

Philipp Gebhardt · Richard Spencer



A

Bibi Lapin, petit lapin

Sélection directionnelle, fréquence des al-
lèles et évolution



INTRODUCTION

Notions clés :

monohybride ; croisement mendélien ; génotype ; homozygote ; hétérozygote ; dominant ; récessif ; phénotype ; sélection directionnelle ; évolution ; pool génique ; fréquence des allèles ; principe de Hardy-Weinberg ; capacité porteuse.

Cette activité de simulation s'adresse aux élèves de 16 à 18 ans suivant des cours de biologie au niveau de la terminale. Elle vise à les aider à comprendre les principes de base suivants relatifs à l'étude de la fréquence des allèles dans un pool génique :

- ▮ transmission des allèles dominants et récessifs dans des croisements monohybrides mendéliens ;
- ▮ pourquoi les fréquences des allèles restent plus ou moins constantes dans un environnement où il n'y a pas de pression de sélection pour des phénotypes spécifiques ;
- ▮ comment le principe de Hardy-Weinberg peut être appliqué pour calculer la fréquence des allèles dominants et récessifs d'un phénotype contrôlé par deux allèles d'un seul gène dans une population d'individus où il n'existe d'avantage sélectif pour aucun phénotype donné ;
- ▮ l'évolution est un changement des fréquences des allèles dans une population pendant un certain temps ;
- ▮ pourquoi les fréquences des allèles changent dans un environnement où il y a une sélection directionnelle favorisant la survie des individus d'un phénotype spécifique ;
- ▮ pourquoi la persistance d'allèles défavorables dans un pool génique est désirable dans l'optique de l'aptitude d'une espèce à s'adapter à des changements susceptibles d'intervenir dans l'environnement.

La simulation adapte et développe certains des principes exposés dans l'article «Counting Buttons : demonstrating the Hardy-Weinberg principle» (Pongsophon, Roadranga and Campbell; *Science in School*; numéro 6 : automne 2007).

RESSOURCES

L'activité est accessible sur Internet par le portail enseignants EMBLog géré par l'European Learning Laboratory for the Life Sciences de l'EMBL. Le programme permettant d'effectuer l'activité a été élaboré à partir d'un logiciel SAP Xcelsius basé sur Flash.

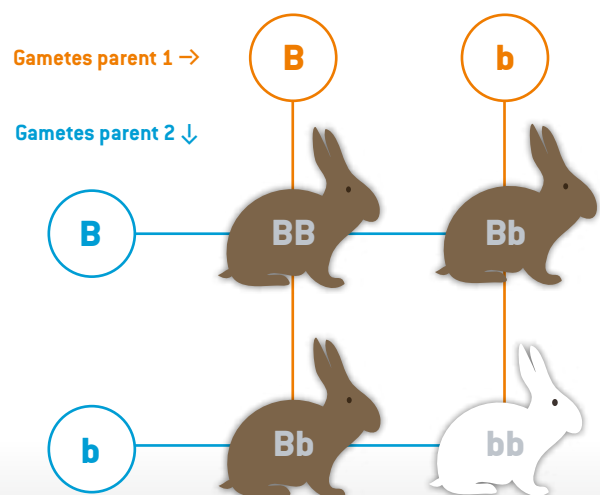
Lien web vers le portail enseignants EMBLog : www.science-on-stage.de (il est nécessaire d'être inscrit pour accéder au contenu).

CONTENU

Fréquence des allèles : absence de sélection

Les élèves reçoivent des informations de référence sur une population modèle de 64 lapins où il existe deux allèles pour la couleur du pelage, marron (B) et blanc (b). L'allèle du pelage marron est dominant par rapport à l'allèle du pelage blanc, si bien que les lapins de génotype BB et Bb ont un pelage marron tandis que ceux de génotype bb ont un pelage blanc. L'allèle de la couleur du pelage est transmis de façon mendélienne par croisement monohybride, et vu la dominance de l'allèle du pelage marron, les lapins marrons sont plus nombreux que les lapins blancs dans un rapport de 3 : 1. Ainsi, la population initiale de 64 lapins comporte 16 lapins de génotype homozygote BB, 32 lapins de génotype hétérozygote Bb et 16 lapins de génotype homozygote bb.

Carré Punnett



Les lapins vivent dans un habitat couvert de végétation pendant une partie de l'année et couvert de neige pendant le reste de l'année. Les lapins à pelage marron sont mieux camouflés dans la végétation, tandis que les lapins à pelage blanc sont mieux camouflés dans la neige. Dans l'ensemble, avoir un pelage marron ou un pelage blanc n'entraîne ni avantage ni désavantage.

Pour rappeler aux élèves comment un croisement monohybride mendélien fonctionne, on leur fait utiliser un échiquier de Punnett interactif pour simuler un croisement génétique entre deux lapins hétérozygotes (Bb).

Les élèves utilisent alors le programme pour trouver les génotypes de toute la descendance de la population initiale. Le programme intègre quatre postulats : premièrement, qu'il y a accouplement aléatoire entre les lapins parents de différents génotypes ; deuxièmement, que la capacité porteuse de l'habitat est de 64 lapins ; troisièmement, qu'une proportion identique (50%) de la descendance de chacun des trois génotypes survivra pour se reproduire, et enfin, que les descendants d'une génération qui parviennent à maturité deviennent les parents de la génération suivante.

Le programme guide les élèves pour leur permettre de découvrir le nombre de descendants de chaque génotype sur dix générations. Ces informations sont utilisées pour calculer les fréquences des allèles B et b dans chaque génération. Pour s'assurer que les élèves comprennent comment on dérive les fréquences des allèles, ils doivent effectuer un exemple de calcul en saisissant des données et en vérifiant qu'ils obtiennent la réponse correcte.

Les élèves découvrent que les fréquences des allèles B et b demeurent plus ou moins constantes. Le programme est conçu pour visualiser dans un diagramme les données obtenues (fréquence des allèles et nombre de générations).

Fréquence des allèles : principe de Hardy-Weinberg

Dans la population de lapins, les lapins de génotype BB et Bb ont la même apparence (pelage marron), si bien qu'il

est impossible de trouver le nombre d'individus de chaque génotype. On peut cependant repérer et compter les lapins de génotype bb (ils ont tous un pelage blanc). L'activité guide les élèves à travers la théorie sur laquelle se base le principe de Hardy-Weinberg, leur montrant comment le nombre de lapins de génotype bb peut être utilisé pour évaluer le nombre respectif de lapins de génotype BB et Bb.

Les élèves doivent appliquer le principe de Hardy-Weinberg à un problème donné. En saisissant les données pertinentes choisies parmi les informations fournies, ils sont en mesure d'analyser les informations pour calculer le nombre estimé de lapins de génotype BB et Bb dans une population donnée où le nombre de lapins de génotype bb est connu. Des indices sont fournis aux élèves pour les guider à travers les calculs, et il est possible de vérifier que les calculs ont été correctement effectués.

Fréquence des allèles : sélection

Du fait du changement climatique, l'habitat n'est plus couvert de neige à aucun moment de l'année. Il en résulte un désavantage pour les lapins blancs (génotype bb). Ils ne sont plus camouflés dans un habitat couvert de végétation tout au long de l'année et sont bien plus vulnérables à la prédation. Le pelage blanc est maintenant un désavantage : tous les lapins à pelage blanc sont victimes de la prédation avant d'avoir atteint la maturité ; l'environnement opère une sélection à leur encontre.

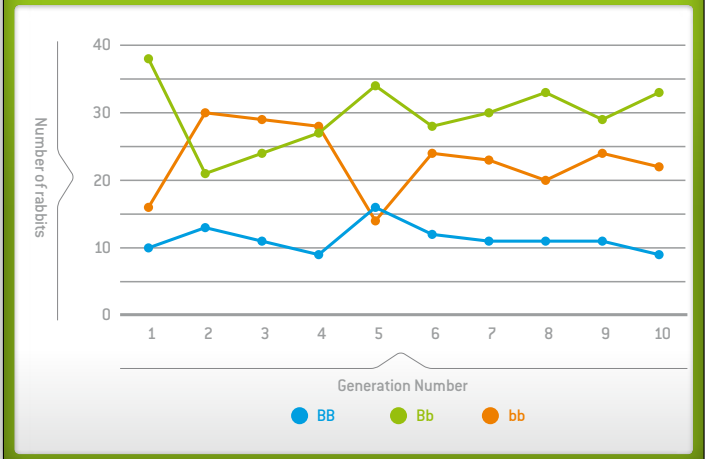
Comme au scénario «absence de sélection», les élèves utilisent le programme pour trouver les génotypes de tous les descendants de la population initiale et des générations suivantes. Cette fois, les paramètres ont cependant changé. Le programme intègre trois des quatre postulats précédents (accouplement aléatoire entre les lapins parents de différents génotypes ; capacité porteuse de l'habitat de 64 lapins ; les descendants d'une génération qui parviennent à maturité deviennent les parents de la génération suivante). Mais on note une différence capitale : la proportion de descendants des trois génotypes qui survivent pour se reproduire n'est plus identique, puisque aucun des lapins blancs ne parvient à maturité. Le programme en tient compte et applique des équations d'ajustement pour calculer combien des lapins des génotypes BB et Bb arrivent à maturité pour devenir les parents de la génération suivante. Ce taux sera supérieur à 50%, mais le pourcentage effectif dépend du nombre de lapins de génotype bb nés dans chaque génération.



Nombre de lapins par génération



Nombre de lapins arrivants à maturité



Comme au scénario «absence de sélection», le programme guide les élèves pour leur permettre de découvrir le nombre de descendants de chaque génotype sur dix générations. Ces informations sont utilisées pour calculer les fréquences des allèles B et b dans chaque génération.

Les élèves découvrent que les fréquences des allèles B et b changent d'une génération à la suivante (la fréquence de l'allèle B augmente tandis que la fréquence de l'allèle b diminue). Le programme est conçu pour visualiser dans un diagramme les données obtenues (fréquence des allèles et nombre de générations).

Questions de récapitulation des notions clés

La partie finale de l'activité consiste en une série de questions. Les réponses apportées aux questions montrent que les élèves ont accompli cette activité, et aident l'enseignant à vérifier que les élèves ont bien compris les notions essentielles sur lesquelles elle repose. Les élèves saisissent leurs réponses aux questions ainsi que leur nom et la date. Ils impriment les réponses et les remettent à l'enseignant aux fins de notation.

CONCLUSION

Cette activité de simulation est accessible sur Internet. Elle peut être effectuée pendant le cours, ou bien peut être donnée à faire chez soi ou comme exercice d'auto-formation. Les élèves contrôlent leur propre apprentissage en remplissant à la fin de l'activité un questionnaire à choix multiple qui est noté par le programme. En outre, une série de questions est transmise aux élèves pour réponse et impression au cas où les enseignants désirent évaluer, en recourant à des questions traditionnelles de type examen, dans quelle mesure les élèves comprennent les notions essentielles couvertes par la simulation.

Merci de bien vouloir nous faire part de vos observations sur cette activité, ainsi que de toutes suggestions d'amélioration (en anglais). Un barème de notation des questions de type examen peut être fourni sur demande. Prière de contacter richard.spencer@stockton.ac.uk

