampling occurrence points
 - 7.1. Basic usage
 - 7.2. Delimiting a sampling area
 - 7.3. Introducing a sampling bias
 - 7.4. Defining the sample envelope

ECOGRAPHY

PATTERN AND
PROCESS IN ECOLOGY

[Explore this journal >](#)

Software note

virtualspecies, an R package to generate virtual species distributions

Boris Leroy, Christine N. Meynard, Céline Bellard,
Franck Courchamp

First published: 15 June 2015 [Full publication history](#)

DOI: 10.1111/ecog.01388 [View/save citation](#)

Cited by (CrossRef): 1 article [Check for updates](#) |
[Citation tools](#)



[View issue TOC](#)
Volume 39, Issue 6
June 2016
Pages 599–607

Merci!

$$G_{m+1}(s) = \mathbb{E}[S^{m+1}] = \mathbb{E}\left[\mathbb{E}\left[\prod_{i=1}^m S^{x_i} \mid \mathcal{F}_m\right]\right]$$

$$\Rightarrow G_m(s) = G \circ \dots \circ G = G(s)^{Z_m}$$



$\mathbb{P}(\text{ext})$

≤ 1