

# Écologie fondamentale : concepts et méthodes (HAV316B)

Arnaud GRÉGOIRE  
et Christophe PETIT

Cours 8



# Écologie fondamentale : concepts et méthodes (HAV316B)

Introduction (C. Petit)

1ère partie. La biodiversité: un concept-clé (C. Petit)

2ème partie. La biodiversité: un paramètre hétérogène et dynamique (A. Grégoire & C. Petit)

## 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

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

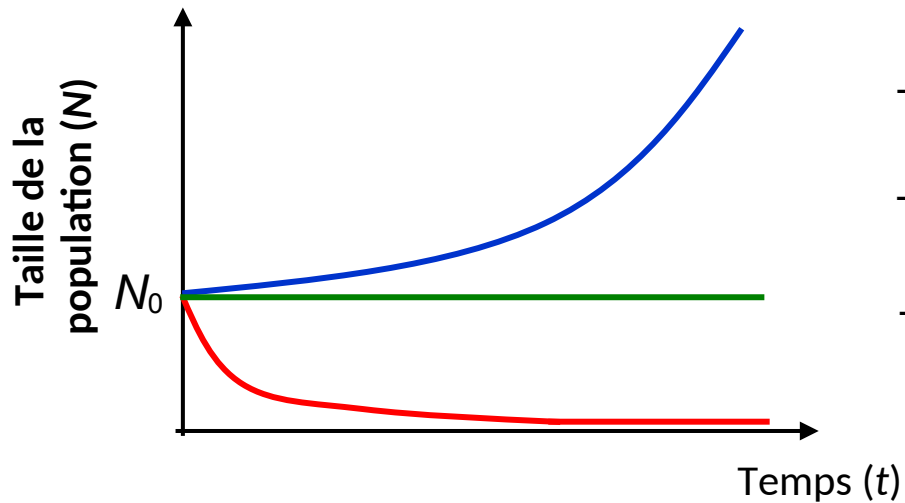
$B$  = nombre de naissances

$D$  = nombre de morts

-  $r > 0$  ( $B > D$ ): la population croît jusqu'à l'infini...

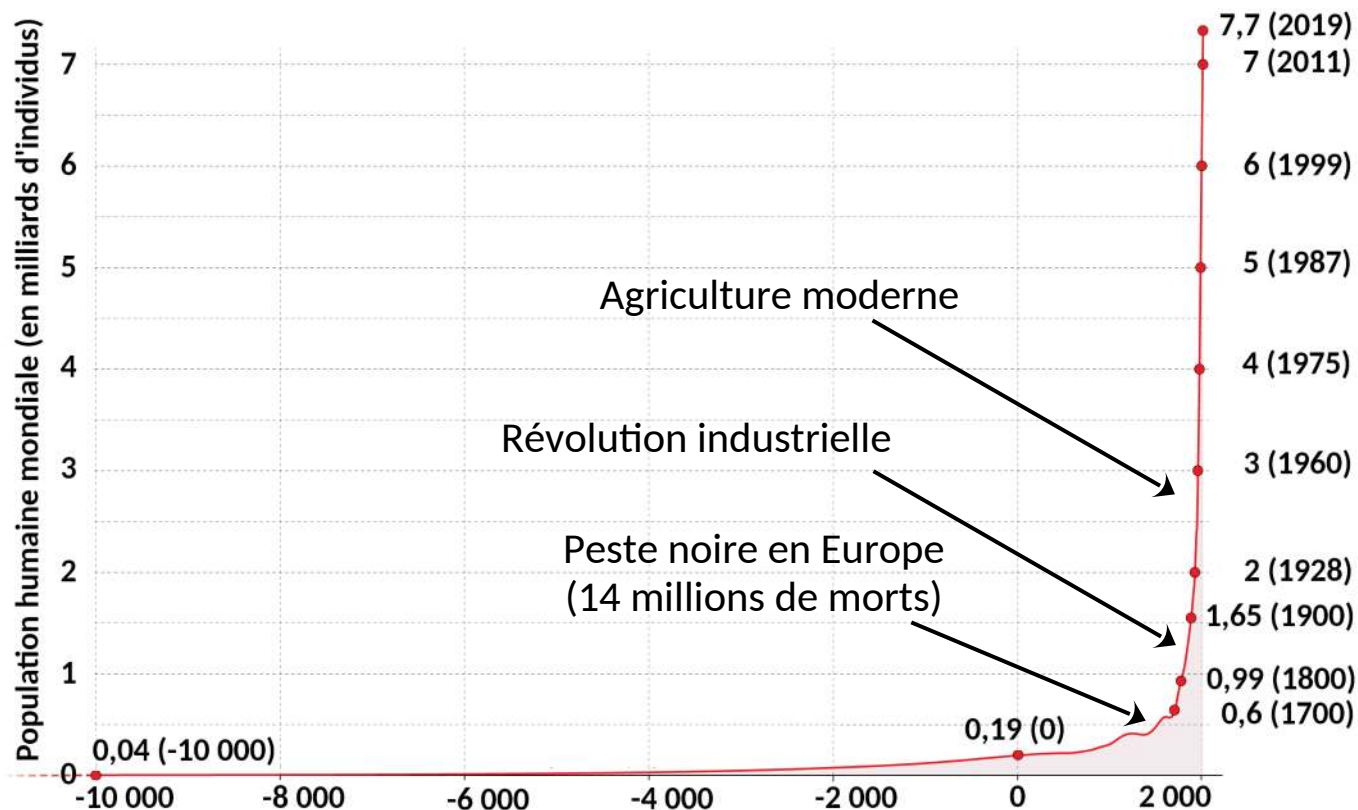
-  $r = 0$  ( $B = D$ ): la population reste à son effectif de départ

-  $r < 0$  ( $B < D$ ): la population s'éteint



Modèle exponentiel

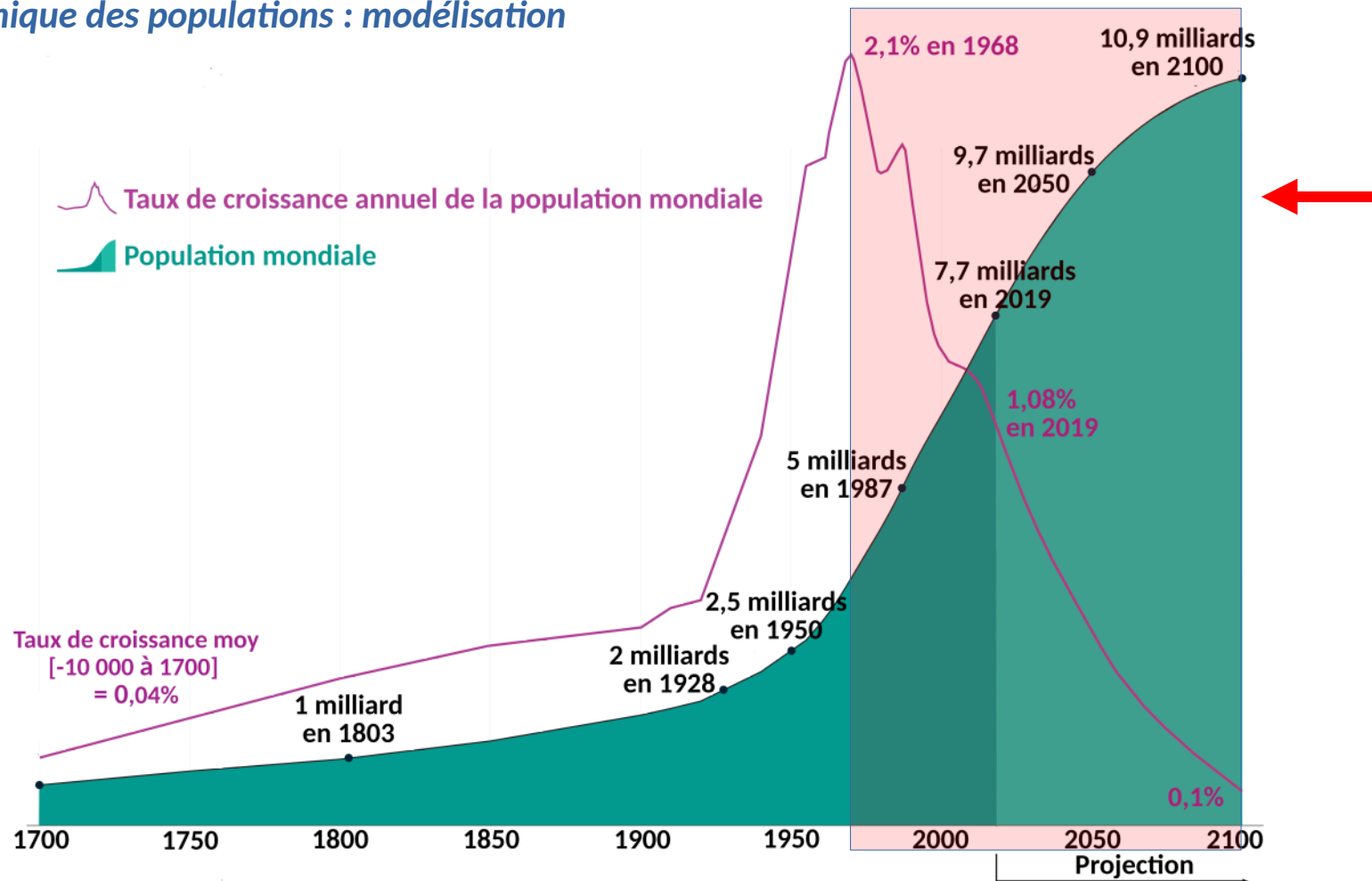
### Dynamique des populations : modélisation



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

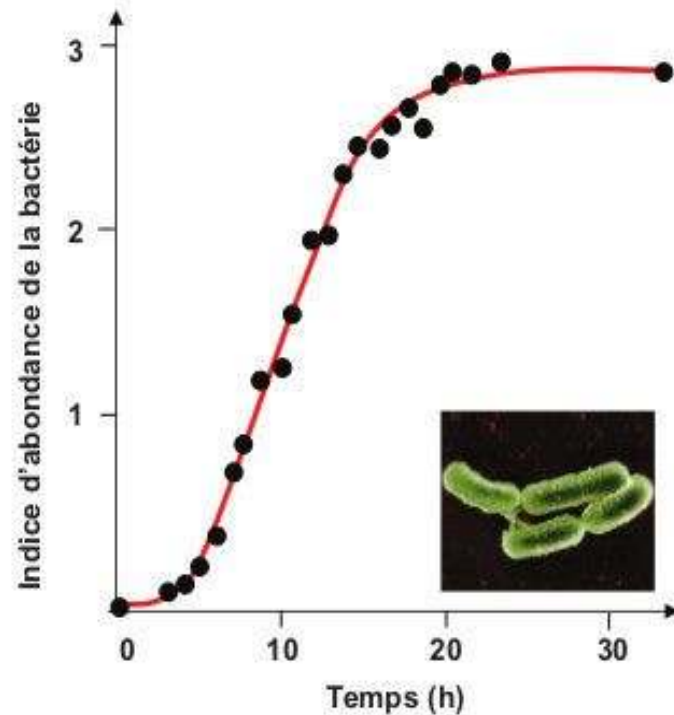


Effectif et taux de croissance de la population humaine mondiale entre 1700 et 2019, et projections jusqu'en 2100.

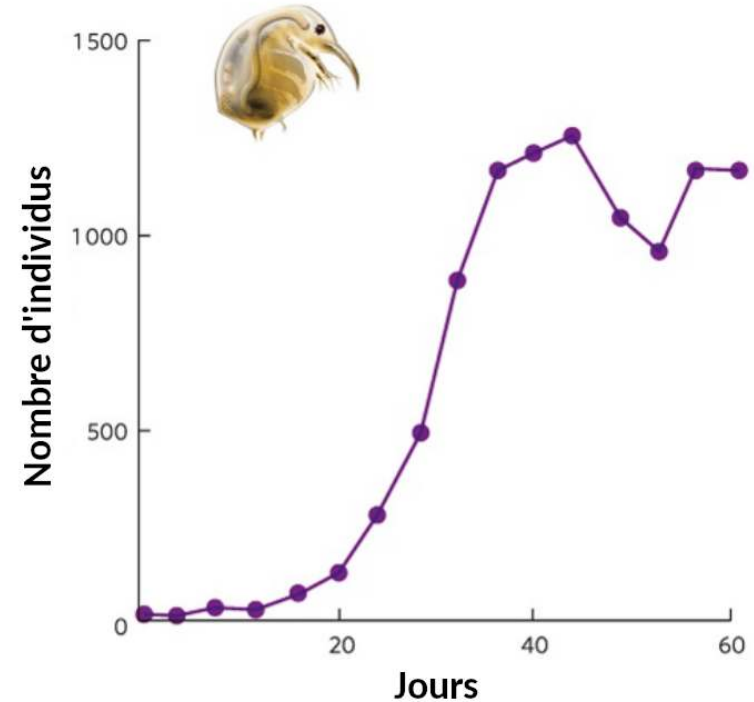
D'après Max Roser in <https://ourworldindata.org/world-population-growth>

### Dynamique des populations : observations

A)



B)



Variation du nombre d'individus au cours du temps.

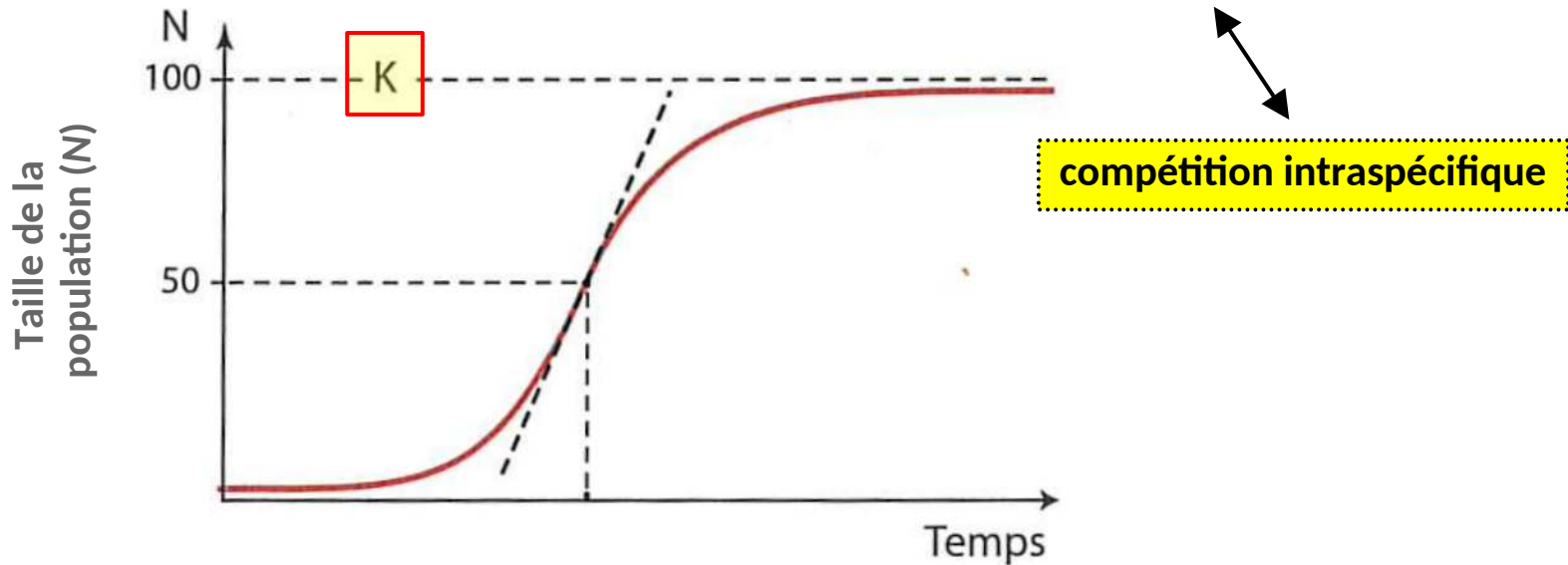
A) Chez la bactérie *Lactobacillus sakei* (d'après Leroy & de Vuyst (2001)

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

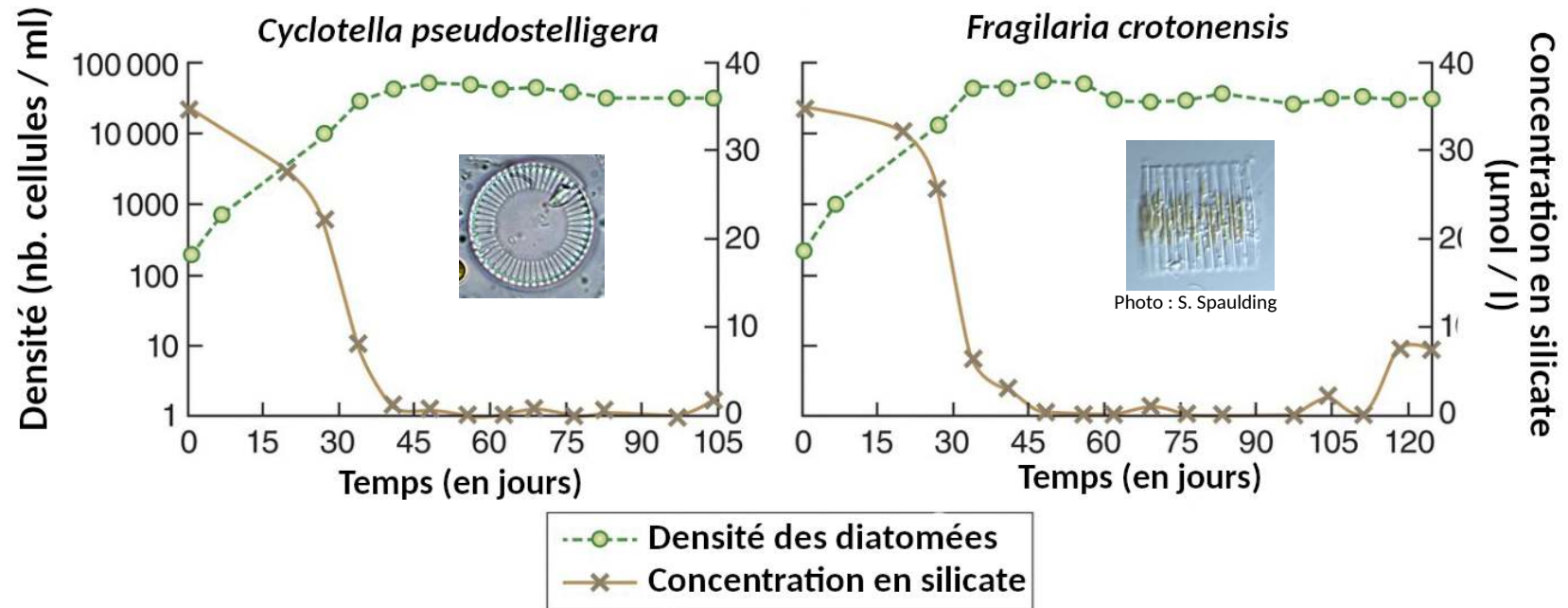


Modèle logistique (Verhulst 1845)



### Dynamique des populations : régulation par compétition intraspécifique

compétition intraspécifique

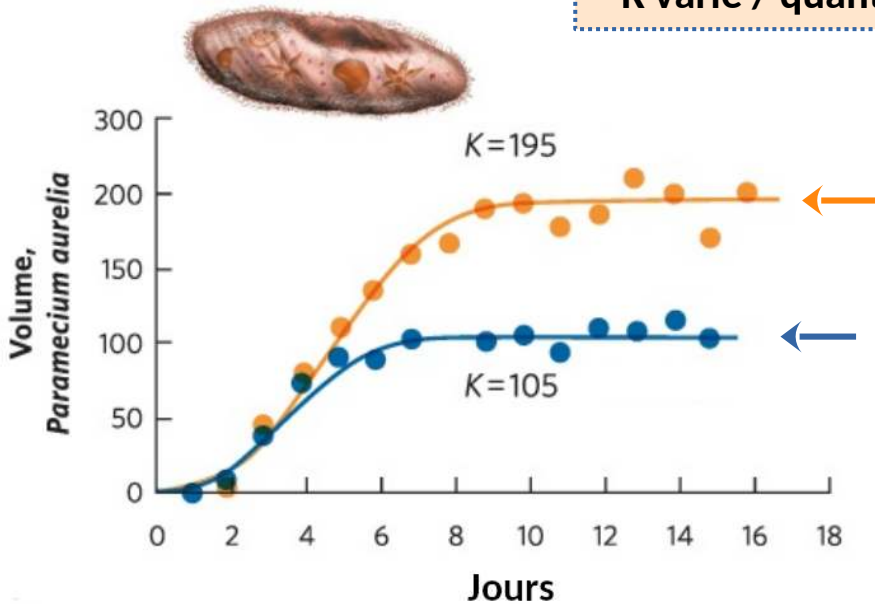


D'après Descamps-Julien & Gonzales 2005,  
in Begon & Townsend 2021

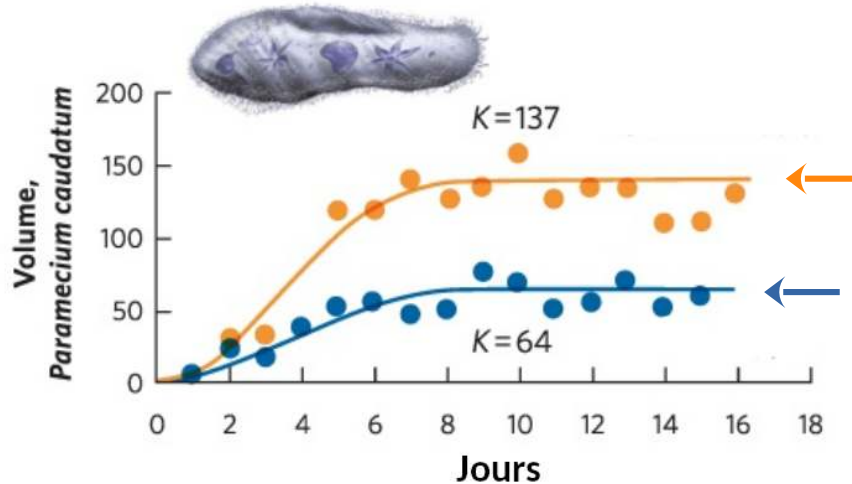
Dynamique des populations : régulation par compétition intraspécifique

K varie / quantité de ressources

compétition intraspécifique



*Paramecia aurelia*



*Paramecia caudatum*

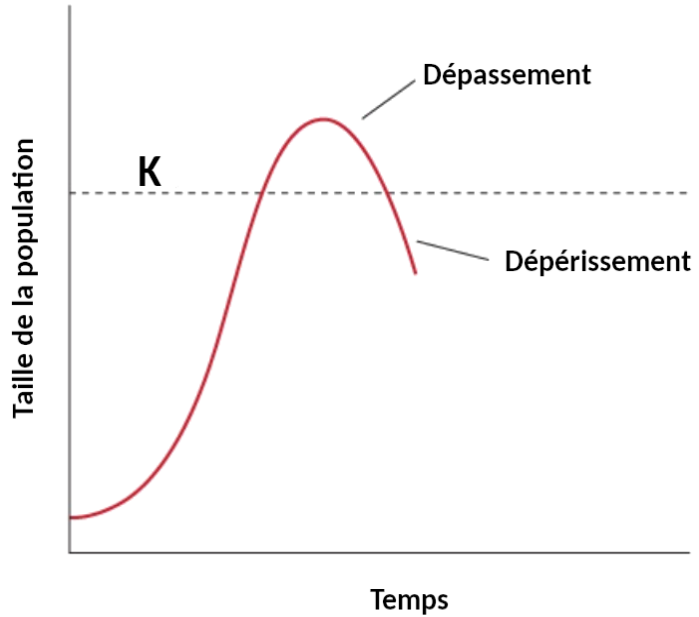
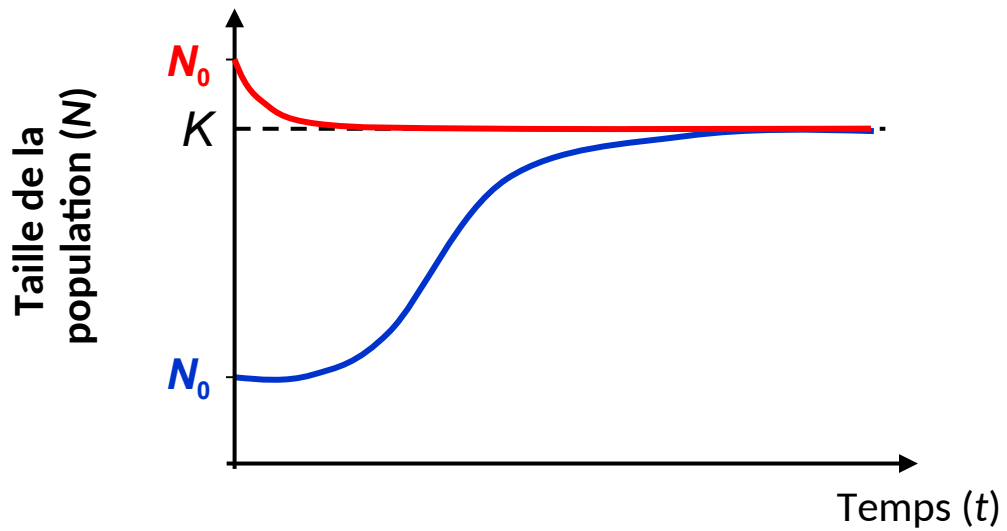
Densité de paramécies (en volume de cellules) selon la quantité de ressources apportées à la culture

D'après Gause 1934, in Relyea & Ricklefs 2018

*Dynamique des populations : régulation par compétition intraspécifique*

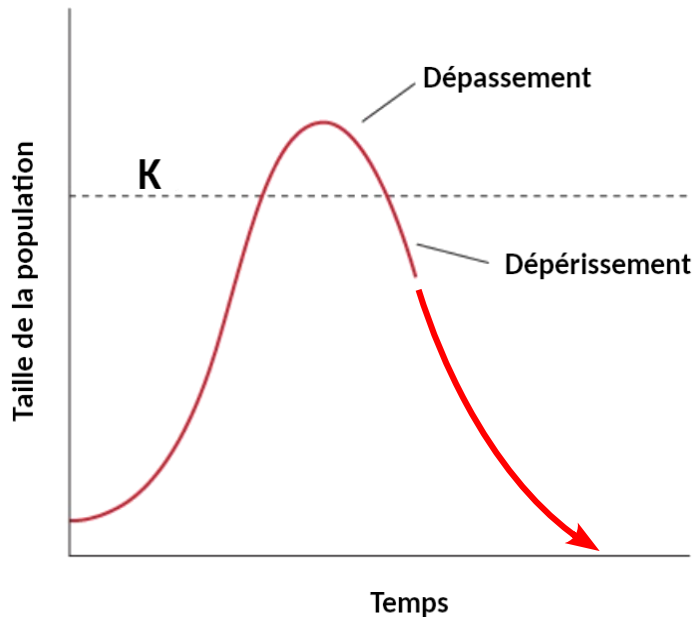
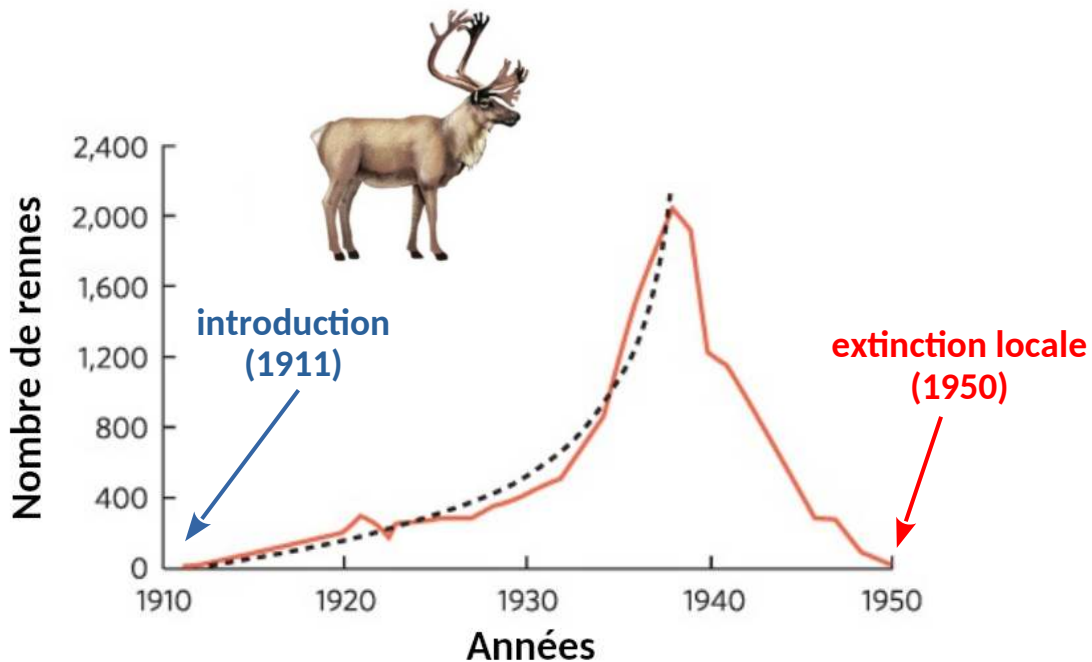
À ressources constantes

**compétition intraspécifique !**



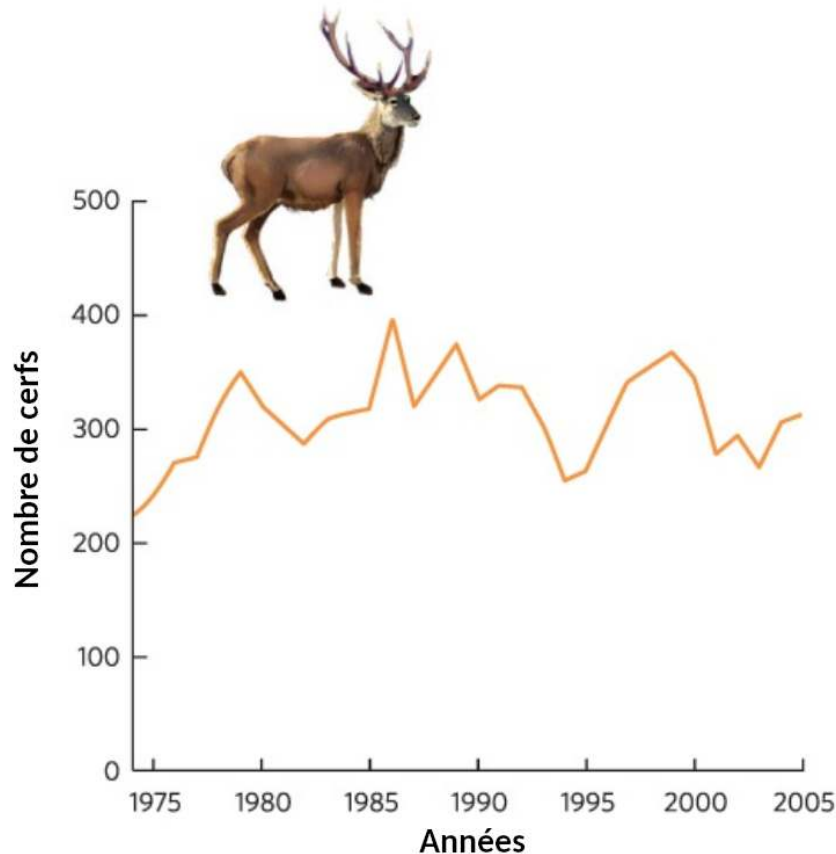
Dynamique des populations : régulation par compétition intraspécifique

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

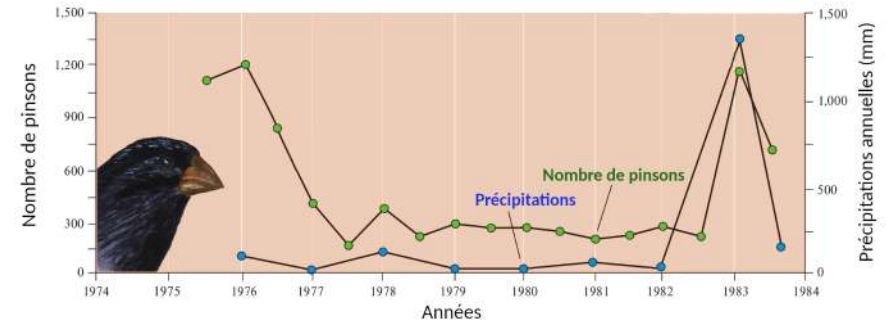


Fluctuations de la population de cerf élaphe sur l'île de Rum (Écosse).

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

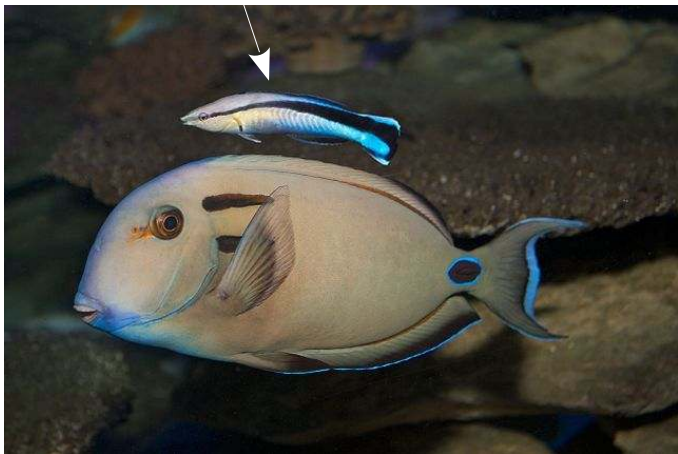
### 4.3. Autres interactions

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

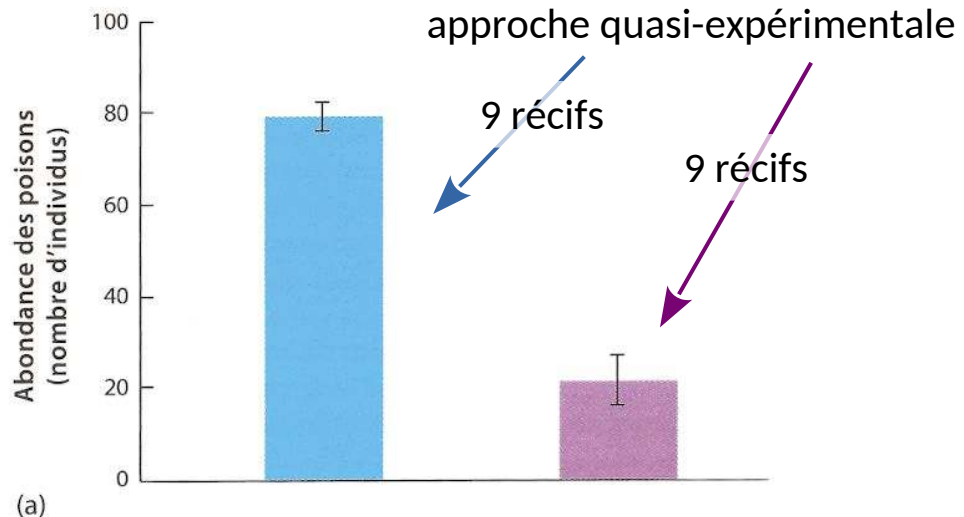
Le mutualisme

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

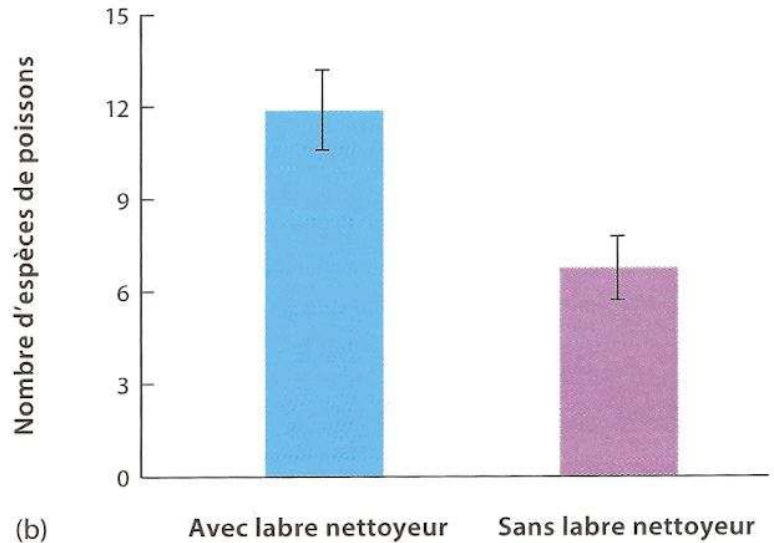


Abondance



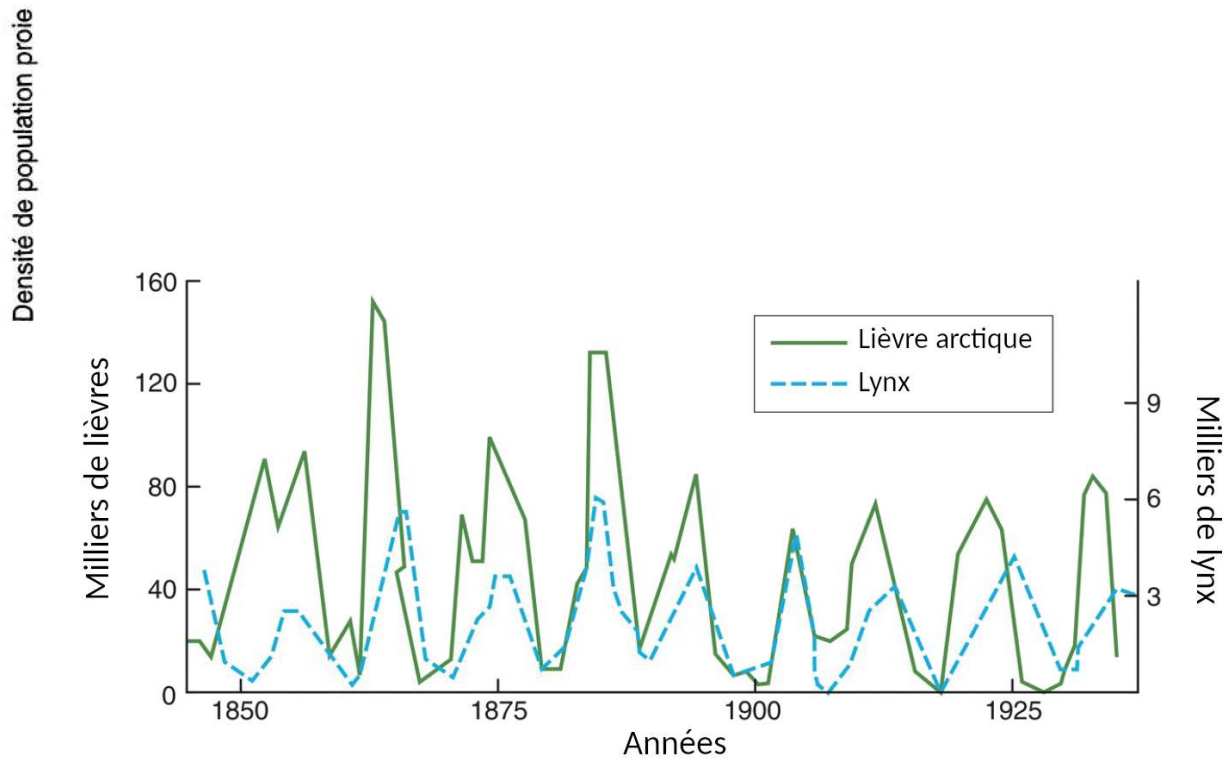
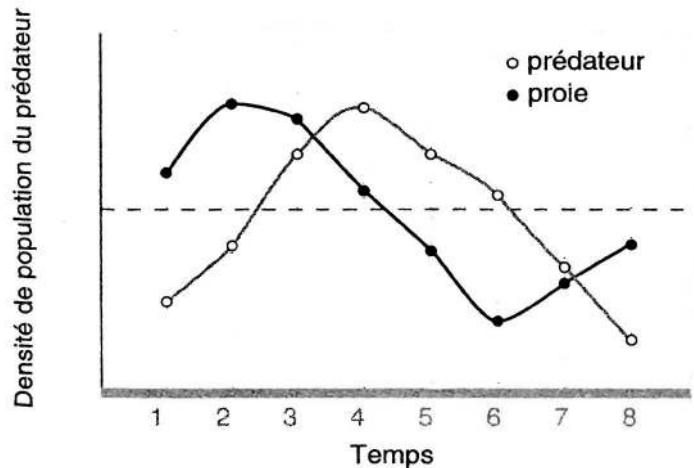
(a)

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 & Releya 2018)



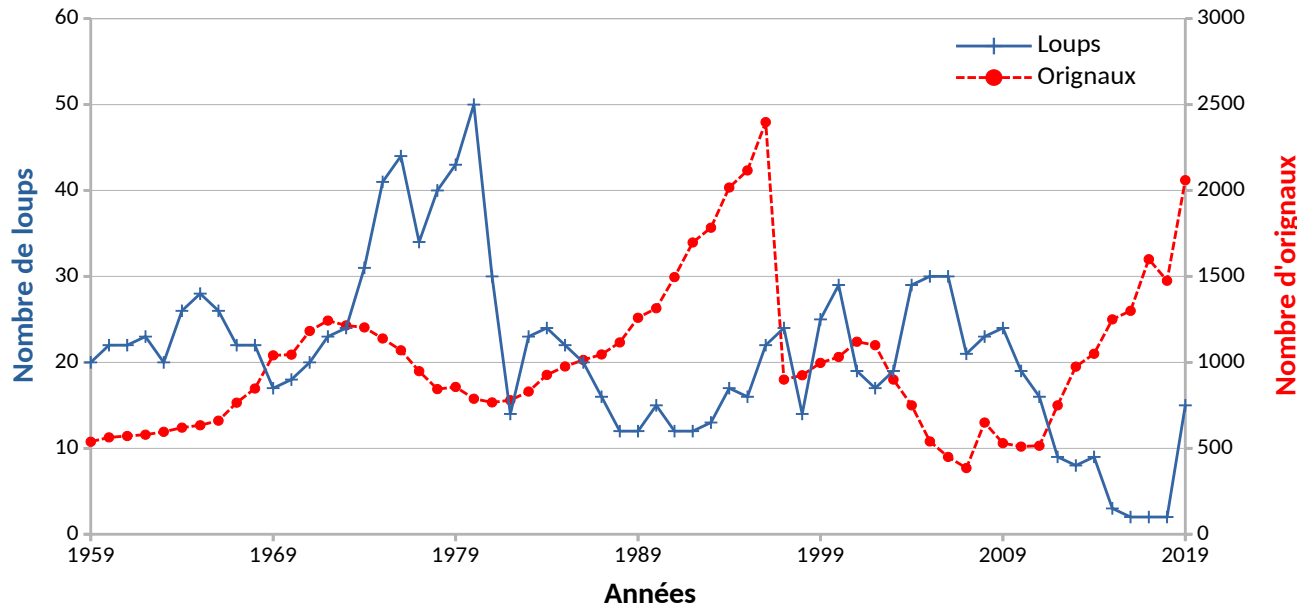
La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs



Isle Royale



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

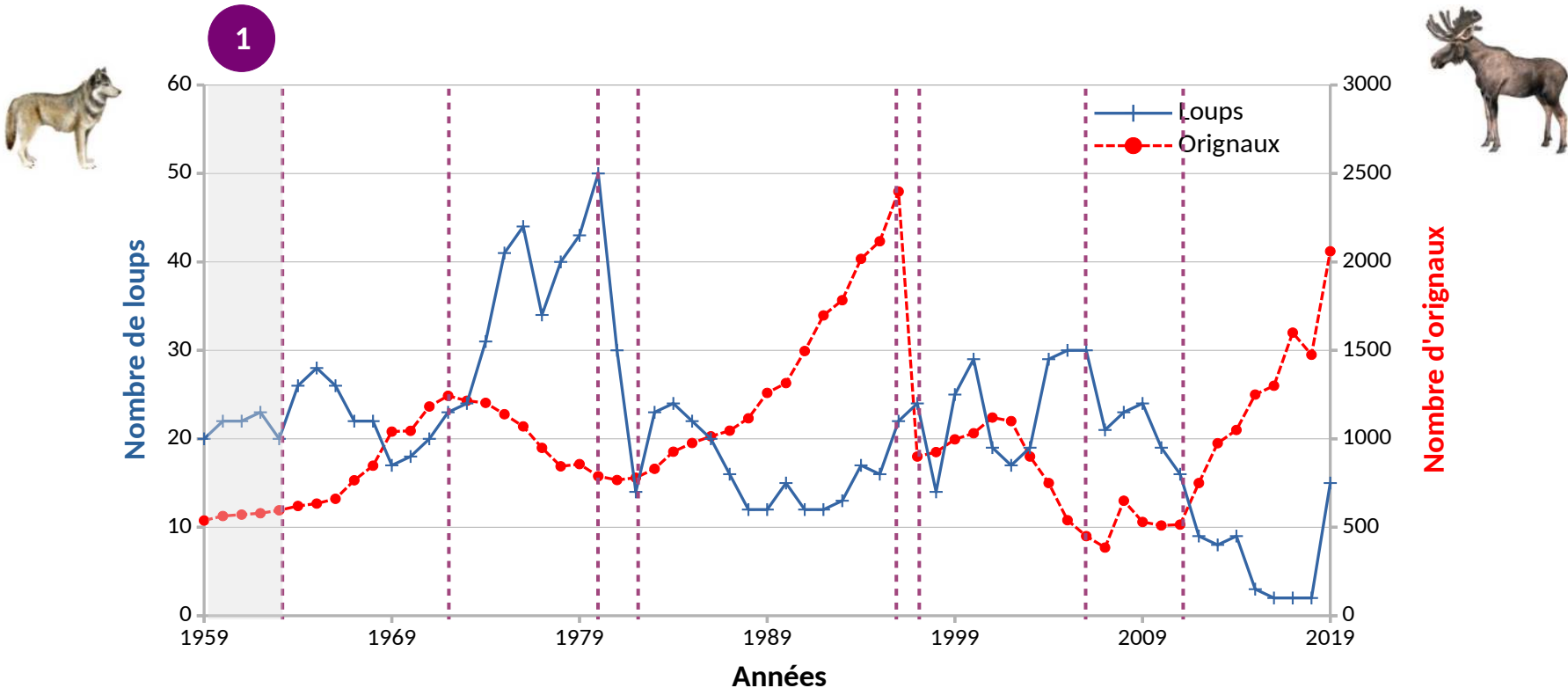


Dynamique des populations de loups et d'orignal sur l'Isle Royale

Source : <https://isleroyalewolf.org>

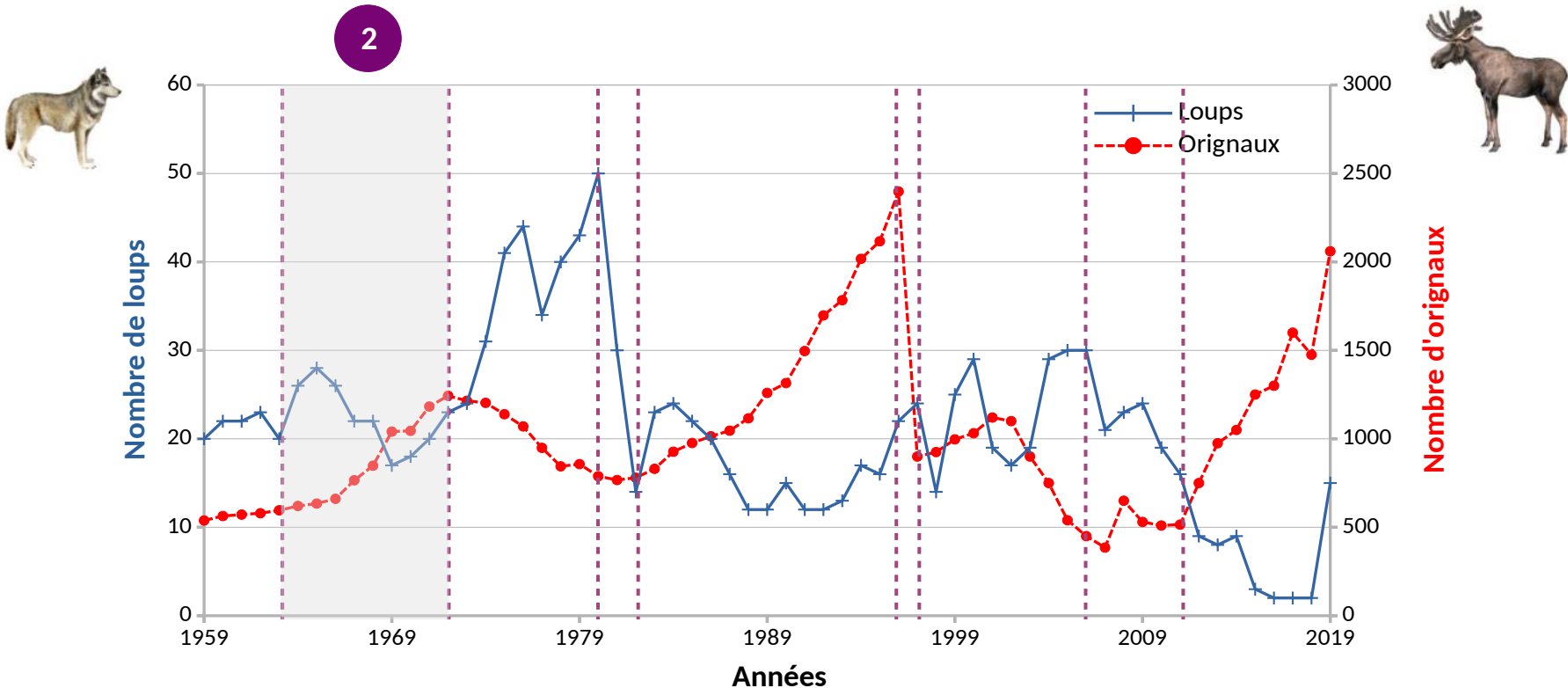


La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs



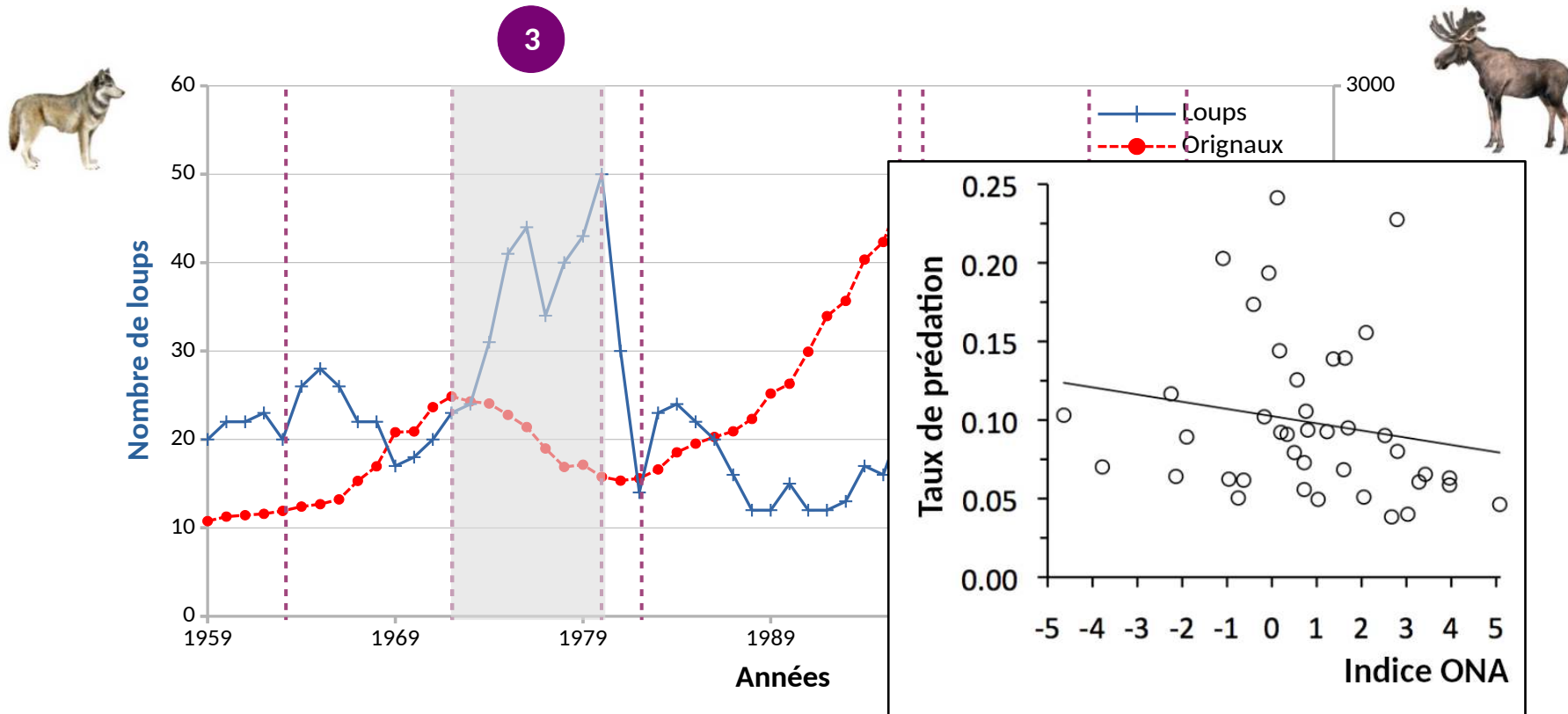
1 Régulation de type down-top (**prédation**) : + de proies ↔ + de loups

La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs



2 Climat : hivers doux → augmentation des effectifs d'orignaux

### La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs

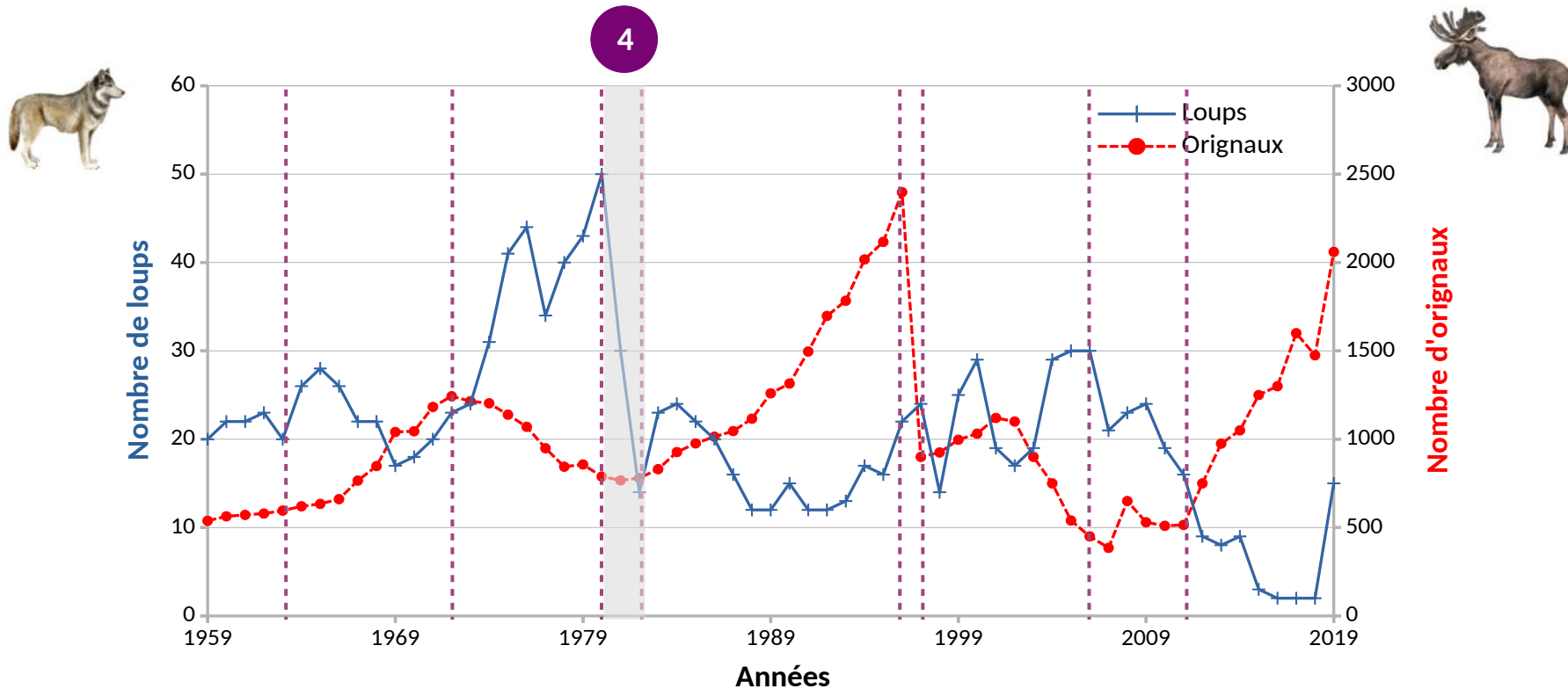


3

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

→ diminution nb. orignaux et augmentation nb. de loups

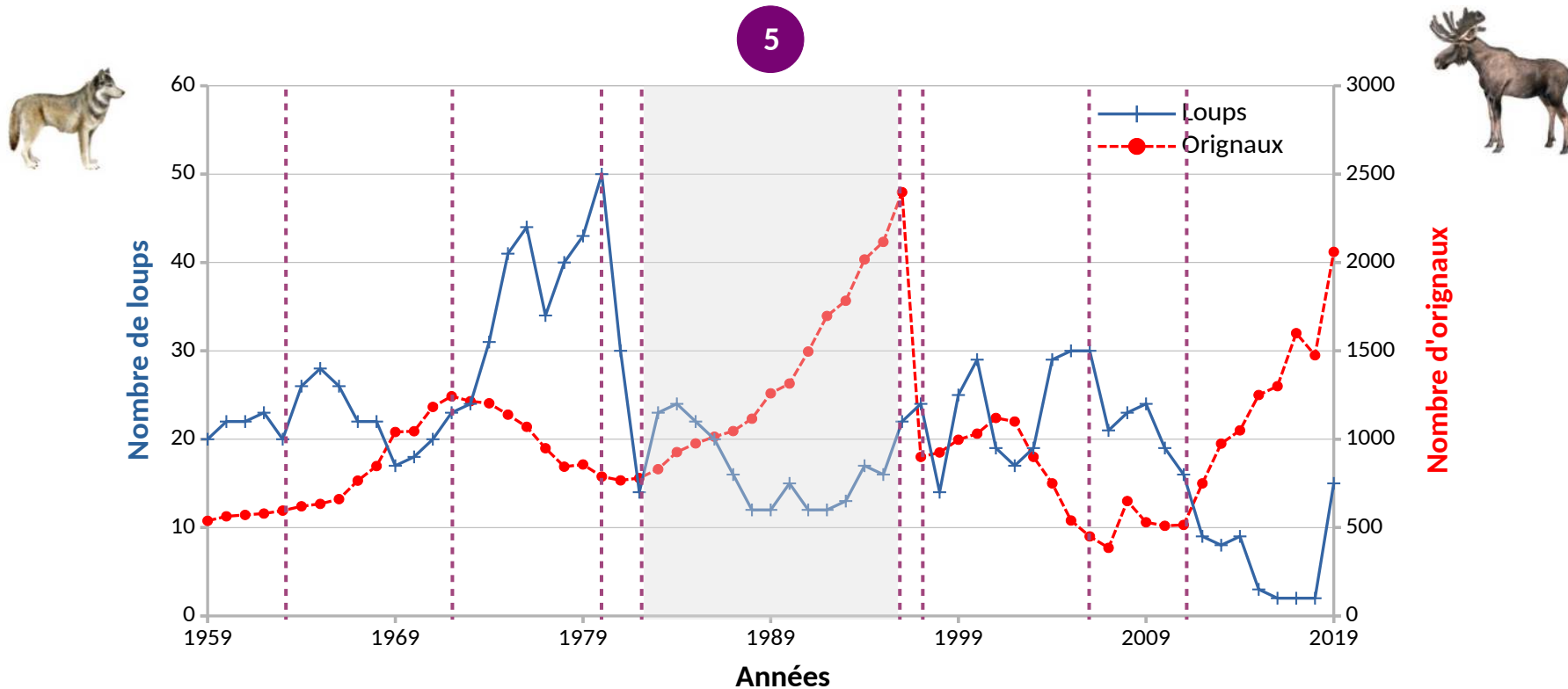
## La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs



4

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

## La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs

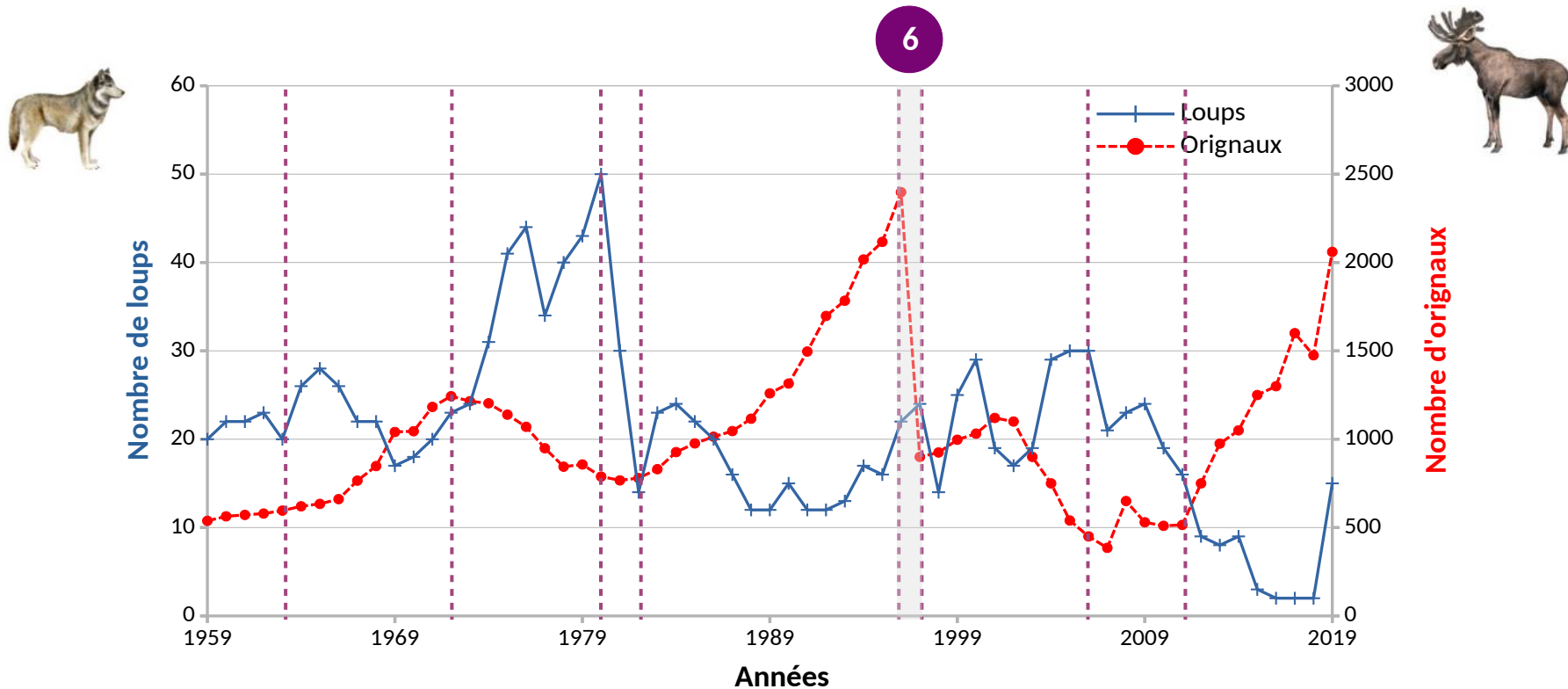


5

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

nb. loups maintenu faible → augmentation nb. orignaux

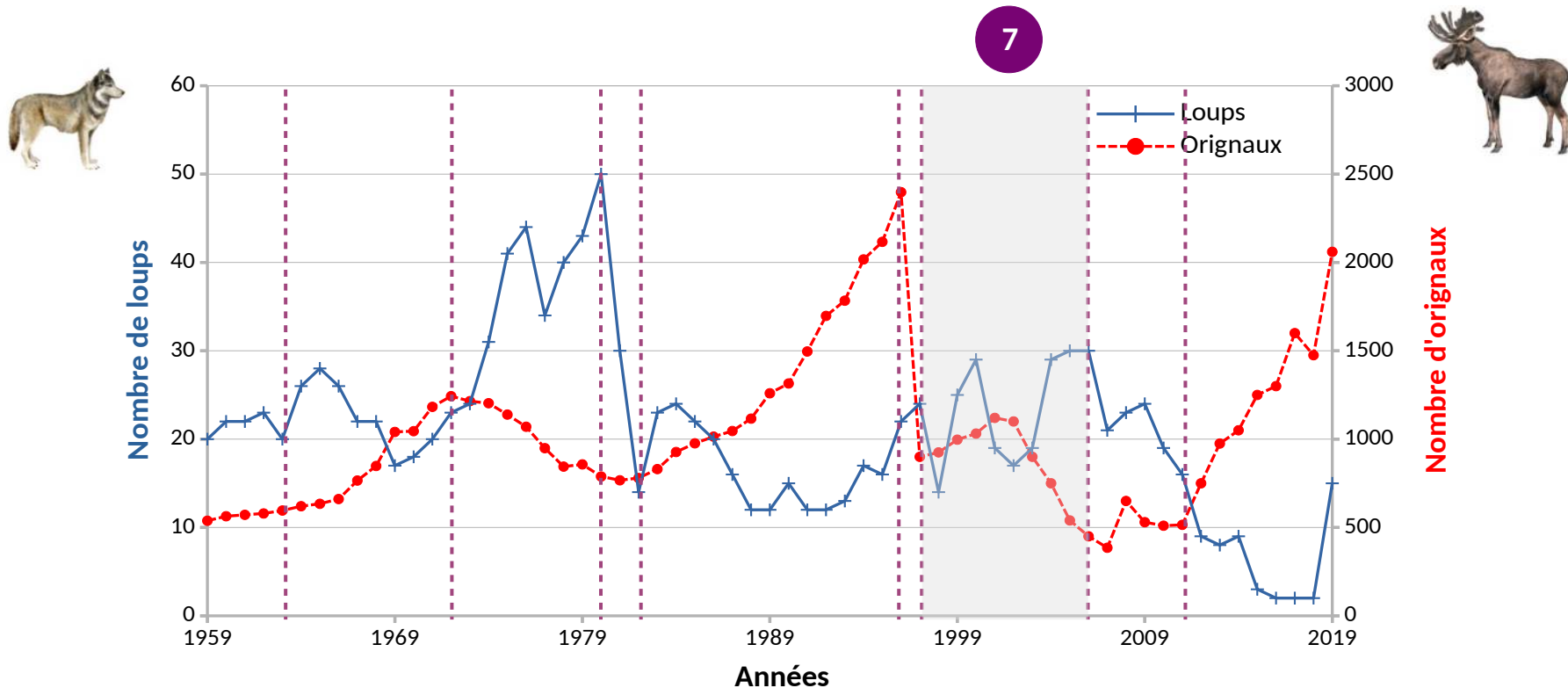
### La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs



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



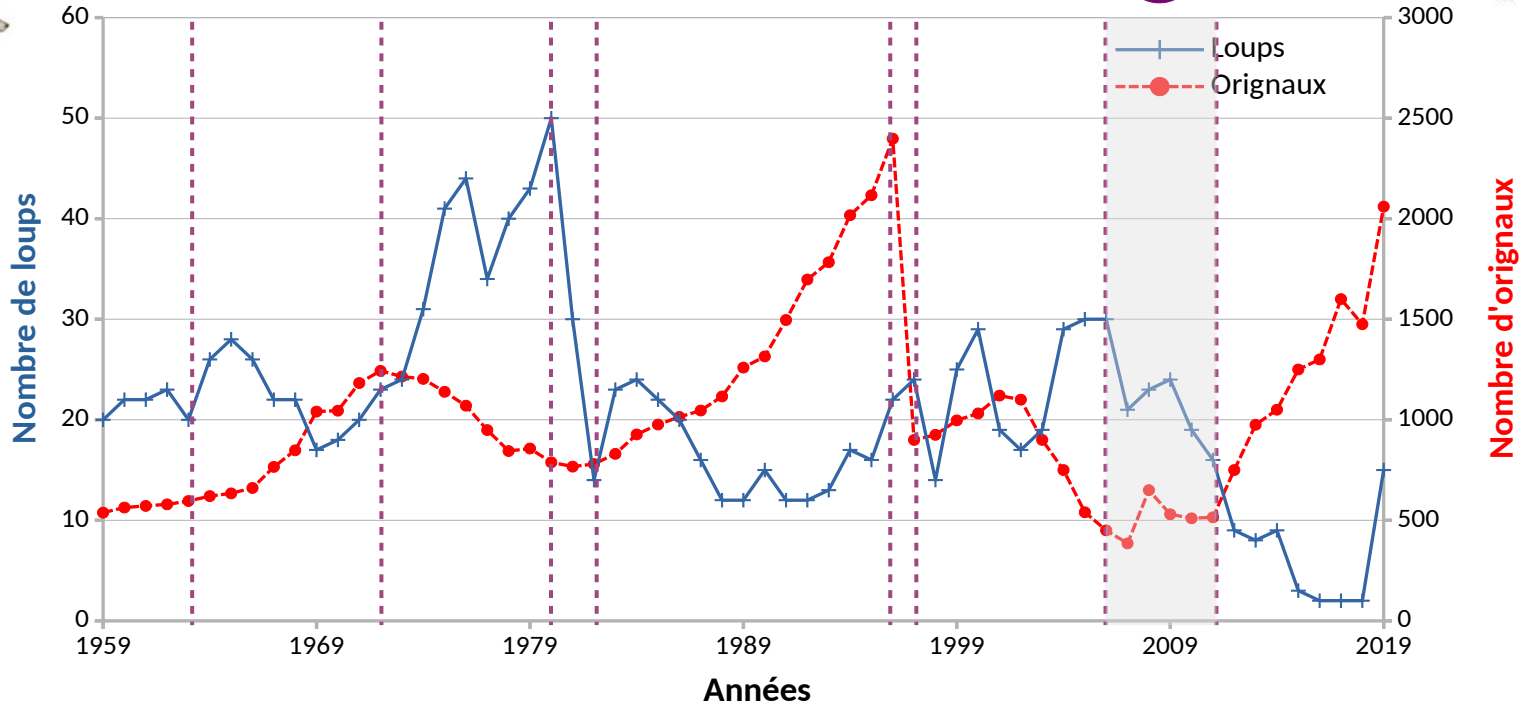
7 **Prédation** : déclin continu nb. orignaux.

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

Croissance inconstante de la population de loups

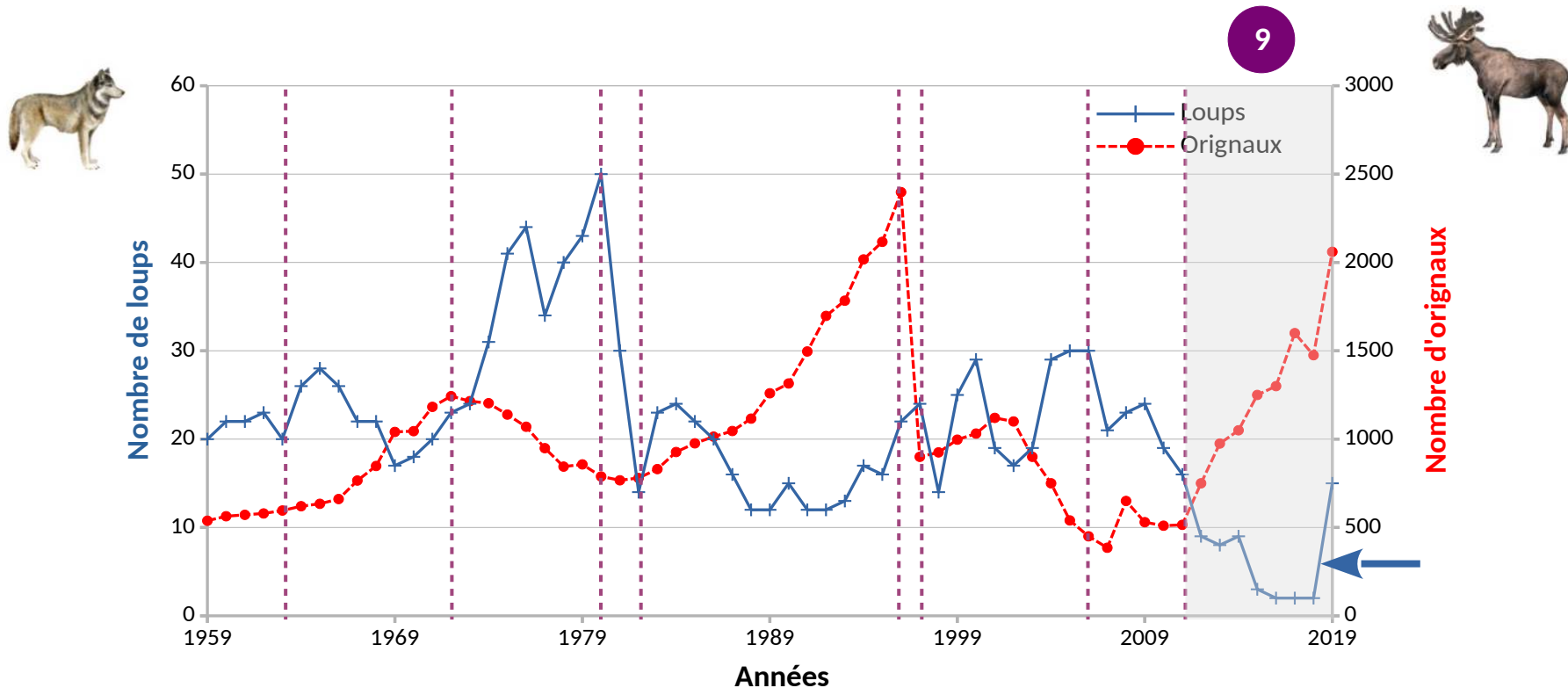


La fluctuation des populations : une combinaison de facteurs



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.



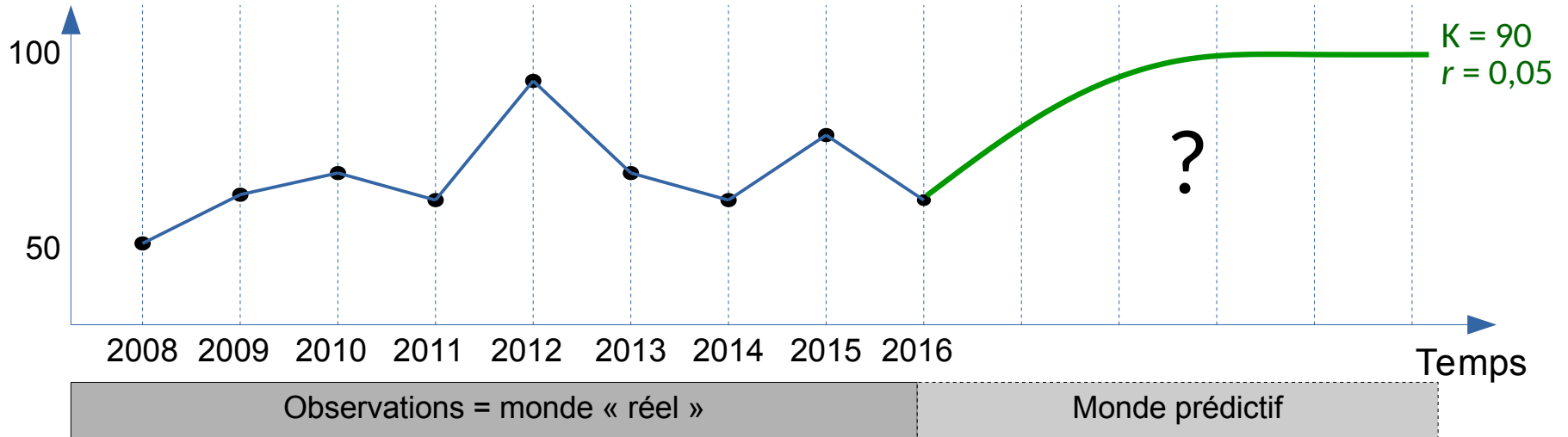
**Renforcement** de la population de loups pour rétablir une population viable  
(action de conservation) en 2019

Application : calculer le risque d'extinction de la population

Modèle déterministe

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

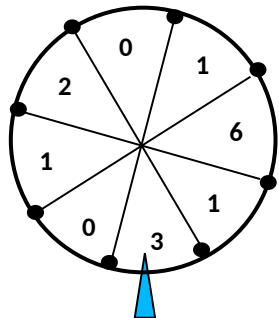
Taille de la population



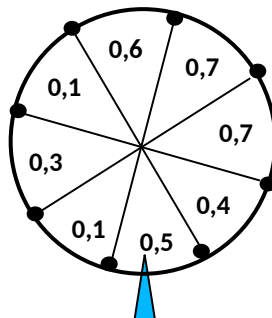
Modèle logistique

Application : calculer le risque d'extinction de la population

Fécondité

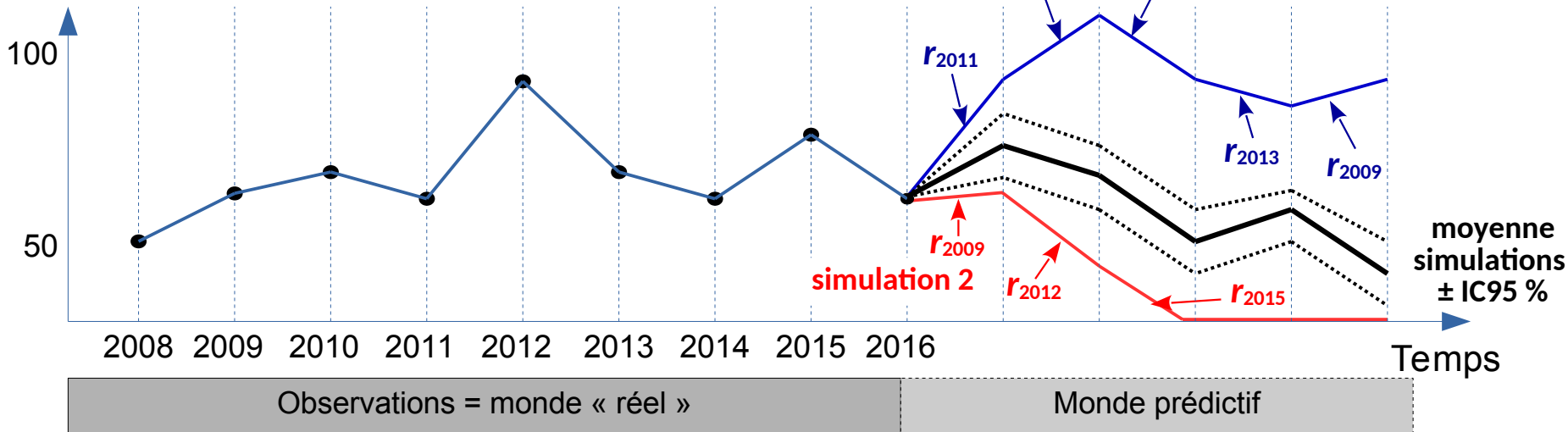


Probabilité de survie



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

Taille de la population



Observations = monde « réel »

Monde prédictif

Modèle stochastique





# Écologie fondamentale : concepts et méthodes (HAV316B)

Introduction (C. Petit)

1ère partie. La biodiversité: un concept-clé (C. Petit)

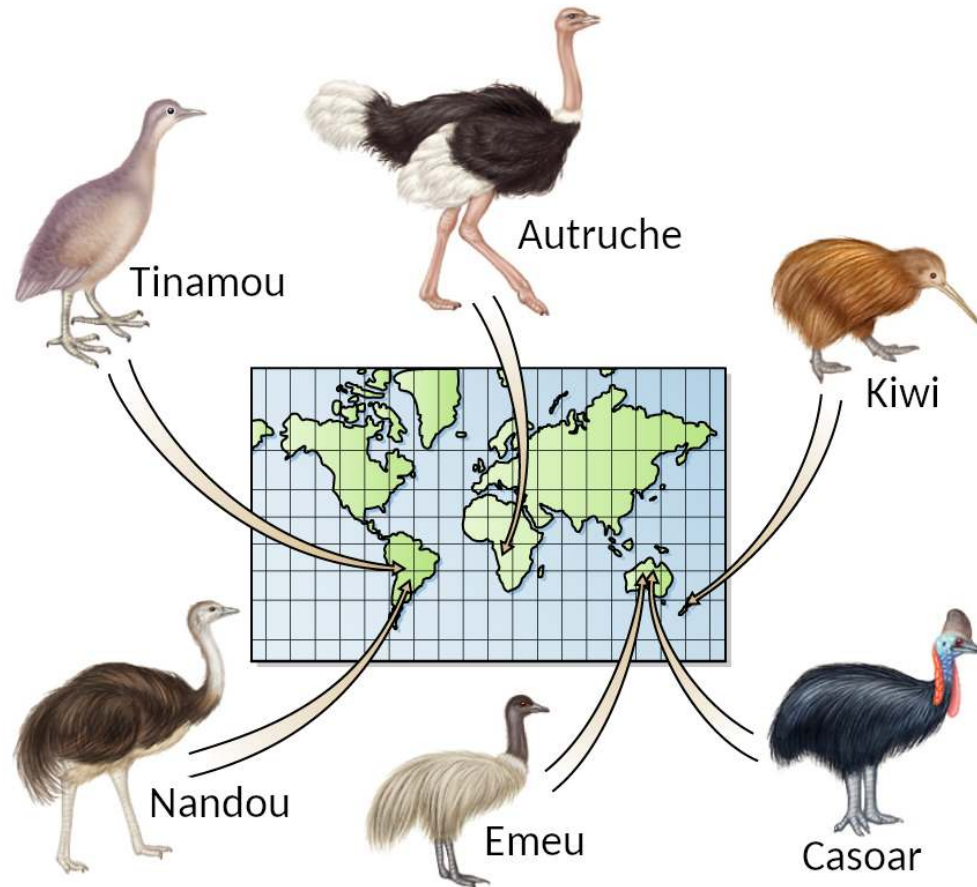
2ème partie. La biodiversité: un paramètre hétérogène et dynamique (A. Grégoire & C. Petit)

## A. Variations géographiques de la biodiversité

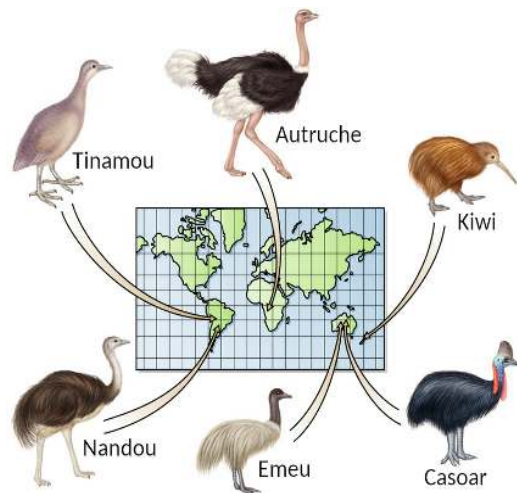
1. Relations aire-espèces
2. Gradients géographiques de biodiversité

## 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*

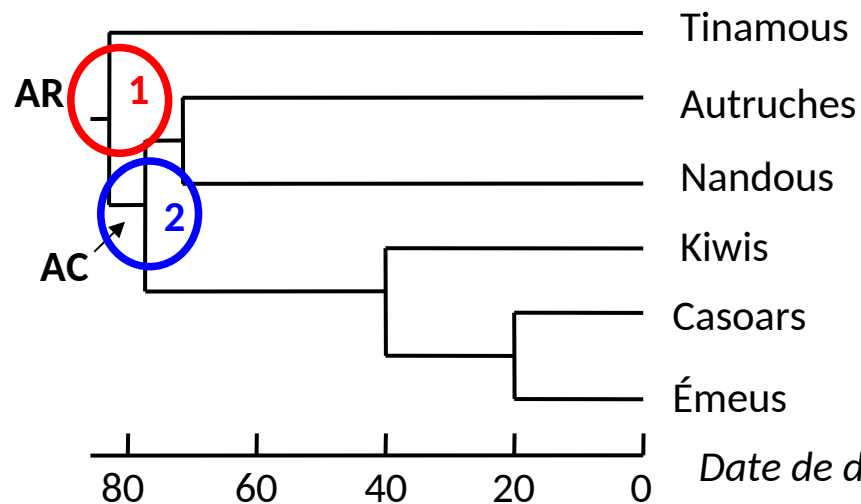
D'après Townsend et al 2008



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



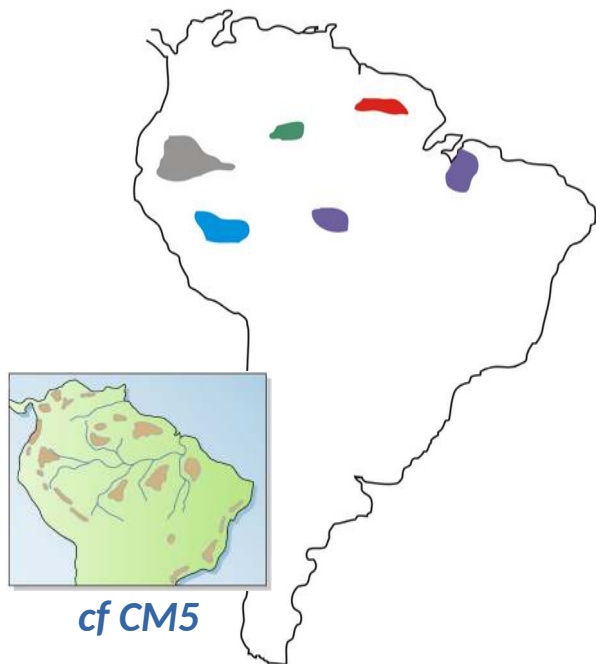
**AR** = ancêtre commun à tous les Ratites actuels

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

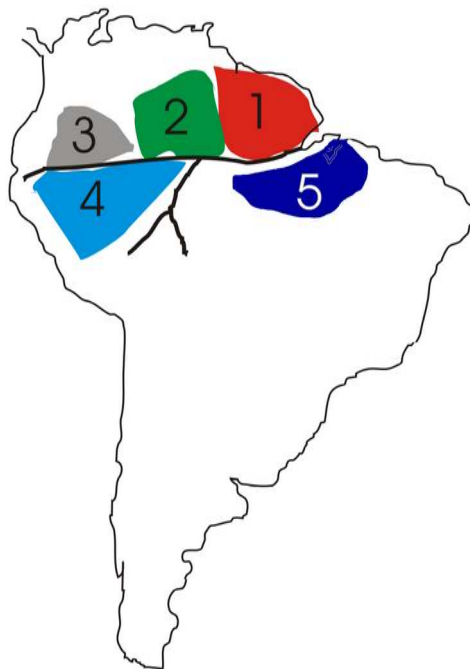
*Date de divergence en millions d'années*

D'après Townsend et al 2008

### Les refuges glaciaires



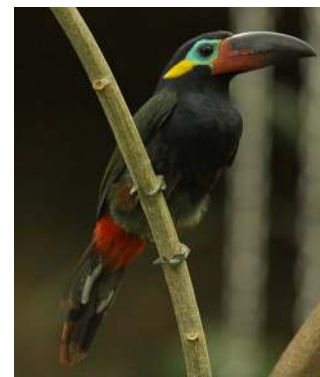
Refuges glaciaires du  
Pléistocène (-18 000 ans)



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

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

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



*Selenidera culik*

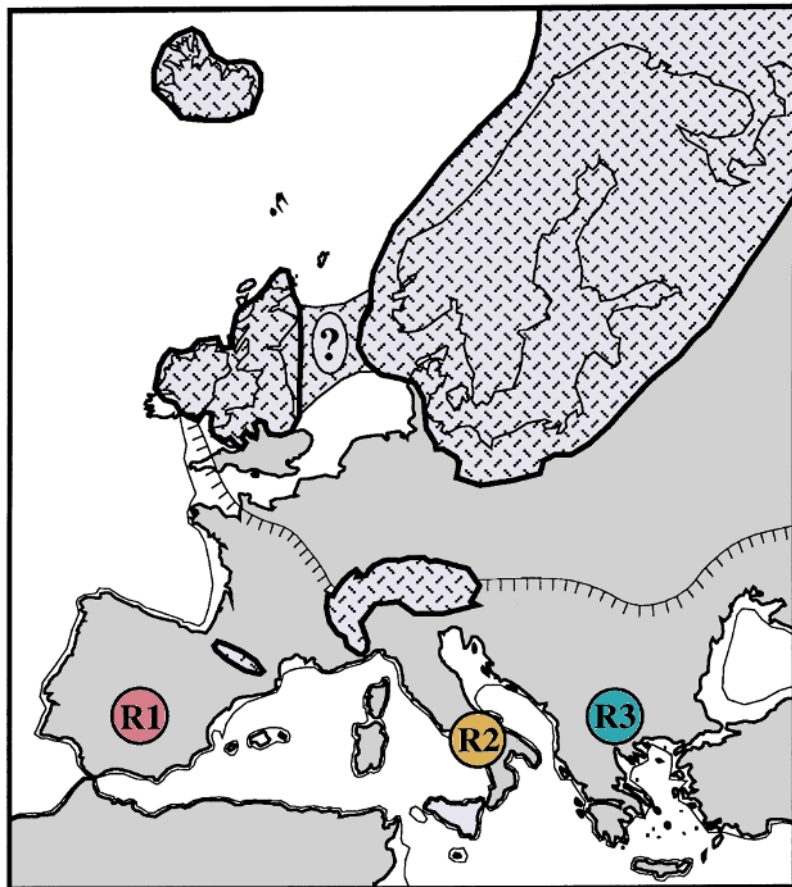
Photo : Berichard (d) - <https://creativecommons.org>



### Les refuges glaciaires

Extension de la calotte glaciaire pendant le dernier maximum glaciaire.

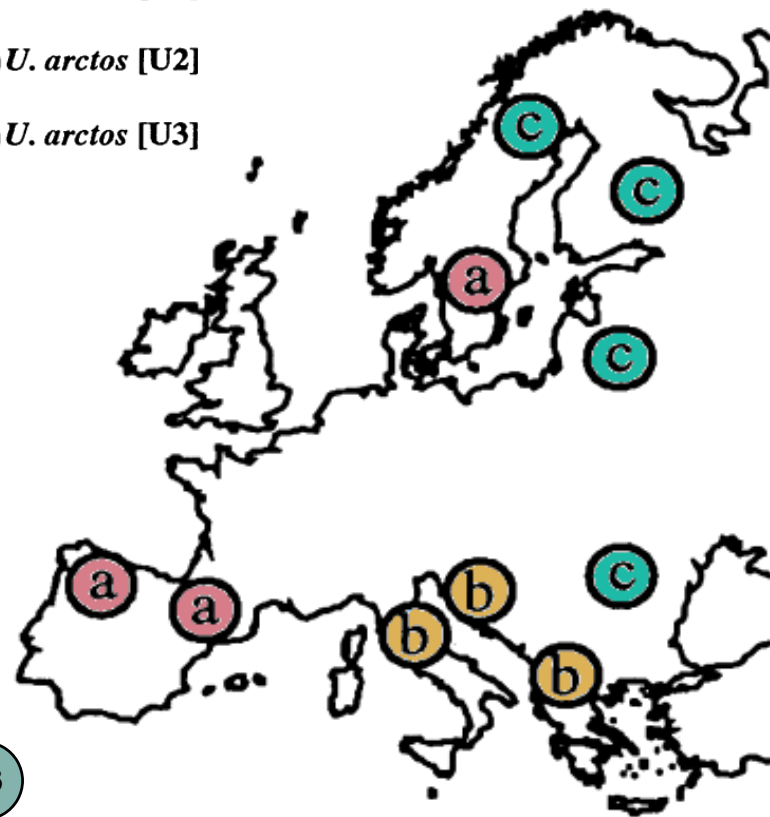
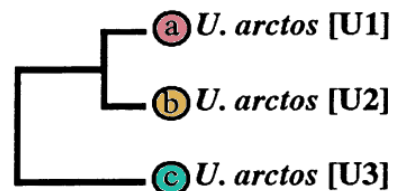
D'après Taberlet et al 2002.



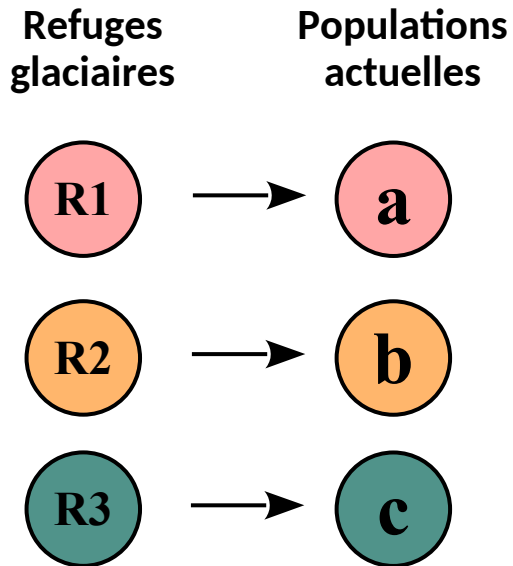
= refuges glaciaires

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

D'après Taberlet et al 2002.

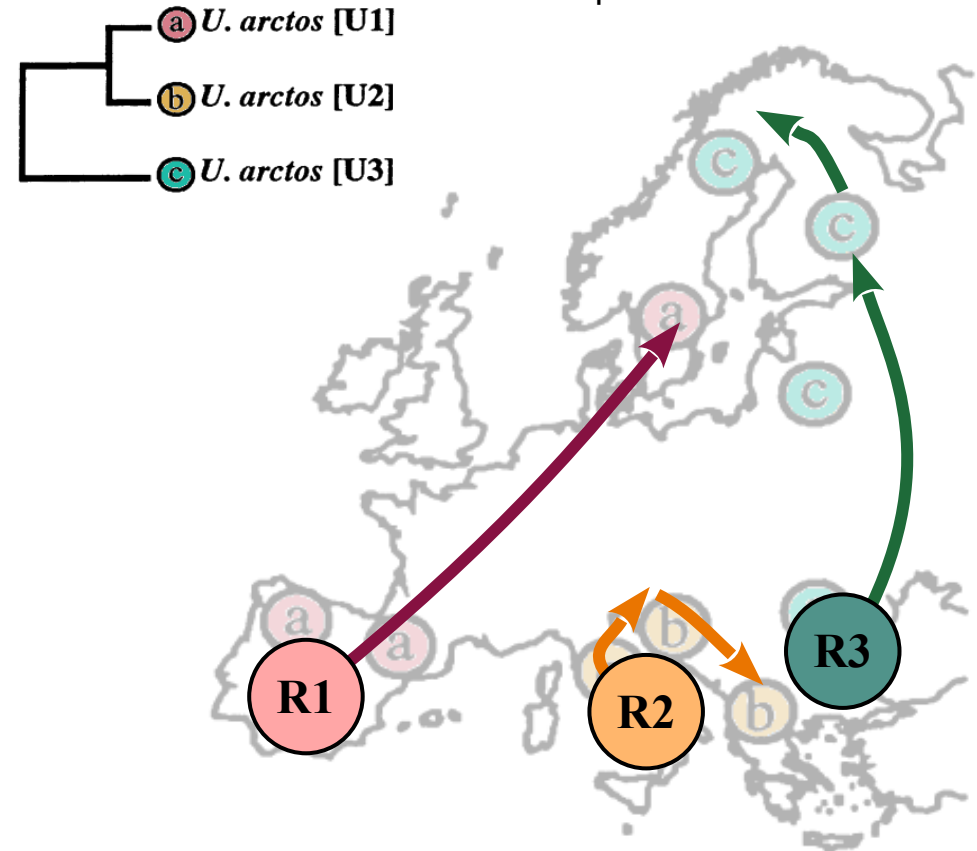


### Les refuges glaciaires

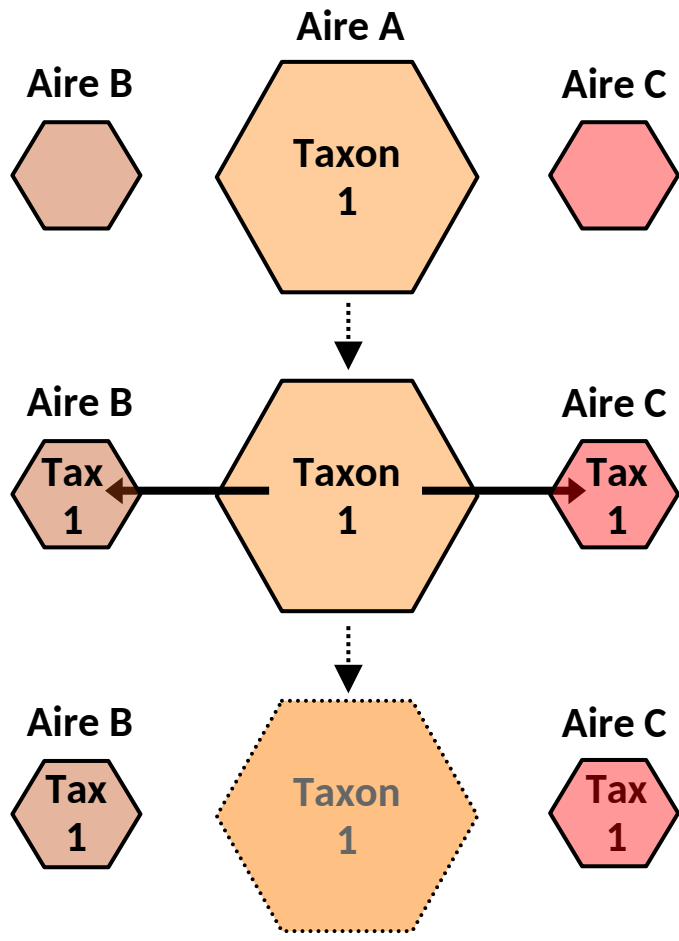


Phylogéographie des populations européennes d'ours brun (*Ursus arctos*) et routes de migrations post-glaciaires.

D'après Taberlet et al 2002.



Dispersion vs. vicariance



**Dispersion**

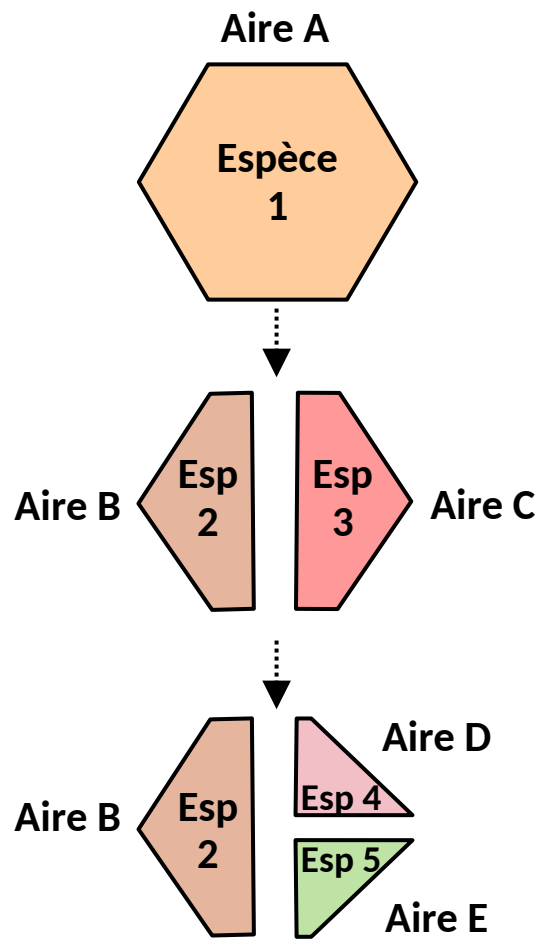
Ex. ours brun, toucanets

TEMPS

Période 1

Période 2

Période 3



**Vicariance**

Ex. ratites

# 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...**