

Une approche expérimentale des mécanismes de l'évolution lors d'une séance de TP en terminale S

OBJECTIFS

Utilisation d'un logiciel gratuit pour modéliser l'évolution de la fréquence de deux allèles en fonction de la pression de sélection du milieu.

PRINCIPE

La génétique des populations a permis de préciser les mécanismes de l'évolution en modélisant, à partir des équations de Hardy-Weinberg, la répartition des gènes dans des populations en fonction des effets de la sélection naturelle (voir articles p. 119 et p. 121). Elle a permis aussi de mettre en évidence le concept de dérive génétique.

L'utilisation d'un logiciel de modélisation permet, sans passer par des notions mathématiques au-delà des compétences des élèves :

- de construire et d'approfondir la notion de sélection naturelle (BO du 30 avril 2001);
- d'introduire une démarche expérimentale dans l'enseignement de l'évolution ;
- de faire comprendre ce qu'est un modèle mathématique et son utilisation en biologie ;
- de faire un lien entre les programmes de mathématiques et les programmes de SVT en TS.

MATÉRIEL

Le logiciel « Evolution allélique » (logiciel fonctionnant sous Windows), de Philippe Cosentino, disponible sur le site académique de Nice à l'adresse :

http://www.ac-nice.fr/svt/productions/freeware/evolution/installer_evolution.exe

ACTIVITÉ

Étude expérimentale des modalités de la sélection Utilisation d'un modèle mathématique

Valeurs sélectives et évolution des fréquences alléliques chez la Phalène du Bouleau

Il existe deux allèles du gène de la couleur du corps :

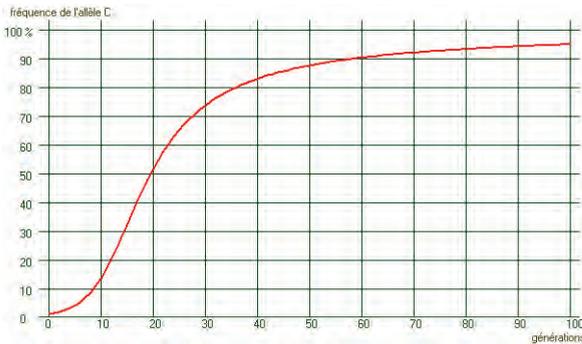
- L'allèle normal *c* donnant une couleur claire (forme *Typica*)
- L'allèle muté *C*, apparu vers 1848, donnant la couleur noire (forme *Carbonaria*)

L'allèle *C* est dominant sur l'allèle *c*.

a) On considère qu'en 1848, dans la région de Birmingham, la fréquence de l'allèle dans les populations de Phalène était de 0,01 %. On admettra que, du fait de la pollution, la forme *Carbonaria* présentait par rapport à la forme *Typica* un avantage sélectif que l'on peut chiffrer de la façon suivante :

- valeur sélective [*Carbonaria*] = 1
- valeur sélective [*Typica*] = 0,75

Établissez à l'aide du logiciel la courbe d'évolution de la fréquence de l'allèle *C* dans la population. Analysez et interprétez les résultats.



RESULTATS DE LA SIMULATION :

Fréquences des allèles :

	initiales	finale
C :	0.01	0.95
c :	0.99	0.05

Fréquences des génotypes :

	initiales	finale
C//C :	0	0.902
C//c :	0.02	0.096
c//c :	0.98	0.003

Valeurs sélectives moyennes :

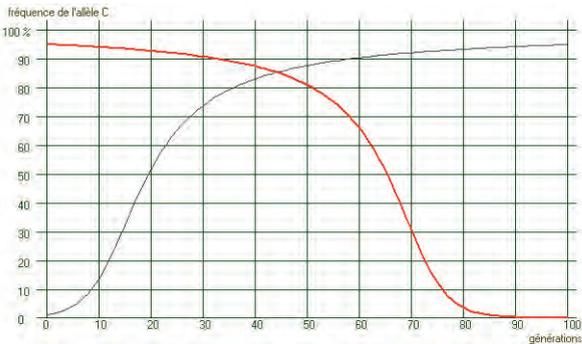
initiale :	0.755	finale :	0.999
------------	-------	----------	-------

Calculs réalisés suivant les lois de Hardy-Weinberg en supposant :
 - que la population a un effectif très grand
 - qu'elle est panmixtique
 - qu'il n'existe que 2 allèles pour le gène étudié

Courbe d'évolution de la fréquence de l'allèle C dans la population

b) Au cours du XX^e siècle, à la suite de la diminution de la pollution industrielle, les troncs des bouleaux reprennent leur aspect initial.

Établissez à l'aide du logiciel la courbe d'évolution de la fréquence de l'allèle C dans la population à la suite de cette dépollution. Analysez et interprétez les résultats. Comment expliquez-vous qu'il reste encore des formes Carbonaria dans la campagne anglaise actuellement ?



RESULTATS DE LA SIMULATION :

Fréquences des allèles :

	initiales	finale
C :	0.95	0
c :	0.05	1

Fréquences des génotypes :

	initiales	finale
C//C :	0.902	0
C//c :	0.095	0
c//c :	0.003	1

Valeurs sélectives moyennes :

initiale :	0.751	finale :	1
------------	-------	----------	---

Calculs réalisés suivant les lois de Hardy-Weinberg en supposant :
 - que la population a un effectif très grand
 - qu'elle est panmixtique
 - qu'il n'existe que 2 allèles pour le gène étudié

Courbe dans le cas de la dépollution

QUELQUES AUTRES EXEMPLES

Exemples à traiter et source de documentation

Calcul des valeurs sélectives avec la Phalène du Bouleau

Pour dépasser la simple constatation de l'expansion de la forme sombre du papillon, en liaison avec l'industrialisation en Angleterre (voir fiche TP ci-dessus), un travail plus poussé peut être envisagé à partir des résultats chiffrés des expériences de Kettelwell, exposés sur le document téléchargeable à l'adresse suivante :

<http://portail.stanislas.qc.ca/spip.php?article1002>

Simulation des variations de fréquences alléliques

– **Un exemple d'activités, dans une petite population**, utilisant une autre application, est disponible sur le site de l'Académie de Nantes : http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/1171031935546/0/fiche__ressourcepedagogique/&RH=1160729734281#intro

– **Développement de la résistance aux insecticides dans des populations de moustiques**. L'exemple, souvent repris, est développé dans un document de l'INRP : <http://acces.inrp.fr/evolution/logiciels/anagene/documentation/8 - Themes Terminale S - Maintien des innovations genetiques.pdf>

Les données détaillées permettent d'envisager de nombreuses activités de modélisation. Certaines sont exposées sur : <http://www.svt.ac-versailles.fr/spip.php?article289>

Notion de dérive génétique

– **Maintien d'un allèle défavorable : exemple de la Chorée de Huntington.**

Une suite possible du TP sur ce point, hors programme mais intéressant à aborder : La chorée de Huntington est une maladie de dégénérescence du système nerveux qui se déclare entre 30 et 40 ans et conduit à un décès rapide après quelques années.

C'est une maladie monogénique due à un allèle dominant appelé HD.

a) *Si l'on admet que cette maladie diminue significativement la possibilité de reproduction des personnes atteintes, et donc présente une certaine valeur sélective, établissez à l'aide du logiciel (écran « sélection naturelle ») la courbe d'évolution de la fréquence de l'allèle HD dans la population. Analysez et interprétez les résultats. Quel problème se pose alors ?*

b) Cette maladie est extrêmement fréquente dans certaines zones très localisées du globe. Certains villages isolés du Venezuela, autour du lac Maracaïbo, peuvent présenter jusqu'à 50% de la population atteinte.

Montrez à l'aide du logiciel (écran « dérive génétique ») comment la notion de dérive génétique permet d'expliquer cette particularité. Indiquez comment ce résultat permet d'apporter une réponse au problème posé en a.

– **Répartition de sous-espèces de rats sur les îles de Marseille**

Cet exemple permettant de tester l'effet fondateur et la dérive génétique dans de petites populations est exposé dans : <http://portail.stanislas.qc.ca/spip.php?article1002>

Maintien d'un allèle défavorable par effet protecteur

L'exemple classique de la drépanocytose face au paludisme est développé par Philippe Cosentino sur le document d'aide téléchargeable avec le logiciel :

<http://www.ac-nice.fr/svt/productions/freeware/evolution/fiche.doc>

Simulations en ligne

Le site de l'Académie d'Orléans-Tours propose la possibilité d'effectuer des simulations en ligne.

<http://www.ac-orleans-tours.fr/svt/infosvt/form/Ts/ressources/darwin/index.htm>

