

Modélisation de la niche écologique : dimensions fonctionnelle et évolutive

Isabelle CHUINE

Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, CNRS

isabelle.chuine@cefe.cnrs.fr

Ecole de recherche Modélisation mathématique et Biodiversité,

Aussois, 29 mai – 1 juin 2017

Plan

Chapitre 1 - Contexte et concepts

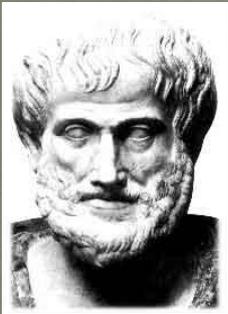
1. Un brin d'histoire...
2. Le lien entre répartition des espèces et climat
3. Les concepts de niche et leurs relations à la répartition géographique
4. Les outils de modélisation : pourquoi, comment ?

Chapitre 2 - Les modèles de niche fondamentale basés sur les processus

Chapitre 3 - De la niche potentielle à la niche réalisée

1. Un brin d'histoire

Un brin d'histoire : De la géographie botanique ...

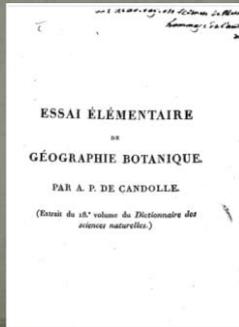


Aristote (384-322 av. J.-C.) :

Certaines espèces ne poussent qu'en plaine d'autres qu'en Montagne.

Buffon (1707-1788) :

Premières observations sur la répartition géographiques des espèces et un lien avec les conditions climatiques. Toutes les espèces proviennent du Nord de l'Europe qui à l'époque avait un climat plus chaud puis et auraient dispersées vers tout le globe suite à un refroidissement.

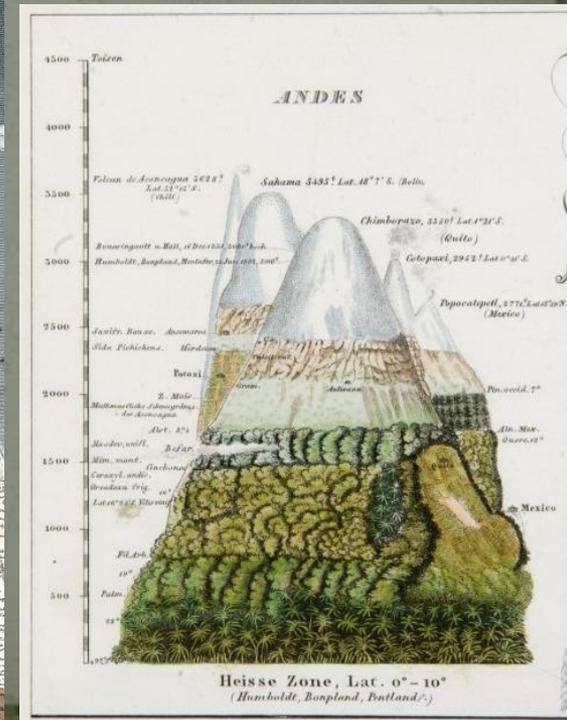
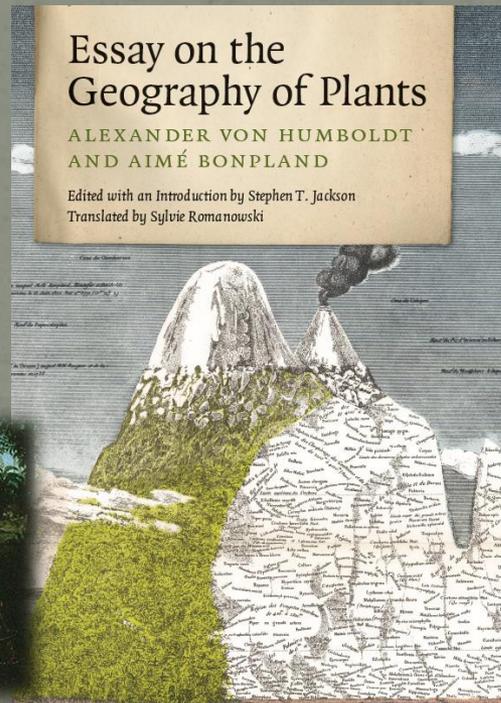


Augustin Pyramus de Candolle (1778 – 1841) :
Classification de la végétation en 5 classes climatiques (mégathermes, xerophiles, mesothermes, microthermes, hekisthothermes)

1. Un brin d'histoire

Un brin d'histoire : ... à la biogéographie

Alexander Von Humboldt (1769-1859) & Aimé Bonpland (1773-1858) : Expéditions en Amérique du Sud pour décrire la répartition de la végétation sur les massifs montagneux. Premières études de la relation entre répartition géographique des espèces et conditions climatiques.

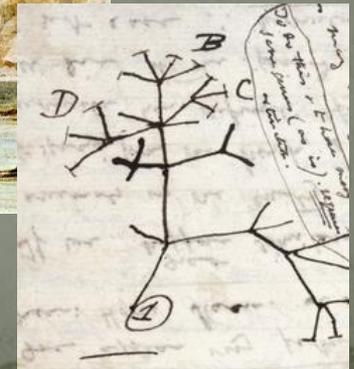
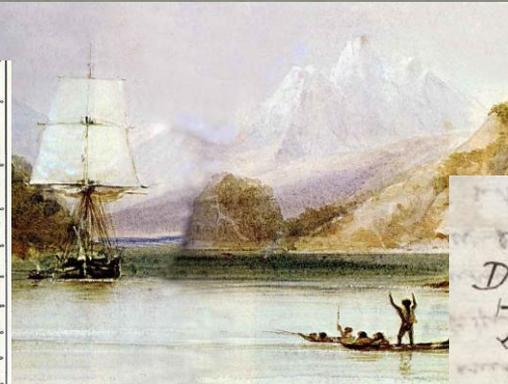
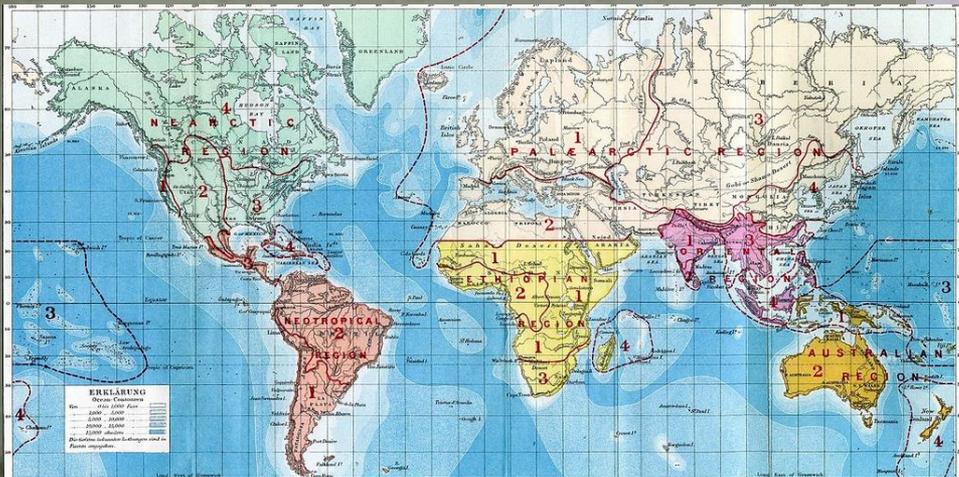
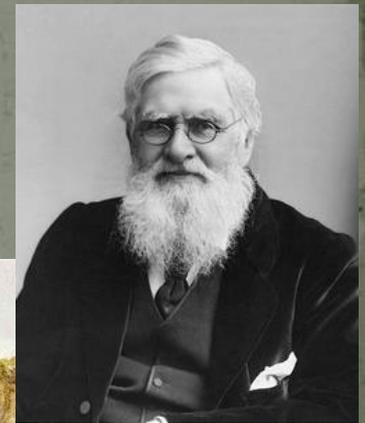
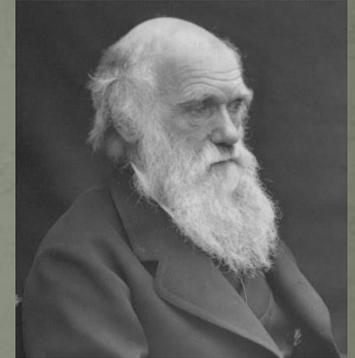


1. Un brin d'histoire

Un brin d'histoire : ... à la biogéographie

Charles Darwin (1809-1882) et
Russel Wallace (1823-1913):

Ils dotent la biogéographie moderne d'un cadre conceptuel permettant d'appréhender la répartition des espèces et leur diversification selon des mécanismes communs (théorie de l'évolution).



1. Un brin d'histoire

Quelle est la répartition géographique des espèces ?

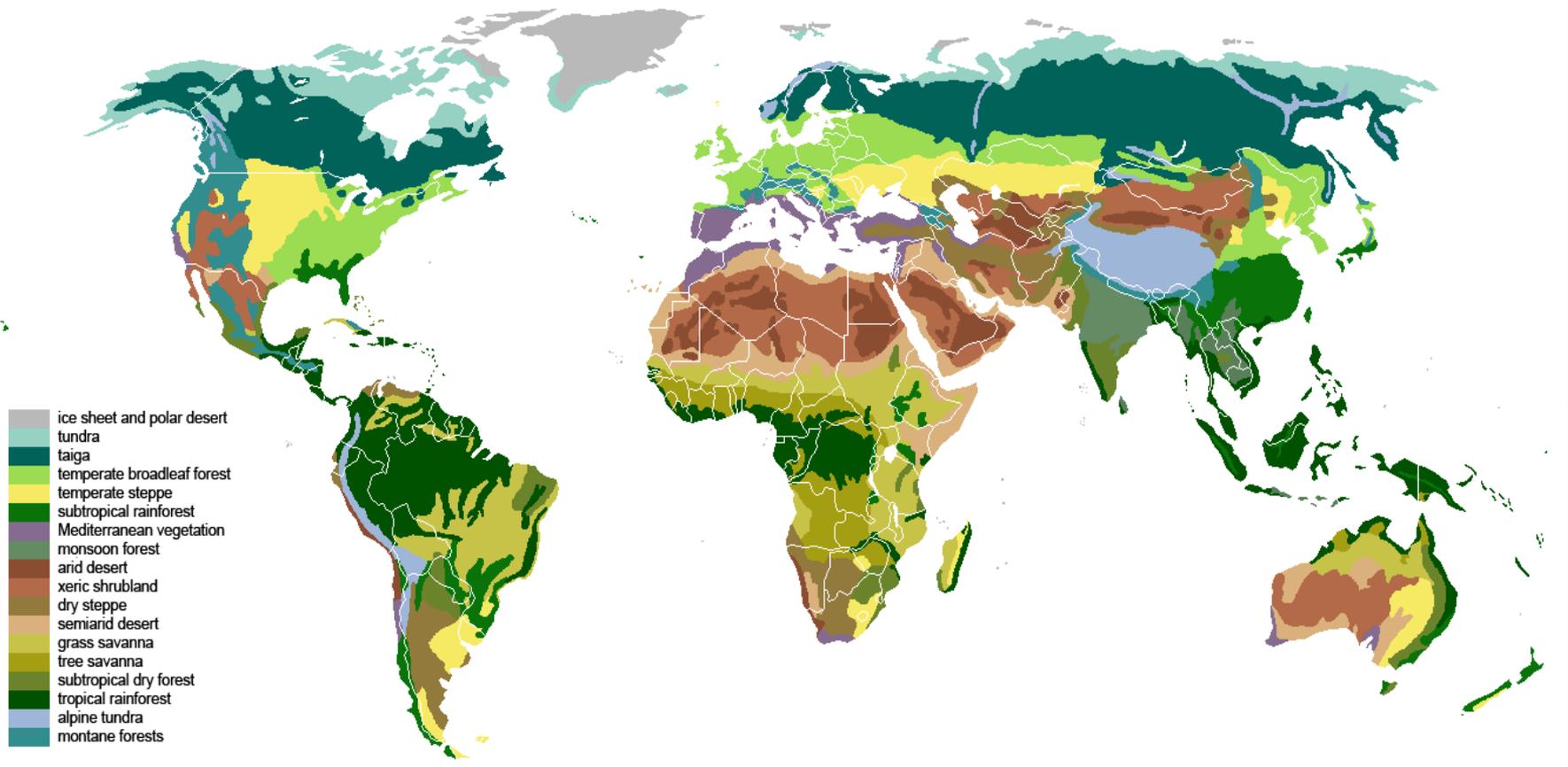
Cartographie des grandes groupes de végétation début 20^e s



1. Un brin d'histoire

Quelle est la répartition géographique des espèces ?

Cartographie actuelles des grandes groupes de végétation



1. Un brin d'histoire

Quelle est la répartition géographique des espèces ?

Répartition de la végétation vue de l'espace

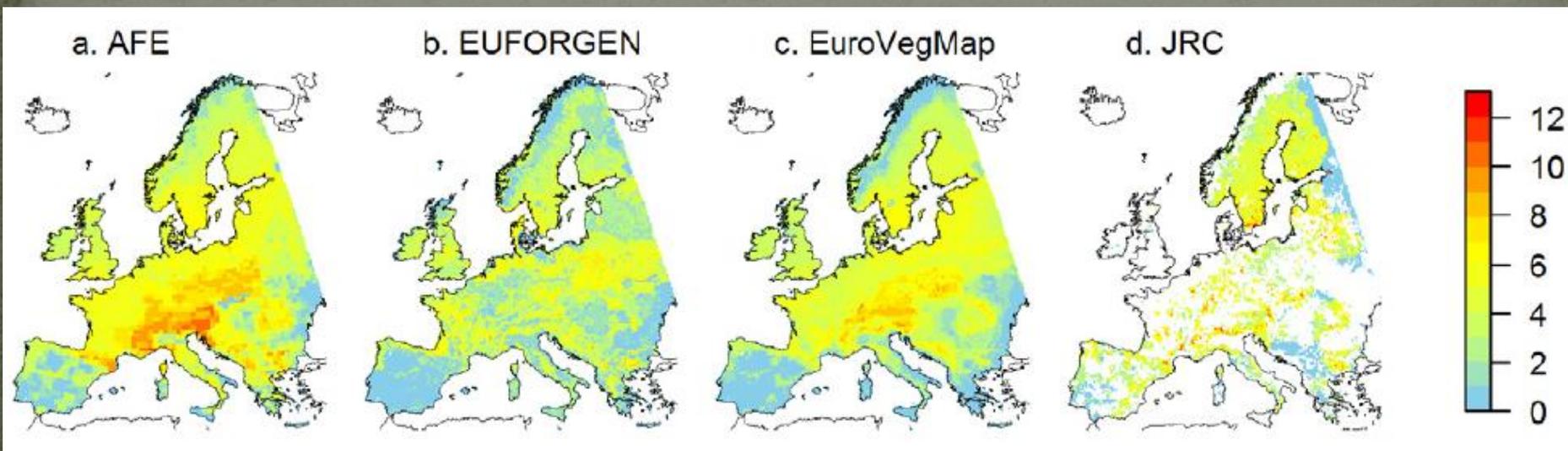


1. Un brin d'histoire

Quelle est la répartition géographique des espèces ?

Les données de répartition géographique des espèces sont mauvaises !

Nombre d'espèces d'arbre forestier (parmi 13 les plus communes) présentes selon 4 source de données différentes

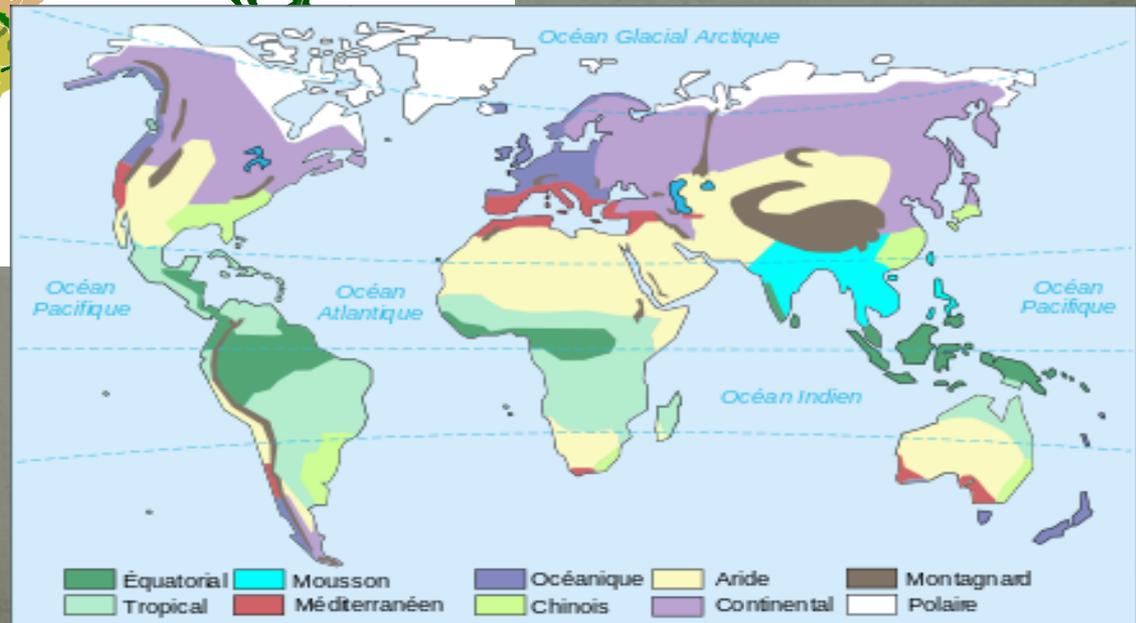
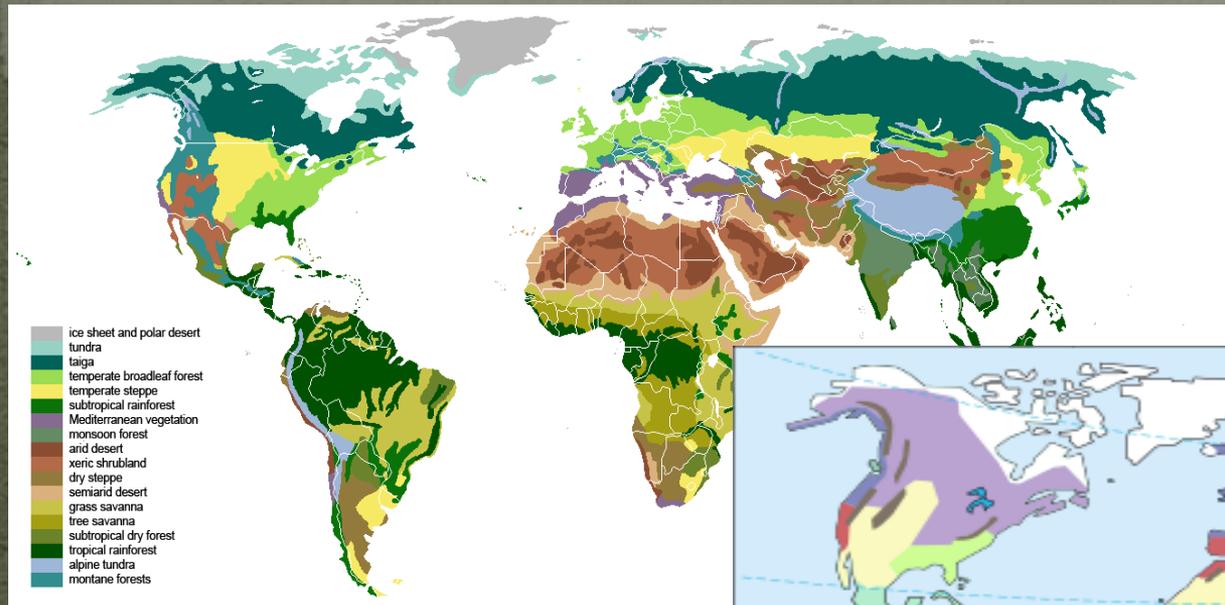


A circular map of the world, likely a historical or decorative map, centered on the Atlantic Ocean. The map is surrounded by a decorative border and four circular insets in the corners, each containing a smaller map or diagram. The text is overlaid on the map.

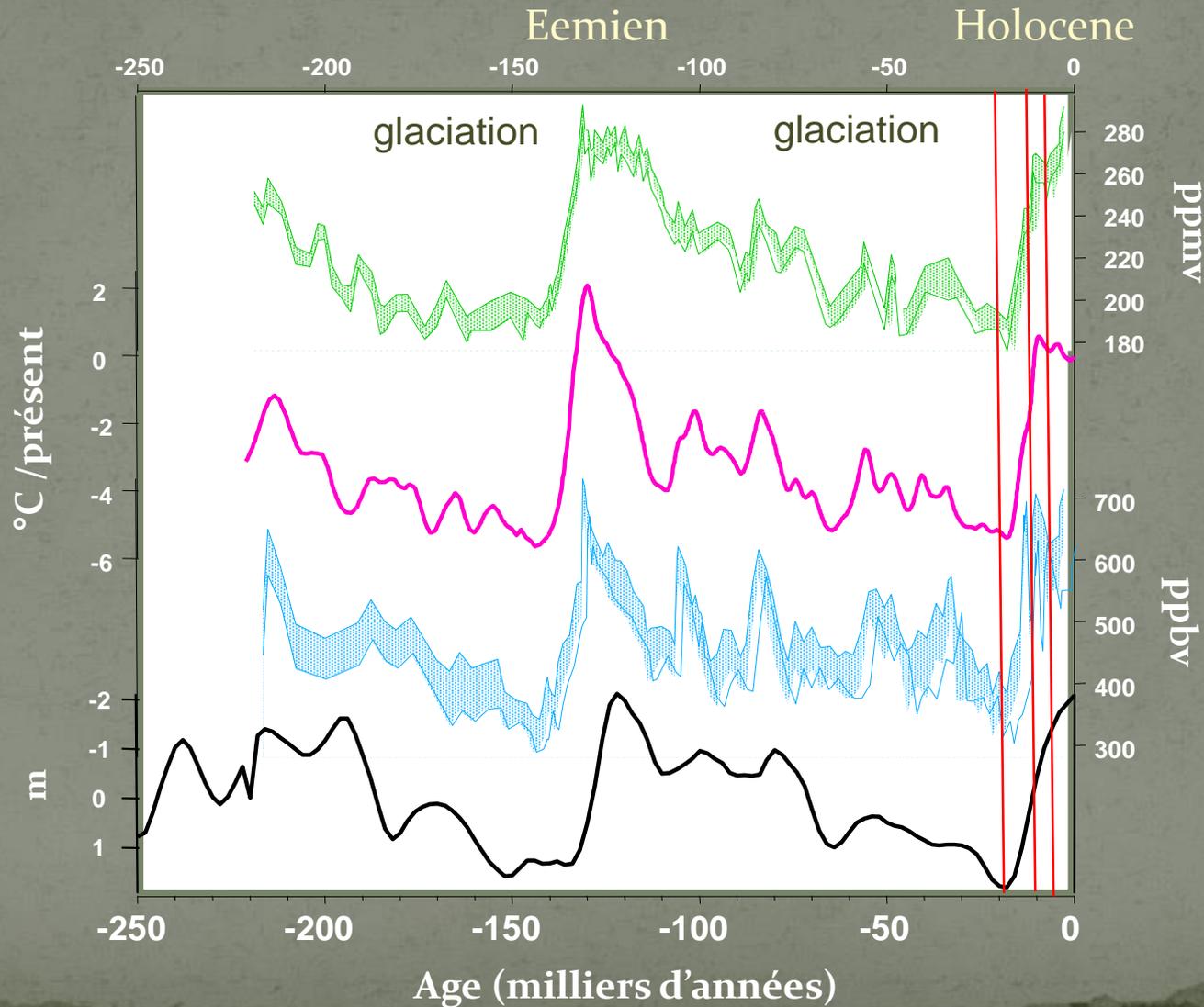
2. Le lien entre répartition des espèces et climats

2. Lien répartition espèces et climats

La définition des classes de végétation est calée sur celle des climats

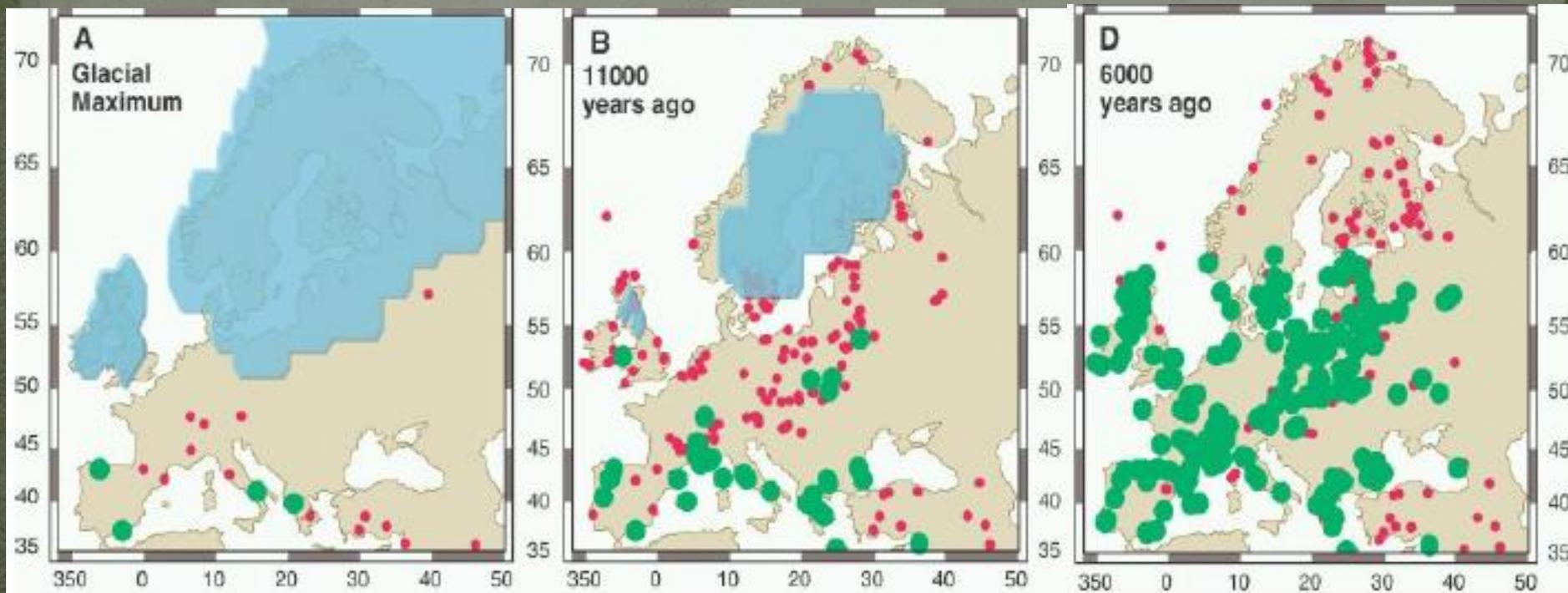


Les traces des changements passés



Les traces des changements passés

Recolonisation des chênes décidus à l'Holocène

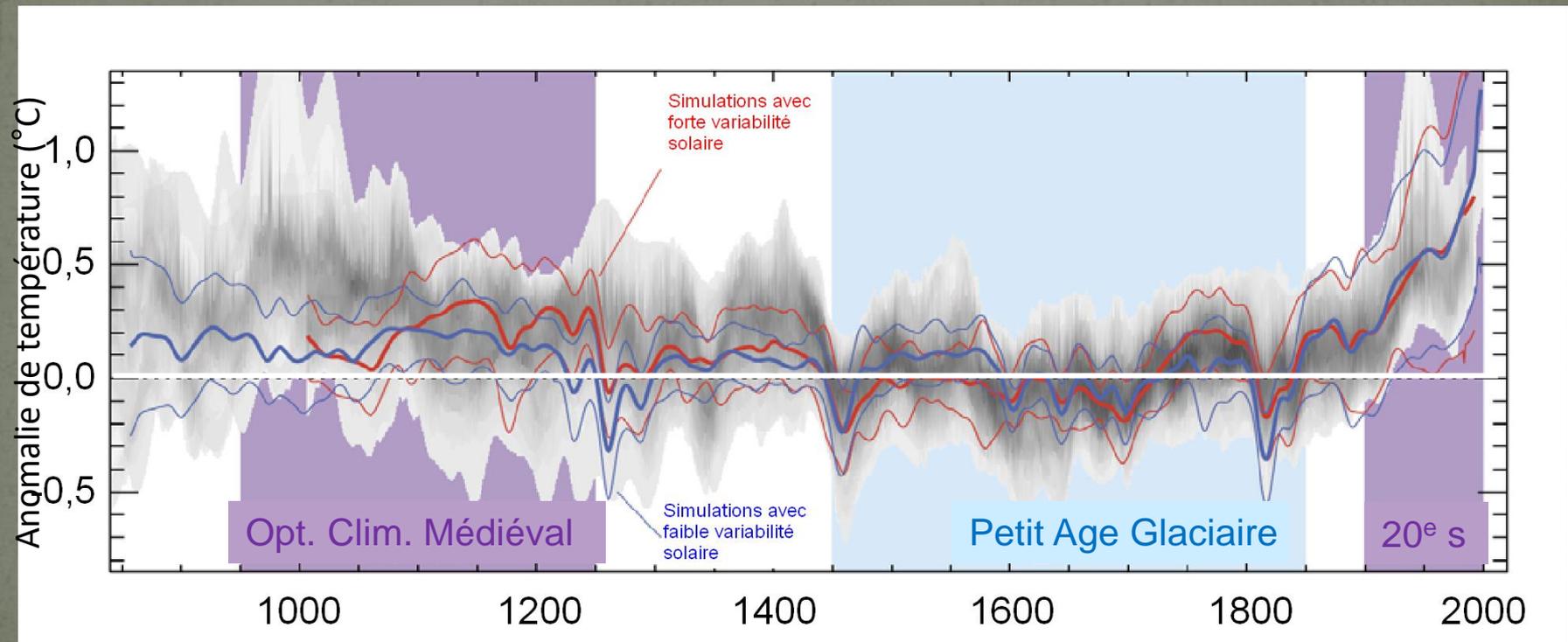


● Présence du chêne ● Absence du chêne dans les enregistrement de pollen fossile

Les traces des changements passés

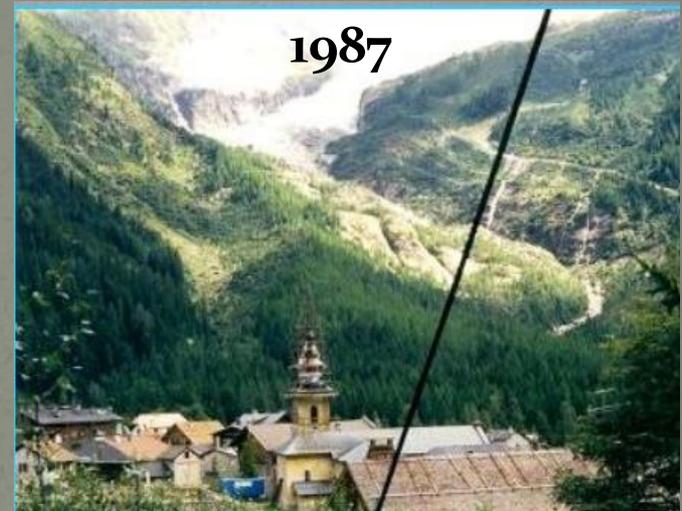
Le petit Age de glace en Europe

Reconstruction de la température moyenne de l'hémisphère nord :
écart (°C) à la moyenne de 1500-1850



Les traces des changements passés

Glacier
d'Argentière



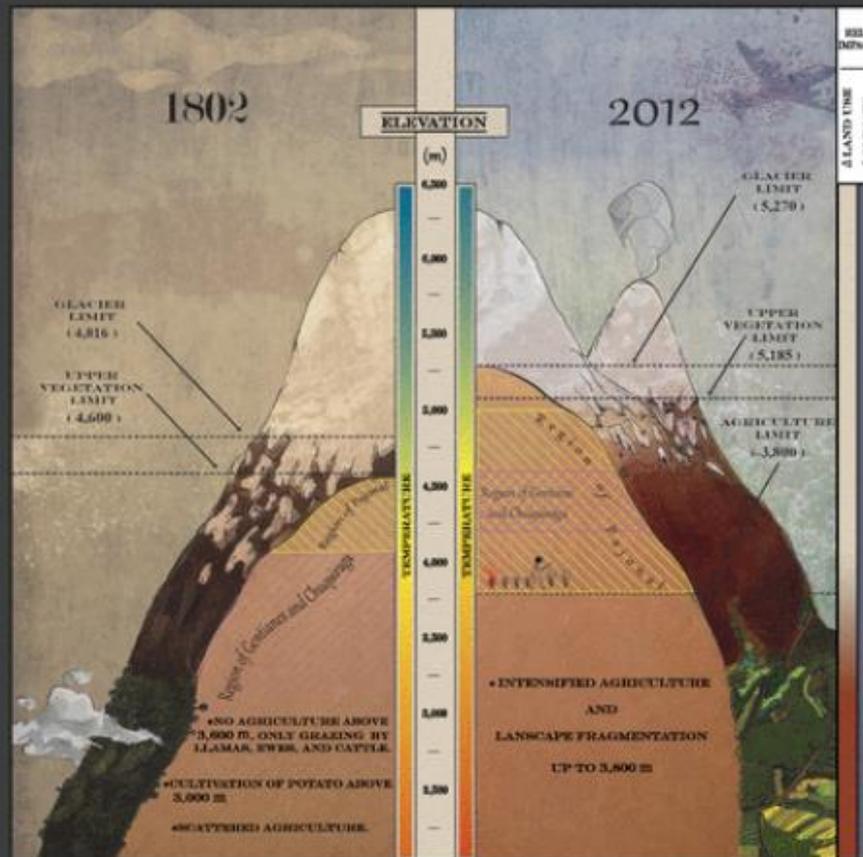
Mer de glace



Les changements plus récents

Strong upslope shifts in Chimborazo's vegetation over two centuries since Humboldt

Naia Morueta-Holme^{a,b,1}, Kristine Engemann^a, Pablo Sandoval-Acuña^c, Jeremy D. Jonas^{d,e}, R. Max Segnitz^f, and Jens-Christian Svenning^a



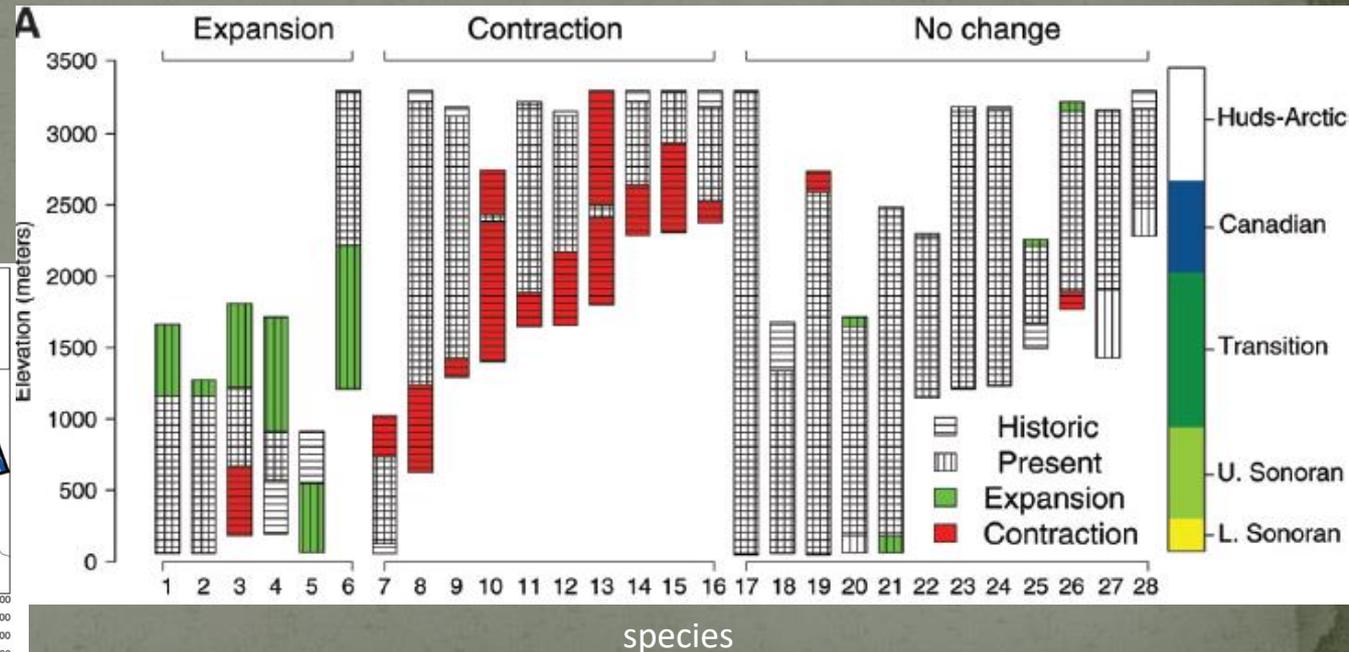
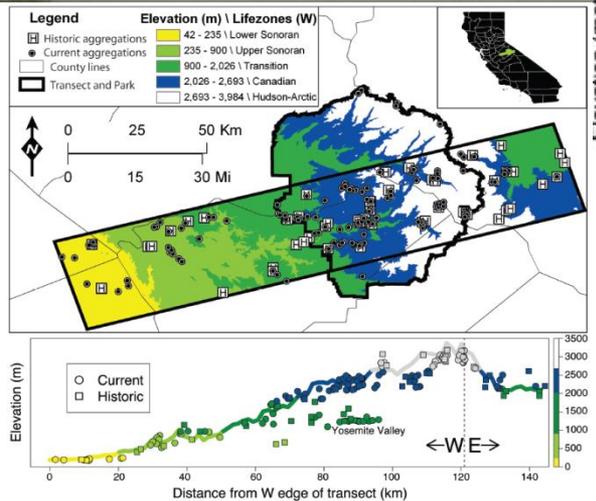
Naia Morueta-Holme



Jens Christian Svenning

Les changements plus récents

Evolution de la répartition altitudinale des petits mammifères du Yosemite National park, US, au cours du dernier siècle



Les changements plus récents

Evolution de la répartition de la chenille processionnaire du pin
au cours des cinquante dernières années
(*Thaumetopoea pityocampa*, Lépidoptère)



Progression du front
d'expansion de la chenille proces-
sionnaire du pin en France.

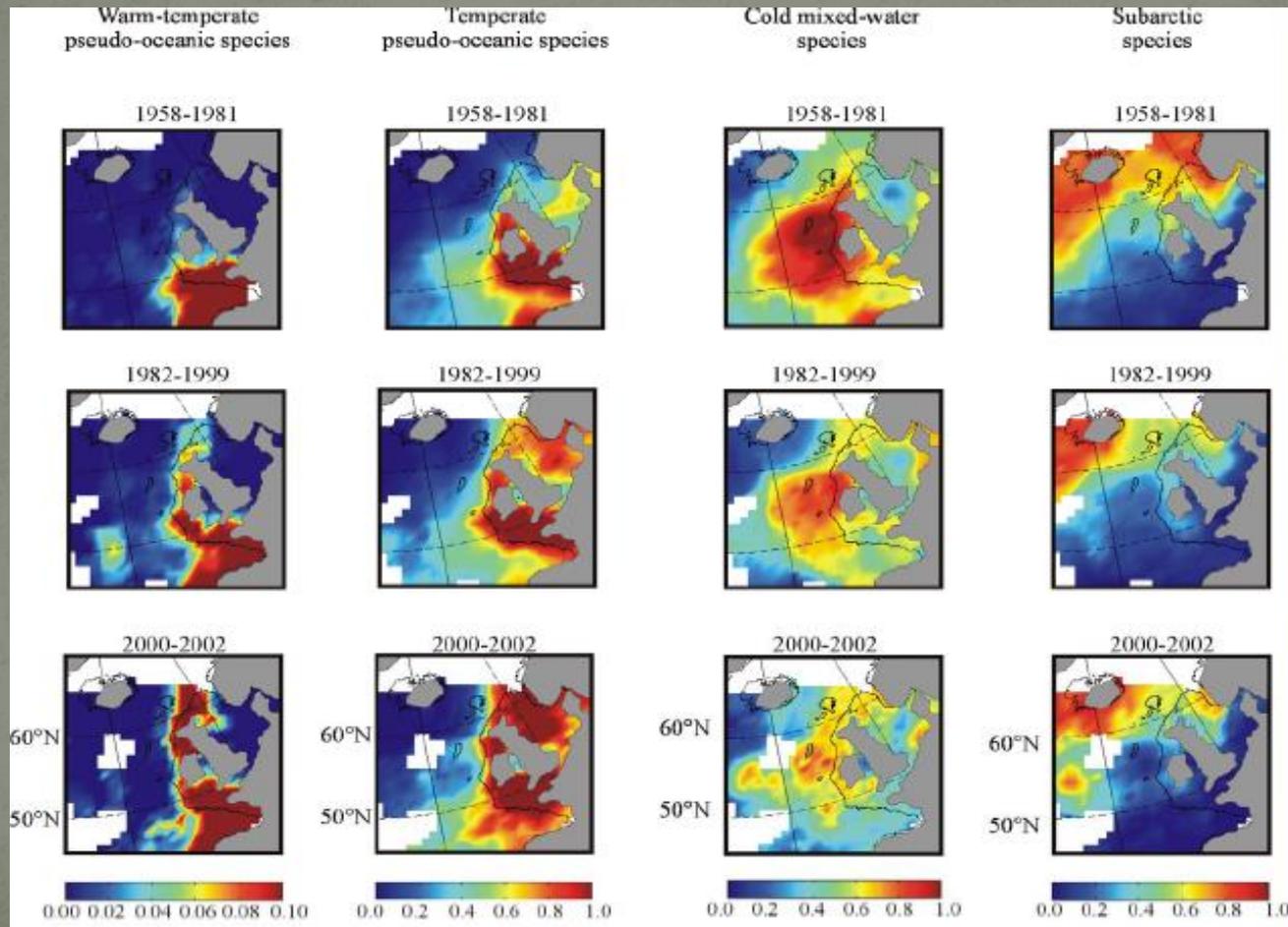
5,5km/an (5 m en altitude)



Les changements plus récents

Evolution de la répartition du plancton marin en
Atlantique Nord en 20 ans

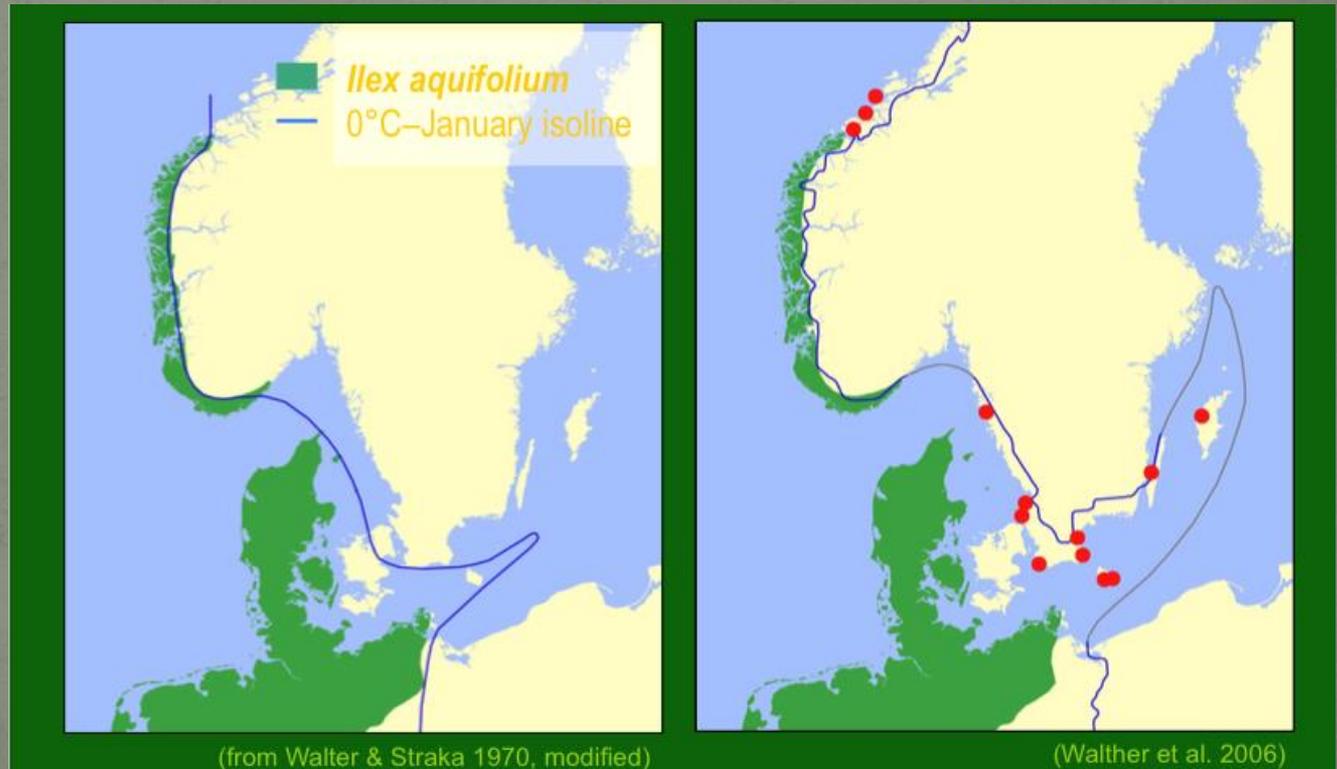
Beaugrand et al. 2003



Les changements plus récents

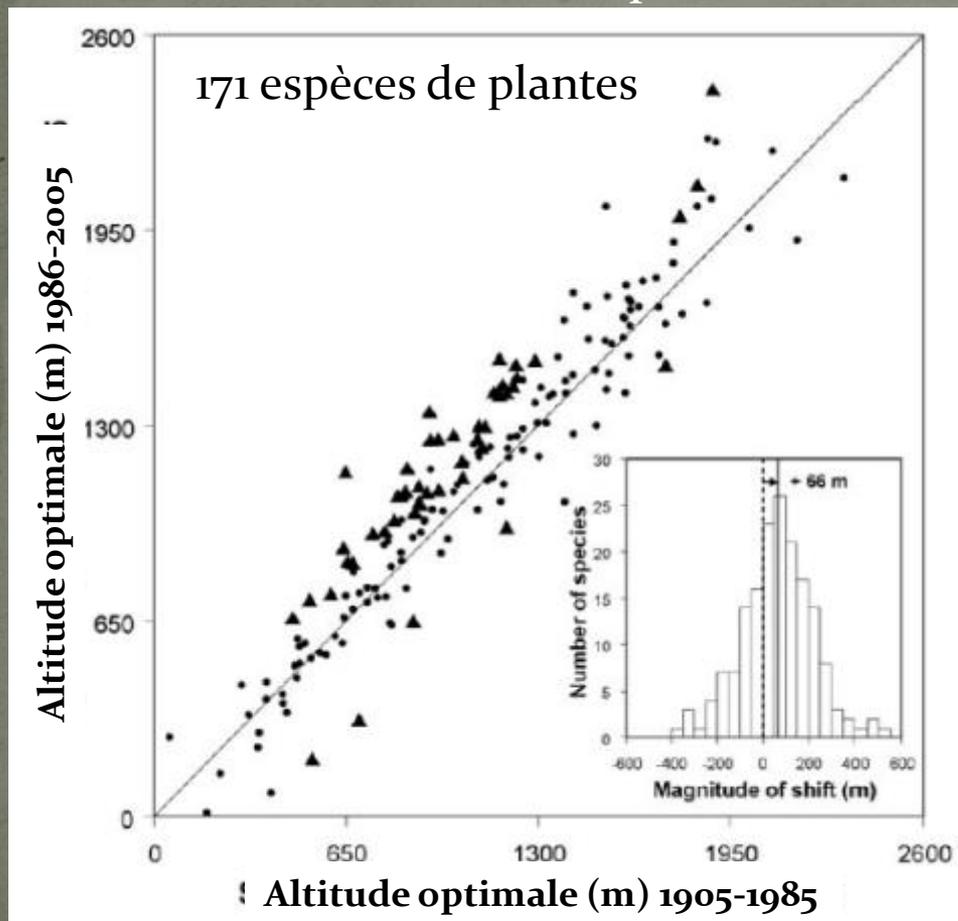


Evolution de la répartition du houx au cours des cinquante dernières années
(*Ilex aquifolium*)



Les changements plus récents

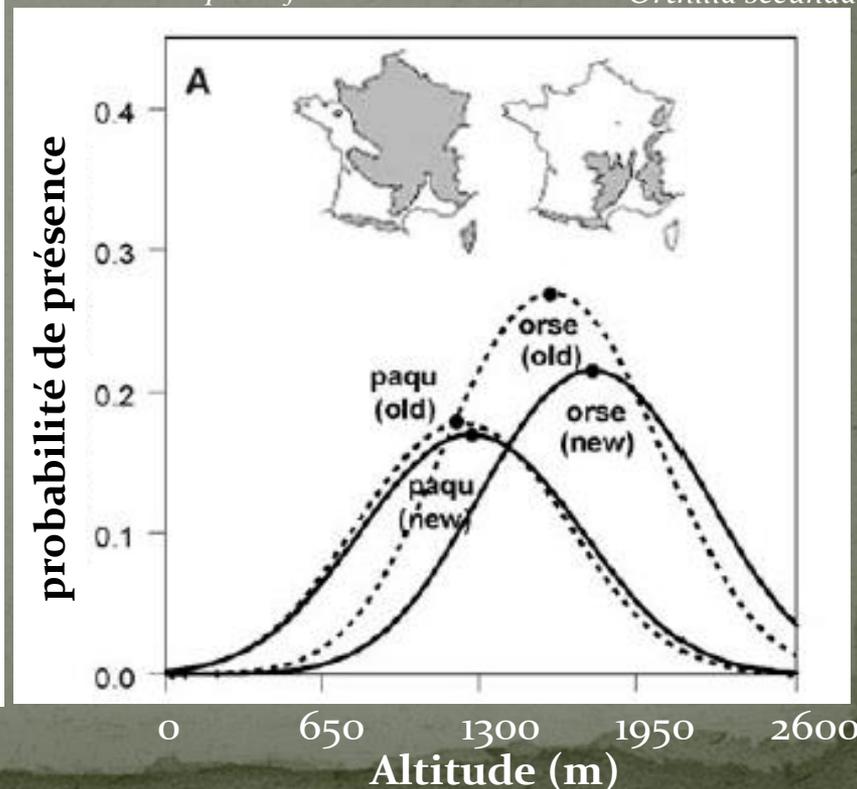
Evolution de la répartition altitudinale de la flore de France au cours des cinquante dernières années



Paris quadrifolia

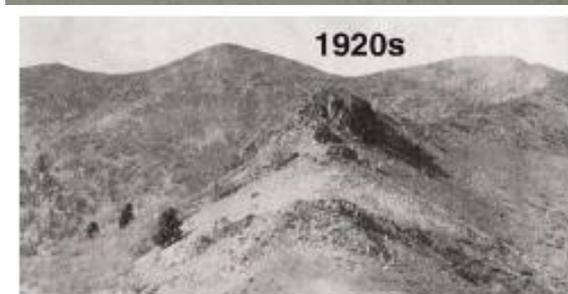
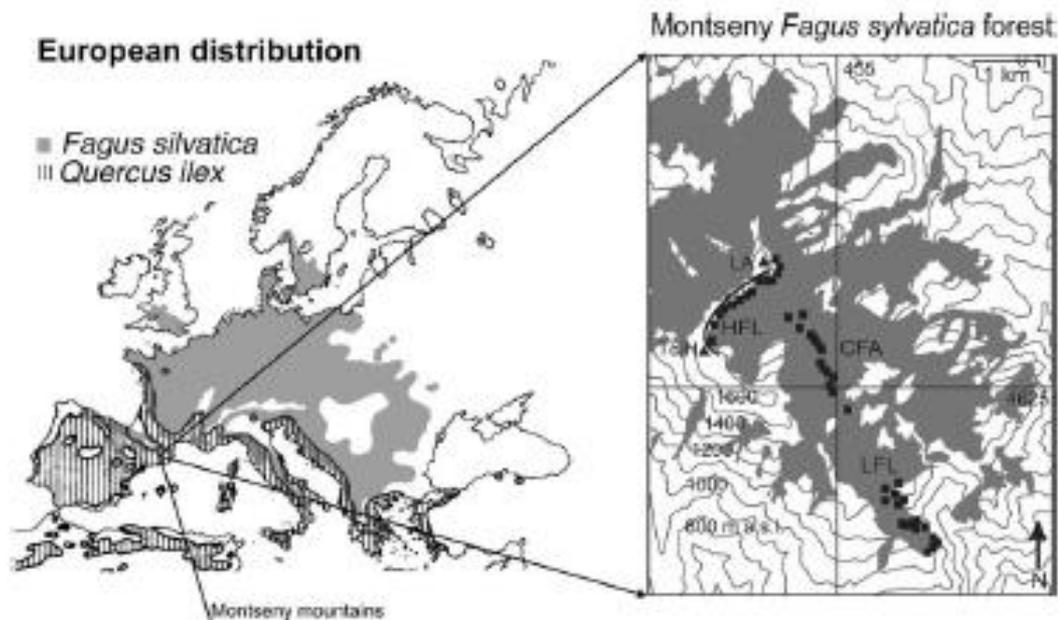


Orthilia secunda



Les changements plus récents

Le hêtre du Montseny, Pyrénées Catalanes espagnoles



Le hêtre est remplacé par le chêne vert à basse altitude et remonte vers les sommets et y remplace le sapin pectiné

Les changements plus récents

Grande variabilité de réponse entre espèces



Telestes souffia



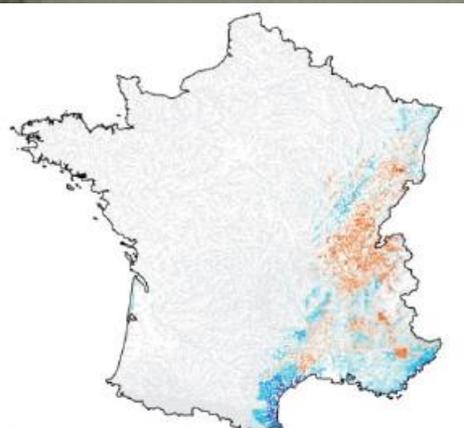
Salmo trutta



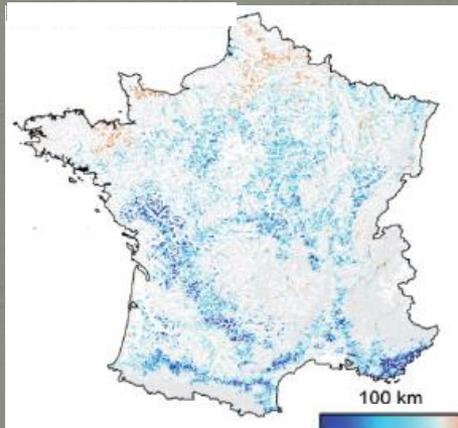
Tinca tinca



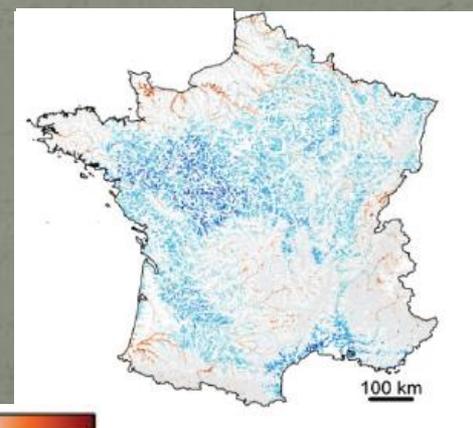
Gymnocephalus cernua



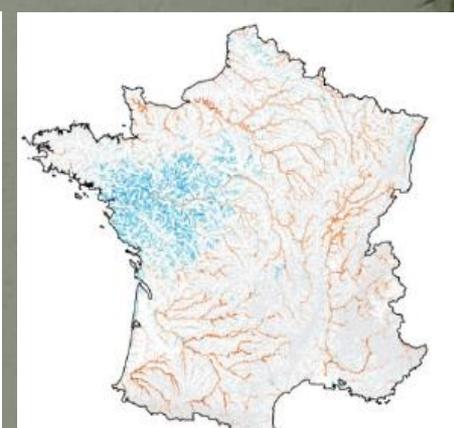
Upward shift



Northward shift



Upward and northward shift



Expansion

Habitat loss Habitat gain
(1970-2010)

Les changements plus récents

Grande variabilité de réponse entre espèces



Telestes souffia



Salmo trutta

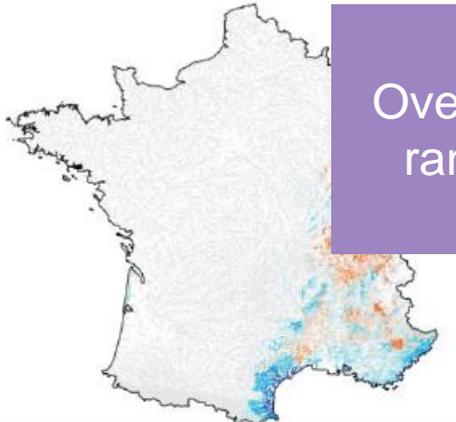


Tinca tinca

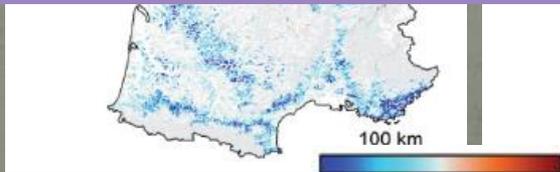


Gymnocephalus cernua

Over 42 species, 12 are regressing (up to -30% of the range), 30 are expanding (up to 52% of the range).



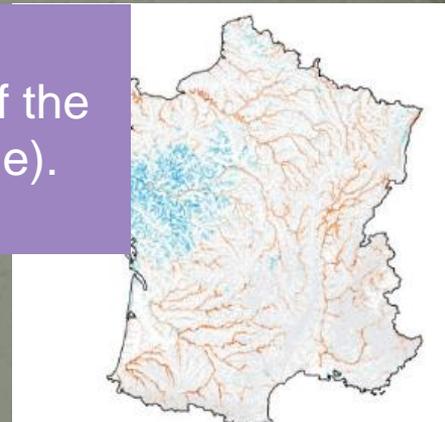
Upward shift



Northward shift



Upward and northward shift

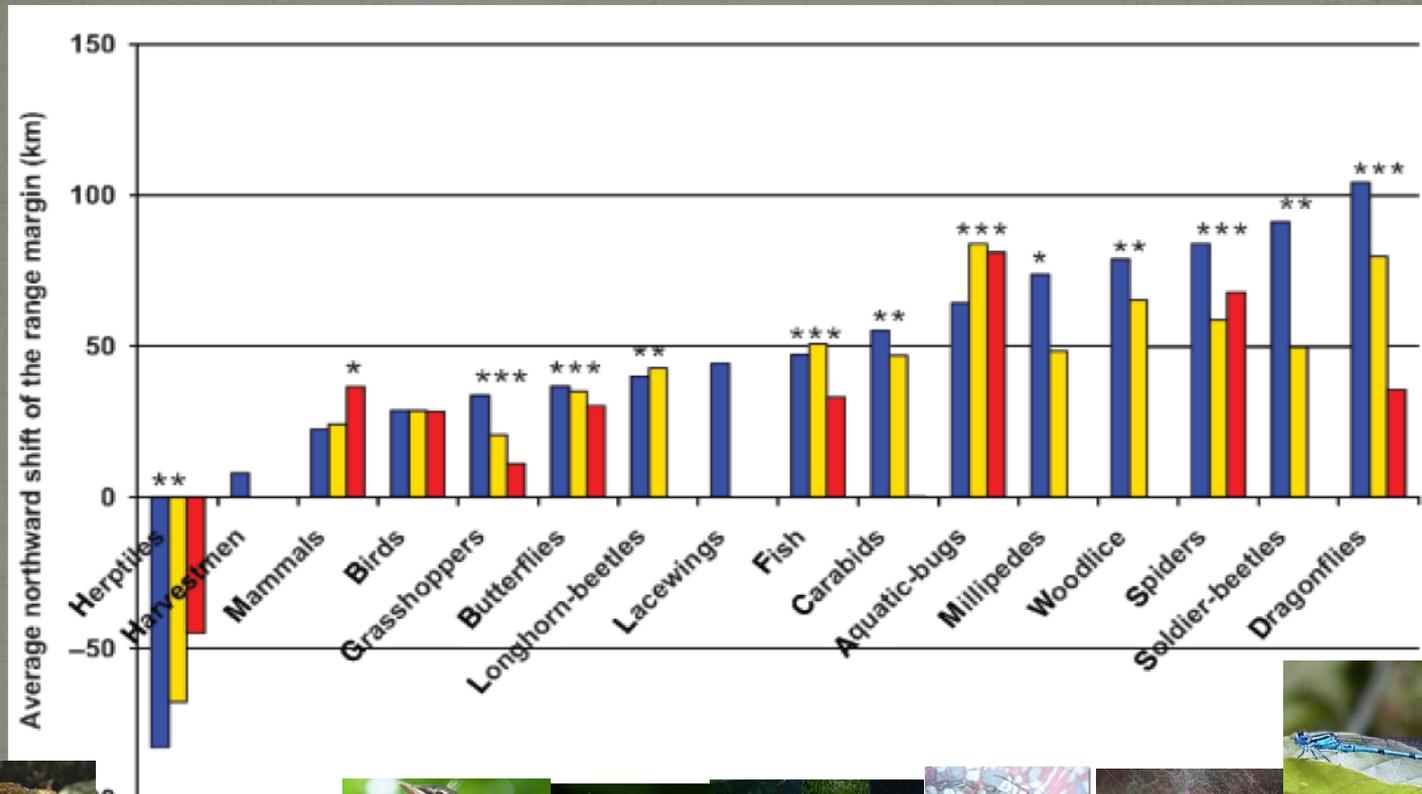


Expansion

Habitat loss Habitat gain
(1970-2010)

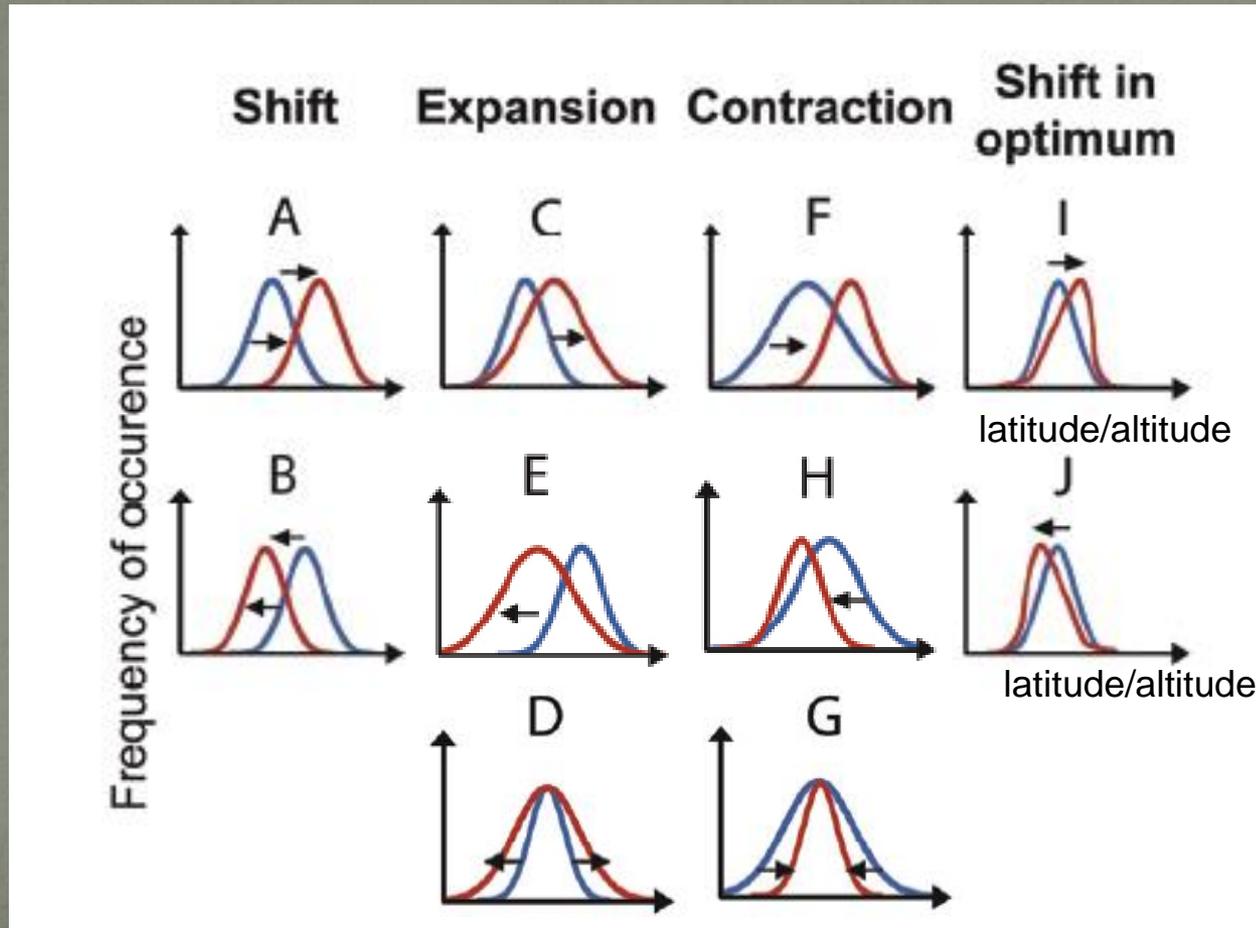
Les changements plus récents

Grande variabilité de réponse entre groupes taxonomiques



Les répartitions géographiques des espèces sont en train de changer

Grande variabilité de réponse entre espèces



Pourquoi cette variabilité de réponse ?

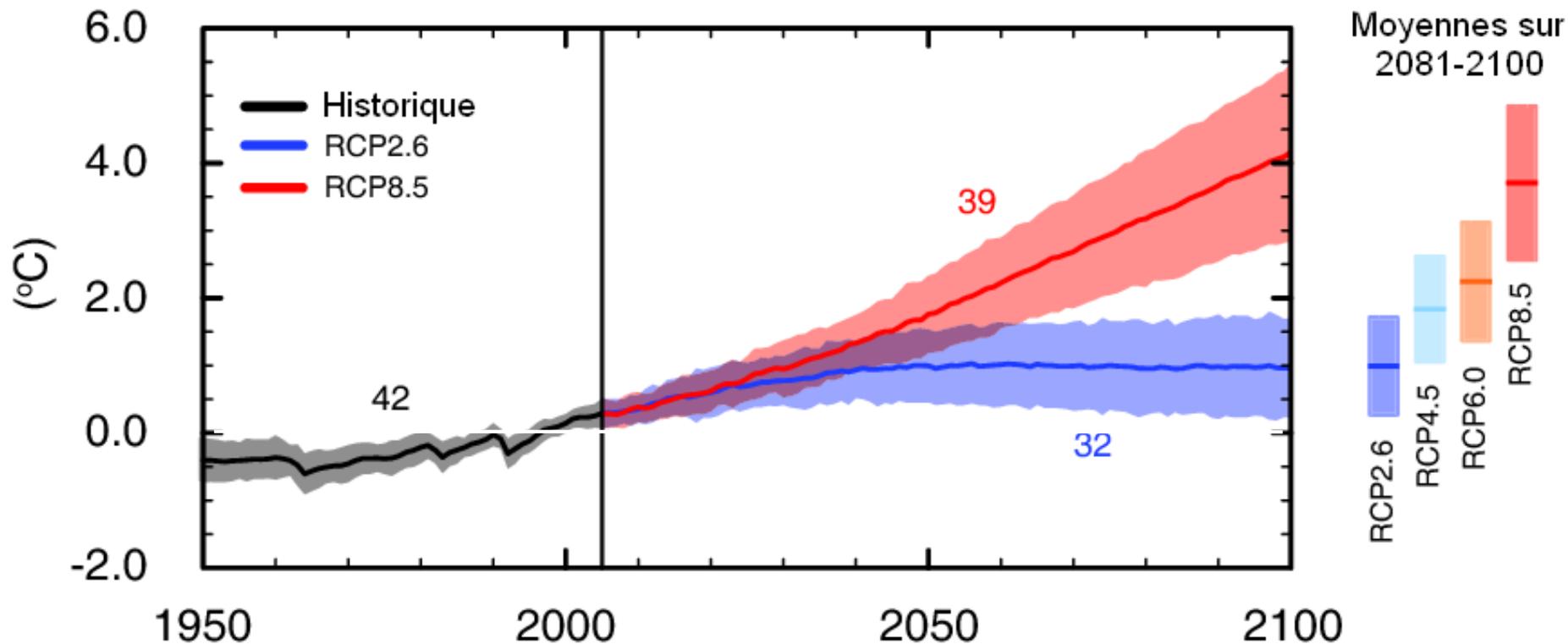
Species distribution change depends on:

1. the rate of environmental change species are exposed to,
2. species sensitivity to this change which mainly depends on their physiology,
3. species ability to adapt by phenotypic plasticity, micro-evolution and migration.

In addition, land use change, habitat fragmentation, pollution, biotic interactions are also modifying species distribution.

Les défis que posent le changement climatique

Température moyenne annuelle mondiale (°C)

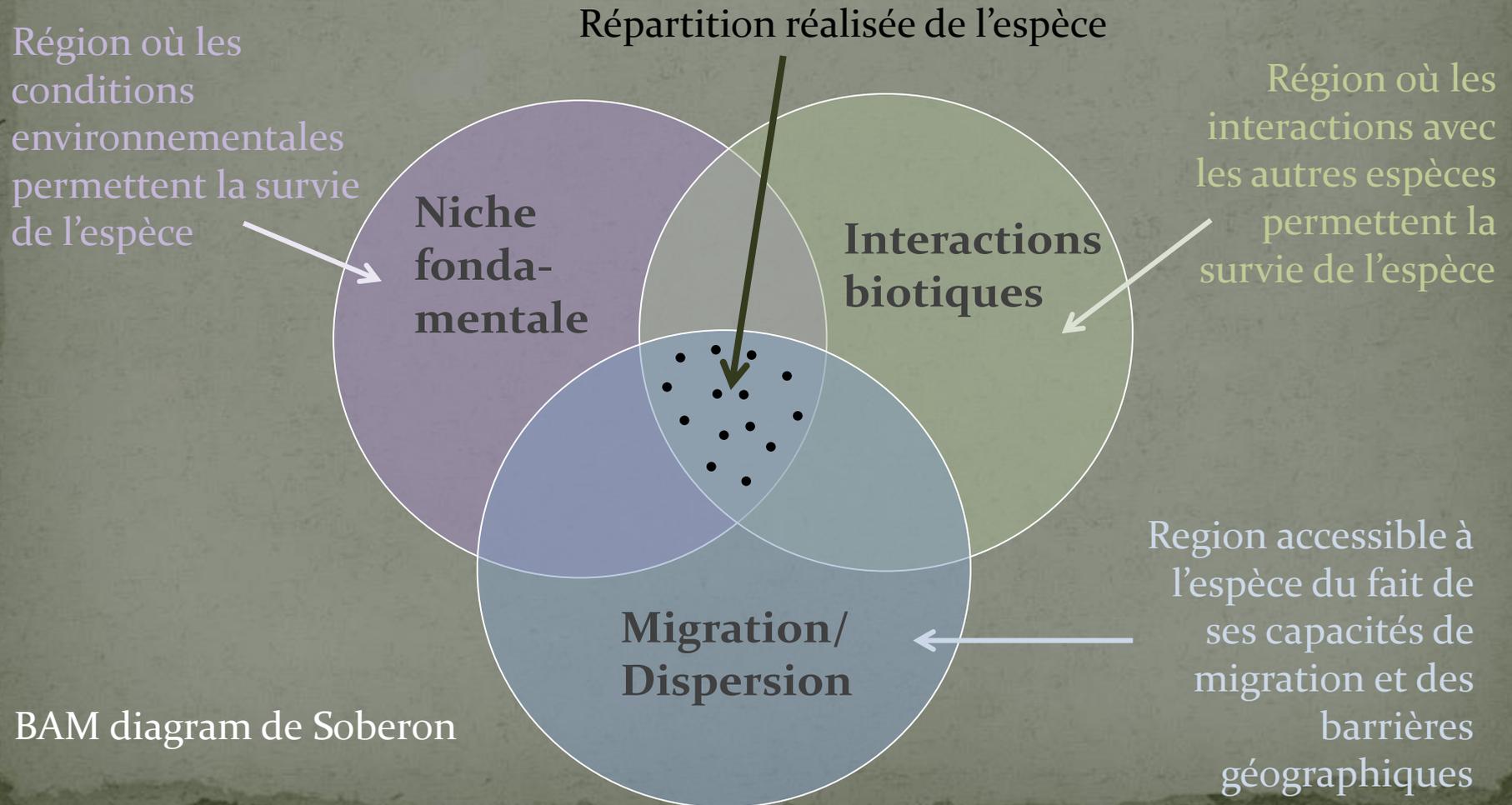




3. Les concepts de niche et leurs relations à la répartition géographique

3. Concepts de niche

Predire les aires de répartition futures des espèce : que doit-on connaître ?

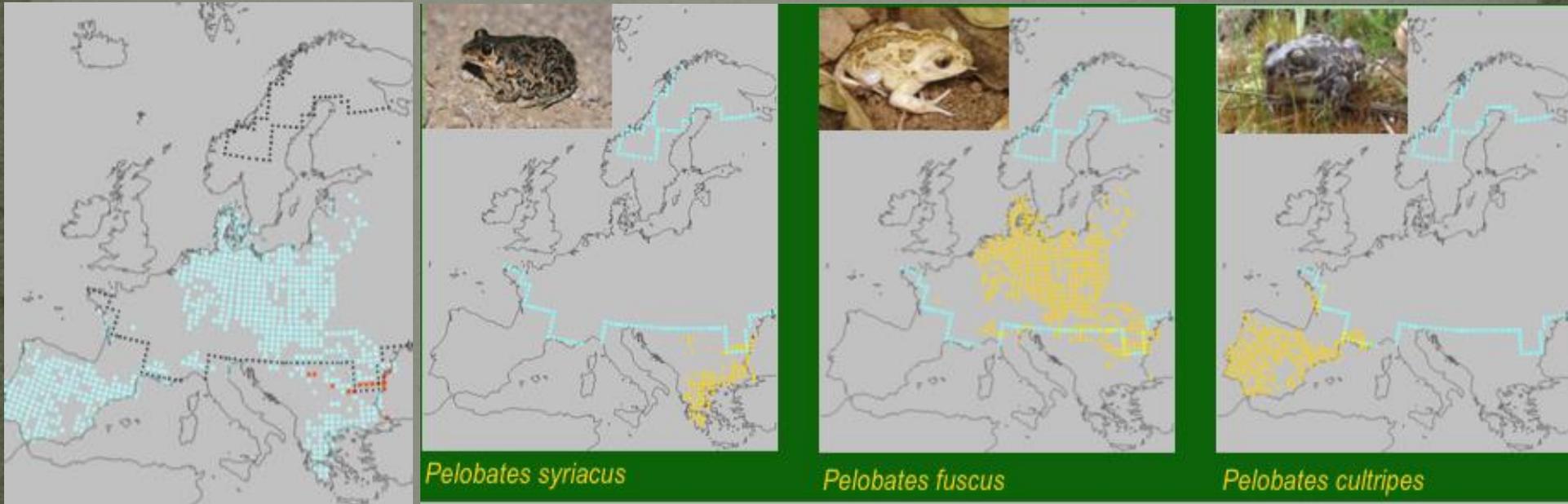


BAM diagram de Soberon

3. Concepts de niche

Effet de la dispersion et des interactions biotiques

Distribution du genre *Pelobates* en Europe, et des 3 espèces du genre



3. Concepts de niche

Comment décrire l'aire de répartition potentielle d'une espèce ?

Les facteurs climatiques, et en particuliers la température sont les premiers déterminants de la présence d'une espèce. Exemples :

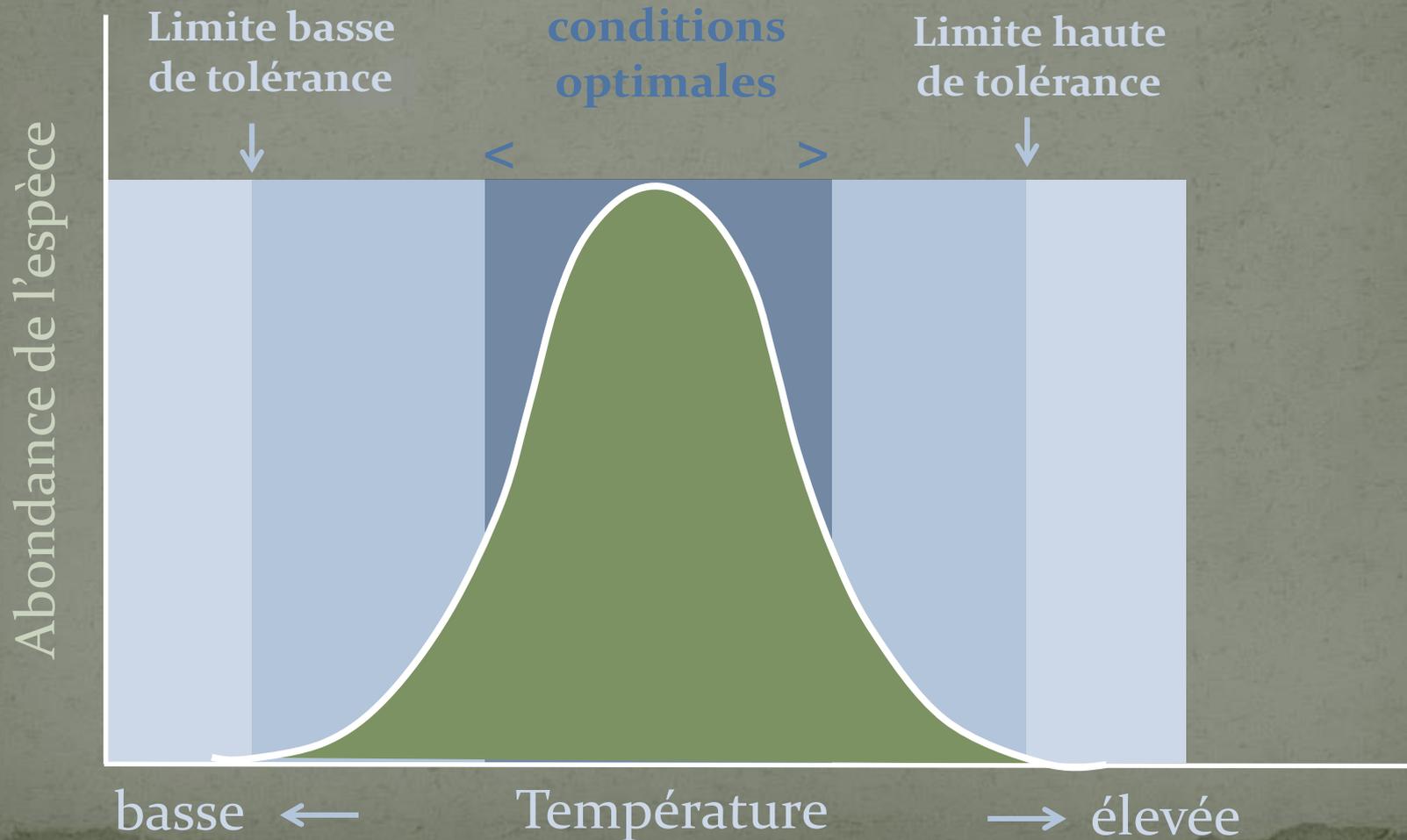
- Mortalités des individus en limite d'aire à cause d'extrêmes climatiques
- Limites altitudinales des arbres
 - Large échelle : température max. lors de la saison de croissance
 - Echelle locale : pente, vent, épaisseur neige, équilibre eau-énergie
- *Cyprinodon nevadensis* :
 - Adultes supportent températures 0-42°C
 - Œufs se développent entre 20 et 36°C
 - Espèce absente de milieux à basses températures où les adultes peuvent grandir et survivre



Cyprinodon nevadensis

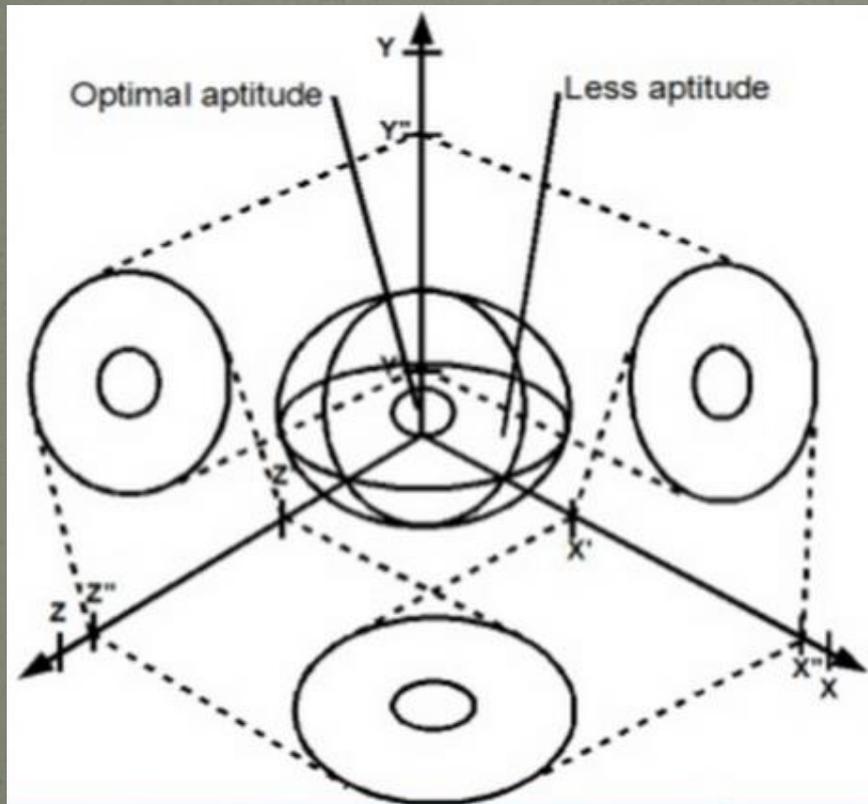
3. Concepts de niche

Relations entre abondance/performance et facteurs du milieu



3. Concepts de niche

Comment décrire l'aire de répartition potentielle d'une espèce ?



Relation entre abondance de l'espèce et toutes les variables abiotiques ->

Hypervolume à n dimensions dans lequel chaque point représente une combinaison de conditions environnementales pour laquelle l'espèce a un taux d'accroissement supérieur ou égal à un.

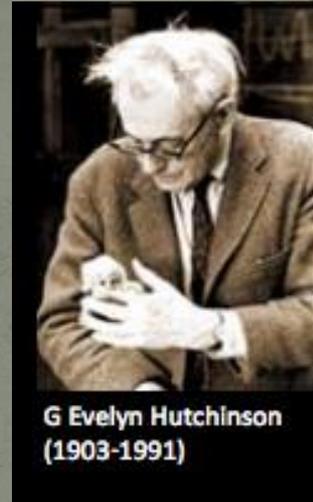
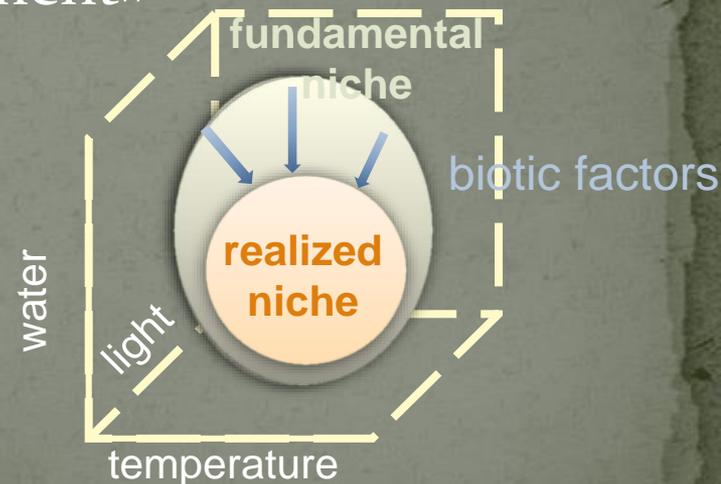
3. Concepts de niche

Les concepts de niche fondamentale et niche réalisée

Niche fondamentale :

« Ensemble des conditions abiotiques (environnementales) dans lesquelles une population peut se développer indéfiniment »

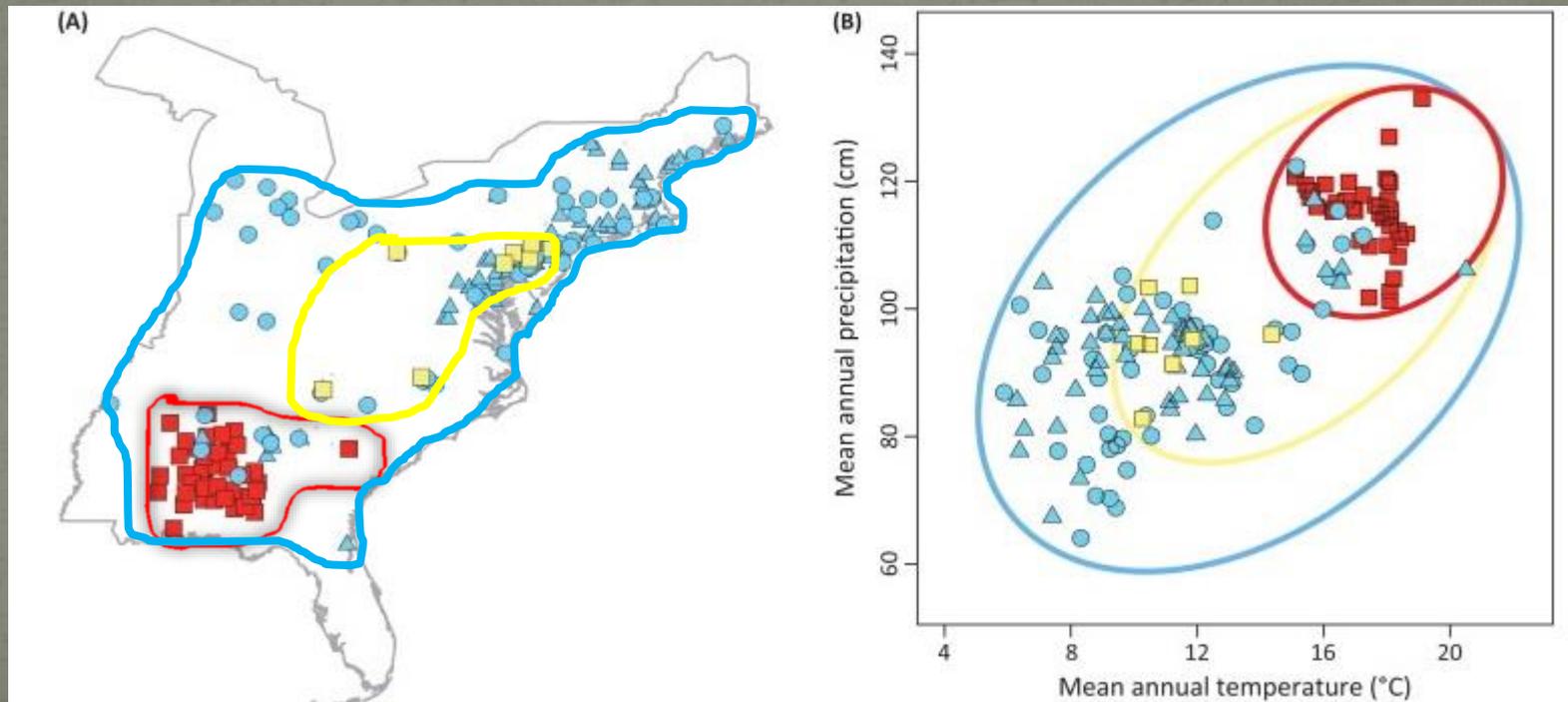
Niche réalisée : Part de la niche fondamentale dans laquelle l'espèce est restreinte à cause des interactions avec d'autres espèces.



3. Concepts de niche

Comment décrire l'aire de répartition potentielle d'une espèce ?

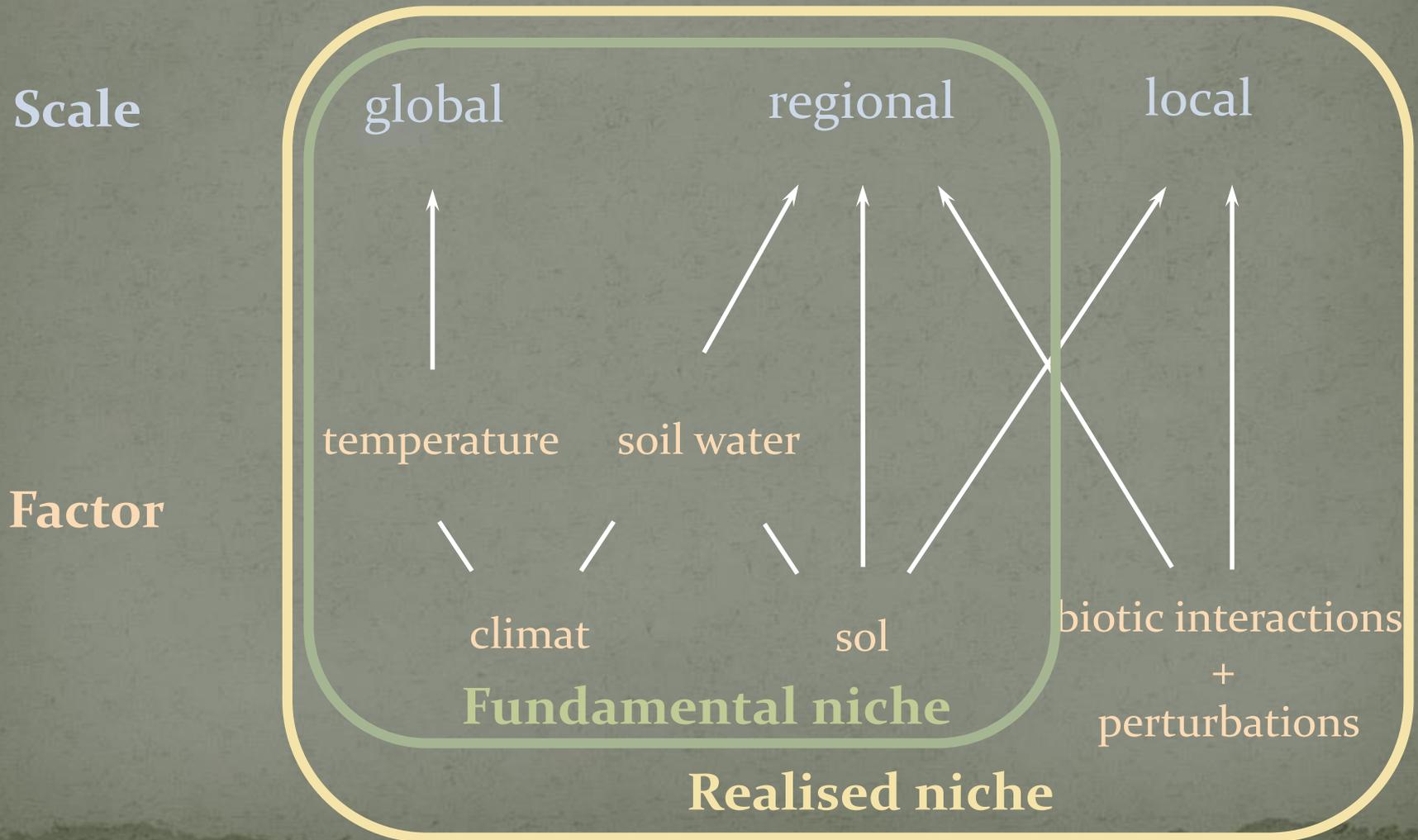
La répartition potentielle d'une espèce est la représentation géographique de sa **niche fondamentale**.



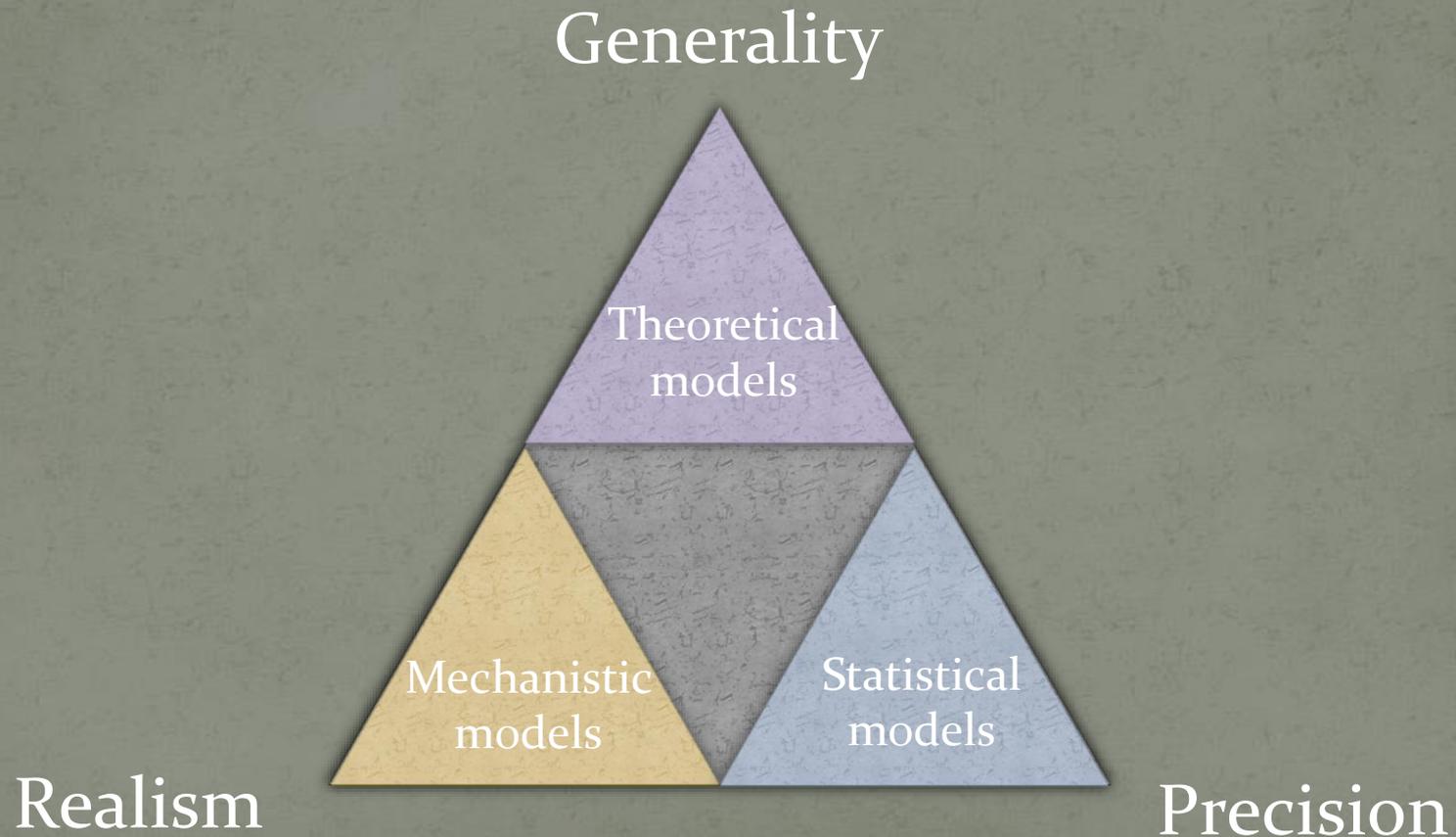


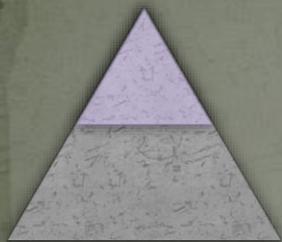
4. Les outils de modélisation
Pourquoi ? Comment ?

Environmental factors driving species distribution: a matter of scale



Levins' model building theory

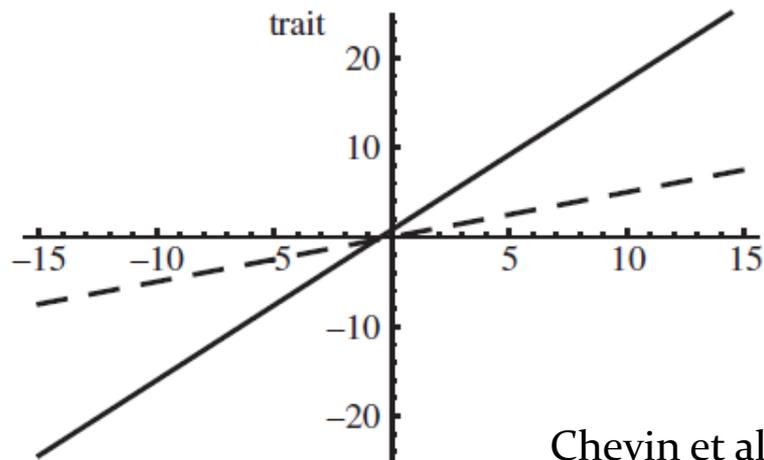




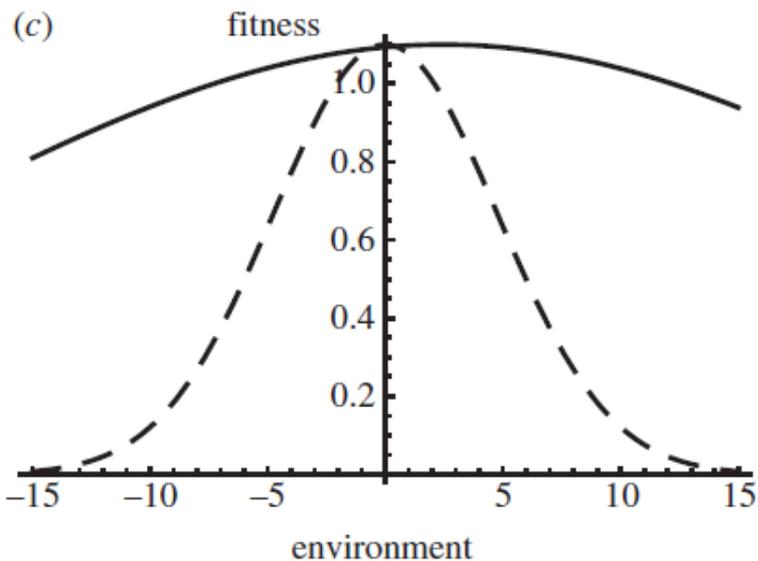
Theoretical SD models

Example: Niche evolution models (Kirkpatrick & Barton 1997; Polechova et al 2009; Duputié et al. 2012; Chevin et al. 2013)

(a) adaptation by evolving plasticity



Chevin et al PTB 2013



-> Cf intervention Gaël Raoul



Statistical SD Models

(correlative SDM, niche-based models, habitat model, envelop models)

Main objective:

Predict species distribution

Principal:

Relate species presence/absence to environmental variables using different kinds of statistical models (GAM, GLM, Random Forest, etc)

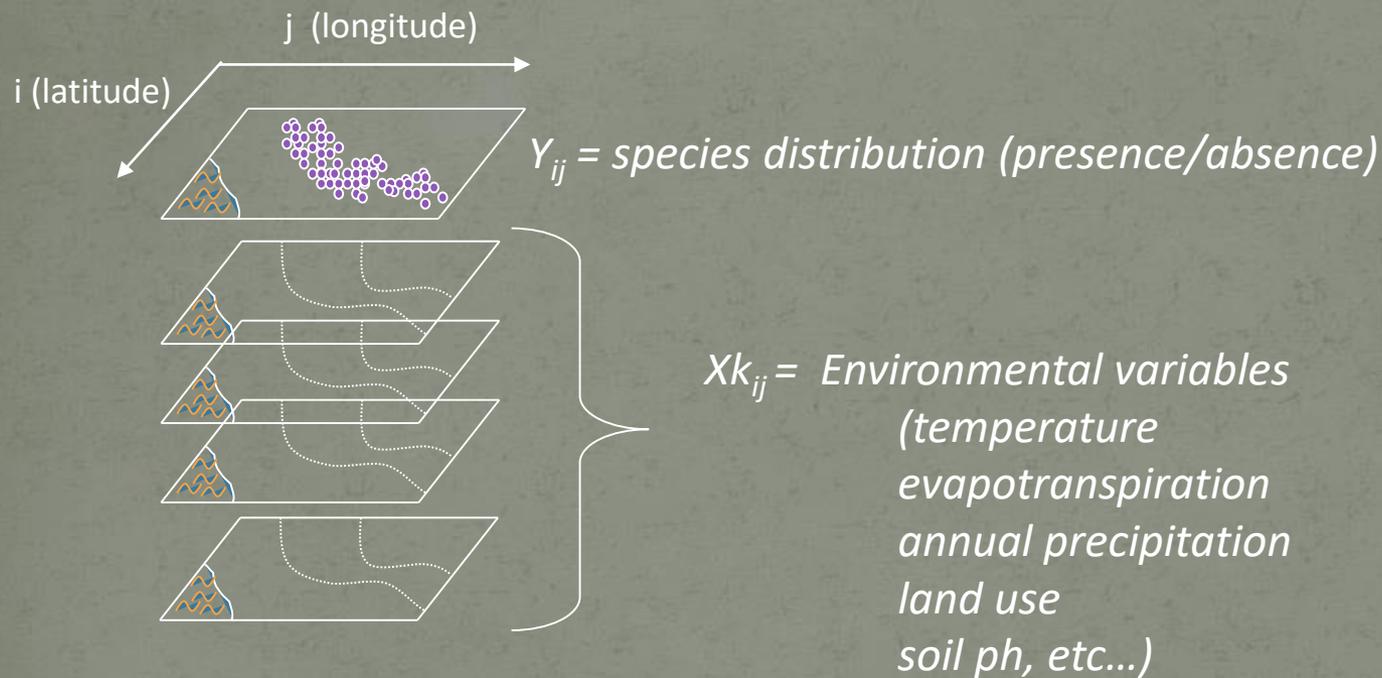
Advantages:

Can be applied to any species
Easy and quick

Drawbacks:

Methodological difficulties

Correlative SD models



-> Cf intervention Céline Bellard



Modèles basés sur les processus

Objectif

Comprendre la répartition des espèces

Principe

Simulent un fonctionnement biologique en fonction des variations du milieu

Avantages

Modèles robustes et explicatifs

Inconvénients

Très long à développer

Demande beaucoup de connaissances sur la biologie des espèces

-> Cf CHAPITRE 2



Merci de votre attention