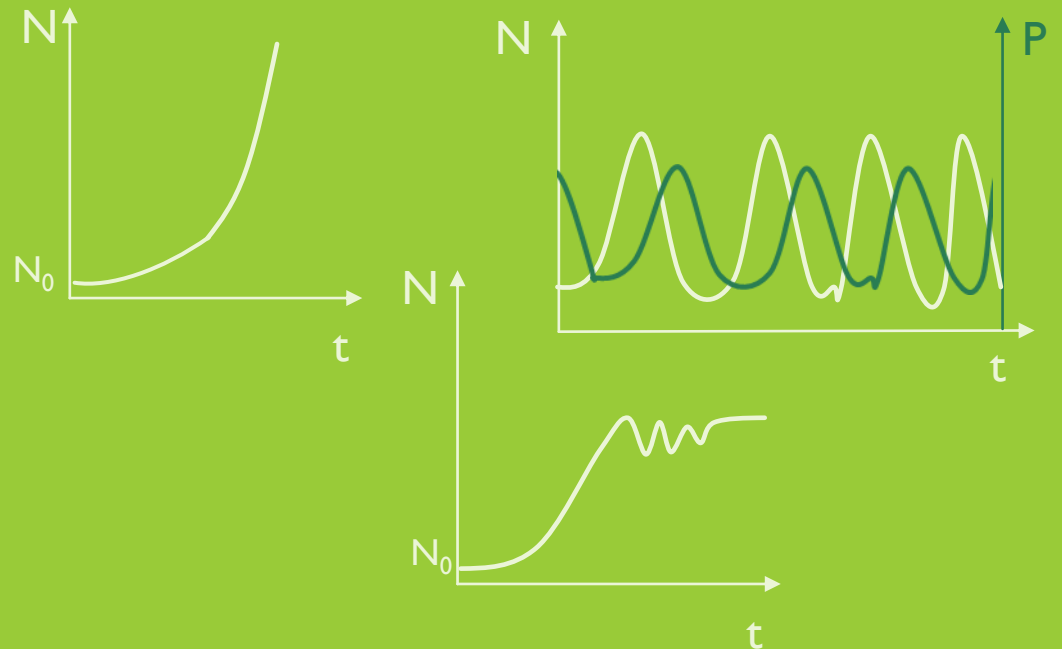


SV-J-I LES POPULATIONS ET LEUR DÉMOGRAPHIE

SV-J POPULATIONS ET ÉCOSYSTÈMES



SV-J-I Les populations et leur démographie

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Savoirs visés

Les organismes sont regroupés en populations dont les effectifs varient au cours du temps, selon les paramètres démographiques. L'effectif d'une population fluctue sous l'effet de facteurs variés dont les facteurs du biotope et les facteurs intrinsèques à la population.

La capacité biotique correspond à l'effectif maximal que peut soutenir un milieu.

La variation d'effectif d'une population peut être approchée par des modèles mathématiques simples : croissance exponentielle et croissance logistique.

Une métapopulation correspond à un ensemble de populations connectées. Les migrations font varier les effectifs des populations. Les relations interspécifiques sont également responsables de variations des effectifs des populations

Capacités exigibles

- Analyser des données de variations d'effectifs de populations sous l'effet de facteurs indépendants de la densité (facteurs du biotope), et dépendants de la densité (cas de la densité-dépendance avec compétition intraspécifique).

- Modéliser les variations d'effectifs dans le cas d'une croissance exponentielle et d'une croissance logistique (modélisation numérique) et discuter des limites de ces modèles. - Discuter dans le cadre du modèle logistique des stratégies démographiques r et K .

- Analyser les effets des relations interspécifiques sur les effectifs des populations dans le cas de la prédation et les modéliser (modèle de Lotka-Volterra).

SV-J-I Les populations et leur démographie

I. La population, un ensemble d'individus caractérisé par des paramètres quantifiables

- A. Définition de population
- B. Des populations connectées entre elles: métapopulations
- C. Les éléments structuraux d'une population

II. Etude des variations d'effectifs des populations: dynamique des populations

- A. Méthodes d'estimation des effectifs
- B. Une croissance de population exponentielle non densité dépendante
- C. Une croissance logistique densité dépendante
- D. Des facteurs externes influencent la croissance de la population

SV-J-I Les populations et leur démographie

I. La population, un ensemble d'individus caractérisé par des paramètres quantifiables

- A. Définition de population
- B. Des populations connectées entre elles: métapopulations
- C. Les éléments structuraux d'une population

II. Etude des variations d'effectifs des populations: dynamique des populations

- A. Méthodes d'estimation des effectifs
- B. Une croissance de population exponentielle non densité dépendante
- C. Une croissance logistique densité dépendante
- D. Des facteurs externes influencent la croissance de la population

INTRODUCTION

- Place des populations dans les écosystèmes.



1^{er} niveau: un individu



2^e niveau: une population



3^e niveau: une communauté



4^e niveau: un écosystème



5^e niveau: un biome

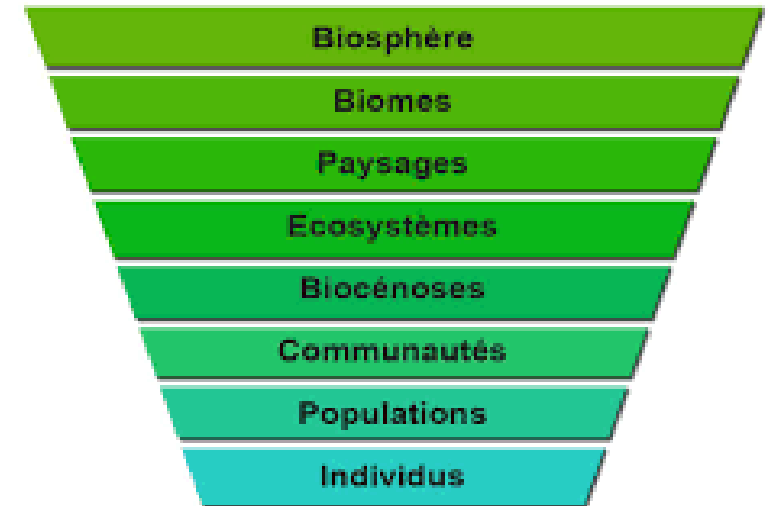


6^e niveau: la biosphère

Ecologie : (n.f.) science qui étudie les relations des organismes vivants entre eux et avec leur milieu de vie.

Ecosystème : (n.m.) ensemble circonscrit par l'observateur et formé par un biotope et une biocénose.

Biosphère : (n.f.) ensemble des êtres vivants à l'échelle de la Terre.

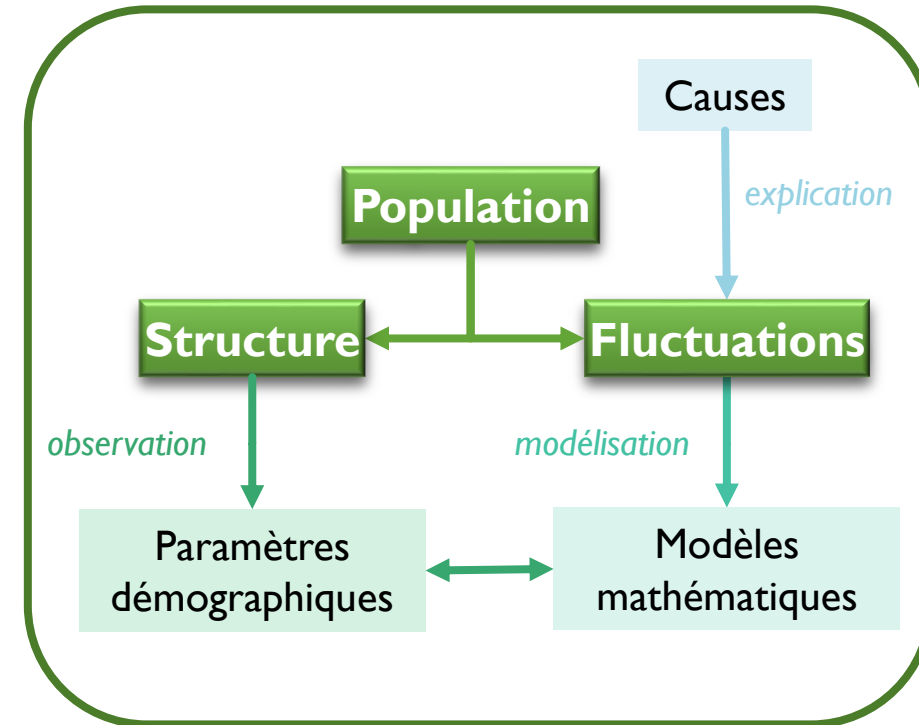


INTRODUCTION

- **Dynamique des populations** = branche de l'écologie qui s'intéresse à la **fluctuation, dans le temps**, du nombre d'individus d'une population.
 - Elle décrit la **structure** des populations grâce à des **paramètres démographiques**
 - Elle décrit les **fluctuations** au sein des populations et crée des **modèles mathématiques**
 - Elle cherche les **causes** des fluctuations

- La dynamique des populations débouche sur des **applications** telles que :
 - la gestion de la pêche et de la chasse
 - la gestion des zones protégées
 - le contrôle des populations d'animaux « nuisibles »...

Dynamique des populations



Applications

Gestion de la pêche/chasse, des zones protégées, des parcs animaliers, des intrants dans un agrosystème, des plans d'urbanisme...

I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

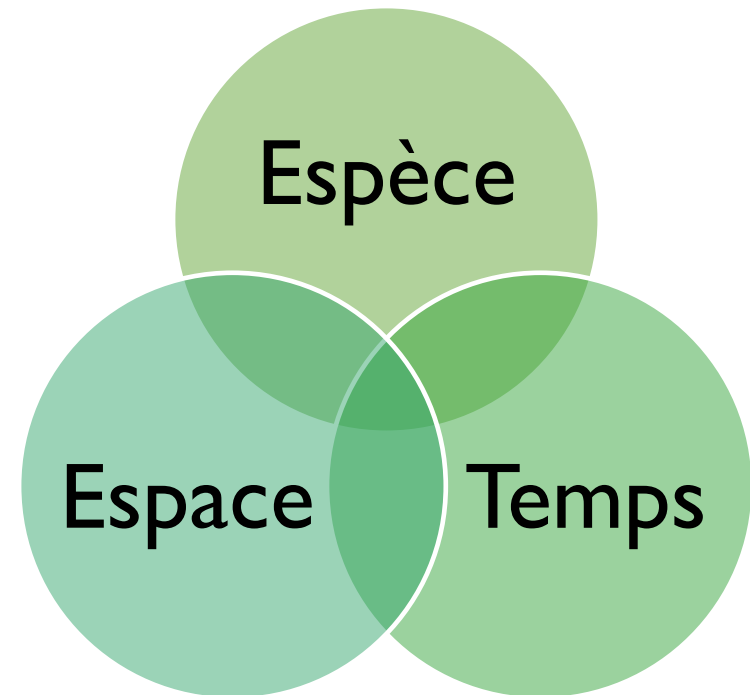
A. DÉFINITION DE POPULATION



Population : (n.f.) ensemble d'individus d'une **même espèce** vivant sur un **territoire** donné à une **même époque** et pouvant se **reproduire entre eux**.

→ Une population est une unité **spatio-temporelle** et **biologique**.

- La **taille** des populations est variable
- Les **caractères** (morphologiques, anatomiques, biochimiques, moléculaires) de différentes populations peuvent diverger
 - **Polymorphisme**
- L'**effectif** et la **structure** de la population peuvent varier au cours du temps
 - **Dynamique des populations**



I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

A. DÉFINITION DE POPULATION



I. Une définition simple...

Individu: (n.m.) ensemble autonome de cellules qui croît, entretient des relations avec son environnement, se reproduit seul ou avec un semblable, échange de la matière et de l'énergie avec son environnement (donc thermodynamiquement ouvert 😊), maintient un fonctionnement et une organisation stables à courte échelle de temps, et meurt.

2. ... limites de la définition

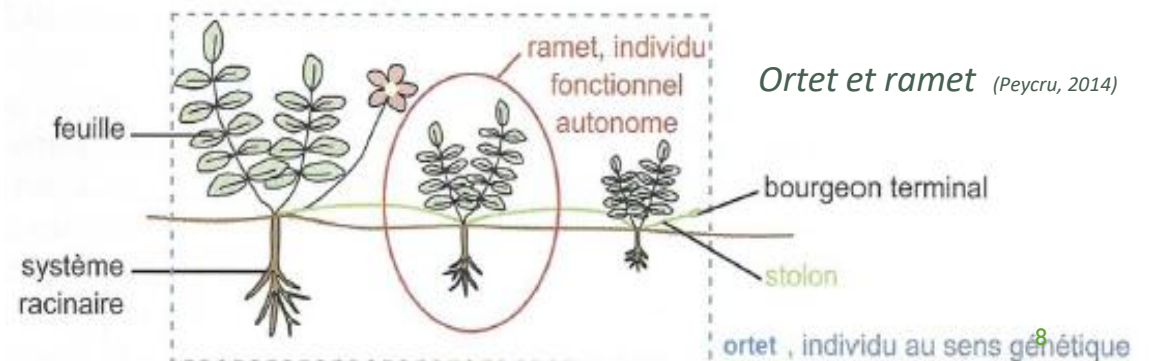
2.1. Limite dans la notion d'individu

- Certains cas limites remettent en question la définition d'individu et donc la définition de population.

*Drageonnage chez le tremble
(« mégaclone » Pando en Utah)*



- ✓ Ex : les colonies de coraux formées par reproduction asexuée
- ✓ Ex : les plantes réalisant la multiplication végétative (reproduction asexuée) : drageonnage et marcottage



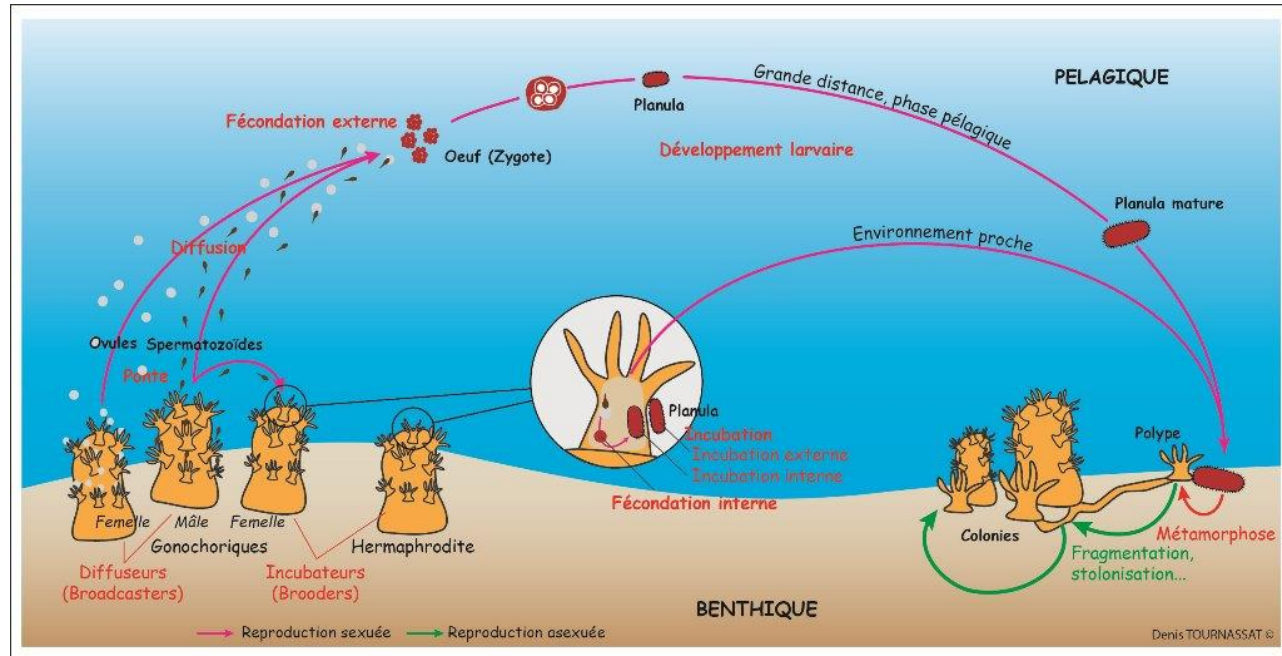
I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

A. DÉFINITION DE POPULATION

2. ... limites de la définition

2.1. Limite dans la notion d'individu

- Certains cas limites remettent en question la définition d'individu et donc la définition de population.
 - ✓ Ex : les colonies de coraux formées par reproduction asexuée



Organisation d'une colonie de coraux

<https://www.cap-recifal.com/articles.html/vivant/octocoralliaires-partie-2-nutrition-reproduction-r86/>

<https://www.oceanopolis.com/nos-animaux/les-coraux-batisseurs-de-recifs/>

I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

Cf BCPST2

A. DÉFINITION DE POPULATION

2. ... limites de la définition

2.2. Limite dans la définition d'espèce



- La notion d'espèce peut être définie de nombreuses façons.
- Dans certains cas limite, la distinction entre population et espèce devient floue.



Le sanglochon, hybride fertile entre un sanglier et une truie domestique



La crocotte (chien-loup), hybride fertile entre une chienne et un loup



Zerynthia cassandra



Zerynthia polyxena

Deux espèces jumelles de papillons

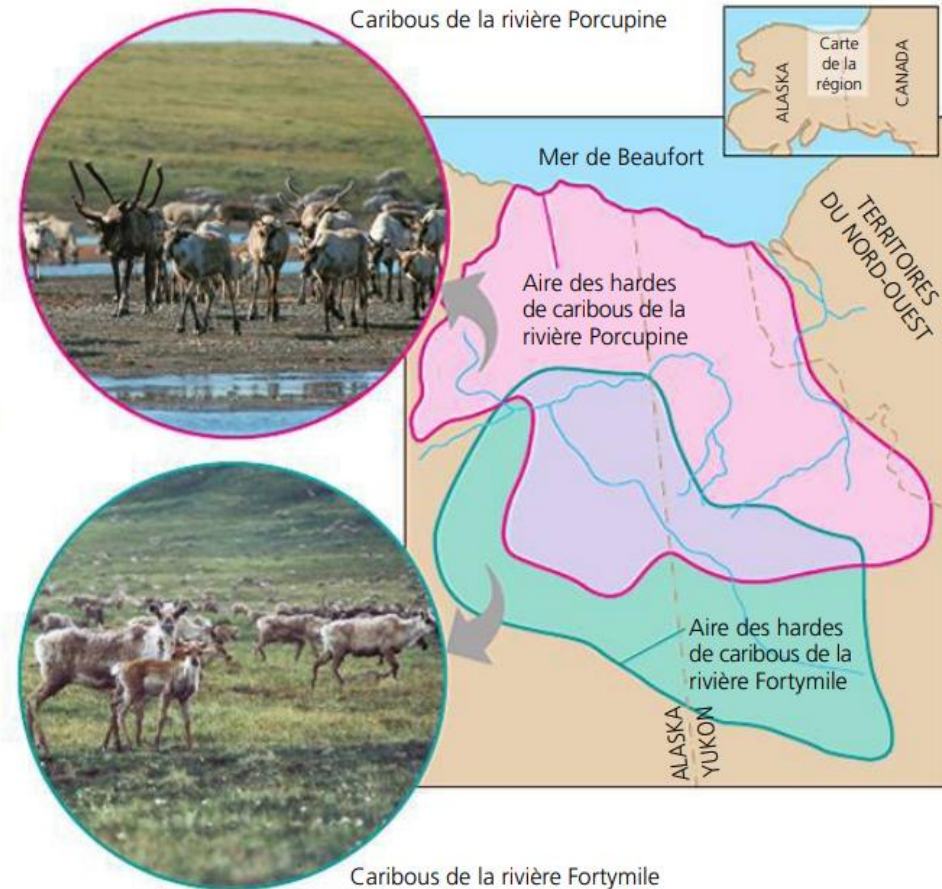
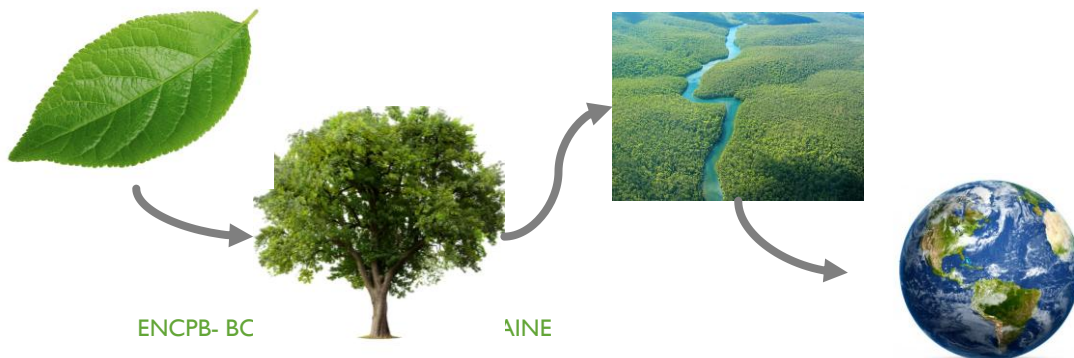
I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

A. DÉFINITION DE POPULATION

2. ... limites de la définition

2.3. Limite à l'échelle spatiale

- Notion de population définie pour un territoire donné.
- Les contours de la population dépendent donc de l'échelle spatiale à laquelle on se place.
 - ✓ Ex : population de bactérie sur une feuille, un arbre, une forêt... de la planète
- La population n'a **pas de réalité propre** ; elle est **définie par un observateur**.



Une espèce de caribous, deux populations, un territoire en partie commun

I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

A. DÉFINITION DE POPULATION

2. ... limites de la définition

- Difficultés à délimiter une échelle spatiale

✓ Ex : *Mus musculus*

Les souris de la plaine du Pô

Dans la plaine du Pô (Italie), dans un rayon de 30 à 100 km autour de la ville de Milan, existent des populations chromosomiques de la Souris domestique caractérisées par une réduction du nombre des chromosomes par **fusion robertsonienne**. Il s'agit de populations liées à l'homme, peuplant des fermes de grosses exploitations agricoles et donc relativement isolées les unes des autres. On peut remarquer que ces populations à nombre réduit de chromosomes **s'excluent géographiquement** les unes les autres et ne cohabitent pas avec les populations « standards » à 40 chromosomes.

Elles peuvent s'hybrider entre elles, mais si les croisements entre les populations robertsoniennes et les populations à 40 chromosomes donnent des hybrides fertiles, les hybrides obtenus par croisement entre elles des populations à chromosomes fusionnés sont en **général stériles par suite de difficultés d'appariement des chromosomes homologues** lors de la métaphase de la division réductionnelle de la méiose.

NB: exemple de **spéciation sympatrique par isolement prézygotique**

Cf BCPST2.
C'est pour bientôt!

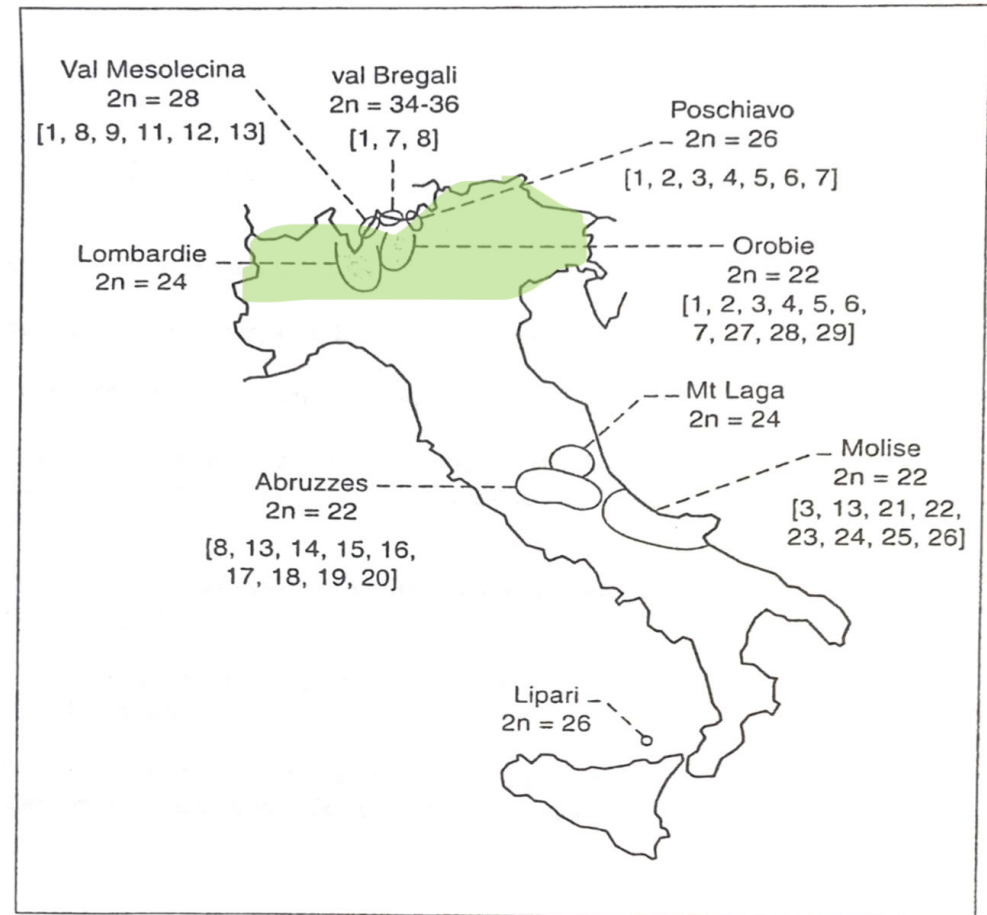
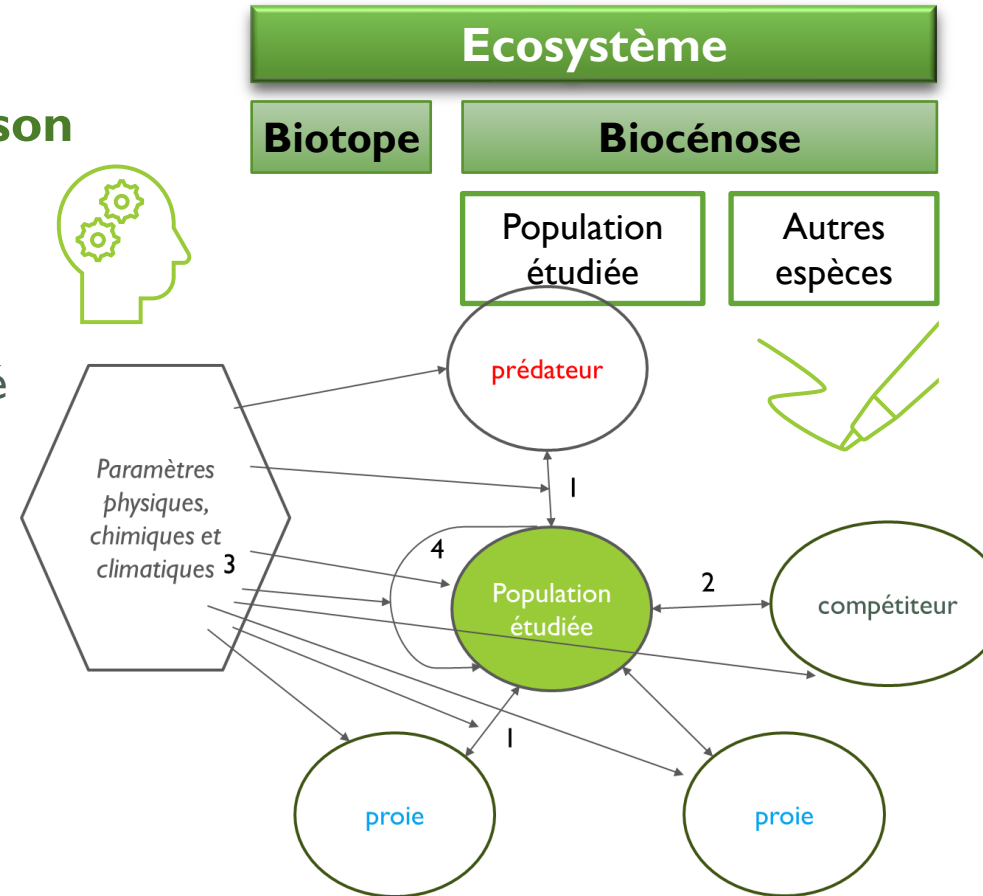


Figure 3.14 : En Italie se sont formés un certain nombre d'ensembles de populations de souris qui présentent des fusions chromosomiques. Les acrocentriques fusionnés sont figurés entre crochets. Les zones non pointillées sont probablement occupées par des populations de souris à $2n = 40$, mais l'échantillonnage n'a été réalisé qu'en quelques points. (D'après White, 1978, *Syst. Zool.* 21, 285.)

A. DÉFINITION DE POPULATION

3. Un ensemble non clos, qui échange avec son environnement

- Une population n'est pas isolée ; elle **interagit** avec son **environnement**.
- Cet environnement forme un **écosystème**, composé de :
 - un **biotope** : (n.m.) milieu de vie abiotique présentant des conditions physico-chimiques assez uniformes
 - une **biocénose** : (n.f.) ensemble des êtres vivants occupant un espace donné.
- La population interagit avec des éléments abiotiques :
 - Facteurs climatiques (ex : vent, pluie, température)
 - Facteurs physico-chimiques (ex : ombre/lumière)
 - Facteurs édaphiques (liés au sol)
- La population interagit avec les autres espèces
→ **relations interspécifiques**



Représentation schématique d'un système écologique
Les populations naturelles ne sont jamais isolées: elles peuvent présenter entre elles des interactions diverses – prédation (1), de compétition (2), de coopération (longtemps négligées et non figurées) – et sont soumises aux paramètres physico-chimiques du milieu (3). Les individus à l'intérieur d'une population peuvent être en relation de compétition ou coopérer (4). Les populations elles-mêmes transforment l'environnement abiotique (non figuré).

SV-J-I Les populations et leur démographie

I. La population, un ensemble d'individus caractérisé par des paramètres quantifiables

- A. Définition de population
- B. Des populations connectées entre elles: métapopulations
- C. Les éléments structuraux d'une population

II. Etude des variations d'effectifs des populations: dynamique des populations

- A. Méthodes d'estimation des effectifs
- B. Une croissance de population exponentielle non densité dépendante
- C. Une croissance logistique densité dépendante
- D. Des facteurs externes influencent la croissance de la population

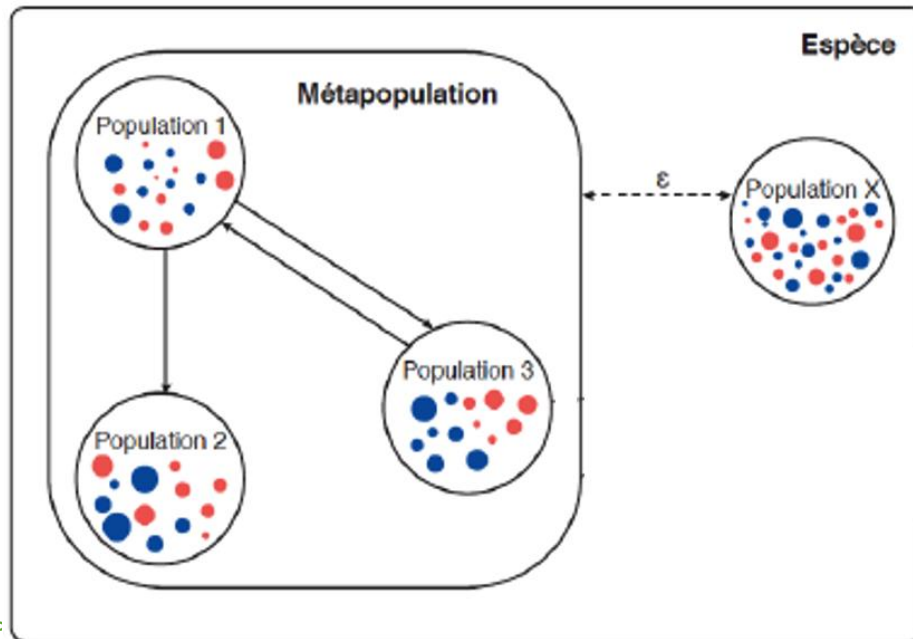
I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

B. DES POPULATIONS CONNECTÉES ENTRE ELLES: MÉTAPOPULATIONS



I. Des populations connectées par des reproductions entre individus

- Les **échanges** entre populations correspondent à des **migrations**, source de **diversité génétique**.
- Les **métapopulations** s'étudient généralement à l'échelle des **paysages**.
- Une **population** est un **fragment de métapopulation**.
- Une espèce peut être vue comme une métapopulation.



Métapopulation : (n.f.) ensemble de populations séparées spatialement mais **susceptibles d'échanger** des individus entre elles. Les populations d'une métapopulation sont **ouvertes à la migration** (donc restant liées par des échanges d'allèles).

LÉGENDE

—————> Flux d'individus donc de gènes

← - - ε - - > Flux génétiques faibles ou inexistants

I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

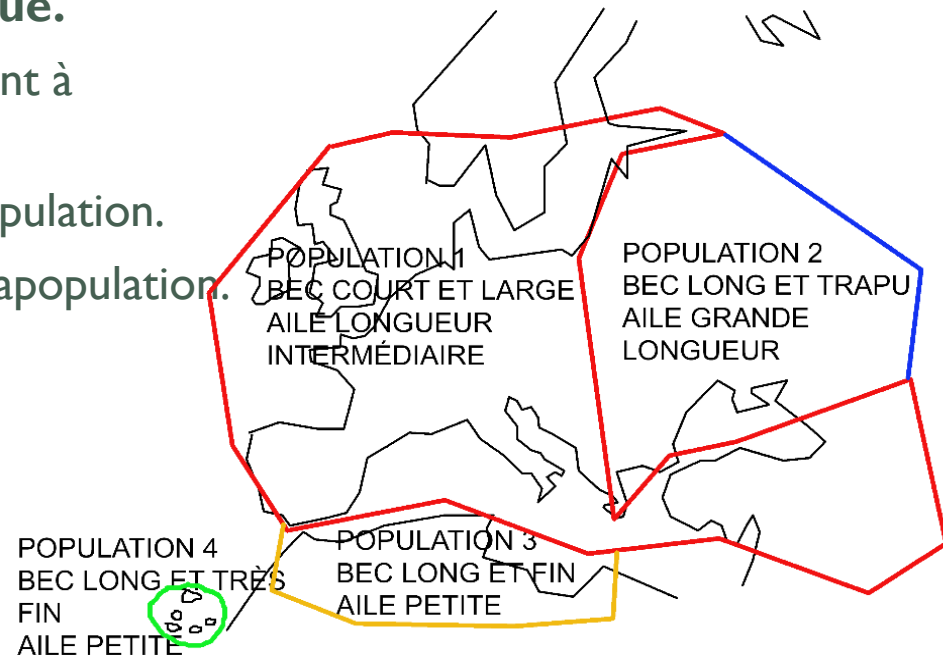
B. DES POPULATIONS CONNECTÉES ENTRE ELLES: MÉTAPOPULATIONS

I. Des populations connectées par des reproductions entre individus

- Les **échanges** entre populations correspondent à des **migrations**, source de **diversité génétique**.
- Les métapopulations s'étudient généralement à l'échelle des paysages
- Une population est un fragment de métapopulation.
- Une espèce peut être vue comme une métapopulation.



Mésange bleue Parus caeruleus



Répartition de mésanges bleues en populations de traits morphologiques distincts

Métapopulation des mésanges de l'Europe de l'Ouest

I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

B. DES POPULATIONS CONNECTÉES ENTRE ELLES: MÉTAPOPULATIONS

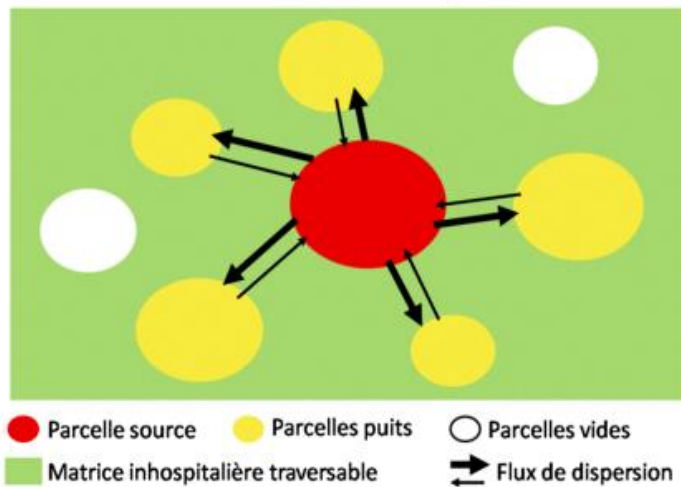


2. Population source et population puits

- Il existe 2 modèles expliquant la formation de différentes populations :

Modèle source-puits

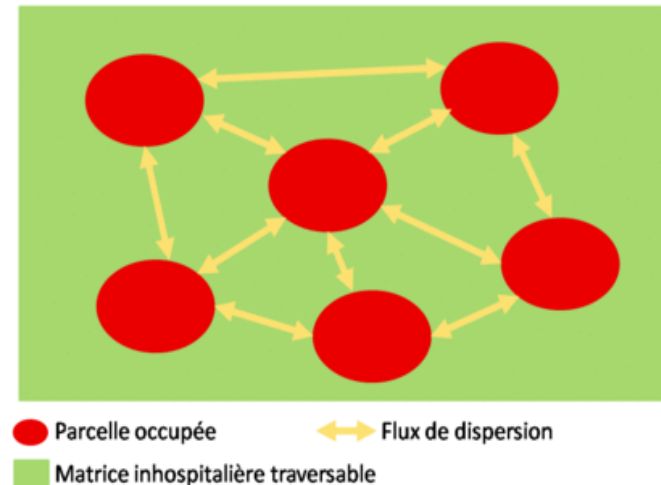
Un groupe source produit une majorité d'individus, se dispersant dans des parcelles puits.



Ex : loups, gorilles

Modèle île-continent

Plusieurs parcelles sont occupées de façon équivalente et le flux de dispersion se fait de manière bilatérale



Ex : pinsons des Galapagos, moustique

I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

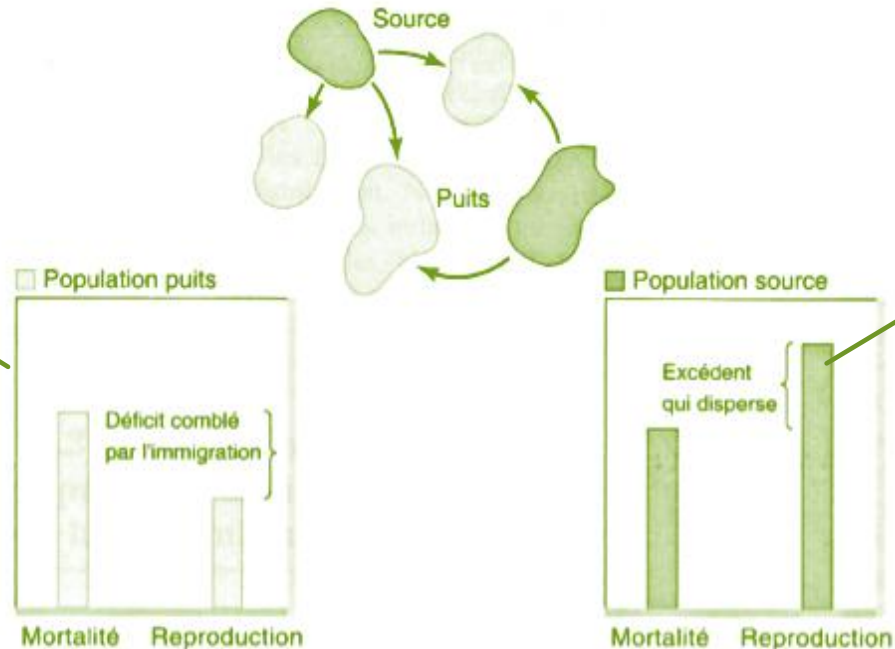
B. DES POPULATIONS CONNECTÉES ENTRE ELLES: MÉTAPOPULATIONS

2. Population source et population puits



Modèle source-puits

$B-D < 0$
⇒ Population puits



$B-D > 0$
⇒ Population source

Identification par des paramètres démographiques de population sources vs puits

I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

B. DES POPULATIONS CONNECTÉES ENTRE ELLES:

MÉTAPOPULATIONS

2. Population source et population puits

Modèle source-puits



Chêne blanc décidu
Quercus pubescens



Chêne vert sempervirent
Quercus ilex

Comparaison des densités et de la productivité de populations de mésanges bleues (*Parus caeruleus*) en chênaies décidues et sempervirentes.

	Habitat	
	Chênaie décidue	Chênaie sempervirente
Densité d'oiseaux nicheurs (couples/ha)	90	14
Date de ponte (moyenne)	10 avril	21 avril
Taille des pontes	9,8	8,5
Survie jusqu'à l'envol	0,60	0,43
Nombre moyen de jeunes à l'envol par parent	2,9	1,8
Nombre probable de jeunes recrutés par parent	0,59	0,37
Probabilité de décès du parent	0,50	0,50
Productivité nette par parent	+0,09	-0,13
Type de population	Source	Puits

(D'après Blondel et al. 1993.)

Figure 9 : comparaison de densités et de productivité de populations de mésanges

I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

B. DES POPULATIONS CONNECTÉES ENTRE ELLES: MÉTAPOPULATIONS

3. Métapopulations et paysage

- Tempêtes, incendies
 - ⇒ zones ouvertes = habitats favorables pour plantes animaux des sous-étages
- Mise en évidence exptale en Caroline du sud avec 5 taches de forêts dont deux connectées par un corridor.
 - **Corridors verts** (forêts, haies)
 - **Corridors bleus** (rivières, fleuves)
 - **Corridors noirs** (sentiers, champs)

⇒ Dans certains paysages, dissémination facilitée par les **corridors**



© Caren-Air Papillon
Les haies du bocage et les abords d'une rivière sont des exemples de corridors naturels.

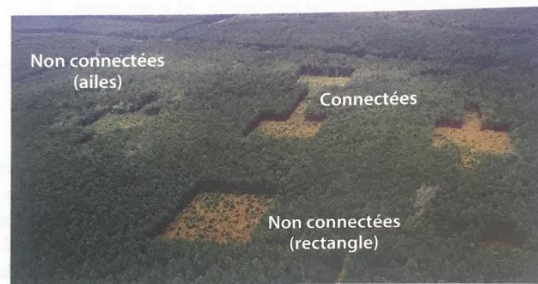


Figure 11.13 Manipulation de couloirs d'habitats. Les chercheurs ont dégagé des taches dans une forêt de Caroline du sud. À partir de groupes de cinq taches, la tache centrale est utilisée comme source d'individus disséminateurs. Les taches externes comprennent une tache connectée à la tache centrale par un corridor d'habitat ouvert alors que les trois autres taches ne sont pas connectées. L'une des taches non connectées est un rectangle et les deux autres taches présentent des corridors ouverts non connectées appelées « ailes ». Photo Ellen Damschen.

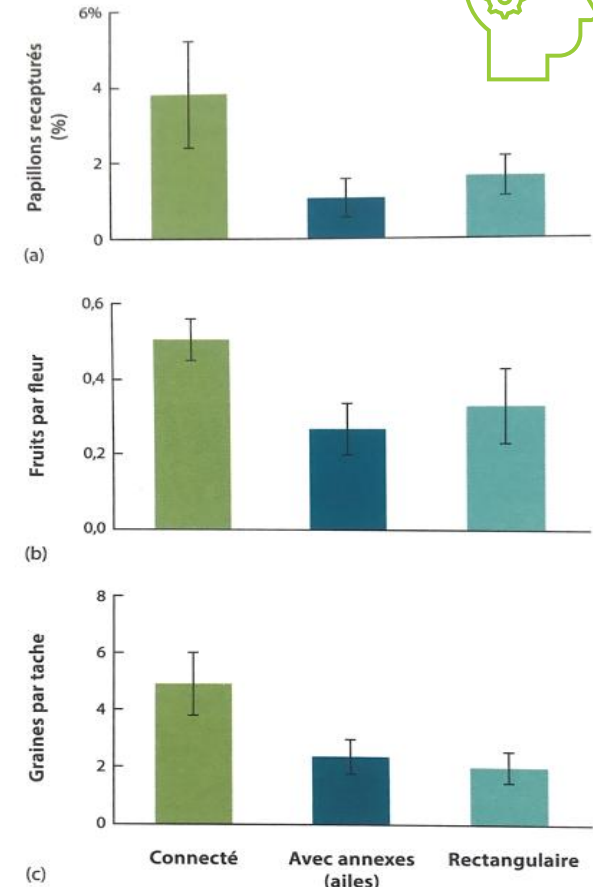


Figure 11.14 Effets de corridors modifiés sur la dissémination. En comparaison de taches non connectées de forme rectangulaire ou avec des annexes, les taches connectées par un corridor biologique connaissent (a) un nombre plus élevé de papillons recapturés, (b) une plus grande pollinisation des plantes et un nombre de fruits plus important par fleur et (c) une plus grande dissémination des graines par les oiseaux. Les barres d'erreur représentent les écarts-types. D'après J. J. Tewksbury et al., 2002. Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 99, 12923-12926.

SV-J-I Les populations et leur démographie

I. La population, un ensemble d'individus caractérisé par des paramètres quantifiables

- A. Définition de population
- B. Des populations connectées entre elles: métapopulations
- C. Les éléments structuraux d'une population

II. Etude des variations d'effectifs des populations: dynamique des populations

- A. Méthodes d'estimation des effectifs
- B. Une croissance de population exponentielle non densité dépendante
- C. Une croissance logistique densité dépendante
- D. Des facteurs externes influencent la croissance de la population

I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

C. ÉLÉMENTS STRUCTURAUX D'UNE POPULATION



I. Paramètres démographiques

I.1. Paramètres descriptifs

Paramètre démographique : tout processus qui modifie l'effectif d'une population. Donc prise en compte du solde naturel et solde migratoire.

Terme	Définition
Effectif	Nombre total d'individus d'une population donnée
Densité	Nombre d'individus ramené à une unité de surface.
Génération	Ensemble d'individus nés à une période proche les uns des autres
Cohorte	Individus ayant vécu un même évènement, dont on suit le devenir
Taux de survie	Nombre de survivants d'une cohorte en fonction de l'âge/effectif total
Sex-ratio	Rapport entre le nombre de mâles et le nombre de femelles (en général ~ 1)

I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

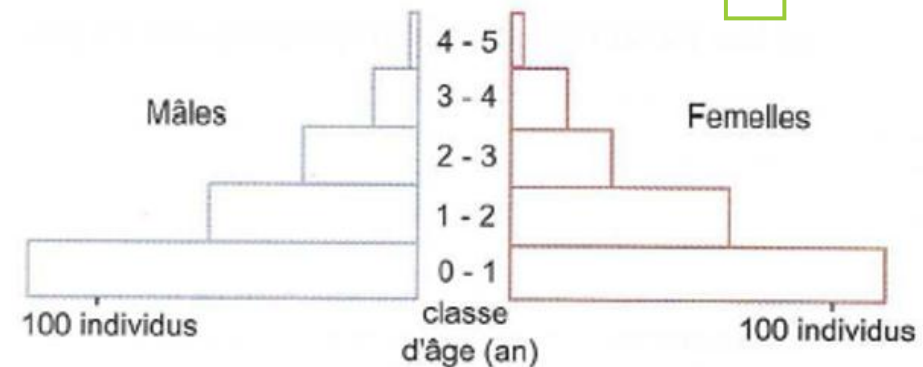
C. ÉLÉMENTS STRUCTURAUX D'UNE POPULATION



I. Paramètres démographiques

I.1. Paramètres descriptifs

- La **pyramide des âges** d'une population est un graphique montrant la répartition des effectifs par classe d'âge.



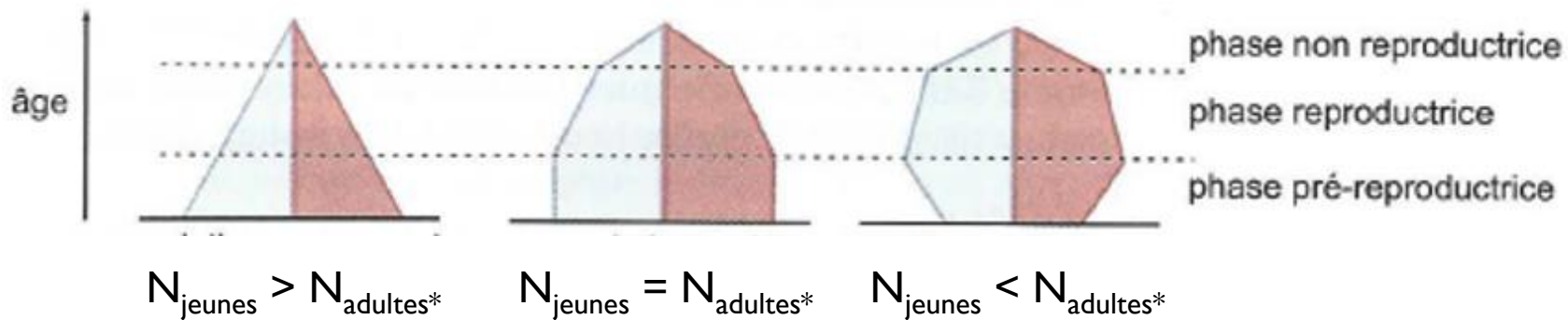
- Elle donne la **structure d'âge** de la population

- L'**allure** de la pyramide des âges permet d'identifier la **dynamique** de la population :

Pop en expansion

Pop stable

Pop déclinante



* Adultes en âge de procréer

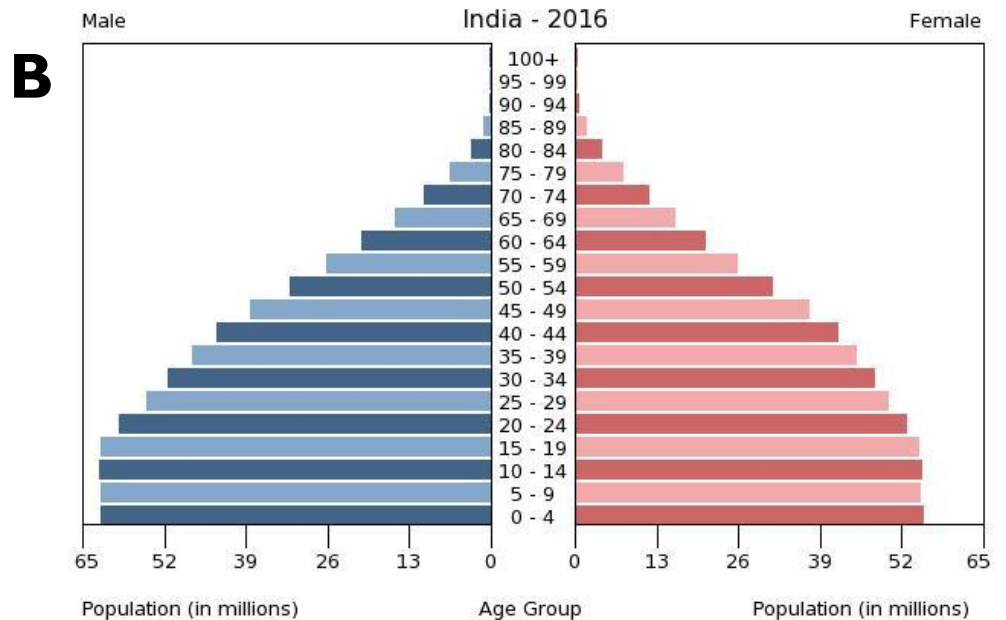
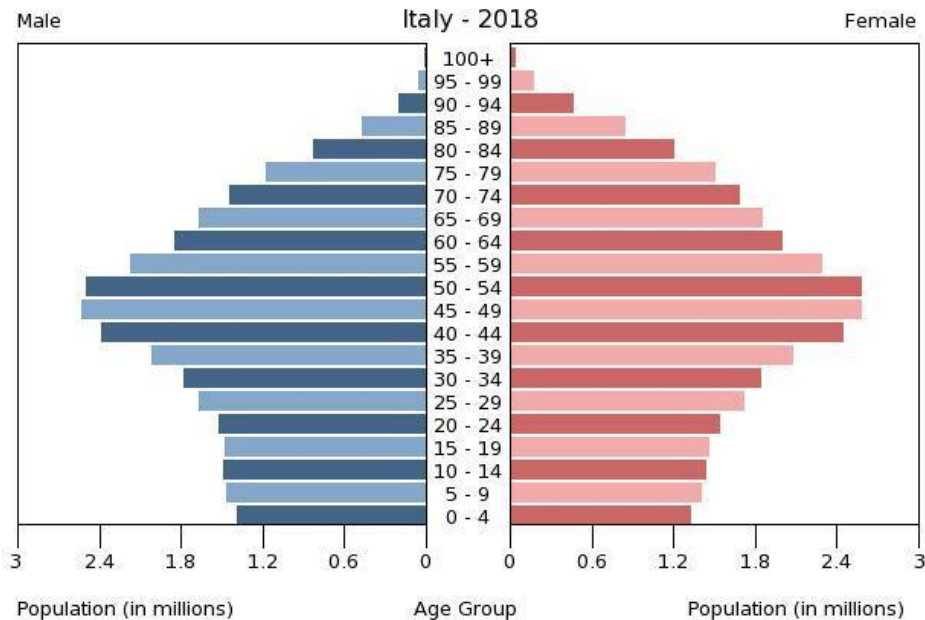
I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

C. ÉLÉMENTS STRUCTURAUX D'UNE POPULATION

I. Paramètres démographiques

I.1. Paramètres descriptifs

Analyser ces pyramides des âges en termes de dynamique des pop



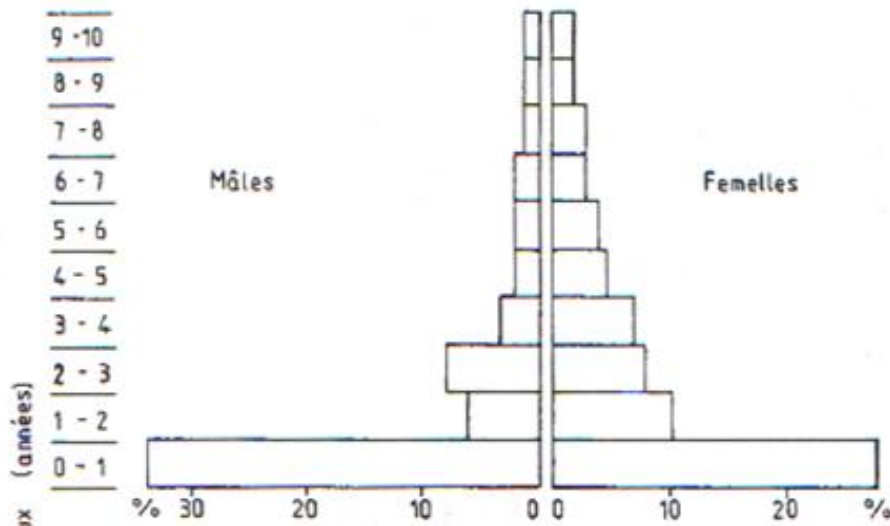
I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

C. ÉLÉMENTS STRUCTURAUX D'UNE POPULATION

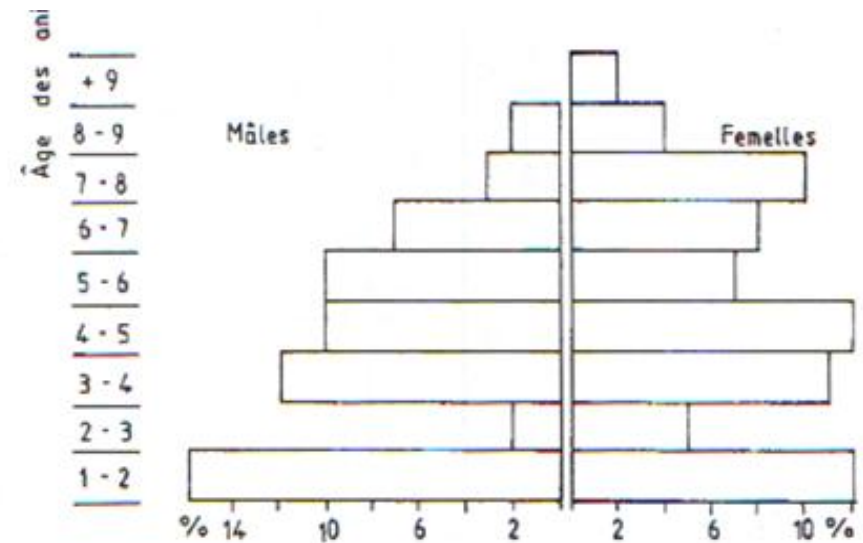
I. Paramètres démographiques

I.1. Paramètres descriptifs

Analyser ces pyramides des âges en termes de dynamique des pop



Population de Cervidés *Odocoileus hemonius* de Californie.



Population de mouflons de la réserve de Bavella (Corse).

La rareté des animaux de 2-3 ans est due à un incendie de forêt qui entraîna la mort de nombreux animaux.

I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

C. ÉLÉMENTS STRUCTURAUX D'UNE POPULATION

I. Paramètres démographiques

I.1. Paramètres descriptifs



Mésange charbonnière *Parus major*

Construire la pyramide des âges pour cette population de mésanges

Âge (an)	Effectif	Mâles	Femelles	Œufs pondus	Nombre d'œufs par femelle
0 - 1	241	124	117	0	0
1 - 2	128	63	65	455	7
2 - 3	67	36	31	279	9
3 - 4	30	13	17	102	6
4 - 5	5	2	3	9	3
Total	471	238	233	845	-

Figure 12 : Structure d'âge d'une population de Mésanges charbonnières

I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

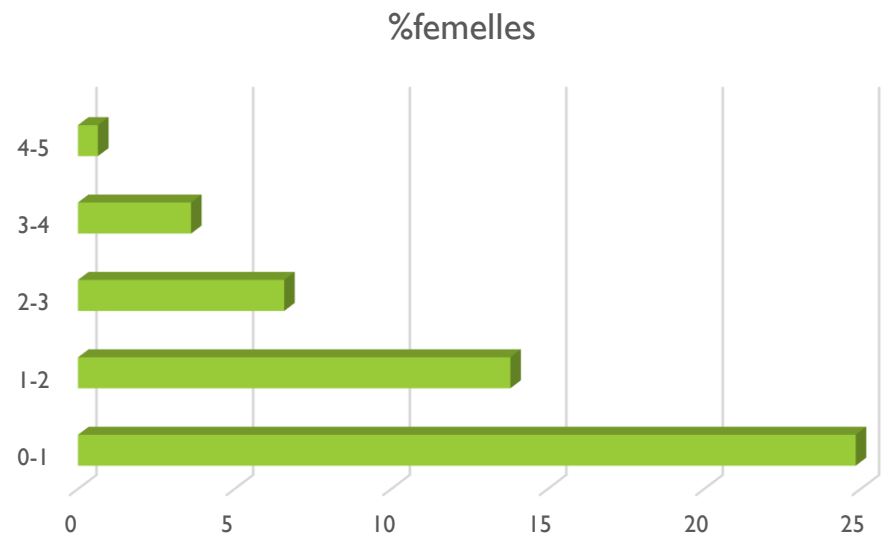
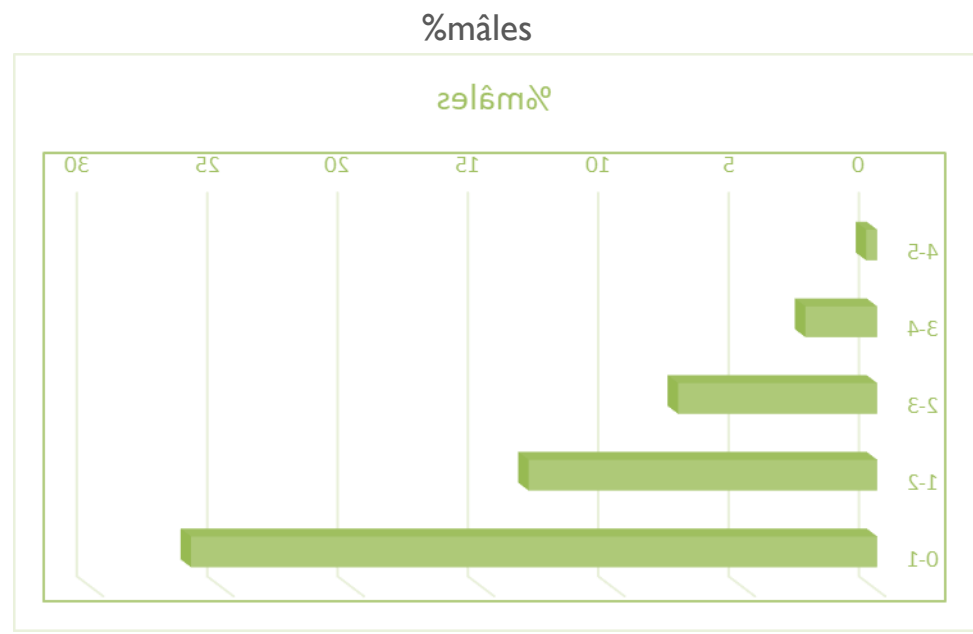
C. ÉLÉMENTS STRUCTURAUX D'UNE POPULATION

I. Paramètres démographiques

I.1. Paramètres descriptifs

Âge (an)	Effectif	Mâles	Femelles	Œufs pondus	Nombre d'œufs par femelle
0-1	241	124	117	0	0
1-2	128	63	65	455	7
2-3	67	36	31	279	9
3-4	30	13	17	102	6
4-5	5	2	3	9	3
Total	471	238	233	845	-

Figure 12 : Structure d'âge d'une population de Mésanges charbonnières

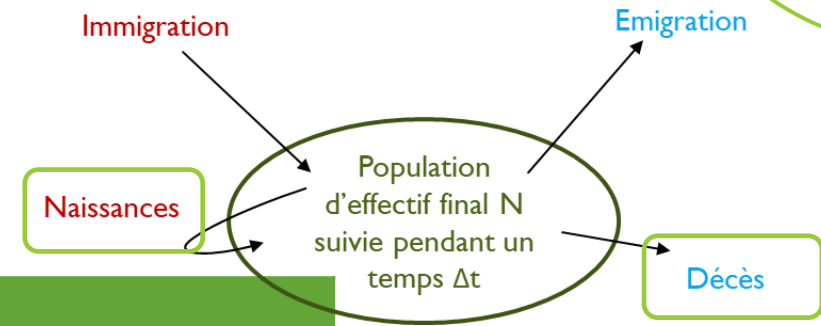


I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES

C. ÉLÉMENTS STRUCTURAUX D'UNE POPULATION

I. Paramètres démographiques

I. 2. les paramètres du solde naturel



Terme	lettre	Définition
Natalité	B	nombre de naissances ou de nouveaux descendants par unité de temps
Taux de natalité	b	nb de naissances / an (ou autre période temporelle) / per capita
Mortalité	D	nombre de décès par unité de temps
Taux de mortalité	d	nb de décès/an/per capita

natalité = f(**fécondité**, **viabilité** à la **naissance**, **viabilité** des descendants, sex-ratio, âge de la maturité sexuelle, structure d'âge de la population, disponibilité des **ressources**)

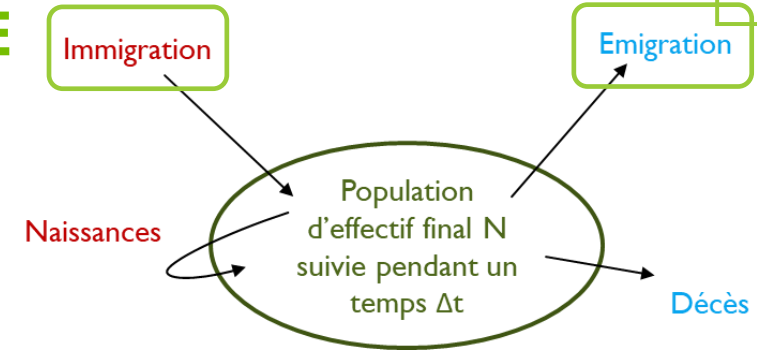
mortalité = f(disponibilité des **ressources**, **prédation** , **parasitisme**)



C. ÉLÉMENTS STRUCTURAUX D'UNE POPULATION

I. Paramètres démographiques

I. 2. les paramètres du solde migratoire



Terme	lettre	Définition
Immigration	I	nombre de nouveaux individus entrant dans la population à partir d'une autre population de la même espèce par unité de temps
Taux d'immigration	i	nb de nouveaux individus/ an/ per capita
Emigration	E	nombre d'individus sortant de la population pour aller vers une autre population de la même espèce par unité de temps
Taux d'émigration	e	nb d'individus sortant/an/ per capita
Prélèvement anthropique	H	nombre d'individus prélevés par l'homme (chasse, pêche).
Taux de prélèvement anthropique	h	nb d'individus prélevés par l'Homme/an/ per capita

Déplacement actif (animaux) vs passif (végétaux, larves aquatiques)

Suit souvent période de reproduction

Le solde migratoire est la différence entre le nombre d'immigrants au cours d'une période et celui des émigrants. Un solde positif favorise l'augmentation des effectifs.
 Rq : le terme de migration devrait être utilisé exclusivement pour les mouvements saisonniers entre une zone de reproduction et une zone de développement (exemple les anguilles)

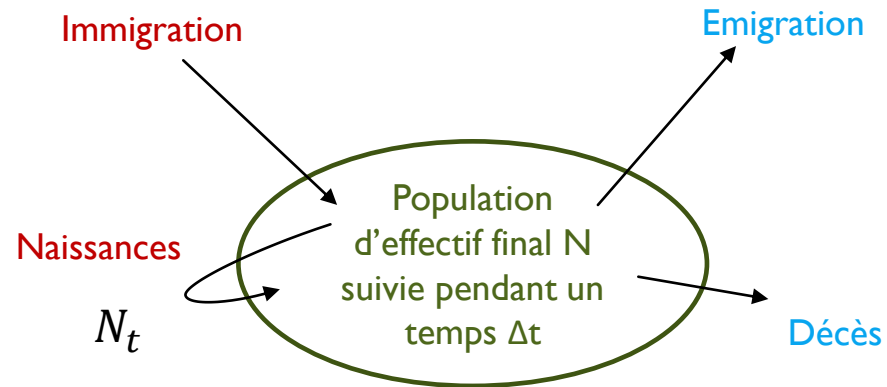
I. LA POPULATION, UN ENSEMBLE D'INDIVIDUS CARACTÉRISÉ PAR DES PARAMÈTRES QUANTIFIABLES



C. ÉLÉMENTS STRUCTURAUX D'UNE POPULATION

I. Paramètres démographiques

I.3. le taux d'accroissement



$$r = b - d + i - e - h$$

$$r = (B - D + I - E - H)/N_t$$

***r*: taux d'accroissement intrinsèque (nb/an/capita)**

b: taux de natalité (nb/an/capita)

d: taux de mortalité (nb/an/capita)

e: taux d'émigration (nb/an/capita)

i: taux d'immigration (nb/an/capita)

h: taux de prélèvement anthropique (nb/an/capita)

C. ÉLÉMENTS STRUCTURAUX D'UNE POPULATION



2. Bilan sur l'évolution de l'effectif d'une population

$$(1) \text{ Equation : } N_{t+\Delta t} = N_t + \underbrace{(B - D + I - E - H)}_{\text{Solde naturel}} \cdot \Delta t$$

Solde naturel solde migratoire

N : effectif de la population à l'instant t et $t + \Delta t$

B : natalité

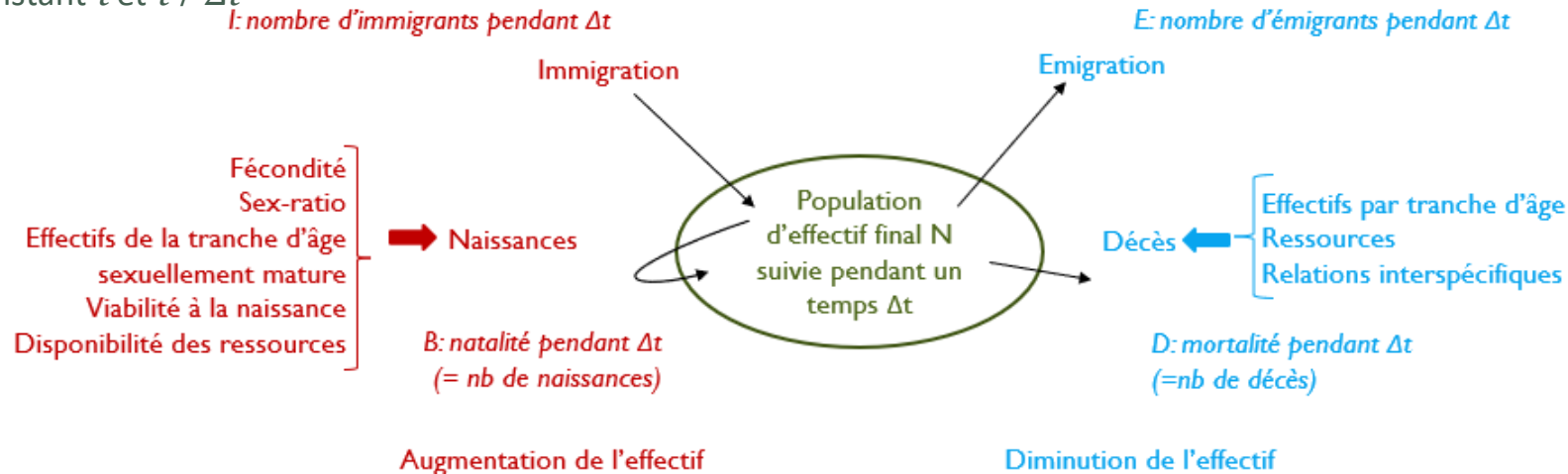
D : mortalité

I : immigration

E : émigration

H : prélèvement anthropique

Δt : variation de temps



$$(2) \text{ Équation : } N_{t+\Delta t} = N_t + (b - d + i - e - h) \cdot N_t \cdot \Delta t$$

$$N_{t+\Delta t} = N_t + r \cdot N_t \cdot \Delta t$$

r : taux d'accroissement intrinsèque (nb/an/capita)

$$N_{t+\Delta t} = N_t + (B + I - D - E) \cdot \Delta t$$

Figure 14 : paramètres démographiques contrôlant l'évolution de l'effectif (Peycru, 2014, modifié)

C. ÉLÉMENTS STRUCTURAUX D'UNE POPULATION



2. Bilan sur l'évolution de l'effectif d'une population

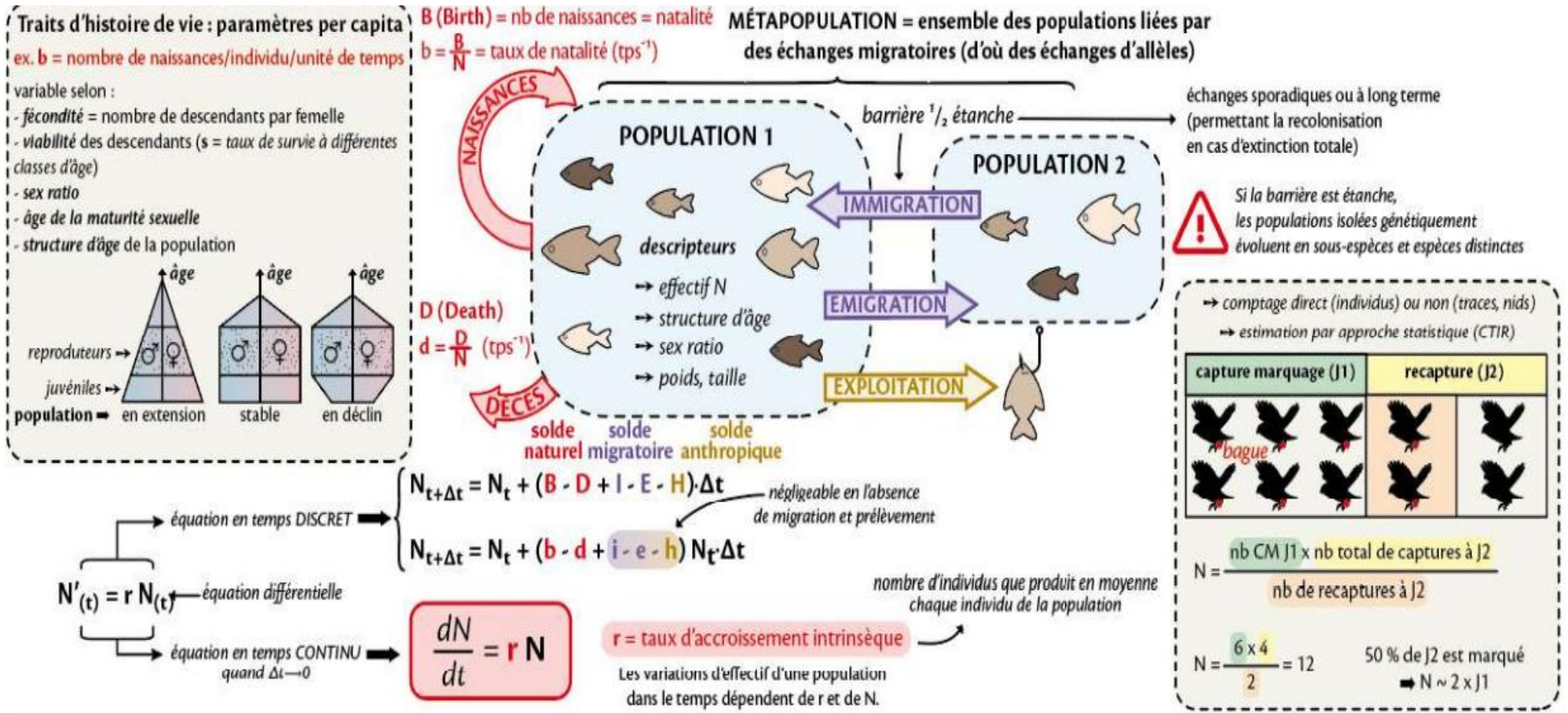


Figure 15 : Fiche DeBoeck Aurélie Denis, lycée Thiers

C. ÉLÉMENTS STRUCTURAUX D'UNE POPULATION

2. Répartition spatiale horizontale et verticale

- La **répartition** d'une population dans l'espace est liée à :
 - le **mode de vie** de l'espèce (nutrition, relation intra-/interspécifique, reproduction)
 - et/ou les **caractéristiques du milieu** (ressources en eau, relief...)
- On distingue la répartition...
 - **horizontale** : sur un territoire en 2 dimensions
 - **verticale** : selon la 3^e dimension de l'espace



C. ÉLÉMENTS STRUCTURAUX D'UNE POPULATION

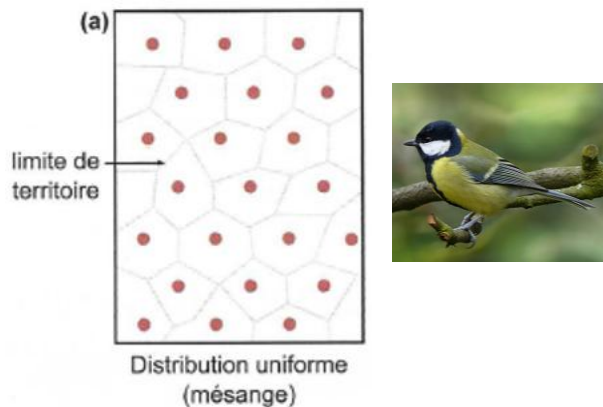
2. Répartition spatiale

2.1. Répartition horizontale

- On distingue 3 types de répartitions horizontales .

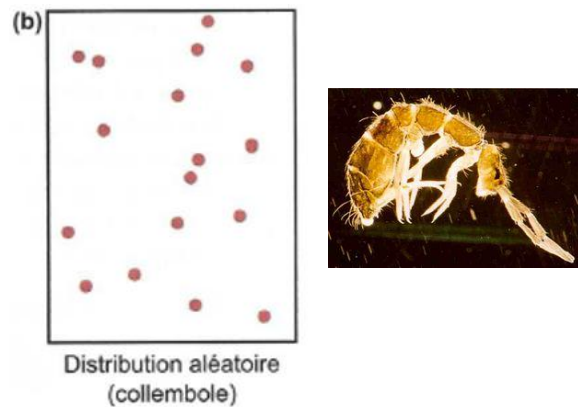
Répartition uniforme

organismes répartis de manière homogène dans l'écosystème



Répartition aléatoire

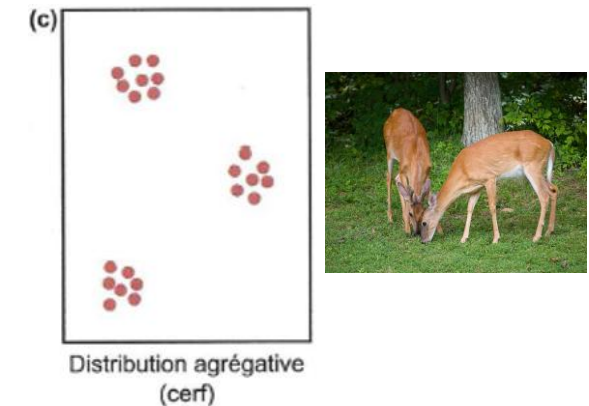
organismes répartis de façon hétérogène, sans tendance particulière.



→ Distribution aléatoire d'une ressource

Répartition agrégative

organismes répartis de façon hétérogène, en groupes



→ Distribution aléatoire d'une ressource + regroupement d'individus
→ Comportements **sociaux/grégaires**

C. ÉLÉMENTS STRUCTURAUX D'UNE POPULATION

3. Répartition verticale : strates de l'écosystème

- La structure des écosystèmes varie avec la hauteur (ou verticale).
 - **stratification** des écosystèmes
- Ces variations sont souvent en lien avec l'évolution de facteurs physico-chimiques selon la verticale. Ex : lumière, taux d'O₂
- Les populations occupent généralement une strate donnée au sein de l'écosystème, répondant à leurs besoins biologiques.

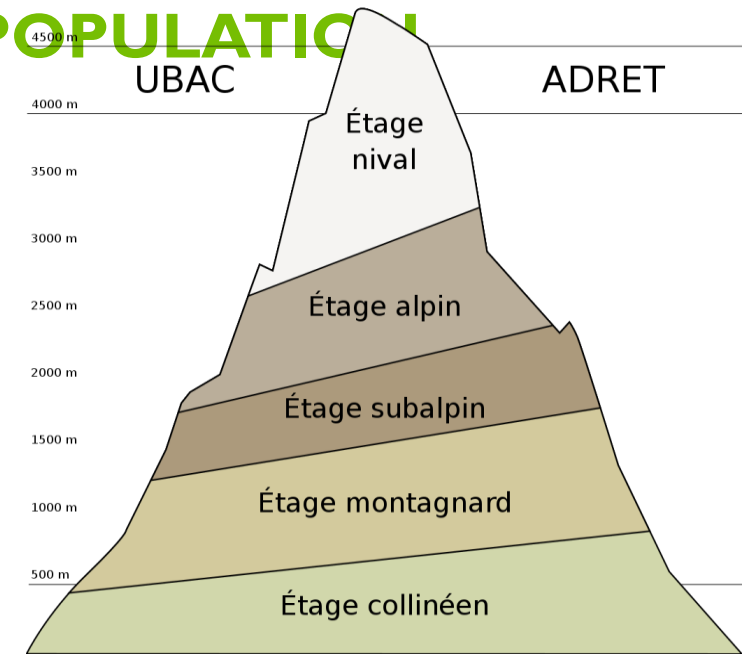
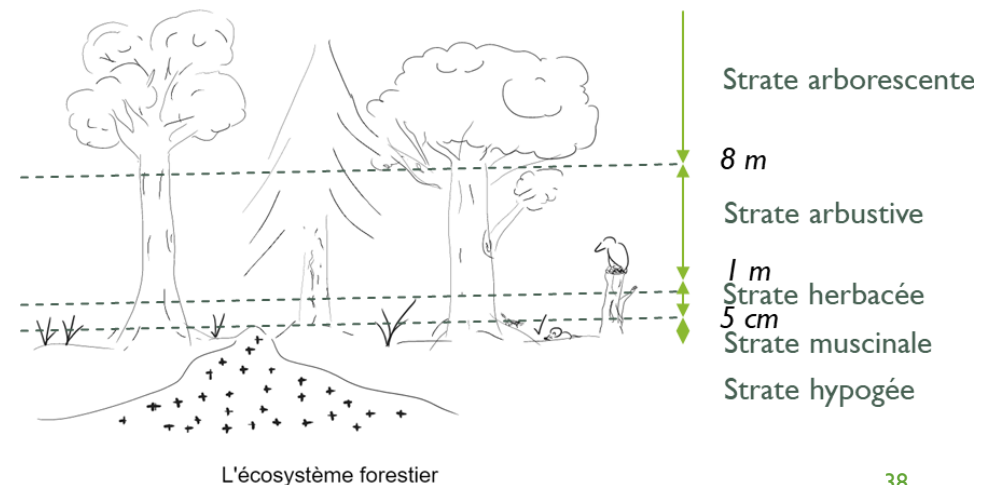


Figure 17 : représentation schématique des différents étages de végétation dans les Alpes (Wikipédia)



SV-J-I Les populations et leur démographie

I. La population, un ensemble d'individus caractérisé par des paramètres quantifiables

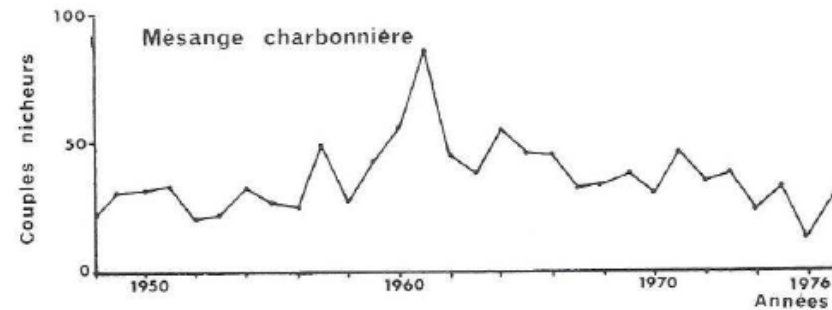
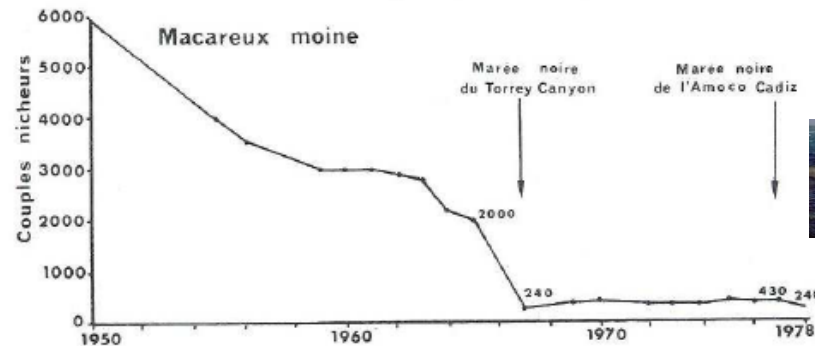
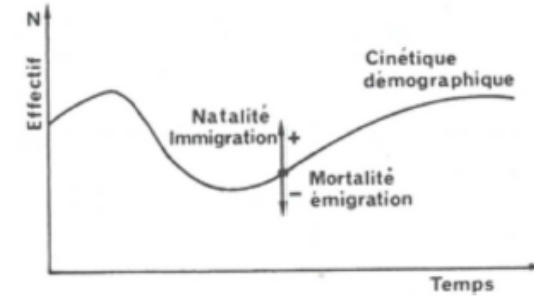
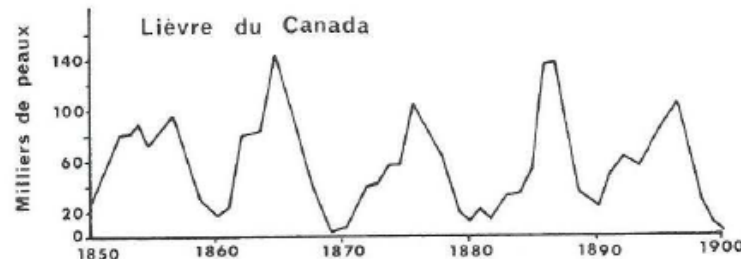
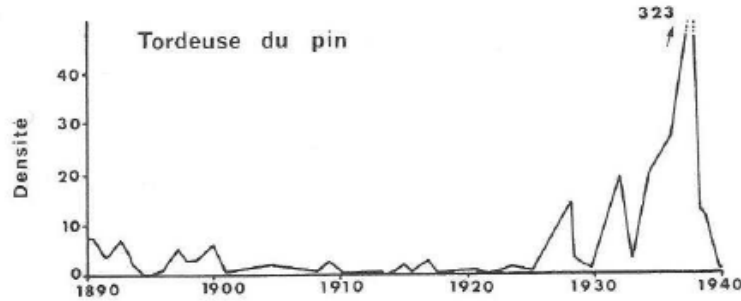
- A. Définition de population
- B. Des populations connectées entre elles: métapopulations
- C. Les éléments structuraux d'une population

II. Etude des variations d'effectifs des populations: dynamique des populations

- A. Méthodes d'estimation des effectifs
- B. Une croissance de population exponentielle non densité dépendante
- C. Une croissance logistique densité dépendante
- D. Des facteurs externes influencent la croissance de la population

II. ETUDE DE LA VARIATION D'EFFECTIFS DE POPULATIONS: LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS

CONSTAT



II. ETUDE DE LA VARIATION D'EFFECTIFS DE POPULATIONS: LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS

A. MÉTHODE D'ESTIMATION D'EFFECTIF D'UNE POPULATION

I. Estimation de l'effectif d'une population

I.1. Méthode de comptage direct

Démarche :

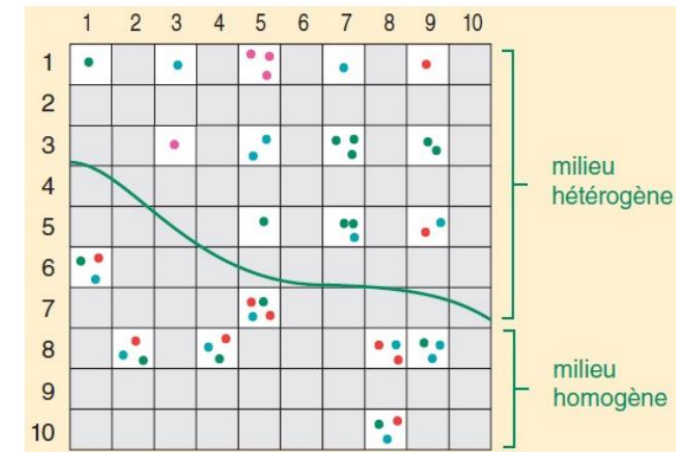
1. Délimitation d'une parcelle
2. Recensement de tous les individus d'une parcelle pendant une période donnée
3. Extrapolation à l'écosystème

Application :

- Pour des espèces de grande taille +/- mobiles (ex : plantes, coraux...)



Comptage à vue



Méthode des quadrats

A. MÉTHODE D'ESTIMATION D'EFFECTIF D'UNE POPULATION

I. Estimation de l'effectif d'une population

I.2. Méthode d'échantillonnage

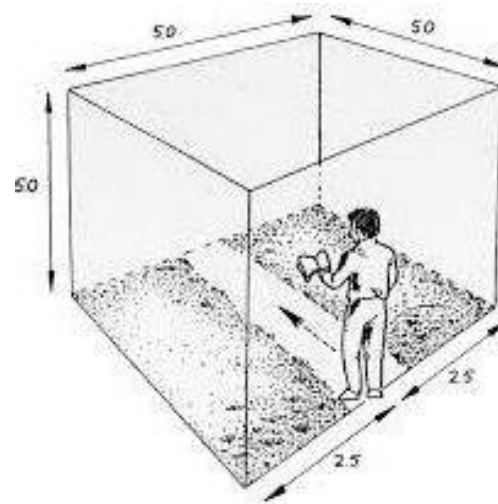
Démarche :

1. Collecte d'un échantillon
2. Comptage de tous les individus dans l'échantillon
3. Extrapolation à l'écosystème

Application :

- Pour pour des espèces petites et peu mobiles (ex : vers de terre, plantes herbacées)

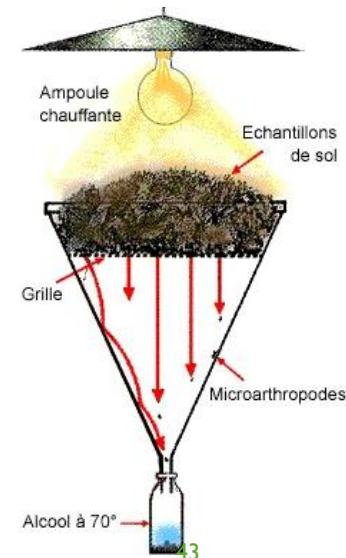
Radeau des cimes dans la canopée



Biocénomètre



Appareil de Berlèse



A. MÉTHODE D'ESTIMATION D'EFFECTIF D'UNE POPULATION

I. Estimation de l'effectif d'une population

I.2. Méthode de capture-recapture = marquage-recapture

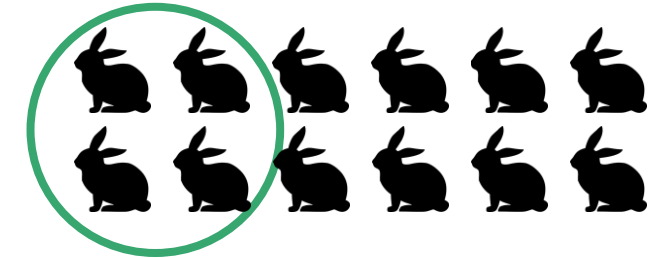
Démarche :

1. Capture d'individus dans un cadre spatio-temporel donné
2. Marquage (bagues, puces....)
3. Libération des individus marqués
4. Recapture aléatoire régulière
5. Comptage du nb d'individus marqués recapturés
6. Extrapolation



Application :

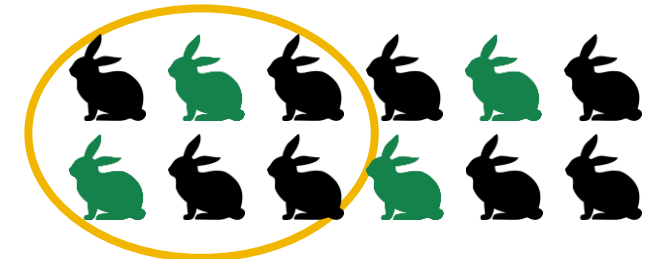
- Pour des espèces assez grandes et mobiles



Capture



Libération



Recapture



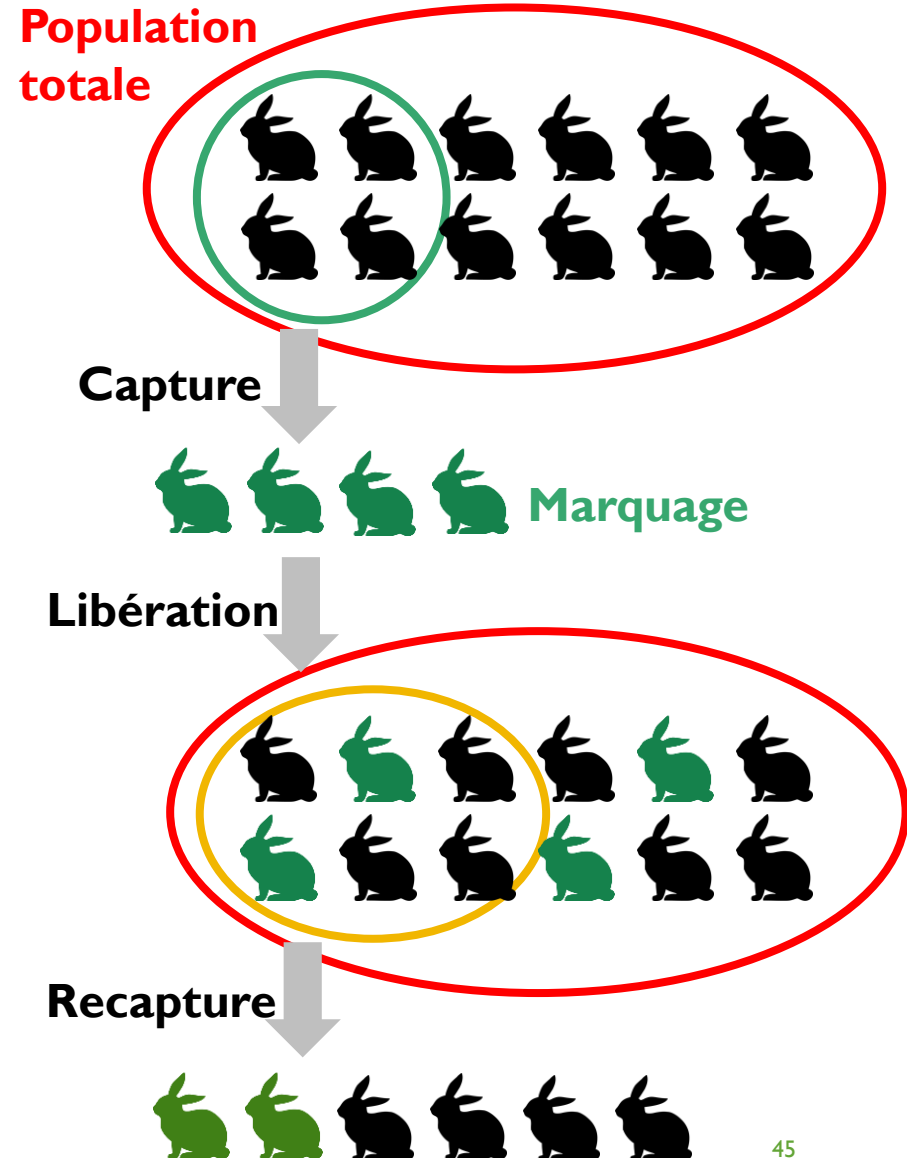
A. MÉTHODE D'ESTIMATION D'EFFECTIF D'UNE POPULATION

I. Estimation de l'effectif d'une population

I.2. Méthode de capture-recapture

- On pose...
 - N_{TOT} : nombre total d'individus de la population
 - N : nombre total d'individus recapturés
 - M_0 : nombre d'individus marqués initialement
 - M : nombre d'individus marqués recapturés
- Hypothèse** : pas eu de naissances/morts, d'immigration/émigration
- Alors, on peut **estimer l'effectif total** de la population (N_{TOT}) connaissant M_0 , N , et M

$$\frac{M}{N} = \frac{M_0}{N_{TOT}} \iff N_{TOT} = \frac{M_0}{M} \times N$$



A. MÉTHODE D'ESTIMATION D'EFFECTIF D'UNE POPULATION

I. Estimation de l'effectif d'une population

I.2. Méthode de capture-recapture

On capture 50 lièvres d'Amérique (*Lepus americanus*), on leur attache une étiquette sur l'oreille puis on les relâche.

Deux semaines plus tard, on capture 100 lièvres dont 10 ont une étiquette à l'oreille.

Quelle est la taille de la population de lièvres étudiée ?



On pose...

M_0 : nombre d'individus marqués initialement

M : nombre d'individus marqués recapturés

N : nombre total d'individus recapturés

N_{TOT} : nombre total d'individus de la population

$$\frac{M}{N} = \frac{M_0}{N_{TOT}} \longleftrightarrow N_{TOT} = \frac{M_0}{M} \times N$$

A. MÉTHODE D'ESTIMATION D'EFFECTIF D'UNE POPULATION

I. Estimation de l'effectif d'une population

Bilan : Trois principales méthodes pour estimer l'effectif d'une population dans la nature

Comptage direct

1. Délimitation d'une parcelle
2. Recensement de tous les individus d'une parcelle pendant une période donnée
3. Extrapolation à l'écosystème



→ espèces petites et peu mobiles
(ex : vers de terre)

Echantillonnage

1. Prélèvement d'échantillons
2. Comptage de tous les individus dans l'échantillon
3. Extrapolation à l'écosystème



→ espèces de grande taille +/- mobiles
(ex : arbres, coraux...)

Capture-recapture

1. Capture d'individus dans un cadre spatio-temporel donné
2. Marquage puis libération
3. Recapture aléatoire régulière et comptage du nb d'individus marqués recapturés
4. Extrapolation



→ espèces assez grandes et mobiles
(ex : oiseaux)

SV-J-I Les populations et leur démographie

I. La population, un ensemble d'individus caractérisé par des paramètres quantifiables

- A. Définition de population
- B. Des populations connectées entre elles: métapopulations
- C. Les éléments structuraux d'une population

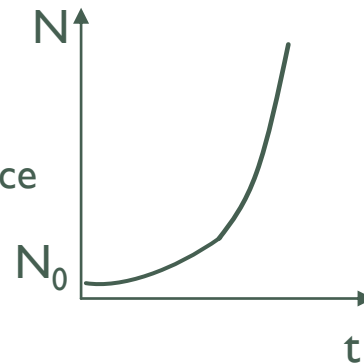
II. Etude des variations d'effectifs des populations: dynamique des populations

- A. Méthodes d'estimation des effectifs
- B. Une croissance de population exponentielle non densité dépendante
- C. Une croissance logistique densité dépendante
- D. Des facteurs externes influencent la croissance de la population

B. UNE CROISSANCE DE POPULATION POTENTIELLEMENT EXPONENTIELLE DANS UN MILIEU AUX RESSOURCES INÉPUISABLES

Introduction

- Les **sources de nourriture** constituent des ressources pour les êtres vivants :
 - **Nutriments minéraux, énergie solaire** pour les organismes autotrophes photosynthétiques
 - **Matière organique** pour les organismes hétérotrophes
 - ✓ *Rq : élargissement de notion de ressources:*
 - ❖ *ressources d'ordre spatial (sites de nidification, d'abri)*
 - ❖ *d'ordre reproductif (partenaires sexuels).*
 - Si ressources inépuisables → croissance exponentielle de la population



Malthus 1798, économiste britannique (ce modèle constituait pour lui un argument économique dans une perspective pessimiste : la croissance exponentielle de la population dépassant toujours la croissance linéaire de la production).

B. UNE CROISSANCE DE POPULATION POTENTIELLEMENT EXPONENTIELLE DANS UN MILIEU AUX RESSOURCES INÉPUISABLES

I. Modélisation de la croissance des populations non densité dépendante



(I) Equation : $N_{t+\Delta t} = N_t + (B - D + I - E)\Delta t$

Soit $\Delta N = (B - D + E - I)\Delta t$

Dans un milieu aux ressources « inépuisables » => I et E négligeables

Soit $\Delta N = (B - D)\Delta t$

Or b : taux de natalité avec $b = \frac{B}{N}$ (b = natalité ramenée à un individu = « *per capita* ») et d : taux de mortalité : $d = \frac{D}{N}$

d'où $\Delta N = (b - d)N\Delta t$

soit $\frac{\Delta N}{\Delta t} = (b - d)N$ (équation en temps discret)

Quand Δt tend vers 0 on a donc $\frac{dN}{dt} = (b - d)N$
(équation en temps continu)

$$\forall t \in \mathbb{R}_+ \frac{dN}{dt} = rN$$

$\frac{dN}{dt} = r \cdot N$ en intégrant entre $t=0$ et t , on obtient :

$$N(t) = N_0 e^{r(t-t_0)} \text{ avec } N_0 = N_{(t=0)}$$

$$\text{Soit } N(t) = N_0 e^{rt} \text{ si } t_0 = 0$$

loi de croissance exponentielle:

$$N(t) = N_0 e^{rt}$$

Avec r : **taux d'accroissement intrinsèque naturel per capita**, caractéristique de la population considérée (potentiel biotique de l'espèce) en nb.temps⁻¹.capita⁻¹

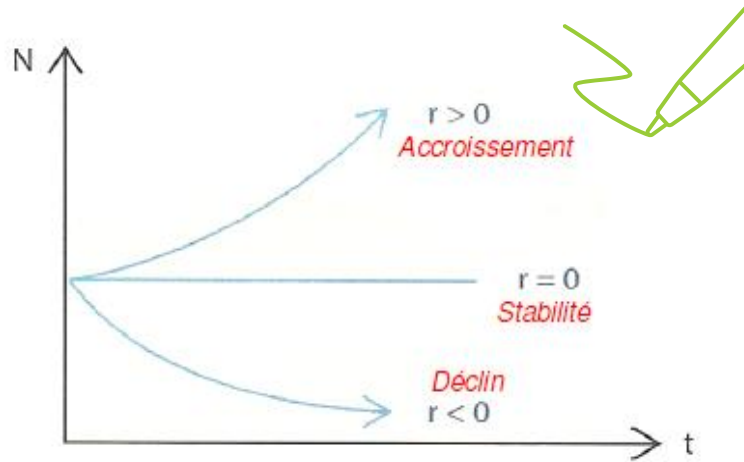
r est une constante, indépendante de la densité de la population.

B. UNE CROISSANCE DE POPULATION POTENTIELLEMENT EXPONENTIELLE DANS UN MILIEU AUX RESSOURCES INÉPUISIBLES

I. Modélisation de la croissance des populations non densité dépendante



loi de croissance exponentielle : $N(t) = N_0 e^{rt}$



Signification de r :

- S'il est positif : accroissement de la population ($d < b$)
- S'il est égal à 0 : population stable (autant de naissances que de décès)
- S'il est négatif : population en déclin ($d > b$)

Temps de doublement de la population (T) = temps nécessaire pour que $N(T) = 2N_0$

dans le cas où $r > 0$. D'où temps de doublement $T = \frac{\ln(2)}{r}$

B. UNE CROISSANCE DE POPULATION POTENTIELLEMENT EXPONENTIELLE DANS UN MILIEU AUX RESSOURCES INÉPUISIBLES

I. Modélisation de la croissance des populations non densité dépendante



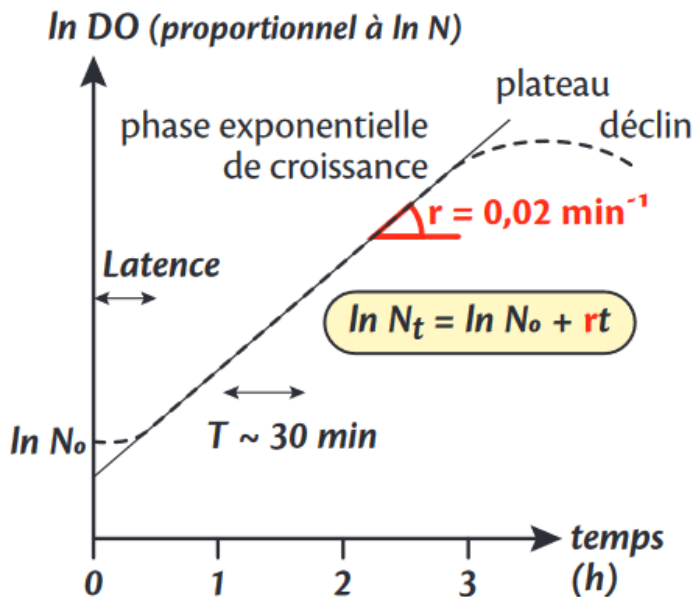
loi de croissance exponentielle : $N(t) = N_0 e^{rt}$

Linéariser la fonction exponentielle, permet de tracer $\ln(N) = f(t)$

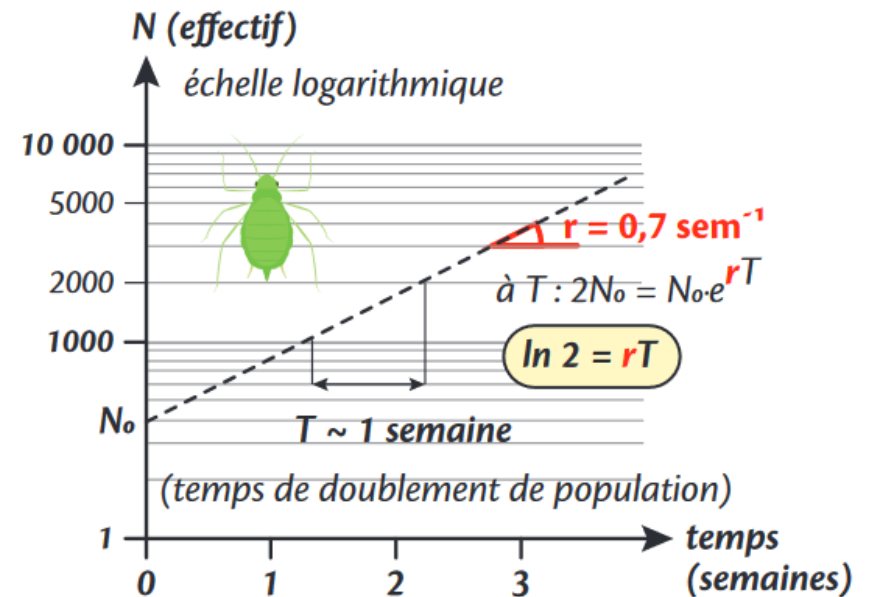
On obtient alors $\ln N_t = \ln N_0 + rt$

=> le **coefficient directeur** permet de connaître le **taux d'accroissement intrinsèque** de la population !

suivi d'une culture d' E. coli par spectrophotométrie



suivi d'une population de Pucerons par comptage

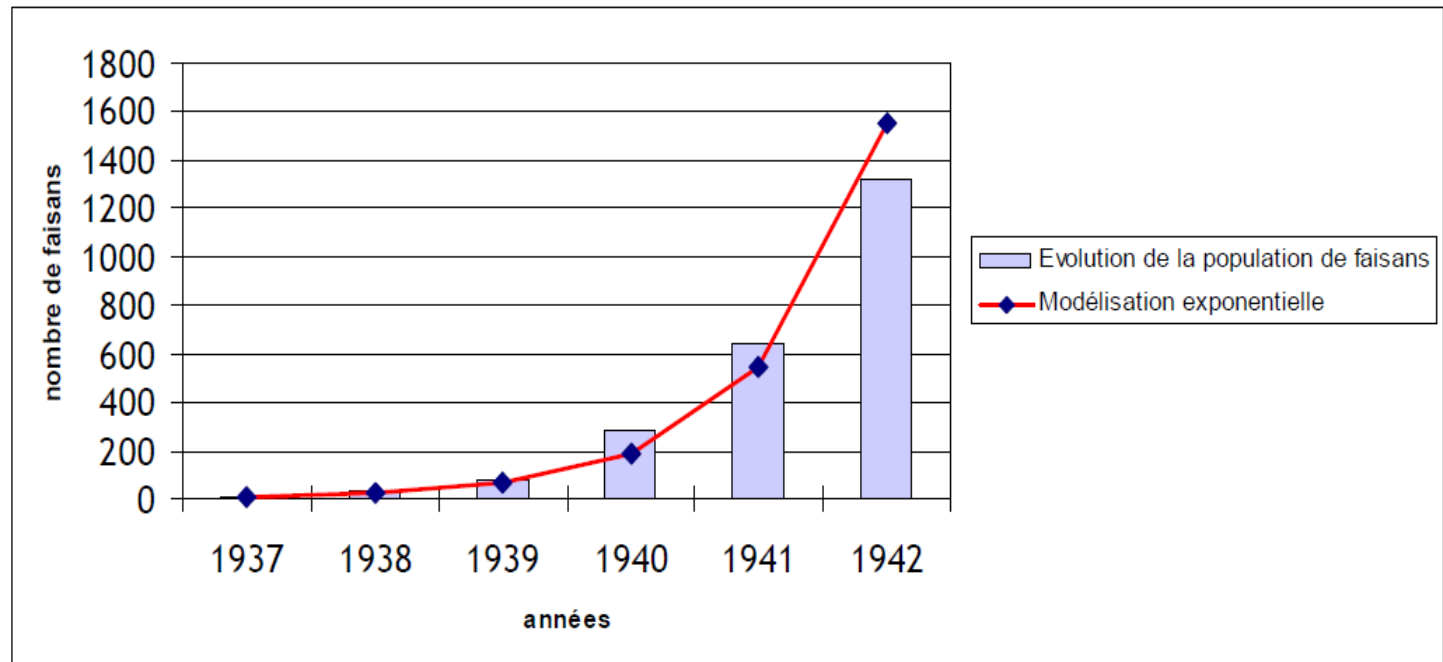


B. UNE CROISSANCE DE POPULATION POTENTIELLEMENT EXPONENTIELLE DANS UN MILIEU AUX RESSOURCES INÉPUISIBLES

2. Application à des populations réelles et limites du modèle de croissance exponentielle



Faisan femelle à gauche et mâle à droite

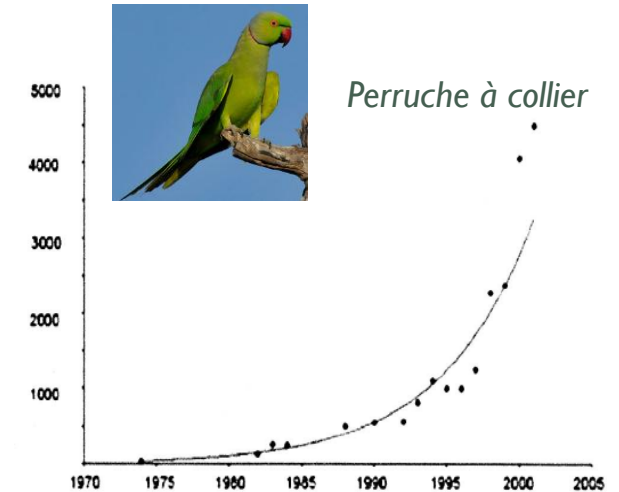
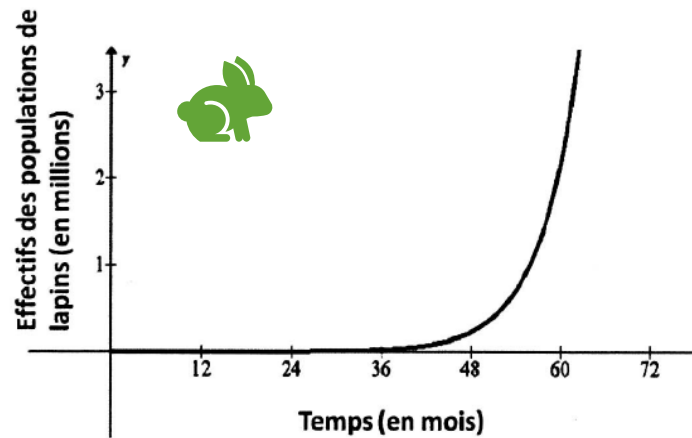
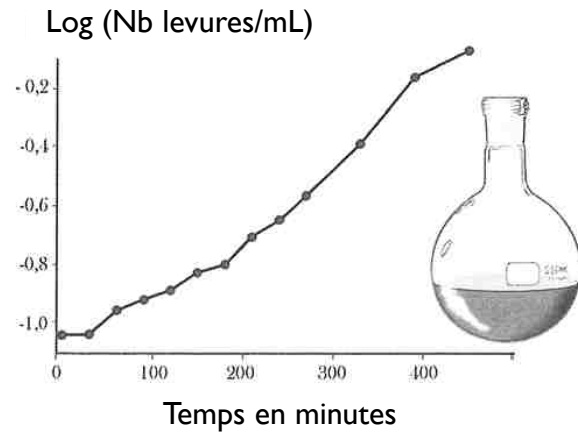
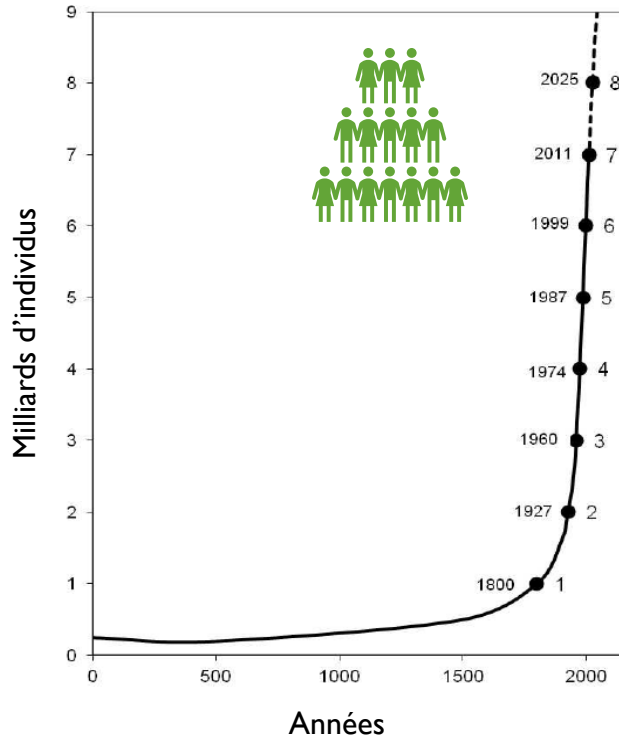


Evolution de la population de faisans au cours du temps suite à la colonisation d'un nouveau territoire

II. ETUDE DE LA VARIATION D'EFFECTIFS DE POPULATIONS: LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS

B. UNE CROISSANCE DE POPULATION POTENTIELLEMENT EXPONENTIELLE DANS UN MILIEU AUX RESSOURCES INÉPUISIBLES

2. Application à des populations réelles et limites du modèle de croissance exponentielle



La perruche à collier (*Psittacula krameri*) a été introduite dans plusieurs grandes agglomérations européennes. Ses effectifs croissent rapidement. La courbe ci-dessus représente l'évolution des effectifs de Perruche à collier dans l'agglomération bruxelloise.

En 1859, Thomas Austin, un fermier australien d'origine britannique en mal de son pays, relâcha 24 lapins de garenne (*Oryctolagus cuniculus*) dans son jardin. Quelques années plus tard, l'effectif de la population de lapins australiens se chiffrait à plusieurs millions causant d'importants dégâts dans les pâturages à mouton. Dans les années 1930, on estimait l'effectif total à environ 750 millions d'individus.

B. UNE CROISSANCE DE POPULATION POTENTIELLEMENT EXPONENTIELLE DANS UN MILIEU AUX RESSOURCES INÉPUISIBLES

2. Application à des populations réelles et limites du modèle de croissance exponentielle

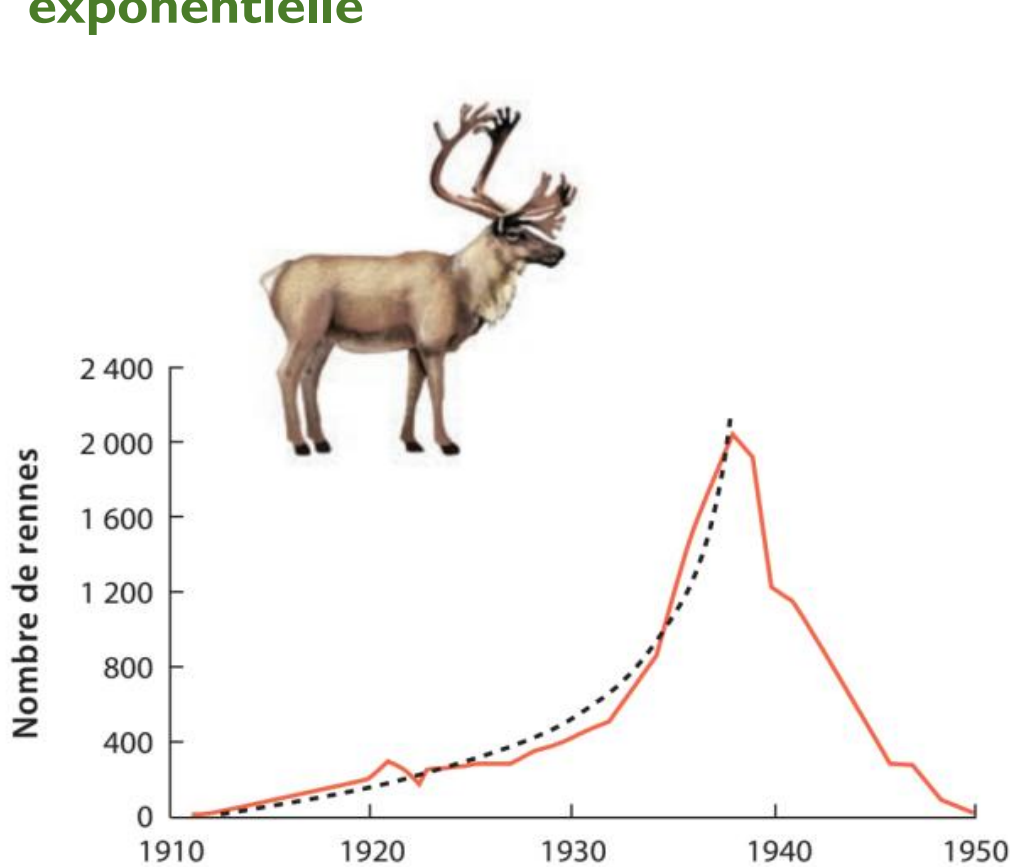


figure 13.7 Dépassement et dépérissement d'une population de rennes. Un troupeau de 25 rennes a été introduit sur l'île de St Paul en Alaska en 1911. La population a connu une croissance de sa taille qui se rapproche d'une courbe de croissance exponentielle en J soulignée par la ligne pointillée noire. Après avoir atteint environ 2 000 individus en 1938, la population s'est effondrée certainement parce que les rennes avaient épuisé toute la ressource en nourriture. D'après Scheffer V. B., 1951; The rise and fall of a reindeer herd. *Scientific Monthly*. 73, 356-362.

B. UNE CROISSANCE DE POPULATION POTENTIELLEMENT EXPONENTIELLE DANS UN MILIEU AUX RESSOURCES INÉPUISIBLES

2. Application à des populations réelles et limites du modèle de croissance exponentielle



- Bonne modélisation de la **croissance bactérienne ou de levures**
- Bonne modélisation de la **première phase** de la population des rennes sur une île d'Alaska (voir aussi exemple des éléphants du parc Kruger) → **phase de colonisation**
- pour des **espèces pionnières et invasives** = espèces qui conquièrent de nouveaux territoires et y prolifèrent très rapidement → croissance exponentielle = atout dans la **compétition biologique interspécifique**. Ex : Renouée du Japon
- Bonne modélisation de la **démographie humaine**

Mais :

- ce modèle ne prédit pas la 2^{ème} phase de la croissance des populations de Rennes
- avec ce modèle, les populations en croissance atteindraient des densités de population irréalistes.
 - ✓ Ex : dans des conditions optimales d'élevage, les souris multiplient par 6 leur population en environ 2 mois. Ainsi, un couple initial de souris produirait en 4 ans $4,7 \cdot 10^{18}$ souris ... ce qui recouvrirait intégralement la planète de souris !



Modèle exponentiel discret : un exemple

Pour tout entier n , on note u_n le nombre de souris dans la population au bout de $2n$ mois, c'est-à-dire au bout de n pas de temps de deux mois chacun.

Les souris multiplient leur population par 6 en deux mois, donc pour tout $n \in \mathbb{N}$, on a :

$$u_{n+1} = 6u_n.$$

La suite $(u_n)_{n \in \mathbb{N}}$ est donc une suite géométrique de raison 6, donc pour tout $n \in \mathbb{N}$, on a :

$$\boxed{u_n = 6^n u_0}.$$

Ainsi, au bout de quatre ans, c'est-à-dire au bout de 24 pas de temps, le nombre de souris vaut :

$$u_{24} = 6^{24} u_0,$$

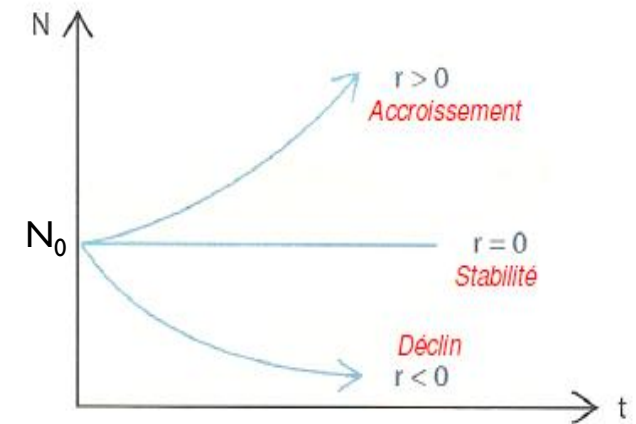
c'est-à-dire qu'en quatre ans, l'effectif de la population est multiplié par 6^{24} , soit environ par 4,7 milliards de milliards.

B. UNE CROISSANCE DE POPULATION POTENTIELLEMENT EXPONENTIELLE DANS UN MILIEU AUX RESSOURCES INÉPUISIBLES

Bilan sur modèle de croissance exponentielle



- Conditions:
 - Ressources illimitées et **aucune compétition intraspécifique**
 - r ne dépend que de b et d = facteurs intrinsèques à la population
 - Facteurs extrinsèques réalisés:
 - ✓ Combinaison des *préférendums abiotiques*
 - ✓ Combinaison des *préférendums biotiques* = ressources
- } Niche écologique réalisée
- loi de **croissance exponentielle** : $N(t) = N_0 e^{rt}$
 - Linéarisation** de la fonction exponentielle
 - ⇒ Estimation de r (pente de la courbe)
 - ⇒ Estimation du **temps de doublement de la population**: $T = \frac{\ln(2)}{r}$
 - Domaines d'application du modèle de croissance exponentielle:
 - **croissance bactérienne ou de levures**
 - **première phase** de la population
 - **espèces pionnières et invasive**
 - bonne modélisation de la **démographie humaine**



SV-J-I Les populations et leur démographie

I. La population, un ensemble d'individus caractérisé par des paramètres quantifiables

- A. Définition de population
- B. Des populations connectées entre elles: métapopulations
- C. Les éléments structuraux d'une population

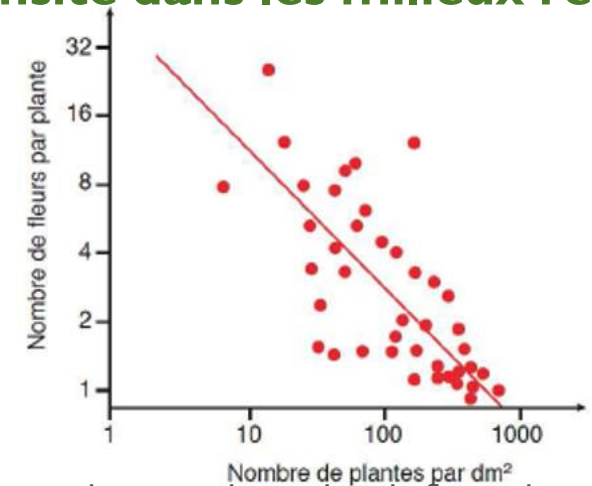
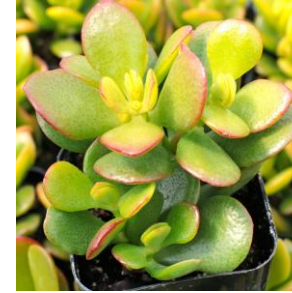
II. Etude des variations d'effectifs des populations: dynamique des populations

- A. Méthodes d'estimation des effectifs
- B. Une croissance de population exponentielle non densité dépendante
- C. Une croissance logistique densité dépendante
- D. Des facteurs externes influencent la croissance de la population

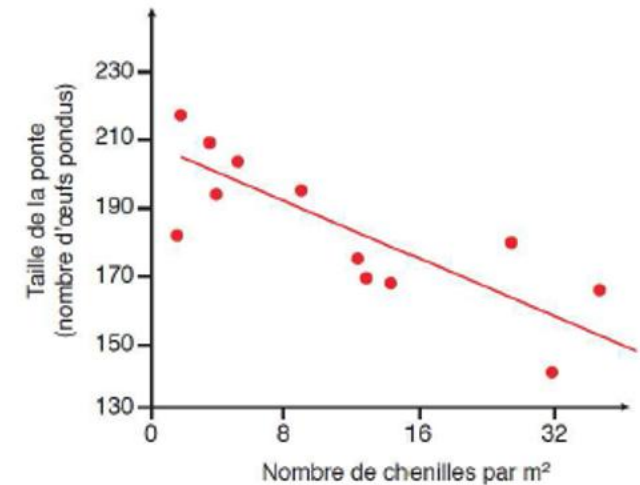
C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

I. Une compétition intraspécifique dépendante de la densité dans les milieux réels

- Chez toutes les espèces, on constate que si la **densité** de la population augmente alors...
 - la fécondité (donc de la natalité, B) baisse
 - la mortalité (D) augmente
- Lorsque la densité augmente, il apparaît une **compétition intraspécifique** pour les ressources (spatiales, nutritives, reproductives...) du milieu.
- Au-delà d'un certain seuil, cette compétition affecte l'état de santé de l'individu
 - Diminution de ses capacités à se reproduire
 - Augmentation du risque de mortalité
 - ➔ **La densité a un effet négatif sur l'effectif du fait de la compétition intraspécifique**



Effet de la densité de la population sur le nombre de fleurs chez une crassulacée annuelle



Effet de la densité de la population sur la taille de la portée chez le papillon



C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

2. Les interactions interspécifiques

- Dans un écosystème, population d'une espèce donnée en interaction avec de nombreuses autres espèces (procaryotes, végétaux, animaux, champignons...)

→ interactions interspécifiques

- Ces interactions ⇨ effets variables sur l'effectif de la population

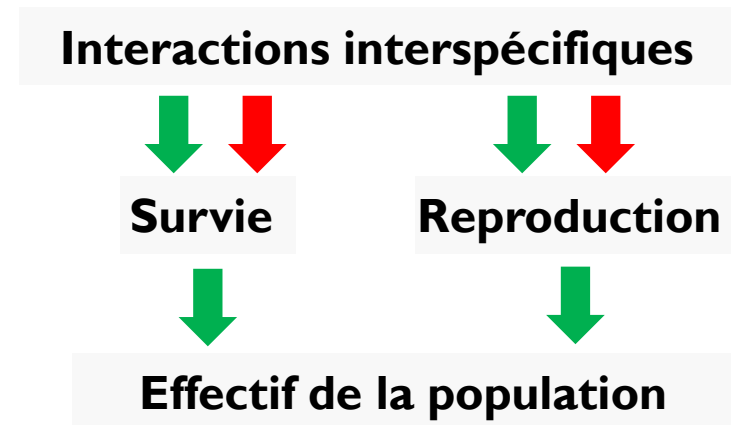
- **Effet positif** → interactions bénéfiques qui augmentent les chances de survie ou la santé (donc la reproduction)
- **Effet neutre** → interaction sans effet sur la survie ou la reproduction
- **Effet négatif** → interactions réduisant les chances de survie ou de reproduction

		Organisme A	Organisme B	Durée	
Relations trophiques	Exploitation	Prédation	+	-	Court
		Phytophagie	+	-	Court et/ou répété
		Parasitisme	+	-	Court à long
	Mutualisme	Non symbiotique	+	+	Court ou répété
		Symbiotique	+	+	Long (durable)
	Commensalisme	+	0	Variable	
Compétition interspécifique	Par exploitation	-	-	Variable	
	Par interférence (amensalisme)	0	-	Variable	

+ : effet positif

0 : effet neutre

- : effet négatif



C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

4. Modélisation de l'effet de la densité sur la croissance des populations



Dans les milieux naturels : ressources du biotope limitées

⇒ **résistance** du milieu à la croissance de N: $(1 - \left(\frac{N}{K}\right))$

⇒ **K = capacité biotique du milieu** : effectif maximal que peut soutenir un milieu = **capacité d'accueil** maximal du milieu.

On modifie alors la loi de croissance de la population à partir de l'équation (2) :

r_{max} : taux de croissance optimal (maximal)

Equation (3) modèle de Verhulst (1838) :

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

Soit $\frac{dN}{dt} = R \cdot N$ avec $R = r_{max} \left(1 - \left(\frac{N}{K} \right) \right)$

Equation (3) donne : $\frac{dN}{dt} = RN$

R: taux d'accroissement démographique ($\neq r$: taux d'accroissement intrinsèque par individu - ATTENTION)

R est une variable qui dépend de N (variable) et de K (constante). R diminue avec l'augmentation de l'effectif ce qui traduit une **compétition intraspécifique** forte.

C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE



4. Modélisation de l'effet de la densité sur la croissance des populations

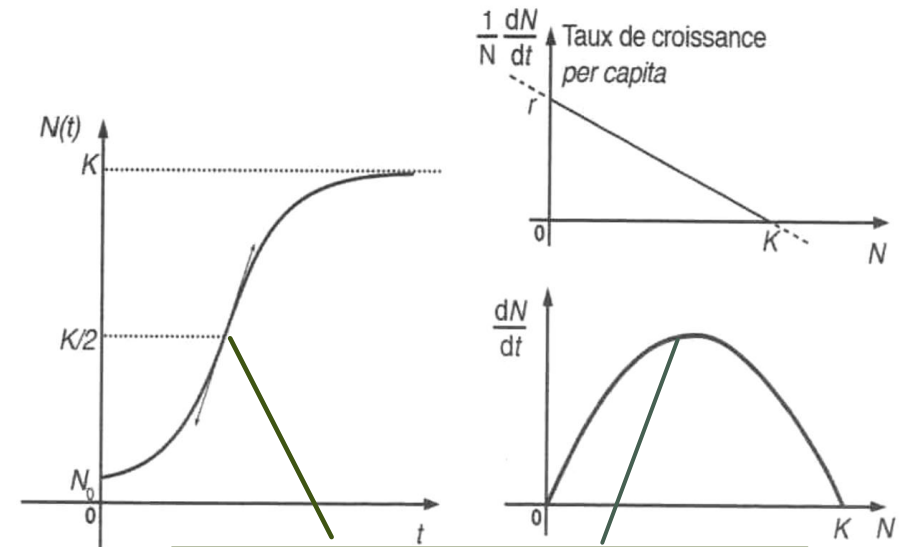
Equation (3) modèle de Verhulst (1838) :

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

- Au début de la croissance d'une population, N proche de 0 donc $R \sim r_{max}$: croissance exponentielle initiale.
- Ensuite N se rapproche de K ($N < K$), donc $1 - \left(\frac{N}{K} \right)$ diminue, mais R toujours positif : croissance exponentielle ralentit, avec **grande compétition intraspécifique**
- Enfin lorsque $N = K \Leftrightarrow R = 0$: **croissance nulle** → Phase stationnaire.
- Si $N > K$, alors $R < 0$: décroissance

Remarque

K = capacité limite (ou d'accueil) du milieu
 = capacité biotique
 = charge biologique



Point d'inflexion: dN/dt max quand $N=K/2$

- Bon ajustement à l'évolution de populations simples dans des conditions optimales ;
- Permet, après ajustement de définir la valeur de r ;
- Sert de base à de nombreux modèles plus sophistiqués ;
- Importance heuristique pour l'introduction et la définition des stratégies dites « r » et « K ».

C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

4. Modélisation de l'effet de la densité sur la croissance des populations



Equation (3) modèle de Verhulst (1838) :

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

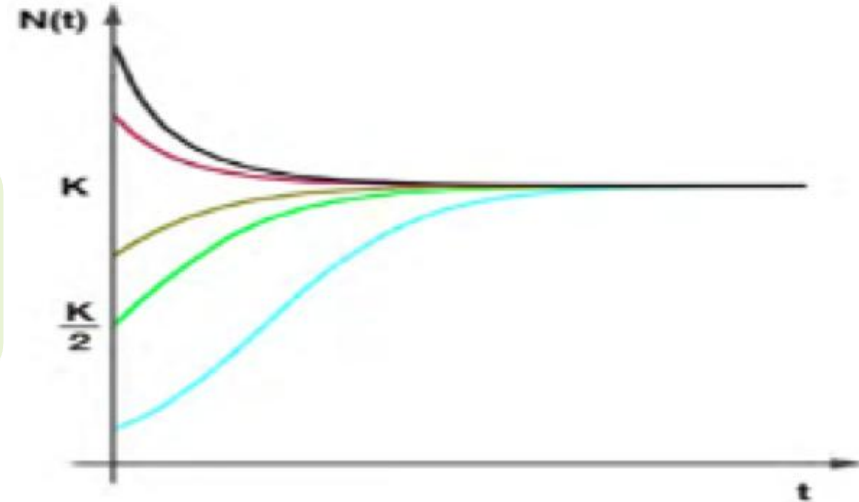


Figure 26 : illustration du modèle logistique de Verhulst pour différentes valeurs de N_0

- **courbe sigmoïde**
- **point d'inflexion pour $N = \frac{K}{2}$** (correspond au taux d'accroissement maximal)
- palier pour $N = K \Leftrightarrow$ croissance nulle
- **Accroissement de l'effectif de la population en 2 phases :**
 - **exponentielle** ssi $N < \frac{K}{2}$
 - puis **stationnaire** si $N = K$
 - ⇒ **La densité de la population** exerce un **rétrocontrôle négatif** sur sa propre croissance.
 - ⇒ Forte compétition intraspécifique

C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

4. Modélisation de l'effet de la densité sur la croissance des populations

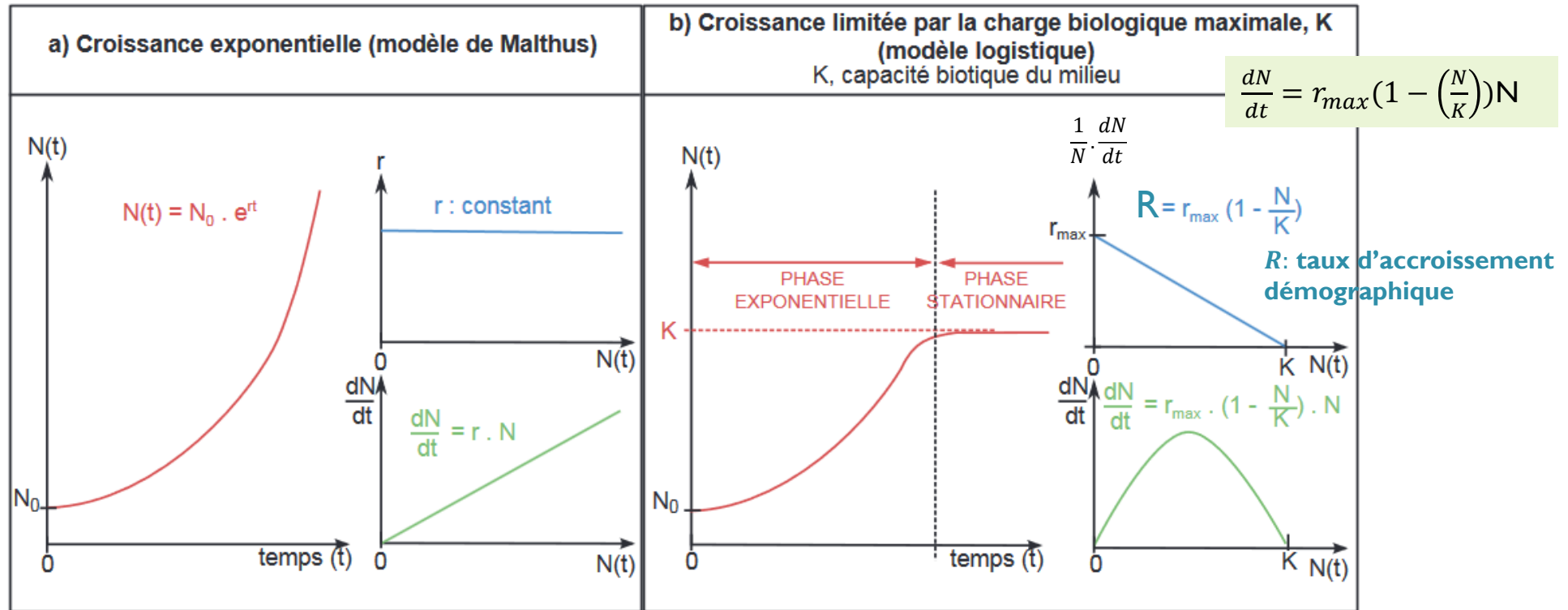


Figure 16.6 Deux modèles simples d'accroissement de l'effectif d'une population.

N_0 : effectif de la population au temps 0 ; $N(t)$: effectif de la population au temps t ;

r : taux d'accroissement *per capita* ; $r = (dN/dt)/N$

Pour chaque modèle trois représentations sont possibles : en rouge, évolution de l'effectif N au cours du temps ; en vert, variation d'effectif dN/dt en fonction de l'effectif N ; en bleu, taux d'accroissement *per capita* $(dN/dt)/N$ en fonction de l'effectif N .

Source: Dunod, ed 2021

C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE



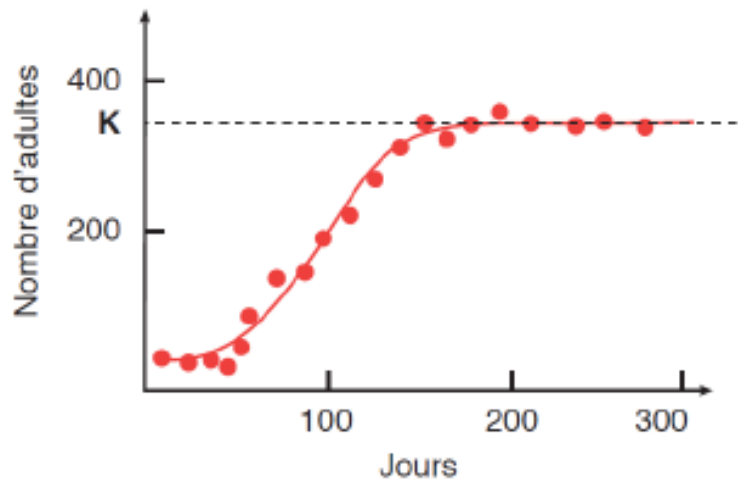
5. Application du modèle logistique à des populations réelles

Capacité limite du milieu (K) : (n.f.)
effectif maximal d'une population dans un milieu, en lien avec ses ressources limitées

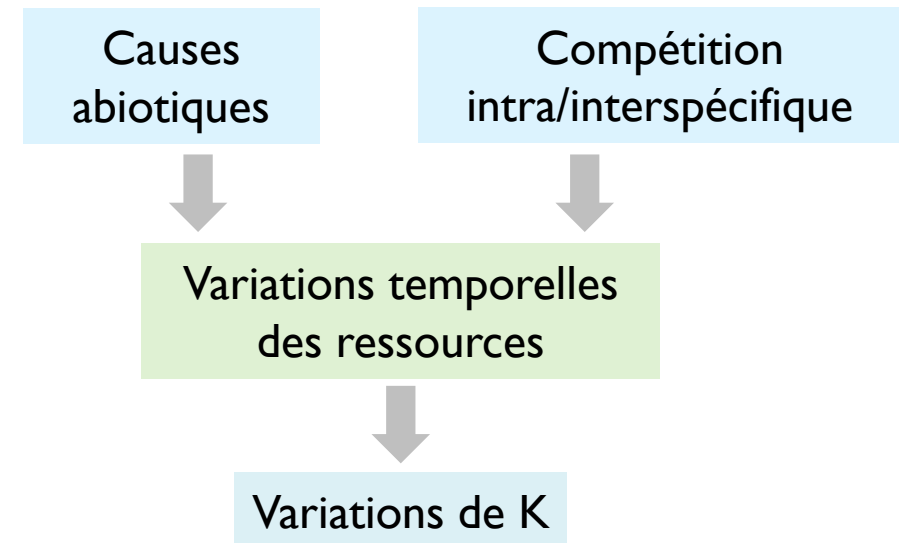
Remarque

K = capacité limite (ou d'accueil) du milieu
= capacité biotique
= charge biologique

- La valeur de K dépend des ressources du milieu, qui peuvent évoluer avec le temps et dépendent des interactions interspécifiques.

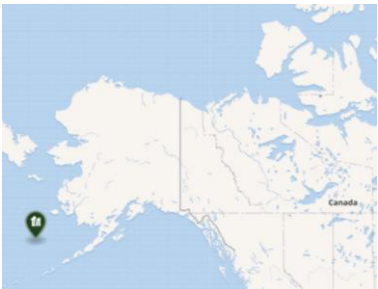
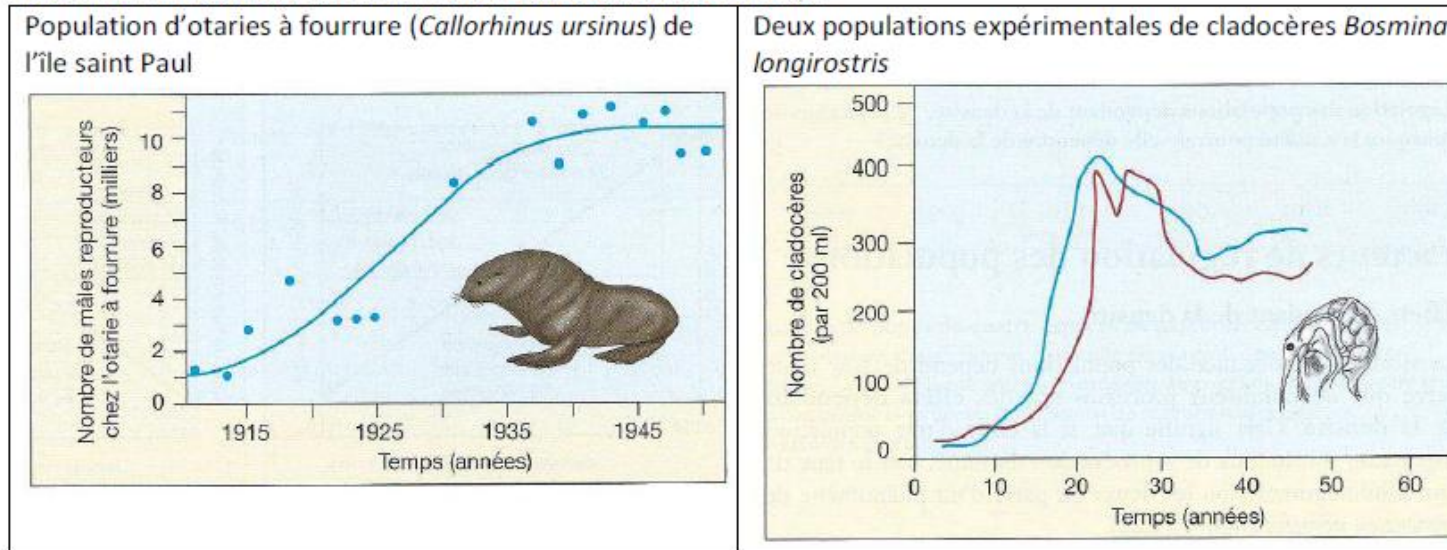


Evolution d'une population de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) alimentés toutes les semaines par 10 g de grains de blé.



C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

5. Application du modèle logistique à des populations réelles



Otarie à fourrure (Saint Paul en Alaska)



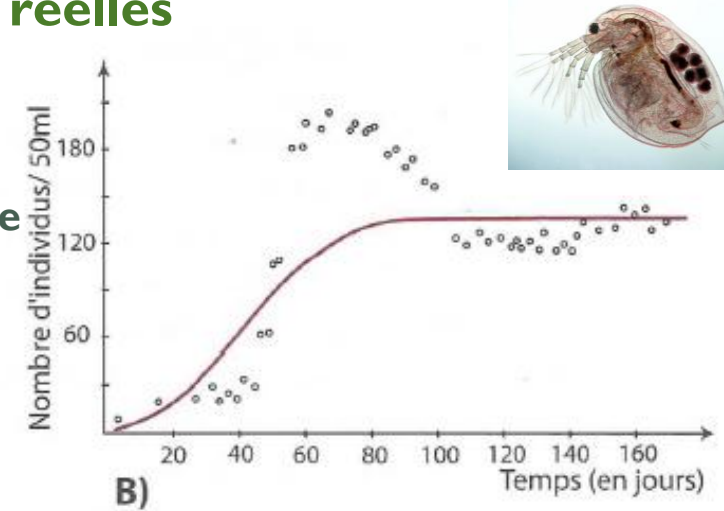
Cladocère: zooplancton marin et dulçaquicole

C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

5. Application du modèle logistique à des populations réelles

Interprétation :

- si $N \ll K$, $R \approx r$ est max \rightarrow croissance **exponentielle**
- si $N < K$, la compétition intraspécifique \nearrow et $R \searrow \rightarrow$ croissance **ralentie**
- si $N = K$, $R = 0 \rightarrow$ croissance **nulle (plateau)**
- Si $N > K$, $R < 0 \rightarrow$ décroissance



B) Effectif d'une population de *Daphnia* en culture

Limites :

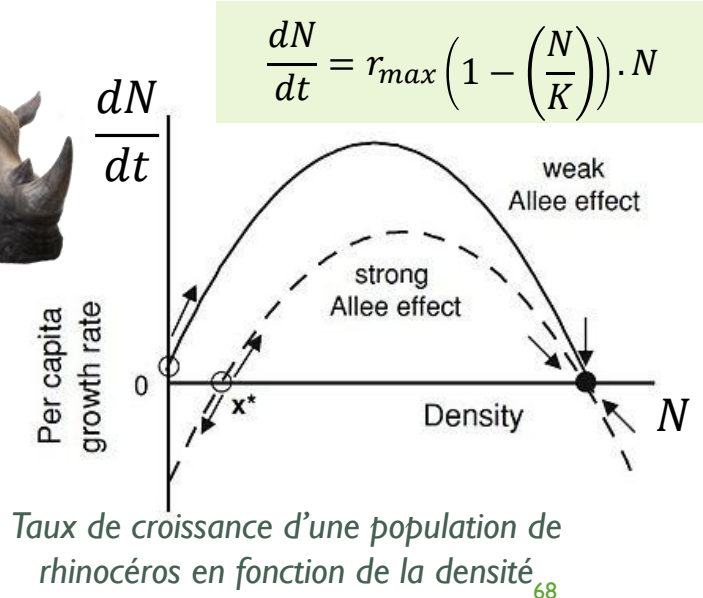
- Dans de nombreuses pop, l'effectif limite peut dépasser K pendant un temps limité puis diminuer
 \rightarrow **Oscillations autour de la courbe** théorique
- L'ajout d'individus n'a pas toujours un effet négatif sur une population, en particulier dans les petites populations

\rightarrow Effet Allee

- ✓ *Rhinocéros* : augmentation de la probabilité de rencontre des partenaires pour la reproduction
- ✓ *Macareux* : stimulation sociale nécessaire à la reproduction



Macareux moines
(Wikipédia)



C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

5. Application du modèle logistique à des populations réelles

5.1. Bonne modélisation de la croissance des populations

- Bactéries et unicellulaires (levures, Paramécies)
- Petits animaux (coléoptères, crustacés)
- Rennes sur île d'Alaska
- (Eléphants dans le parc Kruger)

5.2. Limites du modèle de croissance de croissance logistique

- **Immigration** et **émigration** toujours considérées comme **négligeables**
- **Dépassement** et **dépérissement** : certaines populations peuvent dépasser la capacité biotique K du milieu (si K diminue ou si la population se reproduit très rapidement en une seule saison de reproduction)

⇒ Dépérissement suite au dépassement de K

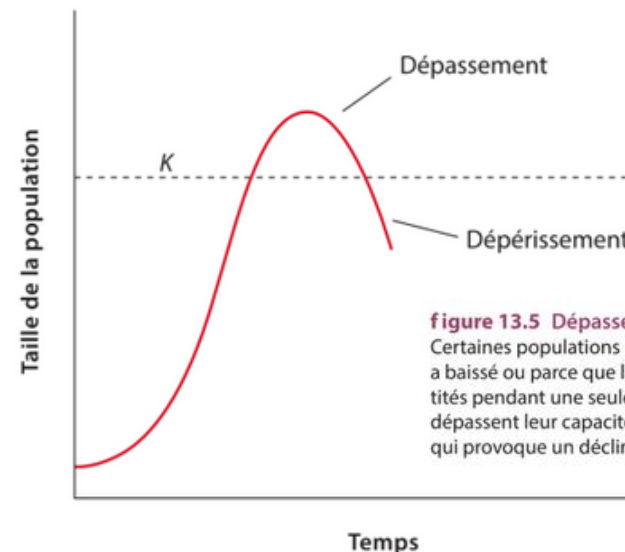


figure 13.5 Dépassements et dépérissements de populations. Certaines populations peuvent dépasser la capacité porteuse car celle-ci a baissé ou parce que la population peut augmenter en grandes quantités pendant une seule saison de reproduction. Les populations qui dépassent leur capacité porteuse connaissent ensuite un dépérissement qui provoque un déclin rapide de la population.

C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

6. Stratégies démographiques r et K

***Stratégie démographique** : modèle d'évolution démographique d'une population dépendant des caractéristiques du milieu de vie mais aussi des caractéristiques des individus, notamment leur reproduction et leur survie dans ce milieu.



Energie allouée à la croissance et à la reproduction chez un cloporte (*Armadillidium vulgare*).

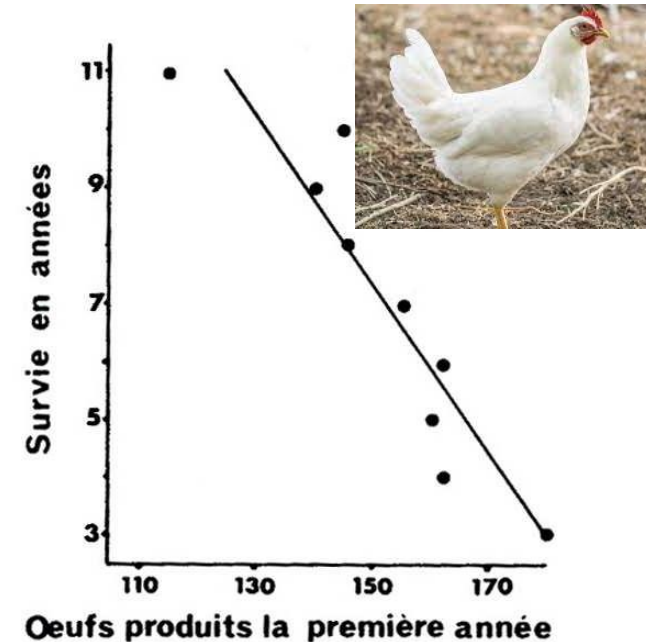
Valeurs données : dépenses exprimées en calories par cycle de vie complet

	Femelles reproductives	Femelles non reproductives
	25 - 55 mg	20 - 59 mg
Croissance	10,0	24,1
Reproduction	16,0	0
total	26,0	24,4

Analyser ces documents

- Il existe une anti-corrélation entre :
 - survie (longévité) et reproduction
 - croissance et reproduction

Comment expliquer ces résultats ?



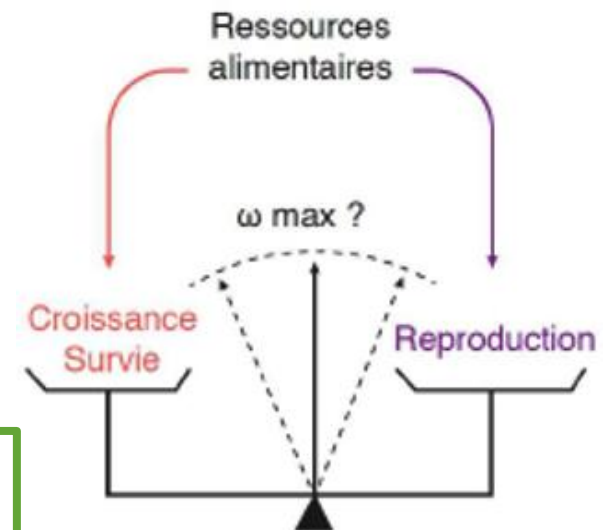
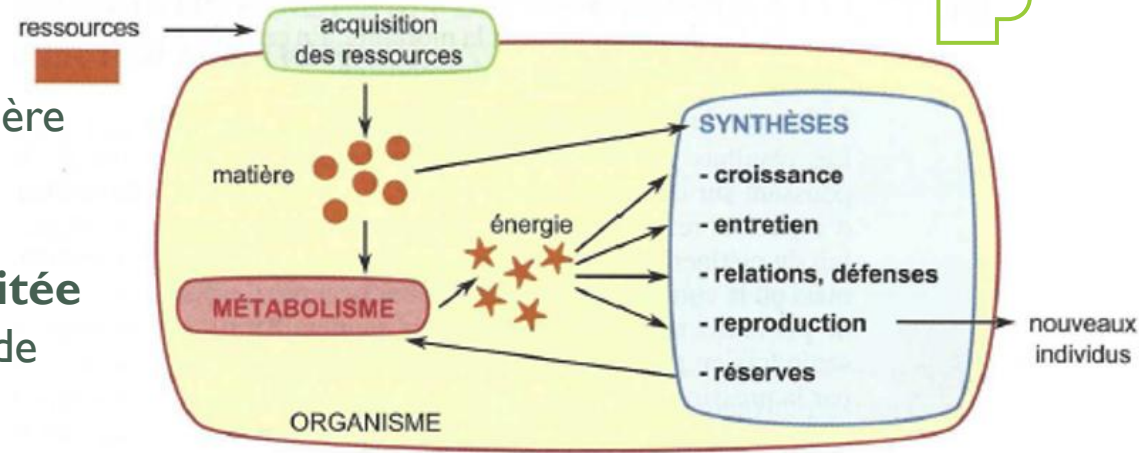
Survie des poules (race leghorn) en fonction de l'effort de reproduction

C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

6. Stratégies démographiques r et K

- Tout organisme prélève dans son milieu la matière et l'énergie nécessaires à son fonctionnement.
- **L'énergie** disponible dans l'organisme est **limitée** et doit être **partagée** entre différents postes de dépenses énergétiques :
 - Entretien, croissance, déplacement, défense...
 - Reproduction
- L'organisme doit donc faire des **compromis énergétiques**, propre à l'espèce/la pop → **trade-off**
- Au cours de l'évolution, 2 types de **stratégies (bio)démographiques** ont été sélectionnées face à ce dilemme énergétique :

Stratégie (bio)démographique : (n.f.) modèle d'évolution démographique dépendant des caractéristiques du milieu de vie mais aussi de celles des individus (reproduction, survie)



C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

6. Stratégies démographiques r et K

Caractéristique du milieu :

- Milieu instable, imprévisible

Caractéristiques des individus :

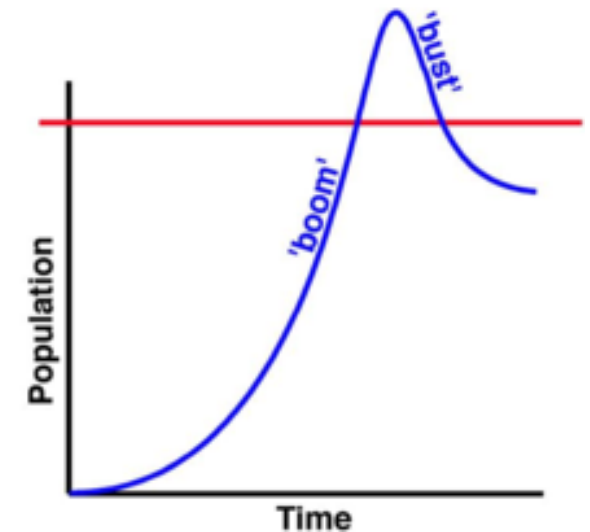
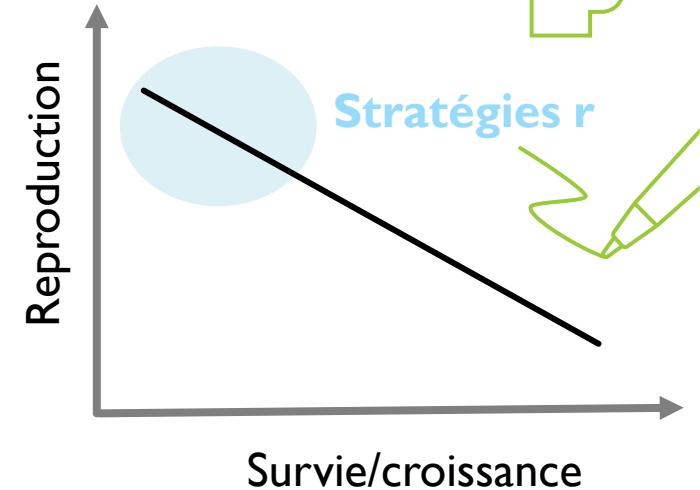
- **Mortalité élevée**, de type catastrophe
 - Effectifs très fluctuants, loin de K
- **L'énergie** davantage investie dans la **reproduction** que dans la croissance/survie
 - Organisme de petite taille, à durée de vie courte
 - **Croissance (r)** rapide de la population (faible compétition intraspécifique)
 - Production de nombreux descendants avec peu d'investissement parental



Rôle écologique :

- **Pionnier, colonisateur** (ex : mousse, pissenlits, pucerons, rongeurs)

→ **Les stratégies r permettent une colonisation efficace du milieu en compensant la mortalité par une reproduction importante**



C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

6. Stratégies démographiques r et K

Contexte écologique :

- Milieu stable, prévisible

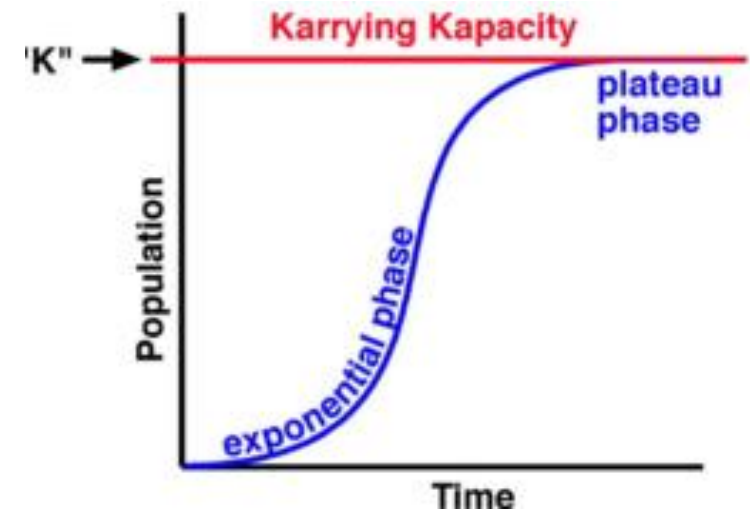
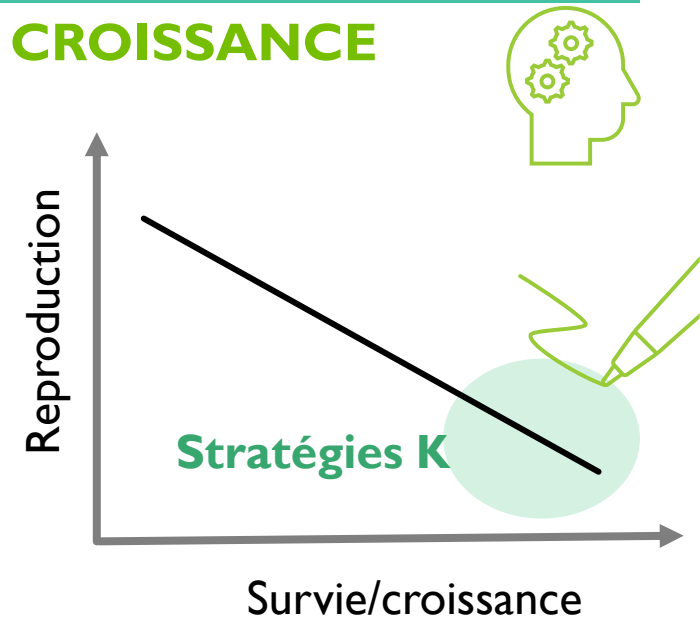


Caractéristiques des individus :

- **Mortalité faible**, régulée par la **densité** (compétition intraspécifique forte $\rightarrow r_{\max}$ faible)
 - Effectifs stables, proche de K
- **L'énergie** est davantage **investie** dans la **croissance/survie** que dans la reproduction
 - Organismes de grande taille, à durée de vie longue
 - Taux de **croissance faible** de la pop
 - Production de peu de descendants avec un investissement parental important

Rôle écologique :

- Espèces **pérennes** et **compétitives** (ex : éléphant)



C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

6. Stratégies démographiques r et K

Stratégies intermédiaires

- Les situations réelles sont plus ou moins complexes et ne rentrent pas forcément dans les modèles r ou K.

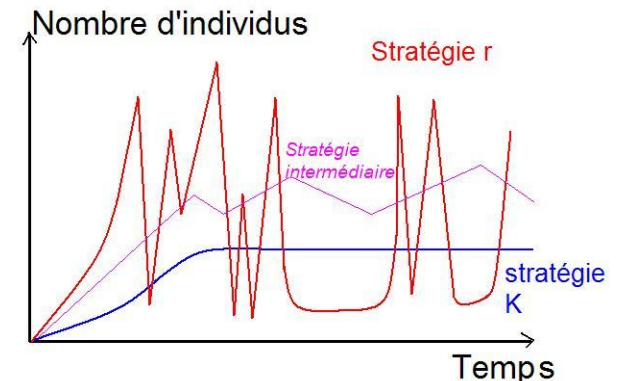
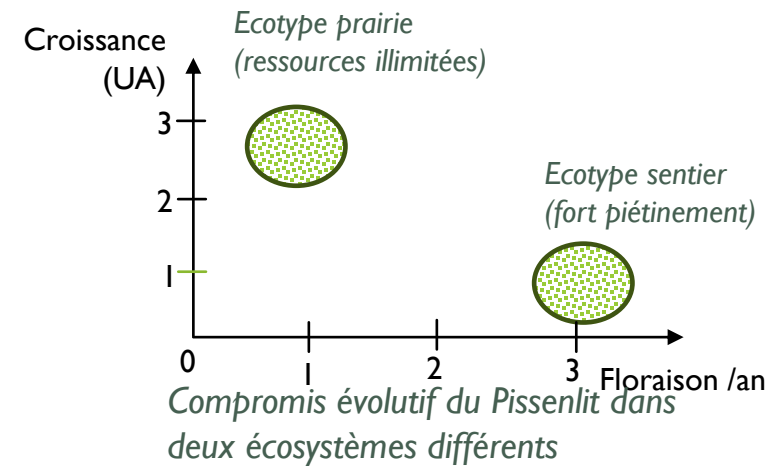
➤ Nombreux cas intermédiaires

Ex des Angiospermes arborescentes des forêt climaciques

- ✓ effectif globalement stable
 - plutôt une stratégie K
- ✓ nombreuses semences produites chaque année, avec une perte plus ou moins importante, et il n'y a pas vraiment d'investissement parental
 - Plutôt une stratégie r



Le châtaignier, Angiosperme des forêt climaciques



Renard roux

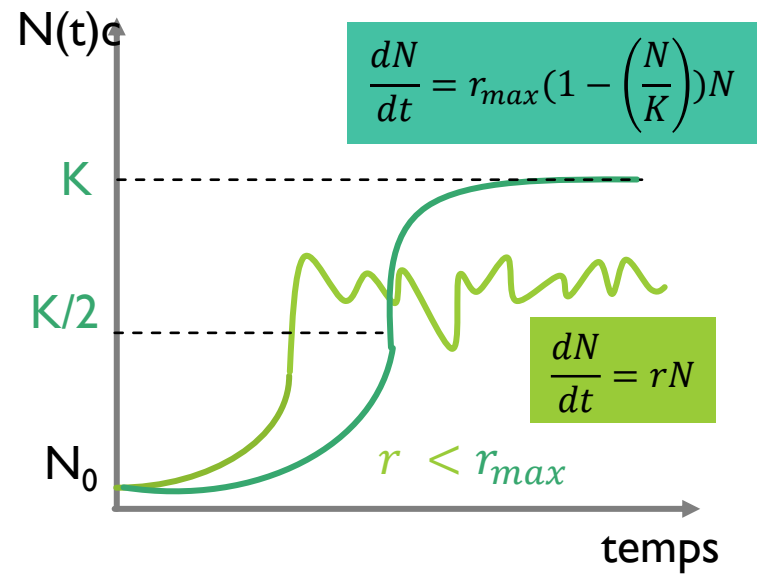
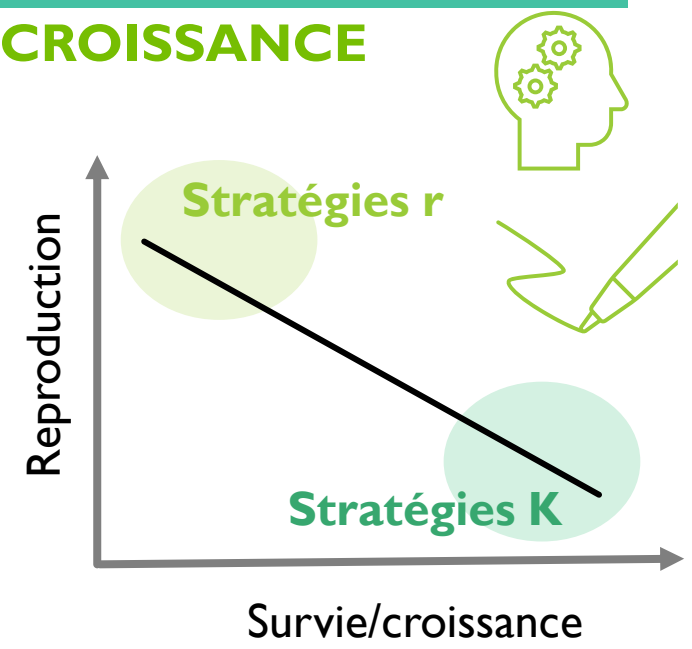
C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

6. Stratégies démographiques r et K

BILAN : COMPARAISON STRATÉGIE R ET K



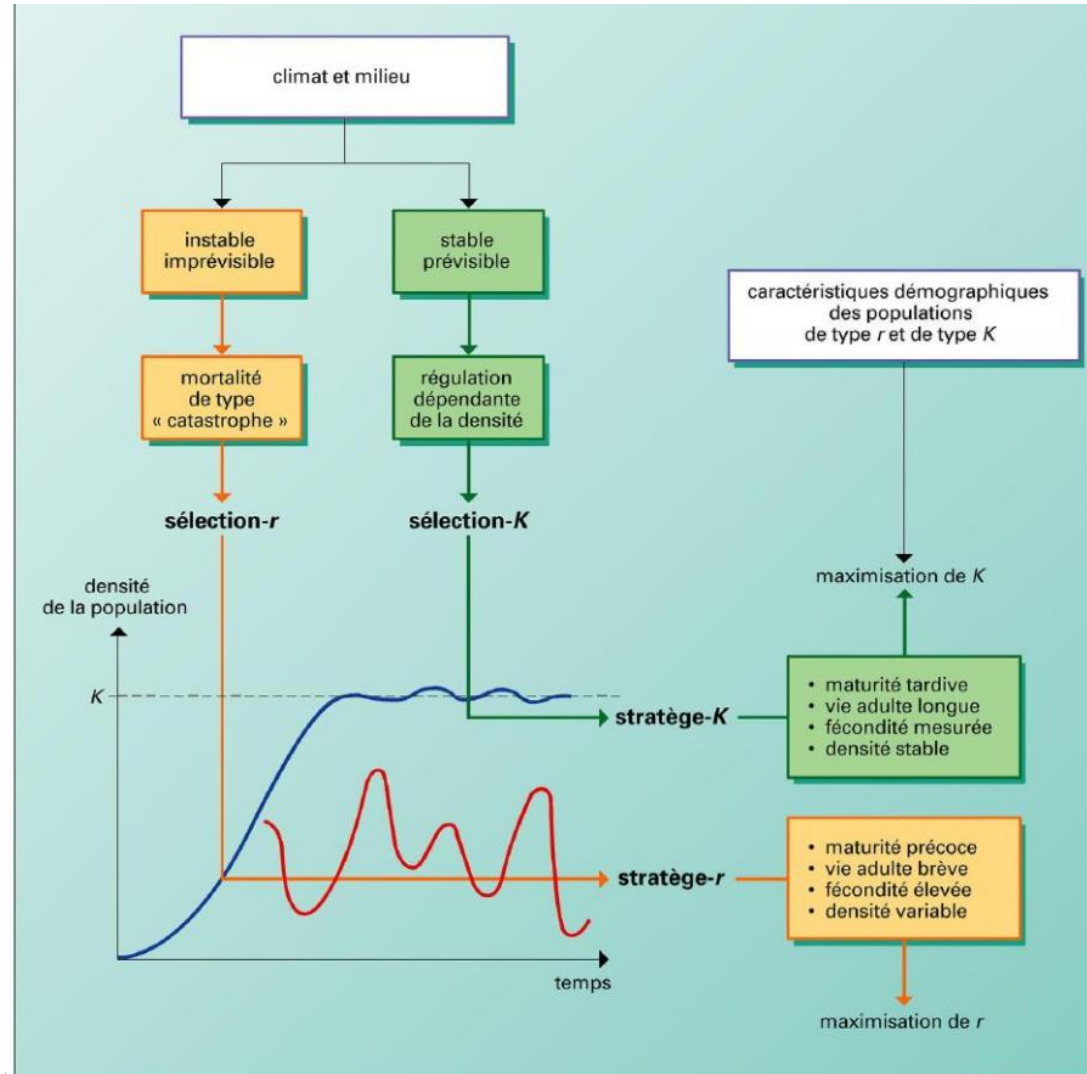
	espèces stratégies « r »	espèces stratégies « K »
maturité sexuelle	précoce	tardive
fécondité	élevée	faible
période de reproduction	généralement une seule (sémelpare)	généralement plusieurs (itéropares)
investissement parental dans la survie des descendants	faible	élevée
développement	rapide	lent
espérance de vie	courte	longue
mortalité adulte	forte	faible
taille	petite	grande
exploitation des ressources	espèces « généralistes »	espèces « spécialistes »
utilisation de l'énergie	productivité forte	efficacité et stabilité
régulation de la population	indépendante de la densité	dépendante de la densité
effectifs	très variables (loin de K)	assez stables (proche de K)
capacité de compétition	faible	forte
aptitude	pionniers, colonisateurs	Stables, compétitives



C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

6. Stratégies démographiques r et K

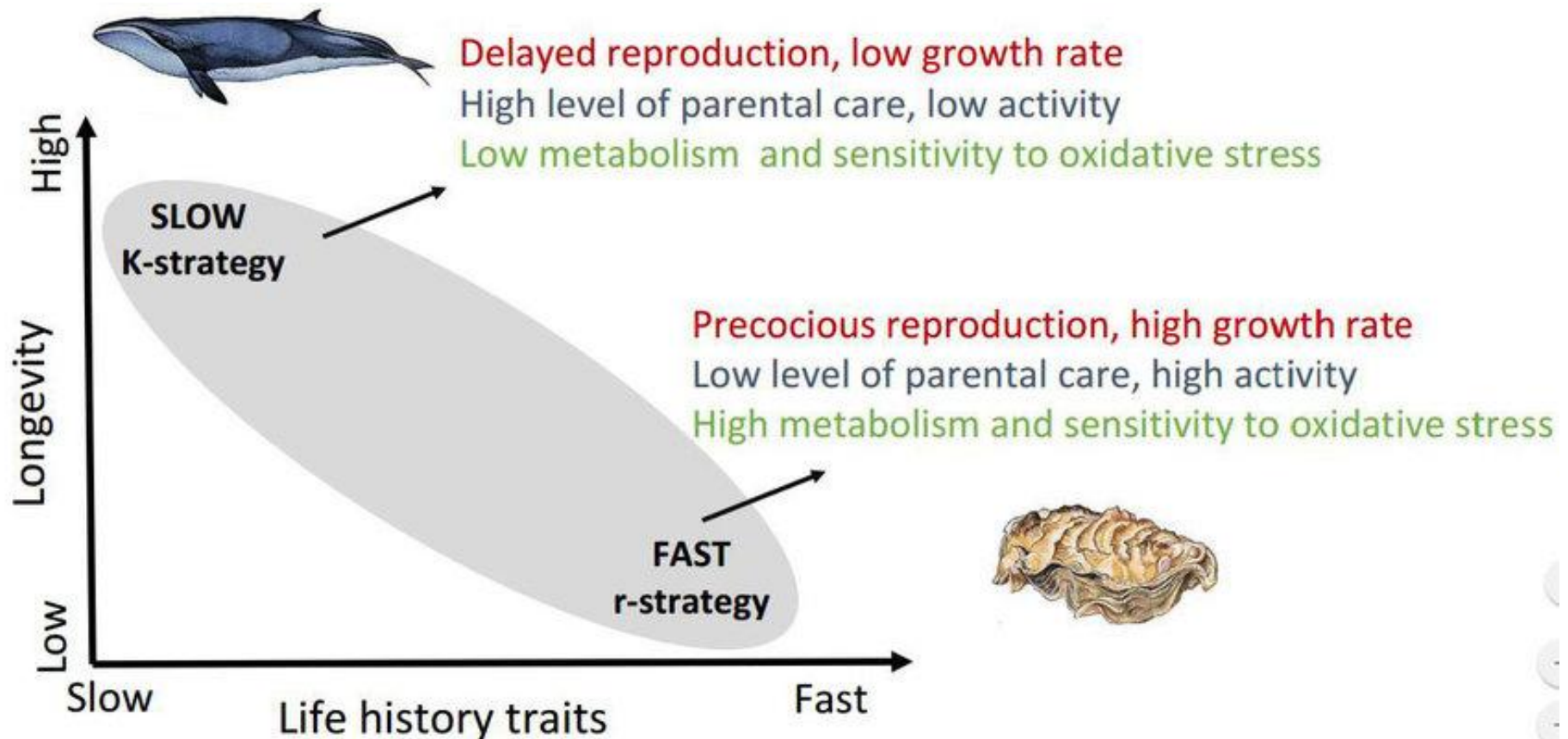
BILAN : COMPARAISON STRATÉGIE R ET K



C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

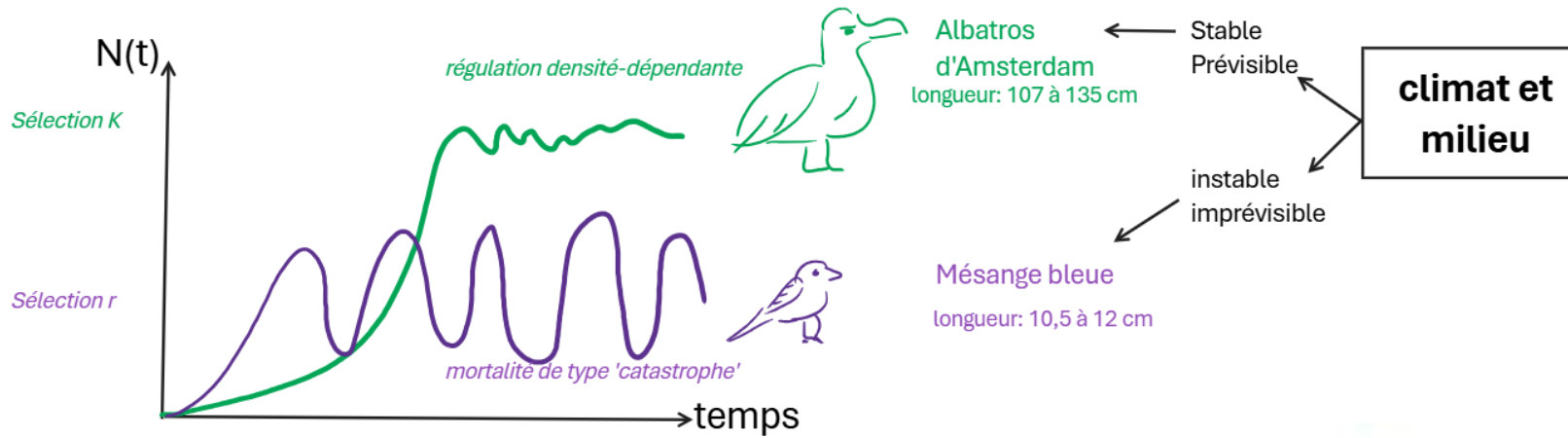
6. Stratégies démographiques r et K

BILAN : COMPARAISON STRATÉGIE r ET K



C. LA DENSITÉ DE LA POPULATION RÉGULE SA CROISSANCE

6. Stratégies démographiques r et K



Paramètres démographiques	Mésange bleue <i>Cyanistes caeruleus</i>	Albatros hurleur <i>Diomedea exulans</i>
Grandeur de ponte (en nombre d'œufs)	8 à 14	1
Nombre de pontes par an	2	< 1
Taux de survie annuel	0,3	0,95
Longévité moyenne (années)	2 à 3	30



Mésange bleue *Cyanistes caeruleus*
Longueur : 10,5 à 12 cm
(Photo : Alex Clamens)



Albatros hurleur *Diomedea exulans*
Longueur : 107 à 135 cm
(Photo : Mark Jobling)

Paramètres démographiques comparés de deux espèces d'oiseaux.

La grandeur de la ponte est le nombre d'œufs pondus par la femelle lors d'une ponte. Dans le cas de la mésange un œuf est pondu chaque jour. Une femelle dont la grandeur de ponte est de 8 œufs pond donc un œuf par jour pendant 8 jours.

Le taux de survie annuel est la proportion des oiseaux âgés de un an qui survivent l'année suivante.

Ces paramètres démographiques sont le résultat de l'histoire évolutive de ces espèces.

(Bennet P. & Owens P.F. (2002). *Ecology Evolutionary of Birds*. Oxford Series in Ecology and Evolution ; Perrins C.M., Lebreton J.D. & Hiron G.J.M. (1991). *Bird Population Studies*. Oxford Ornithology Series.)

SV-J-I Les populations et leur démographie

I. La population, un ensemble d'individus caractérisé par des paramètres quantifiables

- A. Définition de population
- B. Des populations connectées entre elles: métapopulations
- C. Les éléments structuraux d'une population

II. Etude des variations d'effectifs des populations: dynamique des populations

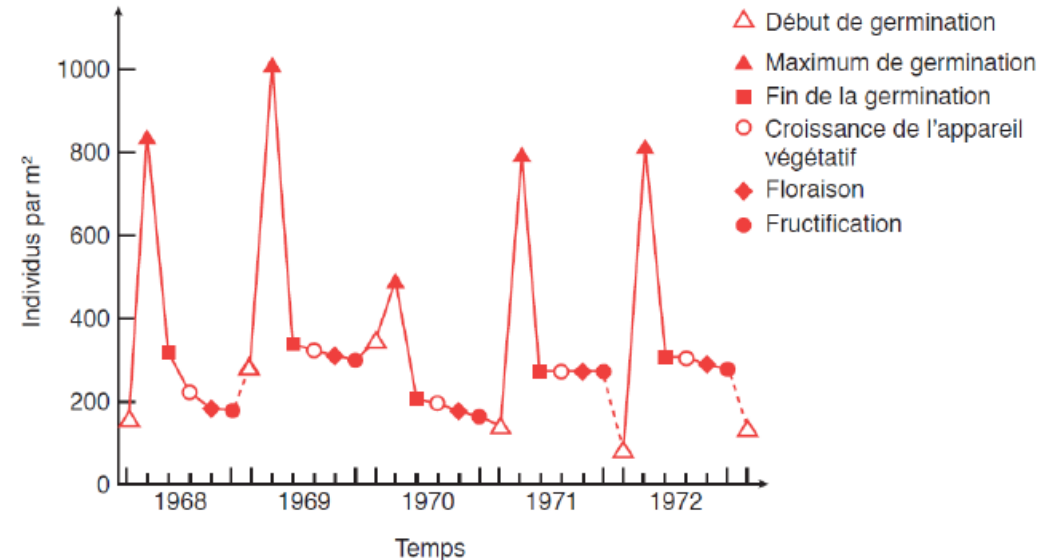
- A. Méthodes d'estimation des effectifs
- B. Une croissance de population exponentielle non densité dépendante
- C. Une croissance logistique densité dépendante
- D. Des facteurs externes influencent la croissance de la population

D. DES FACTEURS EXTERNES À LA POPULATION INFLUENCENT ÉGALEMENT SA CROISSANCE

I. Des facteurs du biotope indépendants de la densité

Le biotope

- **Fluctuations du biotope** ⇒ effet positif ou négatif sur l'effectif d'une population.
- Ces fluctuations concernent...
 - des paramètres physico-chimiques (luminosité, température, hygrométrie...)
 - des paramètres climatiques
 - des ressources minérales du sol
 - des agents polluants...
- Ces fluctuations peuvent être...
 - cycliques : alternance jour/nuit, saison
 - épisodiques : sécheresse, inondation



Variations saisonnières d'effectifs dans une population d'Androsace du Nord (*Androsace septentrionalis*) (Segarra, 2015)



Famille des Primulacées genre *Androsace*

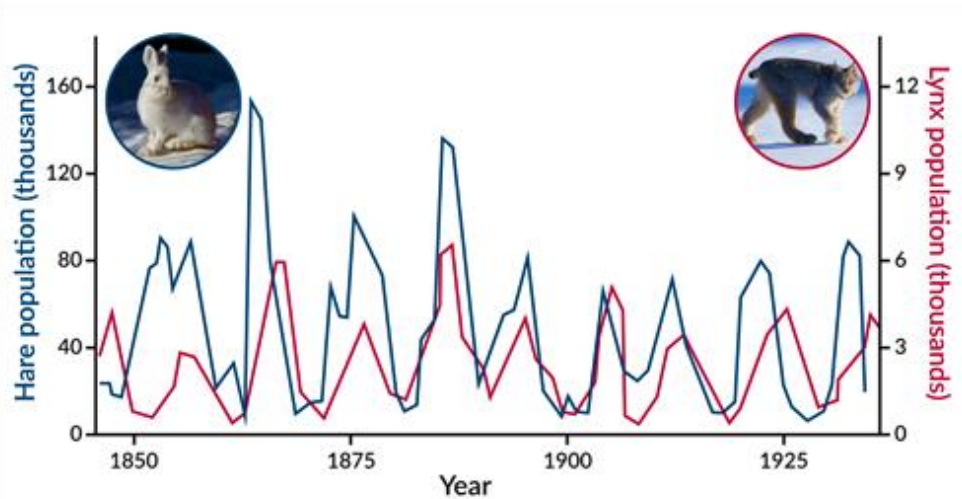
II. ETUDE DE LA VARIATION D'EFFECTIFS DE POPULATIONS: LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS

D. DES FACTEURS EXTERNES À LA POPULATION INFLUENCENT ÉGALEMENT SA CROISSANCE

2. Les relations interspécifiques influencent la croissance des populations : exemple des relations proie-prédateur

2. 1. Observations naturelles et expérimentales

- Etude simultanée des populations de proies (N) et de leurs prédateurs (P)



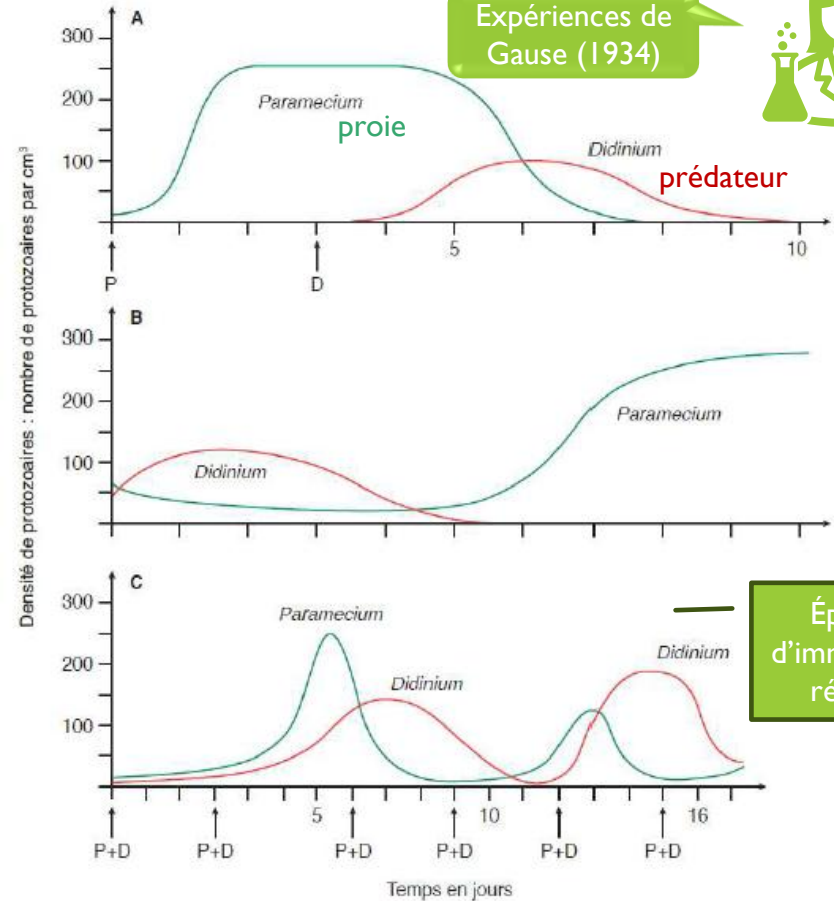
Fluctuations démographiques chez les lièvres d'Amérique et les lynx du Canada, en Alaska

(Campbell & Reece, 2004)

Rem : Dans le cas des populations naturelles, les résultats sont rarement aussi clairs car la dynamique des pop sont dues à de nombreux autres facteurs que la relation proie/prédateur



Expériences de Gause (1934)



Épisodes d'immigrations régulières

Expérience de Gause (1934)

A : introduction de Didinium (prédateur) dans une culture de Paramecium (proie) où la pop est stabilisée

B : Coculture simultanée de Paramecium et Didinium dans un milieu avec zones de refuge pour les proies

C : Paramecium et Didinium sont introduits simultanément et régulièrement dans le milieu

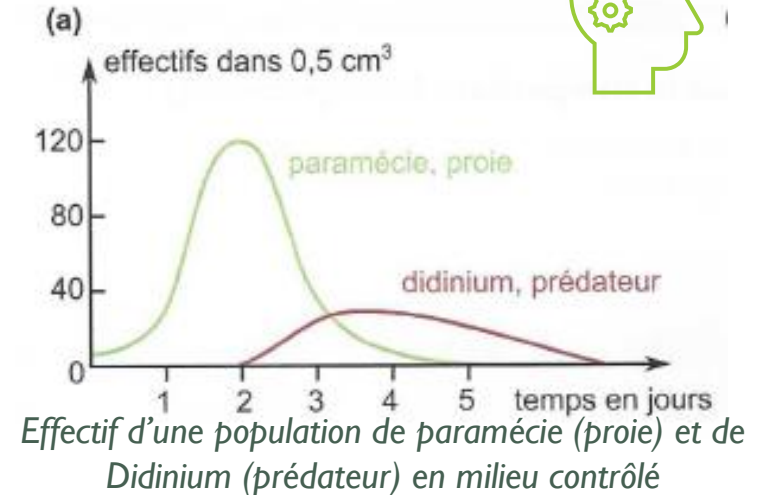
D. DES FACTEURS EXTERNES À LA POPULATION INFLUENCENT ÉGALEMENT SA CROISSANCE



2. Les relations interspécifiques influencent la croissance des populations : exemple des relations proie-prédateur

2.2 Le modèle de Lotka-Volterra (1925)

Modèle de Lotka -Volterra (1925-26) = **modèle proie-prédateur**



■ Hypothèses :

- Absence d'émigration/immigration
- 2 espèces : une proie (N) et un prédateur (P)
- K n'est jamais atteint pour les proies → **pas de compétition intraspécifique**
- La population de proies (N) subit une surmortalité par prédation
- La population de prédateurs (P) connaît une surnatalité grâce aux proies

■ Modélisation mathématique :

- Accroissement de la **population de proie** (dN) sur un temps court (dt) :

$$\frac{dN}{dt} = (r_N - k_N \cdot P) \cdot N$$

- Accroissement de la **population de prédateurs** (dP) sur un temps court (dt) :

$$\frac{dP}{dt} = (k_P \cdot N - r_P) \cdot P$$

N : effectif des proies

P : effectif des prédateurs

r_N : taux d'accroissement intrinsèque des proies

k_N : taux d'attaques par prédateurs

k_P : facteur de conversion des jeunes en prédateurs

r_P : taux de mortalité des prédateurs

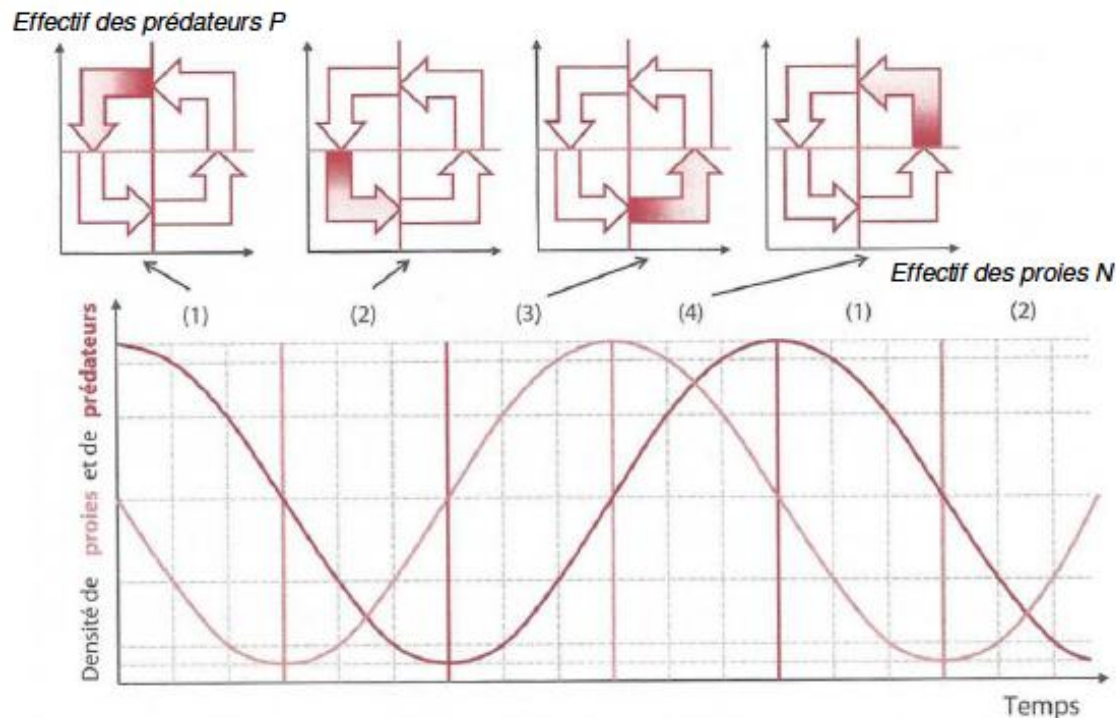
D. DES FACTEURS EXTERNES À LA POPULATION INFLUENCENT ÉGALEMENT SA CROISSANCE



2. Les relations interspécifiques influencent la croissance des populations : exemple des relations proie-prédateur

2.2 Le modèle de Lotka-Volterra (1925)

- Dans un système idéal (à l'équilibre), le modèle prévoit une oscillation des effectifs avec un rythme régulier, le pic d'effectif des proies précédant celui des prédateurs.



- 1) La population de prédateurs est forte, elle maintient la population de proies à un faible niveau. Mais, comme il n'y a pas beaucoup de proies, la population de prédateurs a une faible reproduction et diminue. Elle est cependant toujours importante et la population de proies continue de diminuer.
- 2) La population de prédateurs est maintenant faible. La population de proies se met à augmenter parce que la prédation est faible. Par contre, la population de proies est encore à un bas niveau et elle est insuffisante pour la population de prédateurs qui continue de baisser.
- 3) La disponibilité en proies est devenue satisfaisante et la population de prédateurs se remet à augmenter. Par contre, comme elle est encore faible, la prédation reste négligeable et la population de proies continue d'augmenter.
- 4) La population de prédateurs est maintenant forte et la population de proies commence à diminuer sous l'effet de la prédation. Comme la disponibilité en proies reste suffisante, la population de prédateurs continue d'augmenter. Puis retour à (1)...

Décomposition de la dynamique cyclique Lotka-Volterra (Tirard, 2012)

II. ETUDE DE LA VARIATION D'EFFECTIFS DE POPULATIONS: LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS

D. DES FACTEURS EXTERNES À LA POPULATION INFLUENCENT ÉGALEMENT SA CROISSANCE

2. Les relations interspécifiques influencent la croissance des populations : exemple des relations proie-prédateur

2.2 Le modèle de Lotka-Volterra (1925)

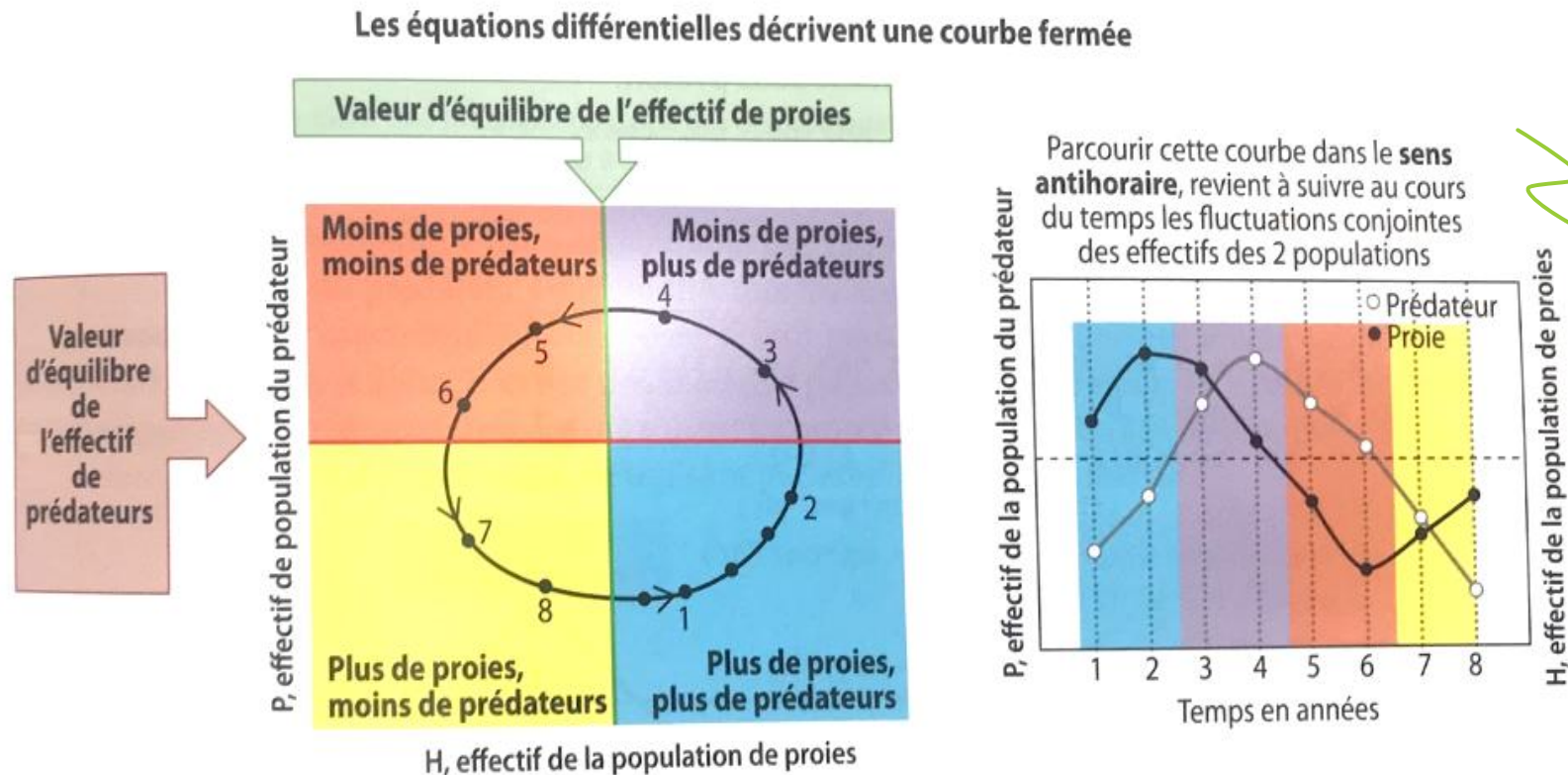


Figure 36 : Les populations de proies et de prédateurs fluctuent de façon cyclique, selon quatre phases (Biologie BCPST 1^{ère} année, Vuibert ed 2021)

II. Etude de la variation d'effectifs de populations: la dynamique des populations

D. DES FACTEURS EXTERNES À LA POPULATION INFLUENCENT ÉGALEMENT SA CROISSANCE

2. Les relations interspécifiques influencent la croissance des populations :

exemple des relations proie-prédateur

$$\frac{dN}{dt} = (r_N - k_N \cdot P) \cdot N$$

$$\frac{dP}{dt} = (k_P \cdot N - r_P) \cdot P$$

2.3. Interprétation et limites

■ Interprétation :

- Le **taux d'accroissement max des prédateurs (P)** se situe au moment de l'effectif max de ses proies (N)
 - Le taux de multiplication du prédateur dépend de la disponibilité de sa nourriture.
- Les **oscillations** des deux populations sont donc de **même fréquence** mais **décalées dans le temps**.

■ Limites :

- Les oscillations des pop de proies peuvent être dues à d'autres prédateurs ou facteurs (parasites, des variations saisonnières, un manque de ressources...)
- Les prédateurs ont en général plusieurs proies
- Les pop de certaines proies (à stratégie K) sont non oscillantes
- Le taux d'attaque dépend de nombreux facteurs (\neq cte)

N : effectif des proies

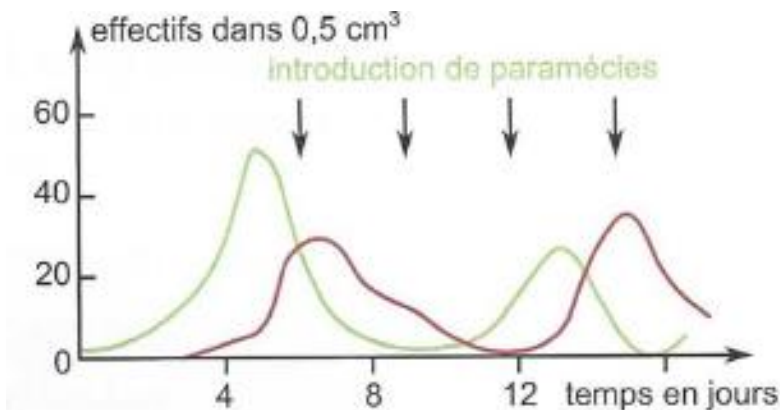
P : effectif des prédateurs

r_N : taux d'accroissement intrinsèque des proies

k_N : taux d'attaques par prédateurs

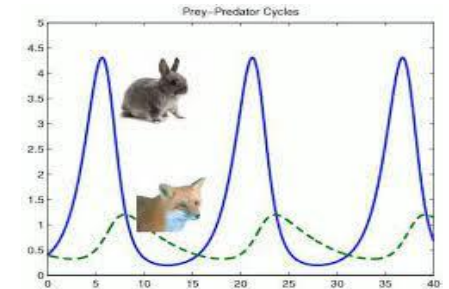
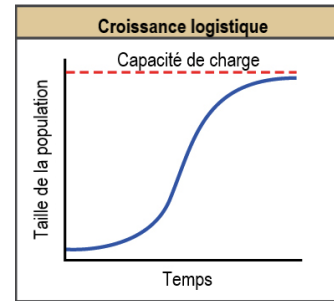
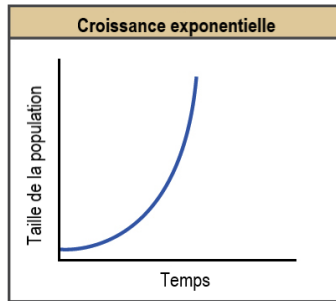
k_P : facteur de conversion des jeunes en prédateurs

r_P : taux de mortalité des prédateurs



Effectif d'une population de paramécie (proie) et de Didinium (prédateur) en milieu contrôlé

II. ETUDE DE LA VARIATION D'EFFECTIFS DE POPULATIONS: LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS



	Modèle exponentiel	Modèle logistique	Modèle de Lotka-Volterra (proie-prédateur)
Contexte d'utilisation	Adapté pour modéliser les phases de colonisation (ou éventuellement de déclin) des effectifs de pop où le taux d'accroissement (r) est +/- constant	Adapté pour modéliser l'influence négative de l'augmentation de densité au cours de l'occupation du milieu. Pour des pop qui atteignent une certaine stabilité	Adapté pour modéliser l'influence relative d'une proie (resp. un prédateur) sur son prédateur (resp. sa proie).
Limites	<ul style="list-style-type: none"> • Si $r > 0 \rightarrow$ croissance exponentielle infinie. Or les ressources du milieu sont limitées ce qui contraint les effectifs • Si $r < 0 \rightarrow$ déclin en tendant vers 0 sans jamais l'atteindre (asymptote) • Domaine de validité restreint puisque r n'est pas constant dans le temps 	<ul style="list-style-type: none"> • En modélisation en temps continu, les effectifs tendent vers K sans jamais l'atteindre (asymptote). Or on observe souvent des oscillations autour de K. • Le densité est considérée comme ayant toujours un effet négatif sur le taux d'accroissement. Or c'est faux (cf. effet Allee) 	<ul style="list-style-type: none"> • Les oscillations des pop de proies peuvent être dues à d'autres facteurs que les prédateurs • Les pop de certaines proies (à stratégie K) sont non oscillantes.
Modèle mathématique	$\frac{dN}{dt} = r \cdot N$ <p>$r = B - D$ = taux d'accroissement intrinsèque</p>	$\frac{dN}{dt} = r_{max} \cdot \left(1 - \frac{N}{K}\right) \cdot N$ <p>$K =$ capacité limite du milieu</p>	$\frac{dN}{dt} = (r_N - k_N \cdot P) \cdot N$ $\frac{dP}{dt} = (k_P \cdot N - r_P) \cdot P$ <p>N : effectif des proies P : effectif des prédateurs r_N : taux d'accroissement intrinsèque des proies k_N : taux d'attaques par prédateurs k_P : facteur de conversion des jeunes en prédateurs r_P : taux de mortalité des prédateurs</p>

SUJETS D'ORAUX

- Les effectifs des populations et leurs variations (2023)
- Structures et dynamiques des populations
- Les relations intraspécifiques : diversité, modalités, conséquences (2023)

