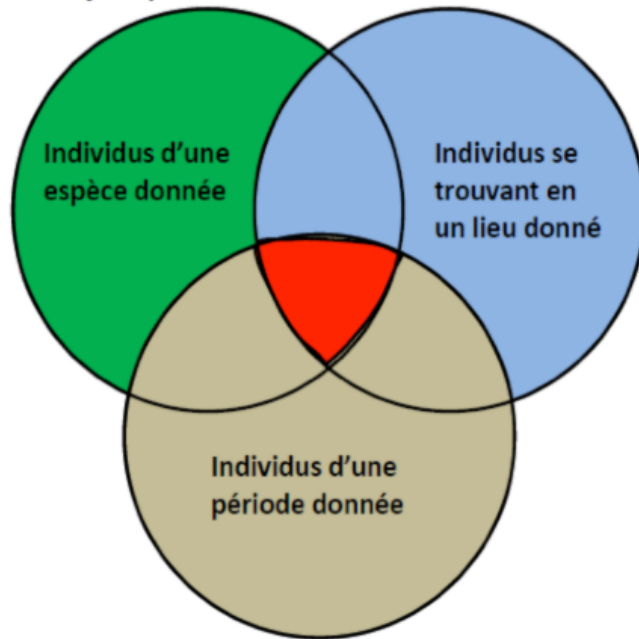


DOC 1 – DEFINITION D'UNE POPULATION

Une population est définie par trois unités :

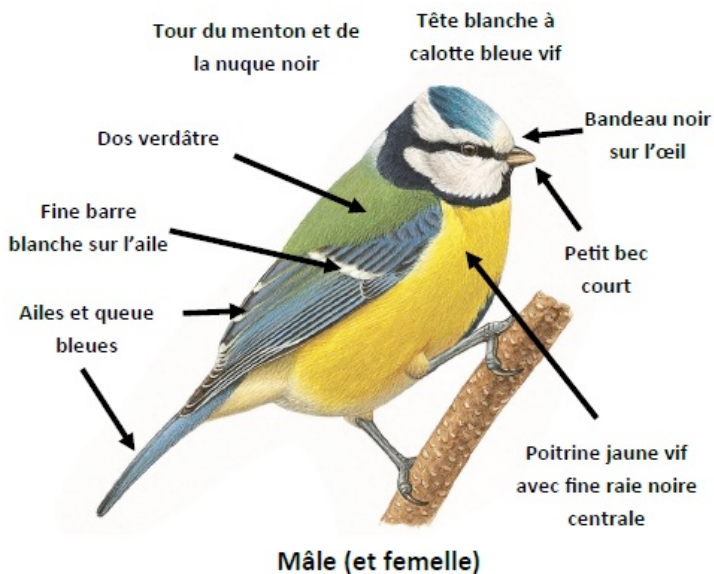
- Biologique
- Spatiale
- Temporelle



DOC 2 – UN EXEMPLE DE POPULATION : LES POPULATIONS DE MESANGE

Il existe plusieurs espèces de mésanges qui sont proches : (*d'après lpo.fr*)

- La **Mésange bleue** (*Parus caeruleus*)



- La **Mésange charbonnière** (*Parus major*)
C'est la plus grande des mésanges. Elle est facilement identifiable grâce à sa calotte, sa gorge et sa cravate noire.



Ces 2 espèces présentent des caractéristiques communes :

Répartition : Europe ainsi que le Nord de l'Afrique

Habitat : forêts de feuillus, pâturage boisé (oiseau forestier), ainsi que dans les jardins et les villes.

Nourriture : Elle se nourrit principalement d'insectes et d'araignées mais aussi des graines, surtout en hiver. Son régime insectivore en fait d'excellentes alliées pour les jardiniers et maraîchers développant une culture biologique. Elles recherchent leur nourriture dans les ramifications des arbres et parfois au sol.

Reproduction : Le nid est construit dans des trous d'arbres ou dans des nichoirs, il est fait à base de mousse et de poils et plumes. Une à 2 couvées d'œufs sont pondues en avril-juin (5 à 12 œufs).

L'épervier est un de leurs prédateurs.

Espèces protégées !

DOC 3 – METHODES DE RECENSEMENT D'UNE POPULATION

(Le guide illustré de l'écologie, Fischesser & Dupuis Tate 2007 ; Campbell)

Le comptage direct :

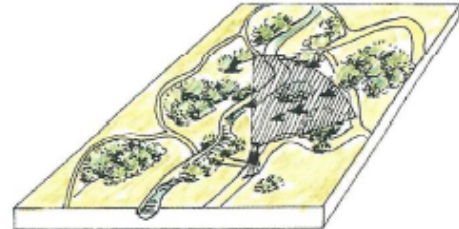
Différentes techniques ne permettent que d'estimer l'abondance relative des différentes espèces

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

1^{re} capture

Individus marqués sur les élytres et le thorax, puis relâchés : M

Population totale d'insectes à recenser : T

2^e capture

Individus marqués capturés à nouveau : C_m

Nombre total des insectes : C

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

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

1^{re} capture : 345 insectes marqués et relâchés
2^e capture : 320 insectes dont 64 marqués

$T = \frac{345 \times 320}{64} = 1\,725$ individus

Estimation de l'effectif de la population par la méthode de capture – recapture

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

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

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

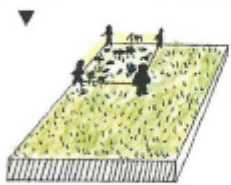
Par exemple, supposons qu'on capture 50 individus chez le Lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*) dans des cages, qu'on leur fixe une étiquette à une oreille et qu'on les libère. Deux semaines plus tard, on capture 100 individus et on vérifie les étiquettes. Si 10 de ces 100 Lièvres d'Amérique portent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

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.

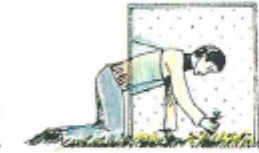
Un exemple en milieu terrestre :
le recensement des insectes

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



Le filet
à papillons

Manche en
bambou



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

Il prélève environ 10 % de la popu-
lation 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'i-
dentification manuelle et informa-
tique.

DOC 4 – DENSITES RELATIVES DE DIFFERENTES POPULATIONS DE MAMMIFERES (Ramade 2020)

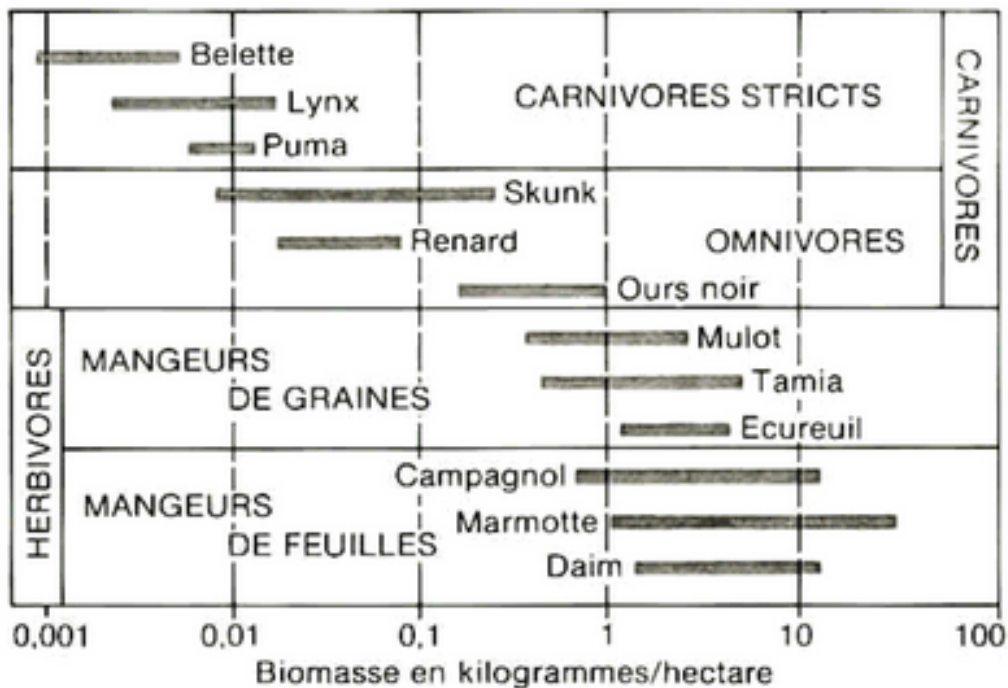


Figure 3.5 – Densités relatives, exprimées en biomasse, des principaux mammifères constituant le peuplement mammalien d'une forêt caducifoliée nord-américaine. (D'après Odum, *op. cit.*, p. 164.)

DOC 5 – PRINCIPAUX TYPES DE DISTRIBUTION SPATIALE DES INDIVIDUS D’UNE POPULATION

(Perrier & Beaux 2021)

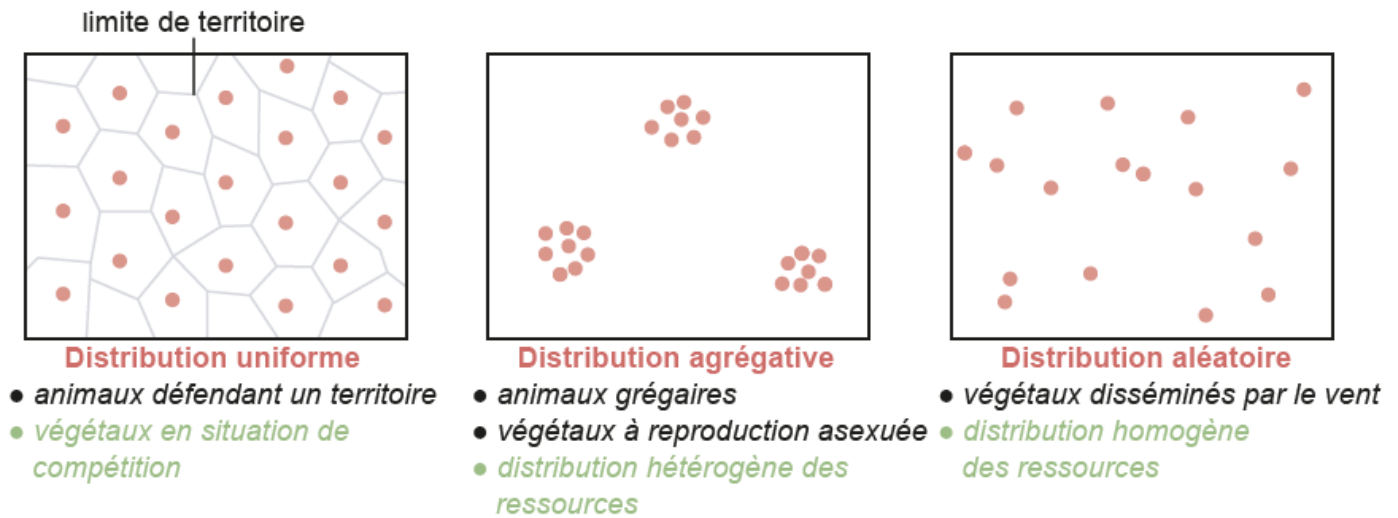


Figure 16.2 Principaux types de distribution spatiale des individus d’une population.

En noir les facteurs liés à la biologie de la population ; en vert les facteurs environnementaux. La distribution des effectifs peut varier au cours du temps, de façon saisonnière ou en fonction de la date d’installation de la population dans son milieu : une population de plantes dont les graines sont disséminées par le vent a d’abord une distribution aléatoire ; plus tard, si cette plante se reproduit de façon asexuée, les descendants forment des agrégats autour de la plante souche.

DOC 6 – STRUCTURE D’ÂGE D’UNE POPULATION DE MESANGES CHARBONNIERES

Construire la pyramide des âges pour cette population de mésanges

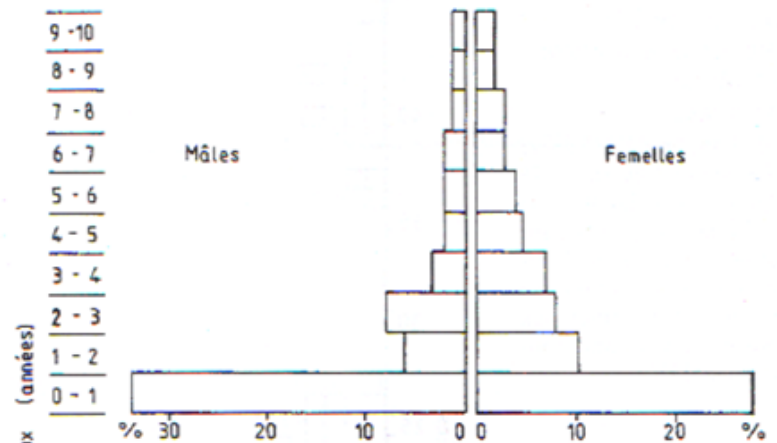
Âge (an)	Effectif	Mâles	Femelles	Œufs pondus	Nombre d’œufs par femelle
0 - 1	241	124	117	0	0
1 - 2	128	63	65	455	7
2 - 3	67	36	31	279	9
3 - 4	30	13	17	102	6
4 - 5	5	2	3	9	3
Total	471	238	233	845	-

DOC 7 – TROIS TYPES PRINCIPAUX DE PYRAMIDES D’AGES (Perrier & Beaux 2021)



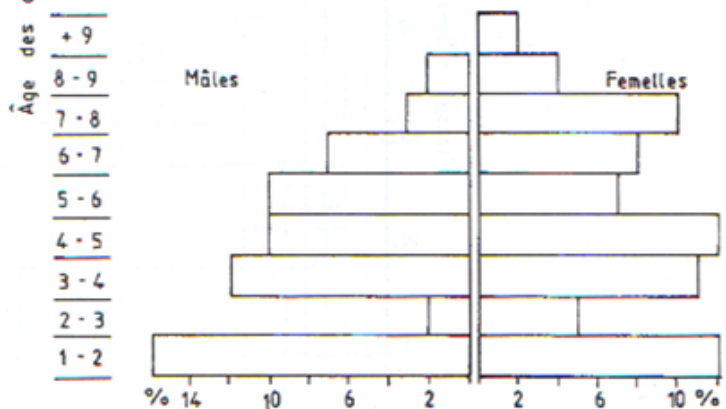
DOC 8 – DEUX EXEMPLES DE PYRAMIDES D’AGES (Dajoz 2019)

Population de Cervidés *Odocoileus hemonius* de Californie.

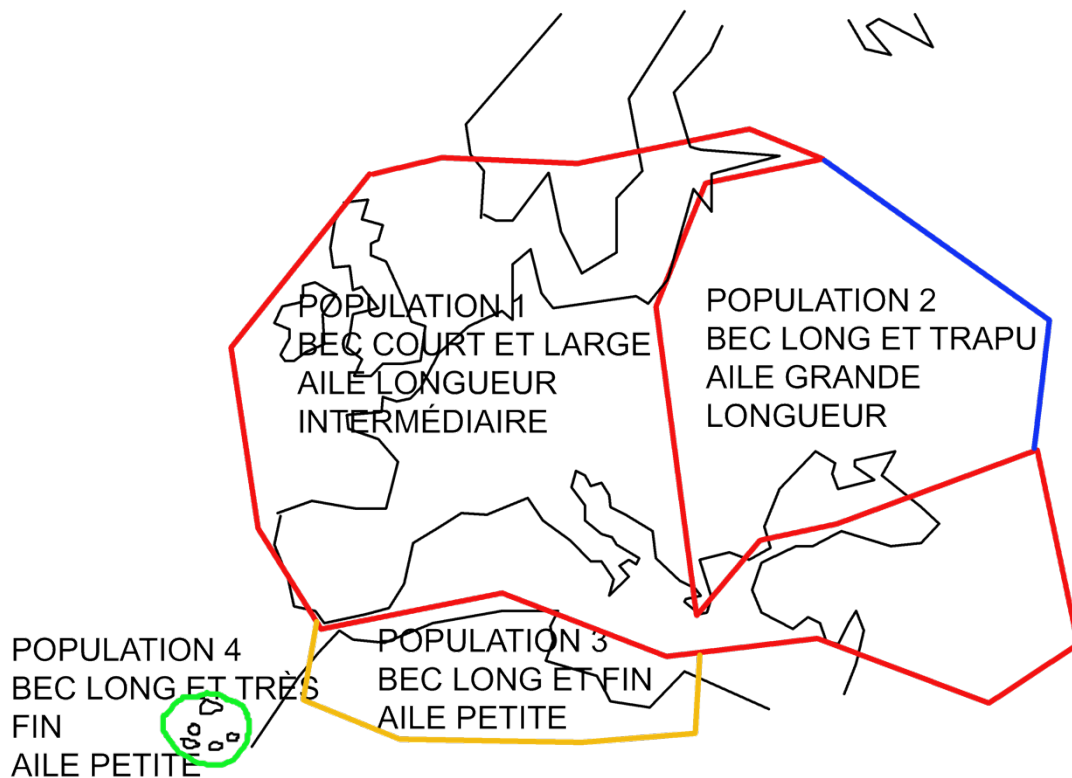


Population de mouflons de la réserve de Bavella (Corse).

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



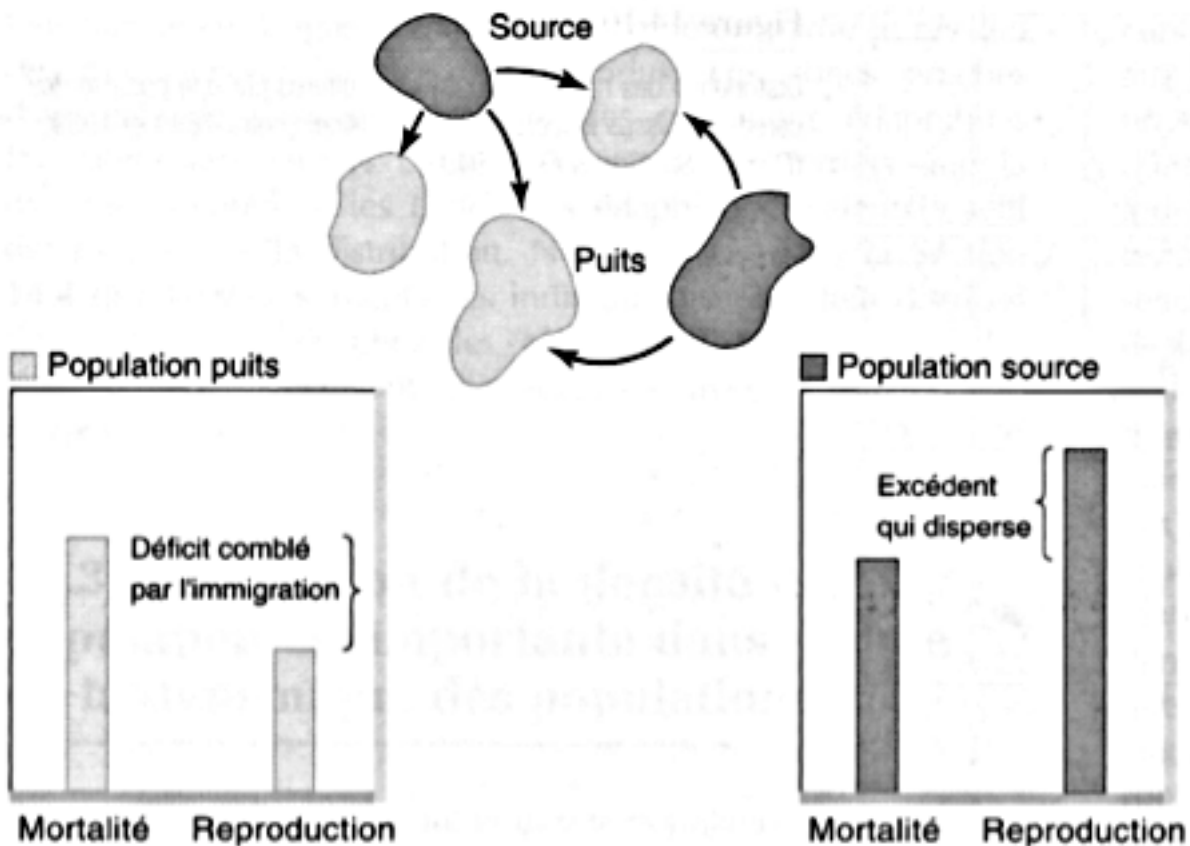
DOC 9 - METAPOPULATION DES MESANGES DE L’EUROPE DE L’OUEST



Répartition de mésanges bleues en populations de traits morphologiques distincts

DOC 10 – POPULATIONS SOURCES ET POPULATIONS PUIES DANS UNE METAPOPOPULATION

Les populations installées sur les zones d'habitat de bonne qualité produisent un excès de jeunes, qui disparaissent vers des habitats de moindre qualité, où l'immigration permet le maintien de populations moins productives.



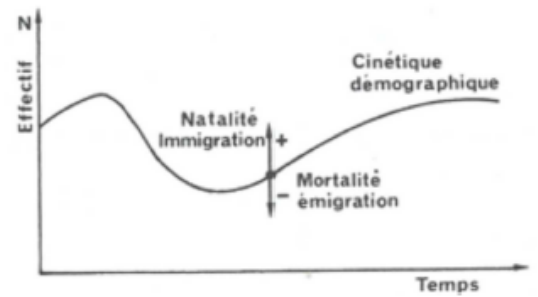
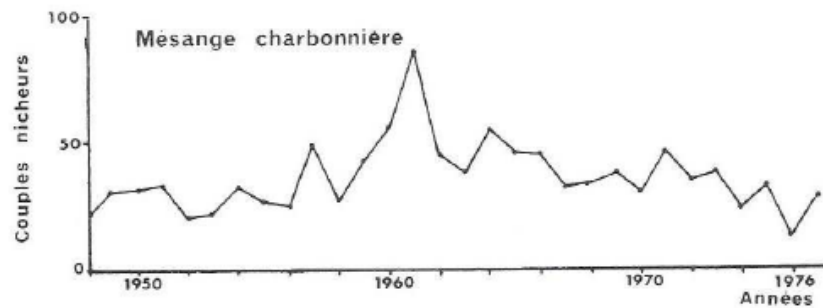
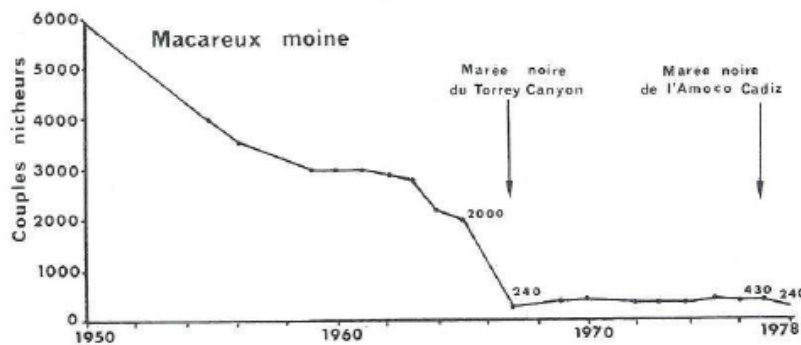
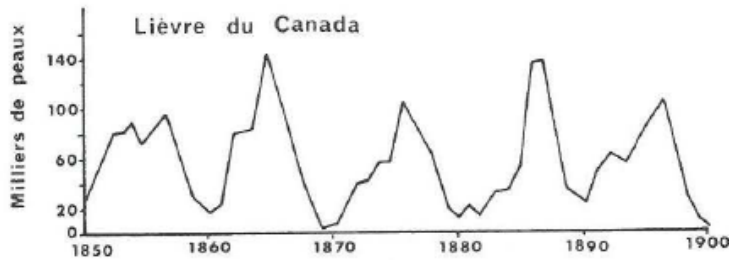
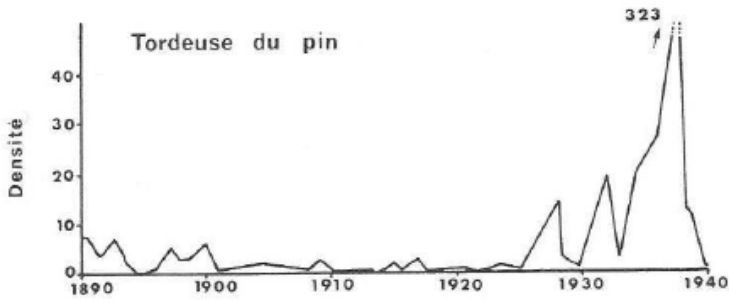
Exemple des populations de mésange : identifier la population source et la population puits

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

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

(D'après Blondel et al. 1993.)

DOC 11 – QUELQUES EXEMPLES DE VARIATIONS D'EFFECTIFS DANS DES POPULATIONS NATURELLES



DOC 12 – LE MODELE DE CROISSANCE EXPONENTIELLE (Anselme 2015)

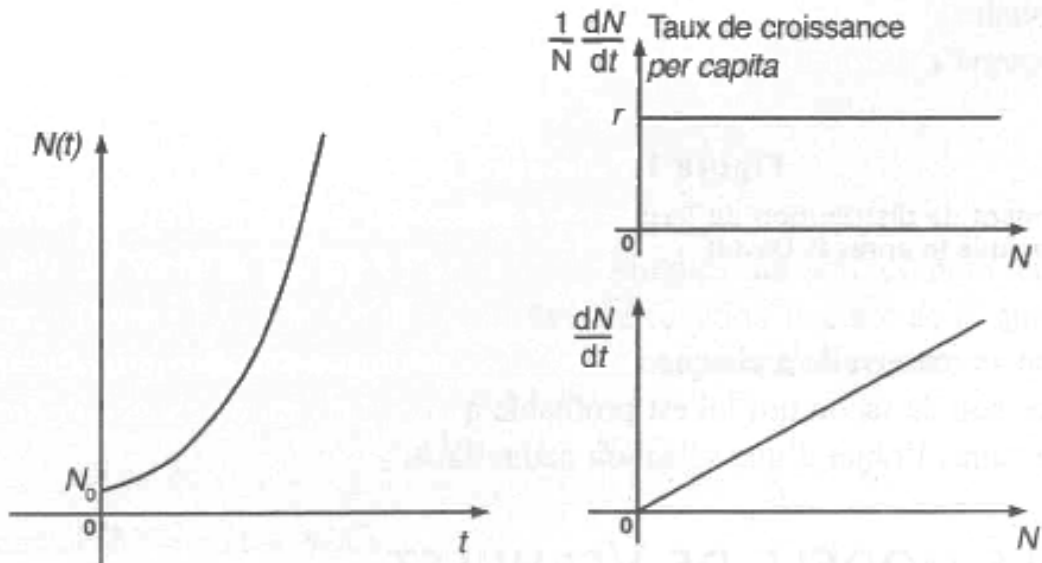
$$dN/dt = r \cdot N$$

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

$N(t)$ = effectif de la population au temps t

Taux de reproduction *per capita* = r = constante

N_0 = effectif de la population au temps 0



- Bon ajustement aux premiers temps d'installation d'une population. Permet d'évaluer une valeur de r , taux de reproduction optimal de la population ;
- Très éloigné de la réalité au-delà de ces premiers temps ;
- Grande importance heuristique pour l'introduction par Darwin de la notion de sélection naturelle.

exemple : 200 individus à t_0

$r > 0$: taux de croissance intrinsèque positif

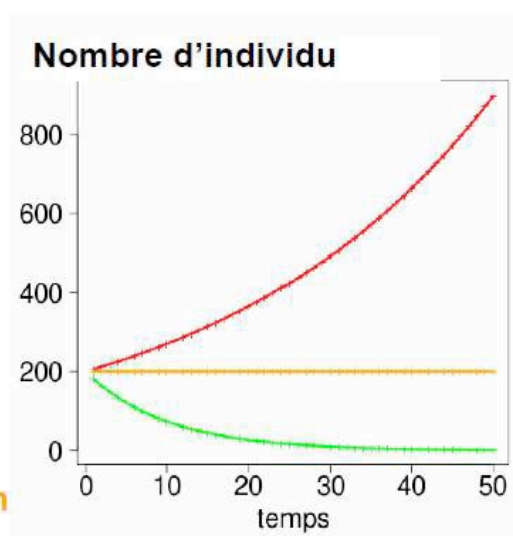
$N(t) \rightarrow \infty$

$r < 0$: taux de croissance négatif

$N(t) \rightarrow 0$

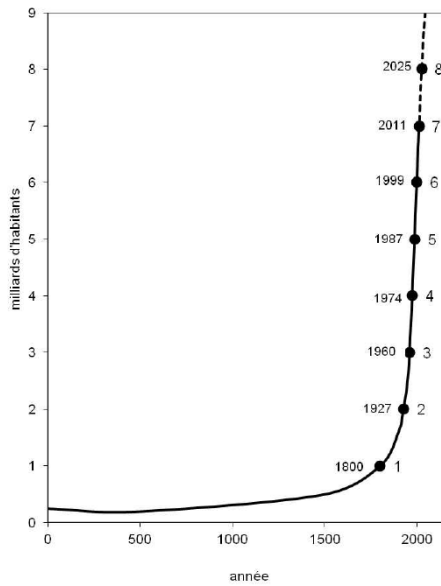
$r = 0$: taux de croissance nul, la population est stationnaire

$N(t) = 200$

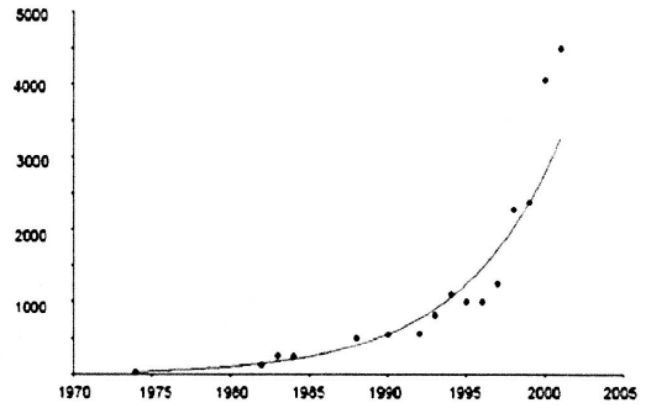
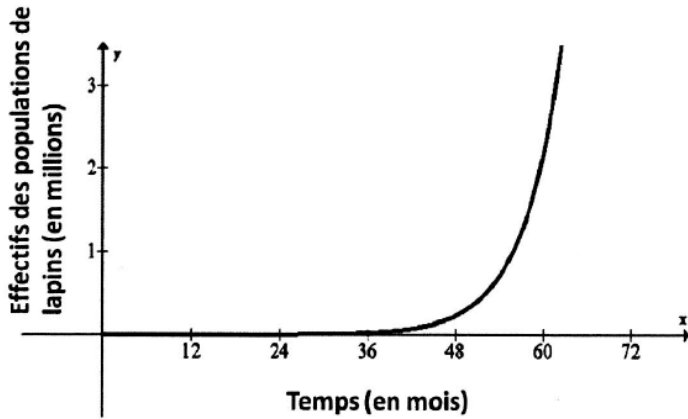
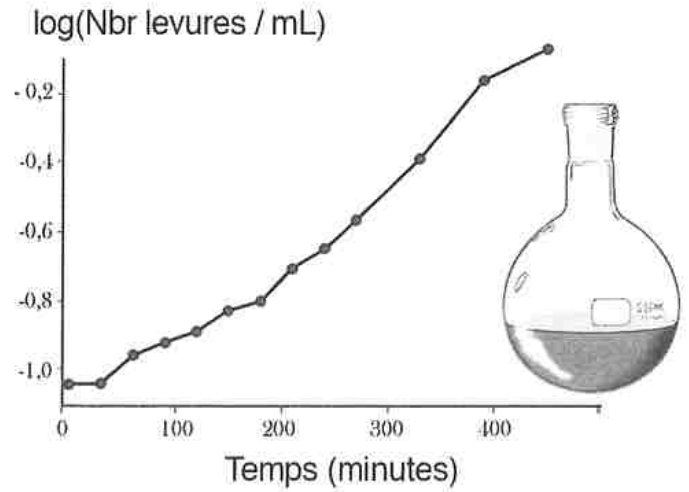


DOC 13 – EXEMPLES DE POPULATIONS A CROISSANCE EXPONENTIELLE

Evolution de la population humaine au cours des derniers siècles



Evolution d'une population de levures



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

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

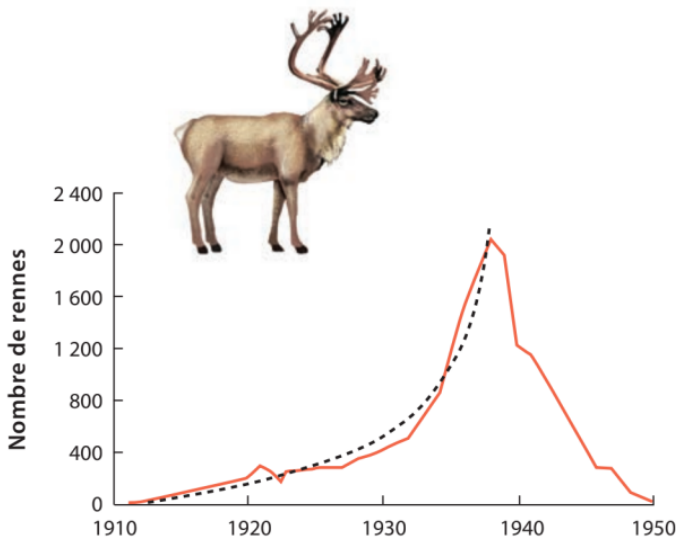
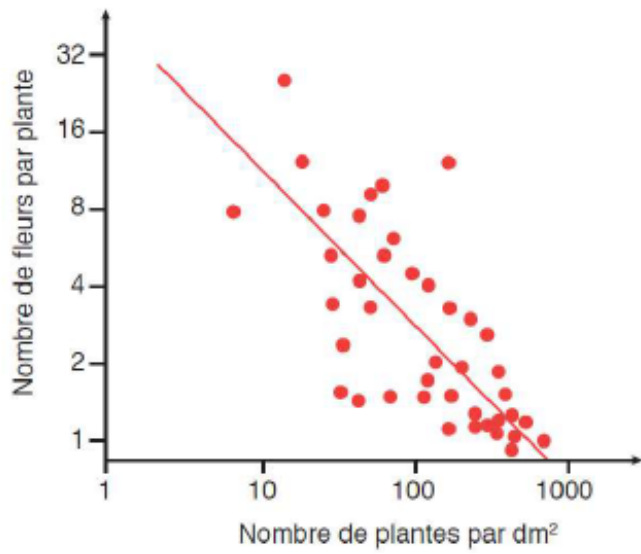


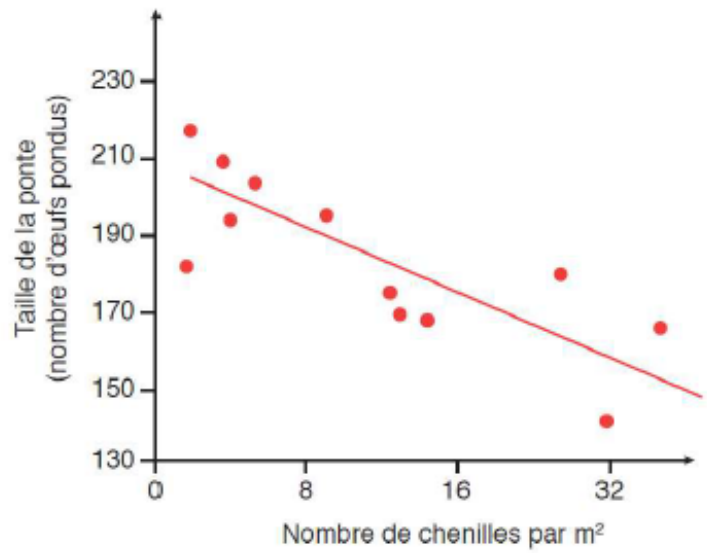
figure 13.7 Dépassement et dépérissement d'une population de rennes. Un troupeau de 25 rennes a été introduit sur l'île de St Paul en Alaska en 1911. La population a connu une croissance de sa taille qui se rapproche d'une courbe de croissance exponentielle en J soulignée par la ligne pointillée noire.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

DOC 14 – EFFET DE LA DENSITE SUR L’EFFECTIF DES POPULATIONS (Segarra et al 2015)

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



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



DOC 15 – LE MODELE DE CROISSANCE LOGISTIQUE (Anselme 2015)

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

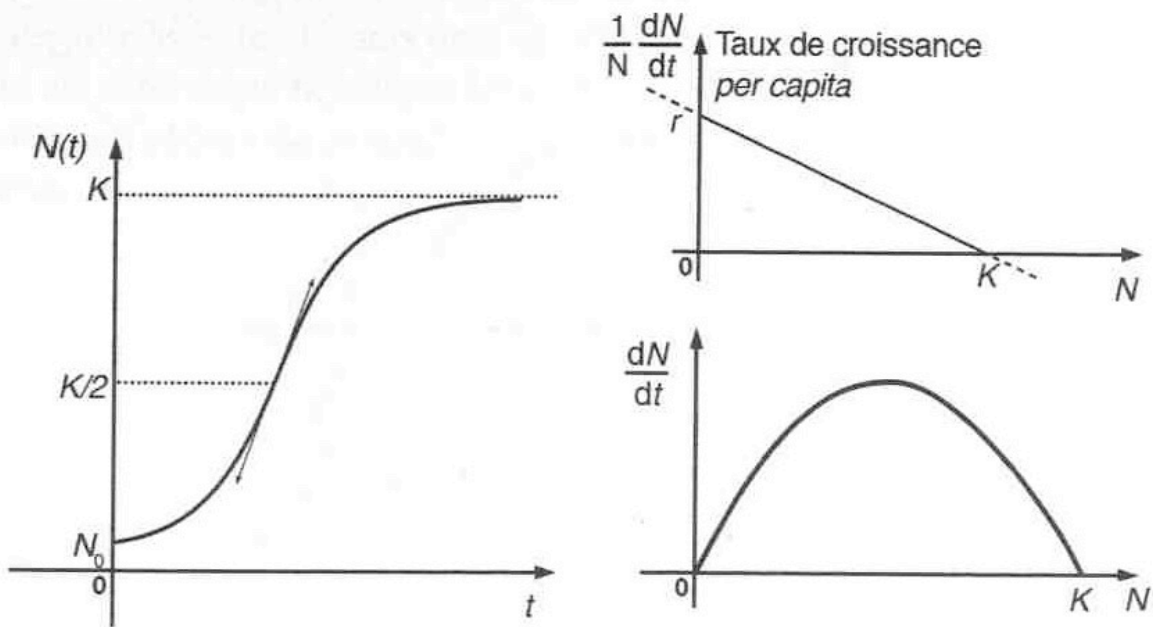
$$N(t) = K \frac{1}{1 + \left(\frac{K}{N_0} - 1\right) e^{-rt}}$$

$N(t)$ = effectif de la population au temps t

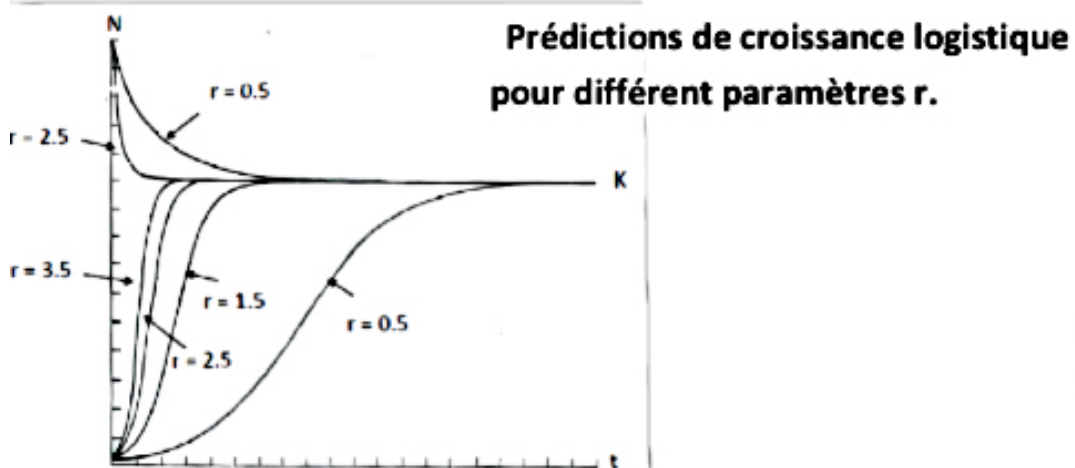
r = Taux de reproduction *per capita* optimal

K = capacité de charge du milieu

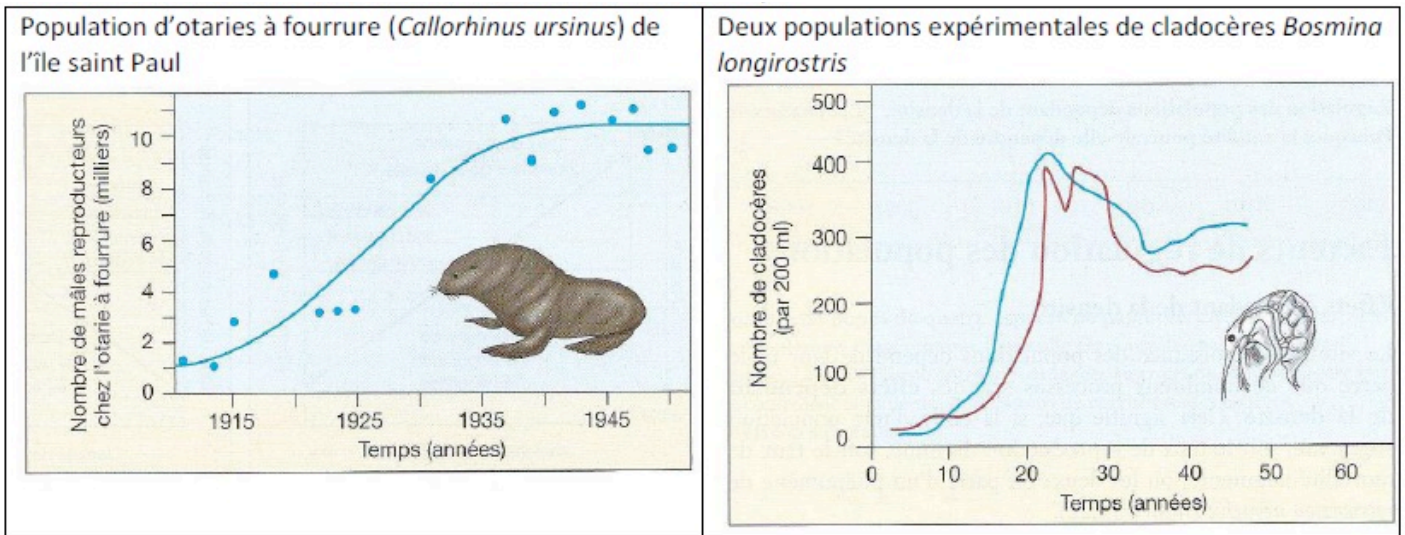
N_0 = effectif de la population au temps 0



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

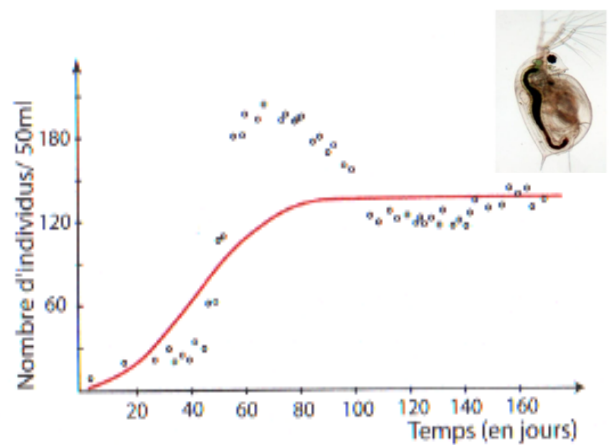


DOC 16 – EXEMPLES DE POPULATIONS A CROISSANCE LOGISTIQUE



Accroissement d'une population de daphnies (Crustacés) dans un milieu artificiel.

Dans une petite culture, la croissance de la population de Daphnies est à peu près conforme au modèle logistique. Toutefois, cette population s'est accrue si rapidement qu'elle a dépassé la capacité limite K de son milieu pour revenir ensuite à un effectif relativement stable. Cercles : données réelles. Trait plein : courbe sigmoïde du modèle logistique. (Tirard 2012)



DOC 17 – DEPASSEMENT ET DEPERISSEMENT DE POPULATIONS

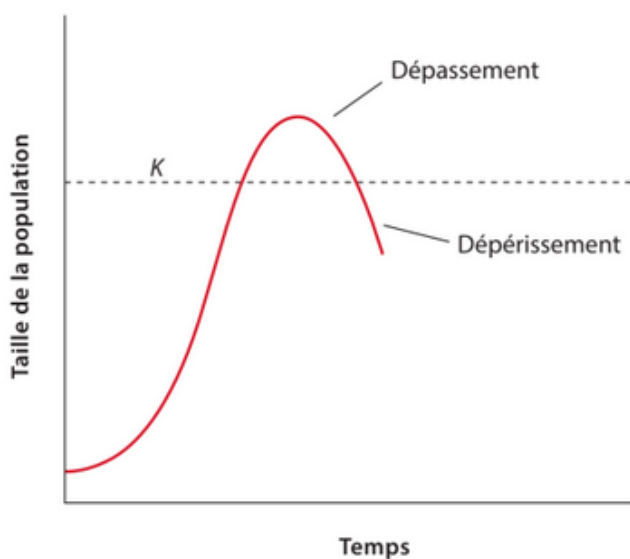
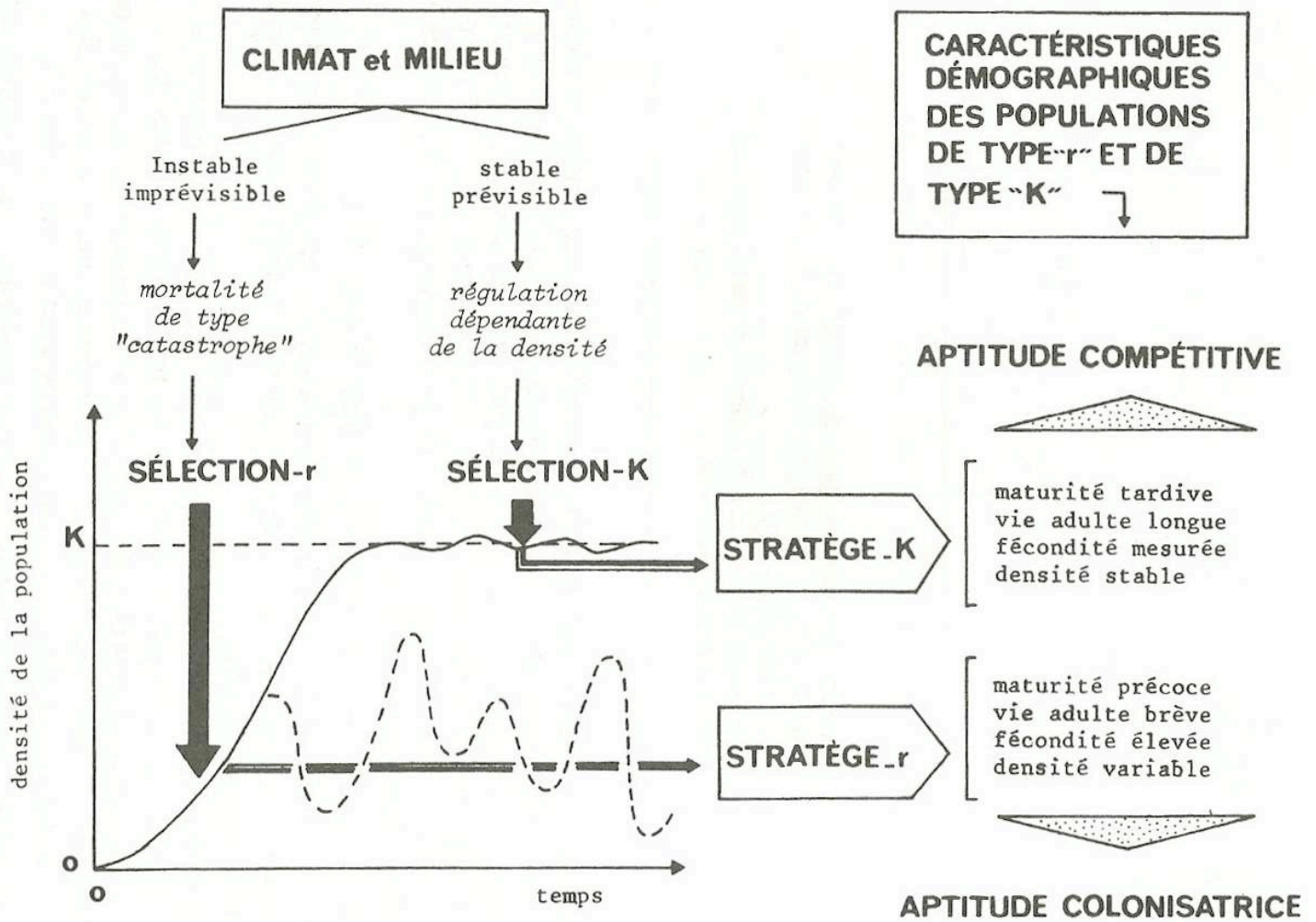


figure 13.5 Dépassements et dépérissements de populations. Certaines populations peuvent dépasser la capacité porteuse car celle-ci a baissé ou parce que la population peut augmenter en grandes quantités pendant une seule saison de reproduction. Les populations qui dépassent leur capacité porteuse connaissent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

(Ecologie, Ricklefs et al.)

DOC 18 – STRATEGIES DEMOGRAPHIQUES r ET K



Principales caractéristiques des espèces soumises à une sélection de type r ou à une sélection de type K (Dajoz)

	Sélection r	Sélection K
Climat	Variable et imprévisible	À peu près constant et prévisible
Mortalité	Indépendante de la densité	Dépendante de la densité
Types de courbes de survie	Type III	Type I ou II
Taille de la population	Variable, inférieure à K	Assez constante et proche de K
Compétition	Faible en général	Intense en général
Conséquences de la sélection	Développement rapide	Développement lent
	r élevé	r faible
	Reproduction précoce	Reproduction tardive
	Petite taille	Taille plus grande
	Une seule période de reproduction (semelparité)	Plusieurs périodes de reproduction (itéroparité)
Durée de vie	Courte	Longue
Utilisation de l'énergie	Productivité élevée	Efficacité et stabilité
Modes de dispersion	Espèces mobiles, vagabondes	Espèces peu mobiles souvent sédentaires
Types d'écosystèmes	Jeunes	Matures

DOC 19 – QUELLES STRATEGIES DEMOGRAPHIQUES POUR LA MESANGE BLEUE ET L’ALBATROS HURLEUR ?



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



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

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

Paramètres démographiques comparés de deux espèces d’oiseaux.

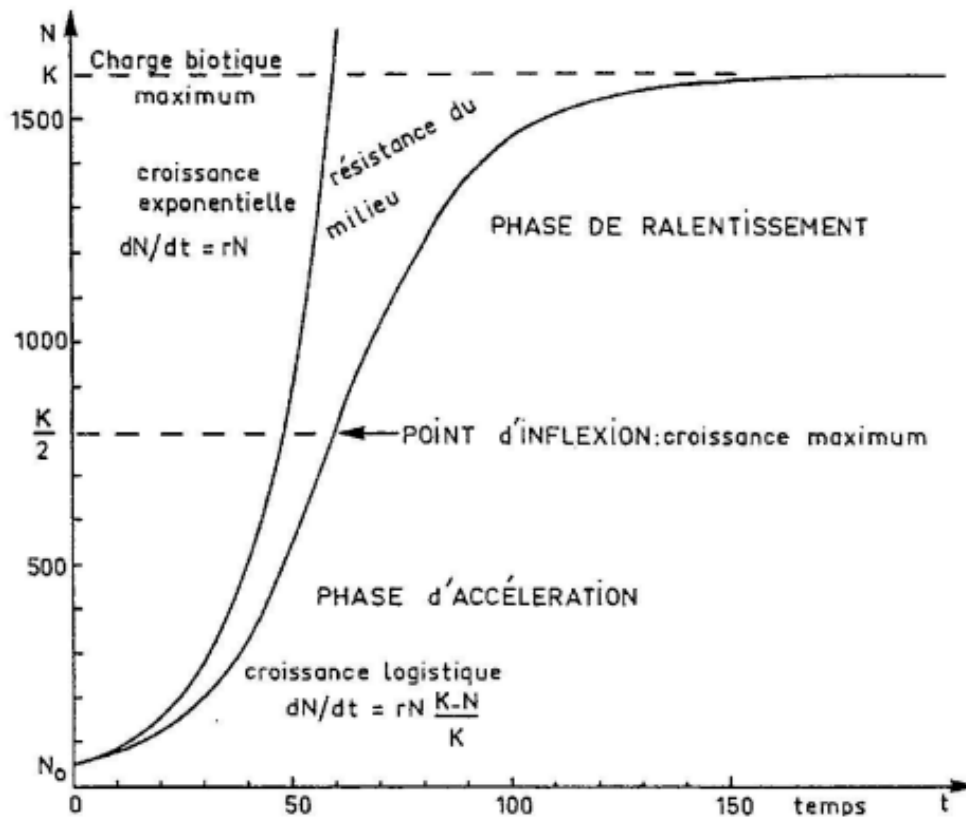
La grandeur de la ponte est le nombre d’œufs pondus par la femelle lors d’une ponte. Dans le cas de la mésange un œuf est pondu chaque jour. Une femelle dont la grandeur de ponte est de 8 œufs pond donc un œuf par jour pendant 8 jours.

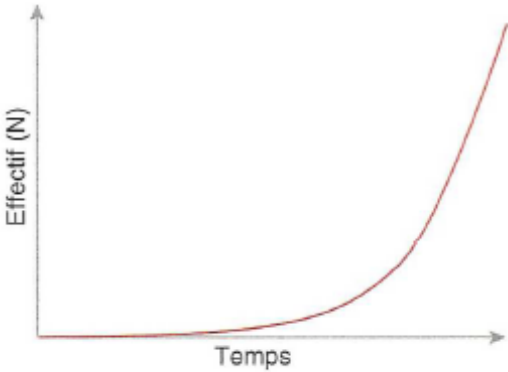
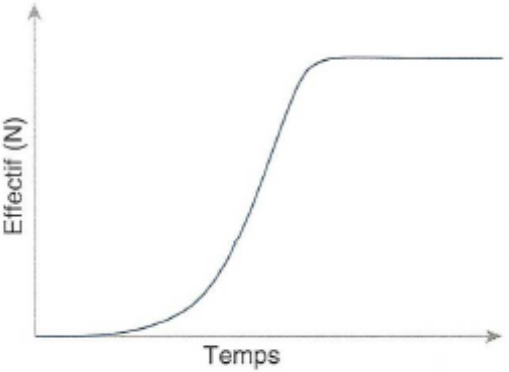
Le taux de survie annuel est la proportion des oiseaux âgés de un an qui survivent l’année suivante.

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

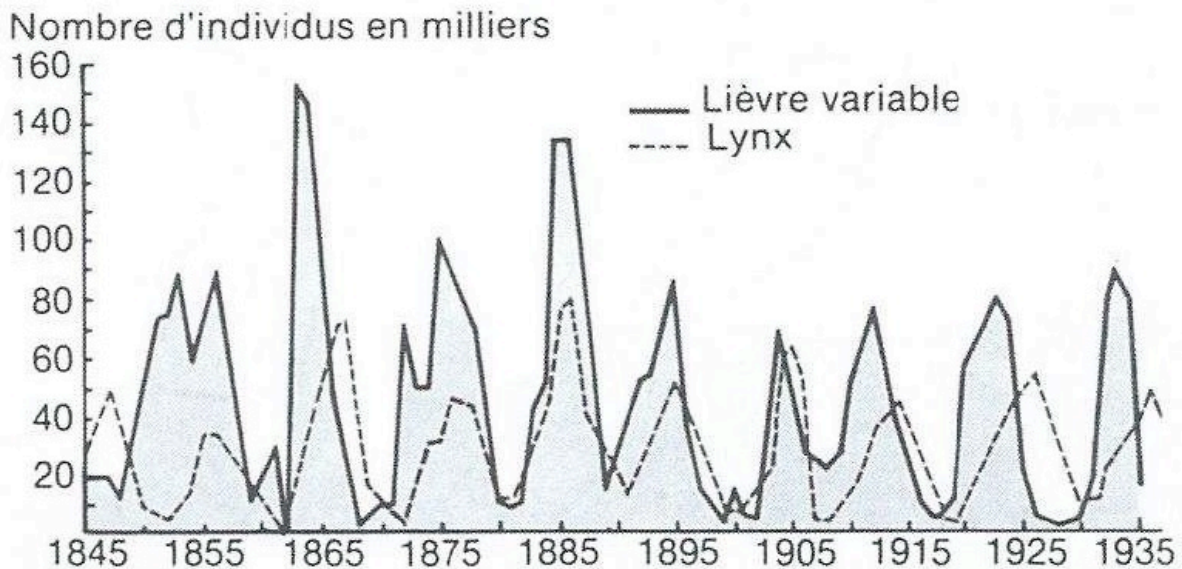
(Bennet P. & Owens P.F. (2002). *Ecology Evolutionary of Birds*. Oxford Series in Ecology and Evolution ; Perrins C.M., Lebreton J.D. & Hiron G.J.M. (1991). *Bird Population Studies*. Oxford Ornithology Series.)

DOC 20 – BILAN : COMPARAISON DES 2 MODELES DE CROISSANCE DES POPULATIONS (Dajoz ; Segarra)

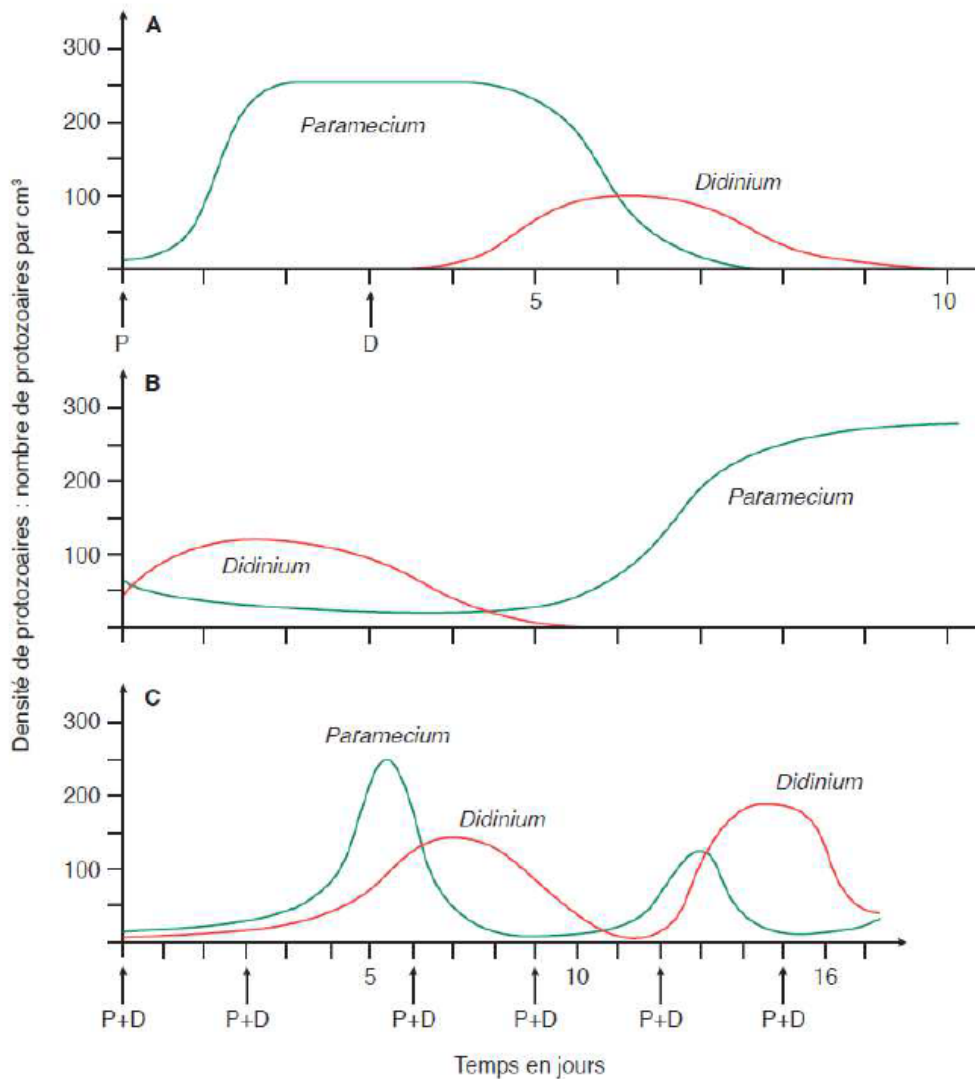


Modèle mathématique	Modèle de croissance exponentielle	Modèle de croissance logistique
Allure générale de la courbe représentant l'évolution des effectifs (N) au cours du temps		
Contexte d'utilisation	Adapté pour modéliser les phases de colonisation ou éventuellement de déclin des effectifs de population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

DOC 21 – EFFECTIFS DE LIEVRES VARIABLES ET DE LYNX DANS LE GRAND NORD CANADIEN



DOC 22 – EXPERIENCES DE GAUSE (1934) (Segarra)



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

DOC 23 – LE MODELE DE LOTKA-VOLTERRA

Le formalisme mathématique du modèle Lotka Volterra n'est pas à mémoriser

En absence du prédateur, l'effectif de la proie : $\frac{dN}{dt} = r_N N$
 avec r_N le taux intrinsèque d'accroissement naturel des proies

En absence de la proie, l'effectif du prédateur : $\frac{dP}{dt} = -r_P P$
 avec r_P le taux intrinsèque d'accroissement naturel des prédateurs

En présence simultanée de proies et prédateurs, l'effectif des proies : $\frac{dN}{dt} = r_N N - k_N N P$
 k_N correspond à un coefficient quantifiant l'aptitude du prédateur à capturer les proies (constante de capturabilité)

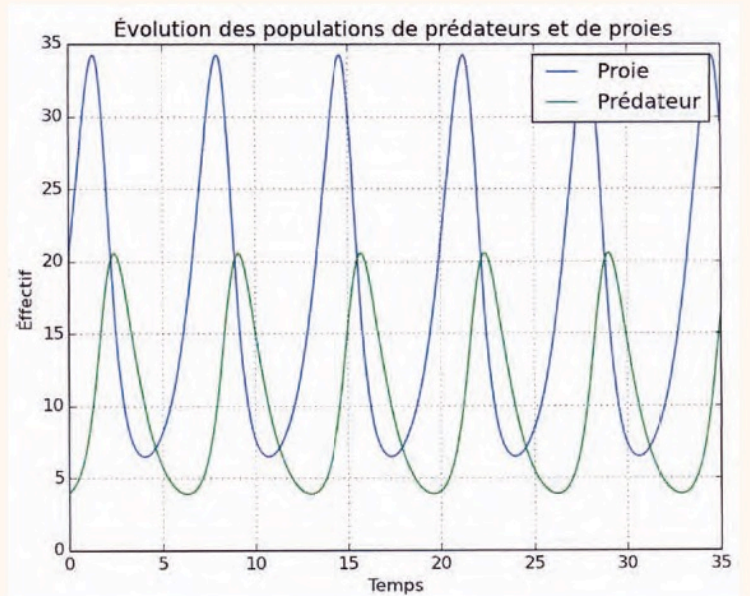
En présence simultanée de proies et prédateurs, l'effectif des prédateurs : $\frac{dP}{dt} = -r_P P + k_P N P$
 k_P correspond à un coefficient quantifiant l'efficacité de la prédation (constante de prédation)

Résolution des 2 équations différentielles à l'aide d'un programme écrit sous Python

(Perrier et Beaux 2021)

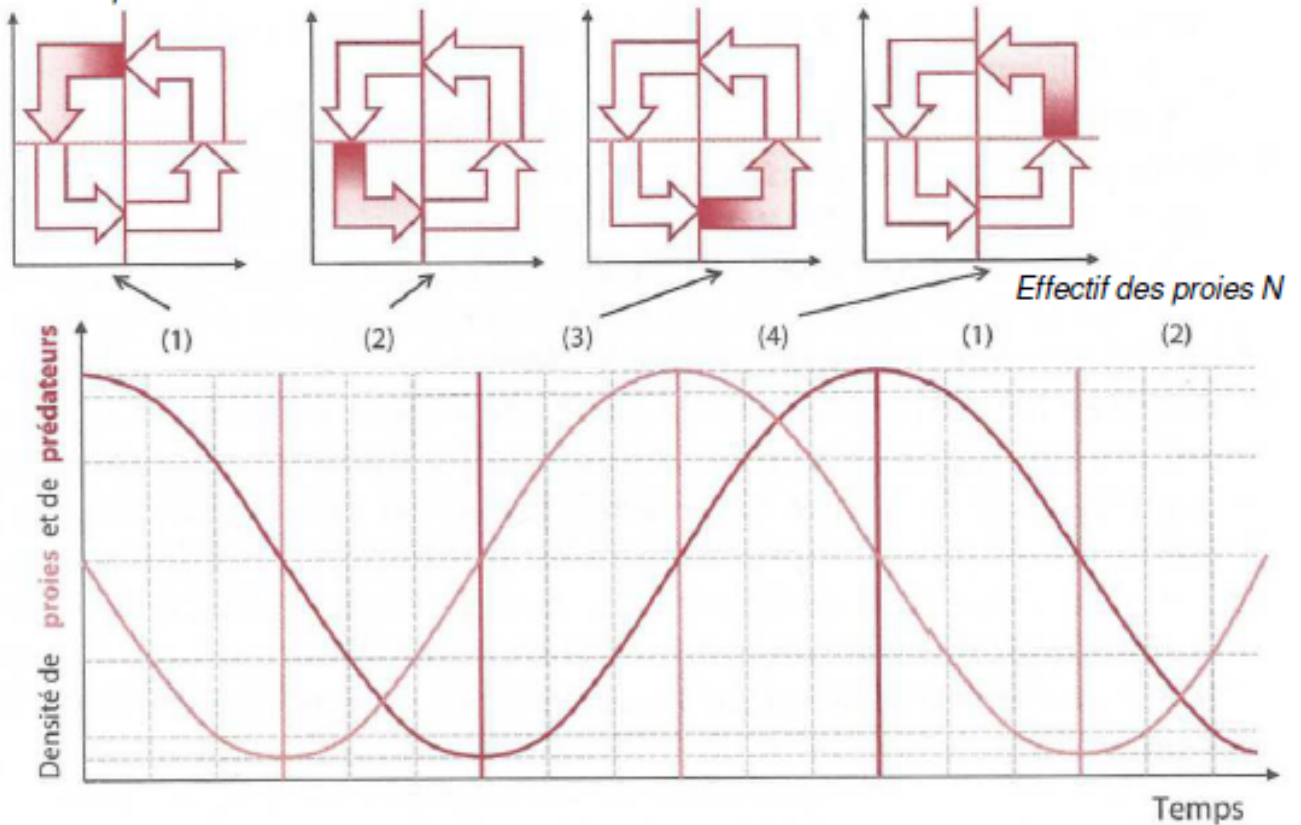
Valeurs des paramètres utilisés

$r_N = r_P = 1$;
constante de « capturabilité » : $k_N = 0,1$;
constante de prédation $k_p = 0,06$;
nombre initial de proies : $N_{N0} = 20$;
nombre initial de prédateurs : $N_{P0} = 4$



Résultats de l'application du modèle de Lotka et Volterra

Effectif des prédateurs P



Décomposition de la dynamique cyclique Lotka-Volterra.

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

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

(Tirard 2012)

POUR VOTRE CULTURE SCIENTIFIQUE

Modifications génétiques et épigénétiques chez les mésanges dans un contexte d'urbanisation

L'urbanisation modifie, restreint et isole les habitats naturels favorables pour de nombreux organismes vivants. Malgré leur capacité à voler et donc à se déplacer facilement, ces contraintes s'appliquent aussi aux oiseaux, qui rencontrent en ville de nombreux bouleversements environnementaux d'origines anthropiques. Parmi les modifications observées, une augmentation en ville de la température moyenne et de la pollution atmosphérique peuvent affecter la physiologie des individus. De plus, les activités humaines, comme les passages des piétons et des voitures dans un vacarme permanent et une luminosité constante la nuit, sont de nature à affecter le comportement et le niveau de stress des oiseaux.

Paradoxalement, les oiseaux trouvent en ville de nombreuses opportunités pour se nourrir et nicher. Certaines espèces d'oiseaux peuvent même tirer profit des conditions de vie urbaine, mais doivent pour se faire s'acclimater durant de leur vie et possiblement s'adapter génétiquement au fil des générations au stress de la vie en ville. Plusieurs équipes de recherche françaises travaillent sur les réponses biologiques et génétiques des oiseaux en ville, avec souvent pour modèle biologique la mésange charbonnière.

La mésange charbonnière est une espèce de passereau très largement répandue en Europe qui niche dans des cavités déjà existantes. On peut l'étudier facilement : en effet, comme sa cousine la mésange bleue, elle construit volontiers son nid dans un nichoir mis à sa disposition. Cela facilite la capture et le baguage individuel des parents et des poussins, et en fait un modèle de choix pour les scientifiques ornithologues.

La mésange charbonnière est notoirement très présente dans le milieu urbain, mais les mésanges des villes présentent de nombreuses différences avec leurs congénères vivant dans des habitats naturels tels que des forêts de chênes. Une étude à long terme initiée en 2011 sur les mésanges charbonnières de Montpellier et d'une forêt proche a permis d'analyser les différences morphologiques, de reproduction, et de comportement des oiseaux urbains et forestiers. En particulier, cette étude a révélé que les **mésanges urbaines sont plus petites et plus légères, qu'elles se reproduisent plus tôt au printemps, pondent des nichées contenant moins d'œufs, ont un rythme cardiaque accéléré et des scores d'exploration d'un environnement nouveau plus rapide.**

Diversité génétique

Suite à la découverte de ces deux écotypes urbains et ruraux, notre équipe de recherche s'intéresse à l'origine et à la potentielle maintenance de cette variation entre les groupes d'oiseaux. Deux questions fondamentales se posent. En premier lieu, est-ce que les populations de mésanges charbonnières en ville et en forêt diffèrent génétiquement du fait de leurs isolements géographiques ? Ou bien cela résulte-t-il de choix délibérés des individus de s'installer pour se reproduire dans un milieu similaire à leur milieu de naissance, ce qui pourrait à terme favoriser la divergence génétique des deux populations d'oiseaux ? En second lieu, des différences génétiques particulièrement grandes à certains gènes pourraient-elles résulter de sélection divergente entre milieu urbain et naturel, et être impliquées dans une adaptation au milieu urbain ?

Tout récemment, nous avons étudié ces potentielles modifications génétiques en réalisant du séquençage à haut débit de l'ADN des mésanges. Les variations relevées sur 50 000 marqueurs génétiques chez 140 mésanges nichant dans des zones présentant différents niveaux d'urbanisation à Montpellier ont confirmé les soupçons évoqués. Cette recherche a été publiée dans le journal *Evolutionary Applications*.

Les mésanges sont génétiquement différentes selon le taux d'urbanisation du site et leur diversité génétique diminue avec l'urbanisation. De plus, plusieurs centaines de marqueurs localisés dans plusieurs gènes impliqués dans diverses fonctions biologiques, varient avec le niveau d'urbanisation. Ces résultats suggèrent que l'urbanisation du milieu a d'une part des effets sur la démographie des populations de mésange, et d'autre part, agit comme une **pression de sélection susceptible de faire évoluer de nombreuses fonctions biologiques.**

Le fait que les différences génétiques ne semblent pas s'accumuler fortement autour d'un ou de quelques gènes mais plutôt être disséminées dans la totalité du génome des individus au travers de variations de centaines de gènes suggère une réponse complexe à une sélection multifactorielle en milieu urbain, affectant de nombreux caractères phénotypiques complexes encodés par de nombreux gènes. Par exemple, certains des gènes identifiés concernaient le neurodéveloppement.

Ce résultat fait écho à plusieurs travaux parallèles montrant des variations de gènes impliqués dans la régulation du comportement chez les oiseaux colonisant les villes. Ce résultat est également à mettre en lien avec les modifications comportementales observées chez les mésanges à Montpellier. La complexité de cette réponse

des génomes au milieu urbain n'est pas sans rappeler la complexité des variations génétiques qui sous-tendent de nombreux traits phénotypiques quantitatifs ou certaines maladies chez l'homme. Par exemple, la taille humaine est un trait dont la variation est encodée par de très nombreux variants génétiques. Le très grand nombre de variations génétiques contrôlant la plupart des caractères est actuellement au cœur de casse-têtes méthodologiques dans le domaine de la génomique : comment développer des approches permettant de comprendre et prédire les variations phénotypiques observables dans toute leur complexité ?

Épigénétique

En ce qui concerne les mésanges, après avoir mis en évidence des différences génomiques complexes entre mésanges des villes et des forêts, nous nous intéressons désormais aux effets de l'urbanisation sur les marques épigénétiques des gènes des mésanges. Les marques épigénétiques constituent une couche d'information, transmissible et rapidement réversible en fonction de l'environnement, qui affecte l'expression du code génétique sans en faire partie. Ces **marques épigénétiques pourraient être impliquées dans les réponses adaptatives rapides de ces organismes en milieu urbain...**

<https://theconversation.com/mesanges-des-villes-mesanges-des-champs-des-genomes-differents-89092>