THEME 10

STRUCTURE ET DYNAMIQUE DES POPULATIONS

PLAN DU THEME

I – La structure des populations

A) La notion de population (rappel)

① **Définition de la population et des sous-unités s'y rapportant**

- ➔ Les générations
- ➔ Les classes d'âge
- ➔ Les cohortes
- ➔ Le recrutement
- ➔ Le stock

② **Analyse du concept de population**

- ➔ Quelles sont les limites de la population ?
- ➔ Une population est-elle un ensemble homogène et amorphe ?
- ➔ Finalement, à quoi ça sert d'étudier une population ?

B) Les descripteurs des populations

① **Les paramètres écologiques des populations (variables d'état)**

- ➔ La taille des individus (taille individuelle)
- ➔ L'âge
- ➔ L'abondance et la densité
- ➔ La natalité
- ➔ La mortalité
- ➔ Le sex-ratio

② **Le traitement des informations**

- ➔ Les tables de survie
- ➔ La pyramide des âges
- ➔ L'occupation de l'espace

II – La dynamique des populations : le système population/environnement

A) Le modèle théorique de la dynamique d'une population

① **Le potentiel biotique**

② **L'autorégulation (démographique)**

③ **L'immigration**

④ **L'émigration**

⑤ **La résistance de l'habitat (facteurs limitants)**

B) La loi de croissance des populations

① **Le taux intrinsèque d'accroissement « r »**

② **De la croissance exponentielle à la croissance logistique**

- ➔ Présentation du modèle de croissance logistique
- ➔ Critique du modèle de croissance logistique

③ **Populations stables et populations cycliques**

- ➔ les populations stables
- ➔ Les populations cycliques

C) Le système population-environnement

① **Les propriétés de l'environnement**

- ➔ Propriétés liées aux facteurs abiotiques
- ➔ Propriétés liées aux facteurs biotiques (toutes les relations du monde vivant)

② **Les propriétés des individus**

③ **Les propriétés des populations**

- ➔ Propriétés liées aux processus démographiques
- ➔ Propriétés liées aux variables d'état de la population

④ **Les rétroactions (effets et conséquences des interactions au sein de l'écosystème)**

- ➔ « Réponses » de la population ⇨ Actions sur les individus
- ➔ « Réponses » de l'environnement ⇨ Actions sur les composantes du milieu

I – La structure des populations

A) La notion de population (rappel)

① Définitions de la population et des sous-unités s'y rapportant

- On désigne par **population** l'ensemble des **individus** d'une **même espèce** vivant dans un **même territoire** et (pratiquement) pouvant **se reproduire entre eux**.

> **Population :**
>
> Ensemble des individus appartenant à une même espèce et occupant une même fraction de biotope qui échangent librement entre eux leurs gènes dans la reproduction sexuée.

- Cette définition sous-entend que les individus d'une même population peuvent :
  - **Communiquer** entre eux
  - S'apparier pour **se reproduire**
  - **Se concurrencer** pour l'utilisation de ressources communes (nourriture, sites de ponte ou de nidification, abris…)
  - **Coopérer** pour une meilleure utilisation des ressources ou pour se défendre contre des prédateurs
  - **Se transmettre** des parasites ou des maladies…
- Une **population** constitue un **système caractérisé** par :
  - Un **effectif**
  - Un type de **distribution spatiale** des individus
  - Une **structure d'âge**
  - Une **structure génétique**
  - Une **organisation sociale** (hiérarchie)
  - Une **dynamique**
  - Un **environnement** qui interagit avec tous les éléments précités…
- La **démoécologie** (ou **démécologie**) est la science qui s'intéresse à l'étude des populations (démographie écologique).

> **Démoécologie/Démécologie**
>
> - La **démécologie** est l'**écologie des populations**.
> - C'est une sous-discipline de l'écologie dont l'objet est l'étude des **populations** et des **peuplements naturels**.
> - Elle comporte un **aspect descriptif**, parfois désigné sous le terme de **démographie**, dont le but est d'**analyser quantitativement** la structure et la dynamique d'une population en évaluant ses principaux paramètres : effectifs, densité, natalité, mortalité, sex-ratio, structure d'âge etc.
> - La démoécologie présente aussi une **dimension explicative** : elle a pour but d'interpréter les **fluctuations temporelles** et **spatiales** des effectifs observés dans les populations naturelles végétales ou animales, en particulier au travers de l'analyse du rôle de **facteurs abiotiques** et **biotiques** tels que la compétition, la prédation et les maladies.
> - L'étude des populations a de nombreuses **applications** : connaître les variations de la biodiversité, lutter contre les parasites de cultures ou les vecteurs d'agent pathogène, la gestion de la pêche, le maintien des populations de micro-organismes utilisées en biotechnologie…

- L'**étude des populations** peut nécessiter la définition de **sous-unités**, dont les plus utilisées sont :
  - Les **générations**
  - Les **classes d'âge**
  - Les **cohortes**
  - Le **recrutement**
  - Le **stock**…
- **Remarque** : il existe d'autres unités populationnelles, mais elles correspondent davantage à une répartition spatiale/géographique des populations. Il s'agit des **sous-populations** et des **métapopulations** (Cf. Thème 4).

⇨ **Les générations**

- C'est l'ensemble des individus dans une population qui **descendent** d'un **même parent**.
- Deux générations successives sont donc liées par une relation de père/mère à fils/fille.
- De ce fait, elles ont un **degré** de **filiation** en **ligne directe**.
- La **génération** correspond donc à l'ensemble des individus nés en même temps ou, si l'espèce a une longévité importante, à l'ensemble des individus nés la même année (Cf. Cohorte).
- **Exemple** : les parents et leurs jeunes de l'année dans une population de picidés forment 2 générations.

⇨ **Les classes d'âge**

- C'est l'ensemble des individus dans une population qui ont à peu près le **même âge** à la **même époque**.
- Chaque classe d'âge est donc définie par l'ensemble des individus compris, à un instant donné d'observation, **entre deux âges donnés**.
- **Exemple** : la classe d'âge des 1-2 ans dans une population de chevreuils *(Capreolus capreolus)*.
  - Le groupe 0 est constitué de chevreuils qui sont dans leur première année de vie.
  - Un chevreuil né en mai d'une année donnée reste dans le groupe 0 jusqu'en mai de l'année suivante.
- **Remarques** :
  - Le terme de classe d'âge est généralement considéré en **années** pour les espèces de **grande longévité** se **reproduisant annuellement**.
  - Cependant de **plus courtes unités de temps** sont également utilisées, en particulier pour des espèces **moins longévives**.
  - Dans une population, la **distribution d'âge** détermine la répartition des individus selon leur classe d'âge (la somme des individus de toutes les classes d'âge représente la population totale).

⇨ **Les cohortes**

- C'est l'ensemble des individus dans une population ayant vécu un **même événement** au cours d'une **même période** (remarque : ces individus n'ont pas nécessairement le même âge).
- **Exemples** :
  - La cohorte des femelles de sanglier (laies) ayant eu leur premier petit (marcassin) en 2010.
  - La cohorte des arbres d'une forêt ayant le même diamètre de tronc à 1,3 m de hauteur.
  - La cohorte des chenilles défoliatrices du chêne dont les individus subissent simultanément une même mue larvaire.
- On parle de **cohorte de naissance** pour désigner l'ensemble des individus **nés en même temps** (ou dans une courte période de temps), sur un même territoire.
- Mais pour les cohortes de naissances, on utilise également (et plus volontiers) le mot de **génération** : la génération 2010 des mésanges bleues est la **cohorte** des jeunes mésanges bleues nées en 2010.
- A partir d'une même cohorte, il est possible de se suivre la **mortalité globale**, ainsi que le **vieillissement** et la **croissance** des **survivants**.

→ **Cohorte et classe d'âge**

- *Cette notion est dans une certaine mesure complémentaire de celle de **classe d'âge**.*
- *En effet, les individus d'une même cohorte traversent ensemble les classes d'âges successives.*
- *Réciproquement une même classe d'âge est occupée par les cohortes successives.*

→ **Cohorte et génération**

- *La notion de cohorte se croise également avec celle de **génération**, car plusieurs générations (mère, fille, petite fille se reproduisant au même moment) peuvent donner naissance à une même cohorte.*
- *D'autre part une même génération peut donner naissance à plusieurs cohortes.*

⇨ **Le recrutement**

- C'est l'arrivée d'une **nouvelle cohorte** dans une population.
- Dans la pratique, cela concerne essentiellement les cohortes de naissance.
- **Exemple** : chaque printemps la mise bas des femelles dans une population de zèbre de Burchell *(Equus quagga, syn. Equus burchellii)* amène un nouveau recrutement.

⇨ **Le stock**

- C'est une unité se rapportant plutôt à l'**exploitation** des **populations** : chasse, pêche, prélèvements divers…
- C'est pourquoi on parle surtout du « **stock exploité** ».
- Dans la réalité, cette exploitation ne commence en général qu'à partir d'un **âge minimal** des individus, et ne concerne donc qu'**une partie seulement** de la population.
- C'est pourquoi on emploie le terme de **stock** pour définir cet **ensemble partiel** d'individus.

② Analyse du concept de population

- Une **population** possède des **caractéristiques** de **groupes** qui sont **similaires** aux **attributs biologiques** des **individus** qui la composent :
  - → **Elle a sa propre histoire** : par le jeu constant de l'addition et de la soustraction d'individus, elle nait, grandit, se maintient, décroit, meurt.
  - → **Elle a ses propres caractéristiques** : elle se différencie des autres populations, a une organisation définie qui lui est propre et des structures spécifiques qui peuvent être décrites (Cf. Variables d'état).
- C'est pour cette raison que les populations sont des **structures transitoires très complexes**.
- C'est pourquoi certaines **difficultés** apparaissent pour **étudier** et **comprendre** une population.
- Parmi ces difficultés on trouve les suivantes :
  - Le problème des **limites** et des **contours** des unités populationnelles.
  - Le problème de la **pertinence** et de la **composition** des unités de population.
  - Le problème de l'**intérêt** de l'**identification** des unités populationnelles.

⇨ Quelles sont les limites de la population ?

- Dans de **rares cas**, la **délimitation spatiale** d'une **population** est **relativement facile** à faire.
- Exemple : les populations de poissons qui habitent une série d'étangs et de marais n'ayant aucune communication possible entre eux.
- Mais dans la plupart des cas, il n'est **pas facile** de **limiter** l'aire réellement occupée par une population.
- Dans le cas d'habitats **discontinus** ou **temporaires** (comme une bouse, une ornière, un chablis ou un volis, des fruits sur un arbre), tout dépend de l'échelle et des possibilités de **dispersion** des organismes (animaux, végétaux…).
- Dans un **habitat continu** comme une **vaste forêt**, il faut également connaitre la **mobilité** des individus pour évaluer leurs influences réciproques.
- La connaissance préalable des **mouvements** des individus est donc nécessaire pour **délimiter** une population.

⇨ Une population est-elle un ensemble homogène ?

- Dans le cas d'espèces à vaste répartition géographique, on reconnait souvent des **populations locales**, **adaptées** à leur **environnement particulier**.
- Ces unités populationnelles présentent non seulement des **différences phénotypiques**, mais aussi des **différences génétiques** relativement marquées.
- Depuis longtemps, certaines de ces distinctions sont relativement bien connues des biologistes qui leur ont donné le nom d'**écotypes**.

> **Ecotype** (n. m.) :
> - Désigne une **population d'une espèce donnée** qui présente des **caractéristiques « nouvelles »** (ou « **différentes** ») adaptées à un type de milieu particulier.
> - Les caractéristiques propres à l'écotype sont **héréditaires**.

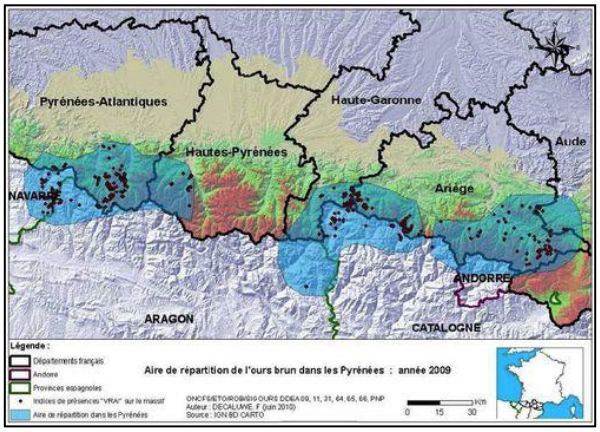
- La reconnaissance d'écotypes signifie qu'il existe des **populations plus ou moins isolées génétiquement**.
- Ces ensembles populationnels constituent des **unités naturelles** qu'il n'est pas indifférent de regrouper ou de dissocier arbitrairement.
- Le problème est que les **limites** de ces populations ne sont **pas toujours évidentes**, matérialisées par une **barrière géographique** ou **écologique nette**.
- Elles peuvent dépendre de **facteurs éthologiques** ou **sociologiques**.
- Chez certains rongeurs, les biologistes ont observé des petites unités reproductivement isolées qu'ils ont nommées **dèmes**.

> **Dème** (n. m.) : désigne un **groupe local d'individus** d'une espèce donnée qui se reproduisent entre eux, constituant de ce fait une sous-population.

- Mais l'identification de telles unités populationnelles « cohérentes » est relativement **complexe** à mettre en œuvre.
- Pourtant, la délimitation même « arbitraire » des populations à étudier est une donnée importante à prendre en compte dans la compréhension de la **dynamique des populations**.

⇨ **Finalement, à quoi ça sert d'étudier une population ?**

- L'**écologie des populations** a comme but principal de **décrire** et d'**expliquer** les **variations** d'**abondance** des **espèces** dans le **temps** et dans l'**espace**.
- Ce domaine d'étude correspond à la **dynamique des populations*** et a une grande importance aussi bien **théorique** que **pratique** :
  - **Prévision** des **pullulations** d'espèces **nuisibles**
  - **Lutte biologique**
  - **Gestion des stocks** (gibier, faune piscicole et halieutique…)
  - **Préservation** et **conservation** de la **biodiversité**, etc.
- En matière de GPN, on est souvent amené (en dehors de la protection de milieux) à vouloir protéger une espèce (Cf. Concept de PMV*).
- Dans ce cadre, il est nécessaire d'avoir le « regard population », c'est-à-dire de comprendre comment fonctionne le système concerné en plaçant la population étudiée au centre de la réflexion.
- En effet, il ne faut jamais perdre de vue qu'une population fait partie d'un système plus vaste et qu'elle est en constante interaction avec tous les autres éléments de ce système.
- C'est pourquoi il est nécessaire de rechercher :
  - → d'une part les **facteurs responsables** des **variations** du **nombre d'individus**.
  - → d'autre part les **facteurs de régulation** (ou de **contrôle**) qui concourent à **maintenir la population** à un niveau moyen de densité.
- Dans ce domaine, la population est souvent l'**unité la plus appréhendable** sur le **terrain**.



Dynamique des populations :

- Ensemble des processus liés au rôle antagoniste de la natalité et de la mortalité qui conditionnent l'expansion, l'équilibre ou le déclin d'une population.
- Son étude prend en compte le **TFT** (Taux de Fertilité Totale) qui désigne le nombre moyen de jeunes produits par une femelle au cours de sa vie.

Régulation des populations :

- Ensemble des mécanismes abiotiques et biotiques qui ajustent les effectifs des populations naturelles à une valeur située à un niveau inférieur à la capacité limite du milieu.
- Capacité limite du milieu (abrév. K) : effectif maximum que peut atteindre une population naturelle compte tenu des ressources naturelles disponibles.

Population minimale viable (abrév. : PMV) :

- Concept très utilisé en biologie de la conservation qui défi nit un seuil minimum à l'effectif d'une population naturelle d'une espèce nécessaire à sa survie dans le long terme.
- À l'opposé, l'extinction de l'espèce est inéluctable si son effectif est inférieur à ce seuil.
- De grandes différences existent dans l'effectif de la PMV selon la position taxonomique de l'espèce considérée et aussi dans les conditions écologiques propres aux habitats occupés par sa (ou ses) population(s).

Génétique des populations :

- Etude des variations héréditaires existant dans une population d'êtres vivants.
- Elle implique généralement une estimation de la fréquence de gènes, de l'influence des mutations, de la sélection et de la migration sur ces fréquences dans les populations naturelles.

B) Les descripteurs des populations

- Pour **décrire une population**, en donner une « photographie » à un moment donné, on utilise un certain nombre de paramètres (ou **descripteurs**) que l'on appelle des **variables d'état**.
- Ils sont appelés ainsi car ils **ne sont pas figés**, **définitivement fixés** ou **stabilisés**.
- Ils sont au contraire, **variables**, **changeants**, **évolutifs**, « **transitoires** ».
- Ils évoluent constamment, à la fois dans le **temps** et dans l'**espace**.
- De ce fait, une **population** est toujours :

  → Une structure plus ou moins **transitoire** (ou **variable**) dans le **temps**

  → Une structure plus ou moins **transitoire** (ou **variable**) dans l'**espace**

- Quels sont les **paramètres écologiques** (ou variables d'état) que nous pouvons mesurer afin de décrire une population ?
- Une population peut être considérée comme un système caractérisé par différentes **variables d'état** dont les principales sont :
  - La **taille** et l'**âge** des individus
  - L'**effectif** (**abondance**, **densité**) et le type de **distribution spatiale** des individus
  - L'**accroissement démographique** (taux de **natalité** et de **mortalité**)
  - La **structure par sexes** (le **sex-ratio**)
  - Les **données éthologiques** : l'organisation sociale, hiérarchique…
- Dans les parties qui suivent, on va :

  → D'une part, **présenter les principaux descripteurs** les plus couramment utilisés ;

  → D'autre part, **présenter les principaux types d'analyse et de traitement** des données réalisés à partir de ces descripteurs.

① Les paramètres écologiques des populations (variables d'état)

➔ La taille des individus (taille individuelle) :

- Il s'agit d'un paramètre **biométrique**.

> **Biométrie** (n. f.) : analyse quantitative des caractéristiques biologiques d'un individu, destinée à déterminer son identité de manière irréfutable. La biométrie repose sur le principe de la reconnaissance de caractéristiques physiques : l'envergure, le poids…

- Les descripteurs de **taille individuelle** s'identifient parfois aux descripteurs de **biomasse**, tels que la **masse corporelle** ou le **poids frais**.
- Mais le plus fréquemment, on mesure des **longueurs d'individus entiers**.
- Dans le cas où la longueur individuelle présente quelque ambigüité (organisme mou ou plastique, etc.), on choisira conventionnellement des parties dures.
- Exemple : la plus grande dimension de la coquille d'un mollusque ou la longueur du céphalothorax d'un crustacé.
- Dans tous les cas, une corrélation avec le poids individuel permettra d'accéder à l'estimation de celui-ci quand on en aura besoin (par exemple dans les calculs de production).

➔ L'âge :

- Les **descripteurs d'âge** posent beaucoup plus de **problème**.
- Il n'est possible de déterminer l'âge d'un individu capturé que si son **anatomie** porte, en quelque point, les **traces** de la **succession** des **années** ou des **saisons**.

  → **Exemple 1** : le comptage des **anneaux annuels du bois** permet après la coupe du tronc ou le prélèvement d'un cylindre à partir de la surface (« carotte » à l'aide de la tarière de Pressler), de déterminer l'âge d'un arbre.

  → **Exemple 2** : chez les **poissons** des **mers** et des **rivières tempérées** et **froides**, la succession de **saisons chaudes** et **froides** entraine des **variations** de **rythme de croissance** ou d'**ossification**, des **anneaux de croissance annuels** qui sont lisibles sur les **écailles**.

- Quand aucune de ces méthodes n'est praticable, l'âge est déterminé **approximativement** à partir d'une corrélation **âge-taille**, dite « **clé taille-âge** », que l'on doit établir préalablement (en utilisant éventuellement des **abaques**).
- L'**erreur d'estimation** sur l'âge est **grande**, puisque pour beaucoup d'organismes, la taille varie à âge égal en fonction de nombreux paramètres (variabilité génétique, richesse du milieu en éléments nutritifs…).
- Mais elle n'interdit pas des calculs statistiques à la base du suivi des cohortes et de la gestion des exploitations.

Document 1 : Exemples de données biométriques

Données biométriques du bison d'Europe (*Bison bonasus*)

- Le poids moyen du mâle est d'environ 800 kg (1,200 tonne au maximum), tandis que la femelle se contente de 600 kilos.
- La taille peut atteindre 1,80 m, voire 2 m, au garrot et jusqu'à 3 m de long.
- La femelle est plus petite, avec un poids entre 350 et 600 kg.
- C'est le plus gros mammifère terrestre d'Europe.
- Remarque : il ne faut pas confondre bison d'Europe avec son cousin américain *(Bison bison)*. Voilà bien dix à quinze mille ans qu'ils font lit et continent à part, depuis la dernière grande glaciation. De ce passé commun, ils conservent une allure similaire même si plusieurs caractéristiques permettent de les distinguer sans s'y tromper. L'Européen se tient plus droit, sa bosse est moins prononcée. Ses cornes sont aussi moins écartées car il fréquente la forêt contrairement à son parent d'outre-Atlantique qui ne se plait qu'en plaine. Question poids, les deux cousins se valent avec un petit avantage pour l'Américain qui est bâti plus en rondeur.

Données biométriques du cerf élaphe *(Cervus elaphus)*

- Le cerf élaphe atteint une longueur totale de 1,6 à 2,6 mètres, pour 1,10 à 1,50 mètres de hauteur au garrot et un poids de 75 à 340 kilogrammes, variant selon la sous-espèce.
- Le poids des animaux est variable selon l'âge, le sexe et la région.
- Le poids des cerfs augmente de l'Ouest vers l'Est de l'Europe : de 120 kg en Écosse à 250 kg en Europe de l'Est.
- Le poids des animaux se stabilise vers l'âge de 3-4 ans chez la femelle (biche) et 6-7 ans chez le mâle.
- En France, le mâle pèse entre 140 et 230 kg pour une taille de 140 à 150 cm au garrot, la femelle pèse entre 75 et 110 kg pour une taille de 1,10 à 1,25 mètres au garrot.
- Ce poids varie selon la qualité du milieu de vie (abondance de la nourriture) mais aussi selon la saison.
- Un hiver rude peut entraîner une perte de poids de 10 à 15 % chez les deux sexes, le mâle peut perdre jusqu'à 20 % de son poids pendant le brame et la femelle jusqu'à 15 % de son poids pendant la période d'allaitement.

Données biométriques de l'aigle royal *(Aquila chrysaetos)*

- L'aigle royal est un rapace diurne qui mesure de 80 cm à 90 cm de long pour les mâles et de 90 à 100 cm de long pour les femelles.
- L'envergure de ses ailes, larges et arrondies en V, est d'environ 190 cm à 220 cm pour les mâles et de 220 cm à 250 cm pour les femelles.
- Il pèse de 3,5 kg à 5 kg pour les mâles et de 6 kg à 7,5 kg pour les femelles.
- Ces dernières sont donc en moyenne plus grandes et plus lourdes que les mâles.
- Il existe différentes sous-espèces d'aigle royal, ce qui explique les grands écarts de taille et de poids.
- La plus grande sous-espèce est la sous-espèce nominale.
- Son bec qui mesure de 4,5 cm à 6,5 cm de long est crochu, comme celui de la majorité des oiseaux prédateurs, ce qui lui permet de mettre des proies en morceaux.
- Ses serres sont énormes et l'ongle de son pouce, l'avillon, qui lui sert à transpercer ses proies, ne mesure pas moins de 7 cm de long et peut transpercer un crâne de renard, de bouquetin ou de loup de part en part.

➔ L'abondance et la densité :

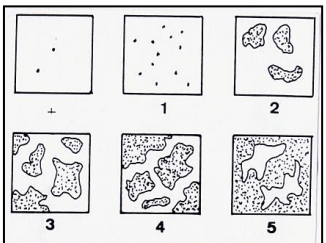
- L'**effectif** d'une population peut s'exprimer soit par l'**abondance**, soit par la **densité**.
- La connaissance de l'**abondance** et de la densité d'une population constitue un paramètre démoécologique primordial.

★ L'abondance

- L'**abondance** est un **paramètre quantitatif** qui permet d'estimer le **nombre d'individus** d'une espèce donnée par **unité** de **surface** ou de **volume**.
- Autrement dit, c'est l'**importance numérique relative** d'une espèce dans un peuplement.
- **Abondance** = **effectif** de la population (nombre total d'individus).
- En général on regroupe les **résultats** de l'**abondance** en **5 classes** :
  - → **0** : **absent**
  - → **1** : **rare, dispersé**
  - → **2** : **commun**
  - → **3** : **abondant**
  - → **4** : **très abondant**
- **Exemple** d'une adaptation de ce classement : les classes d'**abondance-dominance** de Braun-Blanquet utilisées en phytosociologie =

Echelle d'abondance-dominance de Braun-Blanquet

→ **+** = individus **rares** ou **très rares** à **recouvrement très faible (négligeable)**
→ **1** = individus **assez nombreux** à **recouvrement faible**
→ **2** = individus **très nombreux** recouvrant de **1/20 à 1/4 de la surface**
→ **3** = individus en **nombre quelconque** recouvrant **1/4 à 1/2 de la surface**
→ **4** = individus en **nombre quelconque** recouvrant **1/2 à 3/4 de la surface**
→ **5** = individus en **nombre quelconque** recouvrant **plus de 3/4 de la surface**



■ Échelle d'abondance-dominance définie par Braun-Blanquet.

- On distingue **deux types d'abondance** :

→ L'**abondance absolue** :
- C'est la mesure théorique de l'**effectif total précis** d'une population dans un milieu donné.
- L'abondance absolue est donc en liaison étroite avec la **densité** de la population de l'espèce dans son habitat : effectif total d'une population rapporté à une surface donnée.
- Pour la majeure partie des espèces, il n'est pas possible de connaître l'effectif total des populations (par des méthodes de **recensements absolus**).

→ L'**abondance relative** :
- C'est une **estimation** de l'effectif total de la population d'une espèce donnée.
- C'est donc une approche de l'effectif réel par des **méthodes de sondage** basées sur des **échantillons**.
- Exemples de **méthodes relatives** de recensement des populations :
  - Les **itinéraires-échantillons** (line transects) permettant de calculer l'indice relatif d'abondance (IRA)
  - Les **IKA** (Indices Kilométriques d'abondance)
  - Les **IPA** (Indices Ponctuels d'Abondance)…

- Il existe de nombreuses **méthodes de recensement** des populations suivant les espèces, les milieux, les moyens…
- Elles sont toutes basées sur la **fréquence d'observation** (nombre de contacts) = **présence/absence**.
- Selon les objectifs poursuivis, on distingue les **méthodes absolues** et les **méthodes relatives**.

Itinéraires-échantillons
(line transects) – (IRA)

Indice Kilométrique d'Abondance
(IKA)

Indice Ponctuel d'Abondance
(IPA)

- Tous ces descripteurs font appel à la **théorie statistique de l'échantillonnage**, car les populations réelles sont généralement beaucoup trop grandes pour être observées en entier.
- Dans tous les cas, les descripteurs d'abondance sont relatifs à une **technique particulière** de **prélèvement** ou d'**observation** adaptée au mieux à la population étudiée.
  - **Prélèvements** de **portions de milieu** (espèces de très petite taille) : pédofaune, micro-organismes aquatiques…
  - **Piégeage** (insectes, micromammifères…)
  - **Observations directes** sur le terrain (mammifères, oiseaux…)…

Document 2 : **Exemples de quelques méthodes de recensement des populations**

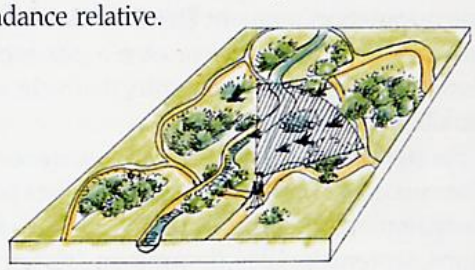
Le comptage direct :

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

Le comptage à vue

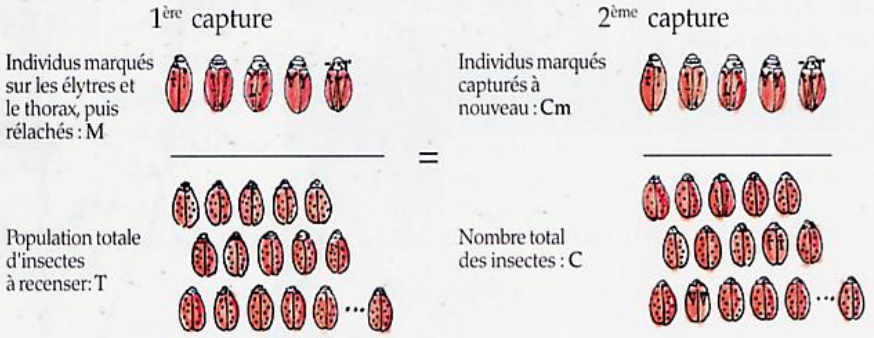
La technique des contacts visuels et sonores

Un observateur parcourt un réseau de sentier, il recherche un contact visuel et sonore avec l'espèce dont il veut évaluer l'abondance relative.



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



$$\text{Population totale } T = \frac{M \times C}{Cm}$$

Exemple de la densité d'une population de coléoptères sur une surface donnée

1ère capture : 345 insectes marqués et relâchés
2ème capture : 320 insectes dont 64 marqués

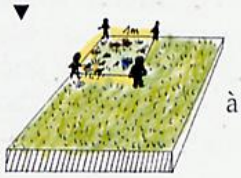
$$T = \frac{345 \times 320}{64} = 1725 \text{ individus}$$

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



Le filet à papillons

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.

★ **La densité**

- Avec l'abondance, on utilise fréquemment un descripteur quantitatif complémentaire : la **densité des populations**.
- La connaissance de la **densité** d'une population constitue un **paramètre démoécologique primordial**.
- La **densité** de population est la mesure du nombre d'individus d'une population occupant une portion donnée d'un milieu = **nombre d'individus rapporté à une unité de surface**.
- La densité de population est le plus souvent exprimée en **nombre d'individus par unité de surface**.

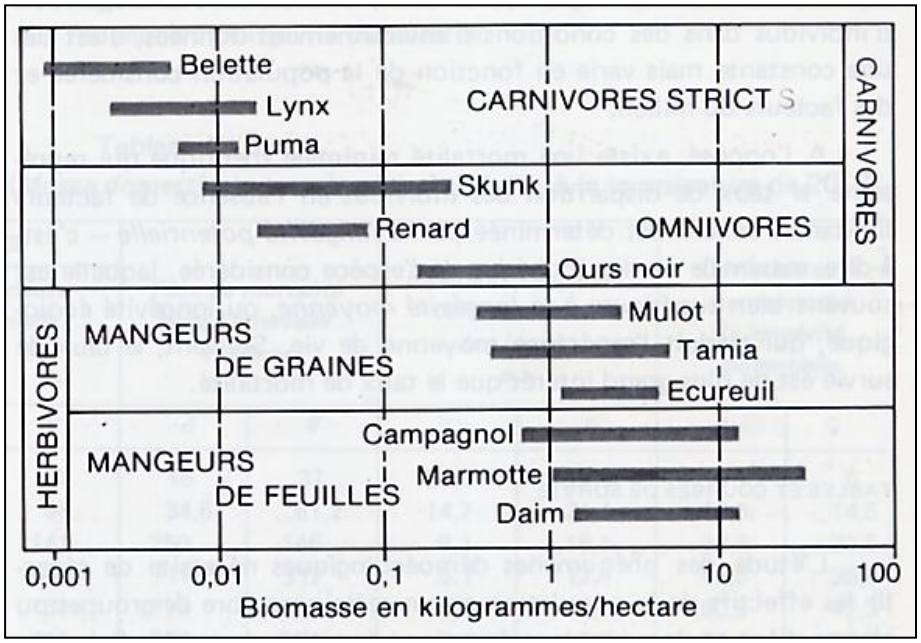
Densité ⟹ $\frac{\text{Nombre d'individus d'une espèce donnée}}{\text{Unité de surface (m}^2\text{, ha…)}}$

- Le **choix** de **l'unité de surface** tient compte des **caractéristiques de l'espèce** : individus plus ou moins **abondants** et/ou de plus ou moins **grande taille**.
- **Exemples** :
  - → **Ongulés** = **/Km²** ou **/100 ha**. La densité des **ongulés** dans une savane africaine est généralement exprimée en **nombre d'individus** par **km²**.
  - → **Oiseaux** = **/10 ha**. La densité des **oiseaux** d'une forêt est généralement exprimée en **nombre d'individus** pour **10 hectares**.
  - → **Arbres** = **/10 ha**. La densité des arbres d'une forêt est généralement exprimée en **nombre d'individus** par hectare.
  - → **Arthropodes** = **/m²**. La densité des **arthropodes** de la litière d'un sol est généralement exprimée en **nombre d'individus** par **m²**.
- Il est aussi possible de définir la densité d'une population à l'aide d'**autres unités de mesure**, comme par exemple sa **biomasse**.
- Cette méthode est utile quand il faut comparer des densités d'espèces de **taille** ou de **nature très différentes**.
- **Exemples** :
  - Densité de **500 kg de poissons** par **hectare** d'**étang**.
  - Densité de **3,8 t d'antilopes** par **km²** de **savane**.

Récapitulatif des unités de mesure de la densité :

→ Nombre d'**individus**/unité de surface (ou de volume)

→ Quantité de **biomasse**/unité de surface (ou de volume)



Densités relatives, exprimées en biomasse, des principaux mammifères constituant le peuplement mammalien d'une forêt caducifoliée nord-américaine.

Commentaires

On constate que pour les populations animales, la densité observée (exprimée en biomasse) dépend essentiellement de sa place dans le réseau trophique. Celle-ci est d'autant plus faible que la position de l'espèce dans les chaînes alimentaires est plus élevée. Ainsi, dans l'exemple choisi ci-contre, le peuplement mammalien d'une forêt mixte nord-américaine, les campagnols (herbivores stricts) sont présents à une densité plus élevée que les ours noirs (omnivores), lesquels sont plus nombreux que les pumas (carnivores stricts).

On retrouve un peu les mêmes résultats ailleurs puisque la densité en marmottes dans les prairies alpines du parc national de la Vanoise est plus élevée que celle des aigles royaux, etc.

- Les biologistes distinguent **deux types de densité** :
  - → **La densité brute** : elle désigne le rapport entre l'effectif total de la population (ou de sa biomasse) et la surface totale du biotope considéré. Ainsi on aura :

> ***Densité brute*** ⟹ $Db = \frac{N}{S}$ où N = nombre d'individus d'une population d'une espèce donnée et S = la surface totale de son habitat (biotope considéré)

  - → **La densité écologique** : elle désigne le rapport entre l'effectif total de la population et la surface d'habitat réellement disponible pour l'espèce considérée (par exemple, la surface où la population trouve les ressources qui lui sont nécessaires) (1). Ainsi on aura :

> ***Densité écologique*** ⟹ $De = \frac{N}{Su}$ où N = nombre d'individus d'une population d'une espèce donnée et Su = surface utilisable de l'écosystème qu'elle occupe réellement

(1) Pour les **populations humaines**, par exemple, la **densité brute** correspondrait au rapport du nombre d'habitants à la **surface totale du pays** et la **densité écologique** au rapport de ce nombre à la **surface de terres cultivables**. Ainsi, en **Egypte**, la densité brute est de **43,5 h/km²** mais la densité écologique atteint **1 533 h/km²** à l'heure actuelle.

- Selon les espèces ou les biotopes, il existe des **variations de densité** des populations naturelles.
- Les **facteurs** de ces variations sont **multiples** :
  - → **Facteurs démographiques** :
    - D'une manière générale, la densité varie en fonction de la **natalité**, de la **mortalité**, de l'**immigration** et de l'**émigration**.
    - En effet, la **densité d'une population** (sa croissance ou son déclin) dépend du **nombre d'individus** qui lui sont **ajoutés** (**natalité**, **immigration**) et de ceux qui **disparaissent** (**mortalité**, **émigration**).
    - En d'autres termes, les effectifs de chaque espèce dépendent principalement de la différence entre les **taux** de **natalité** et de **mortalité** et de l'équilibre entre **émigration** et **immigration**.
  - → **Facteurs écologiques** :
    - Ils dépendent de la biologie de l'espèce (régime alimentaire, éthologie, phénologie…).
    - De façon générale, la densité observée dépend de la **masse corporelle** des individus et de leur **place** dans les **réseaux trophiques**.
    - Elle sera d'autant plus **faible**, toutes choses égales par ailleurs, que la **position de l'espèce** dans le **réseau trophique** est plus **élevée**.
    - Ainsi, un superprédateur tel que l'**aigle royal** aura des **densités plus faibles** que celle de ses **proies**.
- Par ailleurs, il existe pour chaque espèce vivante une **densité maximale** et **minimale** de ses populations que l'on peut observer dans la nature et qui peuvent se maintenir en permanence.
- En effet, exprimée en nombre d'individus ou mieux en biomasse, la densité ne peut **tomber au-dessous** d'une **valeur minimale**, et, à l'opposé, **excéder** une **valeur maximale**.
  - → **Densité maximale** :
    - C'est la **valeur maximale** que la densité d'une population ne peut atteindre dans un milieu donné.
    - Exemple : dans une forêt tempérée, on ne pourra jamais relever des densités aussi **fortes** que **10 000 cerfs/km²**.
    - Cette **limite supérieure** des effectifs est essentiellement déterminée par le **flux de l'énergie** dans l'écosystème (**quantité de nourriture disponible** par unité de surface et de temps).
  - → **Densité minimale** :
    - C'est la **valeur minimale** au-dessous de laquelle une densité de population ne peut **tomber**.
    - Exemple : dans une forêt tempérée, on ne pourra jamais relever des densités aussi **faibles** que **20 araignées par ha**.
    - Cette **limite inférieure**, quoique difficile à cerner, est déterminée par la **probabilité de rencontre des sexes opposés** nécessaire pour assurer la **reproduction**.
- La **densité** de population est une **mesure biologique courante**.
- Elle est souvent utilisée par les **protecteurs de la nature** comme une valeur plus appropriée que les nombres absolus (effectifs).
- De **faibles densités** de population peuvent créer une **spirale d'extinction**, là où de **faibles densités** conduisent à une **fertilité** de plus en plus **réduite**.
- Cet effet est nommé « **effet Allee** », du nom du biologiste W. C. Allee qui l'a mis le premier en lumière (voir principe d'Allee).
- À titre d'exemple, on rencontre fréquemment les **conséquences** suivantes :
  - Des **problèmes accrus** pour **trouver des partenaires** dans les zones de **faible densité**.
  - Un **accroissement** des **unions consanguines** dans les zones de **faible densité**.
  - Une **susceptibilité accrue** aux **évènements catastrophiques** dans les zones de **faible densité**.

<u>Document 3</u> : <u>Cas concret : les variations de densité des populations de demoiselle *(Calopteryx virgo)*</u>

Considérons une population, par exemple de larves de la demoiselle *Calopteryx virgo* dans un bief de ruisseau en été.

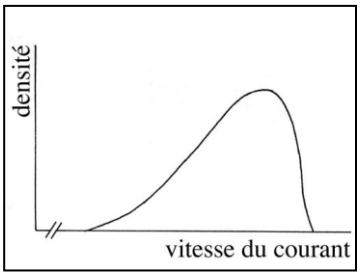
Imago mâle de Caloptéryx vierge *Calopteryx virgo meridionalis*.
Odonate dont les larves aquatiques rhéophiles fréquentent les rivières lotiques.

Supposons que tous les facteurs soient constants et favorables à cette espèce, à l'exception d'un facteur physico-chimique variant naturellement : la vitesse du courant.
On constate alors que la population n'est pas présente partout dans le ruisseau :

→ Là où le courant est trop rapide, les larves ne peuvent s'accrocher et sont emportées.

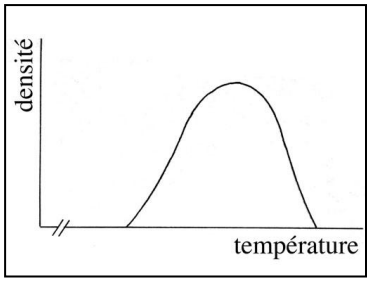
→ Là où le courant est trop faible, les larves ne sont pas suffisamment oxygénées.

En effet, la turbulence des eaux favorise les échanges gazeux, en particulier l'oxygénation des eaux à partir de l'oxygène de l'air. Mais mieux qu'une simple observation de la présence ou de l'absence des larves, on peut mesurer la densité des larves en fonction de ce seul facteur physico-chimique variable qu'est la vitesse du courant. On obtient une courbe d'ordonnée nulle au-delà et en-deçà de certaines valeurs, et d'ordonnée maximale pour une valeur optimale de la vitesse du courant. Cette courbe nous renseigne alors sur le préférendum de cette population quant à la vitesse du courant.



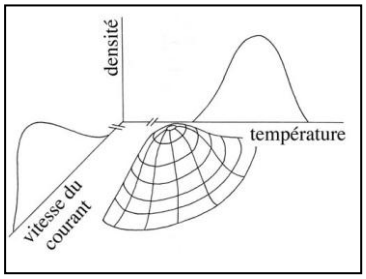
Densité de population des larves de caloptéryx vierge en fonction de la vitesse du courant de la rivière.

Mais dans la réalité, la valeur du courant n'est pas la seule variable physico-chimique à laquelle les larves de cette demoiselle sont sensibles. Il existe d'autres variables intervenant également dans la répartition des individus de cette population dans le ruisseau. C'est le cas par exemple de la température qui nous donne la courbe suivante :



Densité de population des larves de caloptéryx vierge en fonction de la température de l'eau de la rivière.

Si l'on considère la réponse d'une population à deux facteurs physico-chimiques, c'est-à-dire abiotiques, l'habitat des individus de cette espèce n'est plus une courbe, mais une surface de réponse à deux dimensions dans un espace à trois dimensions.



Densité de population des larves de caloptéryx vierge en fonction de la température de l'eau et de la vitesse du courant de la de la rivière.

Maintenant les choses se compliquent lorsque l'on sait que toute population doit être considérée non seulement en termes de densité, mais aussi de taux de fécondité, de natalité, de mortalité ou de tout autre facteur de vitalité (potentiel biotique par exemple). Il ne faut pas oublier non plus que les populations évoluent dans un environnement où elles ne sont pas les seules à utiliser les ressources du biotope. Ce sont les interactions trophiques ou non, inter ou intraspécifiques.
En conséquence, toute population est un « hyper-volume » à n dimensions, dans un « hyper-espace » à n dimensions et n variables (biotiques/abiotiques).

➔ **La natalité** :

- La **natalité** est l'étude du **nombre de naissances** au sein d'une population.
- Il s'agit d'un **indicateur démographique** qui permet d'apprécier le **nombre des naissances** par rapport à celui des « **habitants** » d'une région pendant un temps donné.
- On distingue :
  - La **natalité** : ensemble des naissances dans une population pour une année déterminée.
  - Le **taux (brut) de natalité** : nombre de naissances pour 1 000 habitants pour une année donnée.
- En démographie, le **taux (brut) de natalité** est une donnée statistique qui permet de comparer le **nombre de naissances** vivantes par rapport à la **population totale**.
- Ce taux TN s'exprime habituellement en **‰** (pour mille) et se calcule de la manière suivante :

Taux de natalité ⟹ $TN = \frac{n}{p} \times 1000$ où n = nombre de naissances par an dans une population d'une espèce donnée et p = effectif total de la population

- Le résultat s'exprime ainsi en proportion de la population totale : **50 naissances par an pour 1 000 individus** par exemple.
- La **natalité** constitue le **principal facteur** d'**accroissement** des populations.
- On distingue toujours la **natalité maximale** (ou encore « physiologique ») et la **natalité réelle**.
- La première traduit le **potentiel biotique** de l'espèce considérée, tandis que la seconde exprime le **nombre réel** de **naissances** dans une population.
- Le **taux (brut) de natalité** ne permet pas facilement d'effectuer des comparaisons dans l'**espace** et le **temps**, car il est affecté par l'**espérance de vie**, qui varie beaucoup.
- Il ne faut pas confondre la natalité avec la **fécondité** qui est l'étude du **nombre des naissances par femelle en âge de procréer**.
- Les biologistes calculent également parfois, le **taux net de reproduction** qui désigne le **nombre total de femelles produit par chaque femelle féconde**.
- Cela donne le **taux de multiplication par génération**.

➔ **La mortalité** :

- La **mortalité**, c'est le nombre de **morts** survenues au sein d'une population donnée pendant une durée déterminée.
- Cet indice statistique sert à l'étude de la démographie, au même titre que la **natalité** ou la **fécondité**.
- La **mortalité** constitue le **second paramètre démoécologique** d'importance fondamentale (après la natalité).
- Elle dépend de la **structure par âges** de la population, représentée par la **pyramide des âges**, qui est affectée par le **vieillissement démographique**.
- De la même façon que la natalité, la mortalité varie donc en fonction du **groupe d'âge** considéré.
- Elle s'exprime par le **taux de mortalité** ou « **probabilité de mort** ».
- Le **taux de mortalité** mesure le **nombre de décès** dans un intervalle de temps donné (généralement une année) rapporté au **nombre d'individus** (effectif au début de l'intervalle) d'une population d'un territoire donné.
- Ce taux (abrégé TM) s'exprime habituellement en **‰** (pour mille) et se calcule de la manière suivante :

Taux de mortalité ⟹ $TM = \frac{n}{p} \times 1000$ où n = nombre de morts par an dans une population d'une espèce donnée et p = effectif total de la population

- On synthétise l'ensemble des taux de mortalité par âges avec l'**espérance de vie**.
- Ces données nous renseignent sur les **conditions sanitaires** générales d'une population.
- Les biologistes distinguent entre autres, 2 types de mortalité :

→ **La mortalité écologique** (ou « réelle ») :

- Elle caractérise la disparition d'individus dans des conditions d'environnement données.
- Elle permet d'apprécier le poids des **facteurs limitants**, en particuliers lors d'**épisodes paroxysmiques**.
- Exemple : mortalité écologique survenant à l'issue d'un hiver rigoureux, d'un été aride…
- Il ne s'agit pas d'une valeur constante, mais d'une **variable** évoluant en fonction de la population considérée et des facteurs du milieu.

→ **La mortalité minimale** (ou « théorique ») :

- A l'opposé de la mortalité écologique, il existe une **mortalité minimale théorique** qui représente le **taux de disparition** des individus en l'**absence** de **facteurs limitants**.
- Elle est déterminée par la **longévité potentielle** (c'est-à-dire maximale) des individus de l'espèce considérée.
- Cette dernière est souvent bien supérieure à la **longévité moyenne** (ou **longévité écologique**), qui traduit l'**espérance moyenne de vie**. Exemple des animaux qui vivent généralement plus longtemps en **captivité** qu'à l'**état sauvage**.

- Parfois, on calcule le **taux de survie** qui est le contraire du taux de mortalité : **nombre de survivants** dans un intervalle de temps donné rapporté à l'effectif total de la population.
- Souvent, le **taux de survie** est de plus grand intérêt que le **taux de mortalité**.

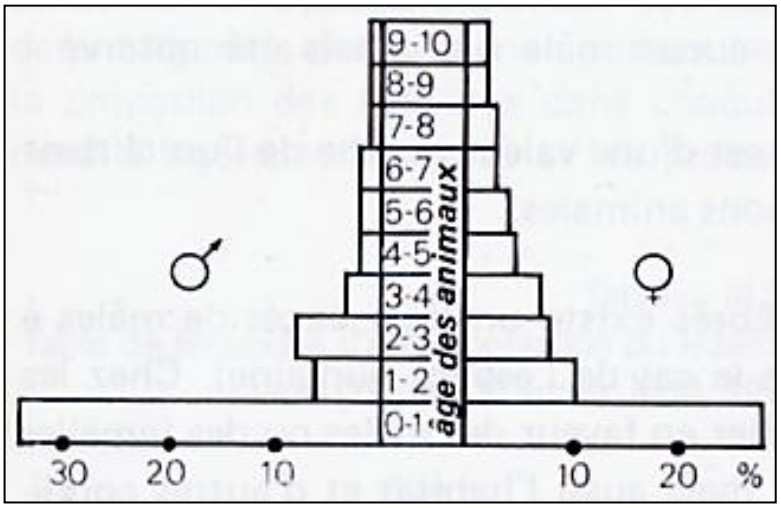
➔ **Le sex-ratio** :

- Le **sex-ratio** ou **sexe-ratio** (abrégé SR), c'est le **rapport** entre le **nombre d'individus** appartenant au **sexe mâle** et au **sexe femelle** que comporte une population.
- **Exemple** :
  - Cas d'une population de cerfs dont le sex-ratio est de **1 : 1,7**.
  - Cela signifie que dans cette population, il y a **1 mâle pour 1,7 femelles**.
- Il constitue un **paramètre démoécologique** de **grande importance**, car la **proportion de mâles** et **femelles** peut affecter le **succès reproductif**.
- En règle générale, les espèces animales sont **gonochoriques**, c'est-à-dire à **sexes séparés**, bien que l'**hermaphrodisme** ou la **parthénogenèse** puissent être fréquents chez certains ordres d'**invertébrés**.
- Toutefois, même dans le cas de l'hermaphrodisme, la fécondation implique l'échange de produits sexuels entre deux individus, et en règle générale, seule une des deux catégories de **gonades** est à maturité, les individus étant de façon successive ou alternative mâle ou femelle.

> - **Gonochorisme** : mode de reproduction, qui implique deux catégories d'individus : mâle et femelle.
> - **Hermaphrodisme** : désigne un phénomène biologique dans lequel l'individu est morphologiquement mâle et femelle, soit alternativement soit simultanément. C'est donc l'opposé du gonochorisme où les individus sont de sexes séparés. ⚥
> - **Parthénogenèse** : multiplication à partir d'un gamète femelle non fécondé. La parthénogenèse est une reproduction monoparentale. Cette reproduction a un avantage sélectif car elle produit un grand nombre d'individus sans la présence de l'organisme mâle.

- Les seules populations naturelles dans lesquelles le **sex-ratio** est profondément **déséquilibré**, sont celles des **espèces parthénogénétiques** (abeille domestique par exemple).
- Il existe de la sorte quelques groupes zoologiques où aucun mâle n'a jamais été observé.
- C'est le cas chez les **rotifères** *Philodinidae*.
- Chez la **magicienne dentelée** *(Saga pedo)* qui est un orthoptère, aucun mâle n'a jamais été observé en France.
- En définitive, le sex-ratio est d'une valeur proche de l'unité (1) dans la grande majorité des populations animales.
- Mais il est variable dans le temps pour de nombreuses espèces.
- C'est le cas par exemple chez la plupart des vertébrés :
  - A la **naissance**, il existe un **léger excès de mâles** (c'est entre autres le cas de l'espèce humaine).
  - Chez les **adultes** en revanche, le sex-ratio peut pencher **en faveur des mâles ou des femelles** selon le groupe taxonomique, mais aussi l'habitat et divers facteurs écologiques influant sur celui-ci.
- C'est pourquoi on peut observer chez de nombreuses espèces un fort déséquilibre en faveur de l'un ou de l'autre sexe.
- Exemples chez certaines populations de rongeurs :
  - Chez les rats musqués *(Ondatra zibethica)* du Wisconsin, bien que le sex-ratio soit égal à 1 à la naissance, il s'élève à 1,4 (140 mâles pour 100 femelles) chez les individus ayant plus de trois semaines.
  - A l'opposé, un excès de femelles s'observe dans les populations de deux espèces d'écureuils nord-américaines : *Sciurus niger et Sciurus carolinensis*, ces dernières étant de 5 à 55 % plus nombreuses que les mâles.
- Chez certaines espèces le sex-ratio peut être un indicateur de la température du milieu d'incubation.
- Exemple : chez plusieurs espèces de tortues, le sex-ratio est fortement influencé dans l'œuf par la température ou l'exposition à des polluants qui sont aussi des perturbateurs endocriniens.
- On peut distinguer :
  - Un **sex-ratio primaire** :
    - C'est le rapport du **nombre d'individus de chaque sexe à la naissance** (ou à la ponte).
    - Déterminé à la fécondation, il est en général équilibré à 50/50.
  - Un **sex-ratio secondaire** :
    - C'est le rapport du **nombre d'adultes de chaque sexe**.
    - Il traduit une **mortalité différente des sexes**.
    - La plupart du temps il est > 1 à la naissance pour les vertébrés (plus de mâles que de femelles).
    - Exemple : chez les anatidés les mâles tendent à être plus nombreux que les femelles.
    - Mais par suite d'une plus forte mortalité des jeunes mâles, il devient < 1 à l'âge adulte.
    - Exemple : à l'âge adulte, les mâles ont tendance à être moins nombreux que les femelles chez les rats musqués *(Ondatra zibethica)* du Wisconsin et deux espèces d'écureuils nord-américaines *(Sciurus niger* et *Sciurus carolinensis).*

- Le **sex-ratio** est généralement représenté dans les **pyramides des âges**.



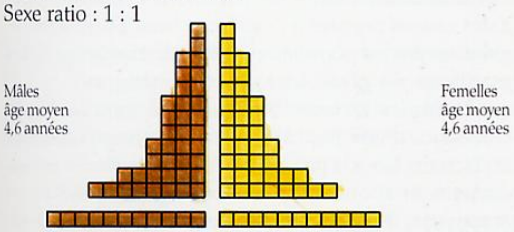
Pyramide des âges du cerf mulet
(Odocoileus hemionus)

Population : 230 individus

D'une façon générale l'âge et le sexe permettent de fournir les premiers éléments indispensables pour mieux connaître une population. Le sexe ratio correspond au nombre de mâles comparé au nombre de femelles ou l'inverse. Il est intégré dans la pyramide des âges qui constitue une image instantanée d'une population dont les effectifs se renouvellent sans cesse par le jeu des naissances, décès et par l'effet des déplacements (arrivées, départs temporaires ou définitifs). La pyramide des âges fournit une représentation fidèle de la structure d'une population, sa forme même donne des indications sur le bon ou le mauvais état d'équilibre de la population, si cette pyramide est redessinée à des intervalles de temps convenables elle est un guide précieux pour conduire une gestion raisonnée de cette population. L'exemple des pyramides d'âges d'une population de cerfs montre qu'en l'absence de prédateurs naturels (loups, ours) l'homme doit assurer un prélèvement judicieux qui conserve une structure satisfaisante de la population.

Structure d'une population de cerfs au temps t = 0

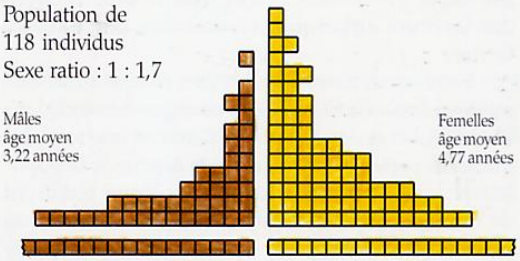
Population de 78 individus
Sexe ratio : 1 : 1



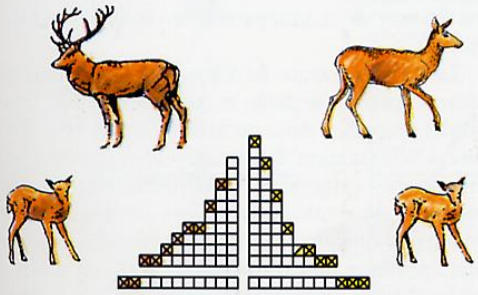
La pyramide des âges de cette population de cerfs est équilibrée
La notion d'équilibre entre sexe et classes d'âge est propre à chaque espèce, à son écologie et à sa physiologie. Chez les ongulés l'équilibre se situe autour de la parité des sexes. Il n'en est pas fatalement de même chez les oiseaux.

Structure de cette population 15 ans plus tard

Population de 118 individus
Sexe ratio : 1 : 1,7



La pyramide des âges de cette même population est réalisée 15 ans plus tard, au cours des 4 dernières années les femelles ont été épargnées et 35 mâles tués. La population a globalement augmenté et est désiquilibrée, les femelles sont trop nombreuses par rapport aux mâles, les jeunes également. La capacité d'accueil de la forêt est dépassée, des prélèvements sont nécessaires pour rééquilibrer la population.



Un exemple de maintien d'une population équilibrée de cerfs par une gestion raisonnée du cheptel

Seuls seraient tirés les individus marqués d'un carré barré sur la pyramide. La connaissance de la pyramide des âges d'une espèce chassable fait partie des préalables nécessaires à la préparation des plans de chasse, mais reste malheureusement encore trop peu utilisée.

② Le traitement des informations

- A partir des principaux descripteurs des populations, il est possible de **traiter l'information recueillie** en la **présentant** sous **diverses formes** : **tableaux**, **courbes**, **diagrammes**, **cartes**…
- Ces représentations des données ont pour but d'**aider à la lecture** en permettant une **meilleure visualisation** des informations.
- On trouve **4 principaux types** de traitement des **données démographiques** :
  - Les **tables de survie**
  - Les **courbes de survie** (+ les **diagrammes de Lexis**)
  - Les **pyramides des âges**
  - La **cartographie des distributions spatiales** (**types d'occupation de l'espace**)

➔ **Les tables de survie** :

- Une **table de survie** (aussi appelée table de mortalité) est une **construction** (**tableau**) qui permet de suivre minutieusement le **destin** d'une **population**.
- Cet outil est surtout utilisé en démographie afin d'étudier le **nombre de décès**, les **probabilités de décès** ou de **survie** et l'**espérance de vie** selon l'**âge** et le **sexe**.
- Elles indiquent, pour une période déterminée, la **structure par âge** de la population et le **taux de mortalité** pour chaque classe d'âge qui est généralement une année pour les vertébrés ou un stade de développement (écophase) pour des insectes (en nombre de jours).
- Elles sont établies en dressant des colonnes dans lesquelles sont notés de façon conventionnelle un certain nombre de paramètres démographiques.
- Ce sont de la gauche vers la droite :
  - L'**intervalle d'âge**, **x** (exprimé en jours, mois ou années selon la longévité de l'espèce considérée),
  - Le **nombre d'individus vivants**, **lx**, exprimé en **‰** (pour mille), dénombré au début de l'intervalle de temps,
  - Le **nombre d'individus morts** au cours de cet intervalle, **dx**,
  - Le **taux de mortalité** pour **1000** individus vivants au début de l'intervalle, **1 000 qx**,
  - L'**espérance moyenne de vie** restante pour les individus ayant atteint le début de l'intervalle, **ex**.
- On y adjoint parfois une colonne supplémentaire dans laquelle sont figurées les déviations exprimées en pourcentage par rapport à la longévité potentielle pour chaque intervalle d'âge.
- Il existe **deux types** de **tables de survie** :
  - → Les **tables de survie** « **transverses** » ou « **statiques** » :
    - Elles sont également qualifiées « **tables de survie du moment** ».
    - Ce sont les tables de survie les plus utilisées.
    - Elles sont construites à partir de **générations fictives**.
    - Pour chaque tranche d'âge (généralement par tranches de 1 an, 5 ans ou 10 ans), on détermine les statistiques suivantes :
      - Le **nombre de décès** par tranche d'âge.
      - Le **nombre de survivants** par tranche d'âge.
      - Le **nombre d'années vécues** par les tous les individus au cours de l'intervalle d'âge choisi (1 an, 5 ans, ou 10 ans).
      - Le **nombre d'années restant à vivre** pour tous les individus.
      - L'**espérance de vie** résiduelle en fonction de l'âge.
  - → Les **tables de survie longitudinales** :
    - Elles sont également qualifiées « **tables de survie par génération** ».
    - Elles résument l'évolution d'une **génération** (ou d'une **cohorte**) depuis la naissance (ou le stade œuf) jusqu'à son extinction.
    - Une **table de survie par génération** se réalise de la **même manière** qu'une **table de survie du moment** à la différence que, au lieu de constituer une génération fictive, on construit la table en observant les **niveaux réels** de **mortalité** et **survie** d'une **génération particulière** (exemple : organismes nés en 2010).
    - De ce fait, elles sont davantage **rétrospectives**, car **établies après** que les évènements ne se soient produits.
    - Une table de mortalité par génération a donc l'avantage d'être **plus représentative** de la **réalité**.
    - Mais elle a comme inconvénient principal la nécessité d'attendre l'extinction d'une génération avant de la construire.
    - Par exemple, pour la génération née en 1960, à moins d'avoir recours à des projections de mortalité, il faut attendre que chaque individu de la cohorte décède pour ainsi appliquer les probabilités de décès qui se sont réellement produites à chaque âge.

- Exemple de **table de survie** de la mouche domestique *(Musca domestica)* adulte c'est-à-dire pour la période qui commence à l'éclosion du puparium (mue imaginale) :

Table de survie de la mouche domestique (*Musca domestica*), pour la période adulte, à la température de 20°C

Intervalle d'âge x (en jours)	Nombre d'individus pour 1 000 vivants en début de l'intervalle lx		Nombre d'individus pour 1 000 morts au cours de l'intervalle dx		Taux de mortalité dans l'intervalle 1 000 qx		Espérance moyenne de vie restante (en jours) e_x		Déviation en % par rapport à la longévité potentielle	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
0- 8	1 000	1 000	16	37	16	37	22,4	27,8	0	0
8-14	984	963	34	59	34,5	61,2	14,7	21,1	18,6	14,5
14-20	950	904	238	141	250	146	9,1	16,1	32,6	25,5
20-26	712	763	511	244	717	312	5,1	12,4	46,5	36,4
26-32	201	519	155	131	771	252	4,5	10,7	60,5	47,3
32-38	46	388	40	215	869	554	3,4	7,3	74,4	58,2
38-44	6	173	6	91	1 000	526	3	5,8	88,4	69,1
44-50	0	82	–	60	–	731	–	4,6	100	80,0
50-56		22		22		1 000				90,9
56-62		0		–		–		–		100

d'après Ramade (1967) mais modifié.

Commentaires

L'examen du tableau met en évidence une forte différence de longévité entre les deux sexes et un écart important entre longévité moyenne et longévité potentielle.
Ainsi, l'espérance moyenne de vie à l'éclosion (sortie du puparium) est de 22,4 jours chez le mâle et de 27,8 jours chez la femelle, la longévité potentielle de 43 jours chez le mâle et de 55 jours chez la femelle.
Cette table de survie nous permet de voir que 519 femelles sur 1 000 étaient encore vivantes à l'âge de 26 jours (alors qu'à la même période, seulement 201 mâles étaient encore vivants).
Comme la longévité potentielle est de 55 jours chez la mouche domestique (à une température de 20°C), cela correspond à 26/55 x 100 = 47,3 % de la longévité potentielle pour les individus ayant atteint l'intervalle d'âge considéré.
Cette observation présente une valeur très générale dans le règne animal. Ainsi, dans l'espèce humaine, la longévité moyenne est de 68,5 chez l'homme et de 76,5 chez la femme en Europe, alors que les longévités potentielles étaient respectivement de 108 et 109 ans (plusieurs personnes ayant atteint l'âge de 120 ans).

➔ **Les diagrammes de Lexis** :

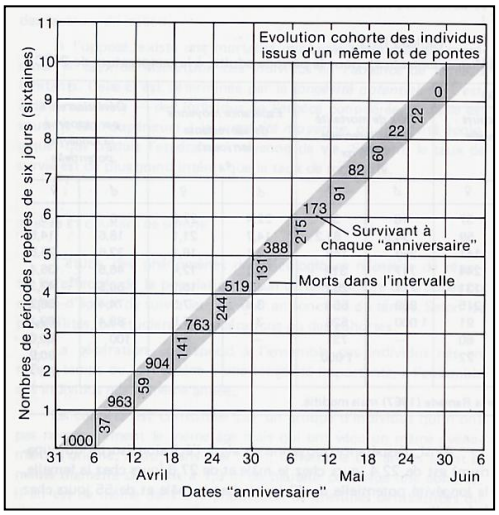
- Les **tables de survie** permettent de dresser des **diagrammes de Lexis**, lesquels ont pour objet de **décrire** la **structure démographique** d'une population et ses **variations temporelles**.
- Il existe **deux types** de **diagrammes de Lexis** :

→ Le type de représentation dénommé « **analyse longitudinale** ».

- Il montre l'évolution d'une cohorte d'individus prise depuis l'éclosion, la naissance ou la germination (selon le cas), jusqu'à la mort du dernier individu qui la compose.
- Exemple de diagramme de Lexis : analyse longitudinale de l'évolution d'une cohorte de mouches domestiques adultes (1000 individus) depuis leur date d'éclosion du puparium.

→ Le type de représentation dénommé « **analyse transversale** ».

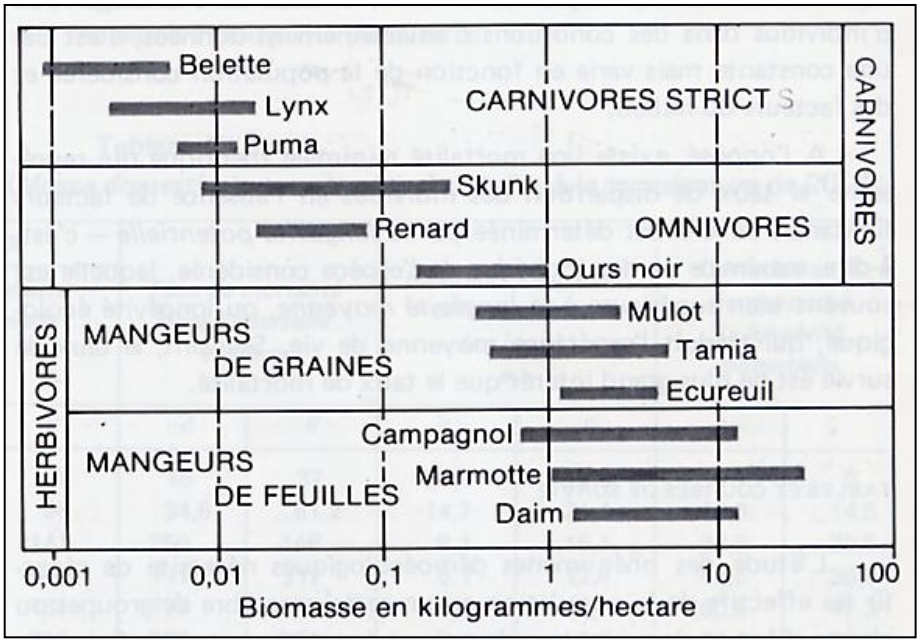
- Lorsque l'on a affaire à des êtres vivants doués d'une grande longévité, on réalise des analyses transversales, c'est-à-dire se rapportant à des temps déterminés.
- Celles-ci décrivent la structure d'âge moyenne de la population pour une période bien définie (semaine, mois, année) ainsi que le taux de mortalité propre à chaque classe d'âge au cours de cette période.



Exemple de diagramme de Lexis :

Analyse longitudinale de l'évolution d'une cohorte de mouches domestiques adultes (1000 individus) depuis leur date d'éclosion du puparium.

Document 4 : Exemples de densités relatives exprimées en biomasse



Densités relatives, exprimées en biomasse, des principaux mammifères constituant le peuplement mammalien d'une forêt caducifoliée nord-américaine.

Commentaires

On constate que pour les populations animales, la densité observée (exprimée en biomasse) dépend essentiellement de sa place dans le réseau trophique. Celle-ci est d'autant plus faible que la position de l'espèce dans les chaînes alimentaires est plus élevée. Ainsi, dans l'exemple choisi ci-contre, le peuplement mammalien d'une forêt mixte nord-américaine, les campagnols (herbivores stricts) sont présents à une densité plus élevée que les ours noirs (omnivores), lesquels sont plus nombreux que les pumas (carnivores stricts).

On retrouve un peu les mêmes résultats ailleurs puisque la densité en marmottes dans les prairies alpines du parc national de la Vanoise est plus élevée que celle des aigles royaux, etc.

Document 5 : Exemple de tables de survie de la mouche domestique *(Musca domestica)*

Table de survie de la mouche domestique (*Musca domestica*), pour la période adulte, à la température de 20°C

Intervalle d'âge x (en jours)	Nombre d'individus pour 1 000 vivants en début de l'intervalle lx		Nombre d'individus pour 1 000 morts au cours de l'intervalle dx		Taux de mortalité dans l'intervalle 1 000 qx		Espérance moyenne de vie restante (en jours) e_x		Déviation en % par rapport à la longévité potentielle	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
0- 8	1 000	1 000	16	37	16	37	22,4	27,8	0	0
8-14	984	963	34	59	34,5	61,2	14,7	21,1	18,6	14,5
14-20	950	904	238	141	250	146	9,1	16,1	32,6	25,5
20-26	712	763	511	244	717	312	5,1	12,4	46,5	36,4
26-32	201	519	155	131	771	252	4,5	10,7	60,5	47,3
32-38	46	388	40	215	869	554	3,4	7,3	74,4	58,2
38-44	6	173	6	91	1 000	526	3	5,8	88,4	69,1
44-50	0	82	–	60	–	731	–	4,6	100	80,0
50-56		22		22		1 000				90,9
56-62		0		–		–		–		100

d'après Ramade (1967) mais modifié.

Commentaires

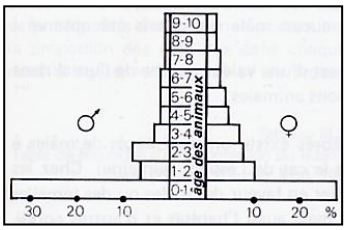
L'examen du tableau met en évidence une forte différence de longévité entre les deux sexes et un écart important entre longévité moyenne et longévité potentielle. Ainsi, l'espérance moyenne de vie à l'éclosion (sortie du puparium) est de 22,4 jours chez le mâle et de 27,8 jours chez la femelle, la longévité potentielle de 43 jours chez le mâle et de 55 jours chez la femelle.

Cette table de survie nous permet de voir que 519 femelles sur 1 000 étaient encore vivantes à l'âge de 26 jours (alors qu'à la même période, seulement 201 mâles étaient encore vivants).

Comme la longévité potentielle est de 55 jours chez la mouche domestique (à une température de 20°C), cela correspond à 26/55 x 100 = 47,3 % de la longévité potentielle pour les individus ayant atteint l'intervalle d'âge considéré.

Cette observation présente une valeur très générale dans le règne animal. Ainsi, dans l'espèce humaine, la longévité moyenne est de 68,5 chez l'homme et de 76,5 chez la femme en Europe, alors que les longévités potentielles étaient respectivement de 108 et 109 ans (plusieurs personnes ayant atteint l'âge de 120 ans).

Document 6 : Exemple de sex-ratio du cerf mulet *(Odocoileus hemionus)*



Pyramide des âges du cerf mulet
(Odocoileus hemionus)

Population : 230 individus

Sex-ratio = 1 : 1,2

Document 7 : **Les principales caractéristiques d'une population**

L'EFFECTIF D'UNE POPULATION

Il peut s'exprimer par :

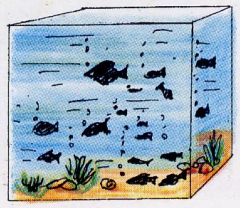
l'abondance

Elle correspond au nombre d'individus présents sur un milieu donné. Elle n'est presque jamais connue, mais elle peut être approchée sur de très petits échantillons.

Ex. : comptage de petits coqs de bruyère à l'aide de chiens d'arrêt.

la densité

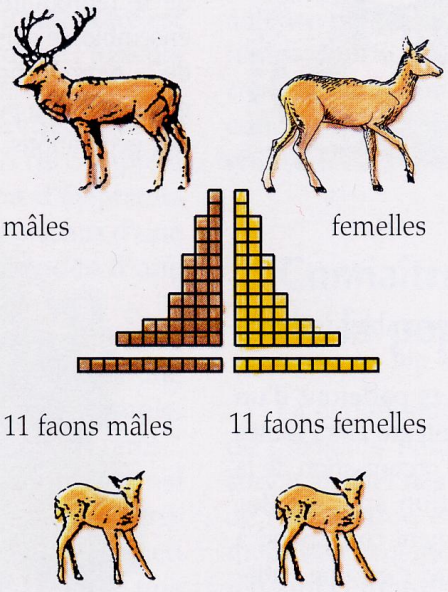
Elle correspond au nombre d'individus par unité de surface ou de volume. Cette caractéristique est importante car elle donne des indications sur l'action d'une espèce dans son écosystème. En effet, elle est rapportée à une surface ou à un volume bien identifié.



Densité en poissons d'un milieu aquatique exprimée par exemple en nombre d'individus par m^3.

LA STRUCTURE D'UNE POPULATION

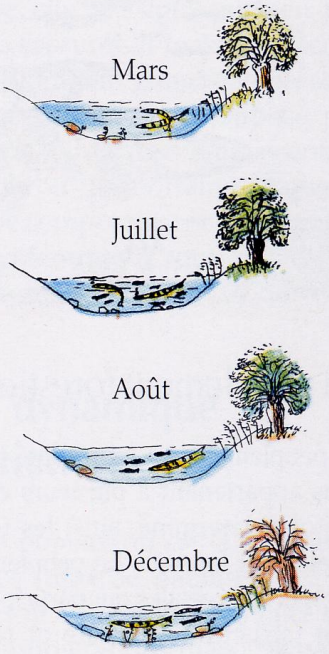
Ex. : pyramide des âges d'une population de cerfs



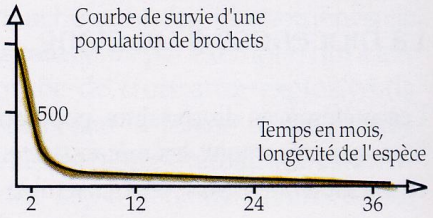
6 femelles de 2 ans et 25 femelles plus âgées ont donné naissance à 22 faons (11 mâles et 11 femelles).

Le sexe ratio est le nombre de mâles comparé au nombre de femelles ou l'inverse. Dans cet exemple, le sexe ratio des animaux adultes est de 1/1.

LA CROISSANCE D'UNE POPULATION



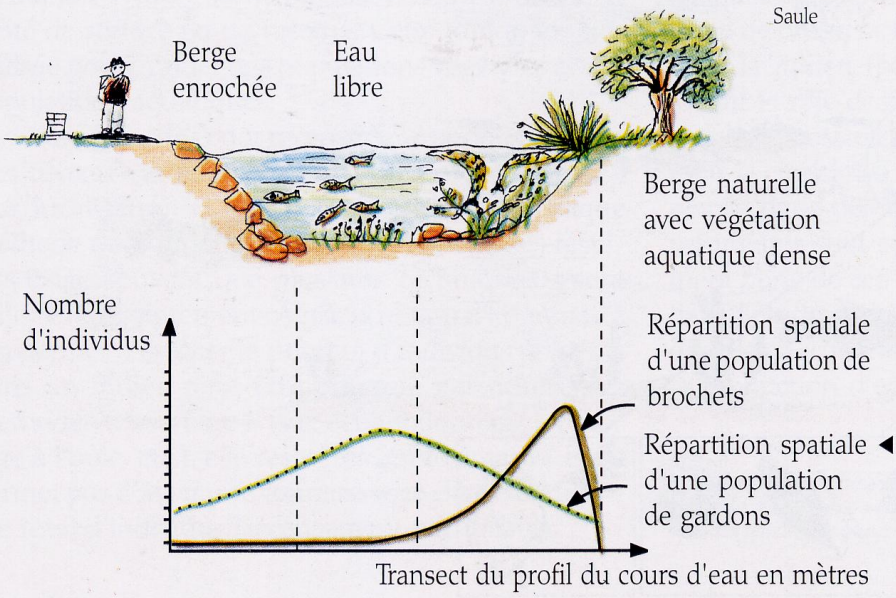
Nombre de brochets survivants à partir de 1000 alevins.



La natalité (**n**) et la mortalité (**m**) se conjuguent pour déterminer à chaque instant l'excédent ou le déficit des naissances **r = (n-m)**.

r représente le taux d'accroissement de la population

LA REPARTITION SPATIALE DES INDIVIDUS D'UNE POPULATION



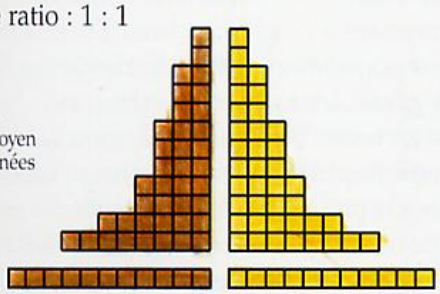
Dans l'exemple de ce transect de cours d'eau, on observe une répartition spatiale des deux populations de poissons par groupe. Ce type de répartition est le plus communément rencontré dans la nature. Les répartitions spatiales "homogènes" ou bien "au hasard" sont plus rarement observées.

Document 8 : **Connaître la structure d'une population**

D'une façon générale l'âge et le sexe permettent de fournir les premiers éléments indispensables pour mieux connaître une population. Le sexe ratio correspond au nombre de mâles comparé au nombre de femelles ou l'inverse. Il est intégré dans la pyramide des âges qui constitue une image instantanée d'une population dont les effectifs se renouvellent sans cesse par le jeu des naissances, décès et par l'effet des déplacements (arrivées, départs temporaires ou définitifs). La pyramide des âges fournit une représentation fidèle de la structure d'une population, sa forme même donne des indications sur le bon ou le mauvais état d'équilibre de la population, si cette pyramide est redessinée à des intervalles de temps convenables elle est un guide précieux pour conduire une gestion raisonnée de cette population. L'exemple des pyramides d'âges d'une population de cerfs montre qu'en l'absence de prédateurs naturels (loups, ours) l'homme doit assurer un prélèvement judicieux qui conserve une structure satisfaisante de la population.

Structure d'une population de cerfs au temps t = 0

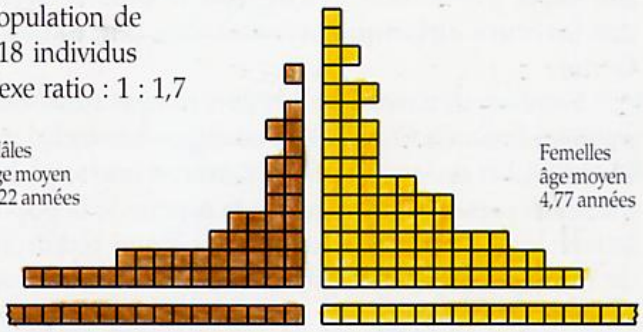
Population de 78 individus
Sexe ratio : 1 : 1



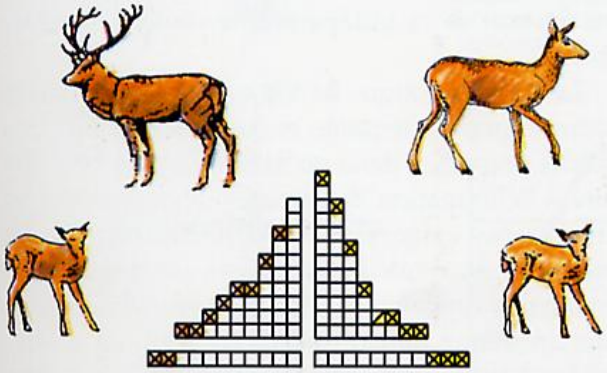
La pyramide des âges de cette population de cerfs est équilibrée
La notion d'équilibre entre sexe et classes d'âge est propre à chaque espèce, à son écologie et à sa physiologie. Chez les ongulés l'équilibre se situe autour de la parité des sexes. Il n'en est pas fatalement de même chez les oiseaux.

Structure de cette population 15 ans plus tard

Population de
118 individus
Sexe ratio : 1 : 1,7



La pyramide des âges de cette même population est réalisée 15 ans plus tard, au cours des 4 dernières années les femelles ont été épargnées et 35 mâles tués. La population a globalement augmenté et est désiquilibrée, les femelles sont trop nombreuses par rapport aux mâles, les jeunes également. La capacité d'accueil de la forêt est dépassée, des prélèvements sont nécessaires pour rééquilibrer la population.



Un exemple de maintien d'une population équilibrée de cerfs par une gestion raisonnée du cheptel

Seuls seraient tirés les individus marqués d'un carré barré sur la pyramide. La connaissance de la pyramide des âges d'une espèce chassable fait partie des préalables nécessaires à la préparation des plans de chasse, mais reste malheureusement encore trop peu utilisée.

➔ **Les courbes de survie** :

- Elles fournissent une bonne représentation de la **mortalité naturelle** dans chaque population.
- Elles s'établissent à partir des tables de survie correspondantes.
- Ce sont des courbes représentant l'**évolution du nombre d'individus** (lx sur la figure) dans une **cohorte** en fonction de son **âge**, à partir de son origine (naissance, éclosion, stade œuf).
- Remarque : dans le cas de certaines espèces (insectes par exemple), on peut tracer les courbes de survie en prenant comme unité de temps la durée des divers stades (écophases).
- En effet, il est rarement possible de savoir exactement quand (à quel âge) un individu meurt.
- Par contre, il est plus facile de dénombrer les survivants d'une cohorte (à condition d'avoir réussi à localiser et suivre celle-ci).
- La diminution progressive de la proportion de survivants par rapport au total des individus recrutés est alors représentée par la **courbe de survie** (encore appelée « **courbe de mortalité de la cohorte** »).
- Pour plus de lisibilité on représente les âges en % de la longévité potentielle atteinte par les individus ayant un âge déterminé.
- Le nombre initial d'individus est fixé arbitrairement à 100 ou 1000.
- **Trois types principaux de courbes** peuvent être définis (voir figure) :

→ **La courbe de type I** :

- Elle correspond à une **mortalité faible** aux stades jeunes, forte ensuite.
- Dans ce type de courbe, les longévités moyenne et potentielle demeurent assez proches (toute proportion gardée).
- Ici, la mortalité qui est faible pendant au moins la première moitié de la durée de vie potentielle, croît ensuite subitement et la courbe de survie prend une allure convexe.
- C'est le cas de l'**espèce humaine**, de nombreux mammifères, de la drosophile…

→ **La courbe de type II** :

- Dans cette seconde catégorie, la **mortalité** présente un **taux constant** tout au long de la vie (quel que soit l'âge).
- La longévité potentielle et moyenne étant déjà assez différente, si bien que la courbe de survie présente un aspect sublinéaire.
- C'est le cas de l'hydre d'eau douce (cnidaire). Les cnidaires sont des animaux relativement simples, spécifiques du milieu aquatique ; on y retrouve, entre autres, les **coraux**, les **anémones** de mer et les **méduses**.

→ **La courbe de type III** :

- Elle correspond à une **mortalité élevée aux stades jeunes** puis relativement **constante** ensuite.
- Dans ce troisième type de courbe de survie, nous rencontrons donc des espèces dont les longévités potentielles et moyennes sont très différentes.
- Ici, le taux de mortalité, très fort dans les jeunes stades, décroît beaucoup chez l'adulte, de sorte qu'en définitive, la courbe de survie aura un aspect concave.
- Ce type de courbe se rencontre chez diverses espèces d'**oiseaux**, mais surtout chez de nombreux groupes d'**invertébrés aquatiques** (**huîtres** et autres **mollusques** lamellibranches par exemple).
- Il caractérise aussi la plupart des espèces végétales.
- Chez les **arbres** des **forêts tempérées** et **tropicales**, la plupart des graines ne germent pas et l'immense majorité des plantules produites meurent au cours des premières années de leur vie de sorte que la longévité moyenne est faible alors que la longévité potentielle peut atteindre plusieurs milliers d'années (cas des *Séquoia* et de quelques autres espèces de conifères).

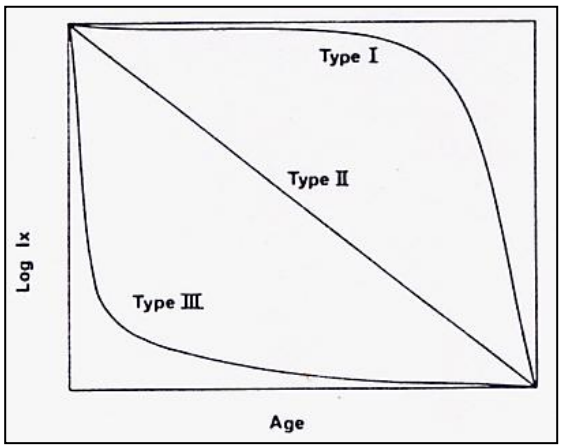
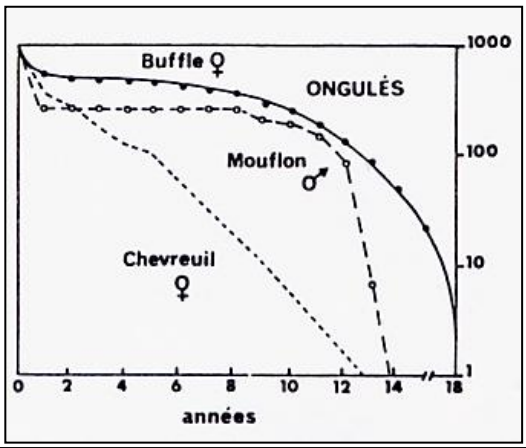
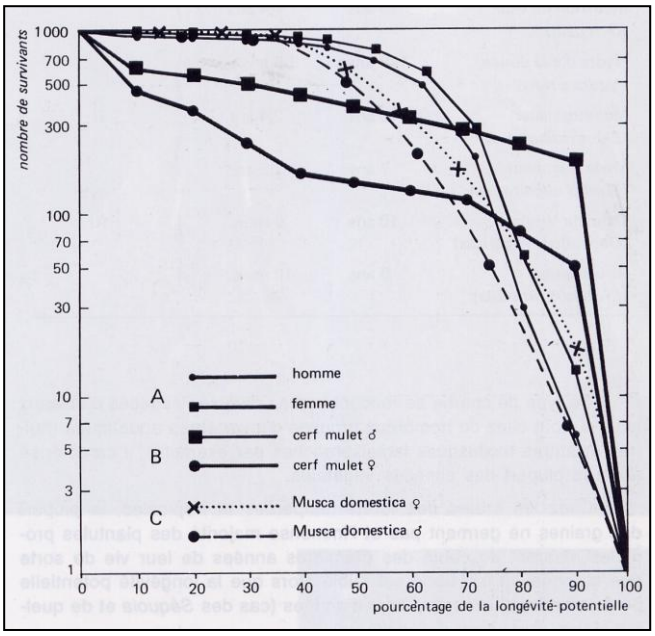


Schéma général représentant les 3 principaux types de courbes de survie



A titre d'exemple, la figure ci-dessus compare la courbe de survie du Buffle à celles d'autres ongulés sauvages : chevreuil et mouflon.

- **Exemple** de courbes de survie comparées :



Exemples de courbes de survie :

A – Chez l'espèce humaine
B – Chez le cerf mulet *(Odocoileus hemonius)*
C – Chez la mouche domestique *(Musca domestica)*

Dans chaque cas, on observe une moindre longévité des mâles.

- **Exemple** de la relation entre longévité moyenne, longévité potentielle et type de courbe de survie chez quelques espèces animales :

Relation entre longévité moyenne, longévité potentielle et type de courbe de survie chez quelques espèces animales.

Espèces	*Longévité potentielle*	*Longévité moyenne*	*Type de courbe de survie*
Rotifère	9 jours	6 jours	I
Homme	108 ans	70 ans	
Moufflon de Dall (*Ovis dalli*)	14 ans	7,4 ans	
Hydre d'eau douce (*Hydra viridis*)	148 jours	55 jours	II
Mouette rieuse (*Larus ridibundus*)	10 ans	2,4 ans	
Merle migrateur (*Turdus migratorius*)	7 ans	1,5 an	
Daim de Virginie (*Odocoileus virginicus*)	10 ans	6 mois	III
Rouge-gorge (*Erithacus rubecula*)	9 ans	10 mois	

Le tableau ci-contre représente, à titre d'exemple, quelques valeurs observées dans le règne animal.
Il montre qu'il existe en définitive trois grands types de courbes de survie.

→ **Courbe de type I** :

- Elle correspond à une mortalité faible aux stades jeunes, forte ensuite.
- Dans ce type de courbe, les longévités moyenne et potentielle demeurent assez proches (toute proportion gardée).
- Ici, la mortalité qui est faible pendant au moins la première moitié de la durée de vie potentielle, croît ensuite subitement et la courbe de survie prend une allure convexe.
- C'est le cas de l'espèce humaine, de nombreux mammifères, la drosophile…

→ **Courbe de type II** :

- Dans cette seconde catégorie, la mortalité présente un taux constant tout au long de la vie.
- La longévité potentielle et moyenne étant déjà assez différente, si bien que la courbe de survie présente un aspect sublinéaire.
- C'est le cas de l'hydre d'eau douce (cnidaire). Les cnidaires sont des animaux relativement simples, spécifiques du milieu aquatique ; on y retrouve, entre autres, les coraux, les anémones de mer et les méduses.

→ **Courbe de type III** :

- Dans ce troisième type de courbe de survie, nous rencontrons des espèces dont les longévités potentielles et moyennes sont très différentes.
- Ici, le taux de mortalité, très fort dans les jeunes stades, décroît beaucoup chez l'adulte, de sorte qu'en définitive, la courbe de survie aura un aspect concave.
- Ce type de courbe se rencontre chez diverses espèces d'oiseaux, mais surtout chez de nombreux groupes d'invertébrés aquatiques (huîtres et autres mollusques lamellibranches par exemple).
- Il caractérise aussi la plupart des espèces végétales.
- Chez les arbres des forêts tempérées et tropicales, la plupart des graines ne germent pas et l'immense majorité des plantules produites meurent au cours des premières années de leur vie de sorte que la longévité moyenne est faible alors que la longévité potentielle peut atteindre plusieurs milliers d'années (cas des *Séquoia* et de quelques autres espèces de conifères).

Document 9 : Les courbes de survie

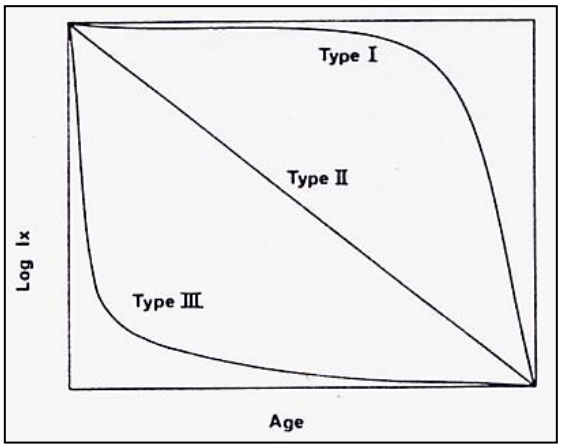
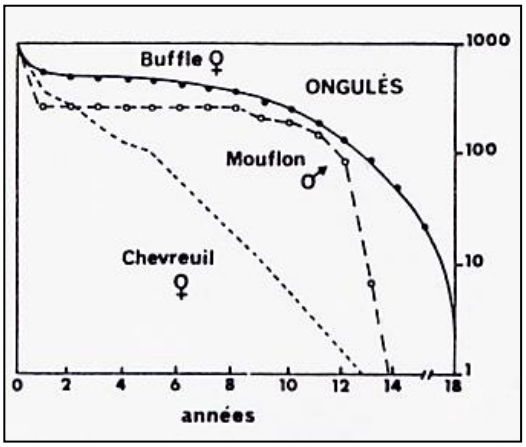
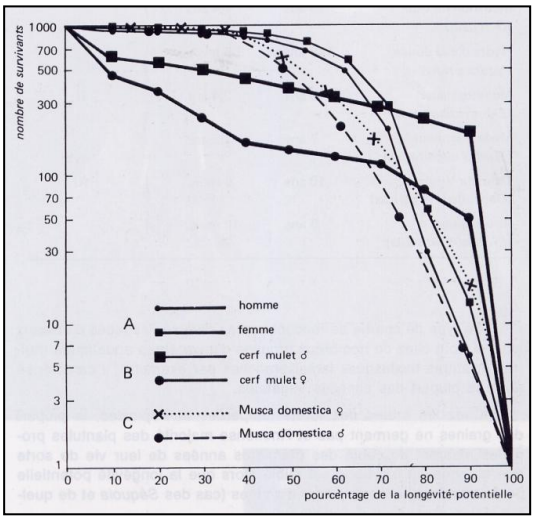


Schéma général représentant les 3 principaux types de courbes de survie



A titre d'exemple, la figure ci-dessus compare la courbe de survie du Buffle à celles d'autres ongulés sauvages : chevreuil et mouflon.



Exemples de courbes de survie :

A – Chez l'espèce humaine
B – Chez le cerf mulet *(Odocoileus hemonius)*
C – Chez la mouche domestique *(Musca domestica)*

Dans chaque cas, on observe une moindre longévité des mâles.

Relation entre longévité moyenne, longévité potentielle et type de courbe de survie chez quelques espèces animales.

Espèces	*Longévité potentielle*	*Longévité moyenne*	*Type de courbe de survie*
Rotifère	9 jours	6 jours	I
Homme	108 ans	70 ans	I
Moufflon de Dall (*Ovis dalli*)	14 ans	7,4 ans	I
Hydre d'eau douce (*Hydra viridis*)	148 jours	55 jours	II
Mouette rieuse (*Larus ridibundus*)	10 ans	2,4 ans	II
Merle migrateur (*Turdus migratorius*)	7 ans	1,5 an	II
Daim de Virginie (*Odocoileus virginicus*)	10 ans	6 mois	III
Rouge-gorge (*Erithacus rubecula*)	9 ans	10 mois	III

Le tableau ci-dessus à droite représente, à titre d'exemple, quelques valeurs observées dans le règne animal.
Il montre qu'il existe en définitive trois grands types de courbes de survie.

→ **Courbe de type I** :

- Elle correspond à une mortalité faible aux stades jeunes, forte ensuite.
- Dans ce type de courbe, les longévités moyenne et potentielle demeurent assez proches (toute proportion gardée).
- Ici, la mortalité qui est faible pendant au moins la première moitié de la durée de vie potentielle, croît ensuite subitement et la courbe de survie prend une allure convexe.
- C'est le cas de l'espèce humaine, de nombreux mammifères, la drosophile…

→ **Courbe de type II** :

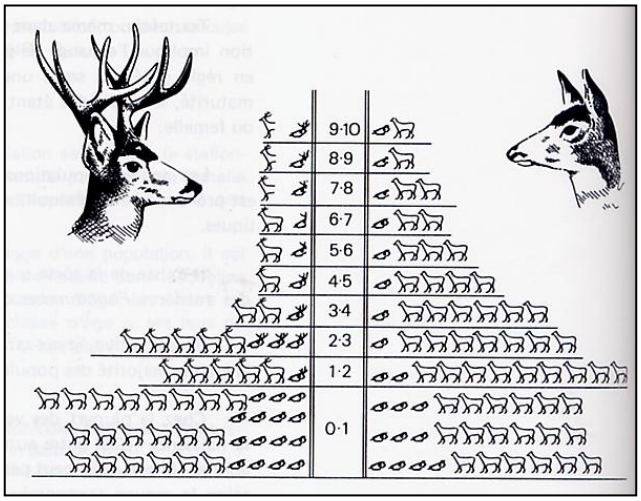
- Dans cette seconde catégorie, la mortalité présente un taux constant tout au long de la vie.
- La longévité potentielle et moyenne étant déjà assez différente, si bien que la courbe de survie présente un aspect sublinéaire.
- C'est le cas de l'hydre d'eau douce (cnidaire). Les cnidaires sont des animaux relativement simples, spécifiques du milieu aquatique ; on y retrouve, entre autres, les coraux, les anémones de mer et les méduses.

→ **Courbe de type III** :

- Dans ce troisième type de courbe de survie, nous rencontrons des espèces dont les longévités potentielles et moyennes sont très différentes.
- Ici, le taux de mortalité, très fort dans les jeunes stades, décroît beaucoup chez l'adulte, de sorte qu'en définitive, la courbe de survie aura un aspect concave.
- Ce type de courbe se rencontre chez diverses espèces d'oiseaux, mais surtout chez de nombreux groupes d'invertébrés aquatiques (huîtres et autres mollusques lamellibranches par exemple).
- Il caractérise aussi la plupart des espèces végétales.
- Chez les arbres des forêts tempérées et tropicales, la plupart des graines ne germent pas et l'immense majorité des plantules produites meurent au cours des premières années de leur vie de sorte que la longévité moyenne est faible alors que la longévité potentielle peut atteindre plusieurs milliers d'années (cas des *Séquoia* et de quelques autres espèces de conifères).

➔ **La pyramide des âges** :

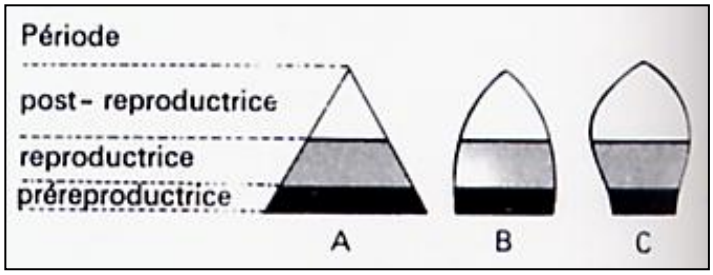
- Pour les populations très bien suivies il est possible d'établir une distribution précise ou **pyramide des âges**.
- Le terme provient du fait qu'on la représente en général en deux parties symétriques, décrivant d'un coté la distribution des mâles, de l'autre celle des femelles, et que l'on situe les classes jeunes en bas du diagramme, les classes âgées en haut.
- Elles permettent d'obtenir une représentation intéressante de la **structure en classes d'âge** d'une population.
- Elles sont édifiées par superposition de rectangles de largeur constante et de longueur, donc de surface, proportionnelle aux effectifs de chaque classe d'âge.
- Chaque classe d'âge d'une population est donc représentée sous forme de **rectangles superposés** de **même largeur** mais de **longueur proportionnelle** au **nombre d'individus** qu'elle renferme.
- Les **mâles** et les **femelles** sont disposés en **deux groupes distincts** situés de part et d'autre d'une médiane puisque la **mortalité** n'affecte **pas de façon égale** les **deux sexes** en fonction de l'âge.
- De façon générale, ce que l'on observe le mieux sur une telle distribution instantanée d'âges est la **grande abondance** des **premières classes d'âges** et la **raréfaction progressive** des classes suivantes.
- L'aspect de la pyramide représente le profil démographique de la population. La distribution typique est en « J inversé ».
- On peut donner une représentation simplifiée d'une pyramide des âges en distinguant **trois groupes** dans les effectifs de toute population :
  - Celui des individus **jeunes**, en période **pré-reproductive**.
  - Celui des **adultes** (**période reproductive**).
  - Celui des individus **âgés** qui ne sont **plus féconds** (période **post-reproductive** ou **sénile**).



Pyramide des âges du cerf mulet
(Odocoileus hemionus)

Figuration complète avec la proportion de morts dans chaque classe d'âge symbolisée par une silhouette de crâne.

- Selon que la population sera en expansion, stable ou déclinante, l'aspect de la pyramide des âges variera beaucoup.
- On peut ainsi dégager **trois types** de **pyramides des âges** :
  - **Population en expansion rapide** : elle possèdera une pyramide des âges à **large base**, avec un **sommet étroit**.
  - **Population stable** : le nombre d'individus est identique dans chaque classe d'âge d'où l'aspect en « **cloche** » du diagramme.
  - **Population déclinante** : la pyramide des âges présente une forme en « **champignon** », avec un faible nombre de jeunes et une prépondérance numérique des individus âgés.



Structure d'âge de diverses populations :

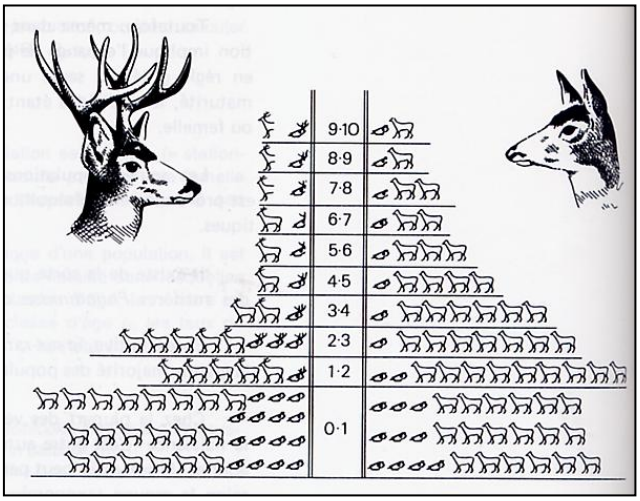
A – En expansion : type à base large caractéristique des populations en accroissement rapide renfermant une proportion élevée de jeunes.

B – Stable : type moyen avec un pourcentage modéré de jeunes.

C – Déclinante : type avec la base étroite renfermant plus d'individus âgés que de jeunes, caractéristique des populations déclinantes.

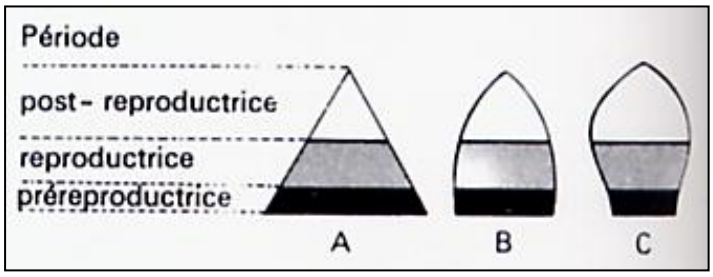
- Cette représentation est surtout utilisée pour l'analyse des populations humaines.
- Pour beaucoup d'**espèces chassées** la pyramide des âges est modifiée par l'action de l'homme.

Document 10 : Les pyramides des âges



Pyramide des âges du cerf mulet
(Odocoileus hemionus)

Figuration complète avec la proportion de morts dans chaque classe d'âge symbolisée par une silhouette de crâne.



Structure d'âge de diverses populations :

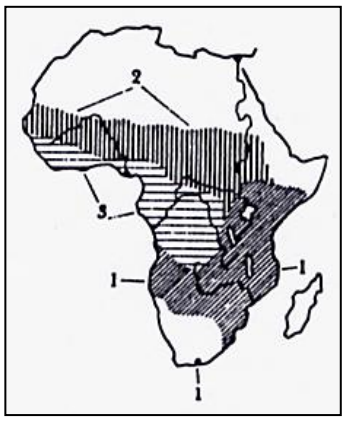
A – En expansion : type à base large caractéristique des populations en accroissement rapide renfermant une proportion élevée de jeunes.

B – Stable : type moyen avec un pourcentage modéré de jeunes.

C – Déclinante : type avec la base étroite renfermant plus d'individus âgés que de jeunes, caractéristique des populations déclinantes.

Document 11 : L'occupation de l'espace

➔ **Echelle globale** : les **distributions géographiques** des espèces.



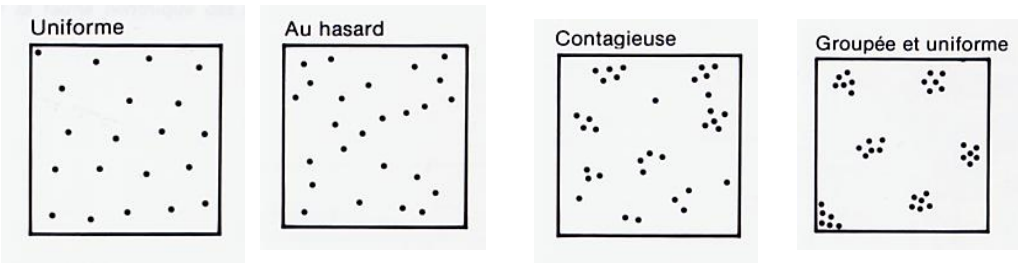
Répartition géographique des principales sous-espèces de buffles d'Afrique *(Syncerus caffer)* :

1- Buffle de Cafrerie *(S. caffer caffer)*
2- Buffle de savane *(S. caffer brachyceros)*
3- Buffle nain *(S. caffer nanus)*

Répartition géographique des principales espèces de Gazelles d'Afrique (Genre : *Gazella)* :

1- Gazelle d'Arabie *(G. gazella)*
2- Gazelle de Pelzein *(G. pelzelni)*
3- Gazelle de Heuglin *(G.tilonura)*
4- Gazelle de Thomson *(G. thomsoni)*
5- Gazelle goitreuse *(G. subgutturosa)*

➔ **Echelle locale** : les principaux **types de répartition spatiale** des individus constituant une population.



Principaux types de répartition spatiale des individus constituant une population

➔ **L'occupation de l'espace** :

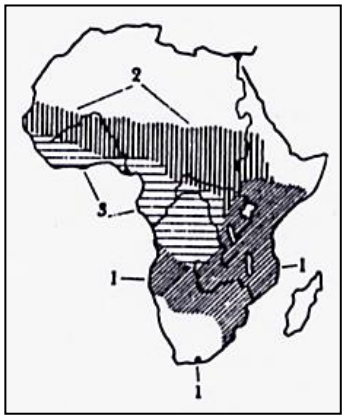
- Le **mode d'occupation** de l'espace, c'est la **distribution spatiale** des individus d'une population, leur **répartition** ou leur **dispersion** dans cet espace.
- **Deux échelles** d'observation sont possibles pour comprendre la distribution spatiale des individus et des populations d'une espèce donnée :

→ Une « **grande échelle** » (**échelle globale**) :

· A grande échelle, on est renseigné sur l'**aire de distribution spatiale** de l'espèce.

→ **Portion** de la **surface terrestre** (ou marine) occupée par une unité taxonomique donnée.
→ **Espace géographique** dans lequel un taxon est représenté par des individus généralement regroupés en populations.

· C'est-à-dire que l'on a affaire à un **territoire suffisamment grand** pour que des variations de l'échantillonnage conduisent à une **cartographie** de cette **abondance**.
· On obtient alors une **carte de répartition** qui décrit la **distribution géographique** de l'espèce



Répartition géographique des principales sous-espèces de buffles d'Afrique *(Syncerus caffer)* :

1- Buffle de Cafrerie *(S. caffer caffer)*
2- Buffle de savane *(S. caffer brachyceros)*
3- Buffle nain *(S. caffer nanus)*

Répartition géographique des principales espèces de Gazelles d'Afrique (Genre : *Gazella)* :

1- Gazelle d'Arabie *(G. gazella)*
2- Gazelle de Pelzein *(G. pelzelni)*
3- Gazelle de Heuglin *(G.tilonura)*
4- Gazelle de Thomson *(G. thomsoni)*
5- Gazelle goitreuse *(G. subgutturosa)*

→ Une « **petite échelle** » (**échelle locale**) :

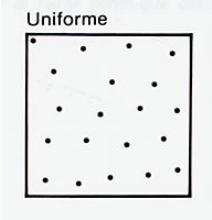
· Sur un **petit territoire plus homogène** quant aux conditions de milieu, et sur lequel la **répartition de la population** est néanmoins **hétérogène**, il sera **impossible** de **dresser la carte de répartition**.
· Si on y parvient, elle aura **peu de signification** car les hétérogénéités de la population sont aléatoires c'est-à-dire causées par des micro-fluctuations de milieu, ou dues à l'histoire locale de la population).
· En revanche, il sera **possible** de caractériser le **type de répartition spatiale** (ou de **densité**) des organismes.

★ **Les grands types de répartition spatiale (à l'échelle locale)**

- Localement, on distingue **4 grands types** de **répartition spatiale** :

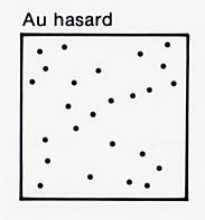
→ **La répartition régulière ou uniforme** (**sous-dispersion**).

· Dans ce cas de figure, les individus sont **régulièrement répartis** dans l'espace, de façon **uniforme**.
· Ce type de répartition est **rare** et correspond généralement à des **milieux** relativement **homogènes**.
· Il est souvent dû à une **compétition intense** entre les divers individus, ceux-ci ayant tendance à se repousser ou à s'éviter mutuellement.
· **Exemple** (théorique) : des **lions** et des **lionnes** dans la savane africaine.

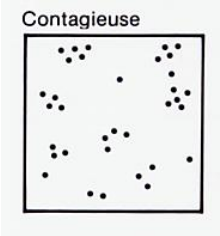


→ **La répartition au hasard**.

· Dans ce cas de figure, les individus sont **irrégulièrement répartis** dans l'espace, de façon **aléatoire**.
· Cette répartition ne se retrouve que dans des **milieux homogènes** et chez les **espèces** qui n'ont **aucune tendance à l'agrégation**.
· **Exemple** : les œufs des insectes sont souvent répartis au hasard ainsi que les jeunes larves qui en sont issues.



→ **La répartition contagieuse ou en agrégats (sur-dispersion).**



- Dans ce cas, les organismes ont tendance à se grouper par zones de plus forte densité séparées par des zones de plus faible densité.
- Ils forment ainsi des **noyaux** (ou agrégats) à forte densité, plus ou moins **distants** les uns des autres.
- Mais ces agrégats sont répartis de façon aléatoire dans l'espace.
- C'est de loin la répartition **la plus répandue**.
- Elle est due à divers facteurs : aux caractéristiques du milieu qui offre des variations souvent faibles mais importantes pour l'être vivant, au comportement des organismes concernés (instinct grégaire)…
- Ces agrégats peuvent être de **dimensions fort variables** et, à leur tour, être distribués **au hasard**, **uniformément** ou en **agrégats**.
- Ainsi, il peut exister des **groupements** de **groupements** (**agrégats d'agrégats**) organisés selon une **structure hiérarchique**.

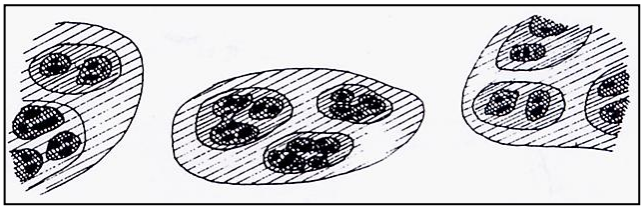


Schéma de sur-dispersion hiérarchisée d'une espèce dans son biotope

Les groupements d'individus sont eux-mêmes hétérogènes, et d'autre part rassemblés en groupes de plus grande taille.

→ **La répartition groupée et uniforme.**

- Ce quatrième type de répartition spatiale des individus qui composent une population correspond au cas « **hybride** » entre la **répartition uniforme** et la **répartition contagieuse** (en agrégats).
- Dans ce cas, les organismes sont rassemblés en **colonies** (**distribution contagieuse**), elles-mêmes réparties de façon **homogène** (**distribution uniforme**).
- Cette **distribution régulière des agrégats** nécessite un **milieu** relativement **homogène** et des **espèces grégaires**.
- **Exemple** (théorique) : les **éléphants** chez qui les individus coexistent sur un territoire limité et se déplacent ensemble en formant toujours de petits groupes relativement compacts (hardes) distants les uns des autres.

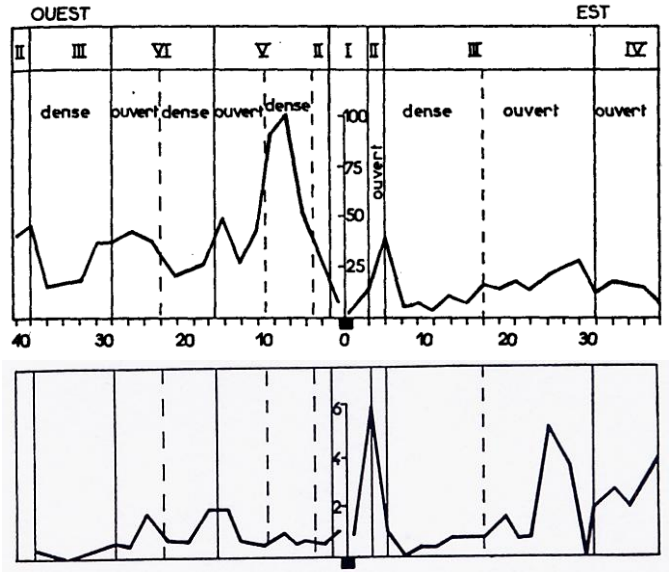
Exemple de distribution spatiale irrégulière

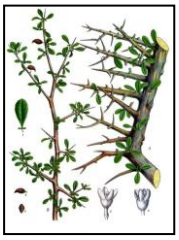
Distribution de deux Mammifères au Katanga (République Démocratique du Congo) suivant un transect W-E de 8000 yards de long (environ 7300 m) et 1000 yards (environ 900 m) de large, passant par diverses formations végétales de part et d'autre d'une rivière (rectangle noir sur le graphique).

- Le graphique du haut concerne l'**antilope impala** *(Aepyceros melampus)*.
- Le graphique du bas concerne le **bubale** *(Alcelaphus buselaphus)*.
- L'échelle verticale indique le nombre d'animaux pour 1 mille carré (environ 1,4 Km^2).
- Chaque graduation de l'échelle horizontale correspond à 100 yards (environ 90 m).
- Les différentes formations végétales représentées sont les suivantes :

  -I : rivière et formations herbacées.
  -II : savane ouverte à *Acacia (Acacia spp.)*.
  -III : formation à *Commiphora (Commiphora spp.)*.
  -IV : formation à Commiphora et *Acacia*.
  -V : savane à *Acacia drepanolobium*.
  -VI : savane à *Acacia tortilis*.

- Les graphiques montrent d'après l'exemple de l'**antilope impala** et du **bubale**, combien la distribution spatiale des espèces peut être irrégulière.
- Dans le cas choisi, chaque espèce s'installe de préférence dans un type de formation végétale.
- L'antilope Impala se concentre surtout à la limite de la savane à *Acacia drepanolobium* et de la savane ouverte à *Acacia tortilis* où elle trouve une grande variété de nourriture et de bons abris sous le couvert des arbres.
- Le Bubale est au contraire une espèce de milieu herbacé ouvert ayant une préférence pour les prairies des bords de la rivière.





★ Les causes de l'agrégation

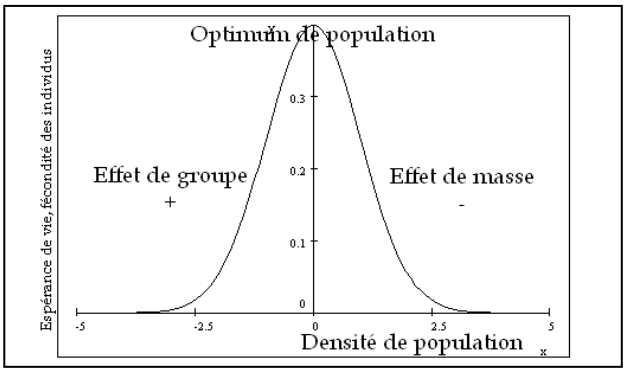
- La répartition **contagieuse ou en agrégats** est de loin la répartition **la plus répandue** dans la nature.
- Dans ce cas-là, afin de dénombrer une population, on compte le **nombre d'agrégats** et on détermine par **échantillonnage statistique** le **nombre d'individus par agrégats** (fourmilières et termitières par exemple chez les animaux).
- Dans la nature, l'**agrégation** des **individus** au sein des populations est due à des **causes fort diverses**.
- Exemples :
  - Le **type de reproduction** de l'espèce :
    - Chez les végétaux, la multiplication végétative entraîne une agrégation d'individus là où est localisé le pied mère.
    - Exemple : les plantes se reproduisant végétativement par **stolons**, **drageons**, ou **rhizomes**.
  - Des **différences locales** dans l'environnement :
    - Exemple 1 : de petites **discontinuités mineures** dans le biotope telles qu'une microtopographie à peine décelable avec des zones légèrement **plus sèches** ou **plus fraiches**.
    - Exemple 2 : de légères variations dans la **composition chimique** du **sol**, dans la **profondeur** de la **roche-mère** ou de la **nappe aquifère**.
  - Les **facteurs climatiques** :
    - Exemple 1 : agrégation d'**animaux** pour résister à une période de **froid** (**Abeilles**).
    - Exemple 2 : agrégation des **arbustes** dans les **déserts** pour limiter les effets de la **dessiccation**.
  - L'**attraction sociale** chez les **animaux** (**instinct grégaire**), mais également chez les **végétaux** (**plantes sociales**)…

★ Les avantages et les inconvénients de l'agrégation

- Une **agrégation trop forte** peut mener à une **surpopulation préjudiciable**.
- En effet, elle peut **augmenter** la **compétition** entre les individus pour la nourriture, l'espace, l'eau, etc.
- Mais ces inconvénients peuvent être contrebalancés par une **augmentation** de la **survie du groupe**.
- En effet, les **individus groupés** peuvent avoir une **mortalité plus faible** que celle d'**individus isolés** pendant des périodes climatiques défavorables : la surface exposée à l'environnement est plus faible en proportion de la masse, et le groupe peut modifier favorablement le microclimat ou le microhabitat.
- C'est chez les **animaux** que l'on trouve les plus fortes valeurs de **survie par l'agrégation** des individus.
- On y observe notamment de nombreux phénomènes de **protocoopération** : animaux rassemblés pour éviter d'être détruits par une température trop basse, pour mieux se défendre des prédateurs…
- Exemple des **Manchots empereurs** *(Aptenodytes forsteri)* en Antarctique : afin de **faire face au froid**, les manchots de la colonie se regroupent en un amas compact, formant ainsi ce que l'on appelle « la **tortue** ».
- Le même phénomène favorable se produit lors d'attaques par des prédateurs.
- Exemple des **Bœufs musqués** *(Ovibos moschatus)* qui s'agglomèrent en cercle avec les petits au centre pour faire face aux **attaques de loups**.
- Ces phénomènes de **protocoopération** seraient le début de l'**organisation sociale**, si développée chez les **Termites** (**Isoptères**), chez les **Fourmis**, **Abeilles** et autres **Hyménoptères**.

★ Le principe d'Allee

- Pour chaque espèce, il existe un **degré d'agrégation optimal** qui correspond à une **croissance** et à une **survie optimales** de la population, dans des conditions données.
- Dès lors, la **sous-population** (dans le sens d'un manque d'agrégation) aussi bien que la **surpopulation**, peuvent être **limitantes**.
- Tel est le **principe d'Allee** (d'après W. C. Allee qui l'a mis le premier en lumière).
- On peut énoncer ce principe de la façon suivante : le **manque** ou au contraire l'**excès** d'**agrégation**, peuvent être des **facteurs limitants**.
- C'est à partir de ce constat que l'on a développé ce que l'on appelle : l'**effet de groupe** et l'**effet de masse**.



La courbe ci-contre illustre le principe d'Allee : un effet de groupe favorable se manifeste jusqu'à une densité optimale (optimum de population), au-delà de laquelle apparaît un effet de masse.

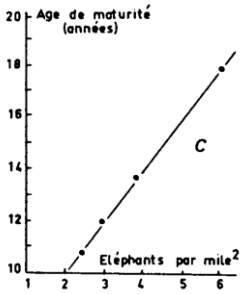
- Entre les seuils de populations à partir desquels se manifestent les **effets** de **groupe** et de **masse**, se situe **l'optimum des populations**.

→ **Effet de groupe** :

- L'**effet de groupe** désigne les modifications physiologiques, morphologiques ou comportementales qui apparaissent lorsque plusieurs individus de la même espèce vivent ensemble, dans un espace raisonnable et avec une quantité de nourriture largement excédentaire.
- Ce n'est donc pas un phénomène densité-dépendant.
- En écologie, l'effet de groupe a des **conséquences bénéfiques** que l'on observe chez les **Vertébrés** et de nombreuses espèces d'**Insectes**.
- En règle générale il se traduit par une **accélération** considérable de leur **croissance**.
- De nombreuses espèces ne peuvent se reproduire normalement et survivre que si elles sont représentées au sein d'effectifs suffisamment nombreux.
- Le groupe facilite également la recherche de nourriture et la lutte contre les prédateurs.
- On connaît actuellement l'**effet de groupe** chez de nombreux **animaux**.
- Chez divers **Mammifères** et **Oiseaux** la reproduction ne peut se faire normalement que si un certain nombre d'individus sont réunis.
- On estime ainsi qu'un troupeau d'éléphants d'Afrique doit renfermer au moins 25 individus et une troupe de rennes de 300 à 400 têtes pour pouvoir survivre.
- On comprend ainsi pourquoi il parait impossible de sauver certaines espèces devenues trop rares, malgré tous les efforts entrepris.
- La notion d'**effet de groupe** peut être associée à un **nombre minimum** :
  - Nombre minimum d'Abeilles dans une ruche pour assurer le meilleur confort thermique pendant la période hivernale.
  - Nombre minimum d'individus dans une population de Mammifères pour que la rencontre avec un partenaire sexuel soit probable et que les risques de consanguinité soient réduits.
  - Nombre minimum de Grands Cormorans sur un site de nidification pour qu'il y ait des accouplements, des pontes et que l'élevage des jeunes soit conduit à terme…

→ **Effet de masse** :

- Alors que l'effet de groupe a des conséquences bénéfiques, l'**effet de masse** a des conséquences très différentes, beaucoup **moins avantageuses**.
- Il apparaît quand l'**espace** et la **nourriture** sont **limités** (capacité limite du milieu : K).
- Le milieu alors surpeuplé provoque une compétition exacerbée aux conséquences néfastes pour les individus.
- Les effets néfastes de ces compétitions ont des conséquences sur le métabolisme et la physiologie des individus.
- Il se caractérise par des perturbations aux **aspects négatifs** :
  - **Inhibition** de la **croissance**.
  - **Baisse** de la **fécondité**, **diminution** de la **natalité** et **augmentation** de la **mortalité**.
  - **Etat de stress** du à un antagonisme hypertrophié entre individus dominants et dominés.
  - Phénomènes d'**intoxication** (dus à l'amensalisme) ou **épidémiologiques**.
  - **Baisse** des **ressources trophiques** entraînant des phénomènes tels que les **famines**…
- La notion d'**effet de masse** peut être associée à un **nombre maximum** : l'**effectif maximum** qu'il vaut mieux ne pas dépasser pour ne pas risquer les effets néfastes du dépassement des capacités du milieu (K).
  - Trop d'Abeilles dans une ruche pendant la période hivernale compte tenu des réserves alimentaires disponibles peut entraîner la mort de la colonie.
  - Trop d'Insectes dans une population donnée peut entraîner l'allongement du stade larvaire.
  - Trop d'individus dans une population de Mammifères peut entraîner des troubles comportementaux, souvent liés à la promiscuité, et des troubles sanitaires liés à une surexploitation des ressources…
- Mais la distinction ne sera pas toujours commode, certains effets de masse ayant, dans la nature - espace ouvert et non pas fermé comme dans les études expérimentales en laboratoire - une valeur **adaptative**.
- C'est le cas de beaucoup de phénomènes d'**émigration** qui concernent des densités très fortes d'individus sans pour autant avoir un effet de masse.
- Autre exemple : l'augmentation de l'âge de la maturité sexuelle chez l'Eléphant d'Afrique en fonction du nombre d'individus par mile^2 (1,4 Km^2). Il est difficile de dire s'il s'agit d'un effet de masse aux conséquences négatives.



Document 12 : Exemple de distribution spatiale irrégulière : l'impala et le bubale

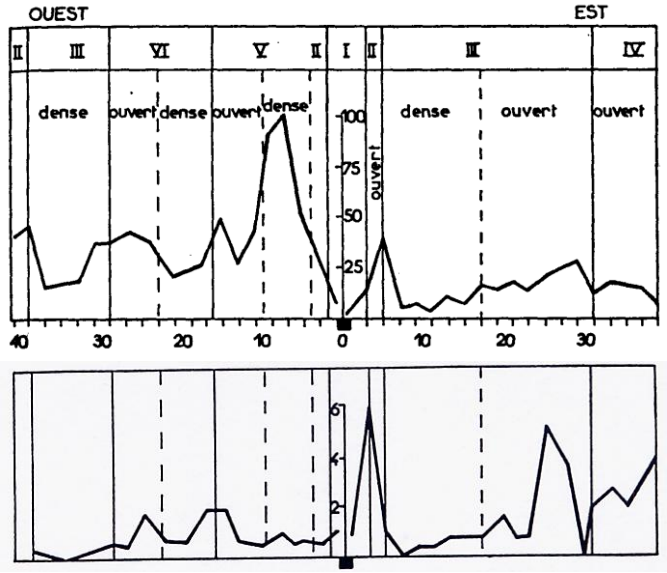
Exemple de distribution spatiale irrégulière

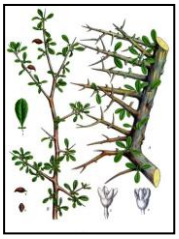
Distribution de deux Mammifères au Katanga (République Démocratique du Congo) suivant un transect W-E de 8000 yards de long (environ 7300 m) et 1000 yards (environ 900 m) de large, passant par diverses formations végétales de part et d'autre d'une rivière (rectangle noir sur le graphique).

- Le graphique du haut concerne l'**antilope impala** *(Aepyceros melampus)*.
- Le graphique du bas concerne le **bubale** *(Alcelaphus buselaphus)*.
- L'échelle verticale indique le nombre d'animaux pour 1 mille carré (environ 1,4 Km^2).
- Chaque graduation de l'échelle horizontale correspond à 100 yards (environ 90 m).
- Les différentes formations végétales représentées sont les suivantes :

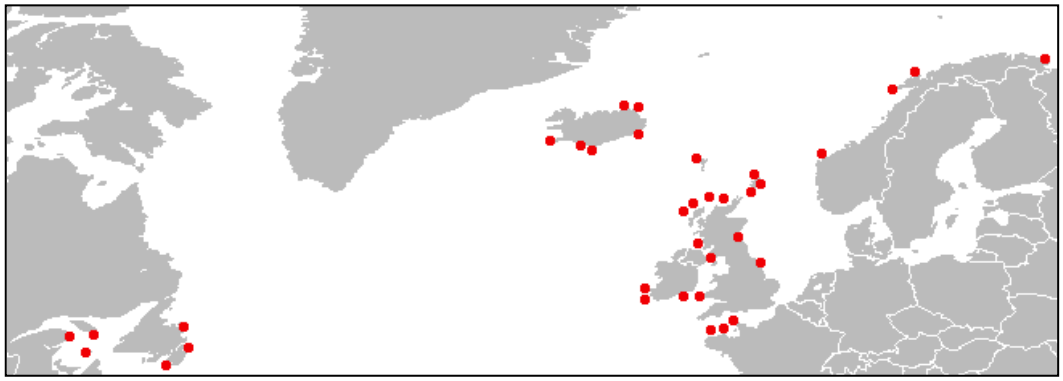
  -I : rivière et formations herbacées.
  -II : savane ouverte à *Acacia (Acacia spp.)*.
  -III : formation à *Commiphora (Commiphora spp.)*.
  -IV : formation à Commiphora et *Acacia*.
  -V : savane à *Acacia drepanolobium*.
  -VI : savane à *Acacia tortilis*.

- Les graphiques montrent d'après l'exemple de l'**antilope impala** et du **bubale**, combien la distribution spatiale des espèces peut être irrégulière.
- Dans le cas choisi, chaque espèce s'installe de préférence dans un type de formation végétale.
- L'antilope Impala se concentre surtout à la limite de la savane à *Acacia drepanolobium* et de la savane ouverte à *Acacia tortilis* où elle trouve une grande variété de nourriture et de bons abris sous le couvert des arbres.
- Le Bubale est au contraire une espèce de milieu herbacé ouvert ayant une préférence pour les prairies des bords de la rivière.



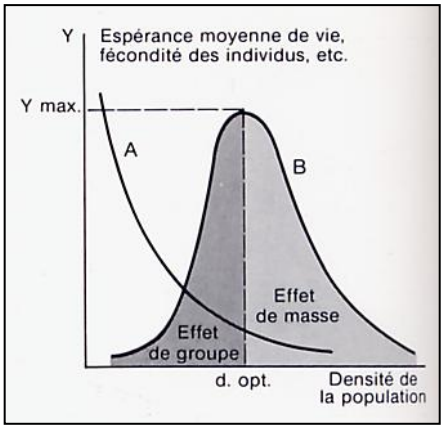


Document 13 : Exemple de distribution spatiale insulaire : les fous de Bassan



Les Fous de Bassan nicheurs dans l'Atlantique ont une dispersion insulaire car ils nichent en colonies.
Les points rouges indiquent l'emplacement des colonies.
Dans la dispersion insulaire, les organismes forment des regroupements ou des îlots dans l'espace.
L'échelle à laquelle on regarde l'espace occupé par un organisme peut influer sur le type de dispersion observé. Par exemple, si l'on considère des Fous de Bassan nicheurs sur un relief horizontal, ils auront une dispersion à peu près égale. L'espace entre chaque couple étant déterminé par la distance minimum pour éviter les coups de bec entre les couples. Par contre, si l'on considère les couples de Fous de Bassan à l'échelle de la répartition de l'espèce dans l'Atlantique nord, la dispersion est alors très fortement insulaire. Les fous nichent en colonies à des endroits précis le long des côtes du nord de l'Atlantique. Le comportement agonistique est un facteur biologique important pour déterminer la dispersion des couples de fous nicheurs dans une colonie, mais la disponibilité des sites de nidifications le long des côtes est un facteur environnemental important pour déterminer la dispersion des colonies de fous nicheurs dans l'aire de répartition.

Document 14 : **Le principe d'Allee**



Divers types de réponses biologiques d'une espèce à l'augmentation de densité de ses populations.

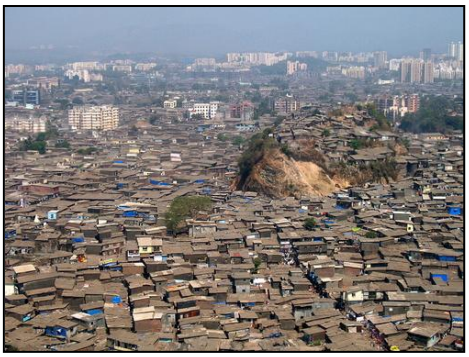
En **A**, la densité exerce un effet systématiquement **défavorable** (**effet de masse**).

La courbe **B** illustre le **principe d'Allee**, un **effet de groupe favorable** se manifeste jusqu'à une **densité optimale** (d opt), au-delà de laquelle apparaît un **effet de masse**.

- Chez les végétaux, l'agrégation constitue un facteur défavorable pour les individus du groupe, à cause de la concurrence pour les ressources du milieu (la lumière notamment).
- Ainsi, la fécondité par exemple, décroîtra en fonction de l'effectif du groupe, c'est-à-dire de la densité de population.
- Chez les animaux, l'agrégation peut au contraire constituer un facteur favorable.
- Exemple du grégarisme des oiseaux : c'est un effet favorable de l'agrégation pour la découverte et la collecte de nourriture lorsque celle-ci est répartie de façon irrégulière sur le biotope.
- On appelle :

→ « **effet de groupe** » : les conséquences « **bénéfiques** » de l'agrégation.
→ « **effet de masse** » : les conséquences « **défavorables** » de l'agrégation.

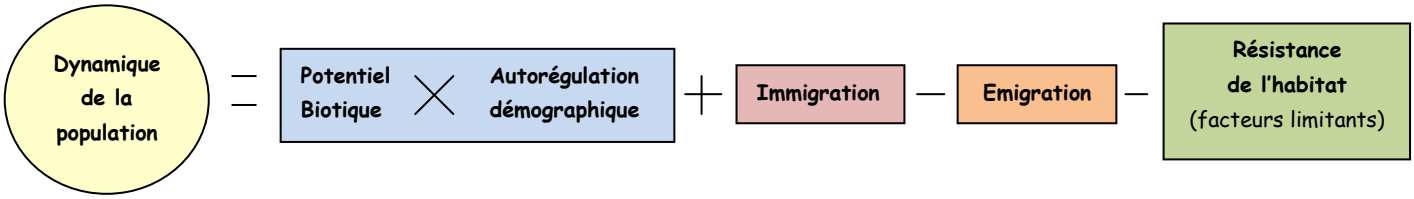
- Exemple des abeilles qui hibernent dans une ruche :
  - Leur nombre est déterminant pour la survie de la colonie en période de grand froid (à condition d'avoir des réserves de nourriture suffisantes).
  - En effet, elles augmentent la température de la ruche en se rassemblant et en battant des ailes.
  - Un effectif minimal est nécessaire pour produire une quantité suffisante d'énergie, afin d'éviter le gel à l'intérieur de la ruche.
  - Mais il existe aussi une valeur optimale du nombre d'individus au-dessus de laquelle les réserves de nourriture accumulées ne sont plus suffisantes.
  - Conséquences : il y a un risque de pénurie alimentaire pour la colonie d'abeilles vers la fin de la mauvaise saison.
- Le principe d'Allee c'est donc :
  - Le degré d'agrégation et la densité moyenne d'une population pour laquelle existe un optimum pour la **survie**, la **croissance**, la **fécondité** des individus qui la composent, varient selon les espèces et les conditions du milieu.
  - Cela revient à dire qu'aussi bien chez les espèces animales que végétales, le **surpeuplement** comme le **sous-peuplement** constituent dans certains cas, des **facteurs limitants**.
- Nous remarquons que le principe d'Allee s'applique aussi à l'espèce humaine et en particulier aux agrégats d'individus que représentent les villes.
- Le développement anarchique des mégalopoles auquel on a assisté au cours des dernières décennies tant dans les pays développés que dans le Tiers monde s'est accompagné d'une désorganisation du tissu urbain aux conséquences catastrophiques.
- Ceci démontre qu'il existe pour les villes une dimension optimale au-delà de laquelle le degré d'agrégation exerce un effet positif.



II – La dynamique des populations : le concept population/environnement

A) Le modèle théorique de la dynamique d'une population

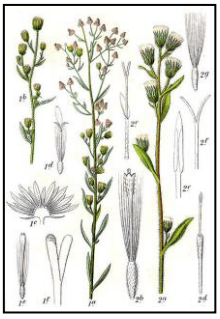
- Par « **dynamique d'une population** », on entend l'**évolution** des **effectifs** de cette population :
  - Soit ils augmentent ↗
  - Soit ils baissent ↘
  - Soit ils restent stables →
- Il est possible de construire un **modèle théorique** des différents paramètres intervenant dans la dynamique d'une population (animale, végétale).
- Ce modèle est basé sur des données scientifiques issues des **mathématiques**, des **statistiques**, de la **biologie** et de l'**écologie**.
- Mais ce modèle, comme tout modèle théorique, aboutit à une **représentation simplifiée** voire **schématique** de la réalité dont il n'est qu'une **approche synthétique**.
- Il faut donc le prendre pour ce qu'il est, c'est-à-dire avec ses **limites** et ses **approximations**.
- Mais il a le mérite de poser les grandes étapes de l'évolution de la dynamique d'une population.
- Ce modèle est inspiré de Gilles (1971) : « *Wildelife managment technique* ». (*The wildelife Society, Washington DC, pp. 521-526*).



- Remarque : les mouvements migratoires ne concernent a priori que les espèces animales capables de se déplacer.
- Gérer une population, c'est jouer sur ces différents paramètres.
- Cela revient à influer, à contrôler la dynamique de la population que l'on souhaite gérer.

① Le potentiel biotique

- Chaque espèce a :
  - Certaines capacités à proliférer (c'est-à-dire à augmenter ses effectifs)
  - Une aptitude plus ou moins grande à proliférer, à se multiplier
- Pour chaque espèce, il est en théorie possible de mettre en évidence les **performances reproductrices maximales** d'un individu d'une espèce donnée.
- **Exemple** : un pied d'érigéron du Canada *(Erigeron canadensis)* peut potentiellement produire 150 à 200 000 graines en une saison.



- On appelle « **potentiel biotique** » ou **taux intrinsèque d'accroissement « r »** ces **performances maximales**.
- Il correspond à la **fécondité maximale** en l'**absence** de **facteurs limitants** (c'est-à-dire de toutes contraintes).
- Cette situation n'est jamais atteinte dans la nature.
- Exemple :

> - Le potentiel biotique de l'isard des Pyrénées *(Rupicapra pyrenaica)* est de 0,25 (soit 25%).
> - Cela signifie que l'augmentation maximale possible de l'effectif d'une population d'une année sur l'autre est de :
> → 100 à l'année N (année de départ)
> → 125 à l'année N+1
> - Ainsi, le potentiel biotique théorique de l'isard tourne en moyenne autour de 0,23 et 0,25.

- Le **potentiel biotique** se définit donc comme **le plus fort taux annuel d'accroissement** de la population, dans des conditions de milieu et de structure de population **les plus favorables**.
- **Exemple** d'**estimation** du potentiel biotique d'une **population d'ursidés** :

→ **Année N (année de départ)** = population totale de 100 individus dont :

- 22 mâles adultes
- 8 femelles adultes
- 70 animaux subadultes

→ **Année N+1** = population de 116 individus dont :

- 22 mâles adultes
- 8 femelles suitées
- 16 oursons (c'est-à-dire une moyenne de 2 oursons par femelle adulte)
- 70 animaux subadultes

→ **Potentiel biotique** = $\dfrac{\text{(total des individus de l'année N+1) – (total des individus de l'année N)}}{\text{Total des individus de l'année N}}$ X 100

- Ici, le potentiel biotique = $\dfrac{(116 - 100)}{100}$ X 100 = **16%**
- Ce potentiel biotique est à mettre en relation avec la courbe de survie de la population.

- En fait, le potentiel biotique ne donne pas l'augmentation réelle de la population, mais un **potentiel théorique d'augmentation**.
- Ici, dans l'exemple des ours, on mise sur une augmentation maximale de **2 oursons par femelle**.
- A partir de ce potentiel biotique, il est important de prendre en compte la notion de **survie des futurs reproducteurs**.
- C'est pourquoi on doit utiliser les **courbes de survie** de cette population.
- Pour étudier les variations dans le temps de la structure démographique d'une population animale (ce que l'on appelle la cinétique de la population), il peut être intéressant de suivre une **cohorte** (par exemple les individus nés dans un même intervalle de temps).

② **L'autorégulation (démographique)**

- C'est le « **freinage** » de la potentialité à proliférer (donc du potentiel biotique).
- C'est comme si une population « décidait » de **ne pas proliférer**, de **ne pas augmenter ses effectifs**.
- C'est un phénomène qui est propre à une population donnée, c'est pourquoi on parle d'**autorégulation**.
- Il ne faut pas le confondre avec les réponses que peut apporter le milieu lui-même (facteurs limitants, capacité limite).
- Il s'agit dans la majeure partie des cas :
  - De **mécanismes** d'ordre **comportemental** (éthologique)
  - De **mécanismes** d'ordre **physiologique**
- **Exemple** de mécanisme d'ordre **comportemental** : le **phénomène de territorialité**.
  - Le **territoire** est l'espace exclusif dans lequel un individu, un couple ou un groupe social se reproduit et ne tolère la présence d'aucun autre individu de sa propre espèce.
  - Il ne faut pas confondre le territoire avec l'habitat.
  - La **territorialité** englobe toutes les manifestations qui ont pour but de défendre un territoire qui est en général délimité par des marques odorantes, des émissions de cris ou des manifestations visuelles.
  - Il s'agit d'un mécanisme d'ordre **comportemental**.
  - Il est très poussé chez les **prédateurs**.
  - **Exemple** de l'agrandissement du terrain de chasse de l'**aigle royal** *(Aquila chrysaetos)*.
    - Cet agrandissement correspond à l'appauvrissement du territoire (↗du territoire quand ↘ des proies disponibles).
    - Il représente de la part de l'aigle royal une mesure très sage vis-à-vis de la conservation de son cheptel de proies.
    - C'est un véritable plan de chasse à l'envers, où l'aigle agit non pas sur le nombre d'animaux tués (ce besoin est le même pour tous les aigles), mais sur la dimension de l'espace chassable.

- **Exemples** de mécanismes d'**ordre physiologique** :

  1- La **baisse de fécondité** du **hibou des marais** *(Asio flammeus)*

  - En temps normal, il peut élever jusqu'à 12 petits.
  - En revanche, en période de disette, il ne va en élever que 1 à 2 au mieux.
  - L'alimentation interfère donc sur la fécondité et la prolificité.

  2- Le **flushing des éleveurs d'ovins**

  - Dans les élevages ovins, au moment de la période de reproduction, on donne aux bêtes des aliments plus riches.
  - Cela permet d'augmenter la fécondité des femelles et donc les chances de naissances.

- **Remarque importante** :

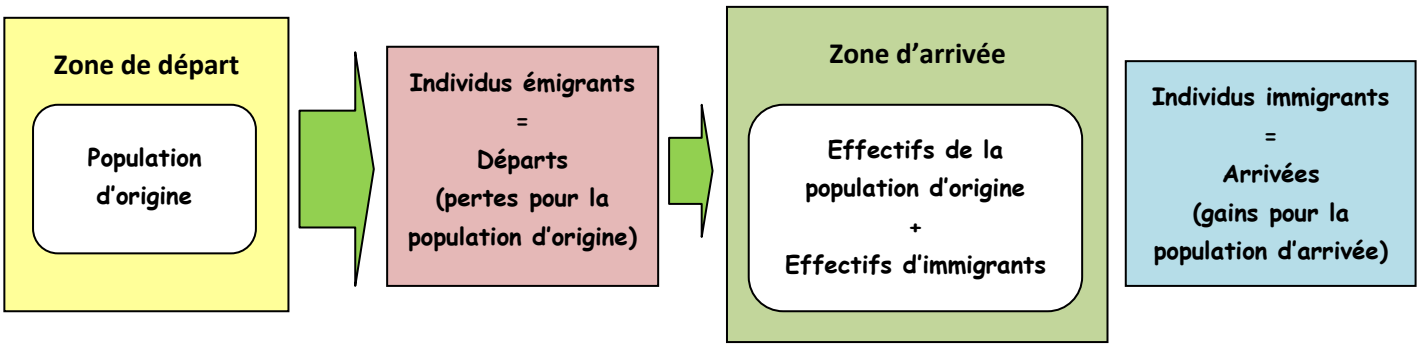
  - Dans certains cas, le milieu (ou habitat) peut apporter des réponses semblables dans les résultats, lorsque la pression sur le milieu devient trop forte.
  - Mais il ne s'agit pas là de phénomènes d'autorégulation des populations, mais plutôt de résistance de l'habitat. Il ne faut donc pas les confondre.
  - **Exemple** des **girafes** dans les **réserves africaines** :

    - Elles étaient concentrées en trop fortes populations dans des espaces restreints (réserves).
    - La pression sur la flore est alors devenue trop forte : la capacité d'accueil du milieu a alors été dépassée.
    - La réponse de la végétation : **amensalisme** (actions « négatives » entre espèces animales et/ou végétales, à l'intérieur desquelles le développement d'une espèce est inhibé par une autre espèce par émission de substances toxiques).
    - Ici, il s'agit d'un cas d'**allélopathie** (système de défense sous forme de sécrétions de substances par les plantes à l'encontre des herbivores).

- Les **densités** de population ont une influence sur les phénomènes d'**autorégulation démographique** (Cf. Principe d'Allee).
- Elles jouent sur la **croissance**, le **développement**, la **survie** et la **fécondité des individus**.

③ **L'immigration**

- Certaines populations (animales) peuvent bénéficier de l'**apport** d'**individus** provenant d'autres populations.
- Il s'agit alors d'**individus immigrants** qui ont pour effet d'**augmenter** les **effectifs** de la population dans une région géographique donnée.



- L'**immigration** (comme l'émigration) fait partie des phénomènes de déplacement des populations que l'on regroupe sous le terme de mouvements migratoires.

  ➔ Les **migrations** : ce sont des mouvements (déplacements) réguliers de départs et de retours effectués sur un rythme quotidien ou saisonnier.

  ➔ Les **mouvements d'émigration** : ce sont des départs univoques d'une partie ou de la totalité des individus d'une population, de son habitat d'origine.

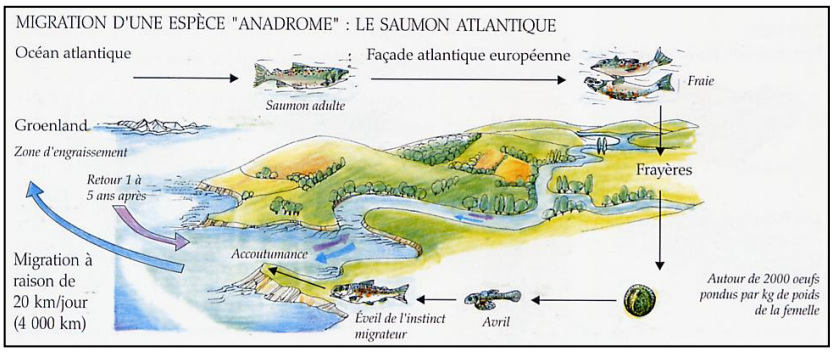
  ➔ Les **mouvements d'immigration** : ce sont des arrivées qui correspondent à la colonisation d'un nouvel habitat par la population considérée.

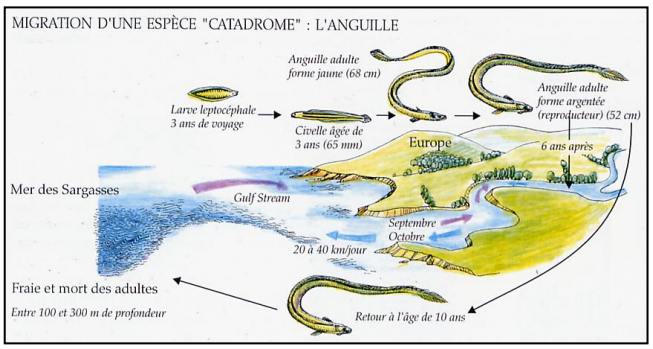
- Cela signifie que les individus d'une population animale donnée se déplacent dans leur aire géographique de distribution : **répartition spatiale non constante dans le temps**.
- Ces déplacements, lorsqu'ils sont définitifs ont pour effet de gonfler les effectifs des populations locales.
- Ces divers mouvements interviennent de façon déterminante en conditionnant la densité de la plupart des populations animales.
- Il faut alors distinguer les différents types de déplacements en fonction de leur caractère **temporaire** ou **définitif**.

- Il existe plusieurs **types de migrations** et plusieurs **rythmes de déplacements**.
- **Exemples** :
  - ➔ **Rythme quotidien** :
    - On parle d'**activité nycthémérale** ou de **cycle circadien** (sur une période de **24 heures** avec **alternance jour/nuit**).
    - Cela correspond à ce que l'on appelle les **migrations pendulaires** ou **alternantes** qui se traduisent par des **activités différentes** dans des **lieux distincts** entre le **jour** et la **nuit**.
    - Cela comprend par exemple les déplacements quotidiens entre les lieux de **nidification** ou de **repos** (**zones de reproduction ou de remise**) et les **aires de nourrissage** (**zones de gagnage**).
    - **Exemple** des **corvidés** (corneilles, corbeaux) et des **pinsons** qui effectuent quotidiennement des déplacements entre les **dortoirs** et les **aires de nourrissage** (**gagnage**).
  - ➔ **Rythme annuel** :
    - Il est lié à l'alternance des **saisons** (saison **favorable**/saison **défavorable**) : **saison froide** dans l'hémisphère nord, **saison sèche** dans la zone intertropicale…
    - Il relève donc de la **phénologie** des espèces.
    - On peut ainsi distinguer **plusieurs mouvements** migratoires pour une **même espèce**.
    - Exemple : les phénomènes d'**estivage** et d'**hivernage** chez les oiseaux migrateurs.
  - ➔ **Autres rythmes** :
    - Certaines espèces peuvent présenter des **mouvements migratoires** qui ne soient pas strictement annuels ou saisonniers.
    - Ils sont alors généralement **pluriannuels**.
    - **Exemple 1** : le **papillon monarque** dont la migration complexe s'effectue sur plusieurs années et plusieurs générations.

Le **Monarque** (*Danaus plexippus*) est un insecte lépidoptère de la famille des *Nymphalidae*, de la sous-famille des *Danainae* et du genre *Danaus*.
C'est un papillon migrateur qui est célèbre car en Amérique il migre en groupe de millions d'individus sur plusieurs milliers de kilomètres, deux fois par an, d'août à octobre vers le sud (surtout au Mexique), vers le nord au printemps.
L'un des aspects les plus curieux de la migration des Monarques est que leur voyage du Sud au Nord se fait en plusieurs générations alors que le voyage du Nord au Sud se fait en une seule. Les Monarques naissant en automne entrent dans une phase de diapause qui leur permet de survivre toute la durée de l'hiver. Cela leur permettra de migrer de la région des grands lacs et du sud de la Californie vers l'état du Michoacán au Mexique où ils vivront à l'état d'inactivité dans des forêts de sapins sacrés (ou oyamel). Le Monarque y est présent en nombre si important qu'on ne peut parfois même plus distinguer la moindre parcelle d'écorce. Les Monarques se regroupent en essaims la nuit et prennent leur envol de jour si la température est suffisamment élevée.
Tout ce cycle est nécessaire pour que les Monarques prennent des forces pour la reproduction qui aura lieu en mars, juste avant de prendre leur envol pour le Nord. Le voyage vers le Nord prendra plusieurs générations, la durée de vie normale d'un Monarque n'excédant pas deux mois.
Les raisons de cette migration et comment les papillons retrouvent le même lieu que leurs prédécesseurs après plusieurs générations reste en grande partie une énigme.

- **Exemple 2** : le **saumon atlantique** et l'**anguille** qui effectuent leurs migrations au moment de la reproduction après plusieurs années d'existence (soit en **mer**, soit en **rivière**).
  - **Saumon atlantique** : espèce **anadrome** (**potamotoque**) = reproduction en eau douce, développement en mer.
  - **Anguille** : espèce **catadrome** (**thalassotoque**) = reproduction en mer, développement en rivière.





- Les gestionnaires de populations animales jouent sur ce paramètre au moyen des **introductions**, **réintroductions**, **renforcements** d'individus d'une espèce donnée.

➔ **Introduction** : **tout lâcher d'animaux ou toute implantation de végétaux n'ayant jamais vécu sur le site choisi**.

- L'introduction d'espèce désigne le fait de déplacer des organismes vivants hors de leur aire de répartition d'origine (c'est-à-dire dans une région biogéographique où elle n'a jamais vécu).
- Les introductions d'espèces sont volontaires (à but commercial, esthétique ou de loisirs…) ou accidentelles (parasite présent sur des espèces animales, graines transportées involontairement, insectes dans des cargaisons de fruits ou de légumes, rats dans les cales de bateaux, individus échappés d'élevages ou de parcs…).
- Depuis longtemps, on a introduit en Europe des espèces exotiques, tant animales que végétales, avec + ou – de succès.
- Une grande partie de ces tentatives ont échoué, mais certaines introductions se sont soldées par un succès, au moins au plan économique et récréatif, a un point tel qu'aujourd'hui, un nombre élevé de plantes et d'animaux introduits est considéré comme indigène.
- Toutefois, le phénomène d'introduction d'espèces exotiques est considéré comme la deuxième cause d'érosion de la biodiversité par les invasions biologiques qu'il provoque.

➔ **Réintroduction** : **tout lâcher d'animaux ou toute implantation de végétaux dont des populations « semblables » ont déjà vécu sur le site choisi (période historique)**.

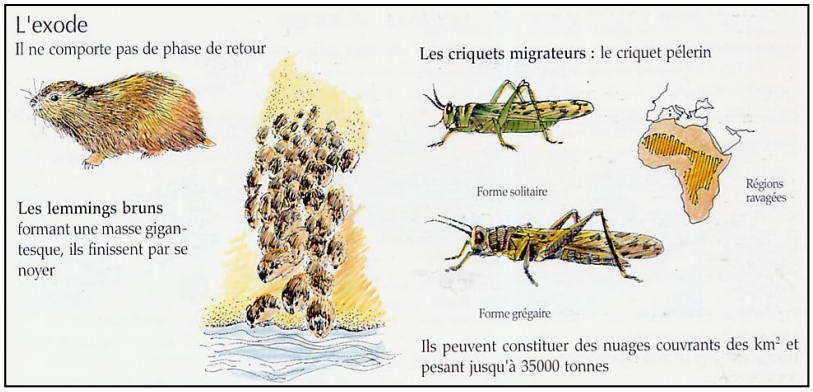
- Un programme de réintroduction concerne une espèce disparue de son milieu naturel dans lequel on désire reconstituer une population par lâchers ou implantation de nouveaux individus.
- L'espèce concernée n'a disparu que depuis une période historique (mais l'échelle temporelle prise en compte varie suivant les cas).
- Certains auteurs parlent de réintroduction différée dans le cas où une espèce disparue depuis plus longtemps, dispose d'un milieu favorable à son développement (notion qui est associée au concept de niche vacante).
- La réintroduction a pour principal objet de constituer une population de cette espèce qui présente des caractéristiques taxonomiques, écologiques, éthologiques semblables à la population indigène éteinte et qui peut se maintenir à long terme sans nécessiter de mesures complémentaires permanentes.
- Exemple : programme de réintroduction du vautour moine dans les gorges de la Jonte et de le Dourbie.

➔ **Renforcement** : **tout lâcher d'animaux ou toute implantation de végétaux dont les effectifs viennent renforcer ou compléter des populations d'espèces « semblables » déjà présentes sur le site**.

- Un programme de renforcement de population concerne une espèce dont la population n'est pas viable à court ou moyen terme et pour laquelle on désire effectuer un apport extérieur d'individus afin d'en rehausser l'effectif.
- Le renforcement de population est une pratique courante en gestion cynégétique qui vise des populations à faible effectif, menacées d'extinction à court ou moyen terme.
- Il s'agit de renforcer des populations locales en effectifs issus le plus souvent d'élevage, de pépinières ou prélevés sur d'autres sites dont les populations sont satisfaisantes.
- Cela n'est pas toujours sans conséquence sur les populations déjà présentes sur le site et qui font l'objet du renforcement.
- Exemple de la perdrix grise des Pyrénées : écotype de montagne difficile à renforcer avec des produits d'élevage issus de plaine (pollution génétique).

④ L'émigration

- Les mouvements d'émigration englobent l'ensemble des **départs unidirectionnels** d'une partie ou de la totalité des individus d'une population de son habitat d'origine.
- Par extension, le terme recouvre **tous les départs volontaires ou non**, d'un certain nombre d'individus d'une population donnée.
- Ce sont surtout les départs définitifs qui ont un effet sur les populations d'origine (dont les effectifs baissent) et les populations d'arrivée (dont les effectifs augmentent).
- Dans ce cas d'un **départ définitif** (sans phase de retour), on parle d'**exode**.
- Certains de ces exodes sont **très massifs** (effectifs importants) et correspondent à des **paroxysmes cycliques** (phénomènes de pullulation.
- Exemple de l'exode des **lemmings** et des **criquets pèlerins**.

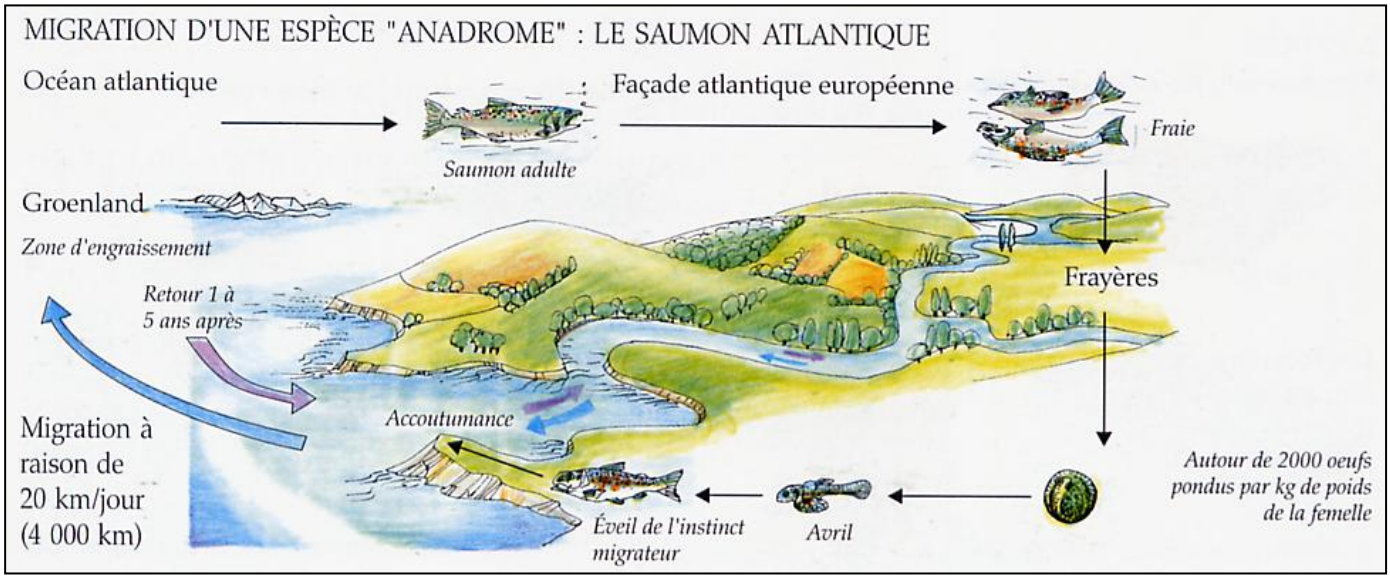


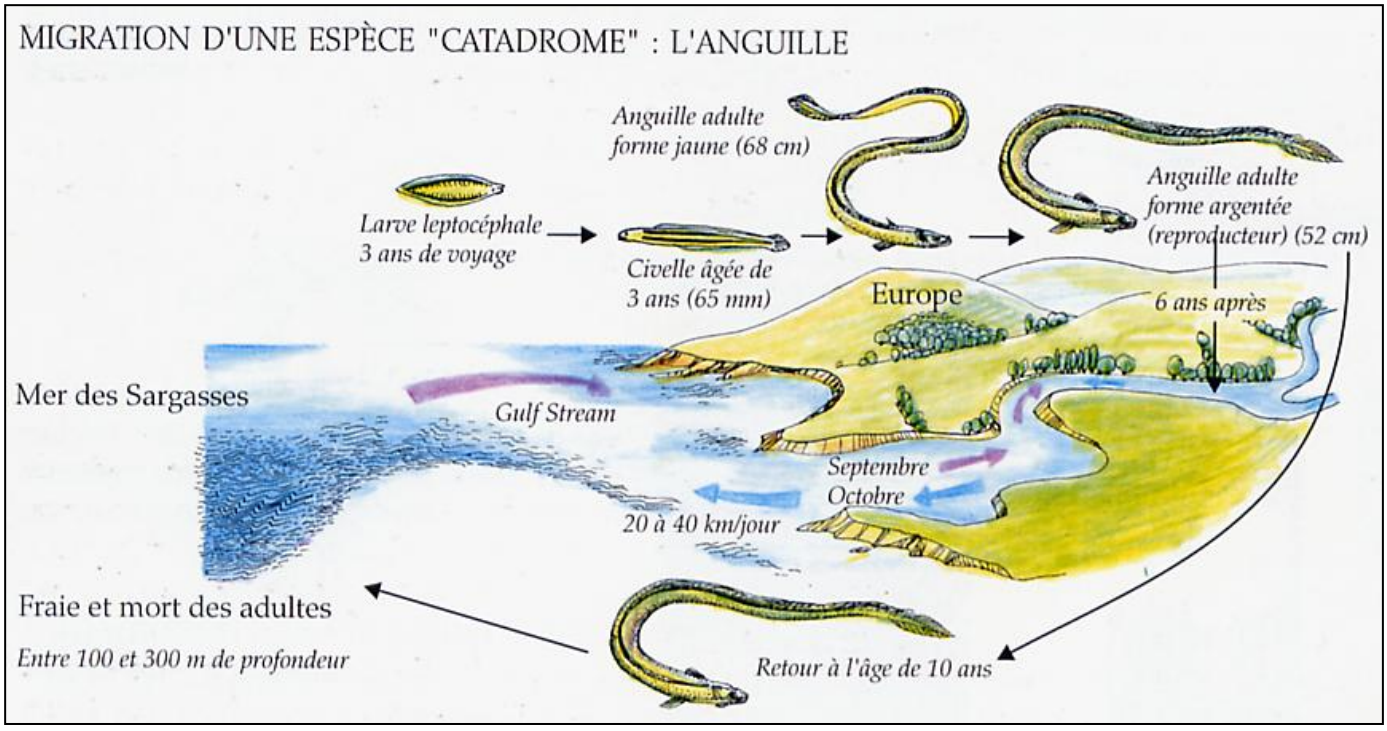
- Ces mouvements ont pour effet de **diminuer** les effectifs de la **population d'origine (départ)**, et d'**augmenter** les effectifs de la **population d'arrivée**
- En agissant sur les effectifs d'une population animale, les **prélèvements cynégétiques** aboutissent aux mêmes résultats que les **mouvements d'émigration**.
- Il est donc partiellement possible de **contrôler les effectifs** d'une population par des moyens réglementaires :
  - Listes d'espèces chassables/non chassables
  - Espaces ou zones protégées (réserves de chasse et de faune sauvage)
  - Périodes d'ouverture et de fermeture
  - Contingentement des prélèvements : plans de chasse, plans de gestion…

Document 15 : Les migrations complexes du papillon monarque

Le **Monarque** (*Danaus plexippus*) est un insecte lépidoptère de la famille des *Nymphalidae*, de la sous-famille des *Danainae* et du genre *Danaus*.
C'est un papillon migrateur qui est célèbre car en Amérique il migre en groupe de millions d'individus sur plusieurs milliers de kilomètres, deux fois par an, d'août à octobre vers le sud (surtout au Mexique), vers le nord au printemps.
L'un des aspects les plus curieux de la migration des Monarques est que leur voyage du Sud au Nord se fait en plusieurs générations alors que le voyage du Nord au Sud se fait en une seule. Les Monarques naissant en automne entrent dans une phase de diapause qui leur permet de survivre toute la durée de l'hiver. Cela leur permettra de migrer de la région des grands lacs et du sud de la Californie vers l'état du Michoacán au Mexique où ils vivront à l'état d'inactivité dans des forêts de sapins sacrés (ou oyamel). Le Monarque y est présent en nombre si important qu'on ne peut parfois même plus distinguer la moindre parcelle d'écorce. Les Monarques se regroupent en essaims la nuit et prennent leur envol de jour si la température est suffisamment élevée.
Tout ce cycle est nécessaire pour que les Monarques prennent des forces pour la reproduction qui aura lieu en mars, juste avant de prendre leur envol pour le Nord. Le voyage vers le Nord prendra plusieurs générations, la durée de vie normale d'un Monarque n'excédant pas deux mois.
Les raisons de cette migration et comment les papillons retrouvent le même lieu que leurs prédécesseurs après plusieurs générations reste en grande partie une énigme.

Document 16 : Les migrations du saumon atlantique et de l'anguille





Document 17 : L'introduction, la réintroduction et le renforcement de populations

➔ **Introduction** : **tout lâcher d'animaux ou toute implantation de végétaux n'ayant jamais vécu sur le site choisi**.

- L'introduction d'espèce désigne le fait de déplacer des organismes vivants hors de leur aire de répartition d'origine.
- Les introductions d'espèces sont volontaires (à but commercial, esthétique ou de loisirs...) ou accidentelles (parasite présent sur des espèces animales, graines transportées involontairement, insectes dans des cargaisons de fruits ou de légumes, rats dans des cales de bateaux, individus échappés d'élevages ou de parcs...).
- Afin de ne pas porter atteinte à la faune et à la flore sauvages, aux milieux naturels, ainsi qu'aux usages qui peuvent y être associés, l'introduction, volontaire ou involontaire, de certaines espèces dans le milieu naturel peut être interdite par arrêté.
- Il s'agit d'interdire l'introduction de tout spécimen d'une espèce animale ou végétale, non indigène d'un territoire et non domestique ou non cultivé.
- À titre d'exemple, la commercialisation, l'utilisation et l'introduction dans le milieu naturel de la jussie *(Ludwigia grandiflora* et *Ludwigia peploides)* sont interdites en France depuis l'arrêté du 2 mai 2007.
- Le phénomène d'introduction d'espèces exotiques est considéré comme la deuxième cause d'érosion de la biodiversité par les invasions biologiques qu'il provoque.
- N'étant plus soumises aux contraintes de leurs milieux d'origine, ces espèces peuvent devenir envahissantes et provoquer des dysfonctionnements écologiques, en entrant en compétition avec les espèces indigènes (grenouille taureau, ibis sacré, ragondin, doryphore de la pomme de terre, griffe de sorcière, herbe de la pampa, jussie...).
- Les conséquences ne se limitent pas aux seuls aspects écologiques, et peuvent également s'avérer économiques et sociales (perche du Nil dans le lac Victoria, frelon asiatique prédateur des abeilles domestiques en France...).
- Enfin, il paraît important de préciser que la sensibilisation des usagers et des différents acteurs demeure primordiale face à une législation qui reste encore peu connue.

➔ **Réintroduction** : **tout lâcher d'animaux ou toute implantation de végétaux dont des populations « semblables » ont déjà vécu sur le site choisi (période historique)**.

- Un programme de réintroduction concerne une espèce disparue de son milieu naturel dans lequel on désire reconstituer une population par lâchers ou implantation de nouveaux individus.
- Cette notion diffère de la notion de renforcement de population qui vise quant à elle des populations à faible effectif, menacées d'extinction à court ou moyen terme.
- Il ne faut pas confondre ces deux notions avec l'introduction, qui consiste au contraire à implanter une espèce de manière intentionnelle ou non dans une région biogéographique où elle n'a jamais vécu.
- Avant toute opération de capture ou de lâcher, les responsables d'un programme de réintroduction doivent s'intéresser aux causes d'extinction de l'espèce en conditions sauvages (destruction des habitats, braconnage, chasse, collisions routières, compétition interspécifique, activités agricoles, pollution...).
- Plus qu'un facteur à lui seul, c'est souvent la résultante de plusieurs facteurs néfastes à une espèce qui conduisent à sa disparition.
- Une fois ces facteurs identifiés, il est nécessaire de s'assurer que les potentialités d'accueil permettent une viabilité à long terme des individus réintroduits.
- Pour sa réussite, il est important qu'un programme de réintroduction soit accepté par les acteurs et les populations locales, et que son efficacité soit suivie scientifiquement (comptage, radio-trekking...).
- Un soin tout particulier doit être accordé à la provenance des animaux lâchers (centres de soins, zoos, captures en milieu naturel au sein de populations en bonne santé...) en tentant de choisir des individus n'ayant pas subi d'imprégnation humaine.
- Il est également important d'observer une attention particulière aux animaux lors des phases de capture, de transport et de lâchers.
- La réintroduction d'une espèce permet en outre de mettre en place des programmes de recherches sur les espèces concernées (suivi par radio-trekking des individus lâchés, étude éthologique d'individus captifs...).
- On peut citer le cas de la réintroduction de deux loutres en 1998 dans le Ried en Alsace, celui du vautour moine réintroduit en 1992 et en 2003 dans la région des Grands Causses en Aveyron et en Lozère, ou encore la réintroduction du Gypaète barbu en Haute-Savoie en 1987.

➔ **Renforcement** : **tout lâcher d'animaux ou toute implantation de végétaux dont les effectifs viennent renforcer ou compléter des populations d'espèces « semblables » déjà présentes sur le site**.

- Un programme de renforcement de population concerne une espèce dont la population n'est pas viable à court ou moyen terme et pour laquelle on désire effectuer un apport extérieur d'individus afin d'en rehausser l'effectif.
- Si la notion diffère de celle de réintroduction dans le sens où la population de l'espèce concernée n'est pas éteinte, la démarche à engager comporte de nombreuses similitudes (identification et contrôle des facteurs défavorables, concertation, sensibilisation, appropriation du programme par les acteurs locaux, choix des animaux, suivi des animaux après lâcher...).
- On peut citer le programme de renforcement de la population ursine des Pyrénées françaises mené dans le cadre du plan de restauration et de conservation de l'ours, ou le projet de renforcement de la population d'outarde canepetière dans les plaines céréalières du Centre-Ouest de la France.

⑤ La résistance de l'habitat (facteurs limitants)

- Toutes les espèces animales ou végétales **n'évoluent pas seules**, de **façon isolée**.
- Elles évoluent **confrontées les unes aux autres**, **dans un milieu donné**.
- Leurs populations subissent donc des **pressions diverses** qui **modifient** en permanence les **effectifs**.
- Elles sont confrontées à ce que l'on appelle la « **résistance de l'habitat** » qui empêche la population d'une espèce donnée de croître indéfiniment.

> **Résistance de l'habitat** : effet cumulé des différents facteurs écologiques s'opposant à l'accroissement des effectifs d'une population.

- En effet, toute population d'une espèce donnée est **limitée** dans l'augmentation de ses effectifs par :
  - Des **facteurs limitants**.
  - La **capacité d'accueil du milieu** (**capacité limite**).

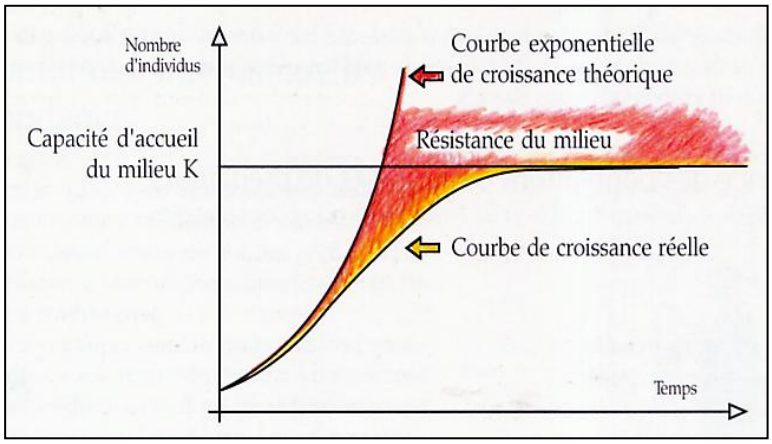
➔ **Les facteurs limitants**

- Un **facteur limitant** peut qualifier n'importe quel **facteur écologique** qui, par son **intensité** (**trop forte** ou **trop faible**), **empêche** l'**existence** d'une espèce.
- **Exemples** :
  - La **diminution** de la **quantité** de **nourriture** disponible.
  - L'**absence** de **sites favorables**.
  - La **présence** d'un **prédateur**, d'une **espèce plus compétitive**...
- Il existe donc des **facteurs limitants** qui provoquent une **diminution** du **taux d'accroissement réel** d'une population donnée.
- L'influence globale de ces facteurs exprime la « **résistance** » du **milieu** à l'augmentation des effectifs d'une espèce donnée.

➔ **La capacité d'accueil du milieu = capacité limite (K)**

- C'est l'**effectif maximum** que **ne peut pas dépasser** une **population animale** ou **végétale** dans un milieu donné.
- Elle est fonction de l'**espace**, des **sites** de **reproduction disponibles**, des **ressources alimentaires**, bref de la **niche écologique** propre à l'espèce considérée.
- Elle est généralement atteinte lorsque la population considérée est en situation de « **surpeuplement** ».
- Le **surpeuplement** provoquant, soit une **diminution de la natalité** (et de l'**immigration**), soit une **augmentation de la mortalité** (et de l'**émigration**), soit les deux à la fois.
- Les **gestionnaires** parlent de **densité biologiquement supportable** (**DBS**).
- **K** est le symbole de la **capacité limite du milieu**.
- Cette **sélection** favorise la **taille maximale** de la population et en conséquence les **classes d'âge adultes** et **post-reproductives au détriment** des **juvéniles**.
- De fait, elle donne plutôt l'avantage dans la compétition aux espèces de **grande taille**, de **forte longévité** et de **faible fécondité** (**stratèges K**).
- Elle privilégie donc une **biomasse** et une **biodiversité maximales au détriment** de la **reproduction**.

Courbe de croissance d'une population : le modèle théorique



- Cette courbe en S traduit la forme de la croissance d'une population.
- Elle exprime également la résistance et la persévérance face à un milieu qui lui oppose des contraintes et lui répond en offrant une capacité d'accueil maximale représentée par le niveau du plateau de la courbe.
- La quantité de nourriture disponible constitue l'un des principaux facteurs limitants régulateurs de la croissance.

Document 18 : Les notions de sites vitaux et de périodes critiques

- Du point de vue de la gestion, la prise en compte de l'habitat amène à prendre en compte des notions complémentaires telles que le **site vital** et la **période critique** (notions à mettre en relation avec les **écophases** des espèces).

➔ **Le site vital**

- C'est un lieu précis (qui va de quelques m à plusieurs hectares) où l'espèce va faire quelque chose d'indispensable pour son cycle de vie, à un moment donné précis (c'est-à-dire lors d'une période critique).
- Autrement dit, le site vital est un lieu précis, sur lequel est susceptible de se produire chaque année lors d'une période critique (sensible), bien définie, un évènement essentiel pour le déroulement séquentiel normal du cycle biologique d'une espèce animale.
- Exemples de sites vitaux :
  - Place de chant du coq de bruyère (grand tétras)
  - Zones d'élevage des jeunes (nurseries)
  - Zones d'hivernage
  - Zones de gagnage, de remise (refuge/repos), de vermillage…
- Pour un gestionnaire, il est très important de connaître la localisation précise des sites vitaux car pour la conservation de l'espèce, il convient de :
  - Respecter la quiétude des animaux, sur les sites vitaux, pendant les périodes critiques
  - Maintenir et si possible améliorer les caractéristiques écologiques des sites vitaux (notamment les faciès de végétation) qui répondent aux besoins de l'espèce pendant les périodes critiques

➔ **La période critique**

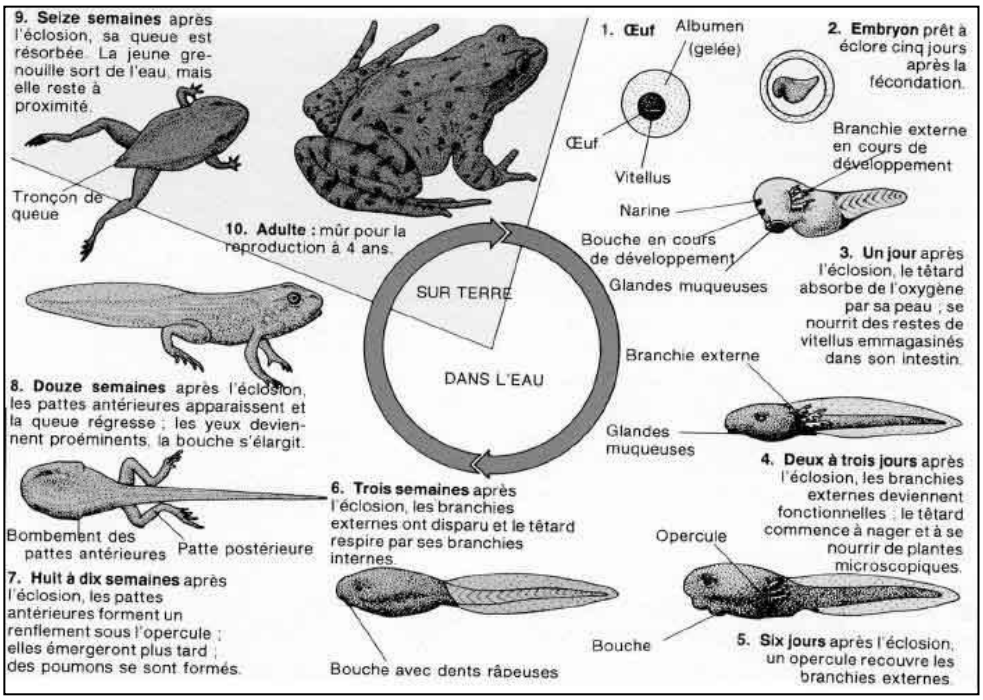
- C'est un moment précis, une date précise.
- Cela correspond par exemple à :
  - La période de reproduction
  - La période de mise bas
  - La période d'hibernation…

- **Exemples** de **sites vitaux** et de **périodes critiques** pour certaines espèces :

➔ **Le grand tétras**

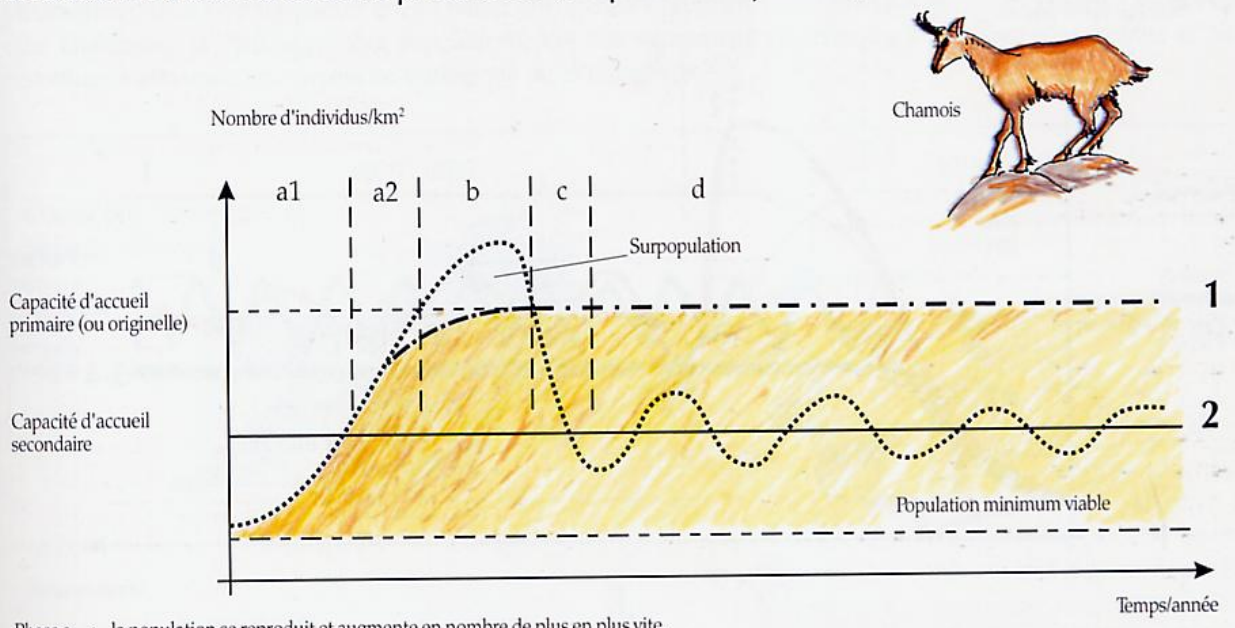
	Sites vitaux	Périodes critiques	
Importance du faciès végétal	- Zones d'élevage des jeunes - Zones d'hivernage - Places de chant	- Du 1er juin au 15 juillet - Du 1er décembre au 31 mars - Du 15 avril au 1er juin	**Importance de la quiétude**

➔ **Les anoures**



Document 19 : **L'utilisation des courbes de croissance pour gérer une population**

Exemple : courbe de croissance cyclique d'une population d'ongulés sauvages en situation naturelle et sans prédateur (d'après Riney 1957)



Phase a : la population se reproduit et augmente en nombre de plus en plus vite.
Phase a1 : croissance lente. Phase a2 : croissance active.
Phase b : la population dépasse largement la capacité d'accueil du milieu qui se dégrade.
Phase c : l'équilibre écologique est rattrapé par une mortalité brutale.
Phase d : la population se maintient par variation autour de la capacité d'accueil dégradée.

Espace de liberté pour effectuer un choix d'option de gestion : toute option de gestion est biologiquement possible si la densité n'excède jamais la capacité d'accueil primaire et ne tombe jamais au-dessous du niveau minimum viable de la population.

1 - Courbe théorique de croissance de la population : le niveau du palier de croissance est calé sur les potentialités d'accueil du milieu, la ressource alimentaire est un des principaux facteurs limitants. Dans le cas des ongulés d'altitude plusieurs écoles de pensée s'affrontent. Certains affirment que le facteur limitant est la quantité de nourriture disponible en été, d'autres qu'il s'agit davantage de celle d'hiver, d'autres encore considèrent que les deux paramètres agissent conjointement.
Toutefois les spécialistes s'accordent tous pour dire qu'ils disposent d'un recul insuffisant pour apprécier globalement les phénomènes, que les situations en milieu naturel sont beaucoup plus complexes que les modèles théoriques ne le laissent supposer et enfin que le comportement des populations d'ongulés sauvages d'altitude, par leur adaptabilité et leur variabilité, remet souvent en cause la théorie.

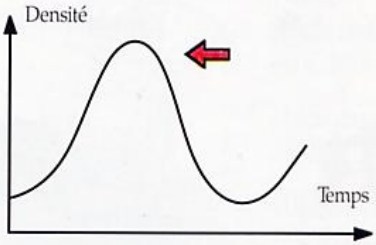
2 - Courbe réelle de croissance d'une population d'ongulés d'altitude située dans un nouveau milieu sans prédateur. Les individus se multiplient, la courbe de croissance se redresse et approche l'exponentielle théorique; on assiste à une explosion démographique rapidement suivie par un déclin. La promiscuité liée à une densité excessive favorise la transmission des maladies et des parasites, les animaux meurent massivement. Les causes de cette situation sont un état de malnutrition ajouté aux dépenses énergétiques accrues liées au stress social de la surdensité. Les animaux, qui sont à peu près tous parasités, succombent fréquemment à des poussées d'infestations parasitaires et bactériennes que l'effondrement de leurs défenses immunitaires ne permet plus de juguler.
Tous les animaux ne meurent pas et la courbe de croissance va présenter des oscillations qui s'amortissent peu à peu. Un palier s'établit à un niveau inférieur autour d'une limite qui représente la capacité d'accueil secondaire car le milieu surexploité lors de la phase de surpopulation a besoin de temps pour se reconstituer (capital et intérêt ont été épuisés). Les oscillations se stabilisent peu à peu, les animaux réagissent plus vite aux infections et attaques parasitaires, ils s'immunisent progressivement.

Document 20 : **L'étude d'une population d'oiseaux tétraonides**

La courbe de croissance des tétraonides (tétras-lyre, lagopède etc ...)

Les oiseaux territoriaux que sont, par exemple, les lagopèdes ou les coqs de bruyère, présentent des courbes de croissance où se manifestent des phénomènes d'autorégulation résultant de modifications physiologiques et génétiques. Plusieurs paramètres : succès de la reproduction, ressources alimentaires, comportement spatial, agissent pour déterminer la densité des reproducteurs.

- Faible densité
- Milieu sous-saturé
- Sélection d'individus très tolérants, plus prolifiques, qui acceptent une diminution de la surface de leur territoire



- Densité très forte avec stress
-> sélection d'individus agressifs qui défendent âprement leur territoire dont la surface s'accroît progressivement
- Baisse des performances reproductrices

La notion de territoire et la gestion d'une population de tétras-lyre

La notion de territoire a une signification très forte chez toutes les espèces de tétraonides; ainsi, chez le lagopède d'Ecosse étudié par Watson et Moss, le maintien d'un territoire conditionne tout le devenir de l'espèce : les jeunes qui n'ont pu établir un territoire meurent, de même que les adultes évincés par les jeunes en automne. Dans ce cas, le maintien d'un territoire est à la fois nécessaire à la survie et à la reproduction. La clé de la protection d'une population de tétras-lyre passe par la sauvegarde de ses territoires, ce qui implique de la part du gestionnaire de bien les connaître afin de pouvoir les identifier et les localiser. Les spécialistes disposent de tout un savoir-faire et de tout un arsenal de méthodes d'études qui varie suivant les différentes phases du cycle annuel de l'oiseau.

Lors de l'hivernage (nov. - avril)

La méthode la plus efficace est la recherche de tas de crottes laissés sous la neige par les oiseaux et que la fonte des neiges découvre progressivement.

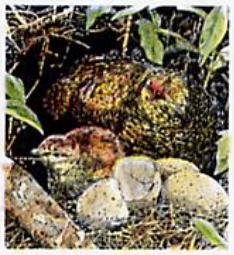
Lors de la parade (15 mai - juin)

La parade est un moment privilégié pour effectuer un comptage au chant. La zone est découpée en secteurs que les observateurs étudient durant les 2 heures suivant le lever du jour. Ils recensent essentiellement les coqs chanteurs. Le chant des coqs porte à une distance de 1 à 2 km.

Lors de la couvaison (juin - juillet)

Pour apprécier l'impact des prédateurs qui pillent 40% des nids, on utilise des leurres (oeufs de poule remplis de paraffine et attachés à un piquet. Les empreintes désignent le coupable).

Lors de l'élevage des jeunes (juillet - sept.)



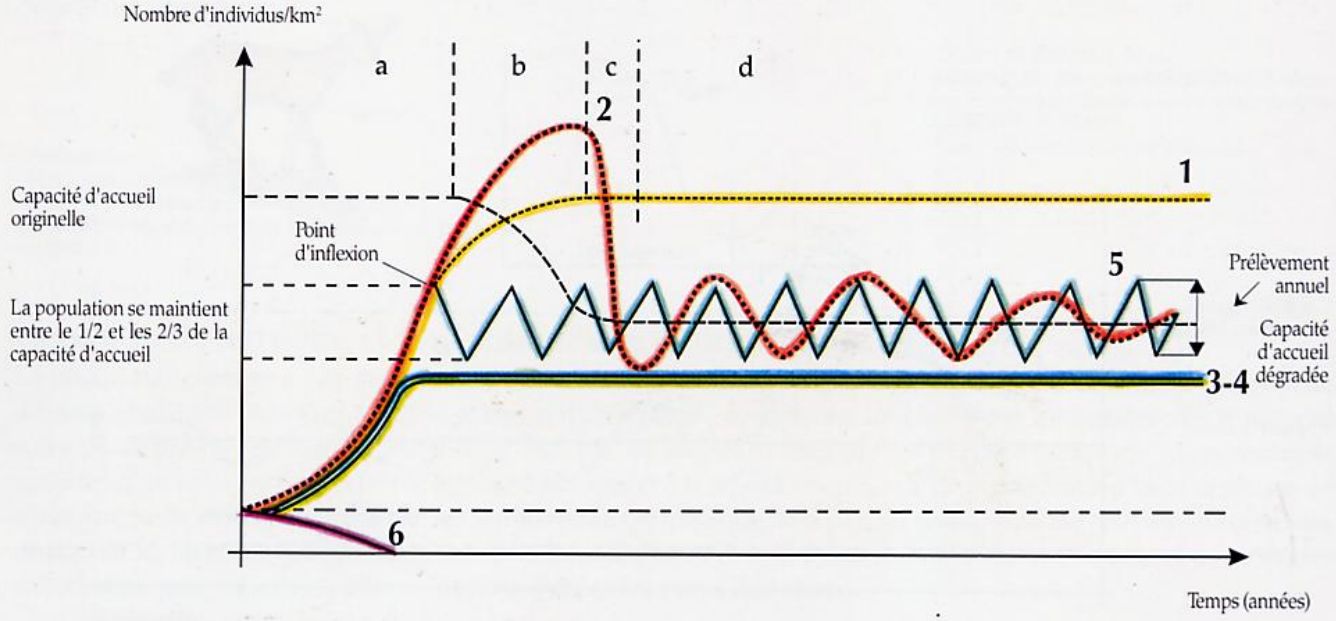
Cette époque est particulièrement favorable à un comptage qui peut être quasi exhaustif il englobe en effet toute la population. Le recensement est opéré au chien d'arrêt dressé (setter anglais/braque allemand/pointer). Le comptage de 1000 ha nécessite de l'ordre de 100 à 150 heures de travail avec le chien.

Lors de la dispersion des couvées (sept. - nov.)

Les tableaux de chasse donnent des indications utiles sur les effectifs (nombre de prises) et la proportion des jeunes; cette dernière donnée étant un indice de la réussite de la reproduction lors de la saison écoulée. Les tétras tirés permettent des études du régime alimentaire par analyse des gésiers et des jabots.

Document 21 : **Les principaux modèles théoriques de gestion d'une population animale**

CHOIX D'UN MODÈLE THÉORIQUE DE GESTION DES ONGULÉS SAUVAGES (ISARDS, CHAMOIS ETC ...) RÉPONDANT A DIVERS CHOIX



1 - **L'option "CHOIX"** : Cette option de gestion s'appuie sur la courbe de croissance théorique de la population qui correspond à la biomasse maximale. Les chasseurs souhaitent voir beaucoup d'animaux sur le terrain, ils réalisent des tirs sélectifs, ne choisissant que les animaux les plus vieux. Globalement ils tirent moins d'animaux mais disposent de plus beaux trophées.

2 - **L'option "NATURELLE"** : Si on laisse se développer une population animale supérieure à la capacité d'accueil originelle de l'habitat il en résulte une dégradation des potentialités faunistiques. Cette option peut toutefois être préférée en secteur protégé et subir éventuellement un "aménagement". Un affouragement complémentaire peut être apporté, il élève le niveau du palier correspondant à la capacité d'accueil originelle du milieu. On peut considérer, dès lors, que cette option s'écarte du "Naturel".

3 - **L'option "ANIMAUX SAUVAGES"** : La sélection est faite sur le terrain, cette option est souvent privilégiée par certains chasseurs qui tirent tout ce qu'ils voient. Cette option satisfaisante pour les chasseurs reste frustrante pour les autres utilisateurs du milieu naturel et la biomasse est mal utilisée.

4 - **L'option "MILIEU"** : Cette option est choisie lorsque le cheptel exploite des secteurs habités (Ex. : Parc des Cévennes) ou des zones forestières faisant l'objet d'une gestion sylvicole à des fins de production.

5 - **L'option "PLAN DE CHASSE"** : Cette option permet d'opérer un prélèvement annuel régulier le plus élevé possible en se calant sur la courbe de croissance de la population. C'est en effet au voisinage du point d'inflexion que l'on dispose d'un maximum de productivité (c'est à ce point que le TURN-OVER est le plus rapide). C'est donc en maintenant la population à ce niveau que l'on assure sa meilleure exploitation possible. Cette option implique une grande rigueur que les chasseurs ont parfois du mal à accepter et à comprendre, il est vrai que la demande est le plus souvent très supérieure aux possibilités de tir.

6 - **Niveau correspondant à une population minimum viable**. Ce niveau se définit en terme de probabilité de persistance de la population sur une durée arbitrairement choisie. En deça de cette limite les chances de disparition des individus l'emportent sur celles de reproduction, ce que traduit la courbe descendante.

B) La loi de croissance des populations

① Le taux intrinsèque d'accroissement « r »

- La **capacité** à se **multiplier** est une **caractéristique fondamentale** de tous les êtres vivants.
- Dans les **conditions optimales**, en l'**absence** de **facteurs limitants**, de type **alimentaire** ou **spatial** (phase de colonisation d'un milieu vierge favorable), cette capacité se traduit (sur un intervalle de temps donné, l'année par exemple), par un **taux fini d'accroissement**.
- On appelle « **r** » ce **taux intrinsèque** d'**accroissement naturel**.
- Ce taux est une constante caractéristique de l'espèce considérée qui exprime le **potentiel biotique** de cette espèce (**fécondité maximale** en l'absence de facteurs limitants).

Taux intrinsèque d'accroissement r d'une espèce :

- **Potentiel biotique** de cette espèce : fécondité maximale en l'absence de facteurs limitants.
- **Accroissement naturel** de la population : total naissances – total décès.

⇩

r = accroissement maximum de la population d'une espèce donnée.

- La signification biologique de ce paramètre est **capitale**.
- Il existe par exemple une relation étroite entre le taux intrinsèque d'accroissement maximum r et le **poids** des organismes, le premier décroît quand le second augmente.
- Ainsi le taux intrinsèque d'accroissement peut être considéré comme une mesure de la **capacité potentielle** de **production** par **unité de poids** de la population.
- La détermination de r peut aussi servir à **comparer des espèces voisines**, l'**optimum écologique** d'une espèce correspondant aux conditions qui permettent à **r** d'avoir sa **valeur maximale**.

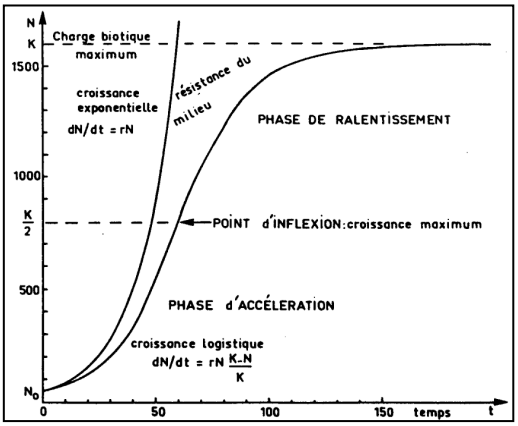
② De la croissance exponentielle à la croissance logistique

➔ Présentation du modèle de croissance logistique

- Le taux intrinsèque d'accroissement **r** est une **donnée maximum** en l'**absence** de **facteurs limitants**.
- Il exprime donc l'**augmentation théorique** d'une population en **valeurs optimales**.
- Il se traduit par une **croissance exponentielle**, c'est-à-dire qui augmente de façon **rapide** et **continue** (théoriquement **illimitée**).
- Mais ce type de croissance illimitée ou exponentielle est très **rare**.
- En effet, dans les conditions naturelles, la quantité de **ressources disponibles** (espace, nourriture) est évidemment **limitée**.
- **Conséquence** : la croissance des populations ne répond pas à ce modèle de croissance exponentielle (sauf pendant la phase de colonisation d'un milieu par une espèce ou chez les populations expérimentales de laboratoire).
- **Exemple** : les **bactéries** en culture dans les laboratoires.
  - Elles peuvent se **diviser en deux** toutes les **20 minutes**.
  - La population a donc une **croissance exponentielle au début**.
  - Mais celle-ci ne peut heureusement se poursuivre puisqu'en admettant que le volume d'une bactérie est de 1 μm^3, le **volume de la Terre** serait atteint en **16 jours** et **6 heures** à partir d'une **unique cellule** !
  - En fait dans ce cas, la croissance diminue lorsque la nourriture du milieu de culture s'épuise.

Elles sont vertes, souvent dérangeantes, potentiellement toxiques mais surtout quasi insaisissables...
Les cyanobactéries « squatteuses » de plans d'eau, posent tous les ans de réels problèmes, obligeant les autorités à interdire la baignade à leurs visiteurs.
Ici un technicien riposte à cette prolifération à l'aide d'une pompe baptisée Aquaflots.

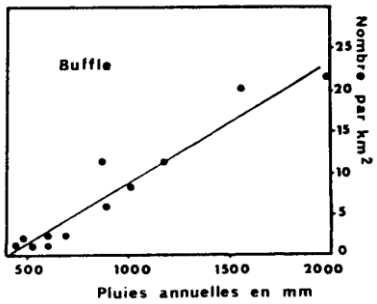
- Il existe donc des **facteurs limitants** (nourriture, territoire, compétitions, prédation...) qui provoquent une **diminution** du **taux d'accroissement réel**.
- Rappel : le **surpeuplement** lorsqu'il a lieu, provoque soit une **diminution** de la **natalité** (et de l'**immigration**), soit une **augmentation** de la **mortalité** (et de l'**émigration**), soit **les deux à la fois**.
- L'influence globale de ces facteurs exprime la « **résistance** » du milieu à l'augmentation des effectifs.
- Pour tenir compte de cette « résistance », un facteur « correctif » peut être introduit.
- Ce facteur, c'est « **K** » et représente la charge biotique maximale de ce milieu (capacité limite du milieu).
- La courbe de l'**accroissement réel** des effectifs, compte tenu de la résistance de l'habitat, est appelée **courbe de croissance logistique**.
- Elle présente une forme en **S typique**, suite aux effets des facteurs limitant la progression des effectifs.
- Sur la courbe ci-dessous, la croissance logistique a été tracée en supposant une **charge biotique maximum** de **1600 individus**.



- **Remarque** : lorsque **N = K** alors l'accroissement devient nul.

➔ Critique du modèle de croissance logistique

- Dans cette **régulation dépendante de la densité**, le modèle logistique est plus vraisemblable car il correspond à une population qui est auto-inhibée par sa propre croissance grâce à une régulation de type **rétroaction.**
- De multiples expériences ont été faites en laboratoire pour éprouver la validité biologique de la loi de croissance logistique des populations naturelles.
- Les résultats s'accordent avec celle-ci dans le cas d'organismes simples : bactéries, paramécies ou levures.
- Avec des organismes plus évolués, drosophiles ou coléoptères, les faits s'avèrent plus complexes.
- En laboratoire comme dans la nature la capacité biotique K dépend, pour une population déterminée, de l'importance des ressources (nourriture, espace) disponibles.
- Exemple du Buffle (dont la densité est donnée en fonction de la pluviométrie du milieu) :



- La pluviosité agit ici par l'intermédiaire de la végétation dont elle contrôle la quantité ainsi que la qualité.
- L'une des conclusions les plus importantes des expériences effectuées en laboratoire est sans doute que, chez une même espèce r et K peuvent varier non seulement en fonction des conditions du milieu mais aussi en fonction de la constitution génétique des populations considérées.
- En d'autres termes, r et K répondent à un **déterminisme génétique** et sont donc contrôlés par la sélection naturelle.

- Ce deuxième modèle, bien que plus réaliste, a donc été critiqué justement car il suppose diverses conditions rarement réalisées et qui expliquent ses limites :
  - Une structure d'âge constante.
  - Une charge biotique maximale constante et une capacité biotique du milieu constante (alors que dans la nature la capacité du milieu pour une population donnée est souvent fluctuante).
  - Un taux de croissance toujours fonction linéaire inverse de la densité (alors que l'effet dépresseur de la densité est rarement instantané et n'est pas nécessairement une fonction linéaire de la densité).
- Il admet aussi que tous les individus de la population sont reproducteurs ! (alors que la population n'est pas composée d'individus identiques).
- On comprend pourquoi les courbes réelles ne se rapprochent que rarement des courbes théoriques.
- Diverses tentatives ont été menées pour améliorer ce deuxième modèle qui a cependant été utile.
- Il a permis en particulier à Mac Arthur et Wilson d'introduire la notion de **stratégie r** et de **stratégie K**.
- Une fois son niveau maximal atteint, une population peut évoluer ensuite selon plusieurs possibilités :
  - Se maintenir à peu près au même niveau pour une longue période (populations stables)
  - Décliner et parfois s'éteindre (raréfaction des aliments, accumulation de toxines...), mais avant cette extrémité, on observe souvent dans la nature des phénomènes d'immigration d'individus vers un autre milieu (fréquent chez les animaux)
  - Fluctuer régulièrement ou irrégulièrement.

③ Populations stables et populations cycliques

- Les courbes de croissance traduisent la **lutte** des **espèces contre** les **rigueurs** de leur **environnement** (**facteurs limitants**, **résistance de l'habitat**).
- Celles-ci relèvent aussi bien de **facteurs abiotiques** (d'origine climatique ou non), que de **facteurs biotiques** (interactions de **compétition**, de **prédation**, de **parasitisme**…).
- Selon les espèces concernées et les conditions de milieu auxquelles elles sont confrontées, on distingue **divers types de fluctuations de populations**.

➔ Les populations stables

- Ces populations présentent de **faibles variations d'effectifs**, fluctuant autour d'une moyenne constante (= K).
- Elles se rencontrent dans des **biocénoses très structurées**, dans un **milieu stable** où les **compétitions sont intenses**.
- Ce n'est pas le cas le plus fréquent, même si de nombreuses espèces présentent des populations stables.
- **Exemple** de la courbe de croissance plate des populations de **graminées** (Poacées) dans une **prairie « naturelle »** (évoluant essentiellement sous l'influence de facteurs climatiques : température, lumière, humidité).

➔ Les populations cycliques

- La **majorité** des populations présentent des **fluctuations** de leurs effectifs.
- On parle alors de **populations cycliques**.
- On distingue **différents types** de **fluctuations** :

→ **Fluctuations saisonnières et annuelles** :

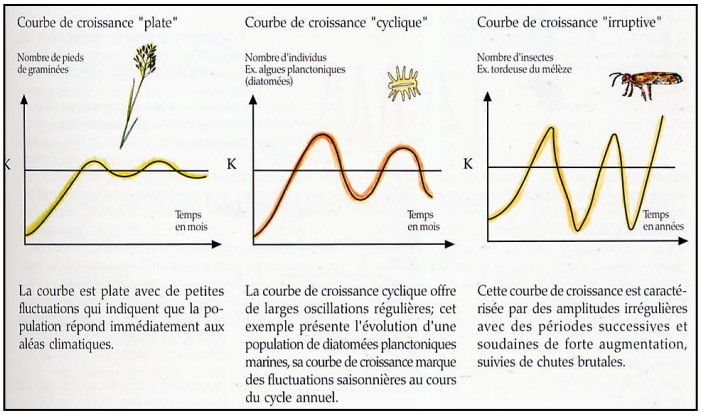
- Elles résultent généralement soit de l'existence de **plusieurs générations**, soit de **mouvements migratoires**, soit d'une **mortalité importante** à la fin de la période de reproduction ou à la fin de l'hiver…
- **Exemple** : oscillations régulières (saisonnières) des populations d'**algues planctoniques** (**diatomées**).

→ **Fluctuations pluriannuelles** :

- Elles caractérisent des populations dont les effectifs évoluent sur **plusieurs années**.
- **Exemples** : les pullulations de **Hannetons** (tous les 3 ans), de **Lemmings** (tous les 4 ans), de **Campagnols**…
- De nombreuses **hypothèses** furent avancées pour en expliquer l'**origine** et la **signification**.
- Beaucoup font appel à un **facteur externe** :
  - **Destruction** par **surconsommation** de la **couverture végétale**, source de nourriture et de protection.
  - **Cycle de prédation**.
  - **Latence** dans le **recyclage** des **éléments minéraux**…
- D'autres font intervenir des **variations intrinsèques** (propres aux populations elles-mêmes) telles que :
  - Les **variations génétiques**.
  - Les **variations comportementales** qui se produisent au cours du cycle d'abondance contribuant à augmenter le taux de mortalité : augmentation des heurts entre individus par exemple…

→ **Fluctuations irrégulières et imprévisibles** :

- On parle dans ce cas-là de **fluctuations apériodiques** car elles sont **arythmiques**.
- Elles sont caractérisées par des courbes de croissance « **irruptives** » (se produisant de façon **irrégulière** et **imprévisible**, tout en étant pluriannuelles).
- On peut citer plusieurs exemples :
  - Les **pullulations apériodiques** des **Lemmings**.
  - L'explosion en 1946 de deux **Coléoptères** *Carabidae* (normalement rares) en forêt de Fontainebleau et qui n'ont plus été revus depuis.
  - La **tordeuse du mélèze** dont les populations se développent brutalement de façon inopinée, inattendue.

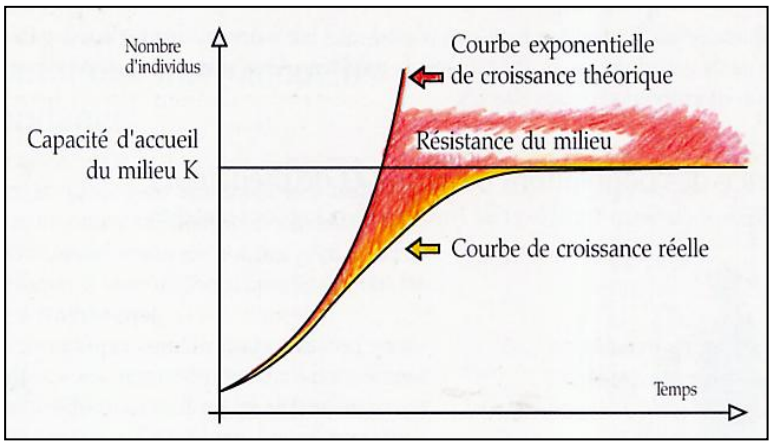


Exemples de courbes de croissance influencées par des facteurs abiotiques d'origine climatique (température, lumière, humidité)

Document 22 : Les courbes de croissance des populations

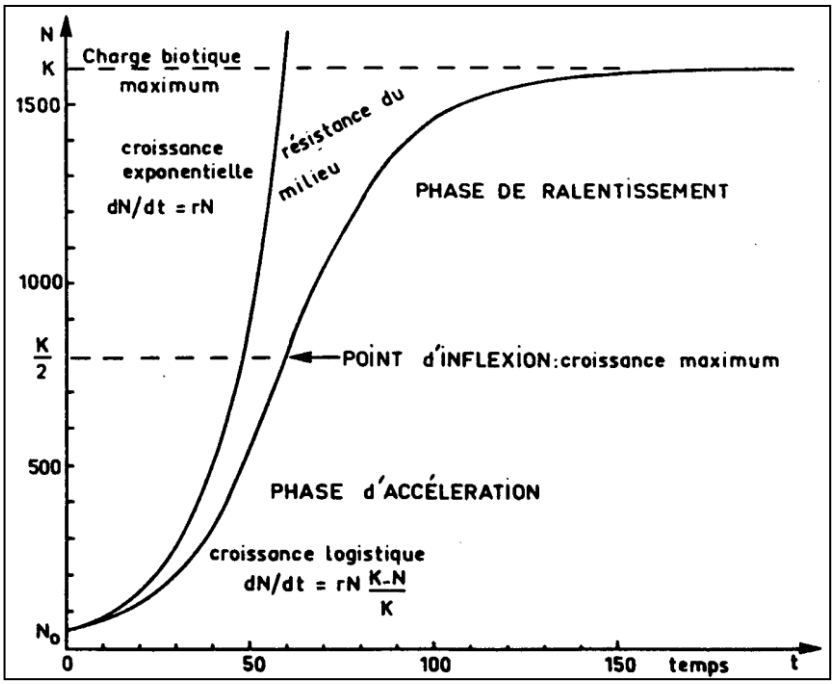
★ La courbe de croissance exponentielle : le modèle théorique

Courbe de croissance d'une population : le modèle théorique

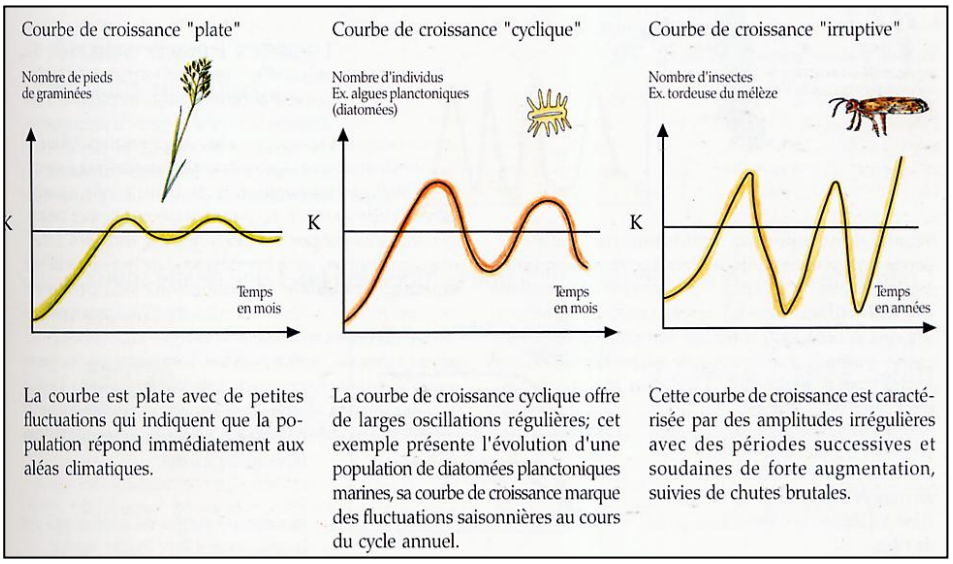


- Cette courbe en S traduit la forme de la croissance d'une population.
- Elle exprime également la résistance et la persévérance face à un milieu qui lui oppose des contraintes et lui répond en offrant une capacité d'accueil maximale représentée par le niveau du plateau de la courbe.
- La quantité de nourriture disponible constitue l'un des principaux facteurs limitants régulateurs de la croissance.

★ La courbe de croissance logistique : la croissance réelle



★ Populations stables et populations cycliques : exemples de courbes de croissance



Exemples de courbes de croissance influencées par des facteurs abiotiques d'origine climatique (température, lumière, humidité)

C) Le système population-environnement

① Les propriétés de l'environnement

➔ **Propriétés liées aux facteurs abiotiques**

- Conditions climatiques, physico-chimiques…
- Hétérogénéité et complexité de l'habitat…
- Espace disponible (repos, refuge, reproduction…)
- Nourriture disponible (ressources trophiques)

➔ **Propriétés liées aux facteurs biotiques** (toutes les relations du monde vivant)

- Compétition
- Prédation
- Parasitisme
- Symbiose
- Mutualisme
- Commensalisme
- Amensalisme…

② Les propriétés des individus

- Nutrition
- Croissance
- Reproduction
- Mobilité
- Défenses contre les prédateurs/parasites
- Aptitudes à la compétition
- Territorialité
- Communication…

③ Les propriétés des populations

➔ **Propriétés liées aux processus démographiques**

- Natalité
- Mortalité
- Emigration
- Immigration

➔ **Propriétés liées aux variables d'état de la population**

- Densité
- Distribution spatiale
- Structure d'âge
- Structure sociale
- Fréquence génique

④ Les rétroactions (effets et conséquences des interactions au sein de l'écosystème)

➔ **« Réponses » de la population ⟹ Actions sur les individus**

➢ **Régulations**

- Régulations écophysiologiques
- Régulations démographiques
- Régulations éthologiques

➢ **Variations génétiques (évolution)**

- Variations résultant de la coévolution
- Variations résultant de la coadaptation
- Variations résultant de la cosélection

➔ **« Réponses » de l'environnement ⟹ Actions sur les composantes du milieu**

➢ **Actions sur les espèces (populations, peuplements)**

- Modification de la densité d'une espèce
- Exclusion/disparition…

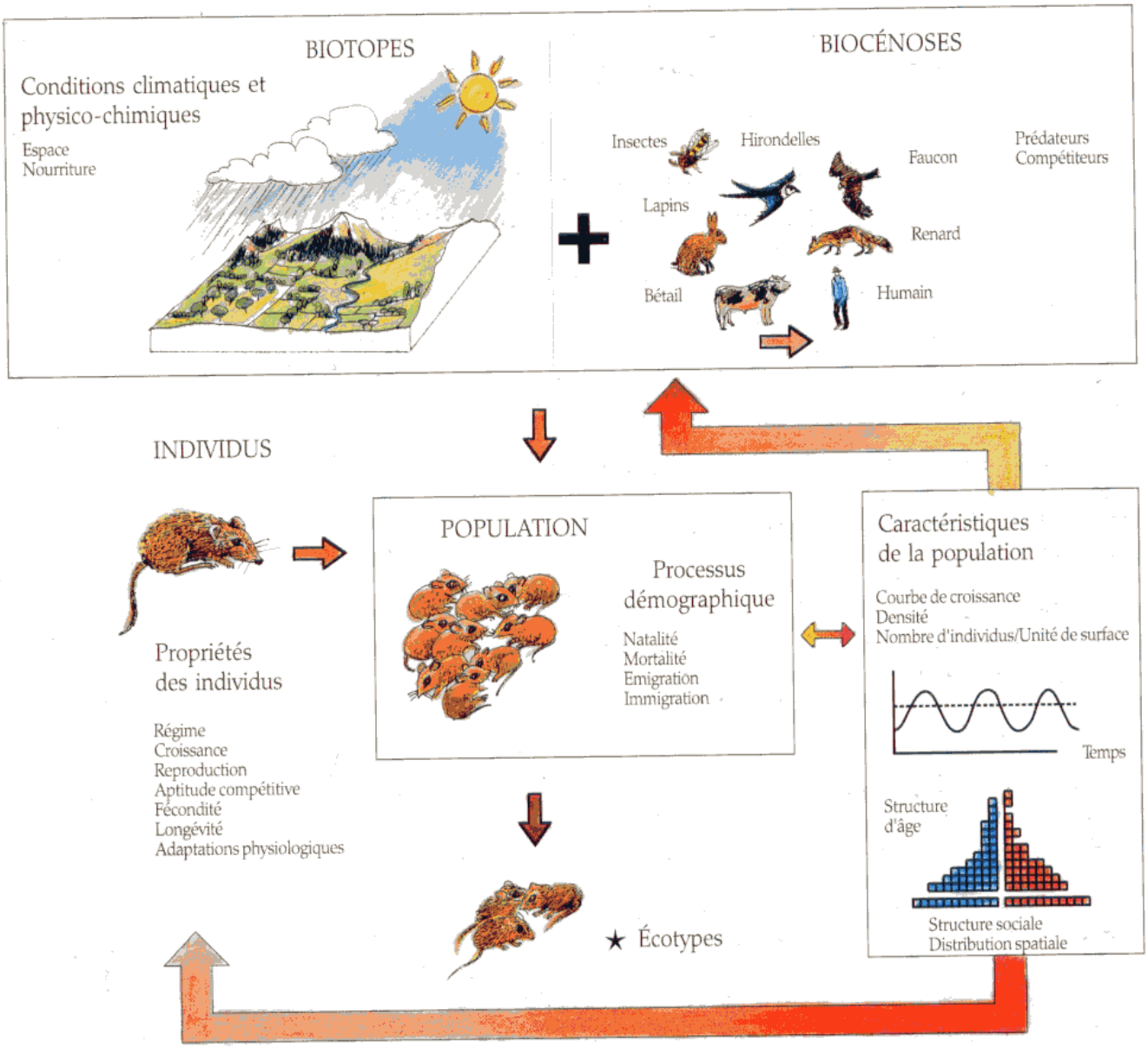
➢ **Actions sur l'habitat**

- Baisse de la ressource
- Variations de l'espace disponible (baisse de l'hétérogénéité, homogénéisation des milieux…)…

Document 23 : **Le système population-environnement**

LA TRAME DE LA VIE D'UNE POPULATION S'INSCRIT DANS UN RÉSEAU DE RELATIONS COMPLEXES AVEC SON ENVIRONNEMENT

Pas plus qu'on ne peut isoler un être vivant de son milieu de vie, on ne peut isoler une population de son environnement qui l'influence et qu'elle modifie constamment. L'évolution de cette population est elle même carctérisée par des paramètres qui lui sont propres et qui en retour changent les propriétés des individus qui la composent. Ce qui implique que, finalement, la dynamique des populations doit nécessairement s'inscrire dans une approche globale et ne peut constituer à elle seule une approche écologique de la biosphère.



★ Lorsqu'un facteur environnemental devient particulièrement contraignant et cela de façon permanente, deux solutions se présentent : ou la population disparaît (ou se déplace s'il s'agit d'animaux) ou bien elle s'adapte. Cette adaptation peut se traduire par des modifications physiologiques ou morphologiques réversibles, ou encore par des modifications durables inscrites dans le matériel génétique et héréditairement transmissibles, donnant lieu à l'apparition d'une population d'écotypes.

Document 24 : Le système population-environnement

Au-delà des individus, qui meurent et se renouvellent, l'entité biologique fondamentale est finalement la population : mais il ne suffit pas que, localement, toutes les conditions soient remplies pour permettre l'existence d'un vautour fauve, d'un lynx, d'un panda ou d'un éléphant. Encore faut-il qu'ils puissent constituer des populations capables de se renouveler. Cela requiert généralement un espace minimum, d'autant plus important que l'organisme considéré est de grande taille et que son alimentation est spécialisée. Ces populations ne sont pas à l'abri d'accidents comme l'illustre l'exemple des mésaventures du parc national du Tsavo, situé non loin du Serengeti.

Mis en protection en 1948, cet immense espace était alors une vaste plaine sèche et parsemée d'arbres et de buissons.

Le gros gibier y était rare, décimé qu'il fut par les colons européens au début du siècle et les derniers éléphants et rhinocéros étaient pourchassés par les braconniers. Des routes furent ouvertes et les braconniers harcelés à leur tour par tous les moyens de la lutte antiguérilla : land rover, avions, fusils à répétition. La rivière Galena fut endiguée, des puits artésiens creusés. Il en résulta une croissance rapide de la population d'éléphants, lesquels prélevèrent leur tribut de végétation, abattant et détruisant arbres et arbustes.

La savane était sur la voie de la désertification : en 1959 c'est un paysage lunaire qui s'offrait aux visiteurs. Comme dans la plupart des cas, il n'est pas possible de distinguer ce qui est imputable aux initiatives humaines et ce qui résulte des contraintes et aléas de l'environnement climatique, notamment des sécheresses répétées. En 1966, on s'accordait à penser que l'élimination de nombreux éléphants était inévitable pour sauver le parc. Mais avec le retour des pluies la reprise de la végétation herbacée redonna espoir. La population d'éléphants poursuivit sa croissance tandis que les controverses sur les mesures à prendre s'intensifiaient. Une étude écologique approfondie conduite par Richard Laws, un expert de la grande faune mammalienne et, particulièrement, des éléphants, aboutit à la conclusion qu'il fallait abattre près de trois mille éléphants pour sauvegarder l'espèce - condamnée autrement à disparaître par désertification de son propre milieu de vie. David Sheldrick, directeur du Parc depuis sa création, ne put se résoudre à pareille décision, incapable de se défaire de cette vieille idée selon laquelle la nature « sait » rétablir ses propres équilibres et que toute interférence humaine est a priori indésirable : la mortalité des éléphants consécutive à des périodes de sécheresse devait réguler naturellement la population et permettre la régénération de la végétation, autorisant ainsi un équilibre durable du système. Mais la sécheresse de 1969 et 1970 fut terrible et quelque six mille éléphants périrent de faim... après avoir littéralement détruit la végétation de la région. Dix ans après, le désastre était encore visible, au point que la limite du parc était repérable sur image satellitaire.

Ainsi le Tsavo, aussi grand soit-il, est trop petit pour supporter « naturellement » une population d'éléphants. Avant la colonisation européenne, les éléphants, affectés par des années sèches répétées, pouvaient migrer vers d'autres régions d'Afrique. Cela n'est plus possible aujourd'hui. Cette interprétation souligne l'importance du problème d'échelles en écologie et particulièrement en biologie de la conservation : il peut y avoir déséquilibre à une échelle locale et équilibre à une échelle régionale ou continentale. Elle permet aussi d'affirmer qu'à l'heure actuelle, il est vain d'imaginer qu'il puisse y avoir conservation sans gestion, c'est-à-dire sans intervention humaine : ce qui est reconnu pour les agrosystèmes l'est de plus en plus pour tout écosystème.

Une autre leçon que l'on doit tirer des malheurs du Tsavo est que toute population dépend d'un ensemble plus vaste, que l'on appellera un système **population-environnement.**

Ainsi, la plus petite unité fonctionnelle que l'on puisse reconnaître dans la nature est ce système population-environnement. C'est sur cette base que les questions relatives à une espèce donnée, dans un écosystème donné, doivent être posées - qu'il s'agisse de comprendre, de protéger ou d'exploiter.

Régulation des populations :

On appelle régulation des populations, l'ensemble des mécanismes par lesquels les effectifs d'une population végétale ou animale sont contrôlés de sorte qu'ils ne peuvent pas excéder, sinon même atteindre pendant une période de temps quelque peu prolongée, la capacité limite du milieu. La régulation des populations est le fait à la fois de facteurs abiotiques et biotiques. Les premiers sont dits indépendants de la densité car ils provoquent un taux de mortalité déterminé pour une valeur donnée, quels que soient les effectifs. Les seconds sont au contraire dépendants de la densité car leur action sur la population dépend de ses effectifs. La disponibilité de nourriture, l'intensité de la prédation et la mortalité par maladie en sont des exemples bien connus. Les facteurs abiotiques sont aussi dénommés en démoécologie des facteurs catastrophiques car ils n'agissent que dans des circonstances exceptionnelles lors de grands froids ou de sécheresses extrêmes par exemple.

Les facteurs dépendants de la densité exercent une action plus fine au niveau de la régulation des effectifs. Ils interviennent de façon concomitante pour ajuster ceux d'une population donnée au niveau de la capacité limite du milieu. Le rôle de la prédation et du parasitisme sont bien connus en ce sens. La relation prédateurs-proie montre que le taux de prédation est rarement constant mais varie en fonction de la densité de la proie (réponse fonctionnelle), cette dernière régulant de la même façon la densité des effectifs du prédateur au travers de la quantité de nourriture disponible. Un des exemples les plus classiques est celui des fluctuations des populations de lièvres et de lynx dans le grand Nord canadien qui présentent une fluctuation cyclique de période décennale.

Chez les insectes, dont le potentiel biotique est très considérable, de nombreuses familles d'insectes dites entomophages vivent en parasites internes d'autres insectes (ou de Chélicérates) dont ils dévorent progressivement les tissus (parasitoïdes) provoquant la mort de leur hôte. Les maladies constituent le dernier facteur important de régulation des effectifs des populations naturelles. Elles peuvent représenter un facteur catastrophique lors d'épidémies ou agir de façon plus régulière lorsqu'une zoonose ou un agent phytopathogène agit à l'état endémique. Le cas de la myxomatose a montré chez les lapins les effets drastiques que peuvent présenter des affections, épidémiques sur les populations affectées.

LE SYSTEME POPULATION ENVIRONNEMENT

PROPRIETES de L'ENVIRONNEMENT

Abiotiques :

Conditions climatiques, physico-chimiques,…
Espace
Nourriture,…

HETEROGENEITE

Biotiques :

Toutes les relations du monde vivant
COMPETITION
PREDATION
PARASITISME

+ symbiose, mutualisme, commensalisme, amensalisme, ….

PROPRIETES des INDIVIDUS

Nutrition
Croissance
Reproduction
Mobilité
Défenses contre les prédateurs
Aptitude compétitive
Territorialité
Communication,
….

LA POPULATION

Propriétés de la population

PROCESSUS DEMOGRAPHIQUES

Natalité :

Mortalité :

Emigration :

Immigration :

VARIABLES D'ETAT DE LA POPULATION

Densité :

Distribution Spatiale :

Structure d'âge :

Structure sociale :

Fréquence génique :

RETROACTION

→ **Régulation** : écophysiologique
démographique
éthologique

→ **Variations génétiques** (évolution)

} « réponse » de la population → action sur les **individus**

→ **Modifications de l'environnement** :
Ex : exclusion / disparition
baisse de la ressource
modification densité d'une autre espèce
variation de l'espace,….

} « réponse » de l'environnement → action **sur les composantes de l'environnement**