

Manitoba

Éducation, Citoyenneté et Jeunesse

BIOLOGIE 12^e ANNÉE

Document de mise en œuvre

Partie 2 – La biodiversité

**Regroupement 3 – Théorie de l'évolution et
biodiversité**

ÉBAUCHE NON RÉVISÉE

Mars 2007

Table des matières

Résultat d'apprentissage	Page
B12-3-01	3
B12-3-02	5
B12-3-03	8
B12-3-04	9
B12-3-05	11
B12-3-06	13
B12-3-07	15
B12-3-08	17
B12-3-09	20
B12-3-10	22
B12-3-11	24
B12-3-12	26
Annexe	29
Annexe 1 : L'histoire de Charles Darwin	30
Annexe 2 : Stratégie PPPST - rédaction créative (FR)	31
Annexe 3 : Simulation de sélection naturelle	32
Annexe 4 : Sélection naturelle dans un bol de bonbons	34
Annexe 5a : Sélection naturelle chez <i>Legocarnivora</i> (FR)	36
Annexe 5b : Sélection naturelle chez <i>Legocarnivora</i> - Réponses	40
Annexe 6 : Recherche sur la variation (FR)	41
Annexe 7a : Étude de cas – Où sont passés tous les trèfles à quatre feuilles? (FR)	43
Annexe 7b : Où sont passés tous les trèfles à quatre feuilles? – Réponses	44
Annexe 8a : Étude de cas – Goulot d'étranglement dans une population/espèce menacée (FR)	45
Annexe 8b : Goulot d'étranglement dans une population/espèce menacée – Réponses	46

Théorie de l'évolution et biodiversité

B12-3-01 définir le terme « évolution » en expliquant comment l'évolution a mené à la biodiversité en modifiant des populations et non des particuliers, entre autres le fonds génétique, le génome

Connaissances antérieures

Les élèves connaissent déjà le terme « évolution », mais ils n'ont pas encore étudié le concept.

Renseignements pour l'enseignant

L'évolution est le thème qui sous-tend tous les domaines liés à la biologie. Mettre l'accent sur les liens qui existent entre évolution, biodiversité, ADN et génétique. La théorie synthétique ou moderne de l'évolution combine la théorie fondamentale de Darwin sur l'évolution par voie de sélection naturelle avec les découvertes sur la biologie des populations et la génétique. Selon cette théorie, l'évolution touche non pas les individus isolés, mais les populations. L'évolution est la variation de fréquence d'un allèle dans le fonds génétique d'une population. Insister sur le fait que l'évolution se fait au sein des populations (et non chez les individus).

Les non-scientifiques peuvent confondre deux aspects du terme évolution. Certains pensent que l'évolution n'est qu'une théorie, et que par conséquent elle n'est pas aussi crédible qu'une loi. Saisir l'occasion pour discuter du fait que les théories sont des explications de phénomènes observés et s'appuient sur une somme importante de preuves et d'expériences. Les théories ne sont jamais « prouvées » pour devenir des lois; elles continuent d'être peaufinées à mesure que l'on accumule des données probantes les appuyant, ou bien elles sont rejetées lorsqu'une meilleure explication (ou théorie) relative au phénomène est proposée. Les lois sont des généralisations ou des profils appliqués à la nature (comme la loi de Boyle, la loi de Newton sur la gravité, les lois de la thermodynamique), souvent exprimées sous forme de formules mathématiques.

Certaines difficultés associées à l'évolution apparaissent lorsqu'on fait la distinction entre l'évolution (le fait) et l'explication de la façon dont l'évolution s'est produite (la théorie). L'évolution est effectivement un fait, une réalité. Une foule de données probantes résultant de recherches sur les fossiles, et d'études embryologiques, morphologiques, biochimiques (ADN), etc. démontrent qu'il s'est produit une évolution entre les organismes modernes et leurs lointains ancêtres, et que les espèces modernes continuent de se transformer au fil du temps. Ce qui est moins certain, c'est le mécanisme exact sur lequel repose cette évolution. Plusieurs théories tentent d'expliquer le phénomène. Charles

Darwin a proposé une théorie – la sélection naturelle – pour expliquer le mécanisme en jeu dans l'évolution. Même aujourd'hui, les biologistes continuent de débattre des mécanismes de l'évolution.

Faire comprendre aux élèves que l'un des principaux éléments de la nature de la science est qu'il y a des limites aux questions que la science peut se poser. La science et ses méthodes ne peuvent fournir de réponses à des questions morales, éthiques, esthétiques, sociales et métaphysiques car la science se fonde sur des données probantes rassemblées en étudiant la nature, que ce soit directement ou par déduction. Les scientifiques peuvent avoir leurs opinions personnelles sur ces autres questions, mais les recherches scientifiques ne peuvent y répondre.

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Démonstration

Utiliser des illustrations ou photographies représentant l'évolution d'un style ou d'un produit (p. ex., coupe de cheveux, vêtements, automobiles, téléphones).

Poser les questions suivantes :

- Peux-tu expliquer en quoi ce style ou ce produit est le même? (Il a la même fonction.)
- Peux-tu expliquer en quoi il a changé au fil du temps? (Les réponses varieront selon l'exemple utilisé.)
- Qu'est-ce qui peut avoir provoqué les changements observés? (Les réponses varieront selon l'exemple utilisé, mais certains les expliqueront par une technologie améliorée, les tendances de la mode, ...)
- Les organismes changent aussi au fil du temps. En quoi l'évolution des espèces diffère-t-elle de l'évolution des styles ou des produits? (L'évolution des espèces est généralement beaucoup plus lente.)

En quête

Travail de groupe

Demander aux élèves de former des équipes et de consulter une variété de sources pour rassembler des définitions du terme évolution. Préciser qu'ils doivent inclure des sources écrites (manuels, dictionnaire, ...), électroniques (Internet) et personnelles (enseignant, parent, ...).

Partager avec la classe une définition de l'évolution du point de vue de la biologie. Demander aux équipes d'examiner les définitions recueillies et de les comparer à la définition de l'évolution en biologie; discuter des points communs et des différences. Faire la distinction entre le fait qu'une évolution s'est produite (preuves tirées de fossiles, analyse de l'ADN, ...) et l'explication du mécanisme de l'évolution (la théorie de la sélection naturelle). Rappeler aux élèves que cette

évolution survient non pas chez les individus en particulier, mais au sein des populations. L'évolution découle d'une variation de la fréquence d'allèles dans le fonds génétique d'une population.

Stratégie d'évaluation suggérée

Poser aux élèves la question suivante :

- *En quoi ta compréhension du terme « évolution » a-t-elle changé?*

Les réponses devraient indiquer clairement que les élèves comprennent bien la définition de l'évolution selon la perspective biologique.

B12-3-02 décrire et expliquer le processus de découverte de Darwin qui a mené à l'élaboration de sa théorie de l'évolution par sélection naturelle,

entre autres le voyage du *Beagle*, ses observations des fossiles sud-américains, l'incidence des îles Galapagos sur ses observations, le travail d'autres scientifiques.

Connaissances antérieures

Les élèves n'ont pas encore étudié ce sujet, mais ils peuvent savoir qui est Charles Darwin, la théorie de l'évolution et celle de « la survivance des plus aptes ».

Renseignements pour l'enseignant

Le caractère dynamique de l'évolution dans la théorie de l'évolution représente un excellent véhicule qui permet d'explorer la nature de la science avec les élèves.

- James Hutton (1726-1797) et Charles Lyell (1797-1875) étudient les forces du vent, de l'eau, des tremblements de terre et des volcans. Ils concluent que la Terre est très vieille et qu'elle s'est transformée lentement au fil des millénaires sous l'action de mécanismes naturels.
- Erasmus Darwin (1731-1802) émet l'hypothèse selon laquelle la compétition entre les individus pourrait mener à des transformations dans les espèces. (Il est aussi le grand-père de Charles Darwin.)
- Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) propose un mécanisme par lequel les organismes changent au fil du temps. Il soumet l'hypothèse voulant que les organismes vivants évoluent en héritant de caractéristiques acquises.
- Thomas Malthus (1766-1834) observe que les populations humaines ne peuvent pas augmenter à l'infini. Si le taux de naissances continuait de dépasser le taux de décès, les humains finiraient par manquer d'espace et de nourriture et mourraient. La famine, la maladie et la guerre ont empêché une croissance démographique sans fin.
- Charles Darwin (1809-1882) formule la théorie de l'évolution par la sélection naturelle d'après ses observations faites durant un voyage sur le *Beagle*, et sur la reproduction sélective d'animaux de ferme, de plantes et

d'animaux familiers. Dans les années 1840, Darwin rédige des manuscrits décrivant sa théorie, mais il hésite à les publier. Son ouvrage le plus célèbre est intitulé *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*, traduit sous le titre *L'origine des espèces*, publié en 1859.

- Alfred Russell Wallace (1823-1913) propose une théorie de l'évolution par sélection naturelle similaire à celle de Darwin. Il expose cette théorie dans un article, qu'il fait vérifier par Darwin. C'est ce qui incite Darwin à publier enfin sa propre théorie. En 1858, Charles Lyell présente l'essai de 1844 de Darwin et l'article de Wallace au public.

Ce résultat d'apprentissage fournit l'occasion d'explorer la nature de la science avec les élèves. Par exemple, bien que les idées de Lamarck puissent nous sembler bizarres aujourd'hui, à l'époque, c'était un scientifique respecté qui fut l'un des premiers à proposer un mécanisme expliquant comment les organismes se transforment avec le temps. Le fait que sa théorie a été rejetée quand une autre théorie est venue fournir une meilleure explication est proposé comme une excellente illustration du fonctionnement de la science.

L'histoire de Charles Darwin est absolument fascinante. Voir l'annexe 1 : L'histoire de Charles Darwin, qui résume brièvement ses travaux.

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Présentation du contexte

Présenter la situation suivante aux élèves et les inviter à en discuter :

Imagine que tu as 21 ans et que tu viens de décrocher ton diplôme universitaire. Tu n'es pas sûr de vouloir t'établir et commencer à travailler tout de suite dans ton domaine. Tu as toujours aimé faire de la randonnée et observer la nature, lorsqu'un jour, tu vois une annonce dans le journal. Le gouvernement recherche des personnes pour se joindre à une expédition de survie devant durer cinq ans sur les côtes de l'Amérique du Sud. Est-ce que tu poserais ta candidature?

En quête

Enseignement direct

Présenter aux élèves les données probantes que Darwin a recueillies durant son voyage sur le *Beagle*, par exemple :

- la ressemblance entre les glyptodons fossilisés et les tatous (ou armadillos) modernes
- la ressemblance entre le mégatherium fossile et le paresseux d'aujourd'hui
- la ressemblance entre les pinsons des îles Galapagos et ceux de l'Amérique du Sud, qui étaient en fait des espèces distinctes

- la variation entre les espèces de pinsons d'une île à l'autre dans les Galapagos
- la ressemblance entre des espèces des îles Galapagos et d'autres vivant sur la côte ouest de l'Amérique du Sud

Recherche

Inviter les élèves à faire une courte recherche sur le travail d'autres scientifiques qui ont alimenté la réflexion de Darwin, notamment :

- James Hutton (1726-1797) et Charles Lyell (1797-1875). Ils ont conclu que la Terre est très vieille et qu'elle s'est transformée lentement au fil du temps sous l'action de mécanismes naturels.
- Thomas Malthus (1766-1834) a constaté que les populations humaines ne peuvent pas augmenter à l'infini. Si le taux de naissances continuait de dépasser le taux de décès, les humains finiraient par manquer d'espace et de nourriture pour survivre. La famine, la maladie et la guerre empêchent la croissance démographique sans fin.

À chaque élève ou groupe d'élèves, assigner un scientifique qui a contribué à développer une théorie unificatrice expliquant comment les espèces peuvent se transformer au fil du temps.

Inviter les élèves à faire une recherche sur les points suivants :

- date des travaux ou de la publication
- principales constatations
- données biographiques (p. ex., endroit où les recherches ont été menées, antécédents du chercheur)

Stratégies d'évaluation suggérées

Demander aux élèves de présenter les résultats de leur recherche à la classe et de préparer un résumé d'une page ou un diagramme avec chronologie des événements, qui sera affiché au babillard.

Stratégie PPPST

Les PPPST sont des rédactions créatives où les élèves sont encouragés à adopter de nouvelles perspectives sur un concept ou un enjeu scientifique. Dans l'acronyme RAFT, le R signifie rôle, le A signifie audience, le F = format et le T veut dire thème. Voir les détails du travail à l'annexe 2.

En fin

Chronologie/diagramme

Utiliser les projets de recherche des élèves et leur travail de présentation décrits ci-dessus pour créer un babillard de classe contenant une chronologie ou diagramme du développement de la théorie de l'évolution.

B12-3-03 souligner les principaux éléments de la théorie de l'évolution par la sélection naturelle de Darwin, entre autres la surproduction, la compétition, la variation, l'adaptation, la sélection naturelle et la différenciation des espèces;

Renseignements pour l'enseignant

Principaux points de la théorie de Darwin :

- Surproduction : une espèce produit plus de descendants que le nombre qui peuvent survivre
- Compétition : les taux de naissance élevés entraînent une pénurie des ressources de survie, d'où une compétition entre les organismes
- Variation : chaque individu diffère de tous les autres membres de son espèce, certains présentant plus de différences que les autres
- Adaptation : permet aux organismes de mieux s'adapter à leur environnement
- Sélection naturelle : les organismes les plus aptes (les mieux adaptés) survivent et se reproduisent
- Différenciation des espèces (ou spéciation) : formation de nouvelles espèces à partir d'espèces anciennes par voie de sélection naturelle

Mettre l'accent sur le fait que la variation au sein d'une espèce est le résultat de mutations au niveau de l'ADN. Ces mutations sont la source de nouveaux allèles, les variations sur lesquelles la sélection naturelle peut agir. Il importe de rappeler aux élèves que les mutations se font sans viser un but précis, qu'elles surviennent de façon aléatoire au sein d'une population, et qu'elles peuvent induire un changement dans la structure ou la fonction de l'organisme. C'est l'environnement qui détermine si la mutation sera bénéfique ou néfaste. L'évolution choisit ensuite les organismes qui sont les mieux adaptés à leur environnement à ce stade.

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Question d'introduction

Présenter le problème qui suit aux élèves :

Dans des conditions optimales, certaines formes de bactéries peuvent se diviser par simple fission toutes les 20 minutes. Supposer que l'on commence avec une bactérie, combien peut-il y avoir de bactéries produites en une minute? (8). Après deux minutes? (64). Après cinq minutes? (37 268). Après 30 minutes? (1,07 x 10⁹). Alors pourquoi ne sommes-nous pas envahis par les bactéries?

Réponses possibles :

- Les bactéries peuvent manquer de nourriture.
- Les bactéries peuvent manquer d'oxygène.
- Les bactéries peuvent manquer d'espace vital.
- Certaines bactéries meurent de vieillesse.
- Certaines bactéries peuvent être consommées par des prédateurs (p. ex., globules blancs, larves de moustiques)

En quête

Simulation

Inviter les élèves à modéliser la sélection naturelle à l'aide de différents outils permettant « d'attraper la nourriture ». Voir les détails de l'activité à l'annexe 3 : Simulation de sélection naturelle.

Stratégies d'évaluation suggérées

Évaluer si les réponses des élèves sont logiques et exactes. Il peut s'agir d'une évaluation informelle (questions, discussion des résultats en classe) ou formelle (billet de sortie, réponses écrites aux questions).

**B12-3-04 expliquer, à l'aide d'exemples, ce que l'on entend par le terme « apte » dans l'expression « la survivance des plus aptes »,
*par exemple un phasme qui prend la couleur et l'aspect de son environnement, les tournesols qui se penchent en direction du soleil, les bactéries résistantes aux antibiotiques;***

Renseignements pour l'enseignant

Une adaptation est une variation qui permet à un organisme de mieux survivre dans son environnement. Les organismes qui sont les mieux adaptés à leur environnement sont plus « aptes », ce qui accroît leurs chances de survivre et de se reproduire avec succès. Par conséquent, les adaptations sont le résultat d'une sélection naturelle.

Les adaptations peuvent être de nature comportementale, physiologique ou structurale. Les adaptations comportementales sont liées à la façon dont les organismes réagissent à leur environnement. La migration saisonnière du monarque, des oiseaux et du caribou, l'hibernation chez l'ours et le thamnophis (serpent), le penchant des tournesols vers le soleil, et la chute des feuilles d'arbres à l'automne sont tous des exemples de façons dont les organismes ont adapté leur comportement.

Les variations dans les processus métaboliques prenant place chez les organismes d'une espèce sont qualifiées d'adaptations physiologiques. Certaines bactéries ont développé une résistance aux antibiotiques et des insectes sont devenus résistants aux pesticides parce qu'ils ont développé des adaptations qui leur ont permis de survivre en présence d'antibiotiques et de pesticides.

Les adaptations structurales touchent la forme ou l'agencement des caractères physiques d'un organisme. Par exemple, les narines des baleines et des dauphins sont déplacées, tandis que les aiguilles du cactus sont des feuilles modifiées qui protègent la plante tout en réduisant l'évaporation d'eau.

Le mimétisme est un type d'adaptation structurale qui permet à une espèce de ressembler à une autre. Comme moyen de défense, la larve de chenille (jusqu'à 75 mm) du grand sphinx de la vigne (*Deilephila elpenor*) prend l'allure d'un serpent. Les segments gonflés près de sa tête contiennent deux larges ocelles qui peuvent tromper les oiseaux insectivores (et les gens) et leur faire croire qu'ils sont dangereux.

Le camouflage est un autre type d'adaptation structurale dans l'apparence d'un organisme. Les adaptations comme celle-là augmentent les chances de survie d'un organisme en lui permettant de se fondre dans son environnement. Le bâtonnet ordinaire (phasme), est un insecte qui ressemble aux rameaux d'arbrisseaux qu'il habite. Les bandes de la fourrure du tigre l'aident à passer inaperçu dans la jungle.

Bien faire la distinction entre adaptation et acclimatation. L'acclimatation est lorsqu'un organisme devient habitué aux conditions changeantes de son environnement. Ce n'est pas le résultat d'une sélection naturelle. Il n'y a pas de changement dans le fonds génétique de l'espèce.

Par exemple, quand reviennent les beaux jours après la froideur de l'hiver, on se dépêche de se défaire de son manteau d'hiver et de revêtir des bermudas et des sandales, même si la température n'est que de 10 °C. Mais si un front froid venu du nord balaye le pays en plein milieu de l'été, on remet un chandail et on se plaint du froid qui sévit, parce qu'on s'est acclimaté aux températures chaudes de l'été.

Stratégies d'enseignements suggérées

En tête

Aides visuelles

Fournir aux élèves des aides visuelles (transparents, présentation PowerPoint, diagrammes, illustrations, photos, ...) d'organismes présentant des adaptations structurales, comportementales et physiologiques. Exemples : aiguilles d'un cactus, canines d'un animal carnivore comme le loup, changement saisonnier de la couleur du plumage des lagopèdes.

Demander aux élèves de décrire comment chaque organisme est bien adapté à son environnement. Quelle caractéristique spéciale possède chaque espèce, qui augmente ses chances de survivre ou de se reproduire?

En quête***Enseignement direct***

À l'aide d'exemples, faire la distinction entre adaptations comportementales, structurales et physiologiques. Mentionner le mimétisme et le camouflage (aussi appelé homochromie) dans la discussion sur les adaptations structurales.

Recherche par les élèves

Demander aux élèves de faire une recherche individuelle et de préparer un rapport sur une adaptation présente chez une espèce de leur choix. Préciser que ce rapport peut prendre la forme d'une affiche. Chaque élève prépare et présente une affiche décrivant une adaptation trouvée chez une espèce de son choix. L'affiche devrait inclure les points suivants :

- le nom de l'espèce
- une description de l'adaptation
- le type d'adaptation en présence (comportementale, physiologique, structurale)
- une explication de la façon dont cette adaptation permet à l'organisme de mieux s'adapter à son environnement
- une photo, un dessin ou un diagramme de l'organisme

Stratégies d'évaluation suggérées

L'évaluation peut être faite par les pairs. Si désiré, organiser une « galerie de l'évolution », où les élèves pourront circuler et évaluer les affiches au moyen d'un barème. Ce barème devrait être élaboré avec la classe et peut inclure les points suivants :

- présentation visuelle de l'information bien structurée
- présence des éléments requis (nom de l'espèce, photo/dessin/diagramme de l'espèce, type d'adaptation)
- description claire et concise de l'adaptation
- explication claire et concise de la façon dont l'adaptation permet à l'organisme d'être mieux adapté à son environnement

B12-3-05 expliquer comment la sélection naturelle mène à des changements dans des populations,

par exemple le mélanisme industriel, les bactéries résistantes aux antibiotiques, les insectes résistants aux pesticides;

Renseignements pour l'enseignant

Deux exemples bien connus illustrent un mécanisme de sélection naturelle à l'œuvre. Le premier est celui d'une étude faite par H.B. Kettlewell sur l'adaptation par camouflage dans une population de phalènes du bouleau de couleur claire et

de couleur foncée en Angleterre. Le deuxième exemple tient à l'apparition d'une résistance aux antibiotiques chez des bactéries comme *Staphylococcus aureus*.

Le terme « microévolution » est utilisé pour décrire les changements survenant dans une population de la même espèce. Il englobe le processus de sélection naturelle, les variations des fréquences des allèles et les changements qui se produisent au sein de populations au fil du temps. Le mélanisme industriel et l'apparition de bactéries résistantes aux antibiotiques sont des exemples de microévolution.

En revanche, la macroévolution s'entend de profils d'évolution à grande échelle et sur une longue durée dans un grand nombre d'espèces. L'évolution de nouvelles espèces à partir d'un ancêtre commun, comme chez les hémignathes (des oiseaux) d'Hawaï et les pinsons de Darwin, ou leur origine, le rayonnement adaptatif et l'extinction des dinosaures en sont tous des exemples. Les biologistes évolutionnistes d'aujourd'hui ne s'entendent pas sur la mesure dans laquelle les mécanismes de la microévolution peuvent expliquer les profils macroévolutifs (Martin, 2004).

Prévenir les élèves qu'ils doivent éviter de supposer que la sélection naturelle et l'évolution sont des processus qui garantissent un état de perfection chez les organismes. La sélection naturelle agit sur la variation déjà présente au sein d'une espèce; elle ne peut pas entraîner la création de nouvelles structures ou fonctions. Quel que soit le temps passé par un humain à la lumière du jour, il ne pourra jamais fabriquer sa nourriture par photosynthèse.

L'adaptation est le résultat de la sélection naturelle. Les espèces qui sont bien adaptées à leur environnement sont généralement avantagées. Elles survivent et se reproduisent, mais encore une fois, elles ne sont pas parfaites. Si un changement survient dans leur environnement, bon nombre d'individus vont mourir, car ils ne sont plus adaptés à leur nouvel environnement.

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Question d'introduction

Poser les questions suivantes aux élèves :

Avez-vous déjà pris des antibiotiques pour soigner une maladie comme une infection à streptocoques de la gorge ou une amygdalite? Quand vous avez eu l'ordonnance, est-ce que le médecin et le pharmacien vous ont rappelé de prendre tous les antibiotiques prescrits, de ne pas arrêter le traitement même si vous vous sentiez mieux? Pourquoi, à votre avis?

En quête**Démonstration**

Dans cette activité, les élèves deviennent, à leur insu, les sujets d'une démonstration de la sélection naturelle. Inviter les élèves à choisir des bonbons dans un bol et leur laisser le temps de réfléchir aux facteurs qui ont permis la « survie » de certains bonbons. Voir l'annexe 4 : Sélection naturelle dans un bol de bonbons.

Enseignement direct

Utiliser la question d'introduction proposée ci-dessus pour amorcer une discussion sur le développement d'une résistance aux antibiotiques chez des bactéries, un exemple de sélection naturelle à l'œuvre. Discuter avec les élèves le fait qu'une variation de la résistance aux antibiotiques se produit au sein de populations bactériennes. Certaines bactéries présentant peu de résistance aux antibiotiques sont éliminées rapidement en présence de l'antibiotique. Mais certaines survivent et se reproduisent, car elles sont mieux adaptées (plus aptes) à leur environnement. Comme il y a moins de compétition entre les bactéries, les bactéries résistantes se multiplient plus rapidement, rendant inefficace l'antibiotique qui réussissait auparavant à faire diminuer le nombre de bactéries.

En fin**Activité – Legocarnivora**

L'expérience avec *Legocarnivora* simule la sélection naturelle chez un animal fictif. Voir les détails de l'expérience à l'annexe 5a.

Stratégie d'évaluation suggérée

Le corrigé de l'annexe 5a figure à l'annexe 5b. Évaluer si les réponses des élèves sont logiques et exactes.

B12-3-06 décrire comment la sélection naturelle divergente, stabilisatrice et directionnelle agit sur la variation.**Renseignements pour l'enseignant**

La sélection naturelle stabilisatrice, directionnelle et divergente représente des moyens d'influer sur la variation génétique. Si désiré, étoffer la discussion sur les trois types de sélection à l'aide de graphiques et d'exemples.

Sélection stabilisatrice – Favorise les individus présentant une valeur moyenne pour un caractère donné et défavorise les autres ayant une valeur extrême (basse ou élevée). Le poids à la naissance en est un exemple. Jusqu'à tout récemment, les nourrissons qui étaient trop petits ne survivaient généralement pas et ceux qui étaient trop gros mouraient à la naissance.

Sélection directionnelle – Favorise les individus possédant des valeurs pour un caractère donné à une extrémité de la courbe de distribution, et défavorise ceux ayant une valeur moyenne ou situés à l'autre extrémité de la ligne de distribution. Le développement de bactéries résistantes aux antibiotiques est un exemple de sélection directionnelle. Seules les bactéries qui peuvent tolérer la présence d'un antibiotique survivent.

Sélection divergente – Favorise les individus situés aux deux extrémités de la courbe de distribution et défavorise ceux qui ont une valeur moyenne pour ce caractère. On l'appelle aussi sélection diversifiante. La coquille des organismes marins connus sous le nom de patelles (ou berniques) est de couleur blanche à brun foncé. Les patelles de couleur sombre fixées à des rochers également foncés dans l'océan et les patelles pâles fixées à des rochers de couleur claire ont tendance à être moins visibles par les prédateurs et ont de meilleures chances de survie. En revanche, les patelles de couleur intermédiaire (brun pâle) sont faciles à repérer pour les prédateurs. La couleur intermédiaire est donc désavantagée sur le plan de la sélection naturelle.

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Démonstration

Demander aux élèves de se grouper deux par deux et de mesurer leur taille, arrondie aux 5 cm près. (p. ex., 1,60 m, 1,85 m). En plénière, déterminer ensemble la taille maximum et la taille minimum de la classe. Dessiner une ligne continue au tableau noir, avec la taille minimum et la taille maximum indiquées aux deux extrémités. Entre ces deux points, indiquer les tailles intermédiaires au tableau. Demander aux élèves de se tenir en face du point correspondant à leur taille. S'il y a plus d'un élève ayant la même taille, les faire placer en rang devant ce point. Une fois les élèves placés, dessiner une courbe, qui devrait être en forme de cloche. Cette courbe représente la variation de taille entre les élèves de la classe.

En quête

Expérience – Longueur des haricots secs

L'expérience sur la variation examine les différences observables dans un caractère. Inviter les élèves à mesurer la longueur des haricots secs et de représenter graphiquement les résultats de la classe.

Voir les détails de l'expérience à l'annexe 6.

Stratégie d'évaluation suggérée

Évaluer si les réponses des élèves sont logiques et exactes.

Enseignement direct

À l'aide de graphiques et d'exemples, illustrer les effets de la sélection stabilisatrice, directionnelle et divergente sur une population. Souligner que la

sélection stabilisatrice tend à garder la fréquence des allèles relativement constante, ce qui limite l'évolution. C'est pourquoi des espèces comme la coquerelle (blatte) et le requin sont restées stables pendant des millions d'années.

Souvent, la sélection directionnelle se produit quand un changement dans l'environnement favorise un phénotype extrême. Le changement progressif de coloration de la phalène du bouleau en Grande-Bretagne (mélanisme industriel) s'est produit à cause de la pollution atmosphérique. Graduellement, la fréquence de l'allèle de la forme foncée a augmenté dans la population de phalènes du bouleau.

La sélection divergente mène à la formation de sous-populations distinctes. Après un certain temps, la fréquence des allèles dans les sous-populations peut changer à tel point que les deux groupes ne sont plus capables de s'interféconder.

Étude de cas

Voir l'étude de cas à l'annexe 7 – Où sont passés tous les trèfles à quatre feuilles?

Stratégie d'évaluation suggérée

Le corrigé de l'annexe 7 figure à l'annexe 7b. Évaluer si les réponses des élèves sont logiques et exactes.

B12-2-07 faire la distinction entre la sélection naturelle et la sélection artificielle;

Renseignements pour l'enseignant

La sélection naturelle et la sélection artificielle sont deux mécanismes de changement dans le fonds génétique d'une population. La principale différence est que dans la sélection artificielle, les humains s'assurent que les individus ayant les caractères les plus souhaitables puissent se reproduire. Dans la sélection naturelle, seuls les individus qui sont les mieux adaptés à leur environnement survivent et se reproduisent.

La sélection artificielle est une forme d'accouplement non aléatoire, l'une des causes de changement dans un patrimoine génétique. Pendant des siècles, les éleveurs ont utilisé la variation naturelle dans une population pour apparier sélectivement des plantes ou animaux qui représentent le mieux les propriétés qu'ils voulaient conserver dans les générations futures, comme des vaches produisant plus de lait, des arbres fruitiers aux fruits qui mûrissent plus tôt, du blé qui produit davantage, des chevaux qui courent plus vite. Charles Darwin a été capable d'utiliser la sélection artificielle comme modèle de changement dans la nature (c.-à-d. la sélection naturelle).

Les élèves savent probablement déjà ce qu'est la sélection artificielle dans l'élevage des chiens et des chats. Certains connaissent peut-être des variétés de fruits et de légumes, ou des races d'animaux domestiques (chevaux, vaches, poules ...).

Les nombreuses variétés de *Brassica oleracea* (brocoli, chou-fleur vert, chou-fleur, chou, chou de Bruxelles, chou vert et chou-rave) sont toutes dérivées de la moutarde sauvage par voie de sélection artificielle. Voir la démonstration plus détaillée dans le résultat d'apprentissage B12-4-02.

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Démonstration

Fournir aux élèves des échantillons de différents types de courges d'hiver : courge reine-de-table, courge musquée, courge verte de Hubbard, citrouille et courge spaghetti. Tous font partie de la même espèce, *Curcubita maxima*. Demander aux élèves d'expliquer comment, à leur avis, les humains ont réussi à produire autant de variétés différentes de courges d'hiver.

En quête

Conférencier invité

Inviter un producteur local de plantes ou d'animaux à venir en classe. Suggérer aux élèves de préparer à l'avance des questions qu'ils poseront à l'invité, par exemple : Quel type de plantes ou d'animaux produisez-vous? Pour quels types de caractères vos plantes ou animaux sont-ils produits? Quelles pratiques d'élevage sélectif utilisez-vous pour vos animaux? Comment faites-vous pour faire multiplier vos plantes?

Visite sur place

Visiter une station de recherche sur les végétaux, un horticulteur ou un éleveur local qui fera la démonstration des caractères choisis dans une plante ou chez un animal et les pratiques d'élevage sélectif utilisées.

Rapport de recherche

Demander aux élèves de choisir chacun pour soi une race, une variété ou un cultivar en particulier et de faire une recherche sur cet organisme. Exemples d'organismes : chat siamois, vache Hereford, rosier hybride de thé, épagneul cocker, blé de force roux de printemps. Préciser que les rapports doivent inclure le nom de la race/variété ou du cultivar, les caractères ou traits qui en font la particularité et une illustration ou photo représentative de cet organisme. Si désiré, préparer une grille d'évaluation avec les élèves.

Stratégie d'évaluation suggérée

Évaluer les rapports selon les critères développés avec les élèves.

Ressources

Le Centre de recherches sur les céréales est l'un des 19 établissements de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. Ses installations sont situées à Winnipeg et à Morden. Pour plus de détails, consulter le site Web <http://res2.agr.ca/Winnipeg>.

B12-3-08 décrire brièvement comment les scientifiques déterminent si un pool génique a changé, selon les critères de l'équilibre génétique, entre autres grande population, accouplement aléatoire, absence de flux génétique, absence de mutation, absence de sélection naturelle;

Renseignements pour l'enseignant

Le principe de Hardy-Weinberg correspond à un modèle mathématique portant sur la fréquence des allèles dans un pool génique. Si la fréquence des allèles ne varie pas dans une population au cours des générations successives, il n'y a pas d'évolution et la population est en équilibre. Pour que l'équilibre soit maintenu, plusieurs conditions doivent être présentes, à savoir :

1. absence de mutation, donc pas de changement dans les allèles;
2. absence d'immigration et d'émigration, sinon il y aurait altération du pool génique;
3. population nombreuse, pour que les changements ne surviennent pas seulement de façon aléatoire;
4. toute la reproduction doit se faire de façon totalement aléatoire pour qu'une forme de l'allèle ne soit pas privilégiée au détriment de l'autre;
5. toutes les formes de l'allèle doivent se reproduire aussi bien pour qu'il n'y ait pas de sélection naturelle.

Comme il est pratiquement impossible de satisfaire à toutes ces conditions, la fréquence des allèles varie dans les populations, donc il y a évolution. Le principe de Hardy-Weinberg sert également à expliquer pourquoi les génotypes d'une population ont tendance à demeurer les mêmes, et à déterminer la fréquence d'un allèle récessif.

Présenter aux élèves les conditions requises pour maintenir l'équilibre génétique avant d'amorcer une discussion sur l'équation de Hardy-Weinberg. Souligner le fait qu'il est pratiquement impossible de remplir toutes ces conditions, donc la fréquence allélique varie et il y a évolution au sein des populations.

La principale application du principe de Hardy-Weinberg dans la génétique des populations se fait dans le calcul des fréquences d'allèles et de génotypes dans une population. C'est le moyen qui permet de déterminer les variations de fréquence allélique et leur taux de changement. Aider les élèves à faire des

calculs sur la génétique des populations.

[\[http://fr.wikipedia.org/wiki/Principe_de_Hardy-Weinberg\]](http://fr.wikipedia.org/wiki/Principe_de_Hardy-Weinberg)

Microévolution ou principe de Hardy-Weinberg

http://www.defl.ca/~debloisj_dev/evolution/contenu/evolution13.html

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Démonstration

Souvent, les élèves se demandent pourquoi les allèles récessifs ne disparaissent pas d'une population. Si désiré, utiliser la démonstration ci-dessous pour illustrer la fréquence d'un allèle récessif.

Les lobes d'oreille détachés sont le résultat d'un gène dominant (E), tandis que les lobes attachés sont dus à un gène homozygote récessif (ee). Faire un sondage pour déterminer le nombre d'élèves qui ont les lobes d'oreilles détachés et le nombre d'élèves avec des lobes d'oreilles attachés.

- Données de l'échantillon : 15 élèves ont des lobes détachés, et 5 ont les lobes attachés

Déterminer la fréquence de l'allèle récessif à partir de la fréquence des individus homozygotes pour l'allèle récessif (q^2).

- Données de l'échantillon : 5/20 élèves (25 % ou 0,25) sont ee (c.-à-d. q^2). La fréquence de l'allèle récessif est la racine carrée de 0,25, soit 0,50 (c.-à-d. q). Rappeler aux élèves que tous les calculs sont faits en utilisant les proportions, et non les pourcentages.

Déterminer la fréquence de l'allèle dominant suivant la formule $p + q = 1$.

- Données de l'échantillon : la fréquence de l'allèle dominant est donc de $1 - 0,50$ ou 0,50. (c.-à-d. $1 - q = p$)

Déterminer la fréquence des individus homozygotes pour l'allèle dominant (p^2).

- Données de l'échantillon : $(0,50)^2 = 0,25$

Déterminer la fréquence des individus hétérozygotes ($2pq$).

- Données de l'échantillon : $2(0,50)(0,50) = 0,50$

Vérifier les calculs à l'aide de l'équation de Hardy-Weinberg ($p^2 + 2pq + q^2 = 1$).

- Données de l'échantillon : $0,50^2 + 2(0,50)(0,50) + q^2 = 1$

Discuter de la façon dont cet exemple illustre à quelle fréquence un gène récessif peut survenir dans une population, bien que le nombre d'individus homozygotes récessifs soit assez faible.

En quête

Enseignement direct

Présenter aux élèves les calculs des fréquences alléliques et génotypiques d'après l'équation de Hardy-Weinberg.

Dans une population stable, la fréquence des allèles égale 1.

On peut exprimer ainsi : $p + q = 1$, où :

p = fréquence de l'allèle dominant

q = fréquence de l'allèle récessif

La distribution de l'allèle responsable de la drépanocytose (anémie falciforme) peut être utilisée comme exemple pour les calculs. Dans certaines régions de l'Afrique, la fréquence de l'allèle récessif de la drépanocytose est de 0,3. La fréquence de l'allèle de l'hémoglobine normale se calcule donc comme suit : $1 - 0,3 = 0,7$.

Utiliser les données ci-dessus pour illustrer l'équation de Hardy-Weinberg ($p^2 + 2pq + q^2 = 1$) où :

p^2 = fréquence des individus homozygotes pour l'allèle dominant
 q^2 = fréquence des individus homozygotes pour l'allèle récessif

$2(0,70)(0,3) = 0,42 = Ss$ (42 % de la population)
 $0,3^2 = 0,09 = ss$ (9 % de la population atteinte de drépanocytose)
 $0,49 + 0,42 + 0,09 = 1$

D'après ces calculs, on peut déterminer que malgré le pourcentage relativement faible d'individus (9 %) dans la population qui sont atteints de drépanocytose, l'allèle récessif est largement distribué dans la population. En fait, 51 % des habitants de ces régions sont porteurs d'au moins un allèle de la drépanocytose. On peut se servir de cet exemple pour illustrer pourquoi les allèles récessifs ne disparaissent pas d'une population, même si le nombre d'individus ayant la condition homozygote récessive est très bas.

Stratégies d'évaluation suggérées

Diverses activités de laboratoire intègrent l'équation de Hardy-Weinberg dans leurs simulations de la génétique des populations. Consulter les ouvrages scientifiques et manuels de laboratoire ou l'Internet pour en apprendre davantage. Évaluer si les rapports de laboratoire des élèves sont exacts et si leurs réponses sont correctes.

En fin

Billet de sortie

Poser la question suivante aux élèves :

Certains pensent que l'allèle dominant d'un gène devrait augmenter constamment de fréquence dans une population et rejeter rapidement l'allèle récessif. Utiliser le principe et/ou l'équation de Hardy-Weinberg pour expliquer pourquoi cette idée est fautive. Quelles sont les fausses hypothèses qui pourraient être à l'origine de cette erreur?

Stratégie d'évaluation suggérée

Évaluer si les réponses des élèves sont logiques et exactes. Réponses possibles :

- Les gens peuvent supposer que parce que quelques individus seulement présentent le phénotype récessif, l'allèle récessif est rare.

- L'équation de Hardy-Weinberg permet de démontrer dans quelle mesure un allèle récessif peut être répandu dans une population, même s'il n'y a que peu d'individus qui présentent le phénotype récessif.
- Les grandes populations sont relativement stables du point de vue génétique et il n'y a pas de grandes variations dans les fréquences d'allèles d'une génération à l'autre.

B12-3-09 discuter de la façon dont la variation génétique dans un pool génique peut être modifiée,

par exemple la sélection naturelle, le flux génétique, la dérive génétique, l'accouplement non aléatoire, la mutation;

Renseignements pour l'enseignant

- La sélection naturelle influe sur les variations dans une population car les individus les plus aptes survivent et se reproduisent, transmettant leurs gènes aux générations successives.
- Les migrations entrantes et sortantes d'individus d'une population influent sur les fréquences alléliques et donc sur le flux génétique.
- Les changements dans le pool génique d'une petite population qui sont dus au hasard entraînent une dérive génétique. L'effet de goulot d'étranglement est une forme de dérive génétique qui résulte de l'extinction quasi complète d'une population. L'effet fondateur représente une forme de dérive génétique où un petit nombre d'individus colonisent un nouveau secteur. Dans les deux cas, la fréquence des allèles peut changer de façon spectaculaire.
- Chez les animaux, l'accouplement non aléatoire (dirigé) est plus souvent le cas puisque le choix des partenaires joue souvent un rôle important dans le comportement (p. ex., parade nuptiale). Bien des plantes s'autopollinisent, ce qui est une forme d'autofécondation ou de reproduction non aléatoire.
- Les mutations, bien que rares, se produisent constamment. Elles sont la source de nouveaux allèles, ou de variations qui peuvent enclencher une sélection naturelle.

Dans le résultat d'apprentissage B12-3-08, les élèves apprennent les conditions requises pour maintenir l'équilibre génétique. S'assurer qu'ils comprennent comment les fréquences alléliques changent dans les populations étant donné qu'il est pratiquement impossible d'avoir ces conditions présentes en même temps. Utiliser ce point pour lancer la discussion sur la façon dont la variation génétique peut altérer un pool génique.

Stratégies d'enseignement suggérées**En tête*****Remue-ménages***

Demander aux élèves de se rappeler les cinq conditions requises pour maintenir l'équilibre génétique (voir les détails dans le résultat d'apprentissage B12-3-08). Sachant qu'il est pratiquement impossible de satisfaire à toutes ces conditions, inviter les élèves à proposer des situations/événements qui peuvent altérer le pool génique. Par exemple, l'immigration et l'émigration pourraient jouer au niveau de la condition liée à l'absence de flux génétique.

En quête***Enseignement direct***

On connaît bon nombre d'exemples de l'effet fondateur dans les populations humaines, notamment la tyrosinémie dans la région du Saguenay-Lac Saint-Jean au Québec (voir le résultat d'apprentissage B12-1-08, Étude de cas : la mort de bébé Pierre), la myopathie des ceintures chez les Huttérites du Manitoba, la rétinite pigmentaire dans l'île de Tristan da Cunha, et la chondrodysplasie ou maladie d'Ellis-van Creveld dans la communauté amish de Pennsylvanie. Utiliser les diagrammes et l'équation de Hardy-Weinberg pour démontrer comment les fréquences d'allèles dans une population fondatrice peuvent évoluer différemment de la population parente.

Étude de cas

Voir l'annexe 8a, qui présente une étude de cas sur la grue blanche intitulée Goulot d'étranglement dans une population/espèce menacée.

Stratégie d'évaluation suggérée

Le corrigé de l'annexe 8a figure à l'annexe 8b. Évaluer si les réponses des élèves sont logiques et exactes.

Ressources

Pour plus de détails sur la grue blanche, consulter le site d'Environnement Canada au <http://www.mb.ec.gc.ca/nature/endspecies/whooping/index.fr.html>.

Dérive génétique.

http://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9rive_g%C3%A9n%C3%A9tique

Sélection naturelle. http://fr.wikipedia.org/wiki/S%C3%A9lection_naturelle

L'évolution des populations.

http://www.bio.espci.fr/scolarité/c_BIO/evol/evol2.htm

B12-3-10 décrire comment une population peut devenir isolée sur le plan reproductif,

par exemple isolement géographique, différenciation de niche, comportement modifié, physiologie modifiée;

Renseignements pour l'enseignant

Lorsqu'une partie de la population devient isolée géographiquement de la population mère, il peut se produire une spéciation allopatrique. L'isolement géographique peut survenir à cause de la formation d'obstacles physiques comme des montagnes, des canyons, l'élévation du niveau de la mer, la formation de glaciers. L'obstacle physique empêche le flux génétique entre les deux populations. Si les deux populations sont soumises à des pressions de sélection naturelle différentes, la fréquence des allèles sera modifiée. Les deux populations peuvent accumuler des différences génétiques substantielles si bien qu'elles peuvent devenir isolées sur le plan de la reproduction et sont incapables de s'interféconder, d'où l'établissement de deux espèces distinctes.

Quand le flux génétique entre les membres d'une population est limité à cause de l'isolement géographique (différenciation des niches), une spéciation sympatrique peut se produire. Certains membres d'une population peuvent s'adapter davantage à un habitat légèrement différent dans un écosystème, et commencer à se spécialiser dans cet habitat. Les différentes pressions sélectives dans les deux habitats induisent des variations génétiques dans les organismes. Les deux populations deviennent isolées génétiquement et deux espèces distinctes voient le jour, malgré l'absence d'obstacles physiques pouvant causer le fractionnement de la population.

Les altérations du comportement peuvent mener à un isolement sur le plan de la reproduction. Advenant qu'un groupe de mammifères nocturnes deviennent actifs durant la journée, ils ne pourraient plus s'interféconder avec leurs semblables qui sont actifs la nuit. La mutation chromosomique peut aussi induire un isolement au niveau de la reproduction. Une anomalie du processus de la méiose d'une plante peut mener à la polyploïdie (formation de multiples copies de chromosomes). Comme les plantes peuvent se reproduire par multiplication asexuée et s'autopolliniser, le nouveau polyploïde peut se reproduire, même s'il est isolé génétiquement de ses parents.

Si désiré, discuter avec les élèves de la définition d'espèce. (Voir les résultats d'apprentissage B12-4-01 et B12-4-02, qui présentent d'autres informations). Le biologiste évolutionniste Ernst Mayr définissait une espèce comme étant une communauté reproductrice de populations (isolées les unes des autres du point de vue génétique) qui occupent chacune une niche écologique particulière dans la nature.

Stratégies d'enseignement suggérées**En tête*****Les pinsons de Darwin***

Obtenir des illustrations ou diagrammes de certains des quatorze pinsons des îles Galapagos montrant leur bec, et recueillir des données sur le régime alimentaire de chacune des espèces illustrées. Demander aux élèves de tenter d'expliquer l'évolution de ces différences par rapport à l'espèce d'origine.

En quête***Activité Jigsaw***

Diviser la classe en quatre groupes. Assigner à chaque groupe d'élèves un stade particulier du processus de spéciation allopatrique (stade 1 : deux populations avec un flux génétique normal, stade 2 : le flux génétique est bloqué par un obstacle géographique, stade 3 : les différences génétiques s'accumulent, stade 4 : les deux populations sont isolées sur le plan génétique).

Inviter ensuite chaque groupe à faire une recherche sur les caractéristiques et les événements correspondant à son stade, et à préparer un résumé.

Reformer les groupes de façon que chaque nouveau groupe compte un élève expert de chacun des groupes précédents. Inviter chaque expert à partager son résumé avec les membres de son nouveau groupe. Ainsi, tous les élèves de la classe recevront les sommaires de tous les groupes. S'il y a des copies papier qui sont fournies, les experts doivent être prêts à discuter des points importants de leur résumé.

Enseignement direct

Utiliser des exemples réels ou hypothétiques pour compléter une discussion sur le processus de différenciation des espèces (spéciation). Rappeler aux élèves qu'il y a apparition de nouvelles espèces quand des membres d'une population deviennent isolés les uns des autres sur le plan de la reproduction et qu'ils ne peuvent plus s'interféconder et produire des hybrides féconds dans leur environnement naturel.

Stratégies d'évaluation suggérées

Fournir aux élèves la liste suivante de termes clés relatifs à la spéciation : population, pool génique, spéciation, isolement sur le plan de la reproduction, adaptation, interféconder, espèce, sélection.

Demander aux élèves d'utiliser les termes clés et tout autre qu'ils veulent ajouter pour créer un schéma conceptuel illustrant le processus de la spéciation.

Suggérer aux élèves d'articuler leur schéma conceptuel autour du type de spéciation (p. ex., allopatrique, sympatrique) ou d'un exemple réel ou hypothétique (les pinsons de Darwin, l'isolement géographique dû à la formation d'une mer intérieure, ...).

Permettre aux élèves d'utiliser un logiciel tel que Inspiration^{MC} pour créer le schéma conceptuel. Évaluer si la disposition et les liens des schémas conceptuels sont logiques, et si les termes sont utilisés à bon escient.

Ressources

[\[http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosevol/decouv/articles/chap5/veuille.html\]](http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosevol/decouv/articles/chap5/veuille.html) Site intéressant sur le sujet

B12-3-11 à l'aide d'exemples, faire la distinction entre l'évolution convergente et l'évolution divergente (rayonnement adaptatif);

Renseignements pour l'enseignant

L'évolution divergente (aussi appelée rayonnement adaptatif) est le processus par lequel une espèce ancestrale donne naissance à un certain nombre de nouvelles espèces adaptées à des conditions environnementales différentes. Cela se produit souvent quand une espèce colonise un nouvel environnement dans lequel il y a des niches écologiques inoccupées. Par exemple, le rayonnement adaptatif des hémignathes d'Hawaï et des pinsons de Darwin s'est produit sur des îles. Dans d'autres cas, le rayonnement adaptatif se déroule après l'extinction de beaucoup d'espèces. Une augmentation rapide du nombre d'espèces de mammifères s'est produite après l'extinction massive des dinosaures.

L'évolution convergente est le processus par lequel différents organismes qui vivent dans des habitats similaires deviennent plus semblables en apparence et en comportement. Comme ils subissent des pressions environnementales similaires, ces organismes développent des structures analogues. Par exemple, les dauphins et les requins vivent tous dans l'eau et utilisent leur queue pour se propulser. Mais malgré leur ressemblance, la queue des dauphins n'a pas la même origine que celle des requins. Les requins bougent la queue latéralement, tandis que les dauphins battent de la queue verticalement. De même, les ailes de la chauve-souris, du papillon et des oiseaux sont des structures analogues.

Faire la distinction entre structures homologues et structures analogues, à l'aide d'illustrations ou de diagrammes. Les structures homologues sont des preuves d'évolution car elles indiquent une parenté avec un ancêtre commun. Les structures analogues fournissent également des preuves d'évolution puisqu'elles montrent à quel point des organismes dissemblables peuvent s'adapter de façon indépendante à des environnements similaires.

Stratégies d'enseignement suggérées**En tête****Question d'introduction**

Rappeler aux élèves la signification du terme homologue, comme dans chromosomes homologues. Poser les questions suivantes aux élèves :

- *Que signifie homologue dans ce cas?* (Chromosomes similaires ou apparentés)
- *D'après vos connaissances sur les chromosomes homologues, pouvez-vous dire ce que signifie l'expression « structures homologues »?* (Structures similaires ou apparentées chez divers organismes, par exemple, le bras chez l'humain, l'aile de l'oiseau, les pattes antérieures du chien).
- *Que signifie le terme analogue?* (Similitude partielle, correspondance quelconque).
- *Pouvez-vous dire à quoi l'expression « structures analogues » s'applique?* (Structures correspondantes par leur fonction, mais non apparentées par leur origine, par exemple, l'aile du papillon et celle de l'oiseau).

En quête**Démonstration**

Obtenir des spécimens d'ailes d'oiseaux (dindon, poulet, canard ...) et des spécimens d'ailes d'insectes (papillons, papillons de nuit...). Utiliser les ailes d'oiseaux pour illustrer des structures homologues. Décrire la structure et la fonction d'une aile d'oiseau et demander aux élèves de reconnaître les structures homologues dans les ailes de divers oiseaux.

Présenter les ailes d'insectes. Décrire la structure et la fonction de l'aile d'un insecte et demander aux élèves d'indiquer les structures homologues dans les ailes de divers insectes. Souligner le fait que les structures homologues sont des preuves que les organismes ont évolué à partir d'un ancêtre commun. Les différences entre les structures homologues résultent d'adaptations à différents environnements.

Inviter les élèves à comparer les ailes d'oiseaux avec des ailes d'insectes. Leur faire remarquer qu'elles ont une fonction similaire, mais que leurs structures diffèrent. Les ailes d'oiseaux et d'insectes sont des structures analogues. Elles n'ont pas d'ancêtre commun, mais elles ont des fonctions semblables. Les structures analogues sont le résultat d'adaptations à des environnements similaires.

Enseignement direct

Comparer évolution divergente et convergente en mettant l'accent sur les principales différences entre les deux mécanismes. Intégrer des exemples à la discussion.

Rapport de recherche

Proposer aux élèves de chercher des exemples de structures homologues et analogues et de préparer un rapport écrit. Préciser que ce rapport doit contenir :

- des exemples de deux organismes qui ont une structure homologue,
- une description de la structure homologue,
- une explication indiquant en quoi la différence de structure représente une adaptation à un environnement différent,
- un exemple d'organisme doté d'une structure analogue à l'une des structures homologues,
- une description de la structure analogue,
- une explication indiquant en quoi la similitude de fonction est une adaptation à un environnement similaire.

Stratégies d'évaluation suggérées

Développer des critères d'évaluation avec les élèves et évaluer les rapports selon ces critères.

B12-3-12 faire la distinction entre les deux modèles sur la vitesse du changement évolutif, soit l'équilibre intermittent et le gradualisme;**Renseignements pour l'enseignant**

Le gradualisme correspond à une évolution lente et graduelle sur une longue période. Lentement, les populations se différencient les unes des autres en raison de diverses pressions sélectives. Ces changements débouchent sur des formes transitoires observées dans les fossiles. Comme exemple d'évolution par rapport aux fossiles, mentionnons celui des trilobites.

L'équilibre intermittent décrit le profil de longues périodes de stabilité, où les espèces ne changent presque pas. Ces périodes sont interrompues (ponctuées) par de courtes périodes d'évolution rapide entraînant bientôt la formation d'une nouvelle espèce. L'évolution est stimulée par un changement soudain dans l'environnement. Les études sur les fossiles montrent que des extinctions massives ont souvent été suivies par des poussées soudaines d'évolution (p. ex., l'extinction des dinosaures au Crétacé, qui a précédé l'augmentation rapide d'espèces mammifères).

Discuter avec les élèves du fait que la théorie de l'évolution continue d'être peaufinée et enrichie à mesure que nos connaissances en biologie s'accumulent. Le débat sur le gradualisme par opposition à l'équilibre intermittent n'est qu'un exemple de « l'évolution » de la théorie de l'évolution.

La nouvelle synthèse moderne de la théorie de l'évolution (parfois appelée néo-darwinisme) présente des constatations tirées d'observations en génétique, en biologie des populations, en paléontologie et plus récemment, en biologie

évolutive et développementale (évo-dévo). Parmi les principaux chercheurs à l'origine de ce mouvement, mentionnons les suivants :

- Theodosius Dobzhansky (1900-1975) est l'un des biologistes ayant forgé la théorie moderne de l'évolution, qui combine génétique et évolution. Son travail se distingue pour la définition d'évolution comme étant une variation de la fréquence d'un allèle dans un pool génétique. Ce biologiste est célèbre pour avoir déclaré que : « Rien n'a de sens en biologie, si ce n'est à la lumière de l'évolution » (1973).
- Ernst Mayr (1904-2005) fait partie des biologistes à l'origine de la théorie moderne de l'évolution intégrant génétique et évolution. Parmi ses réalisations, mentionnons l'élaboration du concept d'espèce biologique et d'un mécanisme de spéciation péripatrique.
- Niles Eldredge (1943-présent) et Stephen Jay Gould (1941-2002) ont proposé la théorie de l'équilibre intermittent, selon laquelle les changements observés chez une espèce peuvent survenir assez rapidement, séparés par de longues périodes sans changement important (équilibre).

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Remue-méninges

Présenter le sujet en posant les questions suivantes aux élèves.

- *Vous êtes-vous déjà demandé si l'évolution se fait rapidement?*
- *Est-ce que l'évolution se fait toujours au même rythme, tout le temps?*

Mentionner que selon les études de fossiles, certains groupes d'organismes semblent n'avoir aucunement changé pendant des millions d'années. Inviter les élèves à réfléchir au fait que le rythme de l'évolution chez certains organismes comme la coquerelle, le requin et la prêle (*Equisetum sp.*, un type de plante) est si lent, et à tenter d'expliquer pourquoi. Réponses possibles :

- une sélection stabilisatrice tend à garder la fréquence des allèles relativement constante, ce qui limite l'évolution
- les conditions environnementales restent assez constantes
- un petit nombre de mutations chromosomiques sont survenues

Faire remarquer aux élèves que les études sur les fossiles montrent que certains groupes d'organismes semblent avoir fait l'objet d'épisodes de différenciation rapide. Leur demander de réfléchir aux raisons pouvant expliquer cette évolution si rapide, et de formuler certaines explications sur le sujet. Exemples : le rayonnement adaptatif chez les pinsons des îles Galapagos, l'explosion des phylums d'animaux à la période cambrienne, la multiplication des espèces de mammifères durant l'ère tertiaire. Réponses possibles :

- dérive génétique dans une petite population isolée
- extinction massive de bien des formes de vie (p. ex., dinosaures)

- changements rapides des conditions environnementales (p. ex., collision avec un météore, période de glaciation)
- exploitation de nouvelles niches écologiques (par suite d'une extinction ou par colonisation)

En quête

Enseignement direct

À l'aide d'illustrations, faire la différence entre les deux modèles portant sur le rythme des changements évolutifs. Souligner le fait qu'il s'agit de modèles extrêmes. La majorité des biologistes évolutionnistes estiment que certains aspects des deux modèles surviennent durant l'histoire de l'évolution d'une espèce. À certains stades, on assiste à une évolution graduelle due à la sélection stabilisatrice et à des conditions environnementales constantes. À d'autres moments, il se produit une dérive génétique, une sélection directionnelle, des changements soudains dans l'environnement ou une coévolution, qui peuvent tous déboucher sur des changements rapides.

En fin

Poser les questions suivantes aux élèves :

Comment les défenseurs de l'équilibre intermittent expliquent-ils la rareté des formes transitoires (les chaînons manquants) dans les études sur les fossiles? Comment leur explication diffère-t-elle de celle proposée par les partisans du gradualisme?

Stratégies d'évaluation suggérées

Évaluer si les réponses des élèves sont logiques et exactes. Réponses possibles :

- Les partisans de l'équilibre intermittent soutiennent qu'il manque des formes transitoires entre deux espèces à cause de la rapidité du phénomène d'évolution (sur une courte période).
- Les gradualistes pensent qu'il manque des formes transitoires d'organismes (ou chaînons manquants) entre les espèces dans les études sur les fossiles parce que ces formes sont rares.

Ressources

La vie est belle : les surprises de l'évolution par Stephen Jay Gould (1990) renferme une description des fossiles des schistes de Burgess en Colombie-Britannique. Gould présente ensuite une analyse des fossiles afin d'appuyer sa théorie de l'équilibre intermittent.

Schistes de Burgess. http://fr.wikipedia.org/wiki/Schistes_de_Burgess

Le schiste de Burgess. http://paleo.logie.free.fr/burgess/schiste_burgess.htm

Annexes

Annexe 1 : L'histoire de Charles Darwin

L'histoire de Charles Darwin est fascinante. Bien qu'il soit associé à l'étude de la biologie, ce chercheur était en fait diplômé en théologie de l'Université de Cambridge. Il avait commencé des études en médecine, mais décida de changer d'orientation quand il se rendit compte qu'il ne pouvait supporter la vue du sang.

En fait, Darwin s'intéressait à l'histoire naturelle. Il aimait faire des randonnées en forêt, observer la nature, ramasser et classer des spécimens de plantes et d'insectes. Un jour, John Henslow, botaniste qui accompagne Darwin dans ses randonnées, le recommande à Robert Fitzroy, capitaine du *HMS Beagle*, comme compagnon de voyage. En 1831, le *Beagle* largue les amarres avec Charles Darwin à son bord.

Durant cinq ans, Darwin observe et recueille des spécimens géologiques et biologiques tout au long de son voyage. Les lettres et spécimens qu'il envoie chez lui pendant ce temps font de lui un botaniste reconnu et respecté. À son retour en Angleterre, Darwin passe un certain nombre d'années à compiler ses données et à classer ses spécimens. Il acquiert la conviction que les espèces peuvent se transformer au fil du temps. Après avoir lu Malthus en 1838 au sujet des conséquences de la surpopulation, il lui vient un éclair de génie. Il propose un mécanisme de l'évolution – la sélection naturelle.

Darwin rédige deux manuscrits (en 1842 et en 1844) où il expose sa théorie, mais il ne veut pas les publier, ne montrant ses manuscrits qu'à des amis fidèles. Pourquoi Darwin hésitait-il à publier les résultats de ses travaux? Darwin savait que ses idées soulèveraient la controverse et qu'elles pourraient être perçues comme venant en contradiction avec les enseignements religieux de l'époque. Mais ce n'était pas la principale raison de sa réticence à publier. Darwin reconnaissait que sa théorie comportait deux volets principaux qui étaient problématiques en ces temps-là. Il était incapable d'expliquer l'origine de la variation dans les populations qui débouchait sur la sélection naturelle, ainsi que le mécanisme de la transmission de variations d'une génération à l'autre.

Au milieu des années 1850, Alfred Russell Wallace en vient aux mêmes conclusions que Darwin, d'après ses observations en Indonésie. Il écrit un article et l'envoie à Darwin pour que celui-ci le révise. Ce geste incite Darwin à accepter de publier enfin sa théorie. En 1858, Charles Lyell présente l'essai de 1844 de Darwin et l'article de Wallace au public. Darwin publie son ouvrage *On the Origin of Species by Means of Natural Selection* en 1859. Le livre présente une argumentation solide pour appuyer la théorie de la sélection naturelle, fondées sur une somme considérable de données probantes.

Annexe 2 : Stratégie PPPST – rédaction créativeIntroduction

Imagine que tu joues le rôle de Charles Darwin durant son voyage de cinq ans sur le *Beagle*. Ton périple t'amène dans une foule de lieux nouveaux et tu vois plein de choses fascinantes. Chaque fois que tu fais escale, tu envoies des lettres et des notes chez toi, à ta famille et à tes amis. Choisis une région que tu viens de visiter et envoie une carte postale de 100 mots à un ami, décrivant tes observations et réflexions sur ce que tu as vu à cet endroit.

Voici quelques conseils pour démarrer.

- Rappelle-toi que Darwin a formulé sa théorie de l'évolution par voie de sélection naturelle après son retour de voyage.
- Rédige ta carte postale dans un style clair et concis.
- Indique le nom de la région d'où tu écris (p. ex., Tasmanie, îles Galapagos, Patagonie)
- Ajoute au moins une observation et une question ou pensée qui t'est venue à l'esprit à partir de tes observations.

Toutes les cartes postales seront accrochées à la carte du monde, retraçant le voyage du *Beagle*.

Critères d'évaluation

- Format (carte postale, longueur requise)
- Contenu scientifique (observations, question/réflexion, région)
- Qualité linguistique (orthographe, grammaire, terminologie appropriée)

Commentaires :

Annexe 3 : Simulation de sélection naturelle

Aperçu : Demander aux élèves de modéliser la sélection naturelle en utilisant divers outils pour « saisir les aliments ».

Matériel :

- grand sac de haricots secs (p. ex., haricots communs, haricots de Lima ou haricots verts)
- plateau à dissection
- pinces à linge
- aiguilles à tricoter
- cuillères de plastique
- pinces à épiler
- petits béciers ou boîtes de Pétri

Introduction : (à lire aux élèves)

Sur une lointaine planète dans une galaxie à des milliards d'années lumière vivent des créatures étranges appelées fofous. Tous les fofous se nourrissent de haricots, mais ils n'ont pas tous le même genre de bouche. Certains fofous ont la bouche en forme de pince à linge (montrer comment utiliser la pince à linge pour attraper les haricots), d'autres en forme d'aiguilles à tricoter (démonstration) et le reste, en forme de pince à épiler (démonstration). Un jour, on découvre un nouveau type de fofou avec la bouche en forme de cuillère (démonstration). Ces fofous sont assez rares. Dans cette activité, chacun de vous jouera le rôle d'un fofou de cette planète et devra attraper des haricots pour se nourrir.

Marche à suivre :

- Fournir à chaque groupe de 3 ou 4 élèves un plateau à dissection contenant 100 haricots séchés, et donner à chaque élève un outil et un petit bécier ou une boîte de Pétri. Ne donner que deux ou trois cuillères à la classe durant l'essai initial et distribuer les pinces à linge, les aiguilles à tricoter et les pinces à épiler aux autres élèves. Prévenir les élèves qu'ils ne doivent pas tricher et doivent utiliser l'outil comme dans la démonstration.
- Dire aux élèves qu'il y aura quatre essais, et que dans chacun, leur fofou devra manger au moins 20 haricots pour survivre. Mentionner qu'ils doivent utiliser l'outil pour saisir les haricots dans le plateau et les déposer dans le bécier ou la boîte de Pétri. Les fofous qui ne réussiront pas à attraper au moins 20 haricots mourront.
- Pour le premier essai, laisser aux élèves une minute pour saisir les haricots. S'il y a des fofous qui meurent, dire aux élèves de jouer les rejetons des fofous survivants. Donner à ces élèves une cuillère ou une pince à épiler pour l'essai suivant.

- Faire trois autres essais, un de 45 secondes, un de 30 secondes et un de 15 secondes. À la fin des quatre essais, les fufous survivants seront probablement seulement ceux qui ont la cuillère.

Évaluation :

Poser aux élèves les questions suivantes :

- Quel type de fufou était le mieux adapté à son environnement? (Ceux avec la cuillère)
- Comment la forme de la bouche peut-elle faire varier le taux de survie des fufous? (Ceux qui ont la bouche en forme de cuillère sont capables de se nourrir plus vite que les autres, alors ils peuvent survivre et se reproduire.)
- Qu'arrive-t-il aux fufous qui ne peuvent pas soutenir la concurrence autant que les autres animaux? (Ils meurent et ne peuvent pas se reproduire parce qu'ils sont moins bien adaptés.)
- Comment le scénario des fufous peut-il servir de modèle de sélection naturelle? (Les fufous qui ont la bouche en forme de cuillère sont mieux adaptés et ont plus de chances de survie que les autres. La sélection naturelle favorise les fufous avec une cuillère comme bouche et le nombre de fufous qui ont une autre forme de bouche va diminuer. Finalement, tous les fufous avec d'autres types de bouches vont disparaître et une nouvelle espèce va émerger – les fufous-cuillères. C'est un exemple de différenciation ou spéciation.)

Évaluer la logique et l'exactitude des réponses des élèves. L'évaluation peut être informelle (questions, discussion des résultats en classe) ou formelle (billet de sortie, réponses écrites aux questions).

Annexe 4 : Sélection naturelle dans un bol à bonbons

Aperçu :

Dans cette activité, les élèves deviennent à leur insu les sujets d'une démonstration de sélection naturelle. La possibilité de choisir des bonbons dans un bol leur fournit l'occasion de s'interroger sur les facteurs qui ont contribué à la « survie » de certains bonbons. Il s'agit évidemment d'une expérience artificielle, tant parce que ce sont des personnes qui choisissent et que les « organismes » choisis sont des entités non vivantes, sans patrimoine génétique ni capacité de se reproduire.

Matériel :

- Grand bol de bonbons
- Variété de bonbons de différentes formes, tailles, marques, saveurs et couleurs. Il doit y avoir au moins deux sortes de bonbons populaires (comme les Hershey's kisses, Starburst) pour chaque élève et plein de bonbons moins populaires (p. ex., bonbons à la réglisse). Éviter les bonbons contenant des noix.

Préparation par l'enseignant :

- Préparer une liste des bonbons et compter le nombre initial de chaque sorte de bonbon dans le bol.

Marche à suivre :

1. Avant de commencer l'expérience, placer le bol de bonbons près des élèves pour qu'ils puissent en prendre, ou le faire circuler dans la classe à quelques reprises. Éviter tout commentaire concernant le bol de bonbons, ou simplement dire aux élèves que c'est pour leur faire plaisir.
2. Après que le contenu du bol aura diminué de plus de la moitié, rassembler les élèves et amorcer une discussion en disant qu'il y a souvent une grande variabilité entre les individus d'une même espèce. Par exemple, suggérer aux élèves de regarder autour d'eux et d'énumérer les caractéristiques qui varient d'un humain à l'autre. Puis demander aux élèves pourquoi ces variations sont importantes. (Une raison de l'importance de cette variation est qu'elle offre plus ou moins de chances de survie pour les individus.)
3. Montrer à la classe le bol de bonbons et ce qui en reste. Compter les bonbons qui restent et en faire la liste au tableau. Demander aux élèves s'ils se souviennent des bonbons qui étaient dans le bol au début. Faire la liste au tableau des bonbons qui se trouvaient initialement dans le bol.
4. Demander aux élèves d'énumérer les traits ou caractéristiques des bonbons qu'ils ont *choisis* dans le bol (exemples : saveur de chocolat, gros bonbons, marque favorite). Ce sont les caractéristiques qui ont fait que certains bonbons ont été choisis.
5. Faire une liste des caractéristiques des bonbons qui *n'ont pas été choisis* (exemples : saveur peu agréable, trop petits). Ce sont les caractéristiques qui ont permis à ces bonbons de survivre à ces tournées.

6. Donc, parce qu'il y avait différentes sortes de bonbons avec différentes caractéristiques, certains bonbons ont été mangés et d'autres ont « survécu ». C'est ce que produit la sélection naturelle dans une population. Chaque individu possède des caractéristiques uniques, certaines qui aident à sa survie et d'autres pas.

Prolongement de l'expérience :

Si désiré, continuer à ajouter des bonbons dans le bol en gardant les mêmes proportions que les bonbons qui restent. Par exemple, si après la première tournée, tous les bonbons Hershey's kisses ont disparu, mais qu'il y a beaucoup de Starbursts verts, ajouter plus de Starbursts verts mais ne pas ajouter plus de Hershey's kisses pour accentuer la perte des bonbons préférés et la prolifération des bonbons moins recherchés. Ce prolongement simule également la production de nouvelles générations, comme dans l'évolution de populations au fil du temps. Ou encore, remarquer que les élèves prennent les bonbons de leur second choix, simulant la situation naturelle où les prédateurs commencent à consommer une autre proie que leur favorite lorsque celle-ci est éliminée.

Annexe 5a : Sélection naturelle chez *Legocarnivora*

Introduction

Dans toute population se produisent des variations. Chaque individu diffère de tous les autres membres de son espèce, certains présentant des différences plus marquées. Certains individus font l'objet d'adaptations qui leur permettent de mieux s'adapter à leur environnement. Dans la nature, les individus les plus aptes (les mieux adaptés) survivent et se reproduisent. Ce processus s'appelle la sélection naturelle.

But :

À l'aide d'un sou et d'un dé, cette activité permet de simuler la sélection naturelle pour en arriver au meilleur agencement de roues d'un *Legocarnivora*, qui lui permettra de se déplacer sur la plus grande distance.

Matériel (par groupe d'élèves) :

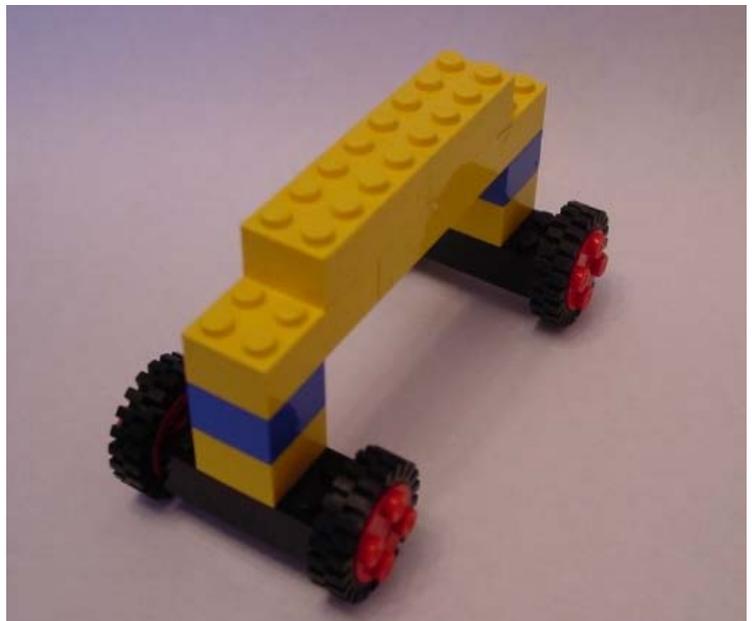
- Deux ensembles de roues Lego
- Un bloc Lego 2 x 12
- Douze blocs Lego 2 x 2
- Rampe (1 m de long)
- Un dé à six côtés
- Un sou
- Bâtons de deux mètres

Marche à suivre :

Partie A : Génération parentale

1. Bâtir le *Legocarnivora* parent. Au-dessus de chaque paire de roues, placer deux blocs Lego 2 x 2. Fixer les deux paires de roues surmontées de blocs au moyen du bloc 2 X 12 (figure 1).

Figure 1 : *Legocarnivora*



2. Installer la rampe d'essai avec une pente de 25° – 35°. S'assurer qu'il y a assez d'espace au bas de la rampe pour que le *Legocarnivora* puisse rouler jusqu'à 2 mètres.
3. Faire rouler le *Legocarnivora* parent sur la rampe. Mesurer la distance roulée au bas de la rampe et l'inscrire dans le tableau de données.
4. Répéter l'étape 3 une autre fois. Faire la moyenne des résultats.

Partie B : Génération F₁

1. Le *Legocarnivora* a trois descendants. L'un est identique à son parent (descendant 1) et les deux autres ont subi une mutation par rapport au parent (descendants 2 et 3).
2. Faire rouler le descendant 1 sur la rampe (c.-à-d. se servir du parent). Mesurer la distance parcourue à partir du bas de la rampe et l'inscrire dans le tableau. Faire un deuxième essai et faire la moyenne des résultats.
3. Modifier ensuite le descendant 1 pour créer le descendant 2. Tirer à pile ou face. Si le sou tombe sur face, modifier le devant du *Legocarnivora*. S'il tombe sur pile, modifier l'arrière du *Legocarnivora*.
4. Faire rouler un dé et utiliser le tableau ci-dessous pour déterminer comment modifier le descendant 1 pour créer le descendant 2.
 - 1 – ajouter un bloc 2 x 2 au-dessus des roues
 - 2 – ajouter deux blocs 2 x 2 au-dessus des roues
 - 3 – ajouter trois blocs 2 x 2 au-dessus des roues
 - 4 – enlever un bloc 2 x 2 au-dessus des roues
 - 5 – enlever deux blocs 2 x 2 au-dessus des roues
 - 6 – enlever trois blocs 2 x 2 au-dessus des rouesSi à un moment donné la modification n'est pas possible, alors le *Legocarnivora* meurt.
5. Bâtir le descendant 2 et le faire descendre sur la rampe. Mesurer la distance parcourue à partir du bas de la rampe et l'inscrire dans le tableau. Répéter l'essai et faire la moyenne des résultats.
6. Recréer le *Legocarnivora* parent. Jouer à pile ou face et faire rouler le développement pour déterminer les modifications nécessaires pour créer le descendant 3 à partir du *Legocarnivora* parent.
7. Bâtir le descendant 3 et le faire descendre la rampe. Mesurer la distance parcourue depuis le bas de la rampe et l'inscrire dans le tableau. Répéter l'essai et faire la moyenne des résultats.

Partie C : Générations suivantes

1. Parmi les trois descendants de *Legocarnivora*, indiquer lequel a parcouru la plus grande distance (en moyenne). Ce descendant devient le nouveau parent.
2. Répéter les étapes 1 à 7 de la partie B et inscrire les données pour chaque essai pour un total de dix générations. Noter lequel des *Legocarnivora* parcourt la plus grande distance.
3. Inscrire la masse du *Legocarnivora* qui roule le plus loin.

Observations :

Tableau de données

<i>Legocarnivora</i>	Pile ou face	Dé	Nombre de blocs avant	Nombre de blocs arrière	Distance parcourue		
					1	2	Moy.
Parent	S/O	S/O	2	2	_____		
Génération 1							
Descendant 1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Descendant 2	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Descendant 3	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Génération 2							
Descendant 1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Descendant 2	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Descendant 3	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Génération 3							
Descendant 1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Descendant 2	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Descendant 3	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Génération 4							
Descendant 1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Descendant 2	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Descendant 3	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Génération 5							
Descendant 1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Descendant 2	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Descendant 3	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Génération 6

Descendant 1

Descendant 2

Descendant 3

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Génération 7

Descendant 1

Descendant 2

Descendant 3

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Analyse et conclusions :

1. a) Quel agencement de roues a produit le *Legocarnivora* qui a roulé le plus loin? C'est le modèle optimal.
 b) À quelle génération ce modèle est-il apparu?
2. T'attendais-tu à un autre résultat? Pourquoi?
3. Selon toi, quels facteurs font varier la distance parcourue par le *Legocarnivora*?
4. a) Parmi les facteurs mentionnés, lequel est lié à l'environnement?
 b) Quel effet un changement dans l'environnement aurait-il sur le modèle optimal de *Legocarnivora*?
 c) Monte une expérience pour vérifier cette prédiction.
5. a) Suppose que le parent choisi dans chaque génération était celui qui a roulé le moins loin. En quoi le modèle optimal de *Legocarnivora* serait-il différent?
 b) Prépare une expérience pour vérifier cette prédiction.
6. Pourquoi serais-tu porté à utiliser le *Legocarnivora* qui a parcouru la plus grande distance comme parent de la nouvelle génération?
7. Est-ce que des *Legocarnivora* sont morts? En quoi la mort de ces *Legocarnivora* est-elle analogue à ce qui se produit dans la nature?
8. Comment la variation prépare-t-elle le terrain pour la sélection naturelle?

Annexe 5b : Sélection naturelle chez *Legocarnivora* – Réponses

1. a) En général, le *Legocarnivora* qui roule le plus loin est celui qui a le plus de blocs sur le devant, ou le plus de blocs sur l'arrière que sur l'avant.
b) Les réponses varient, mais habituellement dans la dernière génération.
2. Les réponses varient.
3. La masse du *Legocarnivora* et la pente de la rampe sont des facteurs qui font varier la distance parcourue.
4. a) Le facteur environnemental est l'angle de la rampe.
b) Les réponses varient.
c) Le protocole d'expérience devrait inclure une variation de l'angle de la rampe et la répétition de l'expérience sur plusieurs générations.
5. a) Les réponses varient.
b) Le protocole d'expérience devrait inclure la répétition de l'expérience sur plusieurs générations, mais en choisissant comme parent le *Legocarnivora* qui a roulé le moins loin.
6. Dans la nature, c'est l'organisme le mieux adapté qui survit et se reproduit. Le *Legocarnivora* qui a roulé le plus loin dans chaque génération était celui qui a été choisi parce qu'il était le mieux adapté, donc c'est celui-là qui s'est « reproduit »
7. Oui, certains *Legocarnivora* sont morts. Les réponses varient mais devraient indiquer que dans la nature, les mutations entraînent parfois des variations qui ne sont pas favorables à la survie d'un organisme.
8. Les individus qui présentent des variations qui les rendent mieux adaptés à leur environnement survivent et se reproduisent en plus grands nombres que ceux qui n'ont pas ces adaptations. Au fil des générations, le nombre d'individus augmentera dans une population dotée de l'adaptation favorable.

Annexe 6 : Recherche sur la variation**Introduction**

Dans une population, bon nombre de traits font l'objet de variations, qui peuvent augmenter ou diminuer les chances de survie d'un organisme dans un environnement donné. Cette recherche permet d'examiner la variation dans la longueur des haricots secs.

Matériel (par groupe)

50 haricots secs (p. ex., haricot commun, haricot rond blanc, haricot Pinto)
règle en millimètres

Marche à suivre

1. Obtenir 50 haricots secs. Trouver le haricot le plus gros et le plus petit de l'échantillon.
2. Mesurer la longueur du plus petit haricot au millimètre près. Incrire sa longueur dans la première rangée de la colonne des longueurs et faire une coche sur le tableau des données.
3. Mesurer la longueur du plus gros haricot au millimètre près. Incrire sa longueur dans la colonne appropriée du tableau, et indiquer les longueurs intermédiaires. Incrire la longueur du haricot le plus gros dans la dernière rangée de la colonne et faire une coche.
4. Mesurer les 48 autres haricots de l'échantillon et faire une coche pour chacun sur le tableau.
5. Compter les coches pour chaque longueur et inscrire leur nombre dans la colonne Total du groupe.
6. Additionner les totaux pour chaque longueur et inscrire ce nombre dans la colonne Total de la classe.

Annexe 7a : Étude de cas – Où sont passés tous les trèfles à quatre feuilles?

Partie A : Introduction

Une équipe de biologistes a mené une étude à long terme sur la distribution des fleurs sauvages dans un pré de parc provincial. On y trouve une variété de fleurs sauvages comme le trèfle rampant (*Trifolium repens*), l'ancolie du Canada (*Aquilegia canadensis*) et la campanule à feuilles rondes (*Campanula rotundifolia*). Au cours de l'échantillonnage initial des populations végétales, les biologistes ont noté que les trèfles rampants sont généralement à trois feuilles, mais ils trouvent des trèfles à quatre feuilles à l'occasion. Les trèfles à quatre feuilles représentent une variation du trèfle à trois feuilles présente naturellement. On trouve aussi des variations à deux et à cinq feuilles, mais elles sont extrêmement rares.

Une année, la Direction du parc décide de créer une aire de pique-nique près du site d'étude. Après plusieurs années, les biologistes voient apparaître des changements dans la population de fleurs sauvages du site. Avec l'augmentation de l'achalandage dans le pré, le nombre de trèfles à quatre feuilles commence à décliner, à tel point qu'ils en viennent à disparaître presque complètement du site. L'équipe de recherche se demande où sont passés tous les trèfles à quatre feuilles.

Partie A : Questions

1. Selon toi, qu'est-il arrivé aux trèfles à quatre feuilles?
2. Comment procédera-tu pour vérifier ton hypothèse?

Partie B : Euréka! le mystère est résolu!

L'équipe de recherche a compris que les trèfles à quatre feuilles ont été cueillis par les visiteurs au fil des années. Elle clôture un secteur du pré pour empêcher les touristes de cueillir les trèfles, mais même après cela, les trèfles à quatre feuilles se font extrêmement rares. La cueillette des trèfles a été très dommageable. Dans ce pré, il n'était pas avantageux pour les trèfles d'avoir quatre feuilles, mais les trèfles à trois feuilles étaient laissés à leur place.

Partie B : Questions

1. Qu'est-il arrivé au pool génétique du trèfle pour expliquer la quasi disparition des trèfles à quatre feuilles?
2. Quel type de sélection s'est produit dans le pré? Explique ta réponse.
3. Dessine un diagramme montrant la distribution initiale de la variation dans *Trifolium repens*. Indique le nombre de feuilles sur l'axe des x et le nombre de fleurs sur l'axe des y.
4. Dessine un diagramme montrant la variation relative aux feuilles dans *Trifolium repens* plusieurs années plus tard. Indique le nombre de feuilles sur l'axe des x et le nombre de fleurs sur l'axe des y.

Annexe 7b : Où sont allés tous les trèfles à quatre feuilles? - RéponsesPartie A

1. Les trèfles à quatre feuilles ont été cueillis par les pique-niqueurs.
2. Possibilités de recherches pour vérifier l'hypothèse : interroger les pique-niqueurs pour voir s'ils cueillent les trèfles, clôturer une partie du pré pour empêcher les touristes de cueillir les trèfles à quatre feuilles et voir si ces derniers recommencent à pousser...

Partie B

1. Le pool génétique s'est modifié graduellement en faveur de la variété de trèfle à trois feuilles.
2. Une sélection stabilisatrice s'est produite. Le type ordinaire de trèfle à trois feuilles a été favorisé et la variation extrême (quatre feuilles) a été désavantagée.
3. La fréquence est maximale pour la variété à trois feuilles et les courbes indiquent un petit nombre de trèfles à quatre feuilles et très peu de trèfles à deux ou à cinq feuilles.
4. La fréquence atteint un pic pour la variété à trois feuilles et le diagramme ne montre maintenant que quelques trèfles à quatre feuilles et très peu de trèfles à deux et à cinq feuilles.

Annexe 8a : Étude de cas – Goulot d'étranglement dans une population/ espèce menacée

Introduction

La grue blanche est une espèce en voie de disparition qui niche dans le parc national Wood Buffalo des Territoires du Nord-Ouest. Les populations de grue blanche n'ont jamais été très nombreuses, mais le nombre d'individus a diminué rapidement au début des années 1900 à cause de la chasse et de la destruction de leurs habitats au profit de l'agriculture. En 1941, il n'y avait plus qu'une quinzaine de grues blanches dans le monde. Durant les années 1940, divers organismes du Canada et des États-Unis ont uni leurs efforts pour éviter l'extinction de cet oiseau.

Les réserves fauniques et les parcs nationaux protègent maintenant les aires de nidification estivales de la grue blanche dans les T.N.-O. et les aires d'hivernage au Texas. Des programmes de reproduction en captivité sont mis en œuvre dans certains zoos (comme celui de Calgary). À l'hiver 2004-2005, le nombre de grues blanches avait grimpé à 472, y compris les grues en captivité et les grues sauvages, dont 217 nichent dans le parc national Wood Buffalo.

Ces efforts de conservation sont entravés par un certain nombre de facteurs. Environ 15 % des œufs pondus en pleine nature ne sont pas fécondés, peut-être à cause d'une trop grande consanguinité. Le taux de succès d'envol des petits des couples nicheurs est d'environ 50 %. La maladie est un problème dans certaines populations se reproduisant en captivité. Des épisodes marqués par des conditions climatiques rigoureuses, comme des ouragans au Texas et les tempêtes de neige à la fin du printemps dans les T.N.-O., peuvent déboucher sur un taux de mortalité élevé. Le nombre de grues blanches a augmenté grâce aux efforts de conservation, mais ces oiseaux seront toujours menacés d'extinction.

Questions

1. La grue blanche est un exemple d'une espèce en voie de disparition qui a passé par un « goulot d'étranglement » de sa population. Explique comment ce genre de goulot d'étranglement peut altérer la variation dans le pool génétique d'une espèce.
2. Décris l'effet d'un goulot d'étranglement de population sur la capacité de la grue blanche de s'adapter à des changements environnementaux et d'évoluer.
3. Comment le goulot d'étranglement dans une population peut-il influencer sur la capacité de la grue blanche de se rétablir après avoir frôlé l'extinction?
4. Pourquoi devrait-on se préoccuper de protéger et de conserver une espèce menacée de disparition?

Annexe 8b : Goulot d'étranglement dans une population/espèce menacée – Réponses

1. En situation de goulot d'étranglement, le nombre d'individus d'une population est tellement peu élevé que seulement quelques individus fournissent des gènes pour toute la population future de l'espèce. Une grande partie de la variation génétique est perdue et la fréquence des allèles change énormément dans le pool génétique résiduel.
2. Le manque de variation génétique diminue la capacité de la grue blanche de s'adapter à des changements dans l'environnement. Il se produit peu de variations pouvant enclencher une sélection naturelle.
3. Quel que soit le nombre de grues blanches dans la population, l'espèce sera toujours menacée d'extinction. L'homogénéité génétique de cette population la rend vulnérable à la maladie et aux conditions génétiques associées à la consanguinité.
4. Les réponses peuvent varier, incluant des points comme les suivants :
 - La population de grues blanches a diminué à cause des chasseurs et de la destruction de leurs habitats par les humains.
 - À cause de nos actions, le patrimoine génétique de la grue blanche a été réduit à une fraction de son potentiel initial.
 - Les humains sont devenus si nombreux et consomment tellement de ressources qu'ils poussent leurs voisins (les animaux) loin de leurs habitats.
 - Nous devrions adopter des pratiques de bon gardiennage et préserver notre planète pour les générations futures.