

ENSEIGNEMENT DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (SVT)
°° SCIENCES DE LA VIE °°
>> Cours <<

Chapitre 16

Écologie 1

Les populations et leur démographie

COURS COMPLET RÉDIGÉ

Objectifs : extraits du programme

SV-J Populations et écosystèmes (BCPST 1)

Dans cette partie, les populations sont appréhendées sous l'angle de la dynamique des populations. L'aspect évolutif est développé dans la partie évolution et phylogénie. Le concept d'écosystème est abordé à partir de l'exemple de la prairie pâturée en zone tempérée, exemple qui sera complété, pour certains aspects, par celui de l'écosystème forestier tempéré. L'exemple de la pâture permet de définir l'organisation d'un écosystème et de montrer son fonctionnement, tout en prenant en compte l'importance des interventions humaines (« agroécosystème »). Cette partie met en place un canevas général d'analyse de la structure et du fonctionnement des écosystèmes et s'appuie sur des exemples d'organismes présents dans ces écosystèmes et vus ailleurs dans le programme. Les concepts d'écologie sont remobilisés dans les parties de biogéosciences (les grands cycles biogéochimiques, le sol et le climat de la Terre).

Savoirs visés

SV-J-1 Les populations et leur démographie

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).

Précisions et limites :

Les modèles à mémoriser sont ceux de la croissance exponentielle et de la croissance logistique. Le formalisme mathématique du modèle de prédation de Lotka-Volterra n'est pas à mémoriser.

Liens :

Reproduction des organismes et effectifs des populations (SV-G)
Stratégie r et K (SV-G-3)
Relations interspécifiques (SV-J-2-2)
Dynamique des écosystèmes (SV-J-2-4)
Valeur sélective ; forces évolutives (SV-K-1)
Activités de terrain
Mathématiques – informatique

Introduction

Une **population** désigne **l'ensemble des êtres vivants qui vivent dans un lieu donné et appartiennent à la même espèce (encadré A)**. Ce sont donc des **individus qui interagissent entre eux (interactions intraspécifiques)** mais aussi **avec les autres espèces présentes dans l'écosystème (interactions interspécifiques)** ou encore leur **milieu physico-chimique (= biotope)**. L'étude de l'organisation et du fonctionnement des écosystèmes sera surtout abordée dans le chapitre suivant (**chapitre 20**). Leur étude fait partie d'un vaste domaine des **sciences de la vie** qu'on appelle **écologie** (du grec *oikos*, maison, habitat) et qui désigne la **science qui étudie les relations des organismes vivants entre eux et avec leur milieu de vie**.

Il ne faut pas confondre « **écologie** » et « **écologisme** » (même si **le premier mot est très souvent employé, surtout de nos jours, dans le sens du second**) : l'**écologie** est une **science**, l'**écologisme** est un **courant (politique, philosophique, éthique...) militant**.

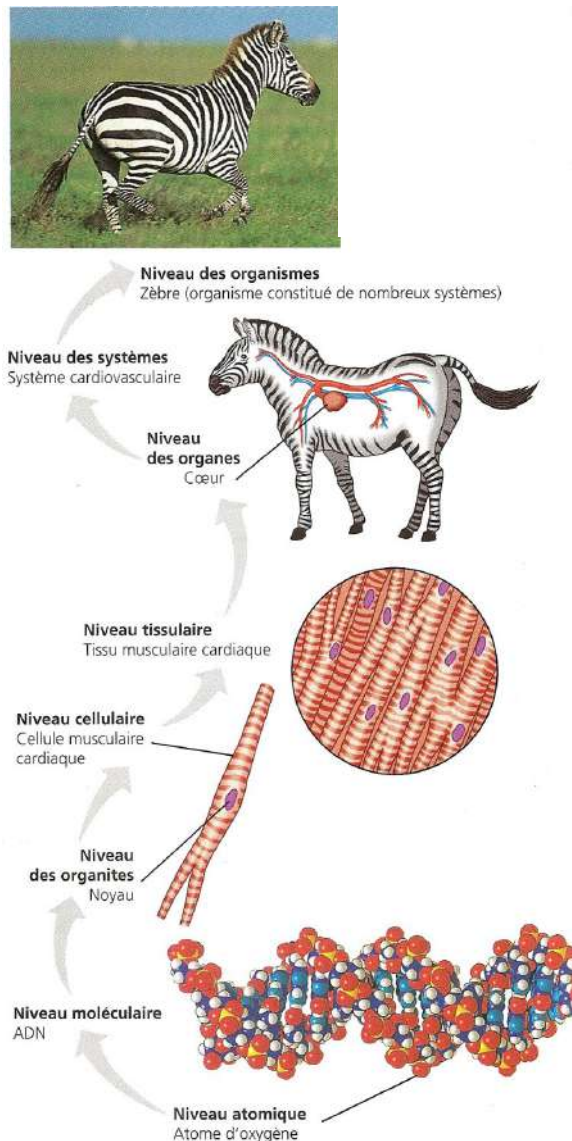
L'étude des populations s'appelle **biologie des populations, écologie des populations** ou encore **démécologie (= démo-écologie)**. Elle comprend, au sens le plus large :

- **L'étude de la structure des populations**, c'est-à-dire de la **démographie** et de la **répartition des individus** qui la composent.
- **L'étude de leurs fluctuations démographiques** qu'on peut appeler **dynamique des populations**.
- **L'étude de la diversité génétique en leur sein et son évolution dans le temps** qu'on peut appeler **génétique des populations** et qui présente des **liens avec la biologie évolutive**. Ces aspects ont déjà été abordés en **première année (chapitre 16. Aspects chromosomiques et génétiques de la reproduction)** et seront repris également dans le cadre de l'étude de l'évolution (**chapitre 21. Mécanismes de l'évolution**).

Comment se structurent les populations ? Comment évoluent-elles au cours du temps ? Comment leurs caractéristiques écologiques influencent-elles leur structure génétique ?

Encadré A Les niveaux d'organisation du vivant

Les niveaux de base

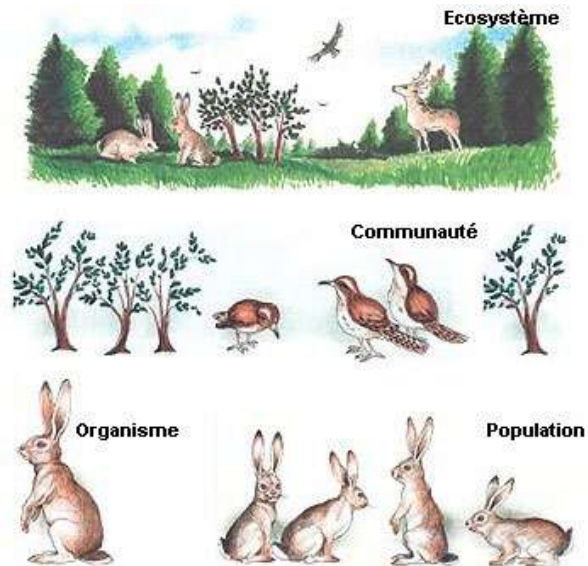


▲ FIGURE a. **Niveaux d'organisation du vivant : de l'atome à l'organisme.**
D'après CAMPBELL & REECE (2004).

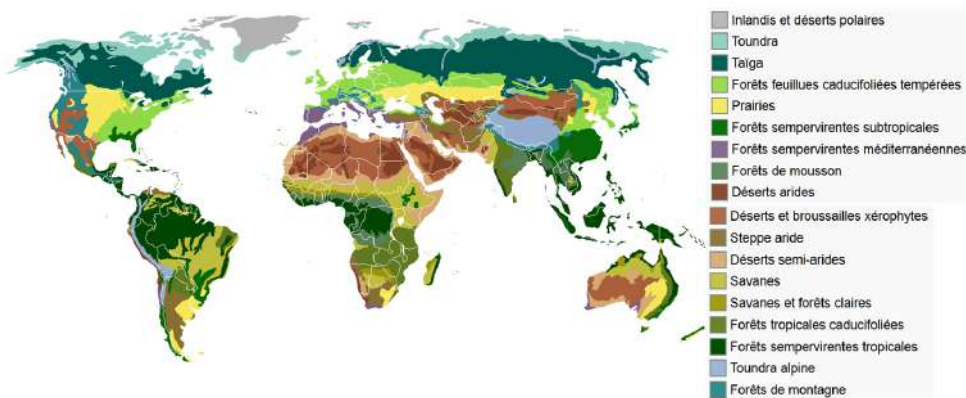
- **Atome** : très petite unité qui compose tout matériau constituée de protons, de neutrons et d'électrons. Ordre de grandeur : 10^{-10} m (= 0,1 nm = 1 ångström = 1 Å)
 - **Molécule** : ensemble d'atomes liés entre eux par des liaisons covalentes. Ordre de grandeur : 10^{-9} m (1 nm).
 - **Compartiment cellulaire** : portion de liquide située dans une cellule et séparée du reste de la cellule par une membrane. Un ou plusieurs compartiments peuvent former un **petit organe cellulaire spécialisé dans une fonction** qu'on appelle **organite**. Ordre de grandeur : 10^{-6} m (1 μ m).
 - **Cellule** : unité structurale et fonctionnelle de base d'un être vivant, comprenant généralement une information génétique, un cytoplasme et une membrane. Ordres de grandeur (indicatifs mais à connaître !) de cellules types :
 - > Taille moyenne d'une cellule animale (y compris humaine) typique : 10 μ m
 - > Longueur moyenne d'une cellule végétale (Angiosperme) typique : 100 μ m
 - > Taille moyenne d'une cellule bactérienne typique : 1 μ m
- (!) Ces ordres de grandeur sont à connaître absolument ! Ils permettent de se repérer quantitativement dans le monde biologique mais aussi de mettre des échelles sur les schémas dans les copies.
- **Tissu** : ensemble de cellules de même type, présentant la même structure générale et la même fonction. Exemple : tissu épithélial.
 - **Organe** : assemblage organisé de plusieurs tissus dans un ensemble fonctionnel qui assure une ou des fonctions précises au sein de l'organisme. Exemple : cœur.
 - **Système ou Appareil** : ensemble d'organes coopérant dans la réalisation d'une grande fonction dans l'organisme. Exemple : appareil cardiovasculaire
- > Certains auteurs font une distinction fort subtile entre système et appareil chez les Animaux : un **appareil** serait constitué d'organes bien individualisés (appareil digestif, appareil reproducteur...) alors qu'un **système** serait constitué de tissus semblables mais à répartition diffuse (système nerveux, système immunitaire).
- > La frontière entre les deux est toutefois parfois tellement ténue que cette distinction paraît peu utile et peu pertinente (ex. **appareil circulatoire** : le cœur est bien individualisé mais les vaisseaux sont omniprésents dans toutes les structures biologiques).
- **Organisme ou individu** : 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, maintient un fonctionnement et une organisation stables à courte échelle de temps, et meurt.

Les niveaux écologiques

- **Population** : ensemble des individus d'une même espèce qui vivent dans un lieu donné. Exemple : tous les lapins d'une prairie.
- **Peuplement, guild, cohorte** : ensemble des individus d'un même groupe taxonomique qui vivent dans un lieu donné. Exemple : tous les Mammifères d'une prairie.
- **Biocénose ou communauté** : ensemble de toutes les populations (donc de tous les êtres vivants) qui vivent dans un lieu donné. Exemple : tous les êtres vivants d'une prairie.
- **Écosystème** : ensemble fonctionnel comprenant les êtres vivants qui vivent dans un lieu donné (**biocénose**) et le milieu physico-chimique dans lequel ils vivent (**biotope**), ainsi que toutes les interactions existant entre ces entités. Exemple : une prairie.
- **Paysage** : ensemble d'écosystèmes plus ou moins différents mais interconnectés où l'homme exerce une influence variable (de nulle à très forte). Ex. le Nord de la Madeleine.
- **Biome** : ensembles de paysages en lien avec un climat particulier, notamment caractérisés par un type prédominant de végétation naturelle (figure c) Exemples : toundra, forêt caducifoliée, désert... >> Les biomes peuvent être regroupés en **zones biogéographiques** ou **écozones** (figure d).
- **Biosphère** : ensemble de tous les êtres vivants de la planète, et de tous les milieux qu'ils habitent.



▲ **FIGURE b. Niveaux d'organisation du vivant : de l'individu à l'écosystème.**
www.astrosurf.com (août 2015)



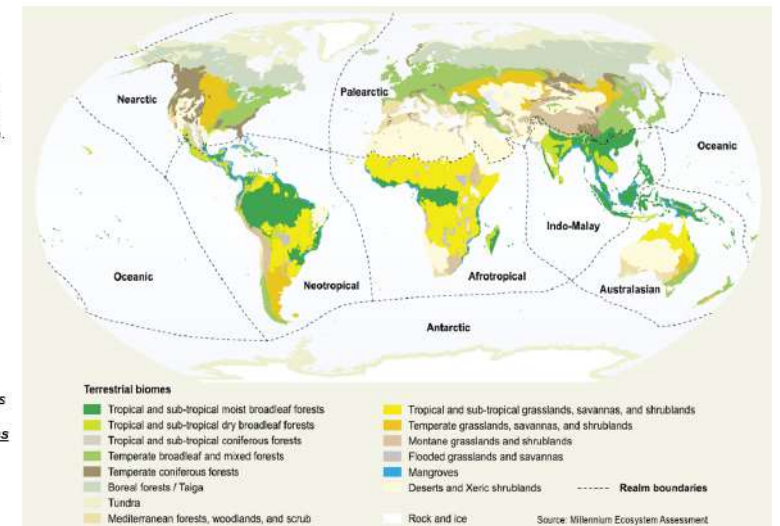
▲ **FIGURE c. Principaux biomes terrestres.** D'après Wikipédia (août 2015)

Écozones

Régions biogéographiques d'échelle mondiale représentatives d'une unité écologique à grande échelle.

Holarctique
Néarctique
Paléarctique
Afrotropical
Indo-malais
Océanien
Néotropical
Australasien
Antarctique

NB Existence d'ensembles biogéographiques plus petits nommés écorégions (env. 800 sur le globe)



▲ **FIGURE d. Biomes terrestres regroupés en écozones.** D'après MEA (2005)

I. Les populations, pièces élémentaires des systèmes écologiques structurées par des facteurs variés [= nature et structure des populations]

A. La population, ensemble d'individus d'une même espèce dans un lieu donné

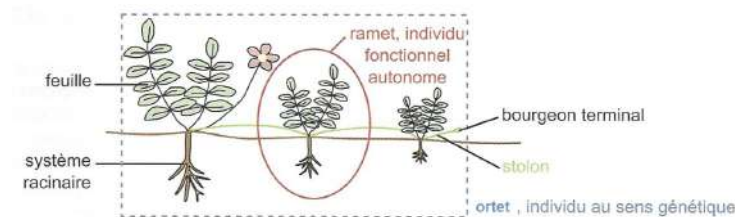
1. Une définition simple...

- Comme nous l'avons rappelé, on peut appeler **population** l'ensemble des individus d'une même espèce qui vivent dans un lieu donné.

2. ... qui présente toutefois des limites dans la pratique

a. Notion d'individu

- Un **individu** est, nous l'avons aussi rappelé (encadré A), un 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, maintient un fonctionnement et une organisation stables à courte échelle de temps, et meurt.



▲ FIGURE 1. Ortet et ramet : un exemple de limite à la notion « d'individu ».
D'après PEYCRU et al. (2014), corrigé.

- Si cette notion ne pose pas de difficultés pour les Animaux, elle peut en poser pour d'autres organismes comme les 'plantes', 'champignons', Bactéries... :
- Ainsi, pour une plante ou un champignon (figure 1), tous les organismes formés à partir du zygote d'une graine ou d'une spore et ensuite par clonage (reproduction asexuée) forment un **ortet** qui, sur le plan génétique, forme un seul individu globalement unique (aux mutations près – et avec un *pattern* épigénétique pouvant varier) ; toutefois, **chaque plant ou carpophore (ou chaque Bactérie...)** constitue un seul individu sur le plan fonctionnel que l'on nomme **ramet**. On voit donc qu'ici la définition retenue impactera nécessairement l'effectif de la population étudiée (dans les faits, on considère le plus souvent les ramets).

b. Notion d'espèce

- Comme nous l'avons vu en première année (chapitre 22. Systématique et relations de parenté entre organismes), le concept d'espèce peut avoir plusieurs définitions : biologique, morphologique, écologique, évolutive... Là encore, les cas litigieux peuvent conduire à des interprétations différentes des contours de la population.

c. Échelle spatiale

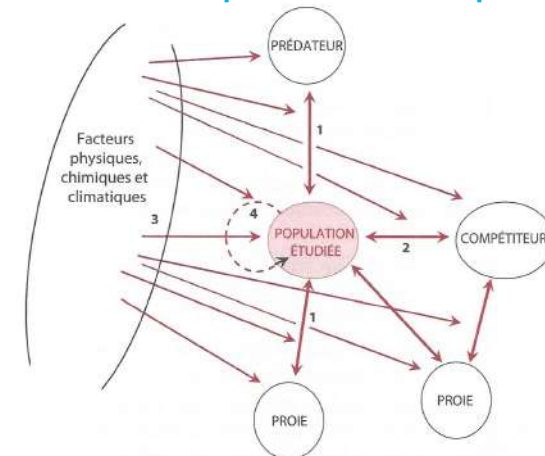
- Nous avons dit qu'une population est considérée dans un « lieu donné ». Ainsi, on pourra considérer la **population d'une Bactérie** sur une feuille, un arbre, dans une forêt... La **population est généralement étudiée par les écologues à l'échelle d'un écosystème** mais encore faut-il définir les **limites de l'écosystème**, ce qui repose généralement sur un **choix de l'écologue** (voir chapitre suivant sur les écosystèmes).
- Dans la pratique, l'idée est qu'une **population** comprend des **individus d'une même espèce suffisamment proches pour interagir entre eux et être potentiellement capables de réaliser des échanges génétiques par reproduction**.

En extrapolant, rien n'interdit de considérer la **population mondiale** d'une espèce, ce que font bon nombre de spécialistes de **démographie humaine** par exemple.

3. Un ensemble qui n'est pas hermétiquement clos mais interagit avec son environnement

- Par **environnement**, on entendra dans ce cours tout simplement **les entités matérielles qui entourent l'entité étudiée**.
- Ainsi, l'environnement d'une population désigne : les autres espèces présentes dans l'écosystème, le **biotope**, les **populations des écosystèmes alentour**...

a. Les populations, des entités membres de systèmes écologiques : interactions avec les autres espèces et avec le biotope



Représentation schématique d'un système écologique.

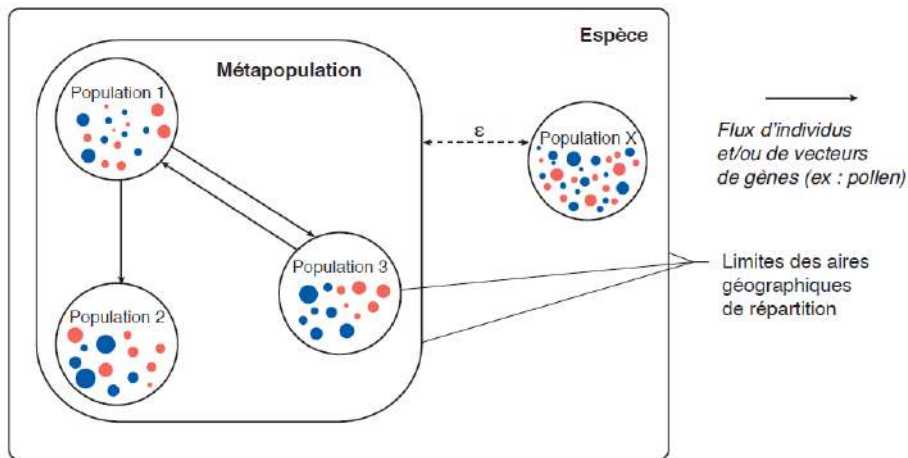
Les populations naturelles ne sont jamais isolées : elles peuvent présenter entre elles des interactions diverses — de prédation (1), de compétition (2), de coopération (longtemps négligées et non figurées) — et sont soumises aux facteurs physico-chimiques du milieu (3). Les individus à l'intérieur d'une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

▲ FIGURE 2. Les populations, entités intégrées dans un système écologique.
D'après TIRARD et al. (2012).

- Un **système écologique** désigne tout système impliquant **des entités écologiques (individu, populations, écosystèmes...)** **entretenant des relations entre elles**.
- Si bien entendu **les individus d'une population entretiennent des relations entre eux (relations intraspécifiques)**, les populations entretiennent des **relations avec leur environnement (figure 2)** :
 - Avec les autres espèces = **interactions interspécifiques** (symbiose, parasitisme, amensalisme, prédation...)
 - Avec le **biotope** : **facteurs climatiques** (précipitations, humidité, température), **facteurs édaphiques** (= *liés au sol*), autres **facteurs physiques et chimiques** (lumière / ombre / obscurité, présence d'une substance...)

b. Les populations, des entités échangeant des individus (et donc des gènes) avec les populations alentour : notion de métapopulation

- On appelle **métapopulation (figure 3)** un **ensemble de populations séparées spatialement (dans des écosystèmes plus ou moins proches ou éloignés) mais qui échangent des individus (et donc des allèles) entre elles**.
- Les métapopulations s'étudient généralement à l'échelle des paysages (**encadré B**).
- On peut ainsi considérer qu'une **population** n'est rien d'autre qu'un **fragment de métapopulation**.



ε : flux génétiques faibles ou inexistants.

▲ FIGURE 3. **Notion de métapopulation**. D'après SEGARRA et al. (2015).

Encadré B Quelques éléments d'écologie du paysage

Pour information ? – d'après mon cours de Capes

Les paysages, des mosaïques d'écosystèmes interdépendants



Campagne allemande près des Vosges

Forêts, champs cultivés, plan d'eau, haies, ville (maisons et jardins), champs en jachères, chemins, routes... Un paysage est constitué de nombreux écosystèmes proches et différents où l'homme intervient plus ou moins.

<http://club.doctissimo.fr/sola/ciel-vosges-33/photo/campagne-allemande-880.html#photo-874-f57-809044-jpg>

Les écosystèmes ne sont pas des entités isolées : ils s'inscrivent dans des ensembles géographiques plus larges qu'on appelle paysages.

Un **paysage**, en écologie, est un **ensemble d'écosystèmes plus ou moins différents mais interconnectés où l'homme exerce une influence variable** (de nulle à très forte).

Les écosystèmes d'un paysage **échantillent des individus d'une même espèce** (flux de gènes d'où influence sur la **diversité génétique**) voire des **espèces** (rôle sur la **diversité spécifique**). Ces flux et l'**activité anthropique** contribuent à modifier les écosystèmes (influence sur la **diversité écologique**).

Quelques concepts courants en écologie du paysage

L'**écologie du paysage** est une discipline récente de quelques décennies seulement « qui a pour objectif de comprendre les relations entre les fonctionnements écologiques et la structure et l'organisation des paysages. Elle prend en compte explicitement les relations spatiales entre les éléments du paysage, l'histoire et la gestion actuelle en lien avec les activités humaines » (F. BUREL, en ligne). Elle s'appuie dès lors sur un cadre conceptuel dont nous donnons ici quelques grandes lignes.

Hétérogénéité des paysages (ou **homogénéité**) : **estimation de la diversité des habitats (diversité écologique) au sein d'un paysage ou d'une aire d'étude quelconque**.

Fragmentation : **estimation de la dispersion d'un type d'écosystème (par exemple, fragmentations des habitats forestiers au sein d'un paysage)**.

Les paysages hétérogènes et fragmentés sont qualifiés de **paysages mosaïques**.

Métapopulation : **ensemble de populations d'une espèce donnée qui échangent des individus entre écosystèmes séparés spatialement**.

Corridor biologique (= écologique) : **élément de connexion entre deux écosystèmes où les individus d'écosystèmes proches peuvent migrer relativement aisément**.

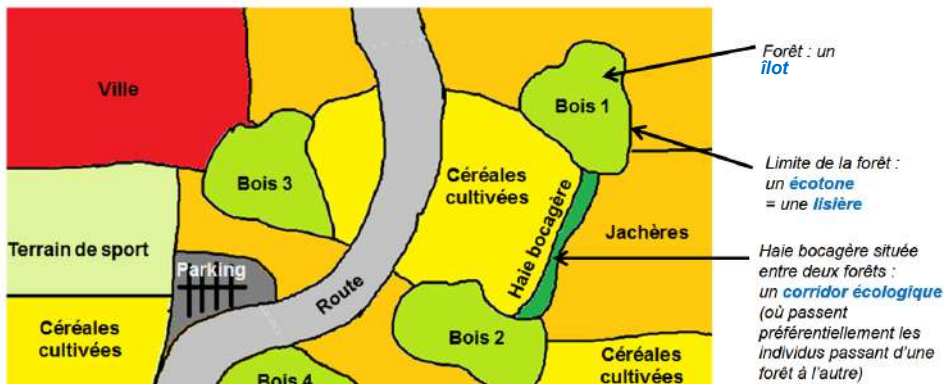
Ils peuvent jouer un rôle d'habitat, de refuge, de conduit ou de barrière. Le corridor biologique **facilite le déplacement des individus dans une matrice hostile**.

Matrice paysagère (= écopaysagère) : **trame écologique et paysagère dominante d'un paysage dans lequel les autres écosystèmes s'insèrent**. Les écosystèmes parsemés dans la matrice sont souvent appelés **taches** ou **îlots**.

Connectivité entre deux écosystèmes d'un paysage :

- a) **Connectivité spatiale** : **importance du contact entre deux écosystèmes adjacents dans l'espace**.
- b) **Connectivité fonctionnelle** : **capacité qu'ont deux écosystèmes à échanger des individus de telle ou telle espèce (cela n'implique pas que les écosystèmes soient nécessairement connectés spatialement)**.

Écotone (= lisière) : **zone de transition entre deux écosystèmes**.



Les bois (îlots, taches) sont ici un **habitat fragmenté**. On les trouve au sein d'une **matrice** relativement **homogène** qui est ici largement constituée de jachères agricoles dans lesquelles des champs de céréales sont insérés. La **connectivité fonctionnelle** entre le bois 1 et le bois 2 (reliés par un corridor où les espèces forestières peuvent aisément trouver refuge et se déplacer) est supérieure à la connectivité entre le bois 1 et le bois 3 (qui sont séparés par des **aires à forte pression anthropique** réduisant les possibilités d'échanges : route et champ de céréales).

Un paysage semi-rural fragmenté théorique pour comprendre quelques concepts de l'écologie du paysage

B. La structure démographique des populations

- La **structure démographique** d'une population désigne **l'ensemble des paramètres caractérisant les individus de la population d'un point de vue quantitatif, à l'exception des caractères génétiques**. Quelques-uns de ces paramètres sont proposés dans le **tableau I** pour une population de Mésanges.

▼ **TABLEAU I. Quelques caractères démographiques d'une population de Mésanges.**
D'après PEYCRU *et al.* (2014).

COMPOSITION D'UNE POPULATION DE MÉSANGES CHARBONNIÈRES.

Âge (an)	Effectif	Mâles	Femelles	Oufs 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	—

1. Des paramètres quantifiables à un moment donné...

La distinction que je propose entre **paramètres « statiques »** et **« dynamiques »** est **totale** **arbitraire**. J'exprime juste ici l'idée que les **premiers (paramètres « statiques » traités en a)** sont des données pouvant être **caractérisées à un moment donné** – même s'ils **varient** au cours du temps ! –, alors que les **seconds (paramètres « dynamiques » traités en b)** sont justement **ceux qui vont incrémenter ou réduire la population, donc agir sur les premiers**.

a. Effectif

- = **Nombre d'individus dans une population donnée**.

b. Densité

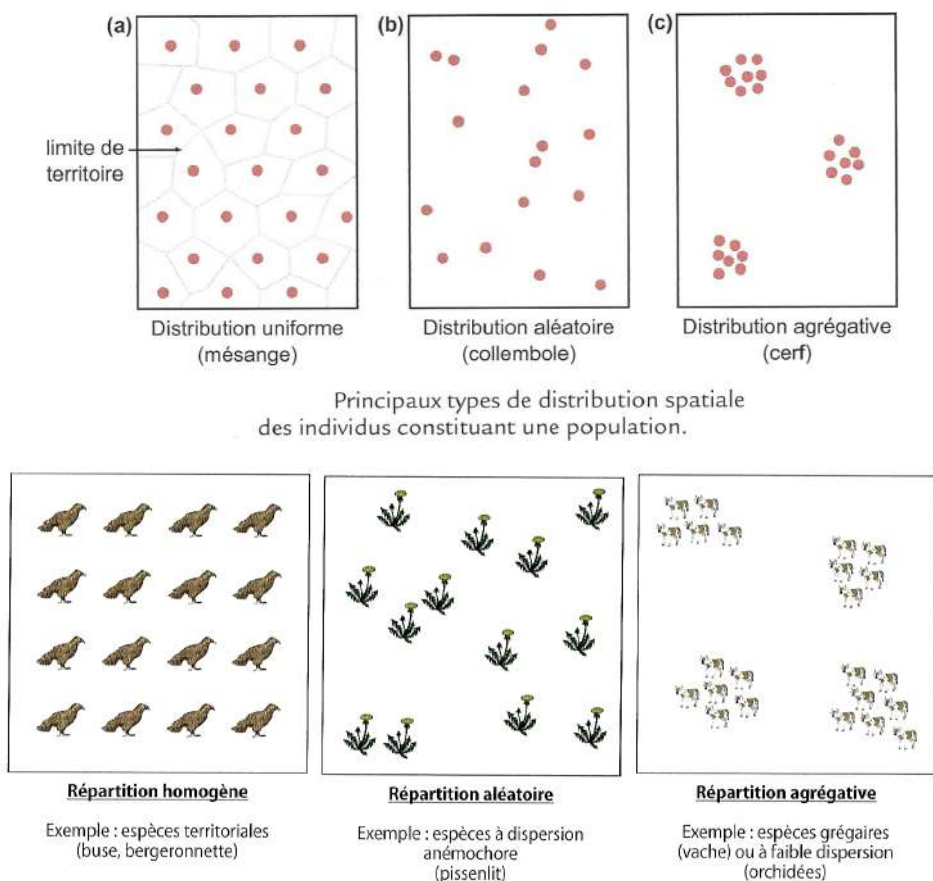
- = **Nombre d'individus d'une population donnée par unité de surface**.
- Une **faible densité** peut être un **obstacle** à la **réalisation des interactions intraspécifiques**, notamment la **rencontre des partenaires sexuels** lors de la reproduction sexuée.

c. Répartition spatiale (horizontale ou verticale)

- Les individus occupent souvent une **localisation donnée** dans l'écosystème, même s'ils peuvent évidemment **s'y déplacer**, voire **changer d'écosystème** (phénomène de **migration**).

a. Trois grands types de répartition horizontale souvent en lien avec la biologie des organismes et/ou les caractéristiques du milieu : **agrégative, uniforme, aléatoire**

- On peut distinguer (**figure 4**) :
 - La **répartition uniforme** : **les organismes sont répartis de manière homogène dans l'écosystème**. Ce cas existe par exemple dans le cas d'individus **territoriaux** ayant des territoires de **taille sensiblement identique** (ex. Mésanges).
 - La **répartition aléatoire** : **les organismes sont répartis de manière hétérogène dans l'écosystème sans tendance particulière**. Cette répartition peut être due par exemple à la **répartition aléatoire d'une ressource nutritive** (cas de certains organismes du sol qui dépendent de la présence ou non d'un débris qu'ils fragmentent).
 - La **répartition agrégative** : **les organismes sont répartis en groupe d'individus rapprochés**. Ce cas existe dans des cas variés :
 - Répartition aléatoire d'une ressource nutritive** (comme le cas précédent) mais entraînant cette fois-ci des **agrégats d'individus** autour de la ressource.
 - Comportements sociaux** (= **formation de sociétés animales** : Fourmis, Mammifères variés...) ou **grégaire** (= **tendance naturelle des individus d'une même espèce à se regrouper** ; on peut penser aux bancs de 'poissons').



▲ FIGURE 4. Types de distribution spatiale (horizontale).
D'après PEYCRU *et al.* (2014) et Dautel *et al.* (2021).

β. Une localisation verticale dans les strates de l'écosystème

- Nous le verrons dans le **chapitre suivant**, les **écosystèmes** sont **stratifiés** (strate hypogée = sol, strate muscinée, strate herbacée, strate arbustive...)
- Les **individus d'une population** occupent généralement, en lien là encore avec leur **biologie** et/ou les **caractéristiques** du milieu, une **position verticale donnée** dans l'écosystème.
Ex. Collemboles vivant dans le sol ; Tardigrades vivant dans les 'mousses' et 'lichens'...

d. Sex-ratio

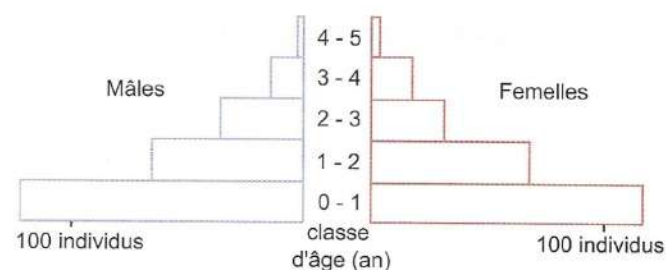
- = **rapport du nombre de mâles sur le nombre de femelles** (pour les **espèces à individus unisexués**).

*Le mot **sex-ratio** peut être employé au masculin ou au féminin.*

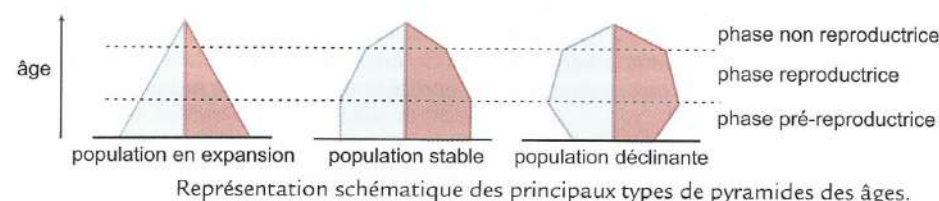
- Le **sex-ratio** est souvent **proche de 1** mais une **surmortalité d'un sexe** (ex. Hyménoptères avec les mâles qui meurent plus tôt que les femelles) ou une **dispersion différente dans les milieux d'un sexe ou l'autre** (ex. rapprochement des femelles² près de sites de ponte) peut engendrer une **modification de ce paramètre**.
- Notons aussi que l'existence de la **parthénogenèse** (= **production d'individus mâles ou femelles à partir d'ovocytes non fécondés**) peut affecter le **sex-ratio**.

e. Âge des individus

- On s'intéresse surtout à la **structure d'âge** des **populations**, c'est-à-dire la **répartition des individus par classe d'âge** ; on en rend compte graphiquement par des **pyramides des âges** (figure 5).



Pyramide des âges de la population de mésanges charbonnières étudiée avec les effectifs de la première année d'observation.

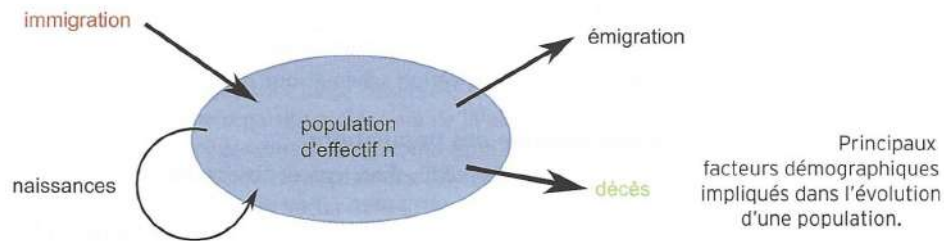


▲ FIGURE 5. Pyramides des âges (exemple en haut et typologie en bas).
D'après PEYCRU *et al.* (2014).

- Les **pyramides des âges** permettent de distinguer (figure 5) :
 - Des **populations en expansion** où **les descendants sont plus nombreux que les parents**.
 - Des **populations stables** où **les jeunes sont aussi nombreux que les adultes en âge de procréer**.
 - Des **populations en déclin** où **les jeunes sont moins nombreux que les adultes en âge de procréer**.

2. ... contrôlés par des paramètres « dynamiques » (natalité, mortalité, migrations) ...

- Les **paramètres démographiques fluctuent** au cours du **temps** : ils sont **contrôlés** par des paramètres que j'ai arbitrairement qualifiés de « dynamiques » (figure 6).
- On s'intéresse ici à l'**effectif global** des populations mais, évidemment, **tous les paramètres** sont potentiellement impactés.



▲ FIGURE 6. Paramètres démographiques contrôlant l'évolution de l'effectif.

D'après PEYCRU *et al.* (2014).

- La variation d'effectif d'une population à dans un laps de temps donné dépend :
 - du nombre d'individus produits par reproduction sexuée ou asexuée (« natalité » n),
 - du nombre d'individus disparus suite au vieillissement ou suite à une cause accidentelle (par exemple : prédation) (mortalité m),
 - du nombre de nouveaux individus arrivés dans le milieu, en provenance d'écosystèmes plus ou moins proches (immigration i),
 - du nombre d'individus partant vers d'autres écosystèmes (émigration e).
- On peut résumer cela par l'équation suivante (ΔN : variation de l'effectif dans un laps de temps donné) :

$$\Delta N = n - m + i - e$$

3. ... résultant des histoires de vie individuelles

a. Notion de traits d'histoire de vie : des paramètres en lien avec la reproduction et la survie des individus impactant l'effectif des populations

- En écologie et en biologie évolutive, il est d'usage d'appeler **traits d'histoire de vie** les caractéristiques liées à la reproduction et à la survie des individus qui affectent la démographie des populations et son évolution.

b. Diversité des traits d'histoire de vie

- On peut citer par exemple :
 - La **survie** des individus (**âge auquel ils décèdent**) qui est liée à leur **espérance de vie** (**âge auquel les individus d'une population décèdent en moyenne**) mais aussi les **aléas individuels**.
 - La **fécondité** des individus (**nombre de descendants par individu, notamment par femelle**).
 - La **viabilité** des individus produits (**survie de chaque individu – ou survie moyenne des individus issus d'une femelle**).
 - Etc.

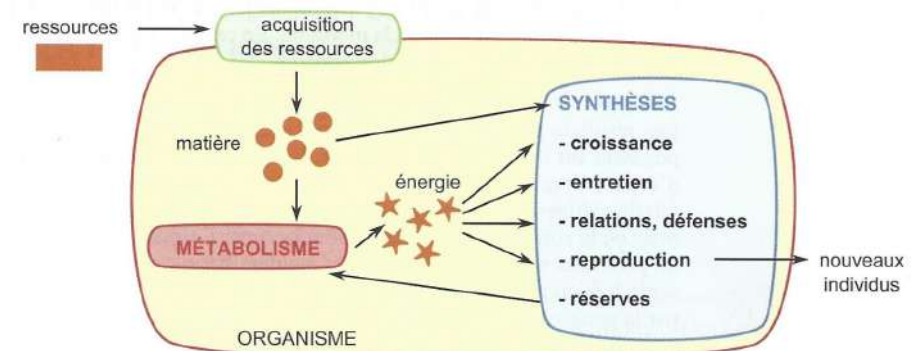
Tous ces paramètres sont envisageables à l'échelle des individus... mais peuvent également être rapportés aux génotypes. Ils seront alors pris en considération en génétique des populations.

c. Impact des histoires de vie individuelles sur l'évolution des populations

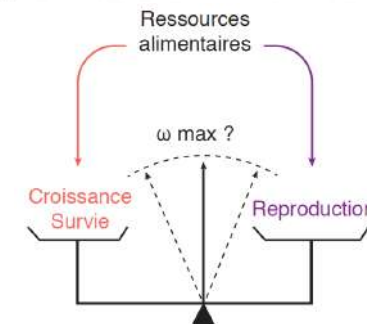
- Les **paramètres démographiques globaux** d'une population sont évidemment la **résultante des histoires de vie** de tous les individus qui composent une population.

d. L'existence d'un compromis entre investissement énergétique dans la reproduction et dans les autres postes de dépense énergétique : notion de trade-off

- Comme les **ressources** sont **limitées** dans un **écosystème**, il existe un **compromis entre dépense énergétique dans la reproduction** (production de gamètes, de réserves embryonnaires, mise en place de comportements reproducteurs complexes...) **et la dépense énergétique allouée aux autres fonctions** (**croissance, déplacement, défenses...**). Ce compromis est **plutôt stable** à l'échelle d'une population et même d'une espèce donnée : on l'appelle **trade-off**.



Place de la reproduction dans la consommation énergétique d'un individu.



▲ FIGURE 7. **Notion de trade-off.** D'après PEYCRU *et al.* (2014) et SEGARRA *et al.* (2015). ω désigne la **fitness** (voir plus loin).

Ce point est à rapprocher des **stratégies r et K** : voir plus loin.

4. Méthodes d'étude et d'évaluation des paramètres démographiques

- L'étude des **effectifs** et des **paramètres démographiques** des populations n'est pas forcément chose aisée dans la nature. Elle est **plus simple en conditions expérimentales**.
- Les **techniques d'étude des effectifs** (et autres **paramètres démographiques**) sont les suivantes (**figure 7bis**) :
 - **Comptage direct** de tous les individus : plutôt réalisé pour les **espèces massives et fixées** (arbres, coraux...)

NB Généralement, le comptage est réalisé sur une parcelle de l'écosystème (méthodes des quadrats, transects...) et extrapolé ensuite à l'ensemble de la surface de l'écosystème.
 - **Échantillonnage / collecte de tous les individus** d'une parcelle (ex. méthode de Berlese pour les sols)
 - **Méthodes de marquage-recapture (= capture-recapture)** : **capture d'individus marqués (parfois numérotés, badgés...)** et **re-lâchage** ; puis **collecte régulière d'individus avec comptage des individus recapturés**. Le travail statistique suivant peut ensuite être appliqué (d'après CAMPBELL & REECE, 2014) :

$$= \frac{\frac{\text{Nombre d'animaux marqués recapturés}}{\text{Nombre total d'animaux capturés la seconde fois}} \times \text{Nombre d'animaux capturés et marqués la première fois}}{\text{Population totale } N}$$

Par conséquent, s'il n'y a pas eu de naissances, de morts, d'immigration ou d'émigration, l'équation simple qui suit donne une estimation de la taille de la population, N :

$$N = \frac{\text{Nombre d'animaux capturés et marqués} \times \text{Nombre d'animaux capturés la seconde fois}}{\text{Nombre d'animaux marqués recapturés}}$$

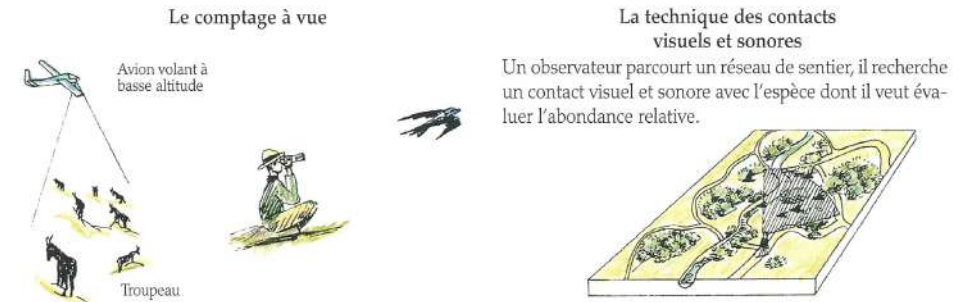
Par exemple, supposons qu'on capture 50 individus chez le Lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*) dans des cages, qu'on leur fixe une étiquette à une oreille et qu'on les libère. Deux semaines plus tard, on capture 100 individus et on vérifie les étiquettes. Si 10 de ces 100 Lièvres d'Amérique portent des étiquettes, on estime que 10 % des membres de la population sont marqués. Comme 50 individus ont été marqués au départ, on estime que la population totale comprend environ 500 Lièvres d'Amérique. Notez que l'on suppose qu'un individu marqué a autant de chances d'être capturé qu'un individu non marqué.

On peut ainsi **suivre des populations dans le temps**.

Notez qu'aujourd'hui, on peut même avoir recours à des **balises** (parfois miniaturisées) pour **suivre des individus** y compris sur d'énormes distances (ex. migrations d'Oiseaux ou d'animaux marins...). La **durée de la batterie** est souvent un facteur limitant.

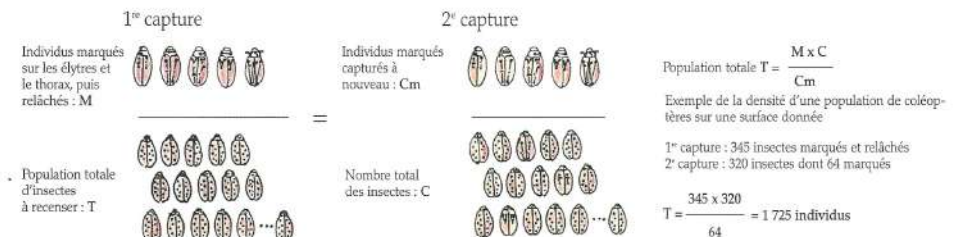
Le comptage direct :

Différentes techniques ne permettent que d'estimer l'abondance relative des différentes espèces



La méthode de capture-recapture (exemple d'une population de coccinelles)

Cette méthode permet d'estimer la densité d'une population. Elle est simple, ne met pas en péril la population, mais reste approximative



L'échantillonnage

Le but de l'échantillonnage est d'obtenir, à partir d'une surface donnée aussi restreinte que possible, une image fidèle de l'ensemble du peuplement. Des méthodes statistiques permettent de tester la représentativité des échantillons prélevés et d'extrapoler les résultats de l'échantillon à l'ensemble de la parcelle.

Un exemple en milieu terrestre : le recensement des insectes

Le carré de ramassage de 1 m² ... ou le biocénomètre



Cette technique est intéressante pour prélever les insectes peu mobiles ou fixés aux plantes.

Il prélève environ 10 % de la population d'insectes volants.

Un exemple d'échantillonnage sur les arbres de la forêt équatoriale : le radeau des cimes



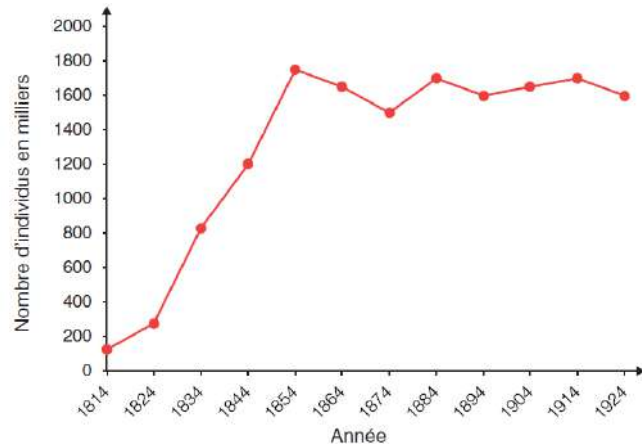
Chaque échantillon de 1 à 3 kg de branches et de feuilles résultant d'un arbre est accompagné d'une fiche d'identification manuelle et informatique.

▲ FIGURE 7bis. **Quelques méthodes de terrain pour recenser les populations.**
D'après FISCHESSE & DUPUIS-TATE (2007).

II. Les populations, ensembles d'individus subissant des fluctuations démographiques [= dynamique des populations]

A. Mise en évidence de variations démographiques dans les populations

- Le **suivi** de n'importe quelle population montre que les **effectifs d'une population** (ainsi que les **autres paramètres de structure démographique** : *sex-ratio*, densité, âge, répartition...) **varient** au cours du temps (exemple : **figure 8**).



▲ **FIGURE 8. Variation d'une population de Moutons introduits sur l'île de Tasmanie (1808-1935).** D'après SEGARRA *et al.* (2015).

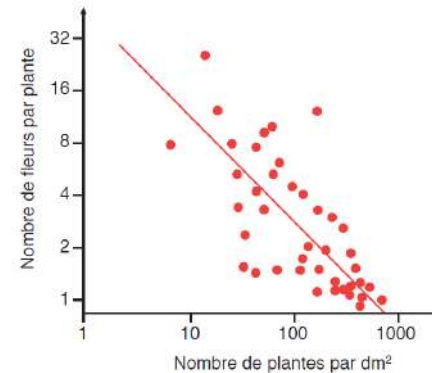
B. Les facteurs influençant ces variations démographiques

- Plusieurs facteurs expliquent les **variations de densité** constatées ; le programme invite à distinguer les **facteurs densité-dépendants** (= **dépendants de la densité des individus de la population**) et les autres facteurs.

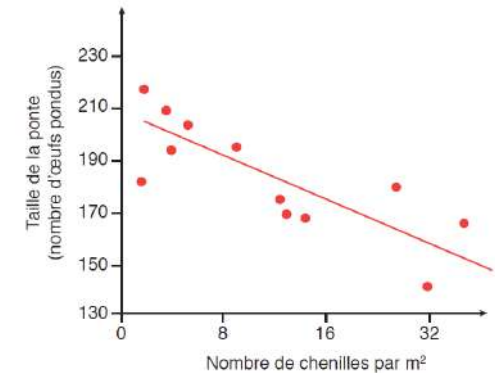
1. Les variations densité-dépendantes, conséquences de la compétition intraspécifique

- On constate que **la mortalité augmente (diminution du nombre d'individus) – ou la fécondité diminue – quand la densité augmente** (**figure 9**). Cette observation est **généralisable** à toutes les espèces.
- Cela s'explique par la présence limitée de ressources (espace, ressources nutritives...) dans le milieu : **les individus d'une même espèce utilisant les mêmes ressources**, il y a nécessairement **compétition intraspécifique** entre eux.
- On peut définir un **effectif maximal** qui correspond au **nombre maximum d'individus d'une espèce qu'un milieu donné peut compter** en lien avec la **limitation des ressources disponibles** : c'est la **capacité limite K** du milieu (exemple : **figure 10** pour le Capucin des grains mais aussi **figure 8** pour les Moutons en Tasmanie).

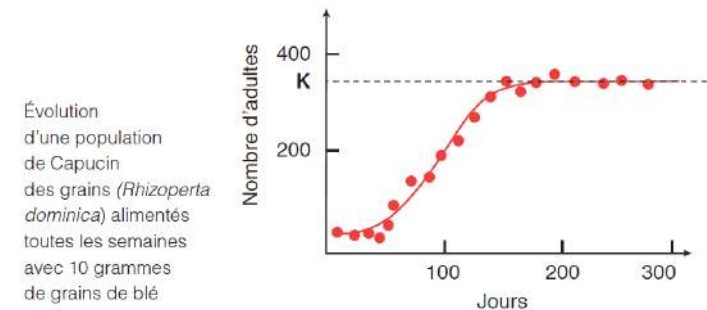
A. Effet de la densité sur le nombre de fleurs chez une crassulacée annuelle



B. Effet de la densité sur la taille de la ponte chez un papillon



▲ **FIGURE 9. Effet de la densité sur l'effectif des populations.** D'après SEGARRA *et al.* (2015).



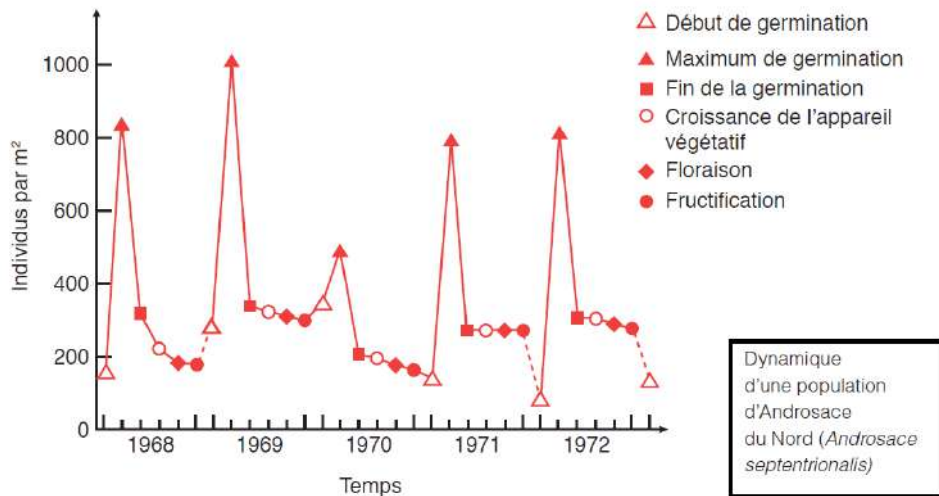
D'après Crombie, 1945 tiré de Ricklefs R.-E (2005) *Écologie*

▲ **FIGURE 10. Capacité limite d'un milieu.** D'après SEGARRA *et al.* (2015).

2. Les variations non densité-dépendantes, conséquence de la pression exercée par le biotope et les relations interspécifiques

a. Effet du biotope (y compris ses variations saisonnières)

- Les **fluctuations du biotope** (disponibilité d'une ressource comme la lumière, les ressources nutritives, la présence d'un agent toxique...) peuvent **influencer positivement ou négativement** les **effectifs** d'une population.
- Des **variations saisonnières d'effectifs** sont à noter pour beaucoup d'espèces en lien avec les **fluctuations saisonnières du milieu** (température, lumière, disponibilité en eau ou autres ressources...) (exemple : **figure 11**).



L'Androsace du Nord est une plante angiosperme annuelle. Les graines produites ne sont pas comptabilisées comme des individus tant qu'elles n'ont pas germé.

D'après Symonides, 1979 tiré de Begon M. *et al.* (2008) *Essentials of Ecology*

▲ FIGURE 11. Des variations saisonnières d'effectifs. D'après SEGARRA *et al.* (2015).

b. Effet des relations interspécifiques

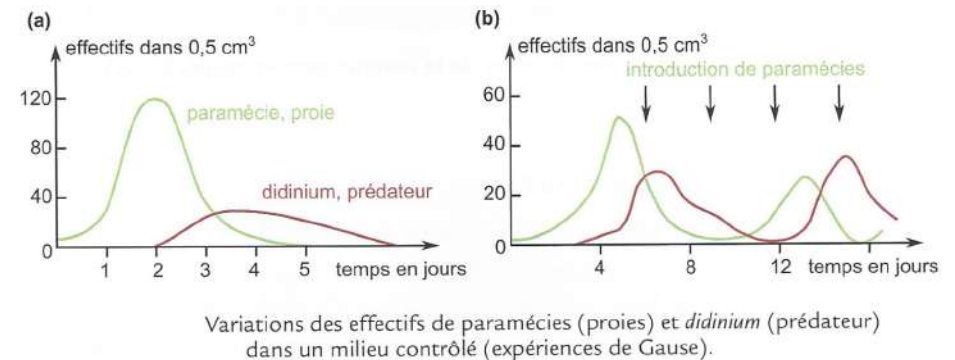
- Les **relations interspécifiques** sont variées (**tableau III**) et ont des **influences variables** sur l'**effectif** des populations :
 - Influence **positive** pour les relations bénéfiques (symbioses, parasitisme ou prédation pour le parasite/le prédateur...) qui **augmentent la survie** d'un ou deux protagonistes, et donc l'**effectif** de sa/leur population.
 - Influence **neutre** parfois
 - Influence **négative** pour les relations néfastes (prédation pour la proie, parasitisme pour l'hôte, **compétition** pour une ressource...) qui **diminuent la survie** d'un ou deux protagonistes, et donc l'**effectif** de sa/leur population.

▼ TABLEAU III. Effet des relations interspécifiques sur l'effectif des populations.

D'après SEGARRA *et al.* (2015).

(+) effet positif (0) effet neutre (-) effet négatif

			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



▲ FIGURE 12. Système proie-prédateur et impact sur l'effectif des populations.

Il s'agit d'organismes unicellulaires de type « protozoaires ».

D'après PEYCRU *et al.* (2014).

C. Un effectif dont la variation dépend de quatre facteurs démographiques : natalité (liée à la reproduction), mortalité, émigration, immigration

- L'**effectif d'une population** à un instant donné est sous le contrôle :
 - du **nombre d'individus produits par reproduction sexuée ou asexuée** (« **natalité** *n* »),
 - du **nombre d'individus disparus suite au vieillissement ou suite à une cause accidentelle (par exemple : prédation) (mortalité *m*)**,
 - du **nombre de nouveaux individus arrivés dans le milieu, en provenance d'écosystèmes généralement plus ou moins proches (immigration *i*)**,
 - du **nombre d'individus partant vers d'autres écosystèmes (émigration *e*)**.
- On peut résumer cela par l'équation suivante (ΔN : variation de l'effectif dans un laps de temps donné) :

$$\Delta N = n - m + i - e$$

D. Une croissance qui peut être modélisée par des modèles mathématiques

- Plusieurs modèles démographiques plus ou moins complexes ont été proposés. Nous allons en présenter deux relativement simples, le second étant celui que le programme invite à traiter.

1. Une croissance potentiellement illimitée dans un milieu sans entrave aux ressources illimitées : la courbe exponentielle (modèle de MALTHUS, 1798)

Modèle proposé par le prêtre anglican et économiste britannique **Thomas R. MALTHUS** (1766-1834)

- Dans un écosystème **sans entraves** et aux **ressources illimitées** (ce qui n'existe évidemment pas, du moins jamais sur un temps très long), on peut proposer la **courbe exponentielle (modèle de MALTHUS)**. On n'admet qu'il n'y a ni immigration, ni émigration.
- L'évolution de l'effectif peut être modélisée par une suite géométrique où r est le **facteur par lequel l'effectif est multiplié entre deux observations** (= à chaque saison de reproduction, par exemple) ou **taux d'accroissement**, soit en temps discret :

$$N(t+1) = r \times N(t)$$

(!) Le r du modèle discontinu et celui du modèle continu n'ont pas le même sens !!!

- En temps continu, l'accroissement infinitésimal de la population peut être modélisé comme suit :

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

Soit en intégrant, on obtient l'effectif à l'instant t :

$$N_t = N_0 e^{rt}$$

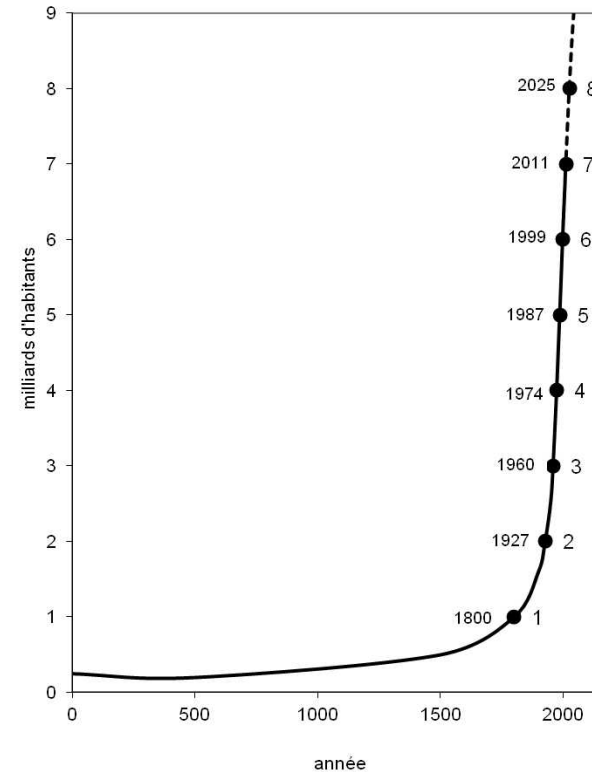
N_t : effectif à un instant t

N_0 : effectif initial de la population

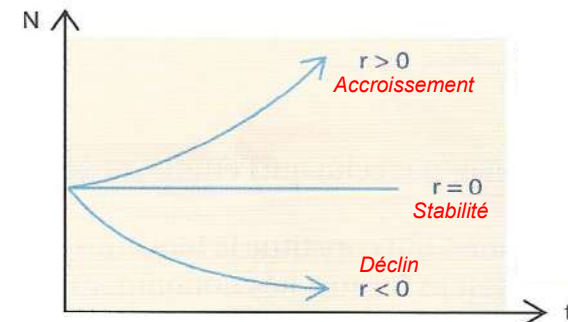
r : taux d'accroissement de la population ($r = n - m = \text{natalité} - \text{mortalité}$)

t : temps

- Ce modèle peut être utilisé dans la **modélisation de la croissance bactérienne** ; nous savons toutefois que cette croissance exponentielle ne dure pas indéfiniment.
- On peut aussi l'appliquer à la **démographie humaine (figure 13)**.
- Enfin, il s'applique bien à l'étude d'une **population** en cours de **colonisation d'un milieu**.
- Signification de r (figure 14) :
 - S'il est **positif** : **accroissement** de la population
 - S'il est **égal à 0** : population **stable**
 - S'il est **négatif** : population **en déclin**.



▲ FIGURE 13. **Évolution de la population humaine au cours des derniers siècles : un phénomène modélisable par une courbe exponentielle.** On peut noter que cette croissance ne semble pas connaître d'entrave pour l'instant. <https://www.sfecologie.org/regard/r33-pop-mondiale-gilles-pison/> (consultation février 2017).

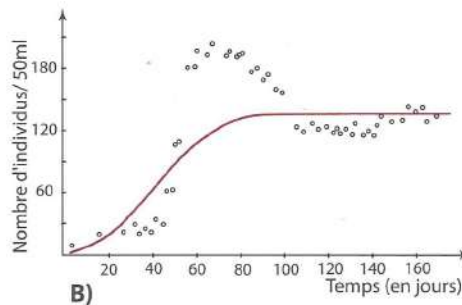
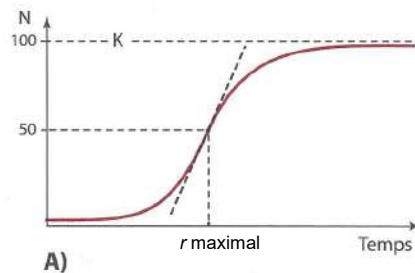


▲ FIGURE 14. **Signification de r .** D'après SAINTPIERRE et al. (2017)

2. Une croissance souvent capée par la capacité d'accueil du milieu due à des ressources limitées : la courbe logistique (modèle de VERHULST, 1845)

Modèle proposé par le mathématicien belge Pierre-François VERHULST (1804-1849)

- On continue d'envisager une absence d'émigration et d'immigration.
- Dans ce modèle, sans doute plus proche de la majorité des **situations réelles**, la **population ne peut pas atteindre une taille infinie** : elle est limitée par une **taille maximale de population** appelée **capacité biotique** (= **capacité d'accueil du milieu** = **capacité limite du milieu** = **charge biologique maximale**).
- La valeur de la **capacité biotique K** dépend des **caractéristiques du milieu** dans lequel évolue la population ; elle est généralement liée à un **épuisement des ressources** ou du moins à un **palier d'équilibre entre les ressources disponibles et le nombre maximum d'individus qui peuvent en disposer**.
- La courbe obtenue est une **courbe sigmoïde** où **K est l'effectif maximum atteignable par la population** (figure 15).



A) Variation d'effectif d'une population selon un modèle d'accroissement démographique logistique. Le taux d'accroissement R devient nul lorsque l'effectif de la population atteint la densité d'équilibre ou capacité limite du milieu K (ici $K = 1\,000$ individus). Il est maximal pour une valeur de N égale à $K/2$ (ici $K/2 = 500$).

B) Accroissement d'une population de *Daphnia* (Crustacés). Dans une petite culture la croissance de la population de daphnies est à peu près conforme au modèle logistique. Toutefois cette population s'est accrue si rapidement qu'elle a dépassé la capacité limite de son milieu artificiel pour revenir ensuite à un effectif relativement stable. Les données réelles sont représentées par des cercles et la courbe sigmoïde idéale est tracée en trait plein.

▲ **FIGURE 15. Courbe logistique.** D'après TIRARD *et al.* (2012).

- En temps discret, on peut proposer l'équation suivante :

$$N(t+1) = N(t) + rN(t) - \frac{rN^2(t)}{K} = N(t) + rN(t)\left(1 - \frac{N(t)}{K}\right)$$

K est ici la **capacité biotique**, c'est-à-dire **l'effectif maximum possible de la population**. r correspond généralement à $r_{\max}$ (figure 15).

(!) Le r du modèle discontinu et celui du modèle continu n'ont pas le même sens !

- En temps continu, on peut proposer l'accroissement infinitésimal suivant :

$$\frac{dN}{dt} = rN_t\left(1 - \frac{N_t}{K}\right)$$

Soit en intégrant, on obtient l'effectif à l'instant t :

$$N_t = K \frac{1}{1 + \left(\frac{K}{N_0} - 1\right)e^{-rt}}$$

N_t : effectif à un instant t

N_0 : effectif initial de la population

r : taux d'accroissement de la population ($n - m$)

t : temps

K : capacité biotique du milieu

Encadré C L'impact de l'effectif et de la densité sur la dynamique des populations dans le modèle logistique

Pour aller plus loin

➤ Dans le **modèle logistique**, on peut définir le **taux d'accroissement démographique R** (à ne pas confondre avec le taux d'accroissement r qui correspond aux taux d'accroissement « par individu ») :

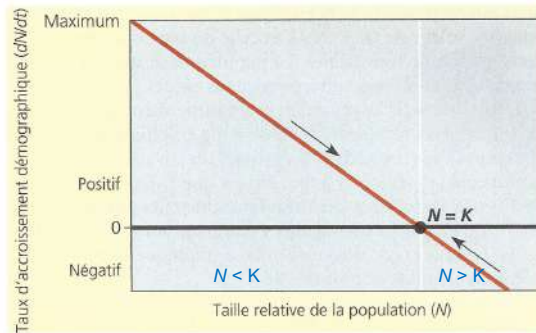
$$\boxed{R = r\left(1 - \frac{N_t}{K}\right)} \Rightarrow \boxed{\frac{dN}{dt} = R N_t}$$

On voit donc que R correspond pratiquement à dN/dt dans le modèle.

On constate ainsi logiquement (figure a) que :

- R est proche de r** quand l'effectif N est petit devant K .
- Si $N > K$** , alors R est négatif et l'effectif diminue.
- Si $N < K$** , alors R est positif et l'effectif augmente.

La prévision du modèle est une **convergence vers l'équilibre** où $N = K$, ce qu'on observe chez les stratégies K (voir plus loin).

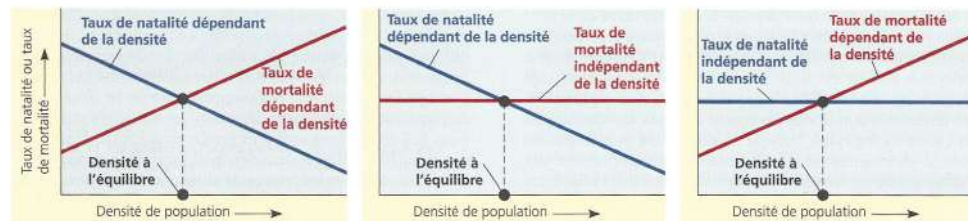


Diminution du taux d'accroissement démographique accompagnant l'augmentation de la taille N de la population. Le modèle logistique de l'accroissement démographique suppose que le taux d'accroissement démographique dN/dt diminue lorsque N augmente. Quand N est proche de 0, la population s'accroît rapidement. Mais quand N s'approche de K (capacité limite du milieu), le taux d'accroissement démographique s'approche de 0 et la population s'accroît lentement. Si N est supérieur à K , alors le taux d'accroissement démographique est négatif, et la population décroît. Un équilibre est atteint à la ligne verticale blanche, quand $N = K$.

▲ **FIGURE a. Lien entre le taux d'accroissement infinitésimal $R (= dN/dt)$ (à ne pas confondre avec $r = n - m$) et l'effectif de la population.**

D'après CAMPBELL & REECE (2004).

➤ Dans le détail, on sait que **l'équilibre est atteint uniquement quand la mortalité et la natalité sont équivalentes**. Les courbes « natalité en fonction de la densité » et « mortalité en fonction de la densité » permettent de montrer **l'effet éventuel de la densité sur la natalité et/ou la mortalité** (figure b).



Modèle graphique qui montre comment se détermine le point d'équilibre de la densité de population. La densité de population atteint un équilibre seulement quand

le taux de natalité égale le taux de mortalité. Or, cette situation n'est possible que si le taux de natalité ou le taux de mortalité (ou les deux) varie avec la densité (est un taux dépendant de

la densité). Dans ce modèle simple, on suppose que l'immigration et l'émigration sont soit nulles, soit égales.

▲ **FIGURE b. Effet de la densité sur la natalité ou la mortalité.**

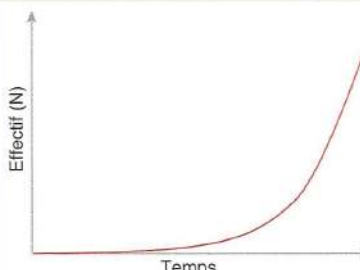
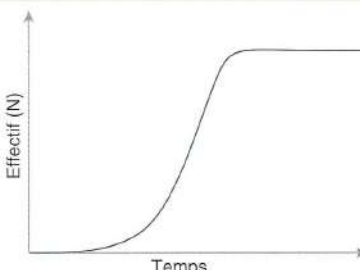
D'après CAMPBELL & REECE (2004).

3. Bilan comparatif des deux modèles

- Voir le **tableau IV**.

▼ **TABLEAU IV. Caractéristiques principales comparées des modèles exponentiel (MALTHUS) et logistique (VERHULST).**

D'après SEGARRA et al. (2015).

Modèle mathématique	Modèle de croissance exponentielle	Modèle de croissance logistique
Allure générale de la courbe représentant l'évolution des effectifs (N) au cours du temps		
Contexte d'utilisation	Adapté pour modéliser les phases de colonisation ou éventuellement de déclin des effectifs de population où le taux d'accroissement (r) reste relativement constant	Adapté pour modéliser l'influence négative de l'augmentation de densité au cours de l'occupation d'un milieu. Cas des populations où les effectifs atteignent une relative stabilité.
Limites	Avec $r > 0$, la croissance exponentielle conduit à des effectifs sans limites. Or les ressources forcément limitées contraignent les effectifs. Avec $r < 0$, le déclin tend asymptotiquement vers 0 sans jamais l'atteindre. Domaine de validité restreint puisque r n'est pas constant dans le temps.	En modélisation en temps continu, les effectifs tendent asymptotiquement vers K sans jamais l'atteindre. Or on observe souvent des oscillations autour de K . La densité est considérée comme ayant une influence systématiquement négative sur le taux d'accroissement.

E. Des espèces qui peuvent présenter des stratégies démographiques variées, comprises entre deux modèles nommés r et K

1. Notion de stratégie biodémographique

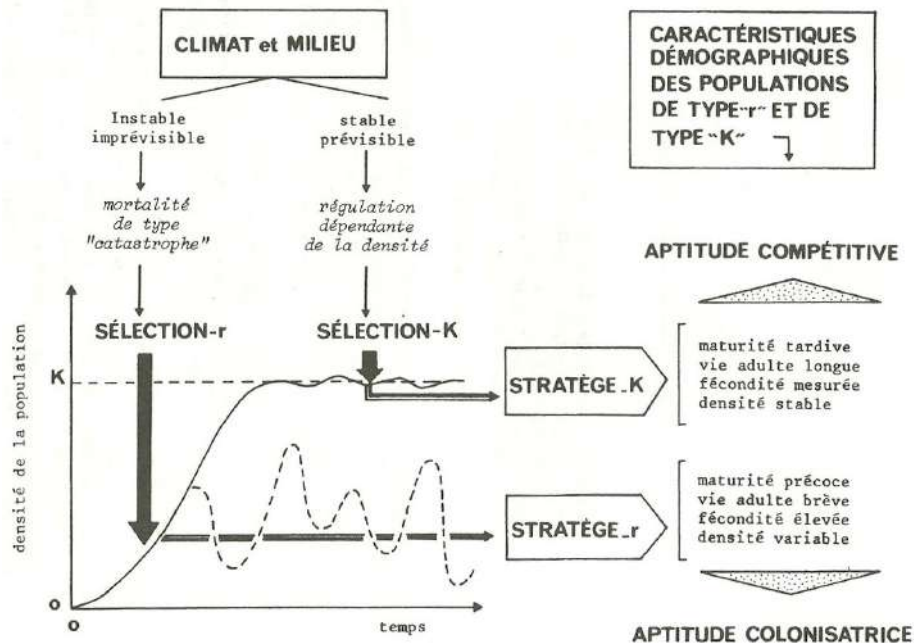
- On appelle **stratégie démographique** ou **stratégie biodémographique** un **modèle d'évolution démographique d'une population dépendant des caractéristiques du milieu de vie mais aussi des caractéristiques des individus, notamment leur reproduction et leur survie dans ce milieu**.

2. Deux grands types de stratégies

▼ **TABEAU V. Caractéristiques principales comparées des stratégies r et K (deux visions).**
D'après PEYCRU *et al.* (2014).

« Faible », non pas en valeur absolue, mais au sens de « loin de la capacité limite du milieu »

	Stratégie r	Stratégie K
Individu	petite taille	grande taille
Productivité	forte	faible
Population	effectif variable, souvent faible	effectif stable, proche de la valeur maximale supportée par le milieu
Mortalité adulte	variable mais élevée	stable et faible
Capacité de compétition	faible	forte
Cycle de vie	court	long
Croissance	rapide	lente
Maturité sexuelle	précoce	tardive
Fécondité	élevée	faible
Investissement parental dans la survie des descendants	faible	élevé
Capacité de dispersion	forte	faible
Aptitude	colonisatrice	compétitive



▲ **FIGURE 16. Comparaison des stratégies r et K.** D'après BARBAULT (2000).

a. Les stratégies r (stratégies colonisatrices / reproductives) : des effectifs très fluctuants, un fort taux d'accroissement et une mortalité souvent élevée

- Les **stratégies r** (parfois dites « **stratégies reproductives** » ou « **colonisatrices** ») sont **caractérisées par une forte natalité, c'est-à-dire un fort taux d'accroissement** (tableau II, figure 4). Les effectifs de population, très fluctuants, évoluent **loin de K**.
- Ces stratégies sont plutôt caractéristiques des **espèces de petite taille**, plus ou moins **fortement consommées** dans les **chaînes trophiques** (Insectes, Bactéries, 'plantes' herbacées...) et subissant des **fluctuations de l'environnement importantes**. On y trouve aussi les **espèces parasites**.
- Ces stratégies permettent une colonisation efficace du milieu et compensent la mortalité par une reproduction importante.** Ainsi, les **pertes d'individus** avant reproduction sont **fréquentes** et **contrebalancées** par le **nombre élevé d'individus**, un **faible coût de reproduction** et une **maturité sexuelle précoce**.
- L'**investissement parental**, notamment les **soins aux jeunes**, est **faible** à **inexistant**.

b. Les stratégies K (stratégies compétitrices) : des effectifs proches de K, un faible taux d'accroissement et une mortalité souvent peu importante

- Les **stratégies K** (parfois dites « **stratégies compétitives** ») sont **caractérisées par une faible natalité, c'est-à-dire un faible taux d'accroissement (proche de 0 en moyenne) et une fluctuation des effectifs stables évoluant près de K**. Natalité et mortalité tendent à **se compenser** à court ou moyen terme.
- Ces stratégies sont plutôt caractéristiques des **espèces de grande taille** (ex. nombreux **grands Mammifères**) plutôt **faiblement consommées** dans les **chaînes trophiques** et subissant des **fluctuations de l'environnement peu importantes** ou, du moins, les affectant peu.
- Les **pertes d'individus** avant reproduction sont **modérées et constantes**, ce qui autorise un **nombre d'individus faible**, un **fort coût de reproduction** et une **maturité sexuelle plutôt tardive**. **La compétition intraspécifique prédomine et explique en grande partie la survie différentielle des individus.**
- L'**investissement parental**, notamment les **soins aux jeunes**, est **souvent important**.

3. Des modèles relatifs et à nuancer : l'existence d'une palette infinie de cas intermédiaires

- Les **situations réelles** sont plus ou moins **complexes** et ne rentrent pas forcément caricaturalement dans l'un ou l'autre de ces modèles entre lesquels une **multitude de cas intermédiaires** existe.
- Ainsi, au sein d'une **forêt climacique** (voir **chapitre 20**), les **Angiospermes arborescentes** présentent un **effectif globalement stable** : il y a donc plutôt une **stratégie K**. Cependant, de **nombreuses semences** sont produites chaque année, avec une **perte** plus ou moins importante, et il n'y a **pas vraiment d'investissement parental**... ce qui sont des caractéristiques de **stratégie r** !

F. Une modélisation possible des interactions interspécifiques : l'exemple de la prédation étudiée au travers du modèle de LOTKA-VOLTERRA (1925-1926)

Modèle démontré indépendamment par deux mathématiciens : l'Autro-Hongrois Alfred James LOTKA (1880-1949) en 1925 et l'Italien Vito VOLTERRA (1860-1940) en 1926

1. Aspects mathématiques et graphiques du modèle

- On s'intéresse à l'évolution de deux populations en situation de prédation où **N est l'effectif des proies** et **P l'effectif des prédateurs**. Le modèle permet de prévoir l'évolution des populations l'une par rapport à l'autre. On considère là encore un écosystème isolé sans migrations.
- Voici les aspects mathématiques (**équations différentielles**) :
Effectif des proies N_t (variation infinitésimale au cours du temps) :

$$\frac{dN}{dt} = r N_t - a N_t P_t$$

Effectif des prédateurs P_t (variation infinitésimale au cours du temps) :

$$\frac{dP}{dt} = q P_t N_t - b P_t$$

r : **taux d'accroissement des proies** (natalité – mortalité, hors mortalité due à la prédation)

a : **taux de proies prélevées par les prédateurs** (nombre de proies tuées par unité de temps)

– $a \times N_t \times P_t$ correspond au **taux de prédation**.

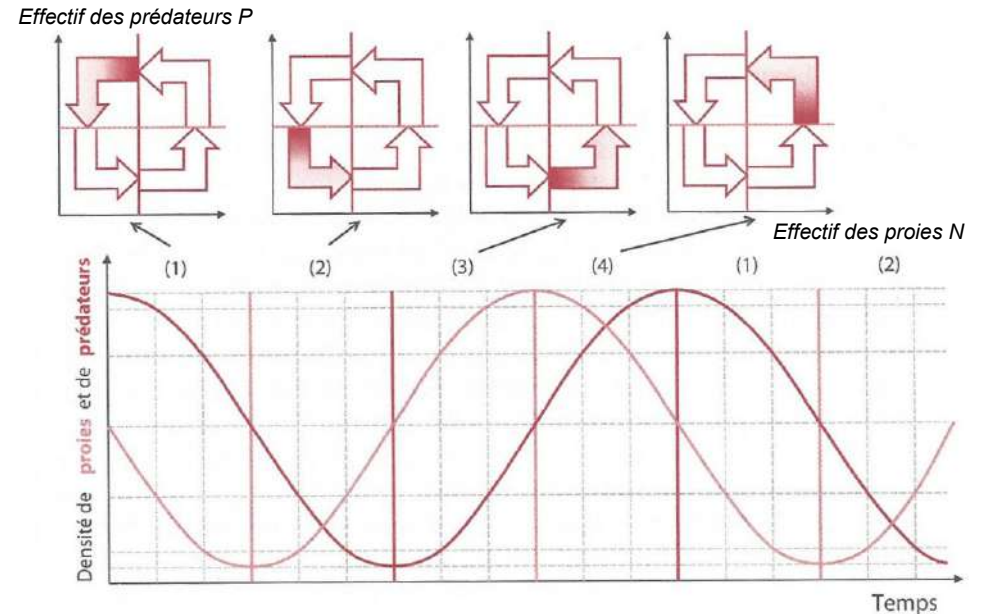
q : **facteur de conversion de proies en jeunes prédateurs** = nombre de descendants qu'un prédateur peut avoir après l'ingestion d'une proie (nombre évidemment inférieur à 1) ; c'est un taux d'accroissement dépendant des proies ingérées.

b : **taux de mortalité intrinsèque des prédateurs** non dépendant du nombre de proies.

$q \times P_t \times N_t$ correspond au **taux de natalité des prédateurs par individu et par unité de temps**. Il dépend des proies disponibles.

- L'intégration, reposant sur des **variables multiples**, est éminemment **complexe** et souvent obtenue par des **méthodes calculatoires itératives** (comme la méthode d'EULER) mais ces aspects me semblent sortir du cadre d'un tel cours.
- Du reste, la **conversion en suites** est assez **complexe** également.

- 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**.
- Le modèle est illustré **graphiquement** et expliqué à la **figure 17**.



Décomposition de la dynamique cyclique Lotka-Volterra.

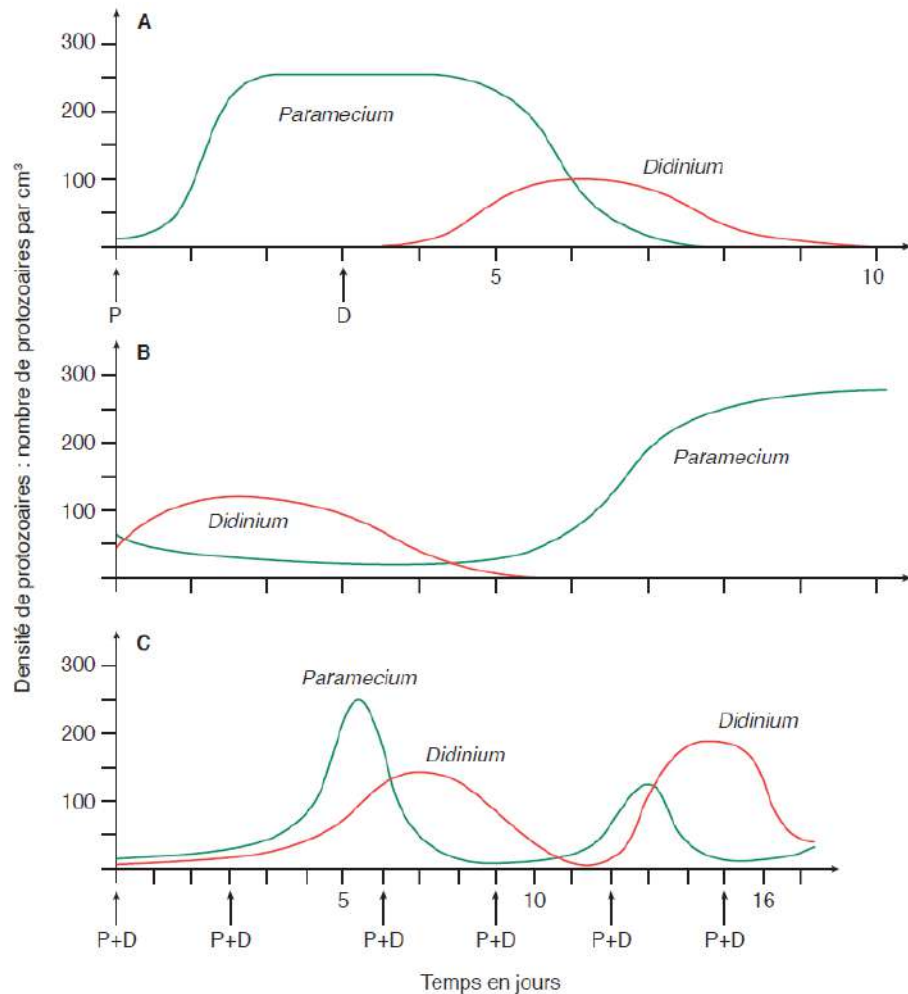
Le graphe montre la dynamique des deux populations proie et prédateur au cours du temps. La population de proies est figurée en clair, celle des prédateurs en foncé. Pour la description des quatre phases du cycle, voir le texte.

- 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)...

▲ **FIGURE 17. Le modèle de LOTKA-VOLTERRA.** D'après TIRARD *et al.* (2012).

2. Une difficile applicabilité dans les conditions expérimentales (cas des expériences de GAUSE, 1934) ou naturelles

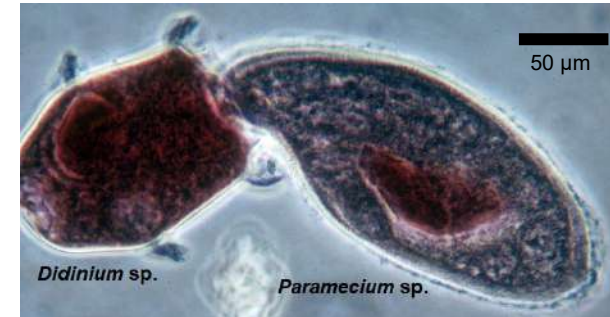
Expériences de GAUSE (1934)



A. Introduction de *Didinium* (marque D) dans une culture de *Paramecium* où la population est stabilisée.
B. Coculture simultanée de *Paramecium* et *Didinium* dans un milieu proposant des zones refuge pour les proies.
C. *Paramecium* et *Didinium* sont introduits simultanément et régulièrement dans le milieu
D'après Gause, 1934 tiré de Ramade F. (2009) *Éléments d'écologie – écologie fondamentale*

▲ FIGURE 18. Expériences de GAUSE. D'après SEGARRA et al. (2015).

- Le scientifique a cherché à **démontrer expérimentalement** le modèle. Pour cela, il a étudié des **organismes unicellulaires** (de type « protozoaires ») : les **Paramécies** et un de leurs **prédateurs**, les *Didinium* (figure 18bis). Il les a élevés en milieu liquide en essayant de créer également des **zones refuges** pour simuler un milieu naturel.
- Hélas, selon qu'il introduit les **proies** ou les **prédateurs** en premier ou en **second**, le scientifique obtient une **extinction des premières** ou des **secondes** (figure 18).
>> Seul l'ajout régulier d'**épisodes d'immigration de proies** et prédateurs permet de **recréer artificiellement** les variations attendues du **modèle de LOTKA-VOLTERRA** (figure 18).



▲ FIGURE 18bis. *Didinium* mangeant une *Paramécie* (MO). Cliché E. V. GRAVES (2013).
<https://fineartamerica.com/featured/2-didinium-nasutum-ingesting-paramecium-eric-v-grave.html>
(consultation décembre 2017)

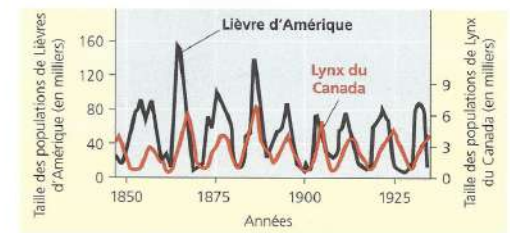
Cas des populations naturelles

- Dans le cas des **populations naturelles**, les résultats sont souvent **décevants** également mais **certain travaux** ont réussi à publier des **oscillations satisfaisantes et proches du modèle** (exemple classique : figure 19).



Cycles démographiques chez le Lièvre d'Amérique et le Lynx du Canada. Les effectifs de la population se fondent sur le nombre de peaux vendues par les trappeurs à la Compagnie de la Baie d'Hudson. Les fluctuations cycliques du

Lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*), source alimentaire importante pour le Lynx du Canada (*Felis canadensis*), sont probablement à l'origine des cycles de ce dernier. L'explication du cycle démographique des proies est un sujet de recherche



difficile. En effet, la plupart des modalités de la dynamique des populations sont vraisemblablement dues à une multitude de facteurs qui interagissent et sont difficiles à distinguer sans expérimentation directe.

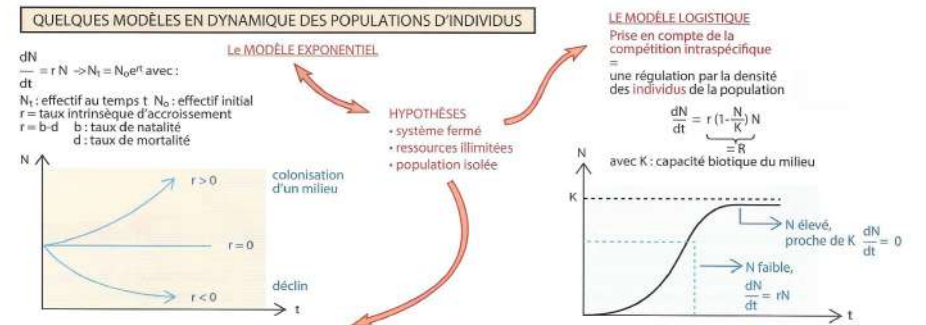
▲ FIGURE 19. L'exemple classique des Lièvres d'Amérique et des Lynx du Canada en Alaska.
D'après CAMPBELL & REECE (2004).

3. Des difficultés qui s'expliquent par la faible complexité du modèle et ses limites

- Si le modèle présente l'intérêt de proposer une possible quantification des effets de la prédation sur la dynamique des populations, sa simplicité et la négligence de nombreux paramètres en font un modèle trop grossier pour assurer pleinement son rôle prédictif.
- Les limites principales que l'on peut relever sont par exemple :
 - Une proie possède rarement dans la nature un seul prédateur
 - Un prédateur possède rarement dans la nature une seule proie
 - Dans le modèle, le taux d'attaque est une constante alors que beaucoup de facteurs fonctionnels (faim, sommeil, période de la journée ou de l'année, disponibilité en autres ressources...) peuvent faire varier la réponse du prédateur à la présence d'une proie.
 - Les variations de la population de proies en lien avec leurs propres ressources nutritives n'est pas envisagé.

Bilan

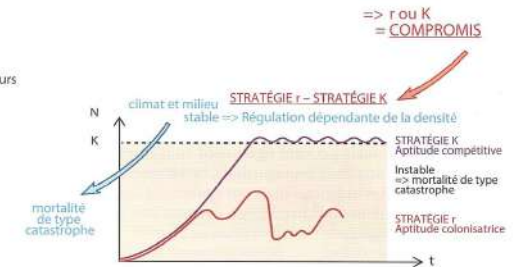
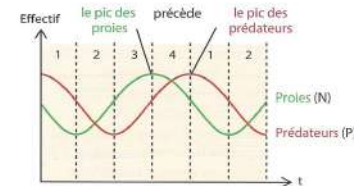
D'après SAINTPIERRE et al. (2017), simplifié



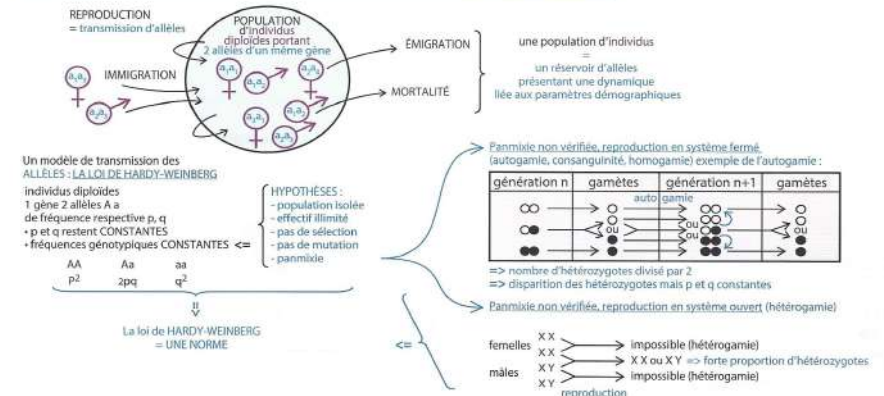
Prise en compte des relations interspécifiques
 ex : relation proie-prédateur - MODÈLE de LOTKA - VOLTERRA

Proie (N) : $\frac{dN}{dt} = (r_1 - aP) N$ Prédateur (P) : $\frac{dP}{dt} = (-r_2 + bN) P$

r_1 : taux d'accroissement des proies r_2 : taux d'accroissement des prédateurs
 a : taux de capturabilité b : taux de prédation



QUELQUES MODÈLES EN DYNAMIQUE DES POPULATIONS, RÉSERVOIRS D'ALLÈLES



Bilan (adapté du programme)

- ✓ 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.

Pour faire une fiche de révision : quelques pistes

Il est conseillé de maîtriser les **grandes lignes du plan**

Le plan ne doit pas être perçu comme un carcan figé, ou comme un modèle de plan de dissertation à ré-utiliser en devoir, mais bien comme un outil d'apprentissage et de structuration des concepts importants. Vous pouvez en recopier les grandes lignes ou annexer le plan du polycopié directement.

Il est conseillé de réaliser un **lexique des principales définitions**.

Il est conseillé de reproduire les **schémas (et tableaux) majeurs** :

Liste indicative.

- ° Échelles biologiques et écologiques
- ° Ortel / ramet
- ° Système écologique
- [° Métapopulation]
- ° Types de distribution horizontale
- ° Typologie des pyramides des âges
- ° Trade-off
- ° Illustrations graphiques de l'effet de la densité, du biotope...
- ° Tableau de l'impact des relations interspécifiques
- ° Variations de l'effectif de populations : modèle exponentiel, modèle logistique
- ° Tableau comparant les deux modèles démographiques
- ° Tableau comparant les deux types de stratégie + allure graphique
- ° Modèle de LOTKA VOLTERRA

+ LES FORMULES !

Vous devez en outre **savoir / pouvoir** :

- **Reconnaître** des stratégies r et K ;
- **Faire des calculs simples** de dynamique des populations (quand les exercices auront été faits).

Références

- ALBERTS, B., A. JOHNSON, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS & P. WALTER (2004). *Biologie moléculaire de la cellule. Quatrième édition*. Traduction de la quatrième édition américaine (2002) par F. LE SUEUR-ALMOSNI. Flammarion, Paris. Première édition américaine 1983 (1986 1^{re} édition française).
- BARBAULT, R. (2000). *Écologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère*. Dunod, Paris, 5^e édition (1^{re} édition 1983).
- BERTHET, J. (2006). *Dictionnaire de Biologie*. De Boeck Université, Bruxelles (Belgique).
- BOUJARD, D. (dir.). B. ANSELME, C. CULLIN & CÉLINE RAGUÉNÈS-NICOL (2015). *Biologie cellulaire et moléculaire. Tout le cours en fiches. Licence. PACES. CAPES*. 2^e édition (1^{re} édition 2012), Dunod, Paris.
- BREUIL, M. (2007). *Biologie 1^{re} année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- BREUIL, M. (2009). *Biologie 2^e année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- BUREL, F. & J. BAUDRY (1999). *Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*. Tec & Doc – Lavoisier, Paris.
- CALLEN, J.-C. (2005). *Biologie cellulaire. Des molécules aux organismes*. Dunod, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 1999).
- CAMPBELL, N. A. & J. B. REECE (2004). *Biologie*. De Boeck Université, Bruxelles, 2^e édition (1^{re} édition 1995).
- [CAMPBELL, N. A.], J. B. REECE, L. A. URY, M. L. CAIN, S. A. WASSERMAN, P. V. MINORSKY, R. B. JACKSON (2012). *Campbell Biologie*. Adaptation française J. FAUCHER & R. LACHAÎNE. Pearson, Paris (4^e édition).
- COMBES, C. (1995). *Interactions durables. Écologie et évolution du parasitisme*. Masson, Paris.
- COMBES, C. (2001). *L'Art d'être parasite. Les Associations du vivant*. Flammarion, Paris.
- COUVET, D. & A. TEYSSÈDRE-COUVET (2010). *Écologie et biodiversité. Des populations aux socioécosystèmes*. Belin, Paris.
- DAJOZ, R. (2006). *Précis d'écologie*. Dunod, Paris.
- DANCHIN, É., L.-A. GIRALDEAU & F. CÉZILLY (dir.) (2005). *Écologie comportementale*. Dunod, Paris.
- DAUTEL, O. (dir.), A. PROUST, M. ALGRAIN, C. BORDI, A. HELME-GUIZON, F. SAINTPIERRE, M. VABRE & C. BOGGIO (2017). *Biologie Géologie BCPST 1^{re} année*. Vuibert, Paris.
- DAUTEL, O. (dir.), C. BORDI, F. SAINTPIERRE, M. ALGRAIN-PITAVY, M. QUERTINIEZ, A. PROUST, M. VABRE A. HELME-GUIZON & B. MOLLIER (2019). *Biologie Géologie BCPST 2^e année*. Vuibert, Paris.
- DAUTEL, O. (dir.), M. ALGRAIN-PITAVY, C. BORDI, A. HELME-GUIZON, B. MOLLIER, A. PROUST, M. QUERTINIEZ, F. SAINTPIERRE & M. VABRE (2021). *Prépas scientifiques BCPST 1^{re} année. Biologie Géologie. Tout-en-un*. Vuibert, Paris.
- DAUTEL, O. (dir.), M. ALGRAIN-PITAVY, C. BORDI, A. HELME-GUIZON, B. MOLLIER, A. PROUST, F. SAINTPIERRE & M. VABRE (2022). *Prépas scientifiques BCPST 2^e année. Biologie Géologie. Tout-en-un*. Vuibert, Paris.
- DENÈUD, J., T. FERROIR, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2011). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2^e année*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- DENÈUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2013). *Biologie-Géologie BCPST-véto 1^{re} année*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- DENÈUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2014). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2^e année*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- FAURIE, C., C. FERRA, P. MÉDORI, J. DÉVAUX, J.-L. HEMPTINNE (2002). *Écologie : approche scientifique et pratique*. Tec & Doc – Lavoisier, Paris, 5^e édition.
- FISCHESSE, B. & M.-F. DUPUIS-TATE (2007). *Le Guide illustré de l'Écologie*. La Martinière, 2^e édition (1^{re} édition 1996), Paris.
- FRONTIER, S., D. PICHOD-VIALE, A. LEPRÊTRE, D. DAVOULT & C. LUCZAK (2004). *Écosystèmes. Structure, fonctionnement, évolution*. Dunod, Paris, 3^e édition (1^{re} édition 1990).
- GODINOT, C., H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2010). *Biologie-Géologie 1^{re} année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- HARRY, M. (2008). *Génétique moléculaire et évolutive*. Maloine, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 2001).
- HEINRICH, D. & M. HERGT (1993). *Atlas de l'écologie*. Illustrations R. & R. FAHNERT. Traduit de l'allemand par J. MERCIER. La Pochothèque, Librairie générale française, Paris.
- HENRY, C. (2001). *Biologie des populations animales et végétales*. Dunod, Paris.
- LACOSTE, A. & R. SALANON (1969). *Éléments de biogéographie et d'écologie*. Nathan, Paris.
- LAFON, C. (2003). *La biologie autrement. 100 questions de synthèse*. Ellipses, Paris.
- LATRUFFE, N. (dir.), F. BLEICHER-BARDETTI, B. DUCLOS & J. VAMECQ (2014). *Biochimie. Tout le cours en fiches. Licence. PACES-UE1. CAPES*. Dunod, Paris.
- LÉVÊQUE, C. (2001). *Écologie. De l'écosystème à la biosphère*. Dunod, Paris.
- MATTHEY, W., E. DELLA SANTA & C. WANNENMACHER (1984). *Manuel pratique d'écologie*. Payot, Lausanne.
- MEA (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT), 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.354.aspx.pdf>

MEYER, S., C. REEB & R. BOSDEVEIX (2008). *Botanique. Biologie et physiologie végétales*. Maloine, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 2004).

MORÈRE, J.-L., R. PUJOL (coord.), J.-C. CALLEN, L. CHESNOY, J.-P. DUPONT, A.-M. GIBERT-TANGAPREGASSOM, G. RICOU, N. TOUZET (dir.) et collaborateurs (2003). *Dictionnaire raisonné de Biologie*. Frison-Roche, Paris.

PERRIER, C. & J.-F. BEAUX (dir.), A. BOUFFIER, L. BOUGEOLIS, P. CARRÈRE, T. DARRIBÈRE, J. DÉMARET-NICOLAS, A. EMOND, S. MAURY, O. MONNIER, T. SOUBAYA, A. VERGNAUD & A. WOERHLÉ (2021). *Biologie-Géologie BCPST 1. Tout-en-un*. Dunod, Paris.

PERRIER, C. & J.-F. BEAUX (dir.), A. BOUFFIER, S. COCQ, T. DARRIBÈRE, E. DOUZERY, S. HURTREZ-BOUSSÈS, S. MAURY, O. MONNIER & T. SOUBAYA (2022). *Biologie-Géologie BCPST 2. Tout-en-un*. Dunod, Paris.

PEYCRU, P. (dir.), J.-F. FOGELGESANG, D. GRANDPERRIN, B. AUGÈRE, J.-C. BAEHR, C. PERRIER, J.-M. DUPIN & C. VAN DER REST (2010a). *Biologie tout-en-un BCPST 1^{re} année*. Dunod, Paris, 2^e édition (2009), réimpression corrigée (2010) (1^{re} édition 2006).

PEYCRU, P. (dir.), J.-C. BAEHR, F. CARIU, D. GRANDPERRIN, C. PERRIER, J.-F. FOGELGESANG & J.-M. DUPIN (2010b). *Biologie tout-en-un BCPST 2^e année*. Dunod, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 2007).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER J.-F. FOGELGESANG, & C. VAN DER REST (2013). *Biologie tout-en-un BCPST 1^{re} année*. Dunod, Paris, 3^e édition (1^{re} édition 2006).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, J.-F. BEAUX, F. CARIU, P. CARRÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER, J.-F. FOGELGESANG, S. MAURY, É. QUÉINNEC, E. SALGUEIRO & C. VAN DER REST (2014). *Biologie tout-en-un BCPST 2^e année*. Dunod, Paris, 3^e édition (1^{re} édition 2007).

RAMADE, F. (2003). *Éléments d'écologie. Écologie fondamentale*. Dunod, Paris, 3^e édition.

RAVEN, P. H., G. B. JOHNSON, J. B. LOSOS, S. S. SINGER (2007). *Biologie*. De Boeck, Bruxelles.

RICHARD, D. (dir.), P. CHEVALET, S. FOURNEL, N. GIRAUD, F. GROS, P. LAURENTI, F. PRADÈRE & T. SOUBAYA (2012). *Biologie. Tout le cours en fiches. Licence. CAPES. Prépas*. Dunod, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 2010).

RICKLEFS, R. E. & G. L. MILLER (2005). *Écologie*. De Boeck, Bruxelles (B).

SAINTPIERRE, F., C. BORDI (dir.), M. ALGRAIN, Y. KRAUSS, I. MOLLIÈRE & H. CLAUCE (2017). *Mémento Biologie BCPST 1^{re} et 2^e années*. Vuibert, Paris.

SAINTPIERRE, F., C. BORDI (dir.), M. ALGRAIN-PITAVY, A. DENIS, L. GERAY & I. MOLLIÈRE (2021). *Mémento Biologie BCPST 1^{re} et 2^e années*. Vuibert, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 2017).

SEGARRA, J. (dir.), É. CHAUVET, C. COLSON-PROCH, M. HUILLE, M. LABROUSSE, F. LOUET, F. METZ & E. PIÈTRE (2014). *Biologie BCPST 1^{re} année*. Ellipses, Paris.

SEGARRA, J., E. PIÈTRE (dir.), G. BAILLY, O. CHASSAING, D. FAVRE, T. JEAN, F. METZ & C. MEUNIER (2015). *Biologie BCPST 2^e année*. Ellipses, Paris.

SEGARRA, J., E. PIÈTRE (dir.), C. AHYERRE, G. BAILLY, É. CHAUVET, D. FAVRE, M. HUILLE, T. JEAN, F. METZ, C. PROCH & F. SONTTHONNAX (2023). *BCPST 1^{re} année Biologie. 2^e édition*. Ellipses, Paris.

TIRARD, C., R. BARBAULT, L. ABBADIE & N. LOEUILLE, 2012. *Mini manuel d'Écologie*. Dunod, Paris.

VIGNAIS, P. (2001). *La Biologie des origines à nos jours. Une Histoire des idées et des hommes*. « Grenoble Sciences », EDP Sciences, Les Ulis.

VIGNAIS, P. (2006). *Science expérimentale et connaissance du Vivant. La Méthode et les concepts*. « Grenoble Sciences », EDP Sciences, Les Ulis.

Plan du chapitre

Objectifs : extraits du programme	1
Introduction	1
I. Les populations, pièces élémentaires des systèmes écologiques structurées par des facteurs variés [= nature et structure des populations]	4
A. La population, ensemble d'individus d'une même espèce dans un lieu donné	4
1. Une définition simple...	4
2. ... qui présente toutefois des limites dans la pratique	4
a. Notion d'individu	4
b. Notion d'espèce	4
c. Échelle spatiale	4
3. Un ensemble qui n'est pas hermétiquement clos mais interagit avec son environnement	4
a. Les populations, des entités membres de systèmes écologiques : interactions avec les autres espèces et avec le biotope	4
b. Les populations, des entités échangeant des individus (et donc des gènes) avec les populations alentour : notion de métapopulation	5
B. La structure démographique des populations	6
1. Des paramètres quantifiables à un moment donné...	6
a. Effectif	6
b. Densité	6
c. Répartition spatiale (horizontale ou verticale)	6
α. Trois grands types de répartition horizontale souvent en lien avec la biologie des organismes et/ou les caractéristiques du milieu : agrégative, uniforme, aléatoire	6
β. Une localisation verticale dans les strates de l'écosystème	7
d. Sex-ratio	7
e. Âge des individus	7
2. ... contrôlés par des paramètres « dynamiques » (natalité, mortalité, migrations) ...	7
3. ... résultant des histoires de vie individuelles	8
a. Notion de traits d'histoire de vie : des paramètres en lien avec la reproduction et la survie des individus impactant l'effectif des populations	8
b. Diversité des traits d'histoire de vie	8
c. Impact des histoires de vie individuelles sur l'évolution des populations	8
d. L'existence d'un compromis entre investissement énergétique dans la reproduction et dans les autres postes de dépense énergétique : notion de <i>trade-off</i>	8
4. Méthodes d'étude et d'évaluation des paramètres démographiques	9
II. Les populations, ensembles d'individus subissant des fluctuations démographiques [= dynamique des populations]	10
A. Mise en évidence de variations démographiques dans les populations	10
B. Les facteurs influençant ces variations démographiques	10
1. Les variations densité-dépendantes, conséquences de la compétition intraspécifique	10
2. Les variations non densité-dépendantes, conséquence de la pression exercée par le biotope et les relations interspécifiques	10
a. α. Effet du biotope (y compris ses variations saisonnières)	10
b. β. Effet des relations interspécifiques	11
C. Un effectif dont la variation dépend de quatre facteurs démographiques : natalité (liée à la reproduction), mortalité, émigration, immigration	11
D. Une croissance qui peut être modélisée par des modèles mathématiques	12
1. Une croissance potentiellement illimitée dans un milieu sans entrave aux ressources illimitées : la courbe exponentielle (modèle de MALTHUS, 1798)	12

2. Une croissance souvent capée par la capacité d'accueil du milieu due à des ressources limitées : la courbe logistique (modèle de VERHULST, 1845)	13
3. Bilan comparatif des deux modèles	14
E. Des espèces qui peuvent présenter des stratégies démographiques variées, comprises entre deux modèles nommés r et K	14
1. Notion de stratégie biodémographique	14
2. Deux grands types de stratégies	15
a. Les stratégies r (stratégies colonisatrices / reproductives) : des effectifs très fluctuants, un fort taux d'accroissement et une mortalité souvent élevée	15
b. Les stratégies K (stratégies compétitrices) : des effectifs proches de K , un faible taux d'accroissement et une mortalité souvent peu importante	15
3. Des modèles relatifs et à nuancer : l'existence d'une palette infinie de cas intermédiaires	15
F. Une modélisation possible des interactions interspécifiques : l'exemple de la prédation étudiée au travers du modèle de LOTKA-VOLTERRA (1925-1926)	16
1. Aspects mathématiques et graphiques du modèle	16
2. Une difficile applicabilité dans les conditions expérimentales (cas des expériences de GAUSE, 1934) ou naturelles	17
3. Des difficultés qui s'expliquent par la faible complexité du modèle et ses limites	18
Bilan	18
Pour faire une fiche de révision : quelques pistes	19
Références	19
Plan du chapitre	20
Plan simplifié	21
Plan très simplifié	22

Plan simplifié

Objectifs : extraits du programme	1
Introduction	1
I. Les populations, pièces élémentaires des systèmes écologiques structurées par des facteurs variés [= nature et structure des populations]	4
A. La population, ensemble d'individus d'une même espèce dans un lieu donné	4
1. Une définition simple...	4
2. ... qui présente toutefois des limites dans la pratique	4
3. Un ensemble qui n'est pas hermétiquement clos mais interagit avec son environnement	4
B. La structure démographique des populations	6
1. Des paramètres quantifiables à un moment donné...	6
2. ... contrôlés par des paramètres « dynamiques » (natalité, mortalité, migrations) ...	7
3. ... résultant des histoires de vie individuelles	8
4. Méthodes d'étude et d'évaluation des paramètres démographiques	9
II. Les populations, ensembles d'individus subissant des fluctuations démographiques [= dynamique des populations]	10
A. Mise en évidence de variations démographiques dans les populations	10
B. Les facteurs influençant ces variations démographiques	10
1. Les variations densité-dépendantes, conséquences de la compétition intraspécifique	10
2. Les variations non densité-dépendantes, conséquence de la pression exercée par le biotope et les relations interspécifiques	10
C. Un effectif dont la variation dépend de quatre facteurs démographiques : natalité (liée à la reproduction), mortalité, émigration, immigration	11
D. Une croissance qui peut être modélisée par des modèles mathématiques	12
1. Une croissance potentiellement illimitée dans un milieu sans entrave aux ressources illimitées : la courbe exponentielle (modèle de MALTHUS, 1798)	12
2. Une croissance souvent capée par la capacité d'accueil du milieu due à des ressources limitées : la courbe logistique (modèle de VERHULST, 1845)	13
3. Bilan comparatif des deux modèles	14
E. Des espèces qui peuvent présenter des stratégies démographiques variées, comprises entre deux modèles nommés r et K	14
1. Notion de stratégie biodémographique	14
2. Deux grands types de stratégies	15
3. Des modèles relatifs et à nuancer : l'existence d'une palette infinie de cas intermédiaires	15
F. Une modélisation possible des interactions interspécifiques : l'exemple de la prédation étudiée au travers du modèle de LOTKA-VOLTERRA (1925-1926)	16
1. Aspects mathématiques et graphiques du modèle	16
2. Une difficile applicabilité dans les conditions expérimentales (cas des expériences de GAUSE, 1934) ou naturelles	17
3. Des difficultés qui s'expliquent par la faible complexité du modèle et ses limites	18
Bilan	18
Pour faire une fiche de révision : quelques pistes	19
Références	19
Plan du chapitre	20
Plan simplifié	21
Plan très simplifié	22

Plan très simplifié

Objectifs : extraits du programme	1
Introduction	1
I. Les populations, pièces élémentaires des systèmes écologiques structurées par des facteurs variés [= nature et structure des populations]	4
A. La population, ensemble d'individus d'une même espèce dans un lieu donné	4
B. La structure démographique des populations	6
II. Les populations, ensembles d'individus subissant des fluctuations démographiques [= dynamique des populations]	10
A. Mise en évidence de variations démographiques dans les populations	10
B. Les facteurs influençant ces variations démographiques	10
C. Un effectif dont la variation dépend de quatre facteurs démographiques : natalité (liée à la reproduction), mortalité, émigration, immigration	11
D. Une croissance qui peut être modélisée par des modèles mathématiques	12
E. Des espèces qui peuvent présenter des stratégies démographiques variées, comprises entre deux modèles nommés r et K	14
F. Une modélisation possible des interactions interspécifiques : l'exemple de la prédation étudiée au travers du modèle de LOTKA-VOLTERRA (1925-1926)	16
Bilan	18
Pour faire une fiche de révision : quelques pistes	19
Références	19
Plan du chapitre	20
Plan simplifié	21
Plan très simplifié	22

© Tanguy JEAN. Les textes et les figures originales sont la propriété de l'auteur. Les figures extraites d'autres sources restent évidemment la propriété des auteurs ou éditeurs originaux.

Document produit pour la prépa TB en décembre 2017, adapté en 2022 • Dernière actualisation : juin 2026.

Contact : Tanguy.Jean4@gmail.com

Adresse de téléchargement : <https://www.svt-tanguy-jean.com/>



Ces données sont placées sous licence *Creative Commons Attribution – Pas d'Utilisation commerciale 4.0 CC BY NC* qui autorise la reproduction et la diffusion du document, à condition d'en citer explicitement la source et de ne pas en faire d'utilisation commerciale.