TP SV J1	**BIOLOGIE DES POPULATIONS** *COURS : SV-J-1 TP : --*

Une population est l'ensemble des individus de la même espèce qui occupent un espace déterminé à un moment donné. Elle est donc caractérisée par une certaine unité biologique, spatiale et temporelle.
Les individus d'une même population peuvent communiquer et interagir entre eux, s'apparier pour la reproduction, entrer en interaction de compétition, de coopération, se transmettre parasites et maladies.

Les effectifs des populations peuvent croître, rester stationnaires, fluctuer plus ou moins fortement autour d'une valeur d'équilibre ou bien encore décroître jusqu'à l'extinction.
La dynamique des populations est la discipline qui étudie les fluctuations dans le temps de l'effectif des populations.

Le but de ce TP est d'analyser différents de modélisations permettant de rendre compte de l'évolution de populations dans différentes conditions.

Programme officiel :
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 ce cas de la prédation et les modéliser (modèle de Lotka-Volterra).
Compétences :
Utiliser un logiciel de modélisation : choix des paramètres pour répondre au problème posé.
Utiliser un tableur informatique : construire un graphique, tracer une droite de régression linéaire, réaliser des calculs, etc.

Plan du TP :

Travail préparatoire :
📖 Lecture attentive des explications théoriques : modèle exponentiel (1.1), modèle logistique (2.1) et interaction proie-prédateur avec modèle de Lotka-Volterra (3.1)
✍ A faire : répondre aux deux questions théoriques sur le modèle exponentiel (1.1)

📖 Lecture attentive des deux fiches techniques (lames Kova et logiciel Populus)

✋ Prévoir pour le TP :
- papier millimétré
- ceux qui le souhaitent peuvent utiliser leur ordinateur portable en y ayant installé Populus (voir fiche)

1. Suivi de l'effectif d'une population et croissance exponentielle

1.1. Suivi d'un exemple pratique

On cherche à étudier l'évolution de l'effectif de deux populations de levure cultivée en présence ou en absence de sucre et de dioxygène.
On dispose de cultures de différents âges.

Ages des cultures :

Culture âgée de ………………… Culture âgée de …………………
Culture âgée de ………………… Culture âgée de …………………

- Proposer un modèle de croissance de cette population : exprimer $\mathbf{N_t}$ (nombre de cellule au temps t) en fonction de $\mathbf{N_0}$ (nombre de cellule de départ) et du taux de croissance intrinsèque **r** :

dN/dt = → N_t =

- Justifier le terme de croissance exponentielle pour ce type de modélisation

Le jour du TP :

- Dénombrer les levures pour chacune des cultures – une dilution peut être nécessaire (fiche méthode 1)
- Tracer le graphique nombre de cellules = f (temps)

1.2. Modélisation

Voir poly 2 – séance

2. Modèle logistique : compétition intraspécifique

2.1. Le modèle logistique

Le **modèle d'accroissement exponentiel** précédent (modèle de Malthus) peut être modifié afin d'introduire un terme de régulation dépendant de la densité de la population.
On note **K l'effectif maximum de la population**, ce qui correspond à la **capacité maximale** du milieu.
Le taux d'accroissement démographique est alors :

$$r = r_{max}.N.\left(1 - {}^{N}/_{K}\right)$$

NB : r_{max} correspond ici au r du modèle précédent

On a la variation de la population au cours du temps :

$$\boldsymbol{\frac{dN}{dt} = r_{max}.N.\left(1 - {}^{N}/_{K}\right)}$$

Il s'agit du modèle **logistique** (modèle de Verhulst - 1838)

Suite partie 1 : Voir poly 2 – séance

3. Modèle de Lotka-Volterra : compétition interspécifique (proie-prédateur)

3.1. Une interaction proie-prédateur

Une idée largement répandue est qu'un prédateur régule le nombre de proies.

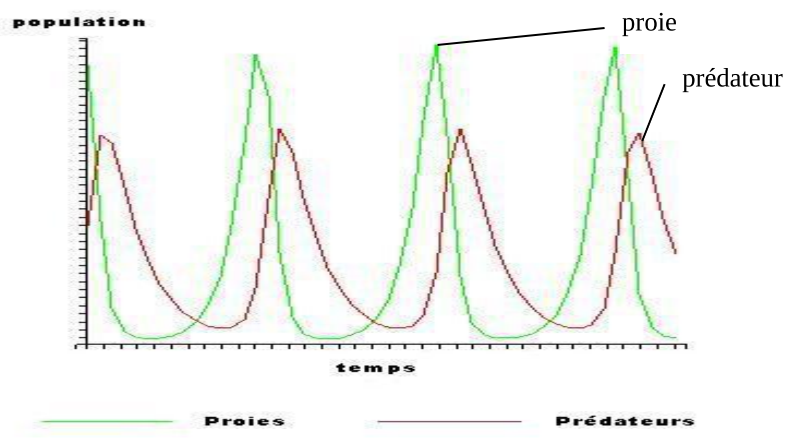
Le modèle le plus simple basé sur les interactions proie/prédateur porte le nom de deux scientifiques, Lotka et Volterra, qui l'ont formulé presque simultanément, à la fin des années 1910.

Dans ce modèle, il existe 3 variables : N (la densité de proies), P (densité de prédateurs), t (temps).
La variation du nombre de proie dépend de la croissance de la population (rN) (modèle de Malthus) et du nombre de proies capturées par les prédateurs (-aNP).
La variation du nombre de prédateurs dépend de la croissance de la population liée au nombre de proie consommée (eaNP) et de la mortalité (-mP).

$$\frac{dN}{dt} = r.N - a.N.P$$
$$\frac{dP}{dt} = e.a.N.P - m.P$$

r : taux de croissance de la proie
a : taux de capture de la proie par le prédateur
e : efficacité de conversion
m : taux de mortalité du prédateur

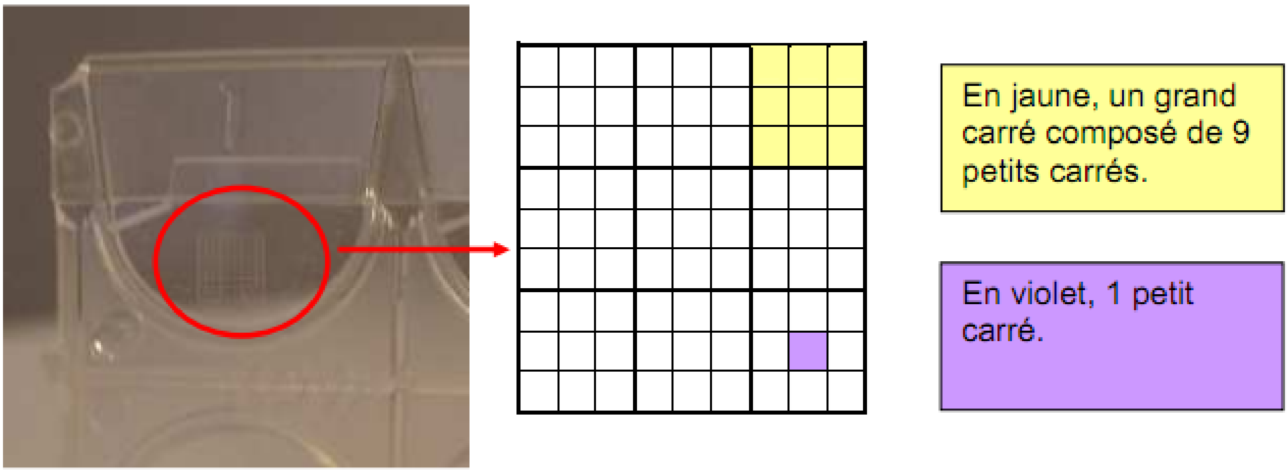
Exemple de modélisation :



Suite partie 2 : Voir poly 2 – séance

FICHE METHODE 1 : UTILISATION D'UNE LAME KOVA

Les lames de numération KOVA®-slide 10 permettent de réaliser 10 comptages par lame. Elles sont à usage unique et ne peuvent pas être réutilisées.
Chaque lame comporte 10 cupules individuelles à grille quadrillée.
Le volume de liquide retenu sur la grille est de **1 µL** (1 mm^3).
La grille comporte **9 cases**, chacune d'elle étant subdivisée en **9 petits carrés**.



Mode opératoire : Utilisation avec une culture d'unicellulaires :

- Agiter le tube de cellules en culture pour dissocier les amas cellulaires.
- Prélever un échantillon de solution et agiter.
- A l'aide d'une micropipette, introduire 6 µL environ de milieu contenant les cellules à compter dans la cupule (ou une grosse goutte avec une pipette pasteur).
- Observer au microscope (fort grossissement).
- Ne compter que les cellules situées à l'intérieur des carrés ; les cellules à cheval sur les traits de la grille ne sont pas prises en compte.
- Si la densité est trop importante, réaliser une dilution (au dixième, au centième : prendre l'initiative de la dilution) et recommencer.

En fonction de la densité cellulaire, le nombre total N de cellules dans 1 µL s'obtiendra soit :

- En comptant sur toute la grille.
  N = nombre de cellules observées
- En comptant le nombre n1 de cellules situées dans 9 petits carrés (1 case = grand carré).
  N = n1 x 10
- En comptant le nombre n2 de cellules situées dans 1 petit carré.
  N = n2 x 90

Explication :
On admet que les différents traits de la grille représentent 11% de la surface. Comme on ne compte que les cellules situées à l'intérieur des carrés, il convient de multiplier le résultat par 1,1.
Ainsi :
- *Lorsque l'on compte le nombre n1 de cellules dans 9 petits carrés (une case) : N = n1 x 9 x 1,1 = n1 x 10.*
- *Lorsque l'on compte le nombre n2 de cellules à l'intérieur d'un petit carré : N = n2 x 81 x 1,1 = n2 x 90.*
  Dans ce dernier cas, on peut soit arrondir en multipliant n2 par 100, soit, pour être plus précis et par mesure de commodité, calculer n2 x 100 et soustraire 10% en arrondissant au besoin.

Rappel :
Dilution d'une solution trop concentrée : au dixième → prélever 1 mL et compléter à 10 mL (= ajouter 9 mL)

FICHE METHODE 2 : UTILISATION DU LOGICIEL POPULUS

Populus est un logiciel de simulation en dynamique des populations, gratuit et facile à prendre en main et complet.
Il peut être téléchargé gratuitement :

- Page de téléchargement :
  https://cbs.umn.edu/populus/download-populus
- Le logiciel nécessite Java pour fonctionner ; si Java n'est pas installé, téléchargement :
  https://www.java.com/en/download/manual.jsp

<u>Menu « model » :</u>
Vous y choisissez le modèle mathématique voulu. Les modèles sont classés par groupes.
Une fenêtre apparaît :

- Vous pouvez tracer jusqu'à courbes de paramètres différents, en précisant ces paramètres dans les onglets A,B,C et D.
- « Run time » est le nombre de générations étudiées
- Choisissez le type de représentation avec « Plot Type »
- Appuyez sur « View » pour obtenir le tracé

L'icone « disquette » permet de sauvegarder les paramètres ou les données.

Modélisations « continuous » = modélisations en temps continu → reproduction des individus de manière continue.
Modélisations « discrete » = modélisations en temps discret → reproduction des individus de manière annuelle, à une période précise.
Pour des raisons de simplicités, on utilise (sauf exception) les modélisations en temps continu, en BCPST.

<u>Modèle utiles en BCPST :</u>

`Single-species dynamics > density independant growth`	Modèle **exponentiel**, **indépendant de la densité** de population
`Single-species dynamics > density dependant growth`	Modèle **logistique**, dépendant de la densité de population (**compétition intraspécifique** prise en compte)
`Multi-species dynamics > Lotka-Volterra competition`	*Modèle de Lotka-Volterra appliqué pour deux populations présentes dans un même milieu (compétition interspécifique prise en compte), **sans** prédation. [ce modèle n'est pas au programme]*
`Multi-species dynamics > Continuous prey-predator models`	Modèle de **Lotka-Volterra** appliqué pour deux populations présentes dans un même milieu (compétition interspécifique prise en compte), avec **relation de prédation** d'une espèce sur l'autre

<u>Paramètres des modèles et formules :</u>

Modèle exponentiel	N_0 : population initiale r : taux de croissance intrinsèque	$\frac{dN}{dt} = rN$ $N(t) = N(0)e^{rt}$
Modèle logistique	N_0 : population initiale r : taux de croissance intrinsèque K : capacité limite du milieu	$\frac{dN}{dt} = rN\left(\frac{K-N}{K}\right)$
Modèle de Lotka-Volterra ***sans*** *prédation*	*$N_1 0$, $N_2 0$: populations initiales* *r_1, r_2 : taux de croissances intrinsèques* *K_1, K_2 : capacités limites du milieu* *α, β : coefficients de compétition*	$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1\left(\frac{K_1-(N_1+\alpha N_2)}{K_1}\right)$ $\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2\left(\frac{K_2-(N_2+\beta N_1)}{K_2}\right)$
Modèle de Lotka-Volterra **avec** prédation	N_0, P_0 : populations initiales de proies, prédateurs r_1 : taux de croissance intrinsèque des proies C : capacité de la proie à échapper au prédateur d_2 : $-d_2$ = taux de mortalité des prédateurs g : taux de croissance des prédateurs, selon la densité des proies	$\frac{dN}{dt} = r_1 N - CNP$ $\frac{dP}{dt} = -d_2 P + gCNP$