

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

TP SV J1

Étude pratique des populations
SUPPORT COMPLÉTÉ

Objectifs du TP (programme)

	Activité 1	Activité 2	Activité 3	Activité 4	Activité 5
Capacités exigibles					
– Analyser des données de variations d'effectifs de populations sous l'effet de facteurs indépendants de la densité (facteurs du biotope), et dépendants de la densité (cas de la densité-dépendance avec compétition intraspécifique).					
– Modéliser les variations d'effectifs dans le cas d'une croissance exponentielle et d'une croissance logistique (modélisation numérique) et discuter des limites de ces modèles.					
– Analyser les effets des relations interspécifiques sur les effectifs des populations dans le cas de la prédation et les modéliser (modèle de Lotka-Volterra).					

Activité 1. Estimation de population de levures par comptage sur lame KOVA

En utilisant une lame KOVA (voir **fiche annexe** pour le mode opératoire), **estimez** la concentration cellulaire de *Saccharomyces cerevisiae* :

- cultivées en présence de glucose
- cultivées en l'absence de glucose

Commentez la différence constatée.

(!) Résultats variables selon les années

Exemple :

- Population cultivée en présence de **glucose** : **14 000 levures par μL**
- Population cultivée **sans glucose** : **2 000 levures par μL**

Commentaire :

Il y a **7 fois plus de levures dans la solution avec glucose** que dans la solution **sans glucose** ; on en déduit que la **population cultivée en présence de glucose a métabolisé** ce composé, ce qui a probablement permis sa **croissance**, là où l'**absence du nutriment** a constitué le **facteur limitant** de la croissance de la population cultivée sans glucose.

Activité 2. Étude expérimentale d'une population bactérienne en culture

D'après PERRIER, BEAUX et al. (2021)

La souche *Escherichia coli* K12 ne présente aucun risque bactériologique et peut être mise en culture dans un milieu nutritif adapté (milieu cœur-cerveille). Le comptage des bactéries est alors réalisé indirectement grâce à la mesure de la densité optique de la culture.

Un erlenmeyer contenant 150 mL de milieu de culture estensemencé au temps 0 avec 2 mL d'une suspension bactérienne fraîche et concentrée (environ 10^9 bactéries.mL⁻¹). L'erlenmeyer est placé dans un bain thermostaté à 40 °C. La densité optique (DO) est mesurée jusqu'à t = 100 min, puis toutes les 10 minutes jusqu'à t = 140, puis à t = 160 (tableau TP12.1) par spectrophotométrie à 650 nm. Jusqu'à une valeur de DO de 0,7, la mesure est proportionnelle à la concentration bactérienne : une unité de DO correspond à 7.10^8 bactéries.mL⁻¹. Il faut donc veiller à diluer la solution bactérienne si la DO excède 0,7. Les résultats sont rassemblés dans le tableau TP12.1.

Pour les mesures au-delà de 90 minutes, la solution bactérienne a été diluée d'un facteur 2 ou 3 avant mesure : la DO corrigée correspond à la DO mesurée multipliée par le facteur de dilution. Sur la courbe obtenue (figure TP12.1) on peut distinguer quatre phases : une phase d'accélération dans les premières 20 minutes, une phase de croissance rapide (de 30 à 110 minutes), un ralentissement conduisant à une phase stationnaire à partir de 140 minutes.

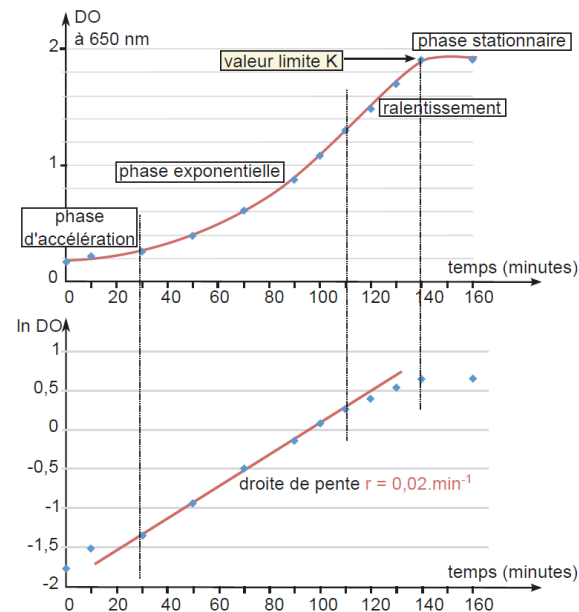


Figure TP12.1 Courbes de croissance logistique d'*Escherichia coli* K12.

Tableau TP12.1 Mesures d'absorbance d'une culture de bactéries *E.coli* K12.

t (min)	0	10	30	50	70	90	100	110	120	130	140	160
DO mesurée	0,17	0,22	0,26	0,39	0,61	0,44	0,54	0,65	0,49	0,57	0,64	0,64
dilution	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
DO corrigée						0,88	1,08	1,30	1,47	1,71	1,92	1,92
ln DO	-1,75	-1,5	-1,33	-0,94	-0,5	-0,13	0,05	0,26	0,39	0,54	0,65	0,65

À partir des données dont vous disposez, lisez ou calculez :

- le **taux d'accroissement r** de la population dans la phase exponentielle (entre 30 et 110 min) ;
- le **temps de génération T** (temps nécessaire pour doubler la population) pendant cette même phase ;
- la **capacité biotique du milieu K** (phase stationnaire).

Taux d'accroissement r :

La courbe de la variation $\ln(\text{DO}) = f(t)$ est une droite entre 30 et 110 minutes. Cela signifie que la DO, donc la concentration bactérienne, augmente de **façon exponentielle** dans cet intervalle. L'effectif N augmente selon la relation : $N = N_0 e^{rt}$.

La droite $\ln(\text{DO}) = \ln(\text{DO}_0) + rt$ permet de déterminer r , égal à son coefficient directeur.

- **Calcul de r** : en prenant les deux points extrêmes de la droite à 30 et 110 minutes, on calcule

$$\text{le coefficient directeur : } r = \frac{0,26 - (-1,33)}{100 - 30} \approx 0,02 \text{ min}^{-1} \text{ soit } 1,2 \text{ h}^{-1}$$

Temps de génération T :

- **Calcul du temps de génération** : c'est le temps nécessaire pour doubler la population.

Pendant la phase de croissance exponentielle, $N = N_0 e^{0,02t}$

$$\text{Le temps de génération } T \text{ est tel que } 2N = N_0 e^{0,02T}; \text{ donc } T = \frac{\ln 2}{0,02} \approx 35 \text{ min.}$$

Dans les conditions de cette culture, un cycle de reproduction bactérienne dure en moyenne 35 minutes.

Capacité biotique du milieu K :

À partir de 110 minutes, l'effectif tend vers un maximum : la population atteint la phase stationnaire. D'après la valeur de DO corrigée, qui vaut 1,92, on peut calculer la capacité biotique du milieu $K = 1,92 \times 7 \times 10^8 \approx 1,34 \times 10^9$ bactéries.mL⁻¹.

Corrigé d'après PERRIER, BEAUX et al. (2021)

Activité 3. Modélisation de populations sous *Populus*

D'après *PERRIER, BEAUX et al. (2021)*

Le logiciel *Populus* est un logiciel en anglais (nécessitant l'environnement *Java*) qui est gratuit et en anglais, pouvant être téléchargé depuis l'adresse (juin 2023) : <https://cbs.umn.edu/populus>
On se propose de **réaliser** les simulations proposées.

A. Simulation d'une dynamique densité-dépendante

Utilisation du modèle logistique continu « Density-dependent growth » dans le menu « Single-species dynamics ».

On cherche d'abord à représenter la dynamique de deux populations de deux espèces différentes, sans interactions entre elles, en utilisant les paramètres du [tableau TP12.2](#) et un temps de simulation de 50 générations (temps exprimé en unité arbitraire u.a.).

Tableau TP12.2 Paramètres démographiques de deux populations.

Population de l'espèce	N_0	K	r (u.a. ⁻¹)
A	10	100	0,5
B	10	250	0,2

N_0 : effectif initial ; K : capacité biotique du milieu ; r : taux d'accroissement

La [figure TP12.2](#) est une capture d'écran du résultat de la simulation.

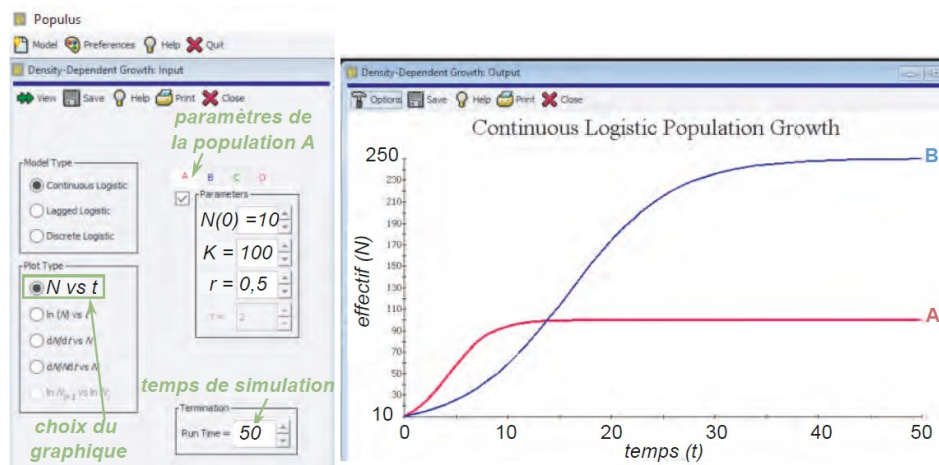


Figure TP12.2 Application du modèle logistique à 2 populations séparées (*logiciel Populus*).

Commentaire :

La simulation B peut correspondre à la dynamique d'une **population à stratégie K**, si l'on néglige les variations d'effectifs autour de la capacité biotique du milieu lors de la phase stationnaire. La population A dont le taux d'accroissement r_A est supérieur à celui de B pourrait être à **stratégie r** ; cependant la simulation ne correspond pas à la situation réelle dans laquelle l'effectif d'une **population à stratégie r** reste toujours inférieur à la capacité biotique du milieu.

D'après *PERRIER, BEAUX et al. (2021)*

B. Simulation d'une compétition interspécifique

Utilisation du modèle Lotka-Volterra (« Lotka-Volterra Competition » dans le menu « Multi-species dynamics »).

a) Simulation de la compétition entre les populations de deux espèces différentes A et B

On cherche maintenant à simuler la dynamique des deux populations A et B qui seraient en compétition dans un environnement stable, selon un modèle logistique pour chacune, en ajoutant des coefficients de compétition interspécifique (notés α et β).

On utilise à nouveau les paramètres du [tableau TP12.2](#), et des coefficients de compétition $\alpha = \beta = 0,5$ (ce qui signifie que les populations A et B n'entrent en compétition que sur une partie des ressources) tout en conservant un temps de simulation de 50 générations.

La [figure TP12.3](#) est une capture d'écran du résultat de la simulation.

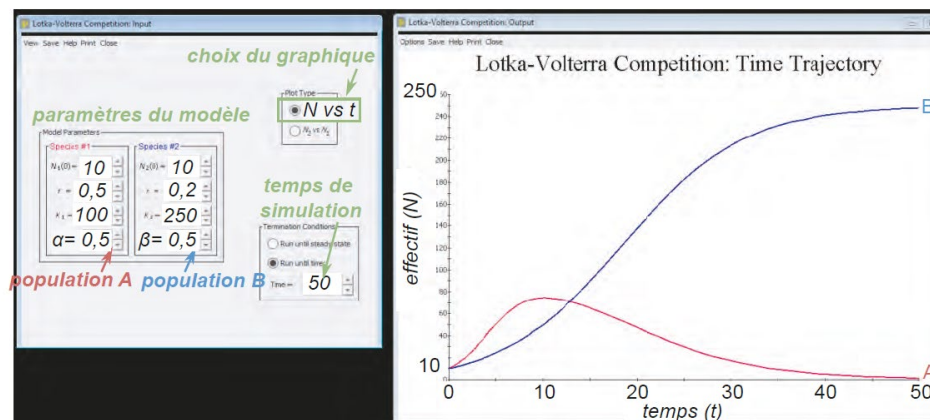


Figure TP12.3 Simulation d'une compétition interspécifique (*logiciel Populus*).

Commentaire :

À la fin de la simulation, l'effectif de la population A est nul alors que celui de B a atteint la capacité biotique du milieu ($N_B = 250$). Il y a eu **exclusion compétitive** de A par B. Ce résultat pouvait être attendu : l'espèce B, stratégie K a une plus grande aptitude compétitive que l'espèce A, stratégie r.

D'après PERRIER, BEAUX et al. (2021)

b) Recherche par essais et erreurs des paramètres permettant une coexistence stable des deux populations

En faisant varier l'un après l'autre les paramètres démographiques, on peut chercher à simuler des situations dans lesquelles l'exclusion compétitive de la population A ne se produirait pas. On peut ainsi faire varier successivement, le taux d'accroissement de la population A, la capacité biotique de B et les coefficients de compétition. Le [tableau TP12.3](#) donne le résultat de quelques simulations.

Tableau TP12.3 Résultats de diverses simulations de compétition interspécifique.

essai	valeurs des paramètres									
	Population de l'espèce A					Population de l'espèce B				
	$N_A(0)$	r_A	K_A	α	$N_A(fin)$	$N_B(0)$	r_B	K_B	β	$N_B(fin)$
1	10	0,5	100	0,5	0	10	0,2	250	0,5	250
2	10	0,05	100	0,5	0	10	0,2	250	0,5	250
3	10	0,5	100	0,5	0	10	0,2	200	0,5	200
4	10	0,5	100	0,5	20	10	0,2	180	0,5	170
5	10	0,5	100	0,5	40	10	0,2	150	0,5	130
6	10	0,5	100	0,1	80	10	0,2	250	0,1	240
7	10	0,5	100	1	0	10	0,2	150	1	150

N_A et N_B : effectifs ; r_A et r_B : taux d'accroissement ; K_A et K_B : capacités biotiques ; α et β : coefficients de compétition interspécifique.

Commentaire :

En rouge, pour chaque essai, la valeur du paramètre qui a été modifié par rapport à l'essai 1 ; en vert, les effectifs finaux de la population A quand elle n'a pas été exclue par la compétition avec B.

- La comparaison des essais 1 et 2 montre que la **diminution du taux d'accroissement intrinsèque de la population A** (i.e. une compétition entre deux populations de stratégies K), ne permet pas la coexistence des populations des deux espèces : il se produit une exclusion compétitive de celle qui a la plus faible capacité biotique.
- La comparaison des essais 1, 3, 4 et 5 montre que la **diminution de la capacité biotique de la population de l'espèce B** (i.e. limitation accrue de la démographie de B par la compétition intraspécifique) permet d'obtenir la coexistence de A et B, si K_B est inférieur à 200.
- La comparaison des essais 1 et 6 montre que la diminution des **coefficients de compétition** (en restant dans l'hypothèse d'une compétition symétrique) permet aussi d'arriver à faire coexister les deux populations.
- À l'inverse, la coexistence n'est pas possible dans les conditions de l'essai 7, identiques à celle de l'essai 5 à l'exception des coefficients α et β qui ont été doublés. Donc deux populations qui n'exploitent que faiblement les mêmes ressources peuvent coexister plus facilement que deux populations dont les exigences sont très proches.

Ces simulations semblent montrer que la coexistence est possible à condition que **les effets de la densité-dépendance** (dont rend compte la capacité biotique K) sur la démographie d'une population **viennent limiter l'effet négatif qu'elle exerce sur l'autre population**.

D'après PERRIER, BEAUX et al. (2021)

c) Recherche des conditions de coexistence stable par la représentation $N_B = f(N_A)$

On fixe les paramètres à des valeurs qui permettent d'obtenir un état stable avec coexistence des deux espèces (par exemple celles de l'essai 5 du [tableau TP12.3](#)). En choisissant le mode d'affichage « N_2 vs N_1 », on obtient, comme sur la courbe noire de la [figure TP12.4](#), la représentation des couples de valeurs prises simultanément par les deux effectifs N_A et N_B . Dans ce modèle, la relation utilisée pour simuler la variation d'effectif de la population A, s'écrit :

$$\frac{dN_A}{dt} = r_A N_A \frac{K_A - (N_A + \alpha N_B)}{K_A} \quad (\text{TP12.1})$$

Une condition nécessaire à la coexistence des deux populations, c'est que dN_A/dt soit nul, sans que N_A ne le soit. C'est le cas si le numérateur du membre de droite de l'égalité TP12.1 est nul.

On en déduit alors la relation affine entre N_A et N_B : $N_B = -\frac{1}{\alpha} N_A + \frac{K_A}{\alpha}$. C'est l'équation de la droite rouge de la [figure TP12.4](#), qui donne les couples d'effectifs (N_A, N_B) pour lesquels la population A est stable. De même la droite bleue donne les couples d'effectifs (N_A, N_B) pour lesquels la population B est stable. Une coexistence stable des 2 populations n'est possible que si les 2 droites se coupent (comme le montre la figure), donc si $K_B < K_A/\alpha$ (i.e. $K_B < 200$ dans cette simulation) et $K_A < K_B/\beta$ (i.e. $K_A < 300$). Pour parvenir à la coexistence de A et B, il est donc possible soit de moduler la charge biotique du milieu pour chaque population, soit l'intensité de la compétition entre les deux populations, comme cela a été montré par le [tableau TP12.3](#).

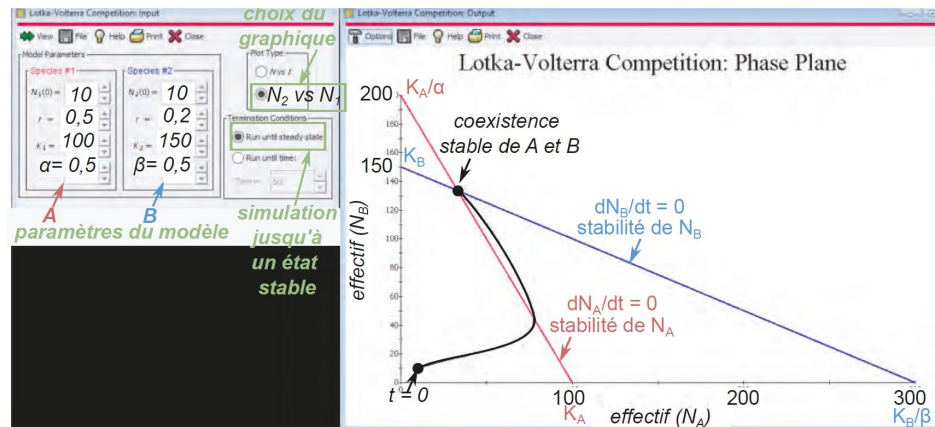


Figure TP12.4 Conditions de coexistence de 2 populations en compétition (logiciel Populus).

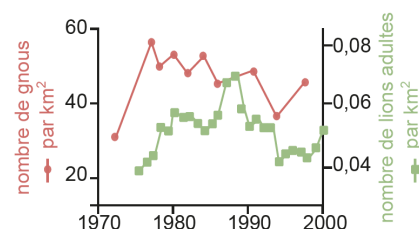
Ce modèle de simulation d'une compétition interspécifique est trop simpliste, d'abord parce qu'il modélise la compétition interspécifique par un coefficient constant, alors que les effets de cette interaction dépendent évidemment des effectifs respectifs des populations. Par ailleurs, la quantité de ressource disponible pour chaque population est elle aussi modélisée par une constante (la capacité biotique) alors que c'est une variable dynamique qui dépend de la consommation de chaque population et du renouvellement par le fonctionnement de l'écosystème.

Activité 5. Sujet sur documents (d'après Agro 2019)

D'après PERRIER, BEAUX et al. (2021)

- Commentez les résultats de la figure 16.14. Valident-ils ou questionnent-ils ce que vous savez des modalités de contrôle des effectifs d'une population de proies par une population de prédateurs.

Figure 16.14 Suivi des densités des populations de lions et de gnous dans le parc national du Serengeti.



- D'après les résultats de la figure 16.15, identifiez ou formulez des hypothèses sur le(s) facteur(s) limitant l'effectif des populations d'herbivores de l'écosystème.

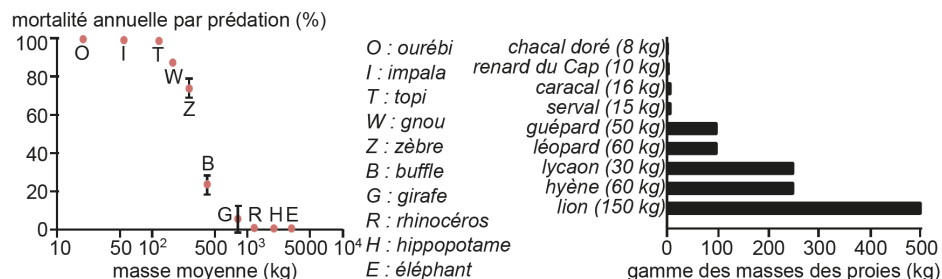


Figure 16.15 À gauche : mortalité annuelle due à la prédation pour dix espèces d'herbivores de l'écosystème, reportée en fonction de la masse moyenne des adultes ; à droite : chaque barre représente la gamme des masses corporelles des proies chassées par différents prédateurs de l'écosystème dont la masse moyenne adulte est indiquée entre parenthèses.

- Interprétez succinctement les résultats de la figure 16.16 qui concernent le parc de Serengeti, en lien avec les résultats de la figure 16.15.

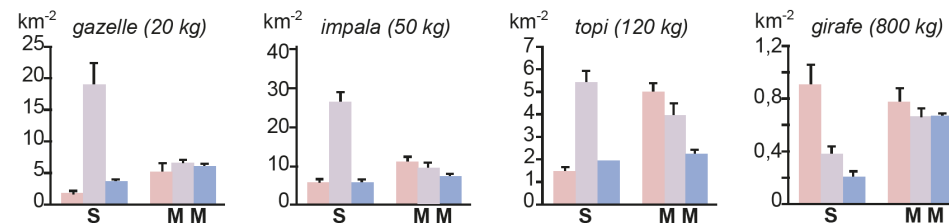


Figure 16.16 Densités (en nombre par km²) des populations de 4 espèces d'herbivores.

Les densités sont déterminées dans le parc national du Serengeti (S) :

- de 1967 à 1980 (barres roses) : les prédateurs y étaient nombreux ;
- de 1981 à 1987 (barres violettes) : les prédateurs étaient bien moins nombreux, du fait du braconnage intense qui était pratiqué à cette époque ;
- à partir de 1989 (barres bleues) : période marquée par le retour progressif des prédateurs en abondance.

Les mêmes mesures sur les mêmes périodes de temps sont réalisées dans la réserve nationale du Masai Mara (M M), située dans le prolongement naturel du parc du Serengeti, et où les populations de prédateurs sont restées plus stables.

1. Les effectifs de chacune des populations varient entre un maximum (60 gnous par km² en 1977 et 0,07 lions par km² en 1988) et un minimum (30 gnous par km² en 1972 et 0,04 lions par km² en 1975). Ceci pourrait faire penser à des oscillations décalées selon le modèle de Lotka-Volterra. Mais la durée du suivi est insuffisante pour valider ce modèle.

Divers résultats semblent même l'invalider : diminution des effectifs des gnous à partir de la fin des années 1970 alors que les effectifs de lions sont encore assez faibles ; en 1988, effectifs de lions maximaux alors que ceux des gnous baissent depuis plus de 10 ans.

Il n'est pas étonnant que le modèle de Lotka et Volterra ne s'applique pas ici, car il ne prend en compte que deux espèces (un prédateur, une proie). Or, le lion chasse d'autres proies ce qui peut expliquer que les variations de la population des gnous soient sans effet sur celle des lions. Le lion n'est pas non plus la seule cause de mortalité des gnous.

2. La mortalité des herbivores de moins de 100 kg (O, I, T), est exclusivement due à la prédation. C'est encore une cause majeure de mortalité (plus de 75 %) pour les espèces de 100 à 300 kg (W et Z). Pour ces « petits » herbivores, c'est donc la prédation qui limite l'effectif des populations.

Ceci s'explique (document de droite) par le fait qu'ils sont chassés par plusieurs espèces différentes de prédateurs.

La mortalité des gros herbivores, espèces de plus de 350 kg, est peu liée à la prédation car seul le lion les chasse (et encore pas s'ils font plus de 500 kg). Il existe alors d'autres facteurs limitant leur population.

3. Le parc de Masai Mara fait office de témoin négatif (pas de variations significatives des effectifs de prédateurs). Dans ce parc, les effectifs d'herbivores ne varient pas significativement (sauf ceux du topi).

Dans le parc de Serengeti, les effectifs des petits herbivores (120 kg et moins) sont 5 à 10 fois plus élevés pendant la période où les prédateurs sont peu nombreux. Au contraire, les effectifs des girafes (800 kg) décroissent dans le Serengeti alors qu'ils restent stables dans le Masai Mara. Ces résultats sont en accord avec les interprétations de la question précédente.

D'après *PERRIER, BEAUX et al. (2021)*

Activité 6. Une dynamique proie/prédateur sur l'Isle Royale

D'après *DAUTEL et al. (2021)*

L'Isle Royale est une île inhabitée de 544 km² située sur le lac Supérieur aux États-Unis. Elle est située à 24 km des premières côtes canadiennes auxquelles elle peut être exceptionnellement reliée quand l'eau du lac gèle.

Lors d'hivers rigoureux des années 1900, un petit troupeau d'élan (*Alces americanus*) put rejoindre cette île en traversant le lac supérieur. Les élan s'y multiplièrent et leur nombre augmenta. En 1949, trois loups canadiens (*Canis lupus*) traversèrent également le lac gelé. Sur cette île, le loup est le seul prédateur de l'élan, qui constitue la source alimentaire principale des loups. On cherche à comprendre les effets des facteurs dépendants et indépendants de la densité sur les populations d'élan et de loups de l'Isle Royale.

Les effectifs d'élan et de loups de l'Isle Royale sont suivis depuis 1959.

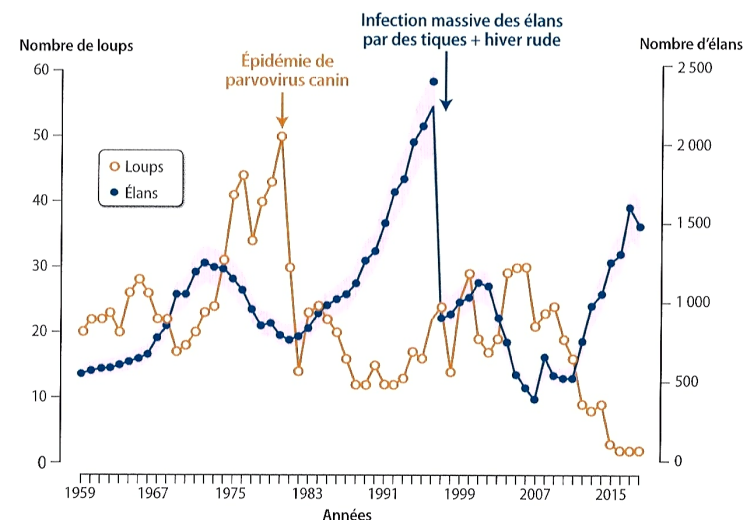


Figure A. Les fluctuations des effectifs d'élan et de loups dans le parc national de l'Isle Royale entre 1959 et 2018.

L'observation des animaux a permis pour chaque année d'observation d'établir différentes statistiques :

- le nombre d'élans par rapport au nombre de loups ;
- le taux de destruction, mesuré en déterminant le nombre d'élans tués par les loups divisé par le nombre de loups et par le temps d'observation. Il s'exprime en nombre d'élans tués par loup et par mois ;
- le taux de prédation des élans qui correspond au pourcentage de la population d'élans tué par les loups.

On peut également suivre le taux d'accroissement des populations de loups et d'élans en fonction respectivement du taux de destruction et du taux de prédation.

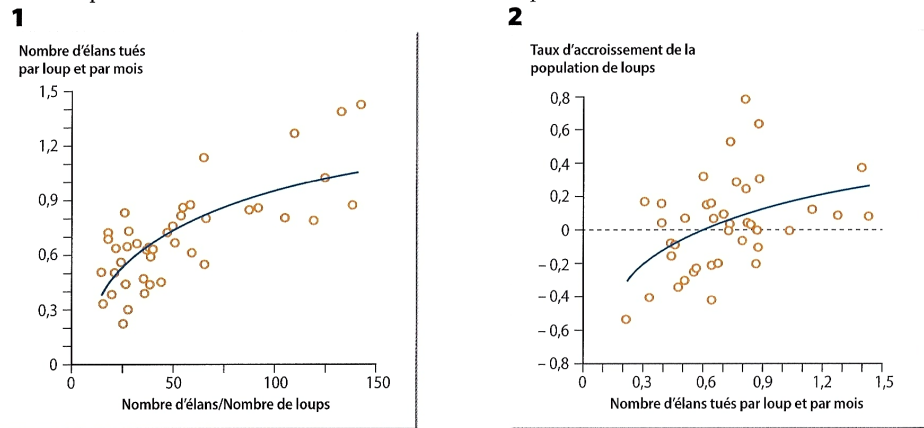
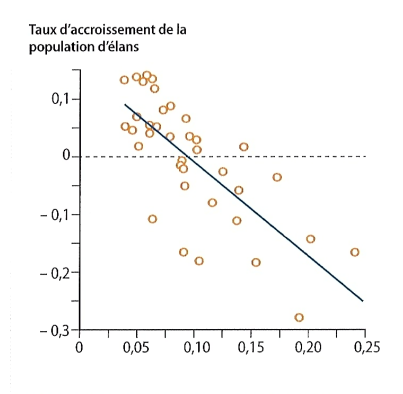


Figure B. 1. Le taux de destruction (nombre d'élans tués par loup et par mois) en fonction du rapport du nombre d'élans sur le nombre de loups, ou **2.** Le taux d'accroissement de la population de loups en fonction du nombre d'élans tués par loup et par mois.

Chaque point représente une année différente de mesure.

Figure C. Le taux d'accroissement de la population d'élans en fonction du taux de prédation.

Chaque point représente une année différente de mesure.



En 1981, une épidémie de parvovirus canin a entraîné une chute de la population de loups de l'île. L'oscillation nord-atlantique (ou *North Atlantic Oscillation* = NAO) est une variation naturelle du climat au cours des années et renseigne sur le climat. Elle est établie à partir des différences de pression atmosphérique entre Lisbonne et Reykjavik. Au Canada et au nord des États-Unis, les hivers sont plus froids et plus secs lorsque cet indice est positif alors qu'ils sont plus doux et neigeux lorsque cet indice est négatif.

On évalue le taux d'accroissement de la population d'élans en fonction de la NAO avant et après 1981, date de l'épidémie de parvovirus canin.

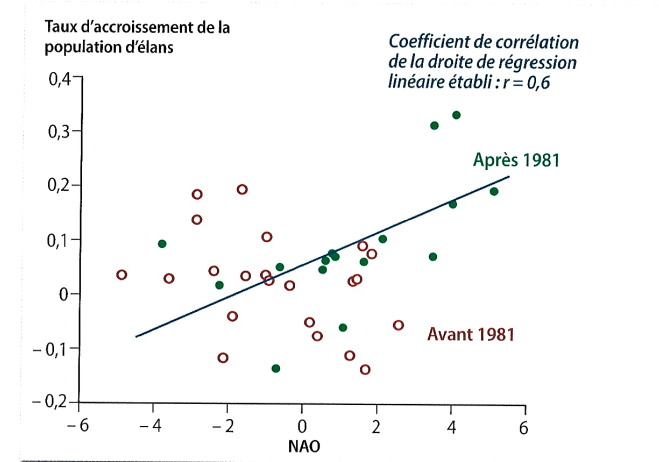


Figure D. Le taux d'accroissement de la population d'élans en fonction de l'indice de la NAO avant 1981 (points rouges) et après 1981 (points bleus).

Pistes d'exploitation

1. Figure A. Comparez les effectifs globaux de l'espèce « proie » et de l'espèce « prédateur ». En quoi l'Isle Royale constitue un objet d'étude intéressant pour les relations proies/prédateurs ?
2. Figure A. Comparez les variations des effectifs d'élans et de loups sur l'Isle Royale entre 1959 et 1980. De quel modèle de dynamique des populations peut-on rapprocher ces variations ?
3. Figure A. Quels facteurs, indépendants des relations proies/prédateurs font varier les effectifs de loups et d'élans ?
4. Figure B. Analysez le graphique de la figure B1 et formulez deux hypothèses permettant d'expliquer variations observées. Mettez en relation le graphique de la figure B1 et le graphique de la figure B2.
5. Figure C. Analysez le graphique et déterminez pour quels taux de prédation la population d'élans diminue.
6. Figure D. Analysez le graphique. La NAO influence-t-elle le taux d'accroissement de la population d'élans ?
7. Réalisez un bilan des facteurs influençant les effectifs de proies et de prédateurs mis en évidence dans cet exemple de l'Isle Royale.

1. L'espèce *Canis lupus* (le loup) est l'espèce prédateur alors que l'espèce *Alces americanus* (l'élan) est l'espèce proie. Il y a globalement 50 fois plus de proies que de prédateurs. L'Isle Royale est un objet d'étude intéressant car :

- les variations d'effectifs ne sont pas dues, sauf exception, à des phénomènes d'immigration et d'émigration, on peut considérer que c'est une population fermée ;
- l'île n'est peuplée que par une seule espèce de grands mammifères herbivores, l'élan, et il n'y a dans cet écosystème qu'un seul prédateur : le loup ;
- les comptages sur une île, espace limité, sont plus simples que dans un écosystème ouvert.

2. On constate des fluctuations des effectifs des deux populations et un décalage entre les augmentations des effectifs de proies et de prédateurs. Comme il y a une relation exclusive entre la proie et le prédateur, on peut donc rapprocher ces variations du modèle de Lotka-Volterra.

3. On observe deux variations importantes des effectifs indépendantes de la relation proie/prédateur :

- l'effectif des loups chute en 1981 à la suite d'une épidémie de parvovirus canin ;
- l'effectif des élans chute en 1995 à la suite d'un hiver rigoureux et une infection massive de tiques. L'espace confiné et le fait que l'île ne soit peuplée que par une seule espèce de grand herbivore favorise le développement de maladies spécifiques à l'élan.

4. Graphique B1 : le nombre d'élans tués par loup et par mois est variable mais on constate que ce nombre est d'autant plus important que le nombre d'élans par rapport au nombre de loups est élevé. On s'attendait à ne pas trouver de relation linéaire entre la prédation et le rapport proie/prédateur. En effet, selon Lotka et Volterra la prédation s'écrit $a \cdot b_H \cdot H \cdot P$ et ce n'est donc pas une relation linéaire en fonction de H/P . On peut formuler différentes hypothèses explicatives :

- les proies sont plus abondantes et donc plus faciles à chasser ;
- quand les proies sont abondantes, les prédateurs ne chassent que les individus jeunes, vieux et malades, ce qui facilite la capture.

Graphique B2 : Lorsque le taux d'accroissement est positif, (ex : 0,2), cela signifie que la population de loups augmente (ex : 20 %) et inversement. Ce taux d'accroissement est positif si le nombre d'élans tués par loup et par mois, est supérieur à 0,6 alors qu'il est négatif si cette valeur est inférieure.

Nous avons vu (figure B1) que le nombre d'élans tués par loup et par mois dépend du nombre d'élans/nombre de loups. Il faut environ 30 fois plus d'élans que de loups selon B1 pour un accroissement de la population de loups ; la variation du taux d'accroissement de la population de loups dépend de la population de proies.

Cependant la dispersion des points montre que d'autres paramètres interviennent.

5. La variation annuelle du taux de prédation a un impact important sur l'augmentation ou la diminution de l'abondance de l'élan. On observe sur le graphique que le taux d'accroissement de la population d'élan est négatif donc que la population d'élans diminue lorsque le taux de prédation dépasse les 10 % environ.

6. Avant 1981, on ne constate que les points expérimentaux sont dispersés, sans lien avec la droite modélisant les variations de la NAO : il n'y a pas de corrélation entre la NAO et le taux d'accroissement de la population d'élans. On peut donc supposer que ses variations reposent sur d'autres paramètres que les facteurs climatiques, comme les relations proies/prédateurs vues précédemment.

En revanche, lorsque l'effectif de la population de loups chute à la suite de l'infection virale, NAO et taux d'accroissement semblent davantage corrélés. On peut donc supposer que les facteurs climatiques ont une influence prépondérante sur les variations d'effectifs d'élans après 1981.

7. Les effectifs des proies (l'élan) et des prédateurs (le loup) varient selon des facteurs biotiques :

- des paramètres trophiques comme la consommation plus ou moins importante des proies par les prédateurs ;
- le parasitisme des proies par des tiques ;
- la contamination des prédateurs par des virus.

Les facteurs abiotiques comme les facteurs climatiques peuvent également intervenir : ils agissent notamment sur la croissance des plantes dont se nourrissent les élans ce qui peut modifier leur effectif.

D'après DAUTEL et al. (2021)

Références

- ALBERTS, B., A. JOHNSON, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS & P. WALTER (2004). *Biologie moléculaire de la cellule. Quatrième édition*. Traduction de la quatrième édition américaine (2002) par F. LE SUEUR-ALMOSNI. Flammarion, Paris. Première édition américaine 1983 (1986 1^{re} édition française).
- BARBAULT, R. (2000). *Écologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère*. Dunod, Paris, 5^e édition (1^{re} édition 1983).
- BERTHET, J. (2006). *Dictionnaire de Biologie*. De Boeck Université, Bruxelles (Belgique).
- BOUJARD, D. (dir.). B. ANSELME, C. CULLIN & CÉLINE RAGUENES-NICOL (2015). *Biologie cellulaire et moléculaire. Tout le cours en fiches. Licence. PACES. CAPES*. 2^e édition (1^{re} édition 2012), Dunod, Paris.
- BREUIL, M. (2007). *Biologie 1^{re} année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- BREUIL, M. (2009). *Biologie 2^e année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- BUREL, F. & J. BAUDRY (1999). *Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*. Tec & Doc – Lavoisier, Paris.
- CALLEN, J.-C. (2005). *Biologie cellulaire. Des molécules aux organismes*. Dunod, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 1999).
- CAMPBELL, N. A. & J. B. REECE (2004). *Biologie*. De Boeck Université, Bruxelles, 2^e édition (1^{re} édition 1995).
- [CAMPBELL, N. A.], J. B. REECE, L. A. URY, M. L. CAIN, S. A. WASSERMAN, P. V. MINORSKY, R. B. JACKSON (2012). *Campbell Biologie*. Adaptation française J. FAUCHER & R. LACHAÎNE. Pearson, Paris (4^e édition).
- COMBES, C. (1995). *Interactions durables. Écologie et évolution du parasitisme*. Masson, Paris.
- COMBES, C. (2001). *L'Art d'être parasite. Les Associations du vivant*. Flammarion, Paris.
- COUVET, D. & A. TEYSSÈDRE-COUVET (2010). *Écologie et biodiversité. Des populations aux socioécosystèmes*. Belin, Paris.
- DAJOZ, R. (2006). *Précis d'écologie*. Dunod, Paris.
- DANCHIN, É., L.-A. GIRALDEAU & F. CÉZILLY (dir.) (2005). *Écologie comportementale*. Dunod, Paris.
- DAUTEL, O. (dir.), A. PROUST, M. ALGRAIN, C. BORDI, A. HELME-GUIZON, F. SAINTPIERRE, M. VABRE & C. BOGGIO (2017). *Biologie Géologie BCPST 1^{re} année*. Vuibert, Paris.
- DAUTEL, O. (dir.), C. BORDI, F. SAINTPIERRE, M. ALGRAIN-PITAVY, M. QUERTINIEZ, A. PROUST, M. VABRE A. HELME-GUIZON & B. MOLLIER (2019). *Biologie Géologie BCPST 2^e année*. Vuibert, Paris.
- DAUTEL, O. (dir.), M. ALGRAIN-PITAVY, C. BORDI, A. HELME-GUIZON, B. MOLLIER, A. PROUST, M. QUERTINIEZ, F. SAINTPIERRE & M. VABRE (2021). *Prépas scientifiques BCPST 1^{re} année. Biologie Géologie. Tout-en-un*. Vuibert, Paris.
- DAUTEL, O. (dir.), M. ALGRAIN-PITAVY, C. BORDI, A. HELME-GUIZON, B. MOLLIER, A. PROUST, F. SAINTPIERRE & M. VABRE (2022). *Prépas scientifiques BCPST 2^e année. Biologie Géologie. Tout-en-un*. Vuibert, Paris.
- DENÈUD, J., T. FERROIR, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2011). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2^e année*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- DENÈUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2013). *Biologie-Géologie BCPST-véto 1^{re} année*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- DENÈUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2014). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2^e année*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- FAURIE, C., C. FERRA, P. MÉDORI, J. DÉVAUX, J.-L. HEMPTINNE (2002). *Écologie : approche scientifique et pratique*. Tec & Doc – Lavoisier, Paris, 5^e édition.
- FISCHESSE, B. & M.-F. DUPUIS-TATE (2007). *Le Guide illustré de l'Écologie*. La Martinière, 2^e édition (1^{re} édition 1996), Paris.
- FRONTIER, S., D. PICHOD-VIALE, A. LEPRÊTRE, D. DAVOULT & C. LUCZAK (2004). *Écosystèmes. Structure, fonctionnement, évolution*. Dunod, Paris, 3^e édition (1^{re} édition 1990).
- GODINOT, C., H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2010). *Biologie-Géologie 1^{re} année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- HARRY, M. (2008). *Génétique moléculaire et évolutive*. Maloine, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 2001).
- HEINRICH, D. & M. HERGT (1993). *Atlas de l'écologie*. Illustrations R. & R. FAHNERT. Traduit de l'allemand par J. MERCIER. La Pochothèque, Librairie générale française, Paris.
- HENRY, C. (2001). *Biologie des populations animales et végétales*. Dunod, Paris.
- LACOSTE, A. & R. SALANON (1969). *Éléments de biogéographie et d'écologie*. Nathan, Paris.
- LAFON, C. (2003). *La biologie autrement. 100 questions de synthèse*. Ellipses, Paris.
- LATRUFFE, N. (dir.), F. BLEICHER-BARDETTI, B. DUCLOS & J. VAMECQ (2014). *Biochimie. Tout le cours en fiches. Licence. PACES-UE1. CAPES*. Dunod, Paris.
- LÉVÊQUE, C. (2001). *Écologie. De l'écosystème à la biosphère*. Dunod, Paris.
- MATTHEY, W., E. DELLA SANTA & C. WANNENMACHER (1984). *Manuel pratique d'écologie*. Payot, Lausanne.
- MEA (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT), 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
<http://www.millenniumassessment.org/documents/document.354.aspx.pdf>
- MEYER, S., C. REEB & R. BOSDEVEIX (2008). *Botanique. Biologie et physiologie végétales*. Maloine, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 2004).
- MORÈRE, J.-L., R. PUJOL (coord.), J.-C. CALLEN, L. CHESNOY, J.-P. DUPONT, A.-M. GIBERT-TANGAPREGASSOM, G. RICOU, N. TOUZET (dir.) et collaborateurs (2003). *Dictionnaire raisonné de Biologie*. Frison-Roche, Paris.
- PERRIER, C. & J.-F. BEAUX (dir.), A. BOUFFIER, L. BOUGEOIS, P. CARRÈRE, T. DARRIBÈRE, J. DEMARET-NICOLAS, A. EMOND, S. MAURY, O. MONNIER, T. SOUBAYA, A. VERGNAUD & A. WOEHRLÉ (2021). *Biologie-Géologie BCPST 1. Tout-en-un*. Dunod, Paris.
- PERRIER, C. & J.-F. BEAUX (dir.), A. BOUFFIER, S. COCQ, T. DARRIBÈRE, E. DOUZERY, S. HURTREZ-BOUSSÈS, S. MAURY, O. MONNIER & T. SOUBAYA (2022). *Biologie-Géologie BCPST 2. Tout-en-un*. Dunod, Paris.
- PEYCRU, P. (dir.), J.-F. FOGELGESANG, D. GRANDPERRIN, B. AUGÈRE, J.-C. BAEHR, C. PERRIER, J.-M. DUPIN & C. VAN DER REST (2010a). *Biologie tout-en-un BCPST 1^{re} année*. Dunod, Paris, 2^e édition (2009), réimpression corrigée (2010) (1^{re} édition 2006).
- PEYCRU, P. (dir.), J.-C. BAEHR, F. CARIU, D. GRANDPERRIN, C. PERRIER, J.-F. FOGELGESANG & J.-M. DUPIN (2010b). *Biologie tout-en-un BCPST 2^e année*. Dunod, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 2007).
- PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER J.-F. FOGELGESANG, & C. VAN DER REST (2013). *Biologie tout-en-un BCPST 1^{re} année*. Dunod, Paris, 3^e édition (1^{re} édition 2006).
- PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, J.-F. BEAUX, F. CARIU, P. CARRÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER, J.-F. FOGELGESANG, S. MAURY, É. QUÉINNEC, E. SALGUEIRO & C. VAN DER REST (2014). *Biologie tout-en-un BCPST 2^e année*. Dunod, Paris, 3^e édition (1^{re} édition 2007).
- RAMADE, F. (2003). *Éléments d'écologie. Écologie fondamentale*. Dunod, Paris, 3^e édition.
- RAVEN, P. H., G. B. JOHNSON, J. B. LOSOS, S. S. SINGER (2007). *Biologie*. De Boeck, Bruxelles.
- RICHARD, D. (dir.), P. CHEVALET, S. FOURNEL, N. GIRAUD, F. GROS, P. LAURENTI, F. PRADÈRE & T. SOUBAYA (2012). *Biologie. Tout le cours en fiches. Licence. CAPES. Prépas*. Dunod, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 2010).
- RICKLEFS, R. E. & G. L. MILLER (2005). *Écologie*. De Boeck, Bruxelles (B).
- SAINTPIERRE, F., C. BORDI (dir.), M. ALGRAIN, Y. KRAUSS, I. MOLLIÈRE & H. CLAUCE (2017). *Mémento Biologie BCPST 1^{re} et 2^e années*. Vuibert, Paris.
- SAINTPIERRE, F., C. BORDI (dir.), M. ALGRAIN-PITAVY, A. DENIS, L. GERAY & I. MOLLIÈRE (2021). *Mémento Biologie BCPST 1^{re} et 2^e années*. Vuibert, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 2017).
- SEGARRA, J. (dir.), É. CHAUVET, C. COLSON-PROCH, M. HUILLE, M. LABROUSSE, F. LOUET, F. METZ & E. PIÈTRE (2014). *Biologie BCPST 1^{re} année*. Ellipses, Paris.
- SEGARRA, J., E. PIÈTRE (dir.), G. BAILLY, O. CHASSAING, D. FAVRE, T. JEAN, F. METZ & C. MEUNIER (2015). *Biologie BCPST 2^e année*. Ellipses, Paris.
- SEGARRA, J., E. PIÈTRE (dir.), C. AHYERRE, G. BAILLY, É. CHAUVET, D. FAVRE, M. HUILLE, T. JEAN, F. METZ, C. PROCH & F. SONTONNAX (2023). *BCPST 1^{re} année Biologie. 2^e édition*. Ellipses, Paris.
- TIRARD, C., R. BARBAULT, L. ABBADIE & N. LOEUILLE, 2012. *Mini manuel d'Écologie*. Dunod, Paris.
- VIGNAIS, P. (2001). *La Biologie des origines à nos jours. Une Histoire des idées et des hommes*. « Grenoble Sciences », EDP Sciences, Les Ulis.
- VIGNAIS, P. (2006). *Science expérimentale et connaissance du Vivant. La Méthode et les concepts*. « Grenoble Sciences », EDP Sciences, Les Ulis.

Plan du TP

Objectifs du TP (programme)	1
Activité 1. Estimation de population de levures par comptage sur lame Kova	1
Activité 2. Étude expérimentale d'une population bactérienne en culture	2
Activité 3. Modélisation de populations sous <i>Populus</i>	3
A. Simulation d'une dynamique densité-dépendante	3
B. Simulation d'une compétition interspécifique	3
Activité 5. Sujet sur documents (d'après Agro 2019)	6
Activité 6. Une dynamique proie/prédateur sur l'Isle Royale	7
Références	10
Plan du TP	11

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

Document produit en juin 2023 • Dernière actualisation : *idem*.

Contact : Tanguy.Jean4@gmail.com

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



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