

Écologie fondamentale : concepts et méthodes (HAV316B)

Christophe PETIT

Cours 7



Écologie fondamentale : concepts et méthodes (HAV316B)



Introduction

1ère partie. La biodiversité: un concept-clé

2ème partie. La biodiversité: un paramètre hétérogène et dynamique

A. Variations géographiques de la biodiversité

1. Relations aire-espèces
2. Gradients géographiques de biodiversité

B. Facteurs expliquant la répartition de la biodiversité actuelle et sa dynamique

1. Les facteurs climatiques
2. Les perturbations
3. La richesse et la disponibilité des ressources
- 4. Les autres individus**
5. Les facteurs historiques

4.2. La compétition dans une population

Dynamique des populations : les paramètres démographiques

Variations d'effectifs d'une population dans le temps :

$$N_{t+1} = N_t + I_t + B_t - D_t - E_t$$

N_t l'effectif à t

I_t le nombre d'immigrants

B_t le nombre de naissances

D_t le nombre de morts

E_t le nombre d'émigrants

Variation d'effectifs sur n'importe quel intervalle de temps dt : $N_{t+1} = N_t + B_t - D_t$ ($E_t = I_t \simeq 0$)

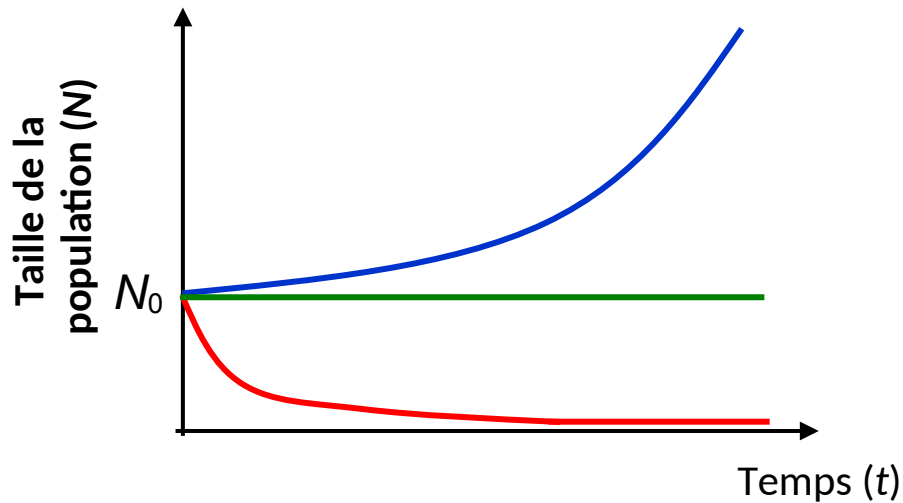
$$\frac{dN}{dt} = rN \quad \longrightarrow \quad N_t = e^{rt} N_0$$

r = **taux de croissance instantané**

N_0 = **effectif initial** de la population (au temps $t=0$ de l'étude)

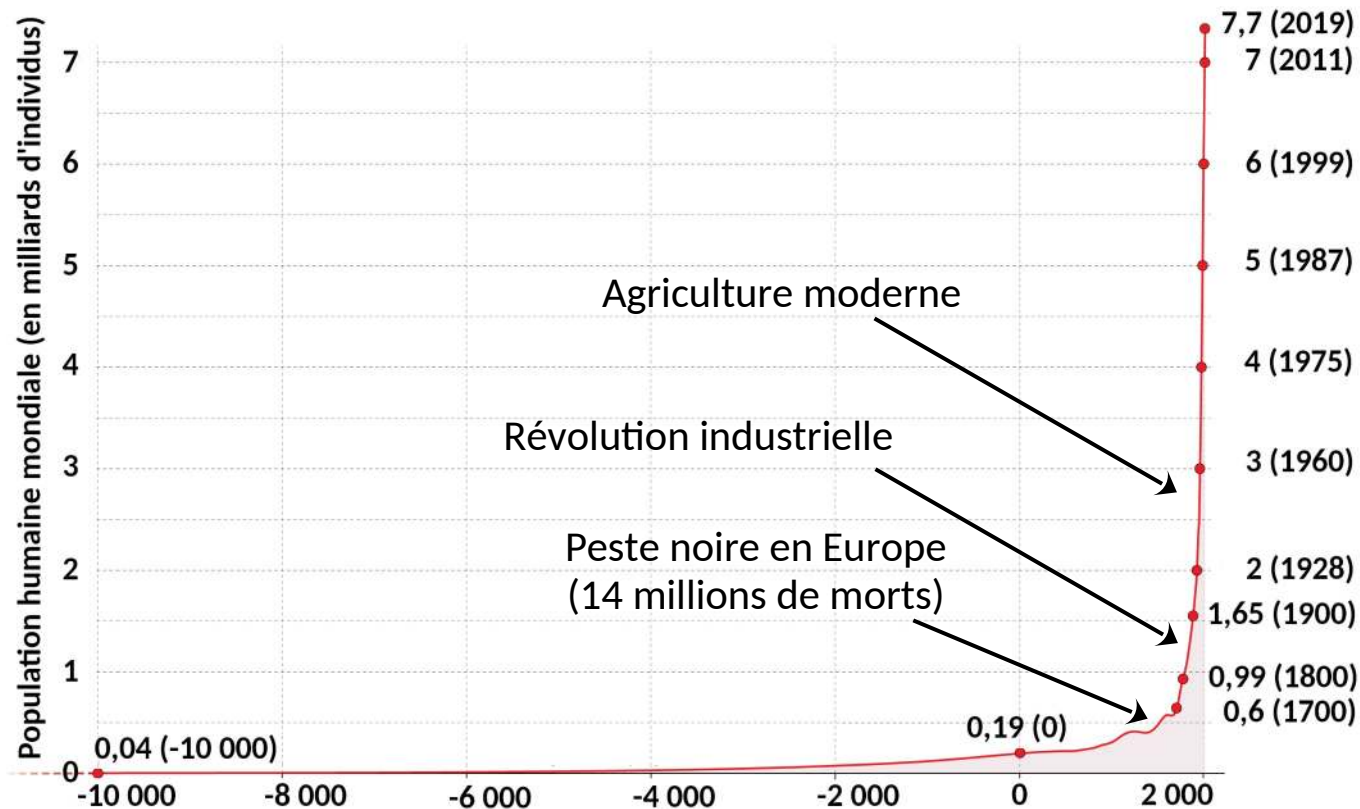
Dynamique des populations : modélisation

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

**Modèle exponentiel** B = nombre de naissances D = nombre de morts

- $r > 0$ ($B > D$): la population croît jusqu'à l'infini...
- $r = 0$ ($B = D$): la population reste à son effectif de départ
- $r < 0$ ($B < D$): la population s'éteint

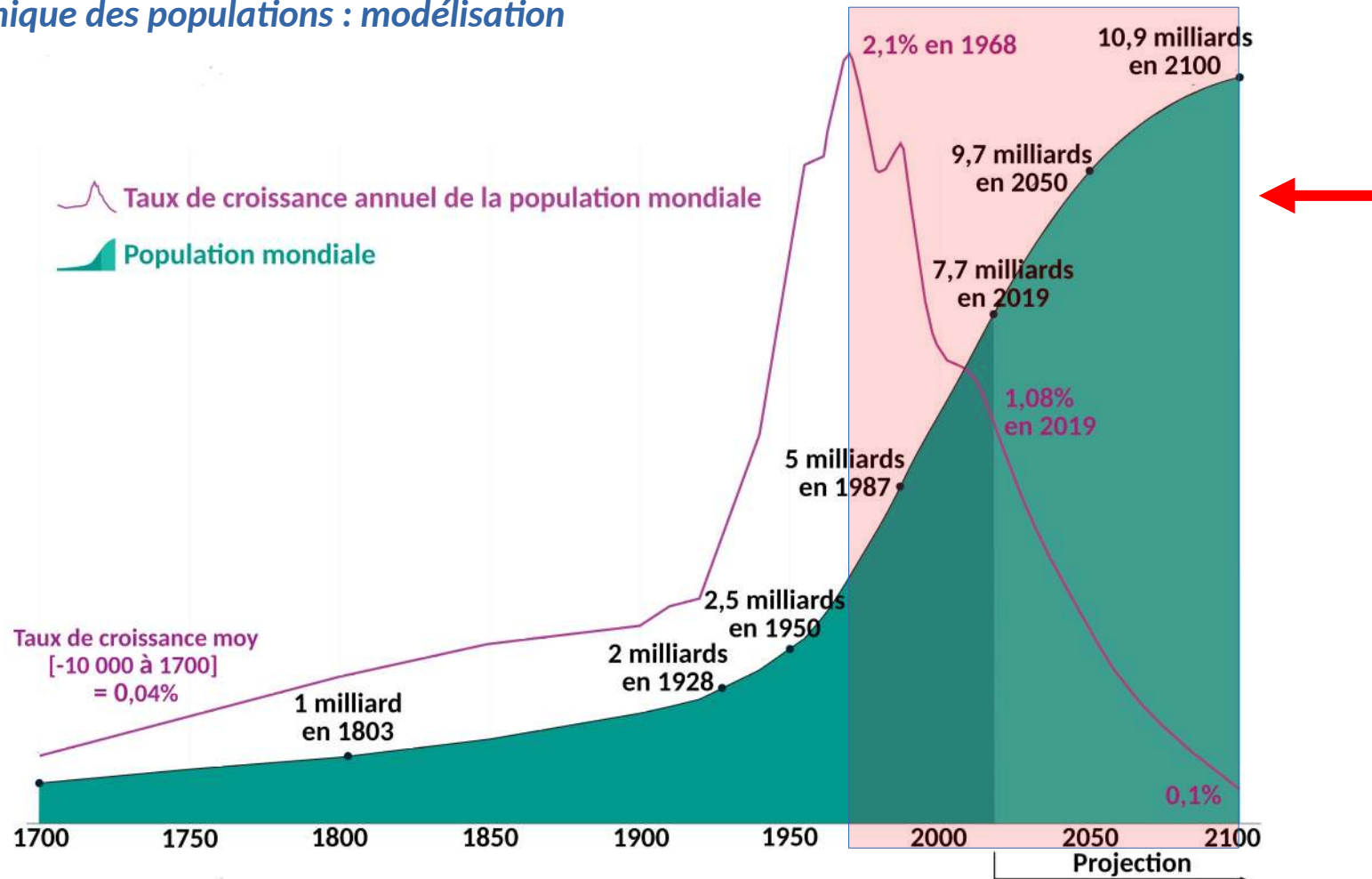
Dynamique des populations : modélisation



Dynamique de la taille de la population humaine mondiale de l'an -10 000 av. JC à nos jours.

D'après Max Roser in <https://ourworldindata.org/world-population-growth>

Dynamique des populations : modélisation

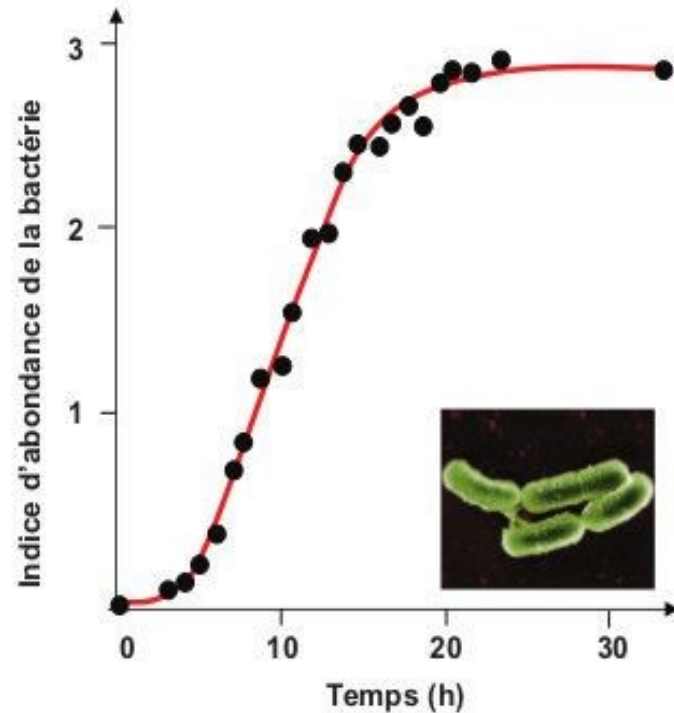


Effectif et taux de croissance de la population humaine mondiale entre 1700 et 2019, et projections jusqu'en 2100.

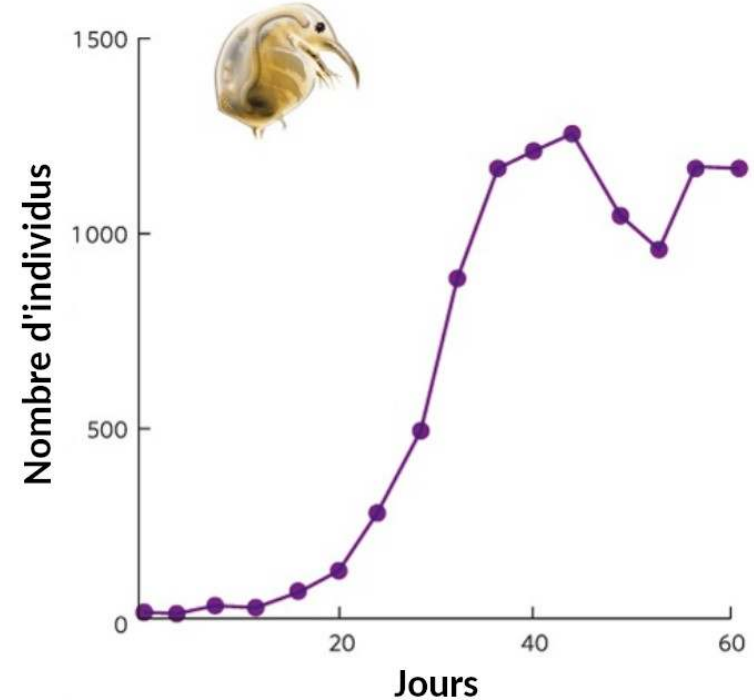
D'après Max Roser in <https://ourworldindata.org/world-population-growth>

Dynamique des populations : observations

A)



B)



Variation du nombre d'individus au cours du temps.

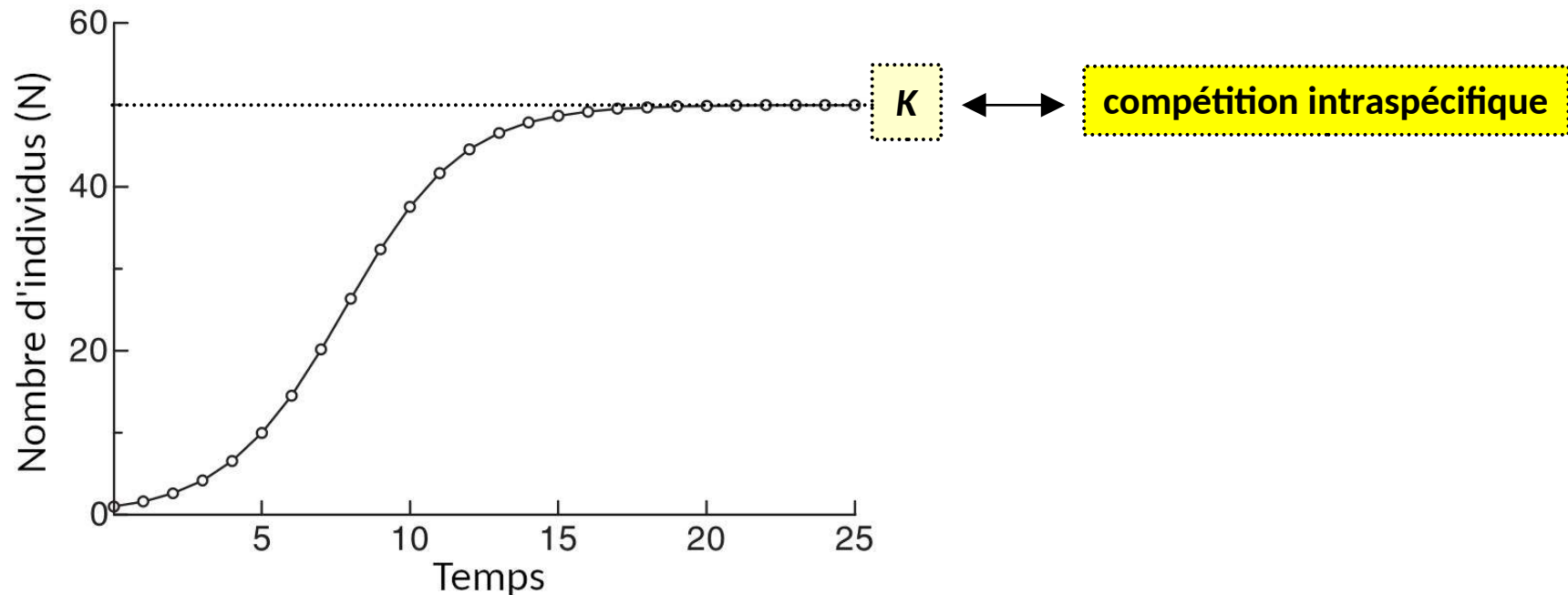
A) Chez la bactérie *Lactobacillus sakei* (d'après Leroy & de Vuyst (2001)

B) Chez une population expérimentale de *Bosmina longirostris* (d'après Goulden & Hornig 1980, in Relyea & Ricklefs 2018)

Dynamique des populations : modélisation

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

K = paramètre de densité = capacité limite du milieu = charge biotique maximale

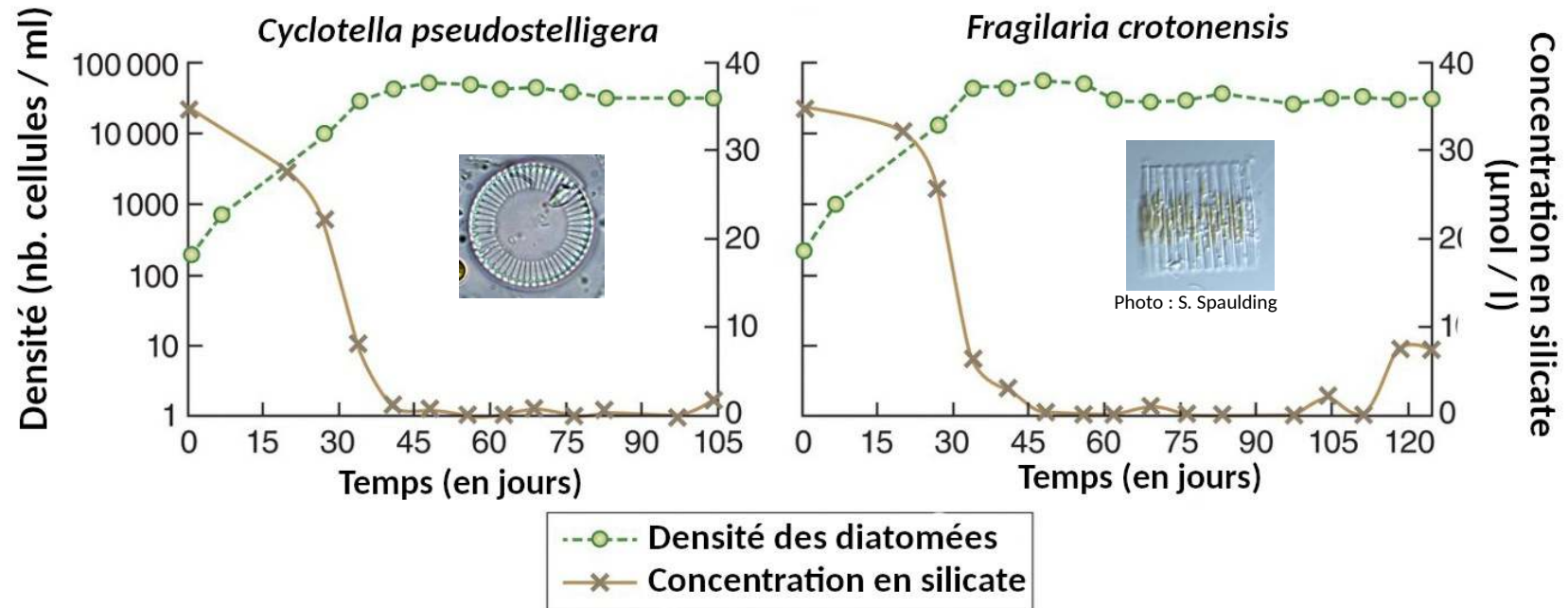


Modèle logistique (Verhulst 1845)

D'après Neal 2004

Dynamique des populations : régulation par compétition intraspécifique

compétition intraspécifique



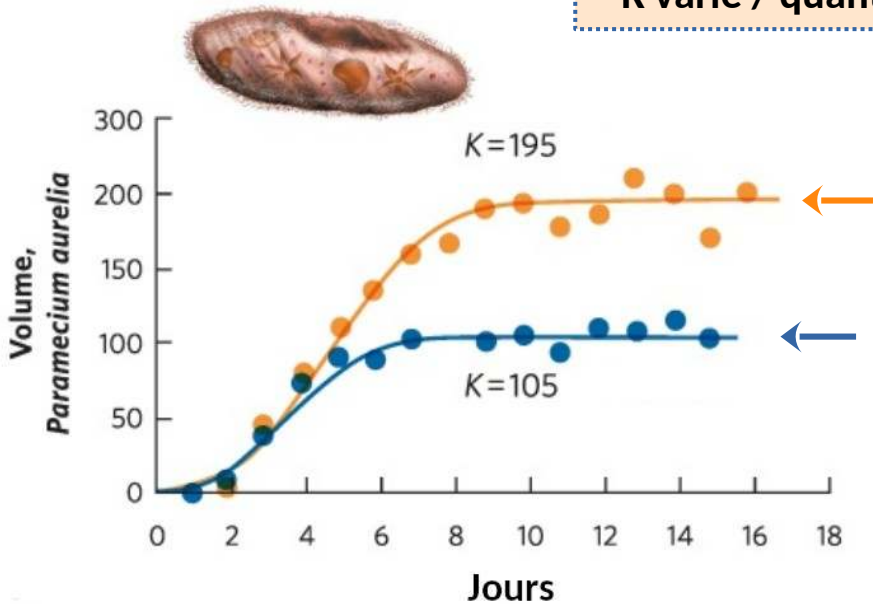
Dynamique de deux populations de diatomées.

D'après Descamps-Julien & Gonzales 2005, in Begon & Townsend 2021

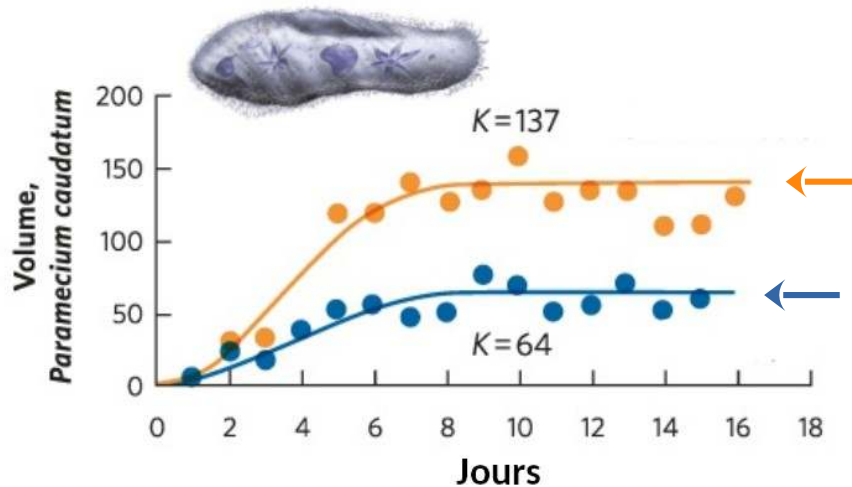
Dynamique des populations : régulation par compétition intraspécifique

K varie / quantité de ressources

compétition intraspécifique



Paramecia aurelia



Paramecia caudatum

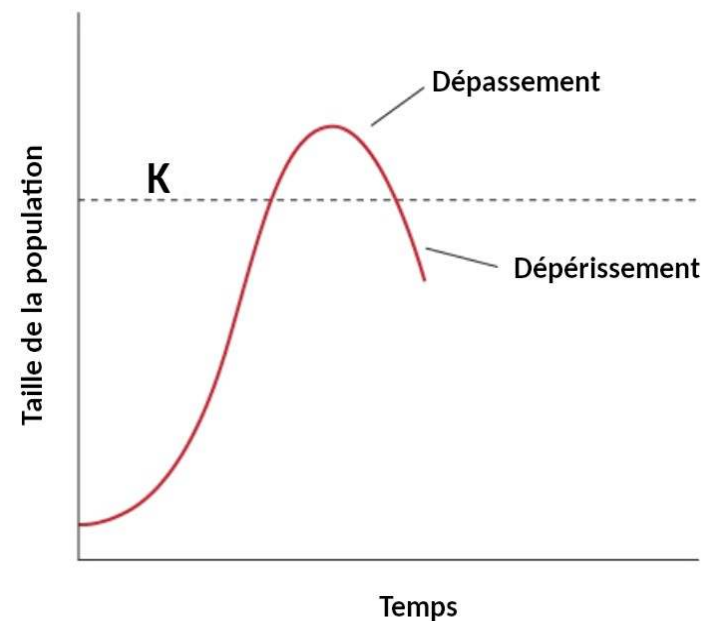
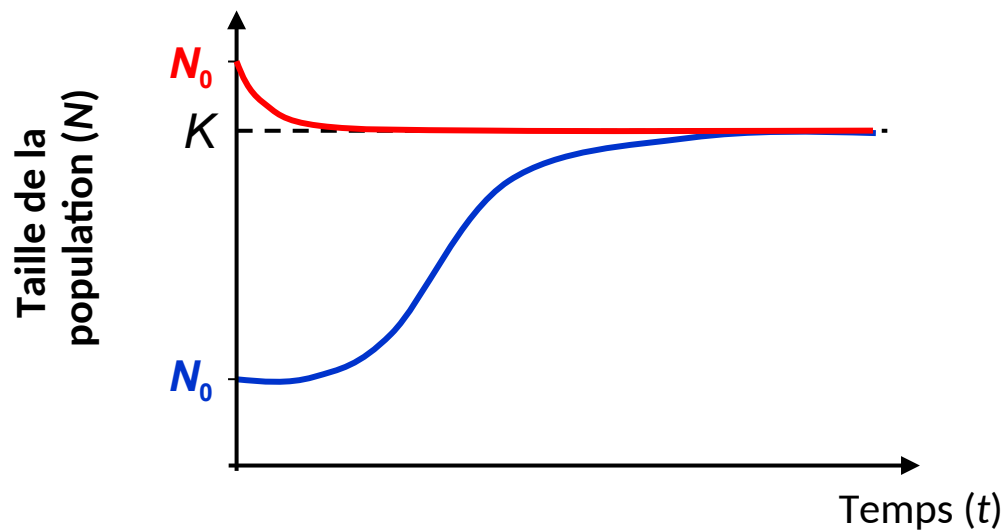
Densité de paramécies (en volume de cellules) selon la quantité de ressources apportées à la culture

D'après Gause 1934, in Relyea & Ricklefs 2018

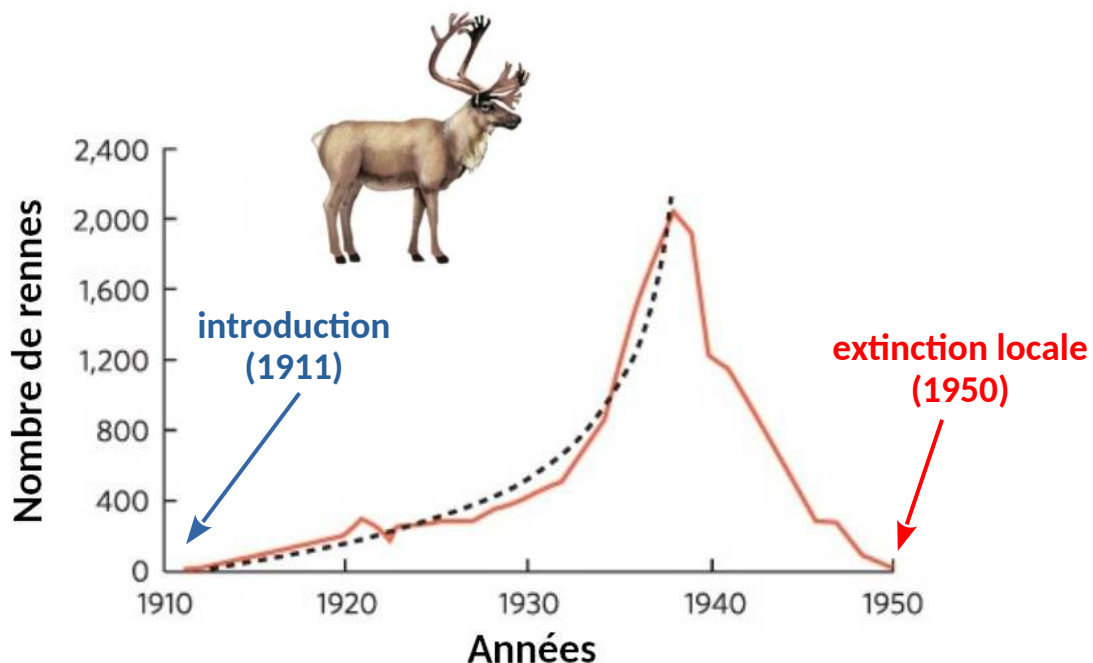
Dynamique des populations : régulation par compétition intraspécifique

À ressources constantes

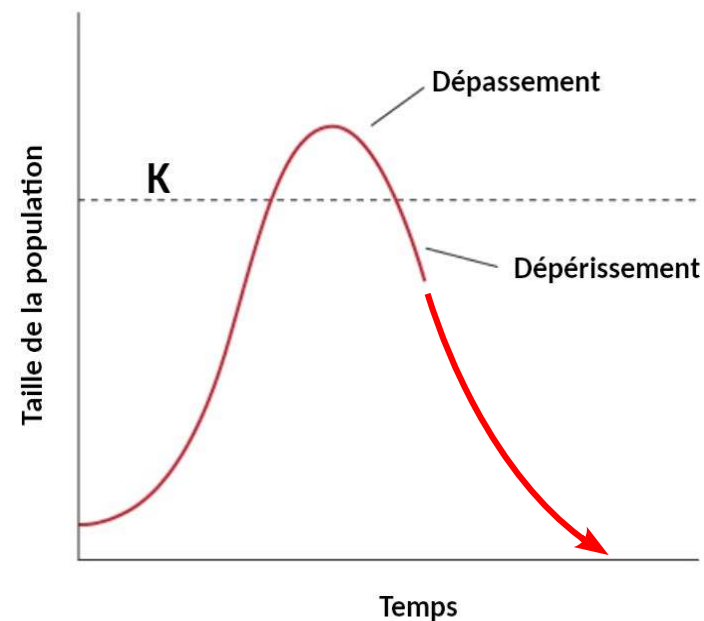
compétition intraspécifique !



Dynamique des populations : régulation par compétition intraspécifique

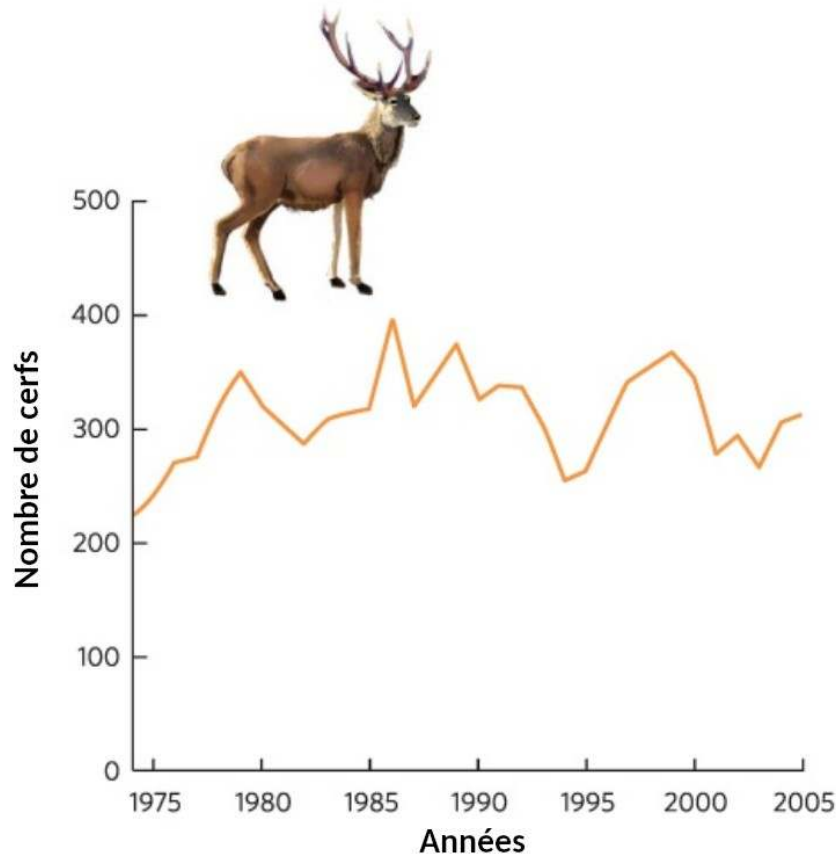


compétition intraspécifique !



Dynamique de la population de rennes de l'île Saint-Paul en Alaska.
D'après Scheffer 1951, in Ricklefs 2018.

Dynamique observée des populations : fluctuation des paramètres démographiques

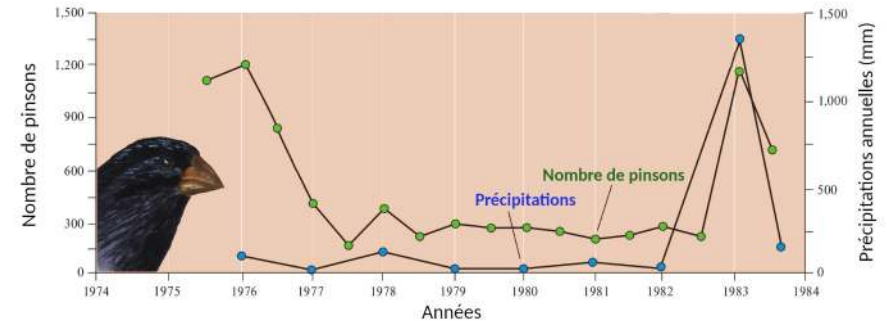


Fluctuations de la population de cerf élaphe sur l'île de Rum (Écosse).

D'après Pelletier et al. 2012, in Ricklefs & Relyea 2018.

Fluctuation des taux de natalité et mortalité, du succès reproducteur

- fluctuation des ressources



- autres interactions

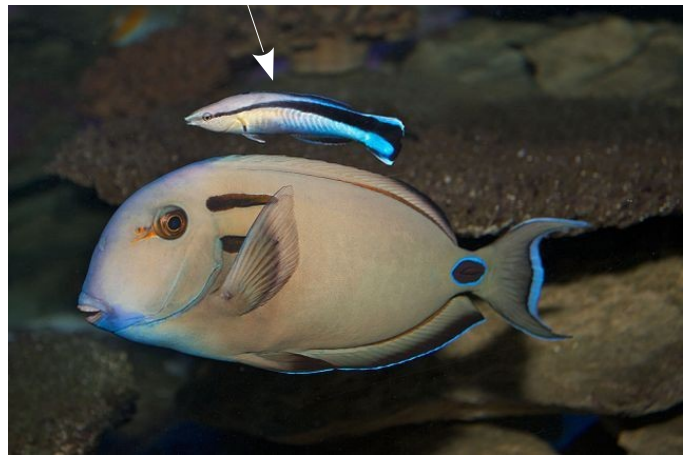
4.3. Autres interactions

<i>Type d'interaction</i>	<i>Effet sur :</i>	
	<i>Organisme A</i>	<i>Organisme B</i>
Compétition	–	–
Prédation Prédateur = tout organisme libre qui se nourrit aux dépens d'un autre organisme (proie)	+	–
Parasitisme Parasite = tout organisme se développant aux dépens d'un ou plusieurs autres organismes d'une autre espèce (hôte)	+	–
Mutualisme (dont commensalisme, symbiose...) Mutualistes = organismes d'espèces différentes tirant un bénéfice de leurs interactions	+	+ ou 0

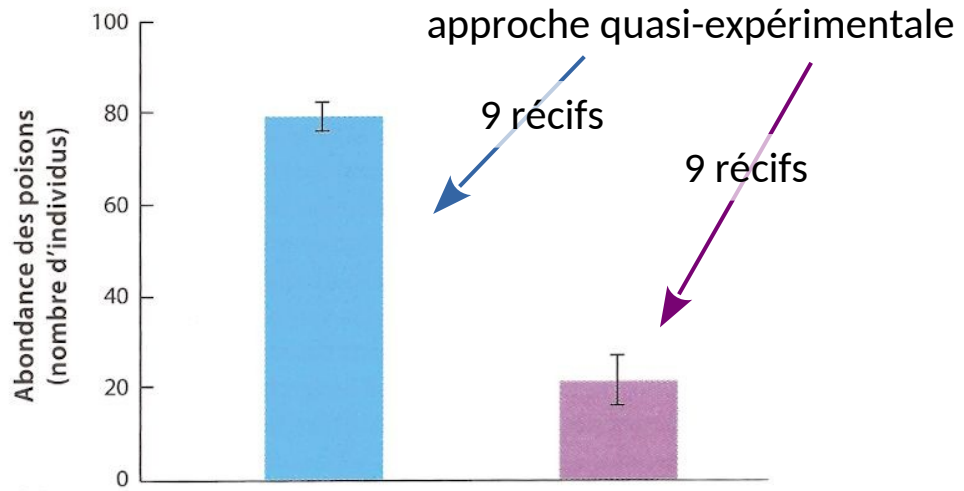
Le mutualisme

Effet de la présence / absence du labbre nettoyeur sur l'abondance et la richesse spécifique des poissons de la barrière de corail australienne.
 D'après Grutter et al 2003, in Ricklefs & Relyea 2019

Labroides dimidiatus

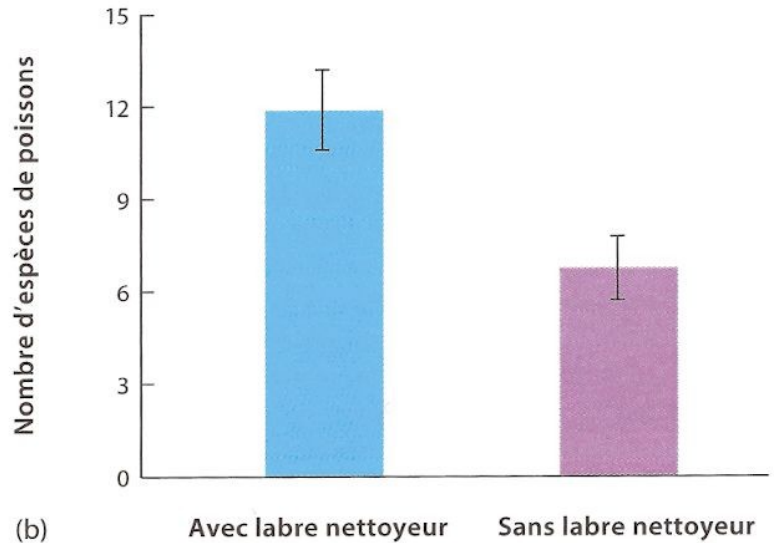


Abondance



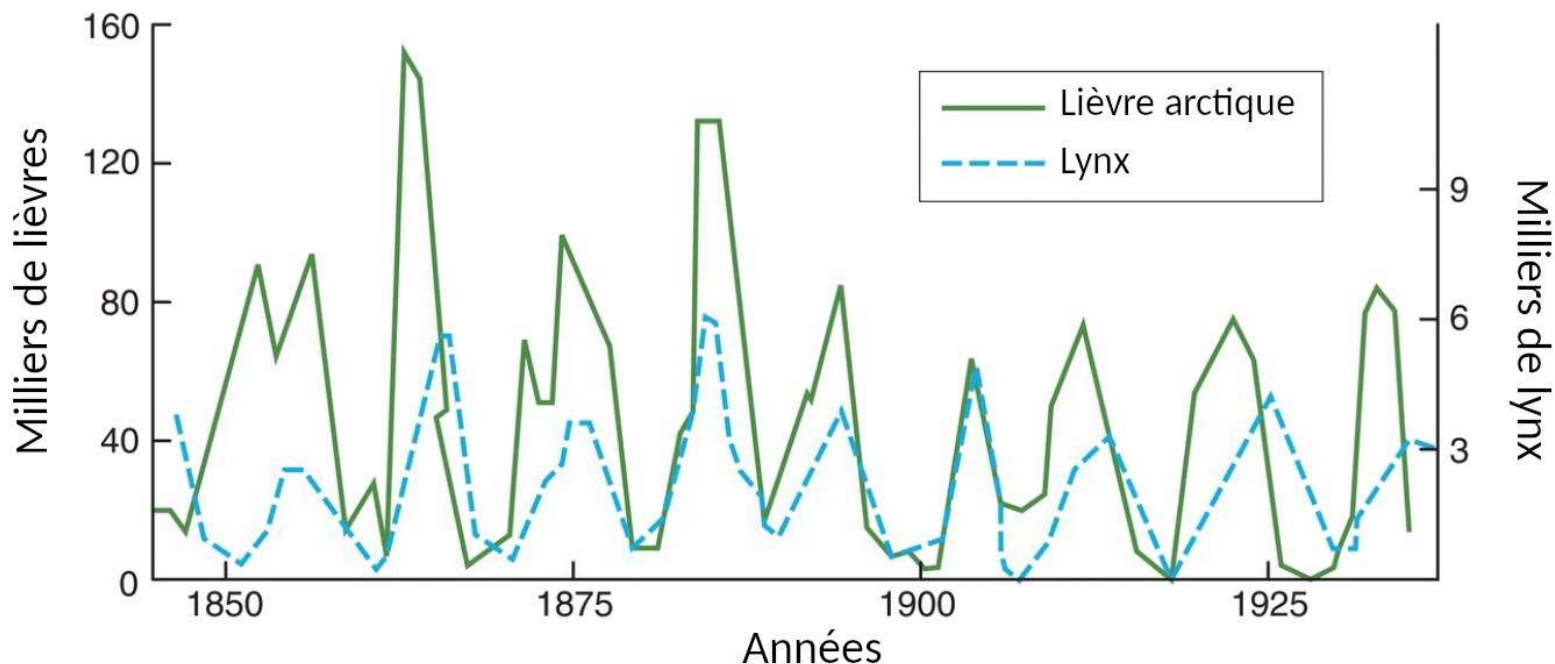
(a)

Richesse spécifique



(b)

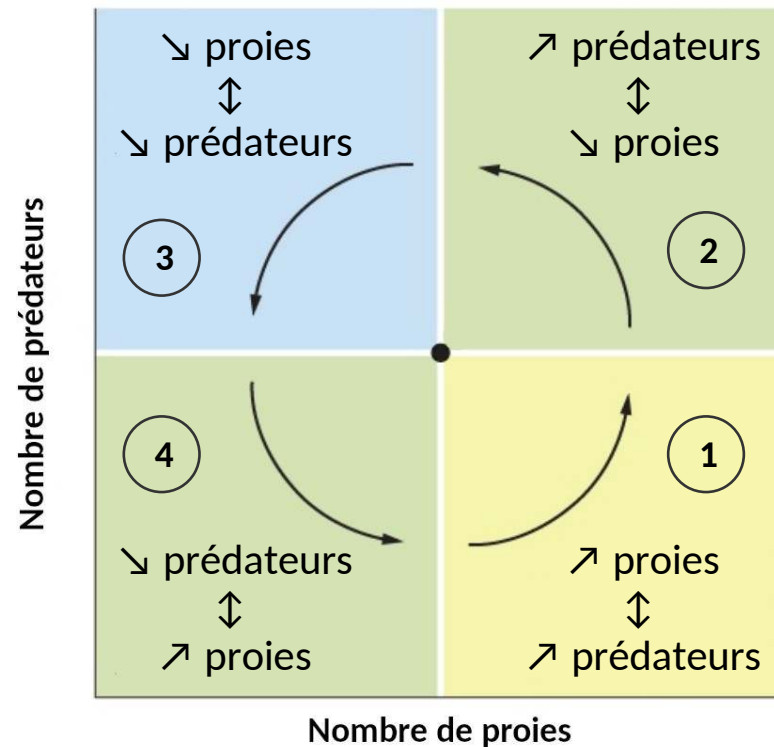
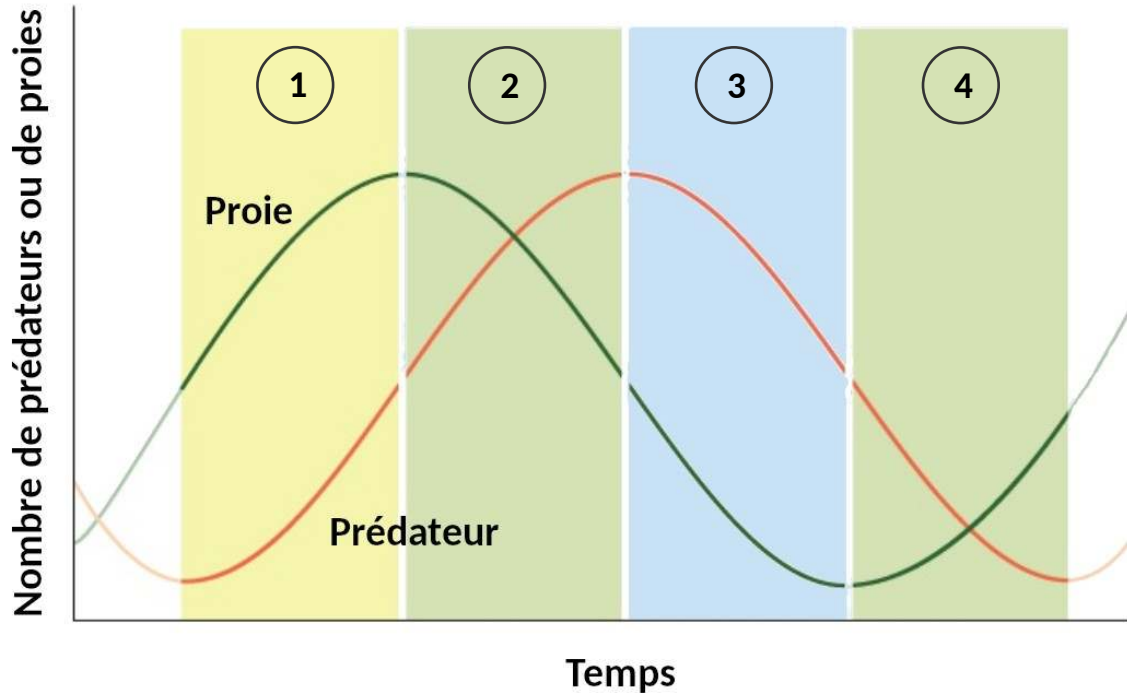
La prédation : modèle de Lotka-Volterra



Dynamique de populations de lynx et de lièvre arctique dans la baie d'Hudson, au début du XXème siècle.

D'après MacLulich, 1937, in Ricklefs & Relyea 2019.

La prédation : modèle de Lotka-Volterra



Modèle de prédation de Lotka-Volterra.

D'après Ricklefs & Relyea 2019

La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs

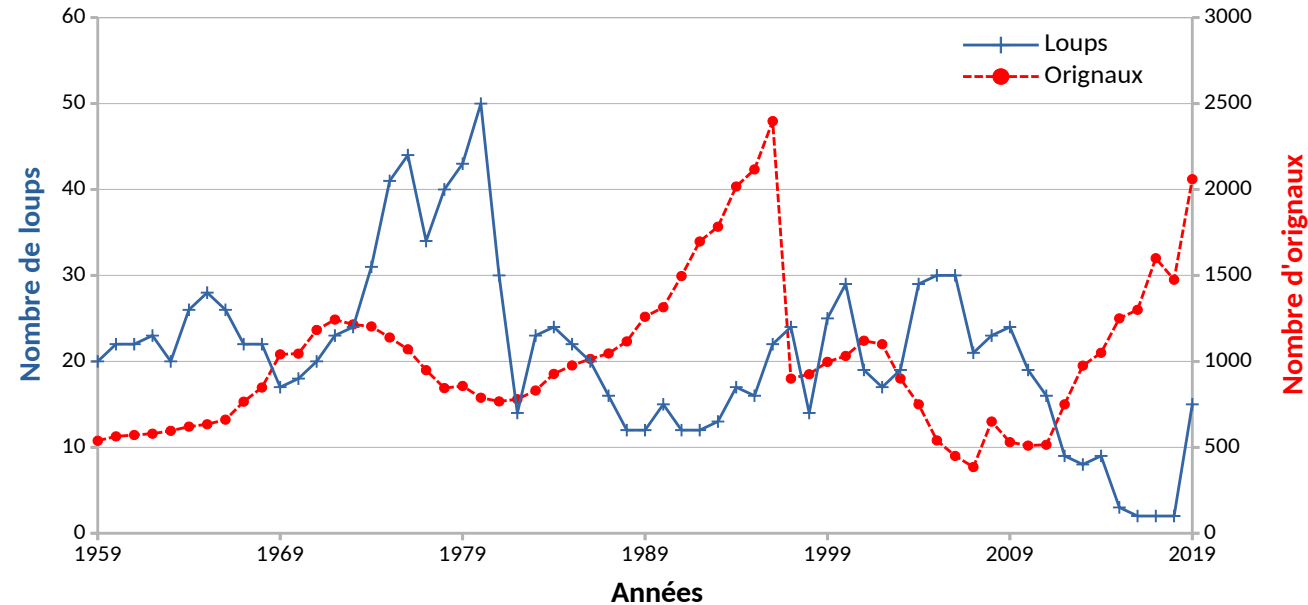


Isle Royale



Présence :

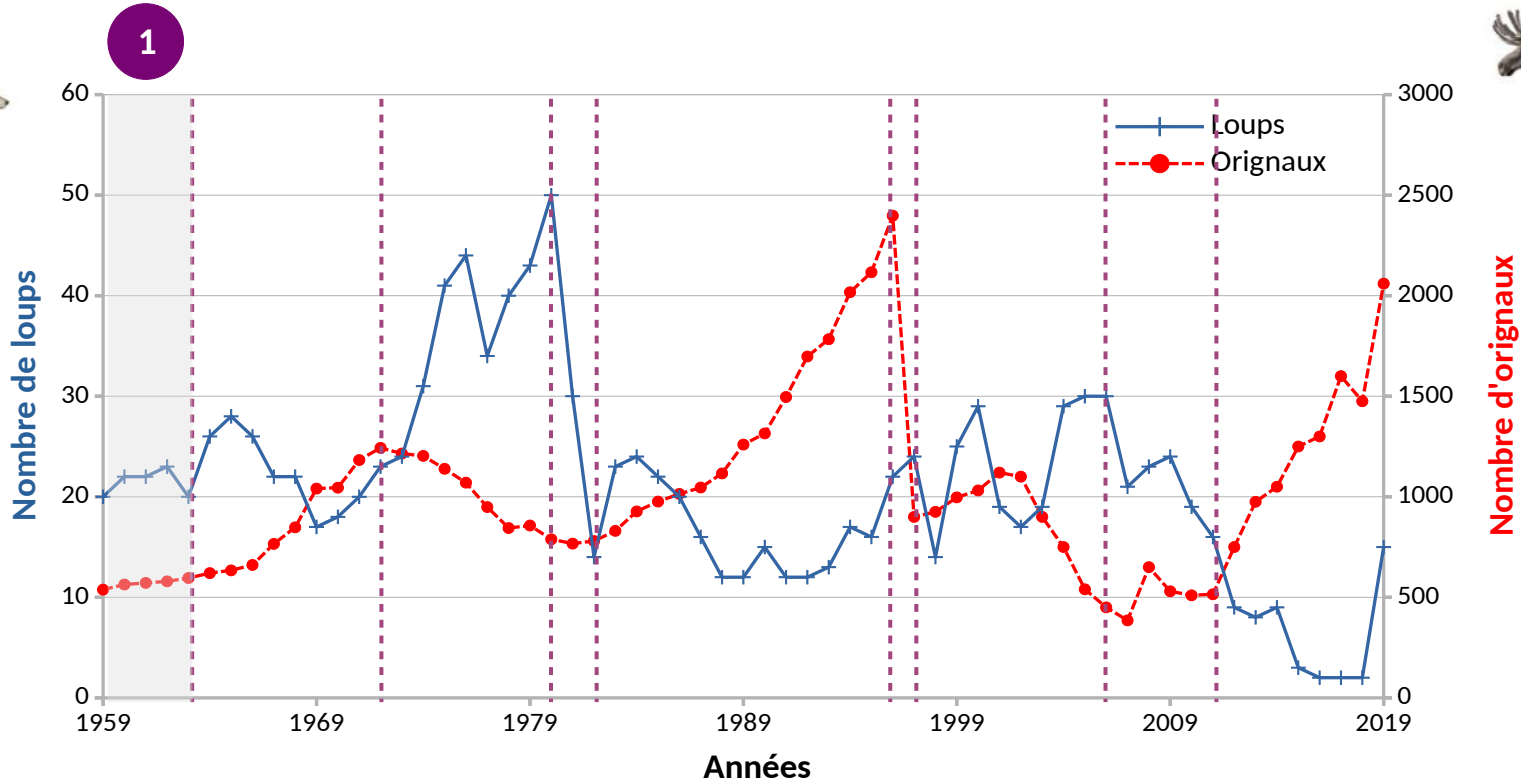
- loups depuis fin 40's
- orignaux début du XXème



Dynamique des populations de loups et d'orignal sur l'Isle Royale

Source : <https://isleroyalewolf.org>

La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs

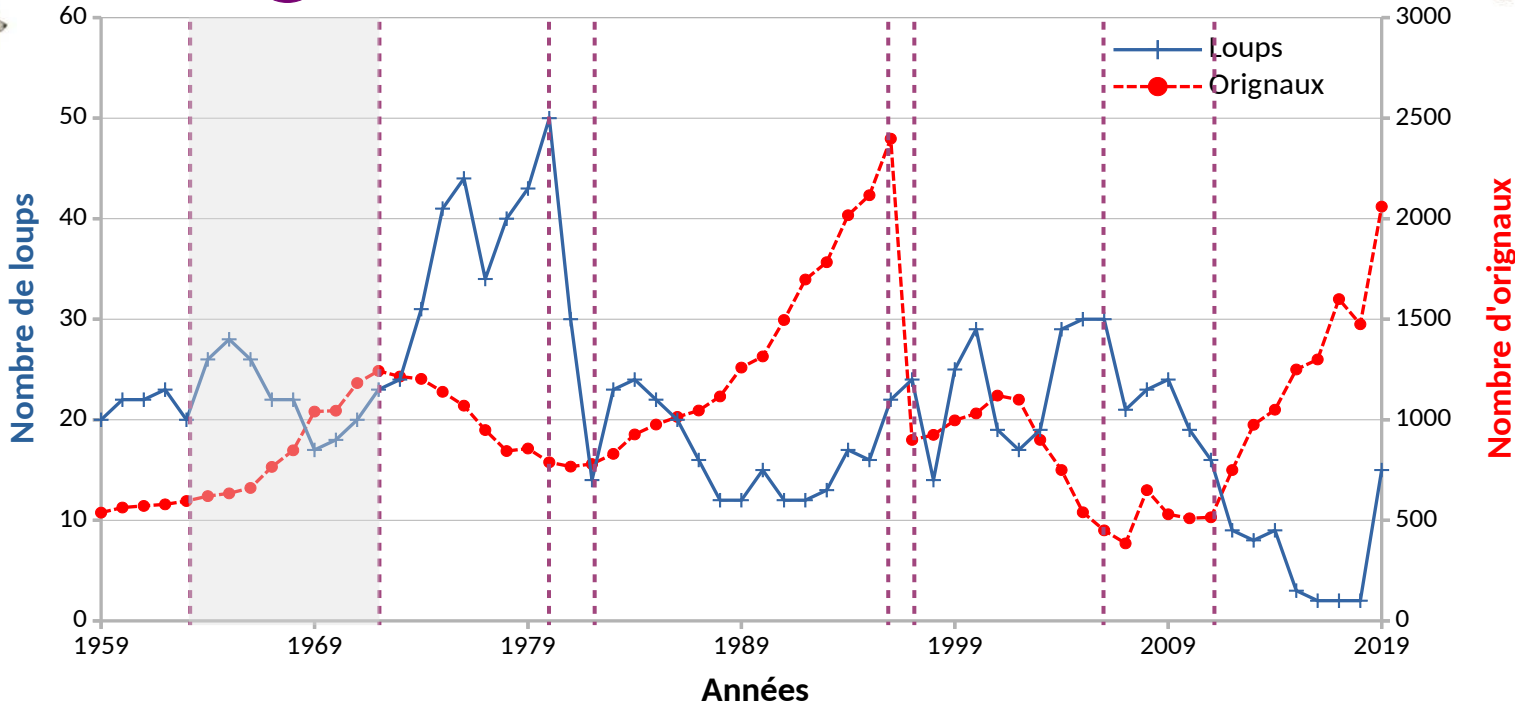


1 Régulation de type down-top (prédation) : + de proies ↔ + de loups

La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs



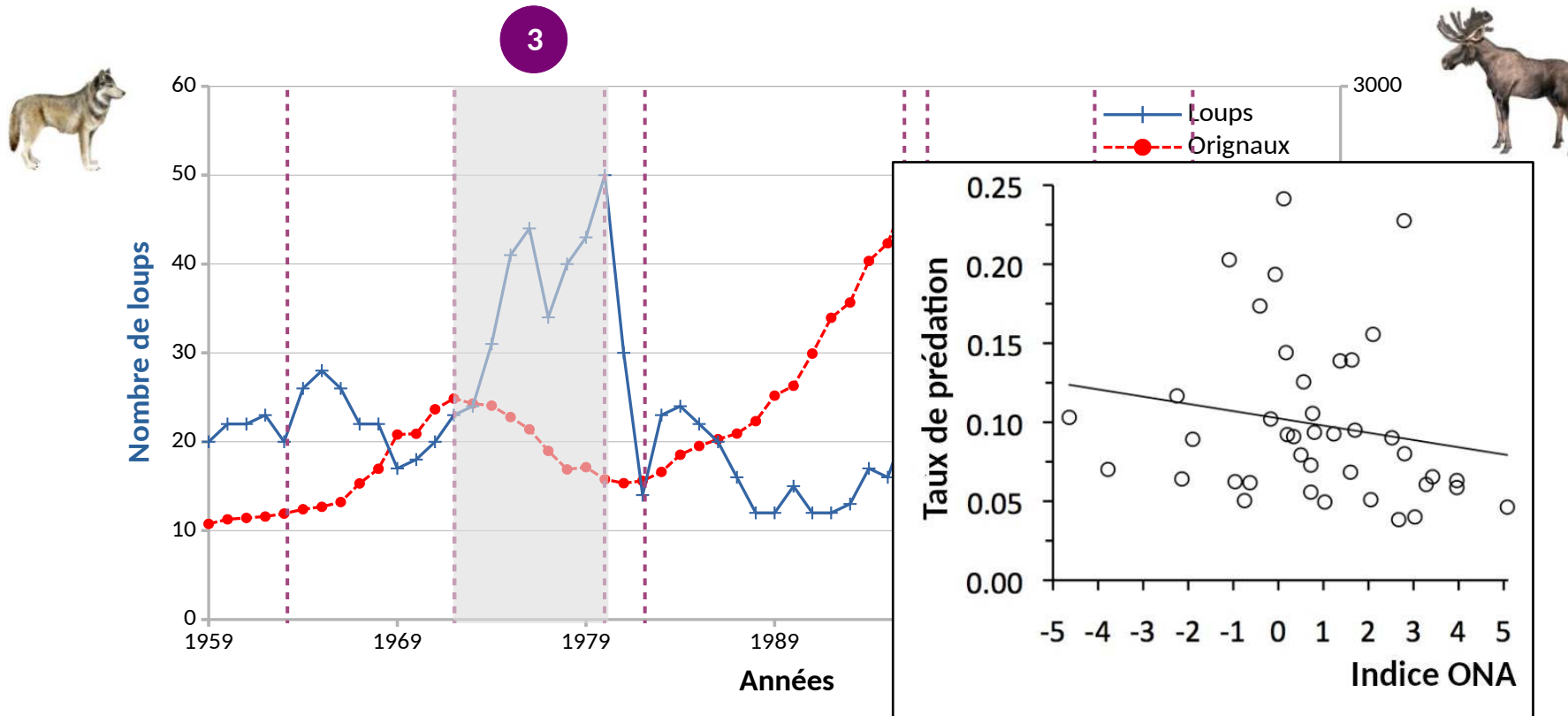
2



2

Climat : hivers doux → augmentation des effectifs d'orignaux

La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs

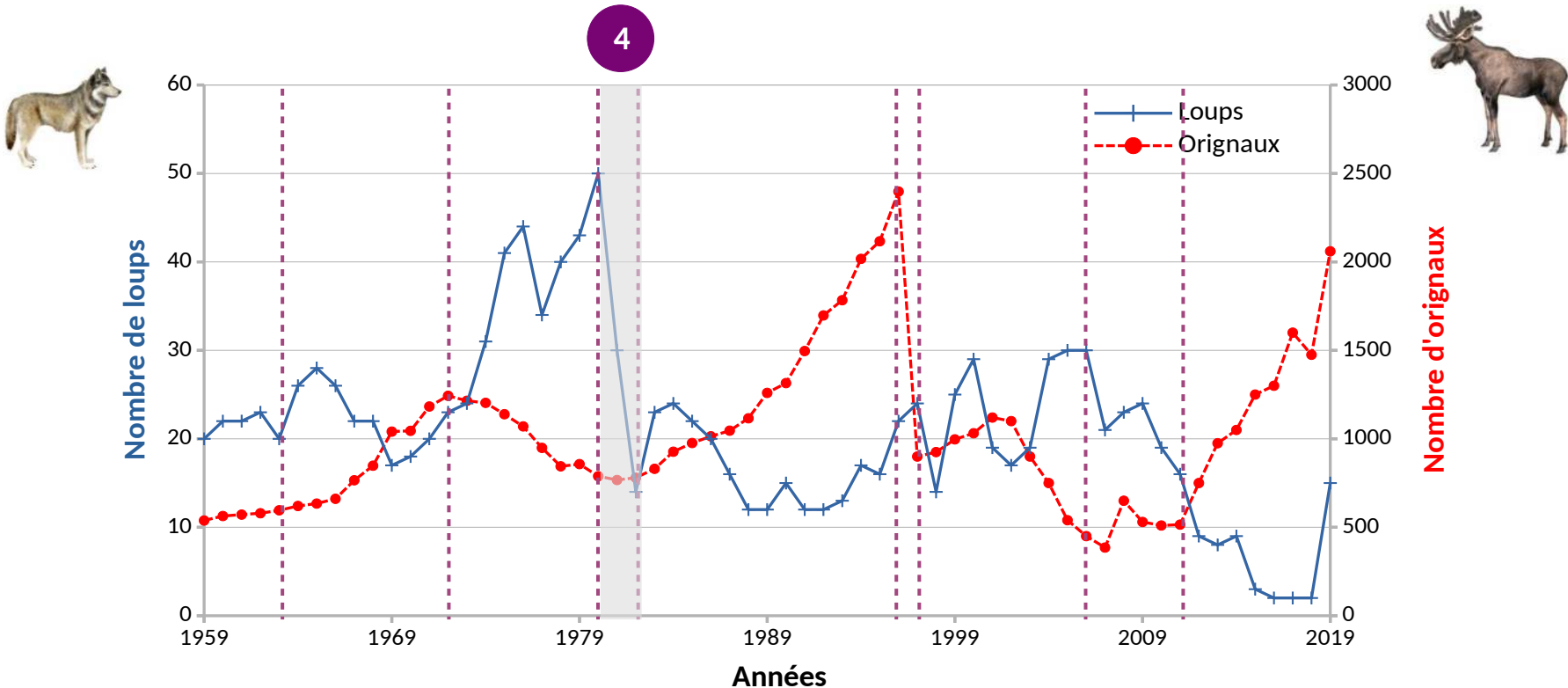


3

Climat : série d'hivers rigoureux → augmentation du taux de **prédation**

→ diminution nb. orignaux et augmentation nb. de loups

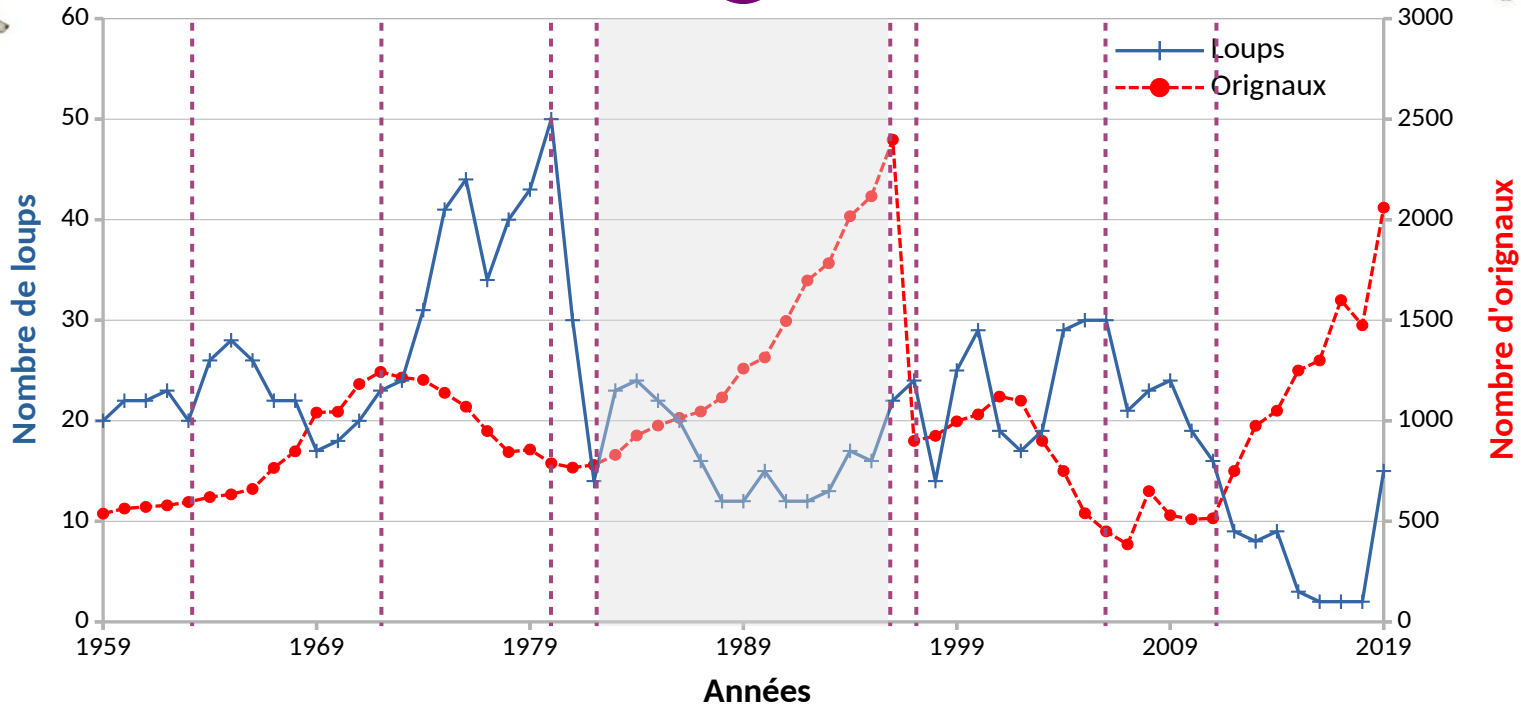
La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs



4 **Pathogène** : parvovirose canine
 → crash de la population de loups



La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs

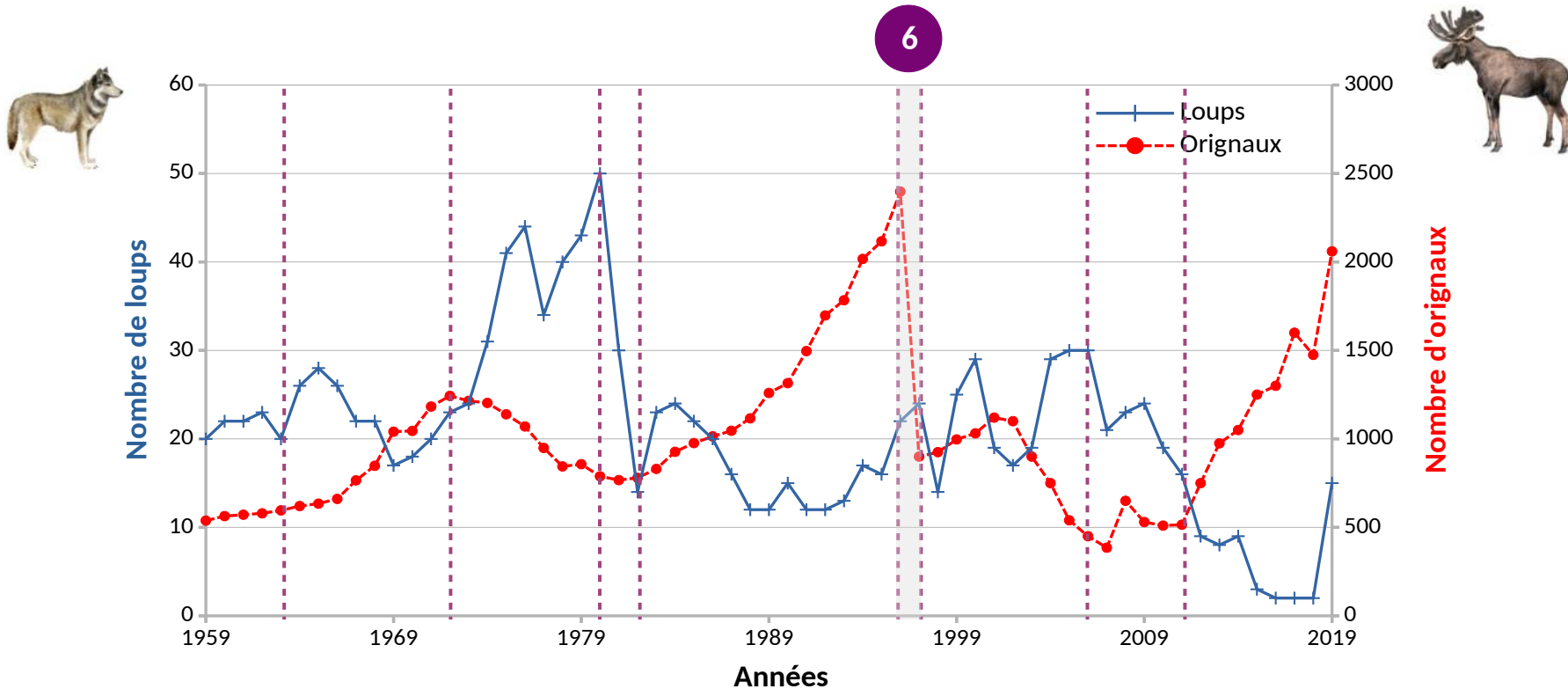


5

Faible taux de **prédation** + **consanguinité** chez les loups (?)

nb. loups maintenu faible → augmentation nb. orignaux

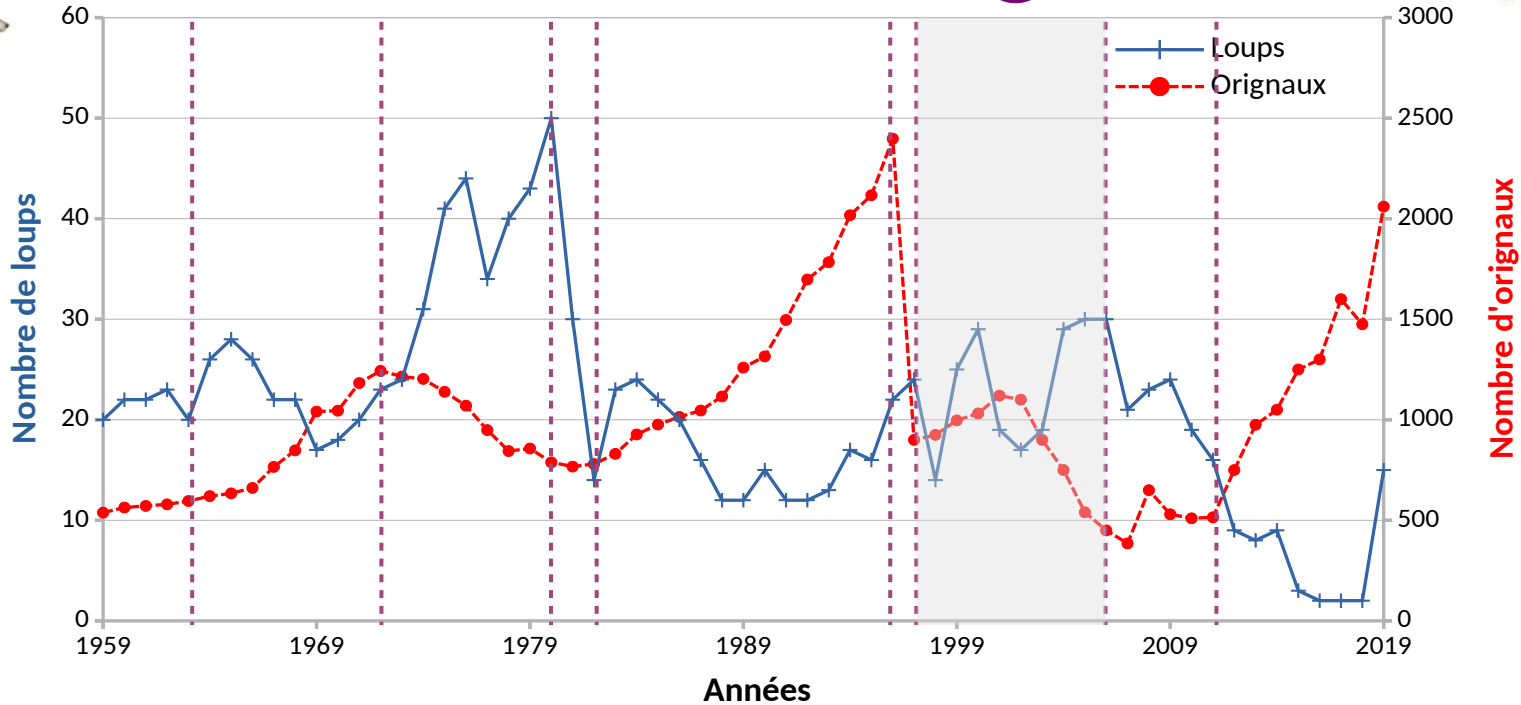
La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs



6

Compétition intra-spécifique intense chez orignaux
 + **parasite** (tiques d'hiver) + **climat** (hiver très rigoureux)
 → crash de la population d'orignaux en 1996

La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs

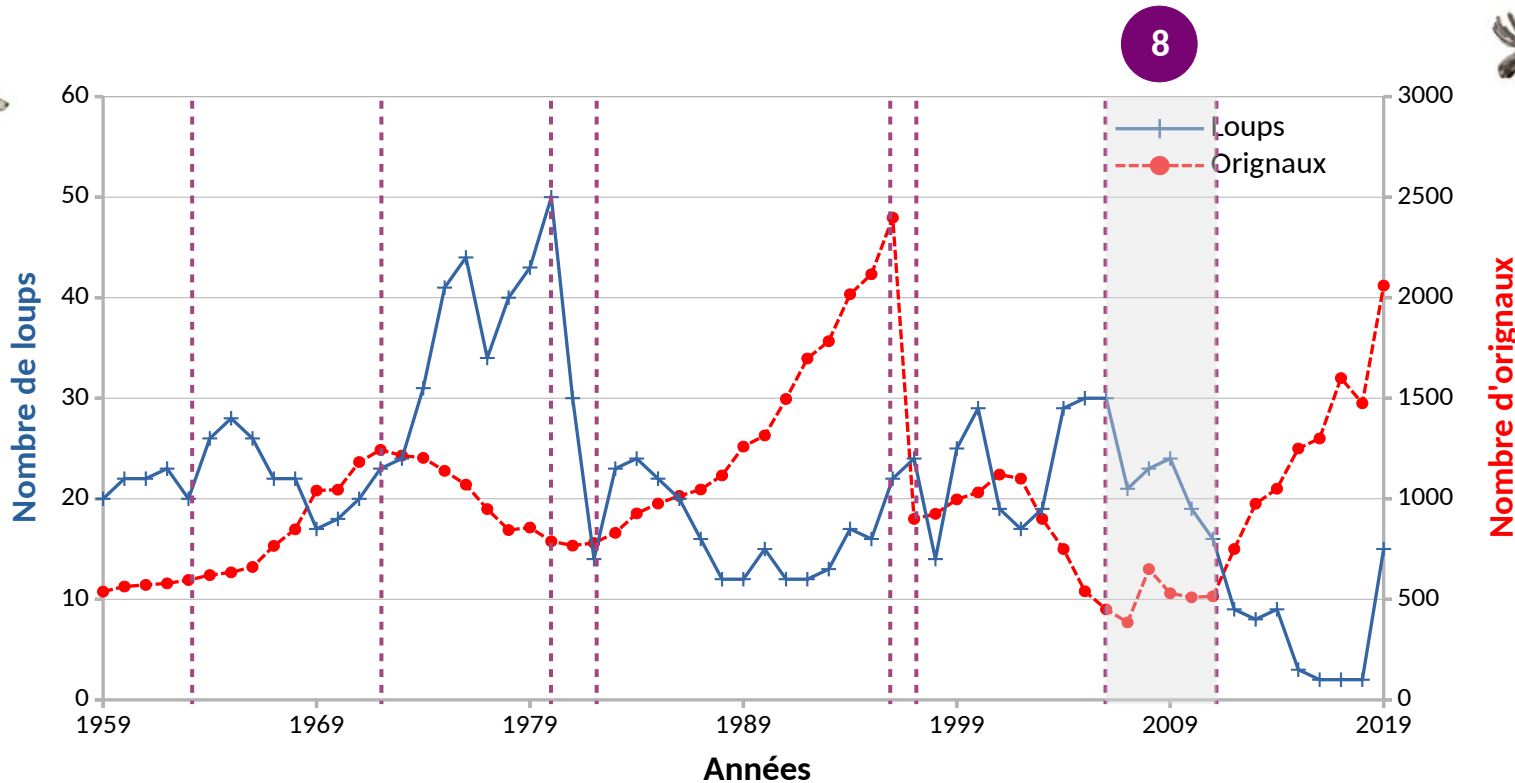


7 Prédation : déclin continu nb. orignaux.

Immigration d'un nouveau loup en 1997 : effet de sauvetage génétique (?)

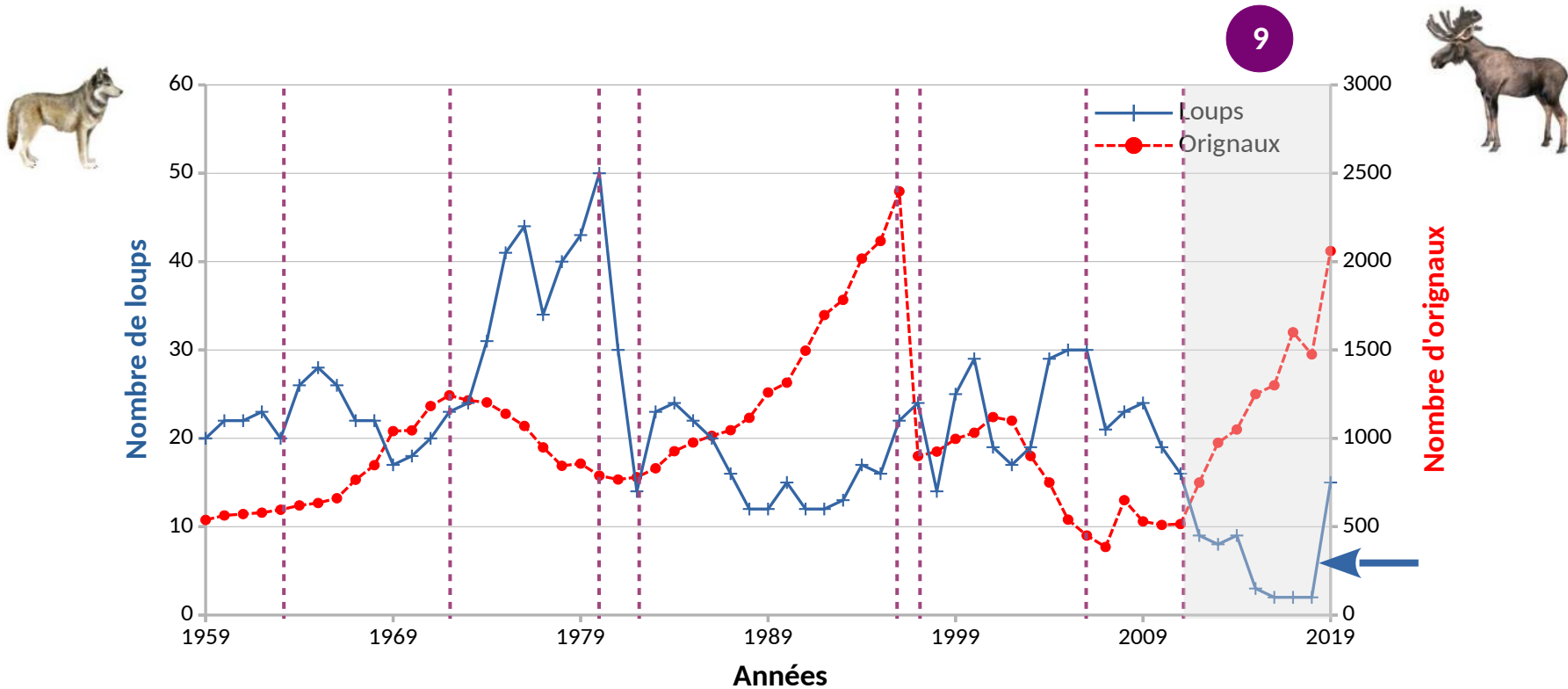
Croissance inconstante de la population de loups

La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs



8 **Climat** (étés chauds) + **parasite** (tiques) + taux de **prédation** élevé
 nb. orignaux faible → chute nb. loups

La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs



9

Faible taux de **prédation** → augmentation nb orignaux.



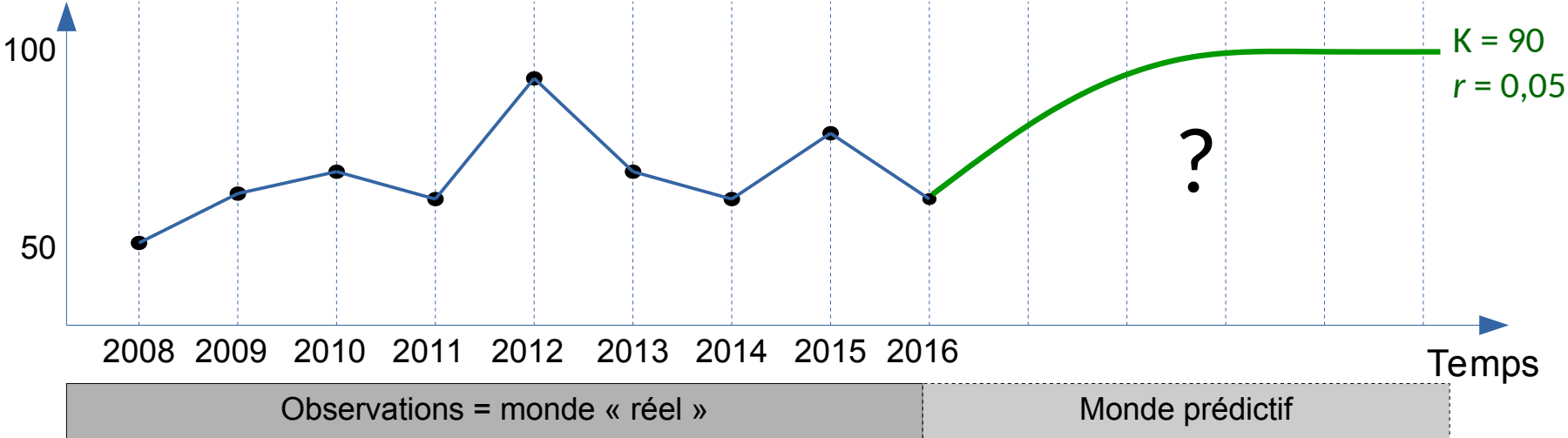
Renforcement de la population de loups pour rétablir une population viable
(action de conservation) en 2019

Application : calculer le risque d'extinction de la population

Modèle déterministe

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

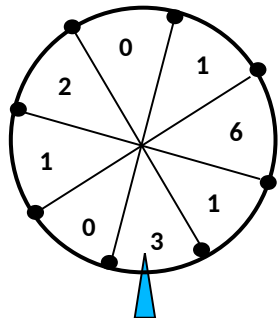
Taille de la population



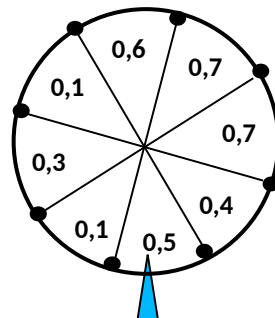
Modèle logistique

Application : calculer le risque d'extinction de la population

Fécondité

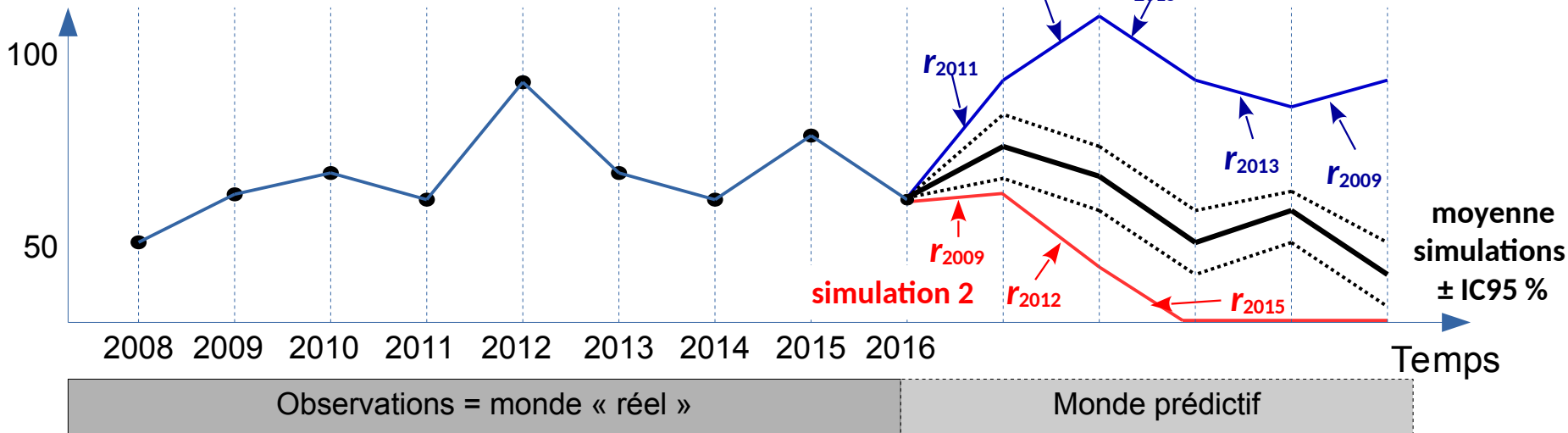


Probabilité de survie



Modèles stochastiques : simulation 1, simulation 2, ...

Taille de la population



Modèle stochastique



Écologie fondamentale : concepts et méthodes (HAV316B)

Introduction

1ère partie. La biodiversité: un concept-clé

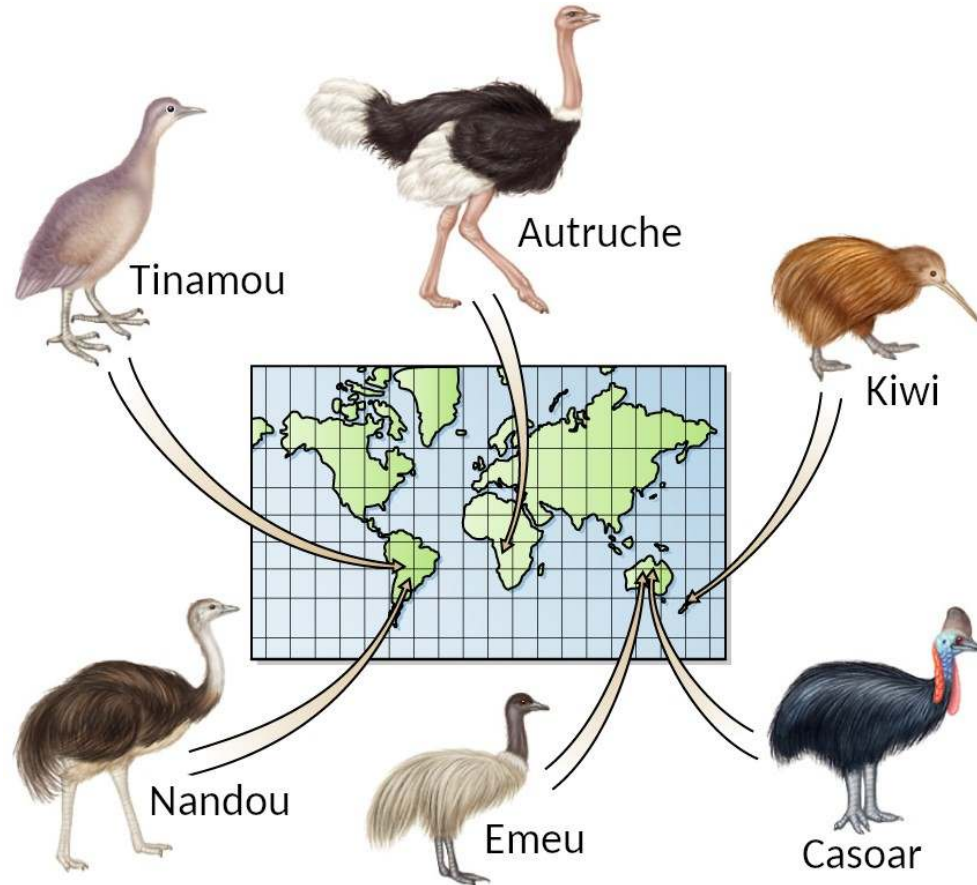
2ème partie. La biodiversité: un paramètre hétérogène et dynamique

A. Variations géographiques de la biodiversité

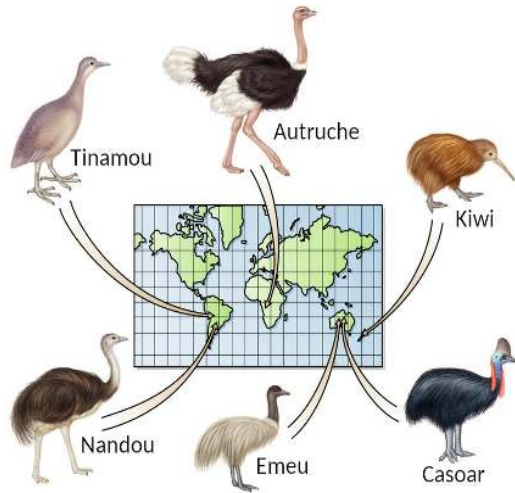
1. Relations aire-espèces
2. Gradients géographiques de biodiversité

B. Facteurs expliquant la répartition de la biodiversité actuelle et sa dynamique

1. Les facteurs climatiques
2. Les perturbations
3. La richesse et la disponibilité des ressources
4. Les autres individus
5. Les facteurs historiques

À l'échelle des temps géologiques : l'exemple des Ratites

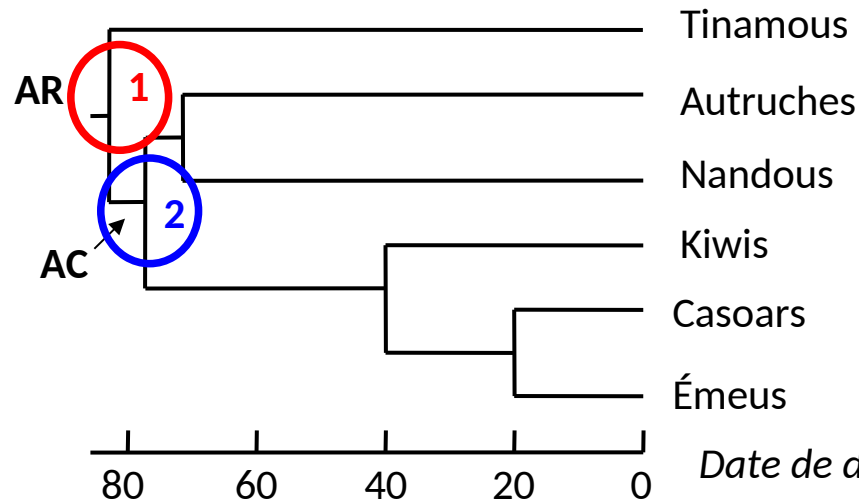
D'après Townsend et al 2008



1- divergence depuis AR de **2 lignées** : Tinamous et lignée AC

2- séparation Australie / autres continents du Sud + ouverture de l'océan atlantique

→ **AC** : autruches, nandous, kiwis, casoars et émeus



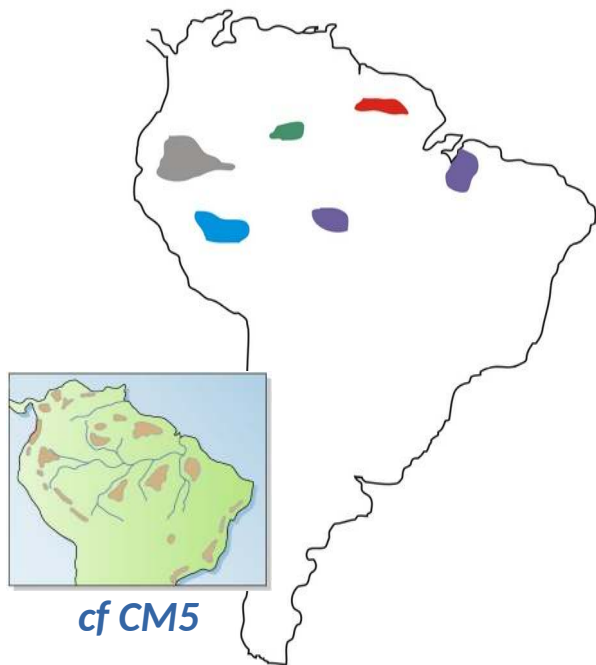
AR = ancêtre commun à tous les Ratites actuels

AC = ancêtre commun à tous les Ratites actuels excepté les tinamous

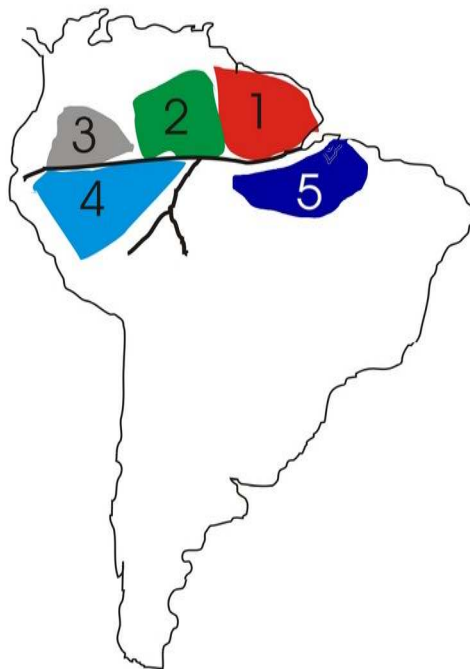
Date de divergence en millions d'années

D'après Townsend et al 2008

Les refuges glaciaires



Refuges glaciaires du
Pléistocène (-18 000 ans)



Distribution actuelle de 5
espèces de *Selenidera*.
1. *S. culik* ; 2. *S. nattereri*
3. *S. reinwardtii* ; 4. *S.*
Langsdorfi ; 5. *S. maculirostris*

Refuges glaciaires pendant la dernière
glaciation en Amérique du Sud...

... et distribution actuelle de 5 espèces de
Selenidera (toucanets).



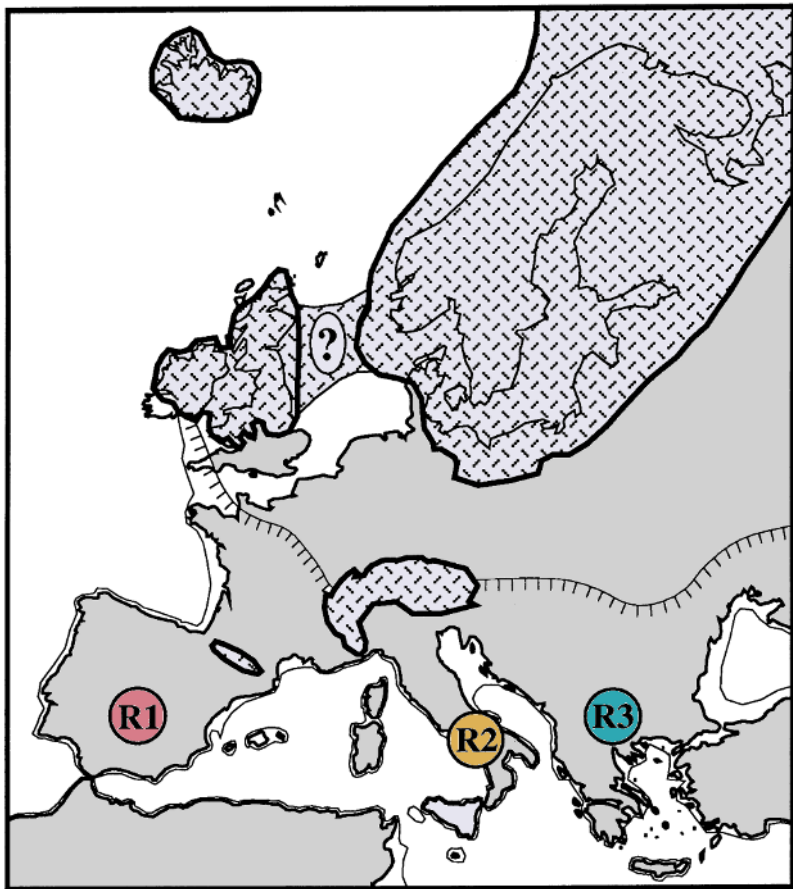
Selenidera culik

Photo : Berichard (d) - <https://creativecommons.org>

Les refuges glaciaires

Extension de la calotte glaciaire pendant le dernier maximum glaciaire.

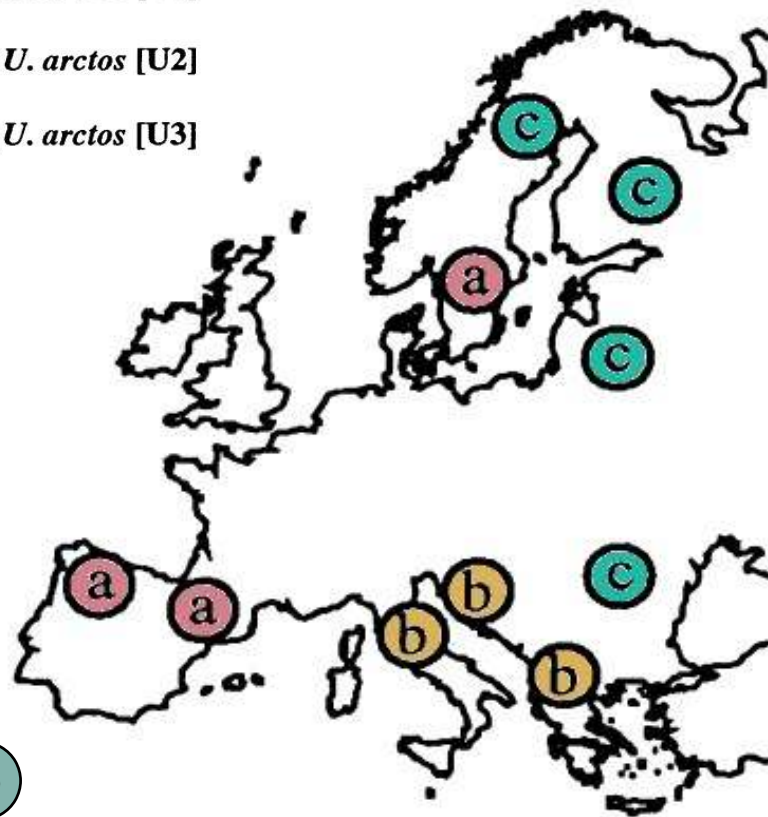
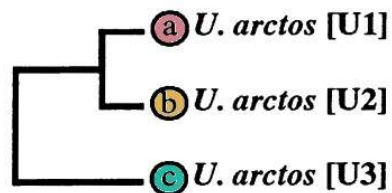
D'après Taberlet et al 2002.



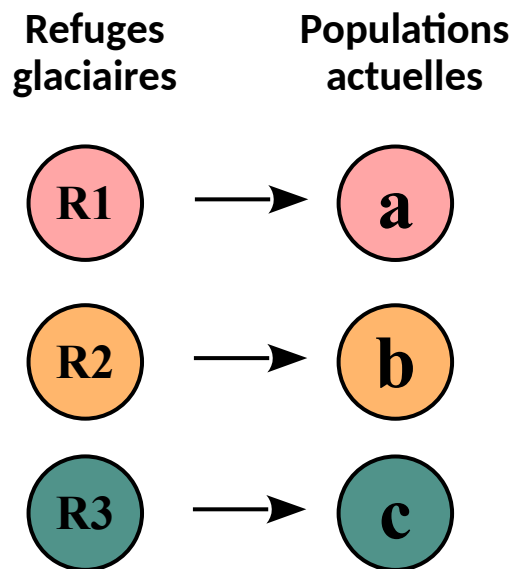
= refuges glaciaires

Phylogéographie des populations européennes d'ours brun (*Ursus arctos*) et routes de migrations post-glaciaires.

D'après Taberlet et al 2002.

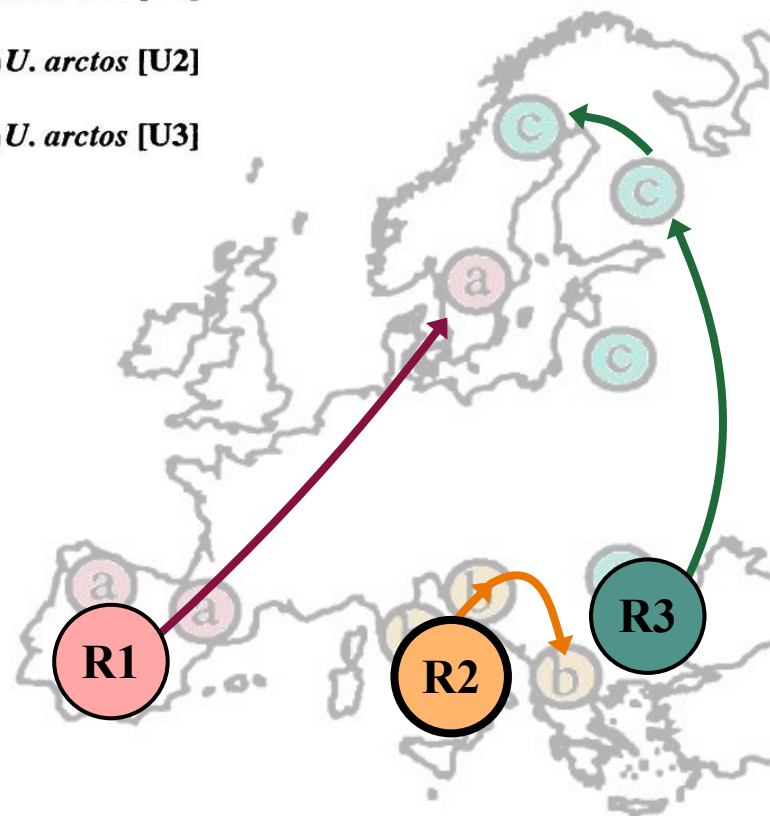
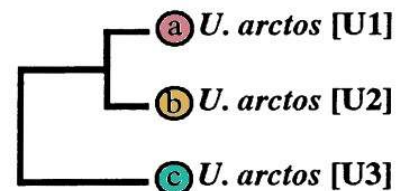


Les refuges glaciaires

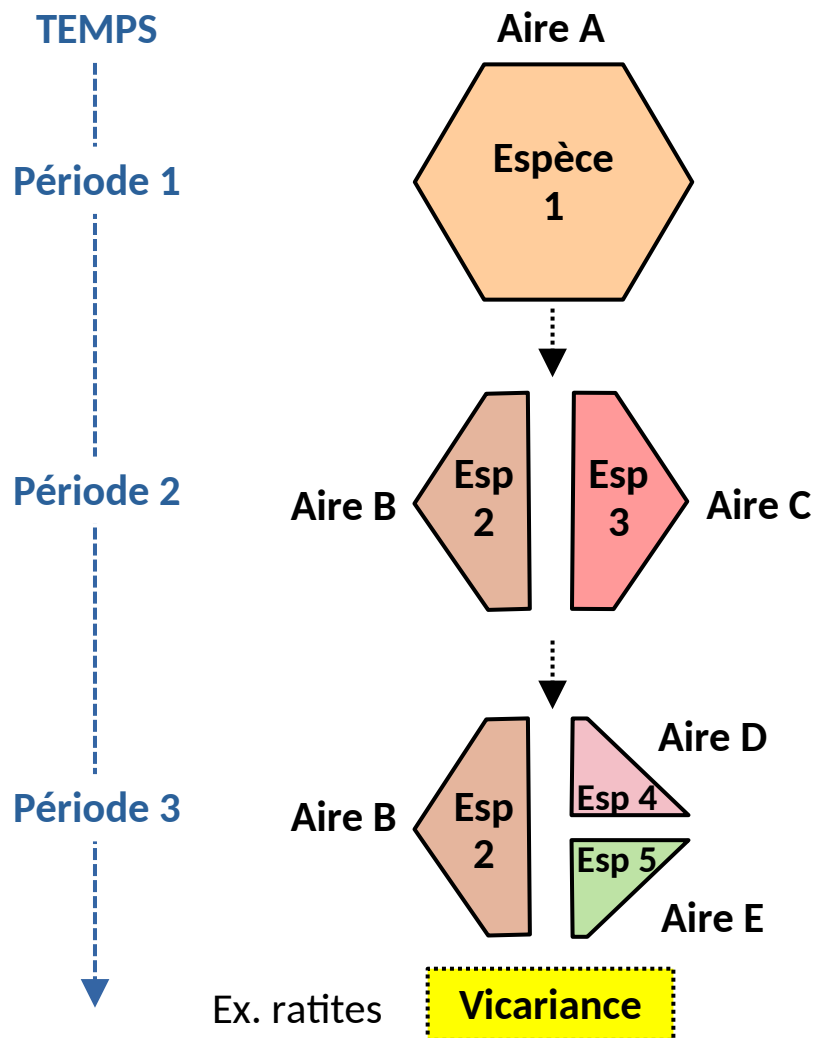
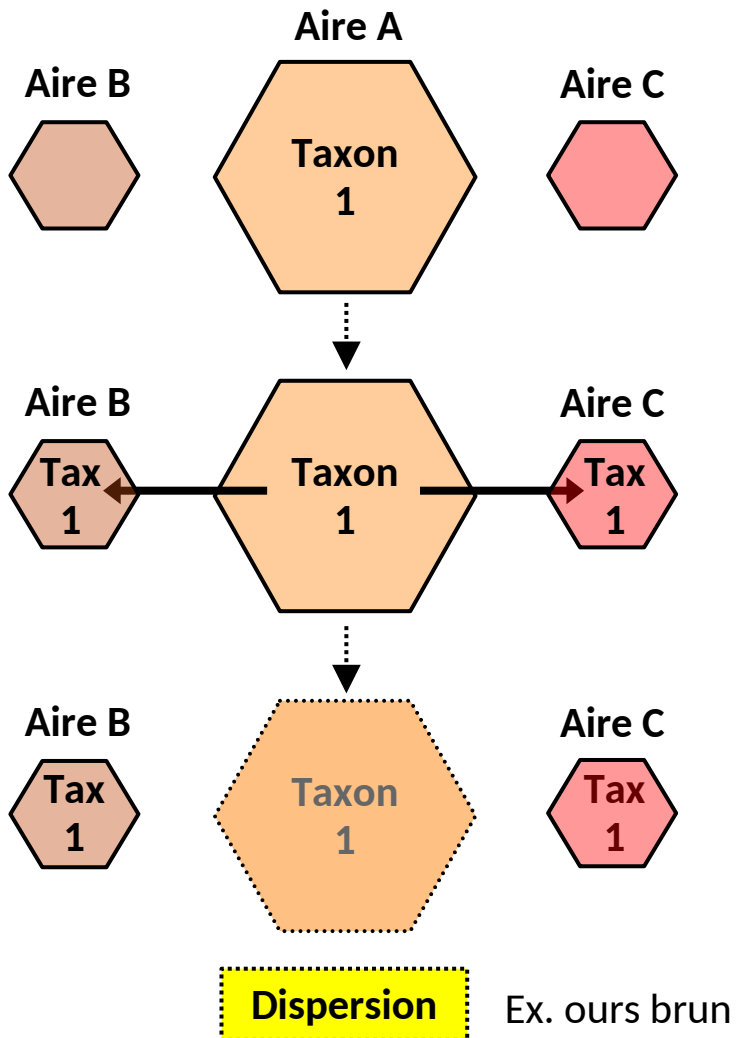


Phylogéographie des populations européennes d'ours brun (*Ursus arctos*) et routes de migrations post-glaciaires.

D'après Taberlet et al 2002.



Dispersion vs. vicariance



Conclusions

La biodiversité **varie dans le temps et l'espace** :

- à différentes **échelles**
- selon les **conditions climatiques** et leur variabilité
- selon la **disponibilité** et l'**abondance des ressources** minérales et/ou organiques
- selon la **nature** et l'**importance** des **interactions** entre les êtres vivants
- l'origine de cette variation est aussi liée son **histoire...**

