

Biologie

12^e année

Programme d'études :
document de mise en œuvre

**Biologie,
12^e année
Programme d'études :
document de mise en œuvre**

2017

Éducation et Formation Manitoba

Données de catalogage avant publication – Éducation et Formation Manitoba

Biologie, 12^e année : programme d'études : document de mise en œuvre.

Comprend des références bibliographiques.
ISBN 978-0-7711-7637-1 (PDF)

1. Biologie – Étude et enseignement (Secondaire) – Programmes d'études – Manitoba.

I. Manitoba. Éducation et Formation Manitoba.
570.712

Tous droits réservés © 2017, le gouvernement du Manitoba représenté par le ministre de l'Éducation et de la Formation.

Éducation et Formation Manitoba
Bureau d'Enfants en santé Manitoba et Division de l'éducation de la maternelle à la 12^e année
Bureau de l'éducation française
Winnipeg (Manitoba) Canada

Tous les efforts ont été faits pour mentionner les sources aux lecteurs et pour respecter la *Loi sur le droit d'auteur*. Dans le cas où il se serait produit des erreurs ou des omissions, prière d'en aviser Éducation et Formation Manitoba pour qu'elles soient rectifiées dans une édition future. Nous remercions sincèrement les auteurs, les artistes et les éditeurs de nous avoir autorisés à adapter ou à reproduire leurs originaux.

Les illustrations ou photographies dans ce document sont protégées par la *Loi sur le droit d'auteur* et ne doivent pas être extraites ou reproduites pour aucune raison autre que pour les intentions pédagogiques explicitées dans ce document.

Les sites Web mentionnés dans ce document pourraient faire l'objet de changement sans préavis. Les enseignants devraient vérifier et évaluer les sites Web et les ressources en ligne avant de les recommander aux élèves.

Vous pouvez commander des exemplaires imprimés de ce document du Centre des ressources d'apprentissage du Manitoba, à l'adresse www.mtbb.mb.ca. Numéro d'article 97861.
ISBN 978-0-7711-7636-4 (version imprimée)

La version électronique de ce document est affichée sur le site Web du ministère de l'Éducation et de la Formation du Manitoba au www.edu.gov.mb.ca/m12/frpub/ped/sn/biologie_12e/index.html. Veuillez noter que le Ministère pourrait apporter des changements à la version en ligne.

Dans le présent document, les mots de genre masculin appliqués aux personnes désignent les femmes et les hommes.

REMERCIEMENTS

Biologie
12^e année

Éducation et Formation Manitoba aimerait exprimer ses remerciements au Conseil des ministres de l'Éducation (Canada) et à tous les participants à l'élaboration du *Cadre commun de résultats d'apprentissage en sciences de la nature M à 12* (1997) dont se sont inspirés les Cadres et les Documents de mise en œuvre manitobains en sciences de la nature.

Éducation et Formation Manitoba remercie également les personnes suivantes qui ont contribué à l'élaboration et à la révision du programme d'études en biologie 12^e année, y compris ce *Document de mise en œuvre*.

ÉLABORATION ET RÉVISION DU DOCUMENT DE MISE EN ŒUVRE DE BIOLOGIE 12^e ANNÉE

Danièle Dubois-Jacques	Conseillère pédagogique en sciences de la nature	Bureau de l'éducation française Éducation et Formation Manitoba
Carole Freynet-Gagné	Traductrice (pigiste)	Winnipeg (Manitoba)
Georges Kirouac	Enseignant	Collège régional Gabrielle-Roy Division scolaire franco-manitobaine
Elizabeth Kozoriz	Enseignante	Daniel McIntyre Collegiate Division scolaire Winnipeg
Pierre Lemoine	Lecteur (pigiste)	Winnipeg (Manitoba)
Gilbert Michaud	Directeur du projet	Bureau de l'éducation française Éducation et Formation Manitoba
Daniel Turner	Enseignant	Institut collégial Miles Macdonell Division scolaire River East Transcona
Nicole Yarjau	Enseignante	Collège Jeanne-Sauvé Division scolaire Louis-Riel

ÉLABORATION DES RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE DE BIOLOGIE 12^e ANNÉE

Kathy Crang	Enseignante	Fort Richmond Collegiate Division scolaire Pembina Trails
Paul Cuthbert	Conseiller pédagogique	Division scolaire Evergreen
Danièle Dubois-Jacques	Conseillère pédagogique en sciences de la nature	Bureau de l'éducation française Éducation et Formation Manitoba
Heidi Holst	Conseillère pédagogique	Division scolaire Lord Selkirk



REMERCIEMENTS

Georges Kirouac	Enseignant	Collège régional Gabrielle-Roy Division scolaire franco-manitobaine
Gabe Kraljevic	Enseignant	West Kildonan Collegiate Division scolaire Seven Oaks
Sheri Mackie	Enseignante	St. James Collegiate Division scolaire St. James-Assiniboia
Robyne Mansell	Enseignante	Frontier Collegiate Institute Division scolaire Frontier
Lynda Matchullis	Enseignante	Nellie McClung Collegiate Division scolaire Prairie Spirit
Aileen Najduch	Conseillère pédagogique en sciences de la nature	Division des programmes scolaires Éducation et Formation Manitoba
Connie Shyka	Enseignante	Balmoral Hall School Winnipeg (Manitoba)
Donna Smith	Professeure	Faculté d'éducation Université de Winnipeg
Dawn Sutherland	Professeure	Faculté d'éducation Université de Winnipeg
Marc Turnbull	Enseignant	Gillam School Division scolaire Frontier
Daniel Turner	Enseignant	Institut collégial Miles Macdonell Division scolaire River East Transcona
Richard Zuk	Enseignant	Springfield Collegiate Division scolaire Sunrise

ÉQUIPE TECHNIQUE POUR LE DOCUMENT DE MISE EN ŒUVRE DE BIOLOGIE 12^e ANNÉE

Annie Burmey	Opératrice de traitement de texte	Bureau de l'éducation française Éducation et Formation Manitoba
Céline Ponsin	Conceptrice graphique et éditique	Bureau de l'éducation française Éducation et Formation Manitoba

Un merci particulier au personnel de la Direction des ressources éducatives françaises (DREF) qui a aidé à compiler les listes de ressources éducatives pour chacun des regroupements thématiques.



INTRODUCTION GÉNÉRALE0.01



COMPRENDRE LA TRANSMISSION GÉNÉTIQUE.....1.01



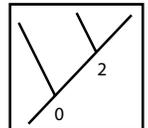
LES MÉCANISMES DE L'HERÉDITÉ.....2.01



L'ÉVOLUTION ET LA BIODIVERSITÉ.....3.01



L'ORGANISATION DE LA BIODIVERSITÉ.....4.01



LES CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ5.01



BIBLIOGRAPHIE6.01



INTRODUCTION GÉNÉRALE



1. INTRODUCTION

Les finalités de l'éducation

L'éducation vise à préparer l'apprenant à devenir un citoyen autonome, engagé et responsable, en lui donnant une formation de qualité. Par conséquent, l'éducation doit favoriser le développement harmonieux de la personne dans ses dimensions intellectuelle, physique, affective, sociale, culturelle et morale.

L'éducation ne relève pas uniquement des institutions scolaires; c'est en fait une responsabilité que partagent l'école, la famille, les amis et la communauté. Bien entendu, l'école demeure la pierre angulaire du système éducatif, car c'est à elle que revient le rôle d'assurer une formation générale de base accessible à tous.

La culture scientifique

Au début du XXI^e siècle, le champ des connaissances scientifiques continue de s'élargir et d'évoluer à un rythme accéléré. Personne ne peut prédire avec certitude quelles seront les nouvelles découvertes, inventions et technologies qui modifieront le mode de vie des sociétés canadienne et mondiale. Puisqu'il faut préparer les enfants pour le monde de demain, il apparaît impératif de s'interroger sur quelle doit être leur formation de base en sciences de la nature.

Des éducateurs des quatre coins du pays ont tenté de répondre à cette question et à bien d'autres dans un document intitulé *Cadre commun de résultats d'apprentissage en sciences de la nature M à 12*. Dans un premier temps, ces intervenants se sont accordés sur une vision pancanadienne de la culture scientifique :

Le [*Cadre pancanadien en sciences de la nature*] s'inspire de la vision que tout élève du Canada, quels que soient son sexe et son origine culturelle, aura la possibilité de développer une culture scientifique. Constituée d'un ensemble évolutif d'attitudes, d'habiletés et de connaissances en sciences, cette culture permet à l'élève de développer ses aptitudes liées à la recherche scientifique, de résoudre des problèmes, de prendre des décisions, d'avoir le goût d'apprendre sa vie durant et de maintenir un sens d'émerveillement du monde qui l'entoure.



Diverses expériences d'apprentissage inspirées de [ce *Cadre pancanadien en sciences de la nature*] fourniront à l'élève de multiples occasions d'explorer, d'analyser, d'évaluer, de synthétiser, d'apprécier et de comprendre les interactions entre les sciences, la technologie, la société et l'environnement, lesquelles auront des conséquences sur sa vie personnelle, sa carrière et son avenir. (*Conseil des ministres de l'Éducation [Canada], 1997*)

Buts pancanadiens de la formation scientifique

Afin de promouvoir la culture scientifique, les buts suivants ont été définis dans le *Cadre pancanadien en sciences de la nature* pour l'enseignement des sciences au Canada. Les programmes d'études en sciences de la nature du Manitoba s'en inspirent.

L'enseignement des sciences :

- encouragera l'élève à développer un sentiment d'émerveillement et de curiosité, accompagné d'un sens critique à l'égard de l'activité scientifique et technologique;
- amènera l'élève à se servir des sciences et de la technologie pour construire de nouvelles connaissances et résoudre des problèmes, lui permettant d'améliorer sa qualité de vie et celle des autres;
- préparera l'élève à aborder de façon critique des enjeux d'ordre social, économique, éthique ou environnemental liés aux sciences;
- donnera à l'élève une compétence solide en sciences lui offrant la possibilité de poursuivre des études supérieures, de se préparer à une carrière liée aux sciences et d'entreprendre des loisirs à caractère scientifique convenant à ses intérêts et aptitudes;
- développera chez l'élève dont les aptitudes et les intérêts varient une sensibilisation à une vaste gamme de métiers liés aux sciences, à la technologie et à l'environnement.

Convictions au sujet de l'apprentissage, de l'enseignement et de l'évaluation des sciences

Afin de promouvoir une culture scientifique parmi les citoyens de l'avenir, il est crucial de reconnaître comment l'élève apprend, comment les sciences peuvent être enseignées à leur meilleur et comment l'apprentissage peut être évalué. L'élève est actif et curieux, et ses intérêts, ses habiletés et ses besoins sont uniques. À son entrée à l'école, il possède déjà un riche bagage de connaissances, d'expériences personnelles et culturelles qui sous-tendent un éventail d'attitudes et de convictions au sujet des sciences et de la vie.

L'élève apprend mieux lorsque son étude des sciences est enracinée dans des activités concrètes, lorsqu'elle s'inscrit dans une situation ou un contexte particulier et lorsqu'elle est mise en application dans la vie de tous les jours. Les idées et la compréhension de l'élève devraient être progressivement étendues et reconstruites au fur et à mesure que l'élève accroît ses expériences et ses habiletés à conceptualiser. L'apprentissage de l'élève exige la formation de liens entre ses nouvelles connaissances et ses connaissances antérieures ainsi que l'ajout de nouveaux contextes et de nouvelles expériences à ses compréhensions actuelles.



2. LES PRINCIPES DE BASE MANITOBAINS DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE

La culture scientifique de l'élève passe par des expériences d'apprentissage qui intègrent les aspects essentiels des sciences et de ses applications. Ces aspects essentiels constituent les principes de base de la culture scientifique. Tirés du *Cadre pancanadien en sciences de la nature*, ces principes de base ont été adaptés afin de mieux répondre aux besoins des élèves manitobains. Les programmes d'études en sciences sont construits à partir des cinq principes de base manitobains de la culture scientifique que voici :

- A. Nature des sciences et de la technologie;
- B. Sciences, technologie, société et environnement (STSE);
- C. Habiletés et attitudes scientifiques et technologiques;
- D. Connaissances scientifiques essentielles;
- E. Concepts unificateurs.

Une description de chaque principe de base manitobain ainsi que des résultats d'apprentissage généraux qui s'y rapportent se trouvent dans les pages qui suivent.

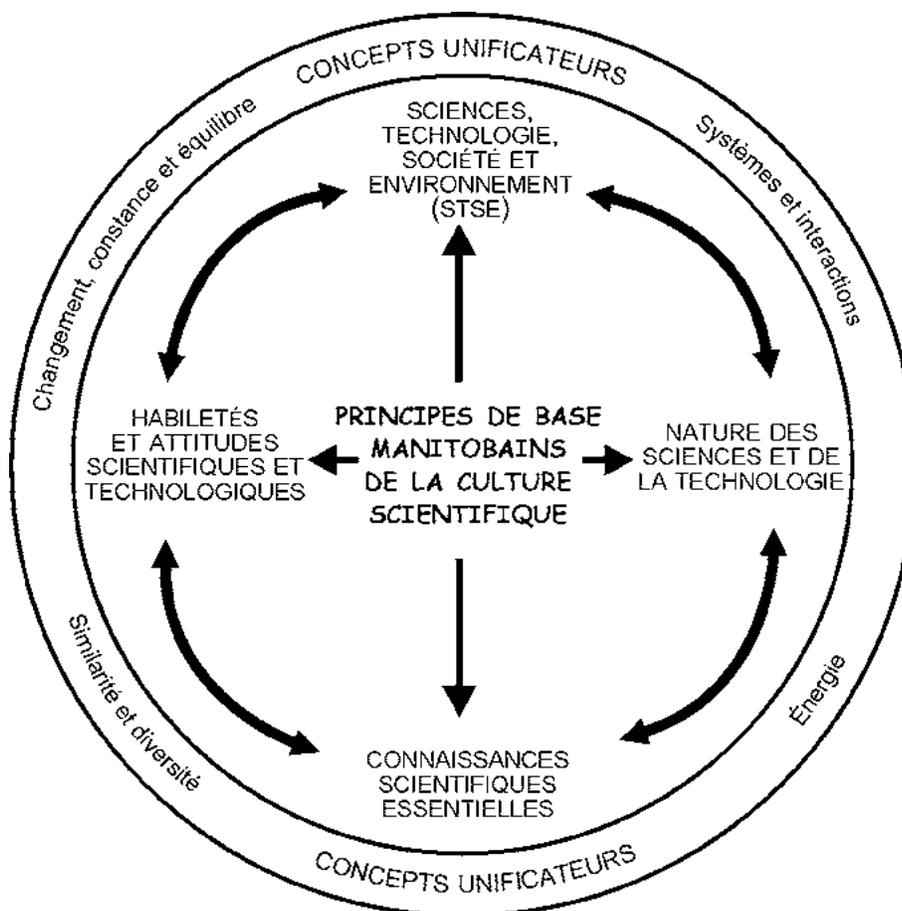


Fig. 1 – Principes de base manitobains de la culture scientifique

A – Nature des sciences et de la technologie

Les sciences et la technologie constituent une sphère d'activités humaines et sociales unique ayant une longue histoire tissée par de nombreux hommes et femmes issus de sociétés diverses. Les **sciences** constituent une façon de connaître l'Univers et de répondre à des questions sur les phénomènes qui nous entourent. Cette interrogation repose sur la curiosité, la créativité, l'imagination, l'intuition, l'exploration, l'observation, la capacité de reproduire des expériences, l'interprétation des données et les débats qui en découlent. L'activité scientifique comprend la prédiction, l'interprétation et l'explication de phénomènes naturels et de conception humaine. Bon nombre de personnes expertes en histoire, en sociologie et en philosophie des sciences affirment qu'il y a plus d'une méthode permettant de mener une étude scientifique. Elles croient que les sciences reposent sur un ensemble de théories, de connaissances, d'observations, d'expériences, d'intuitions et de processus ancrés dans le monde physique.

Les connaissances et les théories scientifiques sont constamment mises à l'épreuve, modifiées et perfectionnées au fur et à mesure que de nouvelles connaissances et théories les précisent. À travers l'histoire, plusieurs intervenants d'origines et de formations diverses ont débattu chaque nouvelle observation et hypothèse, remettant ainsi en question des connaissances scientifiques jusqu'alors acceptées.

« La production du savoir scientifique est une entreprise essentiellement collective : il n'y a pas de science idiosyncrasique. Les modèles et les solutions proposés sont soumis à l'évaluation des pairs qui en apprécient la pertinence logique et expérimentale par rapport au savoir établi. » (M. Larochelle et J. Désautels, 1992)

Ce débat scientifique se poursuit encore aujourd'hui, selon un jeu très élaboré de discussions théoriques, d'expériences, de pressions sociales, culturelles, économiques et politiques, d'opinions personnelles et de besoins de reconnaissance et d'acceptation par des pairs. L'élève se rendra compte que bien qu'il puisse y avoir des changements majeurs dans notre compréhension du monde lors de découvertes scientifiques révolutionnaires, une grande partie de cette compréhension est plutôt le fruit de l'accumulation constante et progressive de connaissances.

La **technologie** se préoccupe principalement de proposer des solutions à des problèmes soulevés lorsque les humains cherchent à s'adapter à l'environnement. Il faut bien saisir que la technologie comprend beaucoup plus que les connaissances et les habiletés liées aux ordinateurs et à leurs applications. La technologie est à la fois une forme de savoir qui exploite les concepts et les habiletés des autres disciplines, y compris les sciences. Mais c'est aussi l'application de ces connaissances pour satisfaire un besoin ou pour résoudre un problème à l'aide de matériaux, d'énergie et d'outils de toutes sortes.

« On peut considérer la technologie comme : un outil ou une machine; un procédé, un système, un environnement, une épistémologie, une éthique; l'application systématique de connaissances, de matériel, d'outils et d'aptitudes pour étendre les capacités humaines. » (Ministère de l'Éducation et de la Formation professionnelle Manitoba, 1998a)



La technologie a des répercussions sur les procédés et les systèmes, sur la société et sur la façon dont les gens pensent, perçoivent et définissent leur monde.

Le cours de *Biologie* 12^e année souligne à la fois les distinctions et les relations entre les sciences et la technologie. La figure 2 illustre comment les sciences et la technologie diffèrent dans leur but, leur procédé et leurs produits, bien qu'en même temps elles interagissent entre elles.

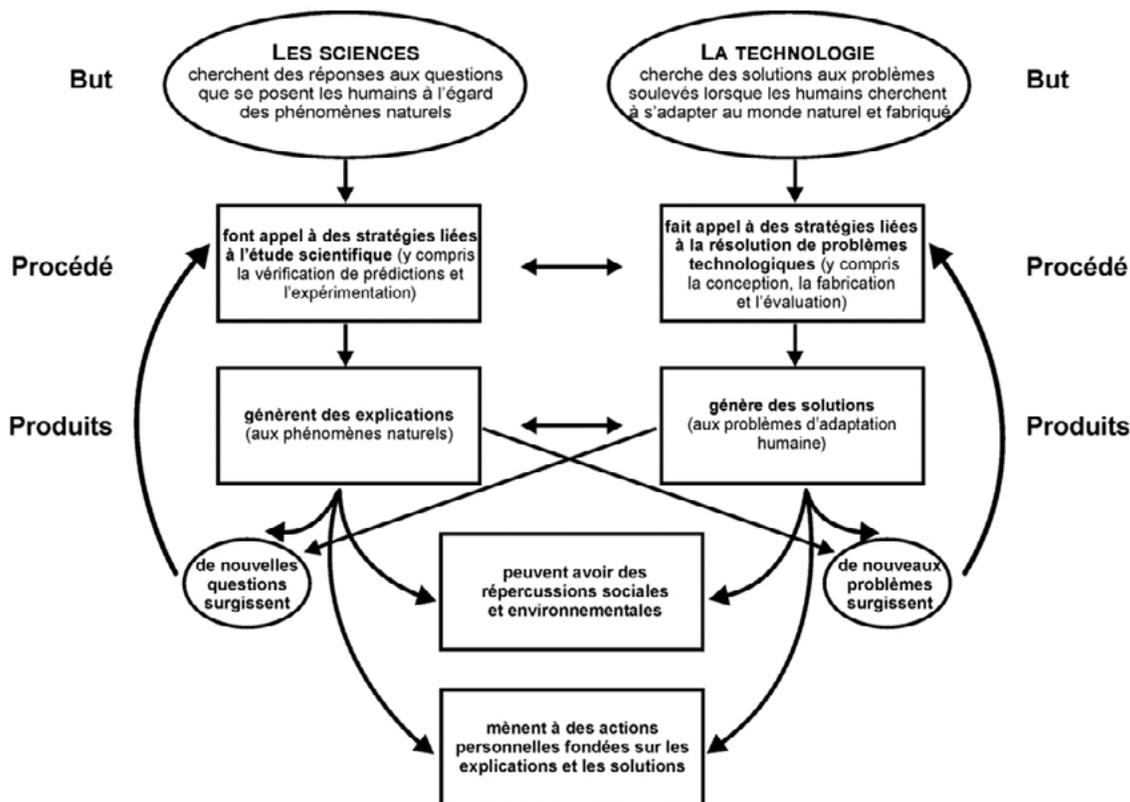


Fig. 2 – Les sciences et la technologie : Leur nature et leurs interactions

Tiré de *Science and Technology Education for the Elementary Years: Frameworks for Curriculum and Instruction*, par Bybee, Rodger W., ©The Network, Inc. (adaptation autorisée).

Les résultats d'apprentissage généraux (RAG) suivants définissent les attentes liées à ce premier principe de base.

Résultats d'apprentissage généraux – Nature des sciences et de la technologie

Une fois sa formation scientifique au primaire, à l'intermédiaire et au secondaire complétée, l'élève sera apte à :

- A1** reconnaître à la fois les capacités et les limites des sciences comme moyen de répondre à des questions sur notre monde et d'expliquer des phénomènes naturels;
- A2** reconnaître que les connaissances scientifiques se fondent sur des données, des modèles et des explications et évoluent à la lumière de nouvelles données et de nouvelles conceptualisations;
- A3** distinguer de façon critique les sciences de la technologie, en fonction de leurs contextes, de leurs buts, de leurs méthodes, de leurs produits et de leurs valeurs;
- A4** identifier et apprécier les contributions qu'ont apportées des femmes et des hommes issus de diverses sociétés et cultures à la compréhension de notre monde et à la réalisation d'innovations technologiques;
- A5** reconnaître que les sciences et la technologie interagissent et progressent mutuellement.

B – Sciences, technologie, société et environnement (STSE)

Une compréhension des interactions STSE est essentielle à la culture scientifique. En fait, en étudiant le contexte historique, l'élève en vient à apprécier comment les traditions culturelles et intellectuelles ont influencé les questions et les méthodologies scientifiques et comment, en retour, les sciences et la technologie ont influencé le domaine plus large des idées.

De nos jours, la majorité des scientifiques travaillent dans le secteur privé. Leurs projets sont plus souvent poussés par des besoins sociétaux et environnementaux que par la recherche pure. Pourtant, plusieurs solutions technologiques ont donné lieu à des problèmes sociaux et environnementaux. L'élève, en tant que citoyen de l'avenir, doit reconnaître le potentiel que représente la culture scientifique pour habiliter les personnes, les communautés et la société démocratique dans son ensemble à prendre des décisions.

« Il n'existe pas de plus grande contribution ou d'élément plus essentiel pour les stratégies environnementales à long terme pour un développement durable, respectueux de l'environnement [...], que l'éducation des générations suivantes en matière d'environnement. » (UNESCO, 1988)

Les connaissances scientifiques sont nécessaires, mais elles ne suffisent pas par elles-mêmes à faire comprendre les interactions entre les sciences, la technologie, la société et l'environnement.



Pour saisir ces interactions, il est essentiel que l'élève comprenne les valeurs liées aux sciences, à la technologie, à la société et à l'environnement.

Pour parvenir à cette culture scientifique, l'élève doit reconnaître l'importance du développement durable. Le développement durable est un modèle de prise de décisions qui considère les besoins des générations présentes et futures, et qui tient compte à la fois de *l'environnement*, de *la santé et du bien-être humains*, et de *l'activité économique*. Il vise un équilibre harmonieux entre ces trois sphères.

- *Santé et bien-être durable des humains* : cela signifie que les gens coexistent dans l'harmonie au sein de leur communauté locale, nationale et mondiale, et avec la nature. Une société viable est une société qui est saine sur les plans physique, psychologique, spirituel et social, et qui accorde une importance primordiale au bien-être des particuliers, des familles et des collectivités.
- *Environnement durable* : il s'agit d'un environnement où les processus essentiels au maintien de la vie et les ressources naturelles de la Terre sont préservés et régénérés.
- *Économie durable* : c'est une économie qui permet un accès équitable aux ressources et qui offre des débouchés à tous. Elle se caractérise par des décisions, des politiques et des pratiques de développement qui respectent les réalités et les différences culturelles et qui ménagent les ressources de la planète. Une économie durable se remarque à la mise en œuvre de décisions, de politiques et de pratiques de façon à limiter au maximum leurs effets sur les ressources et à maximiser la régénération de l'environnement naturel.

Les décisions ou changements se rapportant à l'un ou l'autre de ces trois éléments – santé et bien-être des humains, environnement et économie – ont de grandes répercussions sur les deux autres et donc, sur notre *qualité de vie*. La prise de décisions doit tenir compte des trois éléments de façon à assurer une qualité de vie équitable, raisonnable et durable pour tous.

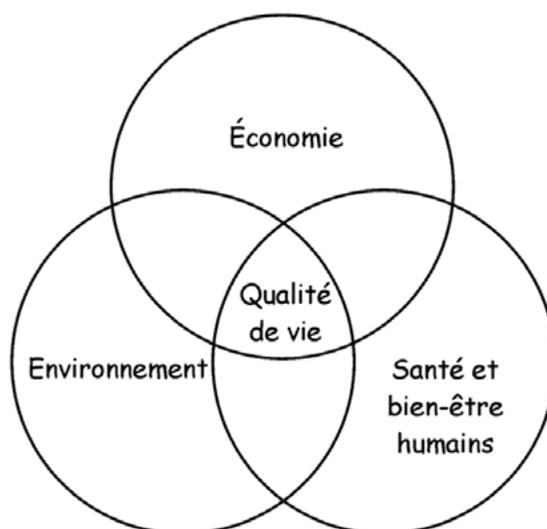


Fig. 3 - Le développement durable



Nous encourageons les enseignants à consulter *L'éducation pour un avenir viable* (Éducation, Formation professionnelle et Jeunesse Manitoba, 2001). Ce document présente des façons d'incorporer des préceptes, principes et pratiques favorisant un environnement d'apprentissage menant les élèves vers un avenir engagé à l'égard de la viabilité de la planète.

Le développement durable va de pair avec les principes de responsabilité sociale et d'équité. Williams (1994) estime que le concept d'équité est essentiel à la réalisation de la durabilité. Cela sous-entend l'équité entre les nations, au sein des nations, entre les humains et les autres espèces ainsi qu'entre les générations actuelles et à venir.

Le développement durable est également un processus de prise de décisions, une façon de penser, une philosophie et une éthique. La notion de compromis est une idée importante qui sous-tend la prise de décisions dans le contexte du développement durable. Pour atteindre l'équilibre nécessaire entre la santé et le bien-être humains, l'environnement et l'économie, il faudra recourir à certains compromis.

Au fur et à mesure que l'élève avance dans sa scolarité, il reconnaît et cerne diverses interactions STSE et applique ses habiletés de prise de décisions dans des contextes de plus en plus exigeants, tels qu'illustrés ci-après :

- **La complexité de la compréhension** – passer d'idées concrètes et simples à des concepts abstraits; passer d'une connaissance limitée des sciences à une connaissance plus profonde et plus large des sciences et du monde;
- **Les applications en contexte** – passer de contextes locaux et personnels à des contextes sociétaux et planétaires;
- **La considération de variables et de perspectives** – passer d'une ou de deux variables ou perspectives simples à un grand nombre d'entre elles à complexité croissante;
- **Le jugement critique** – passer de jugements simples sur le vrai ou le faux de quelque chose à des évaluations complexes;
- **La prise de décisions** – passer de décisions prises à partir de connaissances limitées et avec l'aide d'un enseignant, à des décisions basées sur des recherches approfondies comportant un jugement personnel et prises de façon indépendante.

« Il est essentiel que le public se familiarise avec le concept du développement durable et ses pratiques dans le but de les comprendre. Si nous voulons changer notre style de vie, nous devons former les générations présentes et futures, et les munir des connaissances nécessaires pour assurer la mise en application du développement durable. » (Sustainability Manitoba, 1994) [traduction libre]



Les résultats d'apprentissage généraux (RAG) suivants définissent les attentes liées à ce deuxième principe de base.

Résultats d'apprentissage généraux – Sciences, technologie, société et environnement (STSE)

Une fois sa formation scientifique au primaire, à l'intermédiaire et au secondaire complétée, l'élève sera apte à :

- B1** décrire des innovations scientifiques et technologiques, d'hier et d'aujourd'hui, et reconnaître leur importance pour les personnes, les sociétés et l'environnement à l'échelle locale et mondiale;
- B2** reconnaître que les poursuites scientifiques et technologiques ont été et continuent d'être influencées par les besoins des humains et le contexte social de l'époque;
- B3** identifier des facteurs qui influent sur la santé et expliquer des liens qui existent entre les habitudes personnelles, les choix de style de vie et la santé humaine aux niveaux personnel et social;
- B4** démontrer une connaissance et un intérêt personnel pour une gamme d'enjeux, de passe-temps et de métiers liés aux sciences et à la technologie;
- B5** identifier et démontrer des actions qui favorisent la durabilité de l'environnement, de la société et de l'économie à l'échelle locale et mondiale.



C – Habiletés et attitudes scientifiques et technologiques

Une culture scientifique qui découle d'une formation scientifique doit amener l'élève à répondre à des questions dans le cadre d'une étude scientifique, à résoudre des problèmes technologiques et à prendre des décisions. On se réfère à ces processus comme étant l'étude scientifique, la résolution de problèmes technologiques et la prise de décisions (voir la fig. 4). Bien que les habiletés et les attitudes comprises dans ces processus ne soient pas l'apanage exclusif des sciences, elles jouent un rôle important dans l'évolution d'une compréhension des sciences et dans l'application des sciences et de la technologie à des situations nouvelles.

	Étude scientifique	Résolution de problèmes technologiques (processus de design)	Prise de décisions
But :	Satisfaire sa curiosité à l'égard des événements et des phénomènes dans le monde naturel et fabriqué.	Composer avec la vie de tous les jours, les pratiques et les besoins des humains.	Identifier divers points de vue ou perspectives à partir de renseignements différents ou semblables.
Procédé :	Que savons-nous? Que voulons-nous savoir?	Comment pouvons-nous y arriver? La solution fonctionnera-t-elle?	Existe-t-il des solutions de rechange ou des conséquences? Quel est le meilleur choix en ce moment?
Produit :	Une compréhension des événements et des phénomènes dans le monde naturel et fabriqué.	Un moyen efficace d'accomplir une tâche ou de satisfaire un besoin.	Une décision avisée compte tenu des circonstances.
	Question scientifique	Problème technologique	Enjeu STSE
Exemples :	Pourquoi mon café refroidit-il si vite? <i>Une réponse possible :</i> L'énergie calorifique est transférée par conduction, convection et rayonnement.	Quel matériau permet de ralentir le refroidissement de mon café? <i>Une solution possible :</i> Le polystyrène (tasse) ralentit le refroidissement des liquides chauds.	Devrions-nous choisir des tasses en polystyrène ou en verre pour notre réunion? <i>Une décision possible :</i> La décision éventuelle doit tenir compte de ce que dit la recherche scientifique et technologique à ce sujet ainsi que des facteurs tels que la santé, l'environnement, et le coût et la disponibilité des matériaux.

Fig. 4 – Les processus de la formation scientifique

Adaptation autorisée par le ministre de l'Apprentissage de la province de l'Alberta (Canada), 2001.



- **Étude scientifique**

L'étude scientifique est une façon de comprendre un peu plus l'Univers. Cette étude exige la recherche d'explications de phénomènes. Il n'existe pas à proprement parler une seule méthode scientifique ni une seule séquence d'étapes à suivre pour réaliser une étude scientifique. C'est plutôt une approche systématique et critique qui caractérise l'ensemble du travail scientifique. L'élève doit apprendre les habiletés fondamentales à l'étude scientifique telles que le questionnement, l'observation, l'inférence, la prédiction, la mesure, l'hypothèse, la classification, la conception d'expériences, la collecte, l'analyse et l'interprétation de données. L'élève doit également développer des attitudes telles que la curiosité, le scepticisme et la créativité. Ces habiletés et attitudes sont souvent représentées comme un cycle qui comporte une phase de questionnement, la génération d'explications possibles et la collecte de données dans le but de déterminer l'explication la plus utile et la plus précise pour comprendre le phénomène à l'étude. En règle générale, de nouvelles questions peuvent surgir pour relancer le cycle.

- **Résolution de problèmes technologiques**

La résolution de problèmes technologiques amène l'élève à chercher des solutions aux problèmes qui se présentent lorsque les humains cherchent à s'adapter à l'environnement. De la maternelle à la 8^e année, les élèves ont développé les habiletés et les attitudes nécessaires à la résolution de problèmes par l'entremise d'un cycle appelé le **processus de design**. Le processus de design comprend diverses étapes telles que la conception, la fabrication, la mise à l'essai et l'évaluation d'un dispositif, d'un appareil, d'un système ou d'un procédé dans le but d'obtenir une solution optimale à un problème donné. Dans les années secondaires, les habiletés liées à la résolution de problèmes technologiques sont incorporées dans le processus de prise de décisions.

- **Enjeux STSE et prise de décisions**

L'élève, personnellement et en tant que citoyen du monde, doit être en mesure de prendre des décisions. Le processus de prise de décisions est un moyen d'analyser des questions et de faire un choix parmi différentes mesures. Les questions sont souvent complexes et ne donnent pas lieu à une réponse unique. Elles peuvent aussi susciter de la controverse lorsqu'elles portent sur des valeurs individuelles et collectives. Pour prendre une décision informée, l'élève doit maîtriser les concepts scientifiques liés à la question et être sensibilisés aux valeurs à l'origine d'une décision. Le processus de prise de décisions comprend une série d'étapes dont :

- cerner et clarifier la question;
- connaître les différents points de vue et les personnes concernées par la question;
- évaluer d'un regard critique l'information disponible;
- déterminer les options possibles ou les positions adoptées sur le sujet;
- évaluer les répercussions liées aux options possibles ou aux positions adoptées sur le sujet;
- être sensibilisé aux valeurs pouvant orienter une décision;
- prendre une décision réfléchie et fournir des justifications;
- donner suite à une décision;
- réfléchir sur le processus.



Tout au long de sa formation en sciences, l'élève devrait prendre une part active dans des situations de prise de décisions. Celles-ci ne sont pas seulement importantes par elles-mêmes, mais elles fournissent également un contexte pertinent pour l'étude scientifique, la résolution de problèmes technologiques et l'étude des interactions STSE (voir la fig. 5).

COMMENT ABORDER UN ENJEU STSE

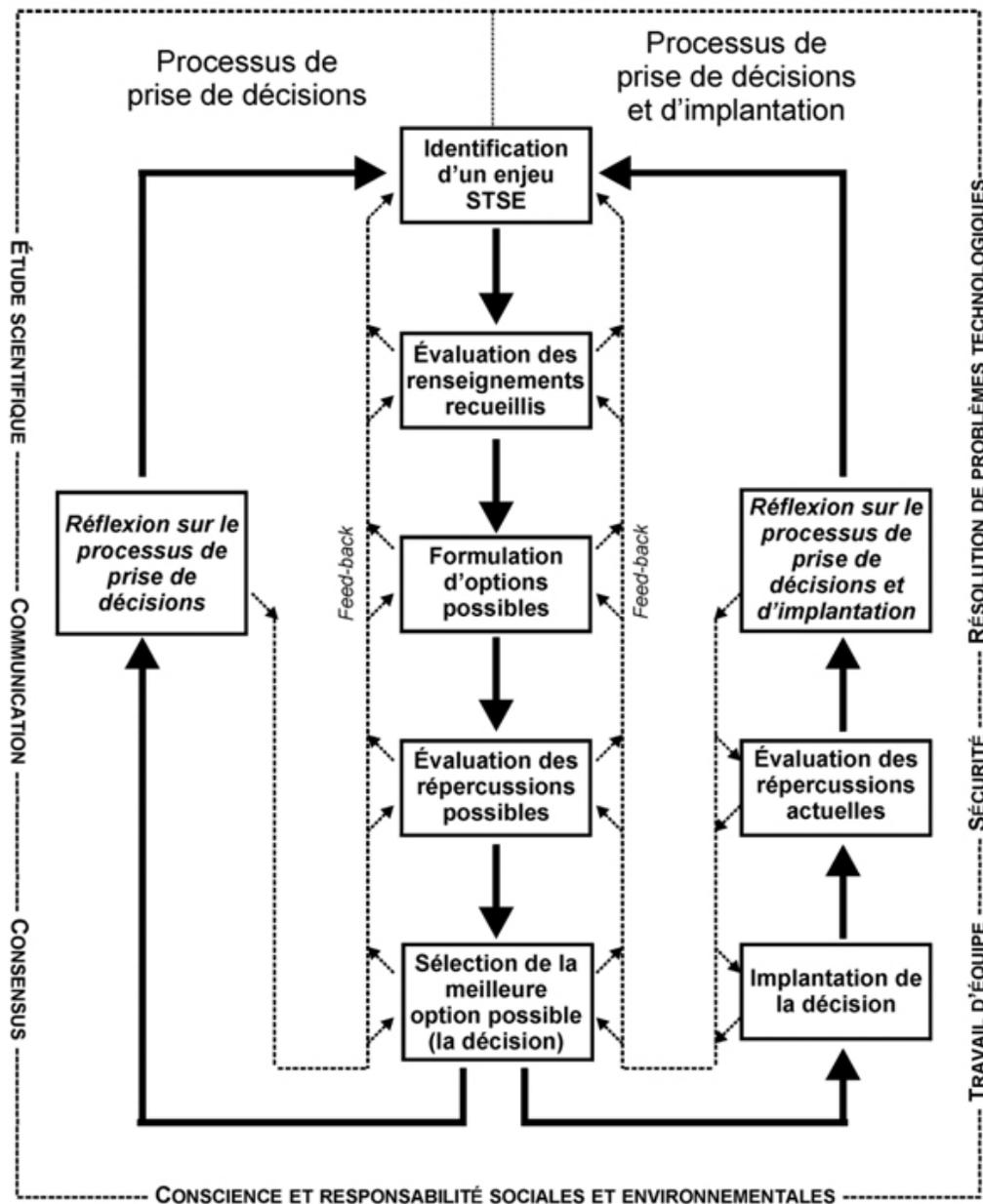


Fig. 5 - Étapes du processus de prise de décisions liées aux enjeux STSE



- **Attitudes**

L'étude scientifique, la résolution de problèmes technologiques et la prise de décisions dépendent toutes des attitudes. Ces attitudes ne s'acquièrent pas de la même façon que les sont les habiletés et les connaissances. Elles sont mises en évidence par des manifestations non sollicitées au fil du temps. Le développement des attitudes est un processus permanent auquel participent le foyer, l'école, la communauté et la société en général. Le développement d'attitudes positives joue un rôle important dans l'épanouissement de l'élève.

Les résultats d'apprentissage généraux (RAG) suivants définissent les attentes liées à ce troisième principe de base.

Résultats d'apprentissage généraux – Habiletés et attitudes scientifiques et technologiques

Une fois sa formation scientifique au primaire, à l'intermédiaire et au secondaire complétée, l'élève sera apte à :

- C1 reconnaître les symboles et les pratiques liés à la sécurité lors d'activités scientifiques et technologiques ou dans sa vie de tous les jours, et utiliser ces connaissances dans des situations appropriées;
- C2 démontrer des habiletés appropriées lorsqu'elle ou il entreprend une étude scientifique;
- C3 démontrer des habiletés appropriées lorsqu'elle ou il s'engage dans la résolution de problèmes technologiques;
- C4 démontrer des habiletés de prise de décisions et de pensée critique lorsqu'elle ou il adopte un plan d'action fondé sur de l'information scientifique et technologique;
- C5 démontrer de la curiosité, du scepticisme, de la créativité, de l'ouverture d'esprit, de l'exactitude, de la précision, de l'honnêteté et de la persistance, et apprécier l'importance de ces qualités en tant qu'états d'esprit scientifiques et technologiques;
- C6 utiliser des habiletés de communication efficaces et des technologies de l'information afin de recueillir et de partager des idées et des données scientifiques et technologiques;
- C7 travailler en collaboration et valoriser les idées et les contributions d'autrui lors de ses activités scientifiques et technologiques;
- C8 évaluer, d'une perspective scientifique, les idées et les renseignements rencontrés au cours de ses études et dans la vie de tous les jours.



D – Connaissances scientifiques essentielles

Le contenu notionnel des sciences comprend notamment des théories, des modèles, des concepts, des principes et des faits essentiels à la compréhension des sciences de la vie, des sciences physiques et des sciences de la Terre et de l'espace.

- **Les sciences de la vie** se préoccupent de la croissance et des interactions des êtres vivants dans leur environnement, de façon à refléter leur caractère unique, leur diversité, leur continuité génétique et leur nature changeante. Les sciences de la vie comprennent l'étude des organismes (dont les humains), des écosystèmes, de la biodiversité, de la cellule, de la biochimie et de la biotechnologie.
- **Les sciences physiques**, qui englobent la chimie et la physique, se préoccupent de la matière, de l'énergie et des forces. La matière a une structure, et des interactions multiples existent entre ses composantes. L'énergie relie la matière aux forces gravitationnelle, électromagnétique et nucléaire de l'Univers. Les sciences physiques traitent des lois de la conservation de la masse et de l'énergie, de la quantité de mouvement et de la charge.
- **Les sciences de la Terre et de l'espace** fournissent à l'élève des perspectives mondiales et universelles sur ses connaissances. La Terre a une forme, une structure et des régularités de changement, tout comme le système solaire qui l'entoure et l'Univers physique au-delà de celui-ci. Les sciences de la Terre et de l'espace comprennent des domaines d'études comme la pédologie, la géologie, la météorologie, l'hydrologie et l'astronomie.

Les résultats d'apprentissage généraux (RAG) suivants définissent les attentes liées à ce quatrième principe de base.

Résultats d'apprentissage généraux – Connaissances scientifiques essentielles

Une fois sa formation scientifique au primaire, à l'intermédiaire et au secondaire complétée, l'élève sera apte à :

- D1** comprendre les structures et les fonctions vitales qui sont essentielles et qui se rapportent à une grande variété d'organismes, dont les humains;
- D2** comprendre diverses composantes biotiques et abiotiques, ainsi que leurs interactions et leur interdépendance au sein d'écosystèmes y compris la biosphère en entier;
- D3** comprendre les propriétés et les structures de la matière ainsi que diverses manifestations et applications communes des actions et des interactions de la matière;
- D4** comprendre comment la stabilité, le mouvement, les forces ainsi que les transferts et les transformations d'énergie jouent un rôle dans un grand nombre de contextes naturels et fabriqués;



- D5** comprendre la composition de l'atmosphère, de l'hydrosphère et de la lithosphère ainsi que des processus présents à l'intérieur de chacune d'elles et entre elles;
- D6** comprendre la composition de l'Univers et les interactions en son sein ainsi que l'impact des efforts continus de l'humanité pour comprendre et explorer l'Univers.

E – Concepts unificateurs

Les concepts unificateurs permettent d'établir des liens à l'intérieur des disciplines scientifiques et entre elles. Ce sont des idées clés qui sous-tendent et relient entre elles toutes les connaissances scientifiques. De plus, les concepts unificateurs s'étendent dans des disciplines telles que les mathématiques et les sciences humaines. Ainsi, les concepts unificateurs aident l'élève à se construire une compréhension plus globale des sciences et de leur rôle dans la société. Les quatre concepts unificateurs qui suivent ont servi à l'élaboration du présent document.

- **Similarité et diversité**

Les concepts de similarité et de diversité fournissent des outils permettant d'organiser nos expériences avec le monde. En commençant par des expériences non structurées, l'élève apprend à reconnaître divers attributs d'objets, de substances, de matériaux, d'organismes et d'événements, ce qui lui permet de faire des distinctions utiles entre ces attributs et parmi eux. Au fur et à mesure que s'élargissent ses connaissances, elle ou il apprend à se servir de procédures et de protocoles couramment acceptés pour décrire et classer les substances, les organismes et les événements qu'il rencontre, ce qui l'aide à mieux partager ses idées avec autrui et à réfléchir sur ses expériences.

- **Systèmes et interactions**

Concevoir le tout en fonction de ses parties et, inversement, comprendre les parties en fonction du tout sont deux aspects importants de la compréhension et de l'interprétation du monde. Un système est un ensemble d'éléments qui interagissent les uns avec les autres; l'effet global de ces interactions est souvent plus grand que celui des parties individuelles du système, et cela même quand on additionne simplement l'effet de chacune des parties. L'élève a l'occasion d'étudier à la fois les systèmes naturels et technologiques.

- **Changement, constance et équilibre**

Les concepts de constance et de changement sous-tendent la plupart des connaissances sur le monde naturel et fabriqué. Grâce à l'observation, l'élève apprend que certains attributs d'objets, de substances, de matériaux, d'organismes et de systèmes demeurent constants au fil du temps, tandis que d'autres changent. Au cours de ses études scientifiques, l'élève apprend à comprendre le déroulement de divers processus ainsi que les conditions nécessaires au changement, à la constance et à l'équilibre.



- **Énergie**

La notion d'énergie est un outil conceptuel qui rassemble plusieurs connaissances liées aux phénomènes naturels, aux objets, aux substances, aux matériaux et aux processus de changement. L'énergie – qu'elle soit transmise ou transformée – permet à la fois le mouvement et le changement. L'élève apprend à décrire l'énergie par ses effets et ses manifestations, et à acquérir au fil du temps un concept de l'énergie comme élément inhérent des interactions des substances, des fonctions vitales et du fonctionnement des systèmes.

Les résultats d'apprentissage généraux (RAG) suivants définissent les attentes liées à ce cinquième principe de base.

Résultats d'apprentissage généraux – Concepts unificateurs

Une fois sa formation scientifique au primaire, à l'intermédiaire et au secondaire complétée, l'élève sera apte à :

- E1 décrire et apprécier les similarités et les différences parmi les formes, les fonctions et les régularités du monde naturel et fabriqué;
- E2 démontrer et apprécier comment le monde naturel et fabriqué est composé de systèmes et comment des interactions ont lieu au sein de ces systèmes et entre eux;
- E3 reconnaître que des caractéristiques propres aux matériaux et aux systèmes peuvent demeurer constantes ou changer avec le temps et décrire les conditions et les processus en cause;
- E4 reconnaître que l'énergie, transmise ou transformée, permet à la fois le mouvement et le changement, et est intrinsèque aux matériaux et à leurs interactions.

3. L'APPRENTISSAGE EN SCIENCES DE LA NATURE

Des principes découlant de la psychologie cognitive

L'apprentissage des sciences s'inscrit dans l'évolution personnelle de l'élève qui doit se responsabiliser graduellement par rapport à la construction de ses savoirs scientifiques et à leur utilisation dans des contextes de plus en plus variés et complexes. Tout apprentissage est un cheminement dans lequel l'élève élargit progressivement son champ d'autonomie. Les recherches dans le domaine de la psychologie cognitive ont permis de dégager des principes d'apprentissage qui permettent de porter un regard nouveau sur les actes pédagogiques les plus susceptibles de favoriser l'acquisition, l'intégration et la réutilisation des connaissances.



- L'apprentissage est plus efficace et plus durable lorsque l'élève est actif dans la construction de son savoir : l'acquisition de connaissances ou l'intériorisation de l'information est un processus personnel et progressif qui exige une activité mentale continue.
- L'apprentissage est plus efficace lorsque l'élève réussit à établir des liens entre les nouvelles connaissances et les connaissances antérieures.
- L'organisation des connaissances en réseaux favorise chez l'élève l'intégration et la réutilisation fonctionnelle des connaissances : plus les connaissances sont organisées sous forme de schémas ou de réseaux, plus il est facile pour l'élève de les retenir et de les récupérer de sa mémoire.
- L'acquisition des stratégies cognitives (qui portent sur le traitement de l'information) et métacognitives (qui se caractérisent par une réflexion sur l'acte cognitif lui-même ou sur le processus d'apprentissage) permet à l'élève de réaliser le plus efficacement possible ses projets de communication et, plus globalement, son projet d'apprentissage.
- La motivation scolaire repose sur les perceptions qu'a l'élève de ses habiletés, de ses capacités d'apprentissage, de la valeur et des difficultés de la tâche et, enfin, de ses chances de réussite. La motivation scolaire détermine le niveau de son engagement, le degré de sa participation et la persévérance qu'elle ou il apportera à la tâche.

« Pour apprendre quelque chose aux gens, il faut mélanger ce qu'ils connaissent avec ce qu'ils ignorent. » (Pablo Picasso)

D'autres considérations liées à l'apprentissage

L'apprentissage est plus efficace lorsque le caractère unique de l'élève est pris en compte. Pour cette raison, différentes situations d'apprentissage doivent être offertes aux élèves afin de respecter, leurs différences cognitives, sociales, culturelles ainsi que leur rythme d'apprentissage. L'apprentissage est plus efficace aussi lorsque les activités proposées en classe sont signifiantes, pertinentes, intéressantes, réalisables, axées sur des expériences concrètes d'apprentissage et liées à des situations de la vie de tous les jours. Enfin, l'apprentissage est plus efficace lorsque les élèves se sentent acceptés par l'enseignant et par leurs camarades de classe. Plus le climat d'apprentissage est sécurisant, plus les élèves sont en mesure de prendre des risques et de poser des questions qui mènent à une meilleure compréhension.

L'élève de la 12^e année et le milieu d'apprentissage des sciences

La compréhension qu'ont les enseignants des qualités uniques de chaque élève et de leurs façons d'apprendre va les aider à prendre des décisions concernant les ressources et documents pédagogiques, ainsi que les méthodes d'évaluation et d'enseignement. Notre compréhension de l'apprentissage est en évolution constante. Le perfectionnement professionnel continu est important pour les enseignants étant donné qu'ils cherchent à mettre à jour leur connaissance du processus de l'apprentissage.



Les élèves que les enseignants rencontrent aujourd'hui sont différents à de nombreux égards des élèves des générations précédentes. Les élèves sont plus susceptibles de vivre dans une famille monoparentale ou dans une famille reconstituée. Un plus grand nombre occupent un emploi à temps partiel. Les élèves sont plus avancés dans leurs connaissances et leur utilisation de la technologie de l'information, et une grande partie de leur compréhension du monde vient des médias sociaux. Les classes sont de plus en plus variées sur le plan ethnique. Les relations familiales, les expériences de culture générale et de la vie, la personnalité, les intérêts, les méthodes d'apprentissage, le statut socio-économique et le rythme du développement influent tous sur la capacité qu'a un élève d'apprendre.

Caractéristiques des apprenants de la 12^e année

L'obtention de diplôme est un rite de passage important. Pour les élèves, la dernière année d'études au secondaire peut être « le meilleur et le pire des temps ». La plupart des élèves de la 12^e année ont tissé des liens étroits avec leurs camarades et se sentent bien au sein de l'école. Un bon nombre d'élèves ont connu d'importants développements en 10^e et 11^e années et se sentent plus confiants, plus à l'aise et manifestent un nouvel engagement à atteindre leurs objectifs personnels dans leurs études au secondaire. La 12^e année peut être une période excitante pour renforcer des liens d'amitié, planifier l'avenir et tirer profit d'une perspective plus large et plus réaliste.

Les élèves de 12^e année peuvent avoir de la difficulté à bien gérer les contraintes de leur passage au monde adulte. Pour certains élèves, l'obtention de diplôme représente le moment où ils doivent quitter non seulement leur communauté scolaire et un groupe d'amis, mais aussi leur maison et, dans certaines circonstances, leur quartier ou leur ville. Les élèves qui n'ont pas établi des plans précis pour l'avenir sont sous une énorme pression à prendre des décisions. Certains élèves découvrent que leurs champs d'intérêt et leurs plans sont en contradiction avec les aspirations que leur famille a pour eux. À mesure que l'année avance, certains élèves développent une meilleure idée de leur identité et de ce qu'ils vont faire. Cette confiance se reflète dans leurs travaux. Les élèves qui ne sont pas en mesure de bien gérer leur anxiété relativement à cette transition pourraient mal travailler parce qu'ils sont réticents à quitter le réseau de soutien qu'offre leur communauté scolaire.

Un bon nombre d'élèves de 12^e année se préoccupent des priorités à l'extérieur de la classe : relations, emplois, plans de fins d'année, plans d'études futures, voyages ou carrières. Certains élèves perdent leur motivation à étudier des mois avant la fin de l'année scolaire. Plusieurs élèves développent un sentiment d'identité d'adulte dans le cadre de leur emploi et peuvent considérer le monde à l'extérieur de la classe comme étant le « monde réel ». Les enseignants doivent être flexibles lorsque les élèves occupent un emploi, mais ils doivent également faire valoir les priorités et la valeur à long terme de l'éducation.



Créer un environnement d'apprentissage stimulant

Une classe de sciences vivante émerge d'un environnement physique stimulant et invitante. Bien que les ressources et les réalités physiques des salles de classe varient, une salle de classe de sciences bien équipée offre ou contient un éventail de ressources qui aident à stimuler l'apprentissage. Il est utile de faire participer les élèves à la conception de la salle de classe.

Des façons de créer un environnement d'apprentissage stimulant comprennent ce qui suit :

- **Disposition souple des places** : Utiliser des tables ou des pupitres mobiles pour aménager des dispositions qui reflètent une approche axée sur l'élève et qui permettent aux élèves d'interagir dans diverses configurations.
- **Un environnement médiatique** : Avoir en salle de classe une bibliothèque pour les lectures autosélectionnées. La bibliothèque dans la salle de classe peut comprendre des magazines scientifiques, des articles de journaux, des bulletins de nouvelles, des articles parus dans Internet, des ouvrages de science-fiction et des travaux publiés par les élèves. Les ouvrages de référence en salle de classe pourraient comprendre des dictionnaires et des encyclopédies des sciences, des livres de faits, des logiciels et des titres sur CD-ROM, des applications sur tablettes, des examens antérieurs réunis dans des reliures et des manuels.
- **Accès au matériel électronique** : Si possible, donner l'accès au matériel électronique, p. ex. un ordinateur, une tablette, un téléviseur, un lecteur DVD.
- **Panneaux synoptiques** : Poser des affiches, accrocher des murales et des banderoles qui célèbrent les réalisations des élèves. Les changer fréquemment de façon à refléter les intérêts des élèves et leur participation active à la classe de sciences.
- **Exposer des objets et des artefacts** : avoir des modèles, des photos, des reproductions artisanales, des cartes, des articles de magazines et de journaux, etc., dans votre salle de classe pour stimuler l'interrogation et exprimer le lien entre la salle de classe et le monde extérieur.
- **Communication** : Afficher des listes de contrôle, des processus et des stratégies pour faciliter et encourager l'apprentissage indépendant par les élèves. Fournir un babillard pour les annonces administratives et les horaires.
- **Laboratoire bien équipé et sécuritaire** : L'accès régulier à un laboratoire de sciences bien équipé et sécuritaire encourage le développement d'habiletés de laboratoire importantes.



4. DES CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES EN SCIENCES

La langue

De par leur nature, les sciences constituent un terrain fertile à l'apprentissage d'une langue seconde ou de la langue maternelle. L'étude scientifique, la résolution de problèmes technologiques et la prise de décisions relative aux interactions STSE, par exemple, nécessitent des activités structurées, des interactions sociales et des réflexions abstraites faisant toutes appel à la communication orale ou écrite. Parallèlement, la langue est un outil indispensable à l'acquisition et à la transmission des savoirs scientifiques et technologiques. L'élève utilise la langue française pour donner du sens à ses apprentissages, pour se construire des savoirs, pour réfléchir sur ses apprentissages, pour s'approprier des démarches d'apprentissage, pour nourrir sa pratique de la langue elle-même et pour élargir et affiner sa compréhension de la réalité qui l'entoure. Enfin, les sciences sont en quelque sorte une langue, spécialisée certes, qui exige des mécanismes d'apprentissage semblables à ceux déployés pour l'acquisition d'une langue.

La qualité du français parlé et écrit à l'école est une responsabilité partagée par tous les enseignants et ne relève pas uniquement des enseignants de langue. Dans cette optique, les programmes d'études en sciences de la nature favorisent l'emploi d'un vocabulaire précis et d'un style propre aux sciences. Une pédagogie qui valorise les fonctions de la langue dans l'apprentissage des sciences de la nature permet à l'élève d'acquérir des compétences langagières et disciplinaires, de s'approprier les nuances propres à la langue, d'être métacognitif en français et de développer un rapport positif à la langue.

Les sciences pour tous

Les programmes d'études manitobains visent à promouvoir l'apprentissage des sciences et la possibilité d'une carrière scientifique ou technologique pour tout élève, fille ou garçon. Les sciences ne sont plus un domaine réservé aux hommes, et il faut encourager autant les filles que les garçons à élargir leurs intérêts et à développer leurs talents par l'entremise de situations et de défis captivants et pertinents pour tous.

Dans le même ordre d'idée, les sciences intéressent et appartiennent à l'humanité entière dans toute sa diversité, que ce soit au niveau culturel, économique, personnel ou physique. Il faut à la fois respecter et promouvoir la diversité humaine à l'origine même des sciences et de la technologie, et s'assurer que toute personne intéressée par les sciences et la technologie peut les étudier et réaliser son potentiel.

L'éthique

L'étude des concepts scientifiques peut mener les élèves comme les enseignants à discuter de questions d'éthique. Par exemple, l'étude de la production de polymères synthétiques peut donner lieu à des discussions sur un déséquilibre potentiel entre l'activité économique et le respect de l'environnement et des cultures.



En effet, nombreux sont les enjeux soulevés en classe de sciences qui comporteront des conséquences environnementales, sociales ou morales. Comme ces enjeux tirent leur origine de l'étude scientifique, l'enseignement devrait en tenir compte. Il faut préciser cependant que les sciences ne fournissent qu'une toile de fond permettant la prise de décisions personnelles et collectives plus éclairées. Il incombe de gérer les discussions avec sensibilité et sans détour.

La sécurité

Au fur et à mesure de leur scolarisation, les élèves sont appelés à être de plus en plus responsables lors d'activités scientifiques. En effet, la sécurité est une composante essentielle de la culture scientifique. L'observation des élèves au cours d'une activité menée dans la classe ou lors d'une excursion scolaire permet à l'enseignant de déceler s'ils manifestent les habiletés et les attitudes de sécurité requises. Le document d'appui *La sécurité en sciences de la nature* (ministère de l'Éducation et de la Formation professionnelle Manitoba, 2015) fournit de nombreuses précisions à ce sujet.

Généralement, les élèves du secondaire réalisent leurs expériences scientifiques ou observent une démonstration scientifique dans un laboratoire proprement dit. À mesure que les expériences ou les démonstrations faites en classes comportent un plus grand risque, l'enseignant doit s'assurer de disposer d'un local ou d'installations qui répondent aux exigences en matière de sécurité en sciences. Ces exigences sont décrites dans *La sécurité en sciences de la nature*.

Tout en exigeant un apprentissage en français de la sécurité en sciences, l'enseignante ou l'enseignant doit tenir compte des compétences langagières de chacun de ses élèves, et doit faire en sorte qu'aucun élève ne soit mis à risque simplement parce qu'elle ou il ne maîtrise pas suffisamment le français.



5. L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE

La démarche à trois temps

L'apprentissage de l'élève est facilité, appuyé et encadré par une démarche pédagogique gérée par l'enseignant. Par mesure de cohérence, cette démarche doit s'inspirer des principes d'apprentissage mentionnés ci bas. La figure 6 explique la démarche pédagogique à trois temps, qui comprend la préactivité, l'activité proprement dite, et la postactivité.

APPRENTISSAGE DE L'ÉLÈVE	DÉMARCHE PÉDAGOGIQUE	
	OPÉRATIONNALISATION	ÉVALUATION FORMATIVE INTERACTIVE
1^{er} temps : Préparation de la situation d'apprentissage (la préactivité)		
<ul style="list-style-type: none"> ■ L'élève se rappelle la situation d'apprentissage précédente ou des résultats de situations précédentes qu'il a vécues. ■ L'élève formule ou s'approprie des objectifs d'apprentissage, les relie à son vécu et anticipe d'en tirer profit (d'où sa participation et son intérêt) L'élève considère aussi ses acquis en rapport avec les objectifs proposés. ■ L'élève propose ou choisit une situation d'apprentissage et formule des questions et des réactions en rapport avec cette situation. L'élève cherche à se doter de ressources et d'outils et à créer un milieu propice à l'apprentissage, seul ou avec ses pairs. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ L'enseignant facilite le retour de l'élève sur la situation d'apprentissage précédente ou sur les résultats d'expériences antérieures. ■ L'enseignant présente les objectifs d'apprentissage, les rend significatifs et accessibles, les relie au vécu de l'élève et facilite la relation entre les acquis et les objectifs proposés. ■ L'enseignant propose des situations d'apprentissage significatives et sécurise l'élève face au choix d'une situation, en précisant les attentes. Il facilite l'organisation des groupes et du milieu d'apprentissage (ressources et outils disponibles). 	<ul style="list-style-type: none"> ■ L'enseignant observe les significations que l'élève dégage de ses expériences antérieures (attitudes, habiletés, connaissances). ■ L'enseignant vérifie la compréhension par l'élève des objectifs. Il vérifie si les objectifs semblent être significatifs et pertinents et si l'élève a les acquis nécessaires pour poursuivre les objectifs proposés. ■ L'enseignant vérifie que l'élève a compris les situations d'apprentissage et qu'il peut en dégager les significations. L'enseignant vérifie aussi si l'élève est à l'aise et de quelles façons il se prépare.
2^e temps : Réalisation de la situation d'apprentissage (l'activité)		
<ul style="list-style-type: none"> ■ L'élève traite du contenu d'apprentissage en explorant et en étudiant des phénomènes, des informations ou des sources de données (observation, interrogation, recherche, analyse, description, prédiction, formulation d'hypothèse, etc.). ■ L'élève choisit et organise l'information (traitement de données, schématisation, synthèse, critique, etc.) pour la présenter à la fin (extrapolation, déduction, évaluation, conclusion, application). 	<ul style="list-style-type: none"> ■ L'enseignant incite et guide l'élève dans sa recherche ou son expérimentation, en proposant des éléments de source ou de solution et en conscientisant l'élève aux techniques nécessaires pour puiser de l'information. ■ L'enseignant guide aussi l'élève dans l'organisation et la présentation de son information et de ses résultats, lui proposant des pistes diverses et appropriées tout en lui aidant à prendre conscience de la démarche utilisée. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ L'enseignant observe la démarche et les stratégies de l'élève dans son étude ou sa résolution de problèmes, tout en vérifiant son intérêt au niveau de la collecte de données, de l'organisation de l'information et de la présentation de ses résultats.
3^e temps : Intégration de la situation d'apprentissage (la postactivité)		
<ul style="list-style-type: none"> ■ L'élève effectue un retour (une réflexion) sur la situation d'apprentissage, en objective sa démarche et son produit, tire des conclusions, dégage des règles et principes, ou applique les résultats à une situation d'apprentissage analogue. ■ L'élève intègre la situation d'apprentissage en y dégageant des significations personnelles, tout en agrandissant son répertoire d'attitudes, d'habiletés et de connaissances et en témoignant de la confiance. Il est capable de réinvestir ce nouveau savoir dans une autre situation. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ L'enseignant facilite le retour sur la situation d'apprentissage, guide l'élève dans l'objectivation, l'aide à tirer des conclusions et à appliquer les résultats dans une situation analogue. ■ L'enseignant aide l'élève à dégager des significations personnelles reliées à une situation d'apprentissage, fournit de la rétroaction sur les résultats de la situation, et facilite l'expression et la manifestation de la confiance qu'a l'élève en lui-même, en lui proposant des situations de réinvestissement. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ L'enseignant observe la participation de l'élève dans le retour sur la situation d'apprentissage. Il observe chez l'élève son objectivation, sa démarche pour en arriver à des conclusions, et son application des résultats dans une situation analogue. ■ L'enseignant vérifie la pertinence des significations personnelles reliées à la situation d'apprentissage, évalue la démarche suivie par l'élève et son apprentissage, observe l'image qu'a l'élève de lui-même, et vérifie le degré de participation de l'élève dans le réinvestissement.
<p><i>Il y a interdépendance dans les différents éléments de la démarche pédagogique; leur déroulement n'est pas forcément linéaire et il varie d'un élève à l'autre.</i></p>		

Fig. 6 – Démarche d'apprentissage. Tiré et adapté du Dictionnaire actuel de l'éducation, 2^e éd. de Renald Legendre.



La promotion de la culture scientifique

Tout en suivant une démarche pédagogique axée sur l'élève, dans la mesure du possible, l'enseignant en sciences de la nature ne doit pas perdre de vue son rôle dans la promotion de la culture scientifique. L'enseignant doit :

« On ne peut rien enseigner à autrui. On ne peut que l'aider à découvrir. » (Galileo Galilée)

- encourager l'élève à développer un sentiment d'émerveillement et de curiosité, accompagné d'un sens critique à l'égard de l'activité scientifique et technologique;
- amener l'élève à se servir des sciences et de la technologie pour construire de nouvelles connaissances et résoudre des problèmes, lui permettant d'améliorer sa qualité de vie et celle des autres;
- préparer l'élève à aborder de façon critique des enjeux d'ordre social, économique, éthique ou environnemental liés aux sciences;
- offrir à l'élève une formation solide en sciences lui donnant la possibilité de poursuivre des études supérieures, de se préparer à une carrière liée aux sciences et d'entreprendre des loisirs à caractère scientifique convenant à ses intérêts et aptitudes;
- développer chez l'élève dont les aptitudes et les intérêts varient une sensibilisation à une vaste gamme de métiers liés aux sciences, à la technologie et à l'environnement.

L'expérimentation par l'élève est au centre de l'apprentissage et de l'enseignement des sciences de la nature. L'accent n'est plus mis sur la mémorisation des faits et des théories scientifiques isolées du monde réel. Les élèves apprennent à apprendre, à penser, à évaluer de façon critique l'information recueillie et à prendre des décisions éclairées.

« J'entends et j'oublie. Je vois et je me souviens. Je fais et je comprends. » (Proverbe chinois)

Dans la salle de classe en sciences de la nature, l'enseignant doit être à la fois :

- un pédagogue;
- un modèle en ce qui a trait aux attitudes et aux habiletés scientifiques et technologiques;
- un passionné des sciences et de la technologie.



L'apprentissage des sciences	
Insister moins sur :	Privilégier plutôt :
<ul style="list-style-type: none"> ■ la connaissance de faits et de données scientifiques ■ l'étude de chaque discipline en soi (sciences de la vie, sciences chimiques et physiques, sciences de la Terre et de l'espace) ■ la distinction entre les connaissances scientifiques et la démarche scientifique ■ le survol de nombreux sujets scientifiques ■ l'exécution d'une étude scientifique au moyen d'un ensemble prescrit de procédés 	<ul style="list-style-type: none"> ■ la compréhension de concepts scientifiques et le développement d'habiletés pour la recherche scientifique ■ l'apprentissage du contenu disciplinaire abordé dans divers contextes, afin de comprendre des perspectives personnelles et sociales liées aux sciences et à la technologie ainsi que l'histoire et la nature des sciences ■ l'intégration de tous les savoirs (attitudes, habiletés, connaissances) à l'étude scientifique ■ l'étude de quelques concepts scientifiques fondamentaux ■ l'étude scientifique comme un apprentissage continu de stratégies, d'habiletés et de concepts
Changement de priorités pédagogiques pour favoriser l'étude scientifique.	
Insister moins sur :	Privilégier plutôt :
<ul style="list-style-type: none"> ■ les activités de démonstration et de vérification des connaissances scientifiques ■ la recherche ou l'expérience effectuée sur une seule période de classe ■ l'application des habiletés scientifiques hors contexte ■ l'application d'une seule habileté isolément, telle que l'observation ou l'inférence ■ l'obtention d'une réponse ■ les sciences à titre d'exploration et d'expérience ■ la livraison de réponses aux questions sur des connaissances scientifiques ■ l'analyse et la synthèse des données, individuellement ou collectivement, sans affirmer ni justifier une conclusion ■ l'étude d'une grande quantité de connaissances au détriment du nombre de recherches ou d'expériences ■ la conclusion d'une étude scientifique aussitôt que les résultats d'une expérience sont obtenus ■ la gestion du matériel et de l'équipement ■ la communication des idées et des conclusions de l'élève à l'enseignante ou l'enseignant seulement 	<ul style="list-style-type: none"> ■ les activités de recherche et d'analyse liées à des questions scientifiques ■ la recherche ou l'expérience effectuée sur une période de temps prolongée ■ l'application des habiletés scientifiques dans un contexte réel ■ l'application de multiples habiletés intégrées, faisant appel à la manipulation, la cognition et le traitement ■ l'exploitation des données et des stratégies pour développer ou réviser une explication ■ les sciences à titre d'argument et d'explication ■ la communication d'explications scientifiques ■ l'analyse et la synthèse fréquentes de données par des groupes d'élèves après qu'ils ont affirmé et justifié leurs conclusions ■ de nombreuses recherches et expériences pour développer une compréhension de l'étude scientifique et pour apprendre des attitudes, des habiletés et des connaissances scientifiques ■ l'application des résultats d'une expérience à des arguments et à des explications scientifiques ■ la gestion des idées et de l'information ■ la communication ouverte des idées et du travail de l'élève à toute la classe

Fig. 7 – *Changement de priorités dans l'apprentissage et l'enseignement des sciences de la nature.* Traduction d'un extrait du document *National Science Education Standards*, p. 113, publié par la National Academy of Sciences.



6. L'ÉVALUATION EN SCIENCES DE LA NATURE

L'évaluation en salle de classe fait partie intégrante de l'enseignement des sciences. L'évaluation est le « processus systématique de cueillette d'information au sujet de ce qu'un élève sait, peut faire et apprend à faire ». L'objet premier de l'évaluation en salle de classe n'est pas d'évaluer et de classer les élèves, mais bien d'informer l'enseignant et d'améliorer l'apprentissage et de suivre la progression des élèves vers l'atteinte des objectifs d'apprentissage en fin d'année.

Au lieu de mettre l'accent sur la mémorisation de « faits » précis, détaillés et non reliés, [l'évaluation en sciences] devrait accorder plus de poids à la compréhension holistique des principales idées scientifiques et à la compréhension critique des sciences et du raisonnement scientifique (Millar et Osborne, 1998 : 25).

On définit grosso modo l'évaluation en salle de classe comme une activité ou une expérience qui donne de l'information sur l'apprentissage des élèves. Les enseignants en apprennent sur la progression des élèves non seulement par l'entremise de projets, d'examens et de tests formels, mais aussi par l'observation suivie des élèves à l'œuvre et les conversations avec les élèves sur leur apprentissage. Ils procèdent souvent à l'évaluation par des activités d'enseignement.

La plus grande partie de l'apprentissage des élèves est interne. Pour évaluer les connaissances, habiletés et stratégies des élèves en sciences, ainsi que les attitudes, les enseignants ont besoin d'un éventail d'outils et d'approches. Ils posent des questions, observent les élèves qui exécutent un éventail de processus et d'activités d'apprentissage, et examinent le travail des élèves en cours. Ils soumettent également les élèves à une évaluation par les pairs et à des activités d'autoévaluation. Les renseignements que les enseignants et les élèves retirent des activités d'évaluation informent et façonnent ce qui se passe dans la salle de classe; l'évaluation sous-entend toujours qu'une action suivra. Pour déterminer si les objectifs d'apprentissage des élèves ont été atteints, l'évaluation des élèves doit faire partie intégrante de l'enseignement et de l'apprentissage. L'évaluation de l'apprentissage des élèves fait intervenir une planification minutieuse et une mise en œuvre systématique.

Buts de l'évaluation

Il y a trois buts distincts mais interdépendants pour l'évaluation en classe : l'évaluation au service de l'apprentissage, l'évaluation en tant qu'apprentissage et l'évaluation de l'apprentissage.

- **L'évaluation au service de l'apprentissage** vise à fournir des données aux enseignants pour qu'ils modifient et différencient les activités d'enseignement et d'apprentissage. Elle part du principe que les élèves apprennent de façon personnelle, mais aussi que bon nombre d'entre eux suivent des stades et des cheminements prévisibles. Elle exige une planification de la part des enseignants de façon qu'ils se servent des données recueillies pour déterminer non seulement ce que les élèves savent, mais également s'ils mettent ce savoir en application, comment ils le font et quand ils le font. Les enseignants peuvent aussi se servir de ces renseignements pour simplifier et orienter l'enseignement et les ressources, ainsi que pour fournir des commentaires aux élèves afin de les aider à progresser dans leur apprentissage.



- **L'évaluation en tant qu'apprentissage** est un processus qui vise à développer et à favoriser la métacognition chez les élèves. Elle met l'accent sur le rôle de l'élève comme agent premier dans l'établissement des liens entre l'évaluation et l'apprentissage. Quand les élèves agissent comme évaluateurs actifs, engagés et critiques, ils donnent un sens aux contenus d'apprentissage, les relient à ce qu'ils connaissent déjà et s'en servent pour apprendre davantage. Il y a métacognition lorsque les élèves veillent eux-mêmes à leur apprentissage et qu'ils se servent des rétroactions ainsi recueillies pour faire des ajustements, des adaptations et même des changements importants à ce qu'ils comprennent. Cela exige que les enseignants aident les élèves à développer et à pratiquer la réflexion, mais aussi à se sentir plus à l'aise avec cette posture réflexive, et à analyser leur apprentissage de façon critique.
- **L'évaluation de l'apprentissage** est de nature sommative et sert à confirmer ce que les élèves savent et savent faire, et à montrer s'ils ont atteint les résultats d'apprentissage prévus. L'évaluation devrait se fonder sur un éventail de renseignements relatifs à l'évaluation. L'évaluation de l'apprentissage sert principalement à mesurer les réalisations de l'élève, à faire rapport aux parents ou aux tuteurs, aux élèves et à d'autres parties intéressées ou à mesurer l'efficacité de la programmation de l'enseignement.

Planification de l'évaluation

On devrait élaborer les objectifs, approches et outils d'évaluation en même temps que les approches d'enseignement au cours de la planification du module. Au moment d'élaborer les méthodes et tâches d'évaluation, les enseignants déterminent :

- ce qu'ils évaluent;
- pourquoi ils l'évaluent;
- comment ils utiliseront les renseignements découlant de l'évaluation;
- qui recevra les renseignements découlant de l'évaluation;
- quelles activités ou tâches d'évaluation permettront aux élèves de faire une démonstration de leur apprentissage de façons authentiques.

Caractéristiques d'une évaluation efficace

Une évaluation efficace aide à concentrer l'effort sur la mise en œuvre de stratégies visant à faciliter l'apprentissage tant dans la salle de classe qu'à l'extérieur, et est :

- conforme à l'enseignement et en fait partie intégrante;
- continue et permanente;
- fondée sur des tâches authentiques ainsi que des contextes et processus d'apprentissage des sciences significatifs;
- fondée sur des critères que les élèves connaissent et comprennent, faisant appel à leurs points forts;
- un processus de collaboration faisant intervenir les élèves;
- multidimensionnelle et a recours à un vaste éventail d'outils et de méthodes;
- axée sur ce que les élèves ont appris et peuvent faire.

Une discussion de ces sept caractéristiques de l'évaluation efficace suit.



L'évaluation efficace est conforme à l'enseignement et en fait partie intégrante

L'évaluation exige des enseignants d'être continuellement au courant de l'objectif de l'enseignement : qu'est-ce que je veux que mes élèves apprennent? Que peuvent-ils faire pour montrer qu'ils l'ont appris? La façon qu'utilisent les enseignants pour évaluer dépend de ce qu'ils évaluent – à savoir s'ils évaluent des connaissances déclaratives, des connaissances procédurales ou des attitudes et des habitudes intellectuelles.

- **Connaissance déclarative** : La connaissance déclarative est la dimension de l'apprentissage la plus simple à mesurer à l'aide d'outils traditionnels si les enseignants veulent mesurer une mémorisation de faits. Cependant, la raison pour laquelle on favorise la culture scientifique n'est pas satisfaite si les élèves se contentent de mémoriser la connaissance déclarative en rapport aux sciences; ce qui est plus important, c'est de savoir si les élèves comprennent et sont en mesure de mettre ces connaissances en application. Par exemple, il est plus important qu'ils comprennent la raison d'être et les enjeux de la biodiversité, qu'ils réagissent à ce que signifie la biodiversité pour eux personnellement et pour l'environnement, qu'ils interprètent cette signification de la biodiversité, et qu'ils utilisent avec aisance la terminologie de façon à enrichir leurs aptitudes en matière de communications scientifiques, et représentent plutôt que reproduisent une définition de la biodiversité. Le défi pour les enseignants est de concevoir des outils qui vérifient l'application de la connaissance déclarative.
- **Connaissance procédurale** : Les outils qui sont conçus pour vérifier la connaissance déclarative ne peuvent pas évaluer efficacement les processus et habiletés. Par exemple, au lieu d'essayer de déduire les processus utilisés par les élèves en examinant le produit final, les enseignants évaluent la connaissance procédurale en observant les élèves à l'œuvre, en discutant de leurs stratégies avec eux dans le cadre de conférences et d'entrevues et en recueillant des données sur la réflexion des élèves, notamment dans les journaux.
- **Attitudes et habitudes intellectuelles** : On ne peut pas évaluer directement les attitudes et habitudes intellectuelles. Elles sont implicites dans ce que disent et font les élèves. Habituellement, les outils d'évaluation décrivent les comportements qui sont un reflet des attitudes et habitudes de personnes cultivées. Ils identifient les attitudes et habitudes intellectuelles qui améliorent l'utilisation et l'apprentissage du langage lié aux sciences et donnent aux élèves les moyens de penser à leurs propres processus internes. Par exemple, au lieu d'attribuer des notes globales pour la participation en classe, les enseignants évaluent les objectifs d'apprentissage reliés à l'apport réel des élèves au sein des groupes, grands et petits.

L'évaluation vise à informer les élèves des points importants de la programmation et à les aider à se concentrer sur les aspects importants de l'apprentissage. Si les enseignants évaluent uniquement les éléments les plus faciles à mesurer, les élèves pourraient se concentrer uniquement sur ces aspects. Par exemple, si les cours de sciences accordent une grande importance à la collaboration, à la créativité et au raisonnement divergent (des objectifs d'apprentissage qui peuvent être plus difficiles à mesurer), par conséquent les processus et outils d'évaluation doivent refléter ces valeurs. Les façons qu'utilisent les enseignants pour évaluer (quoi et comment) informent les élèves de ce qui est jugé important dans l'apprentissage.



L'évaluation efficace est continue et permanente

L'évaluation qui fait partie intégrante de l'enseignement quotidien donne aux élèves des occasions fréquentes d'avoir une rétroaction, de modifier leurs méthodes et approches d'apprentissage et d'observer leurs progrès. Les enseignants donnent une évaluation informelle en posant des questions aux élèves et en leur faisant des observations. Ils procèdent également à des évaluations formelles à diverses étapes d'un projet ou d'une unité d'étude. L'évaluation continue crée continuellement des occasions pour les enseignants d'examiner et de réviser l'enseignement, le contenu, les points importants du processus et les ressources pédagogiques.

L'évaluation efficace est fondée sur des tâches authentiques ainsi que des contextes et processus significatifs d'apprentissage des sciences

En sciences, les tâches devraient être authentiques et significatives : des tâches qui méritent d'être maîtrisées en soi plutôt que des tâches conçues tout simplement pour démontrer la compétence de l'élève vis-à-vis des enseignants et des autres. Grâce à l'évaluation, les enseignants découvrent si les élèves peuvent utiliser les connaissances, les processus et les ressources de façon efficace pour atteindre des objectifs utiles. Par conséquent, les enseignants conçoivent des tâches qui reproduisent le contexte dans lequel les connaissances seront appliquées à l'extérieur de la salle de classe.

Par exemple, des tâches authentiques de rédaction scientifique emploient les formules utilisées par un grand éventail de personnes (par exemple, scientifiques, journalistes, cinéastes, poètes, romanciers, publicistes, conférenciers, rédacteurs techniques, ingénieurs et universitaires). Le plus souvent possible, les élèves écrivent, parlent ou représentent leurs idées pour des auditoires réels et à des fins réelles. Au moment d'élaborer les tâches d'évaluation, les enseignants peuvent envisager de fournir aux élèves les ressources que les gens utilisent lorsqu'ils exécutent les mêmes tâches dans des situations réelles en rapport à des problèmes en sciences.

Les tâches d'évaluation authentiques ne sont pas seulement des vérifications de l'information que les élèves possèdent, mais aussi de la façon dont leur compréhension d'une matière s'est approfondie et de leur capacité de mettre en application l'apprentissage. Elles démontrent aux élèves la pertinence et l'importance de l'apprentissage. Les tests axés sur le rendement sont également une façon de consolider l'apprentissage des élèves. Le problème éternel qu'ont les enseignants avec « l'enseignement en fonction du test » est moins préoccupant si les tests sont des évaluations authentiques des connaissances, habiletés et stratégies des élèves, ainsi que des attitudes.

L'évaluation efficace est fondée sur des critères que les élèves connaissent et comprennent, faisant appel à leurs points forts

Les critères d'évaluation doivent être clairement établis et être explicités aux élèves avant un travail ou un test de sorte que les élèves peuvent se concentrer sur leurs efforts. En outre, dans toute la mesure du possible, les élèves doivent participer à l'élaboration des critères d'évaluation.



Les élèves devraient également comprendre parfaitement à quoi ressemble la réalisation de chaque tâche proposée. Des modèles de travaux effectués par les élèves au cours d'années précédentes et d'autres exemplaires de référence aident les élèves à élaborer des objectifs personnels d'apprentissage.

Chaque tâche d'évaluation devrait vérifier uniquement les objectifs d'apprentissage mentionnés aux élèves. Par exemple, cela signifie que les tests sur les aptitudes en laboratoire doivent être conçus et annotés de façon à recueillir des données sur les aptitudes en laboratoire des élèves, et non sur leur capacité d'exprimer efficacement des idées par écrit dans un rapport de laboratoire.

L'évaluation efficace est un processus de collaboration faisant intervenir les élèves

L'objet final de l'évaluation est de permettre aux élèves de s'évaluer eux-mêmes. L'augmentation graduelle de la responsabilité des élèves en ce qui concerne l'évaluation vise à développer l'autonomie des élèves en tant qu'apprenants permanents. L'évaluation devrait faire diminuer, au lieu de la favoriser, la dépendance des élèves vis-à-vis des commentaires des enseignants qui donnent une orientation de l'apprentissage et des notes pour valider leurs réalisations.

L'évaluation améliore la métacognition des élèves. Elle les aide à porter des jugements sur leur propre apprentissage, et leur fournit l'information nécessaire pour fixer des objectifs et veiller eux-mêmes à leur apprentissage.

Les enseignants augmentent les responsabilités des élèves au plan de l'évaluation en :

- exigeant des élèves qu'ils choisissent les produits et performances permettant de démontrer leur apprentissage;
- faisant participer les élèves à l'élaboration des critères d'évaluation dans toute la mesure du possible (Cela clarifie les objectifs d'une tâche donnée et donne aux élèves le vocabulaire nécessaire pour discuter de leur propre travail.);
- soumettant les élèves à une évaluation par les pairs, de façon informelle par le biais de conférences avec leurs pairs, et de façon formelle en utilisant des listes de contrôle;
- demandant aux élèves d'utiliser des outils de réflexion et d'autoévaluation à toutes les occasions possibles (par exemple, listes de contrôle d'autoévaluation, journaux, détermination et choix des objectifs, et autoévaluation d'éléments du portfolio);
- établissant un protocole pour les élèves qui veulent contester une note attribuée par un enseignant (les appels formels sont des exercices précieux en rédaction persuasive et donnent aux élèves des occasions d'examiner leur rendement en fonction des critères d'évaluation).

L'évaluation efficace est multidimensionnelle et a recours à un vaste éventail d'outils et de méthodes

L'évaluation en sciences doit reconnaître la complexité et la nature holistique de l'apprentissage en ce qui concerne la culture scientifique. Pour compiler un profil complet des progrès de chaque élève, les enseignants recueillent des données en utilisant de nombreux mécanismes en de nombreuses occasions. Les profils des élèves peuvent faire intervenir à la fois les élèves et les enseignants dans l'évaluation et la collecte de données. Le tableau qui suit cerne les domaines à évaluer et présente quelques instruments, outils et méthodes d'évaluation.



Profil de la cueillette de données			
<p>Observation des processus et conversations</p> <p>Enseignant :</p> <ul style="list-style-type: none"> Listes de contrôle Conférences et entrevues Dossiers et commentaires anecdotiques Examens des ébauches et révisions Présentations orales Rubriques et barèmes de notation 		<p>Observation des produits et performances</p> <p>Enseignant :</p> <ul style="list-style-type: none"> travaux écrits démonstrations présentations séminaires projets portfolios carnets et journaux des élèves listes de contrôle rubriques et barèmes de notation 	
<p>Élèves :</p> <ul style="list-style-type: none"> journaux outils et instruments d'auto-évaluation (p. ex., listes de contrôle, échelles de cotation, graphiques d'avancement outils et instruments d'auto-évaluation (p. ex., dossiers des conférences avec les pairs, échelles de notation) 		<p>Élèves :</p> <ul style="list-style-type: none"> journaux outils et instruments d'auto-évaluation outils et instruments d'évaluation par les pairs analyse de portfolio 	
<p>Tests en salle de classe</p> <p>Enseignant :</p> <ul style="list-style-type: none"> tests papier et crayon (p. ex., tests conçus par l'enseignant, tests de module, tests à réponse élaborée) tests de rendement et simulation rubriques et barèmes de notation 		<p>Tests des divisions et des normes provinciales</p> <p>Enseignant :</p> <ul style="list-style-type: none"> rubriques et barèmes de notation 	

Fig. 8 – *Caractéristiques d'une évaluation efficace*. Traduit et adapté du document d'Éducation et Formation professionnelle Manitoba, *Senior 3 English Language Arts : A Foundation for Implementation* (Winnipeg [Manitoba] Éducation et Formation professionnelle Manitoba, 1999) 2-10 – 2-14.

L'évaluation efficace est axée sur ce que les élèves ont appris et peuvent faire

L'évaluation doit être équitable; elle doit donner des occasions de réussite à chaque élève. L'évaluation efficace fait la démonstration des connaissances, habiletés et attitudes, ainsi que des stratégies de chaque élève et des progrès que fait l'élève, au lieu de tout simplement relever les lacunes au niveau de l'apprentissage.



Pour évaluer ce que les élèves ont appris et peuvent faire, les enseignants doivent recourir à un éventail de stratégies et d'approches, notamment :

- Utiliser un vaste éventail d'instruments pour évaluer les expressions multidimensionnelles de l'apprentissage de chaque élève, en évitant de se fier à la mémorisation des notes.
- Donner aux élèves des occasions d'apprendre à partir de la rétroaction et de peaufiner leur travail, en reconnaissant que ce n'est pas chaque projet qui sera un succès, ni que cela fera partie d'une évaluation sommative.
- Examiner plusieurs éléments du travail de l'élève en évaluant un objectif d'apprentissage donné afin de s'assurer que les données recueillies sont des bases valables pour faire des généralisations au sujet de l'apprentissage de l'élève.
- Élaborer des profils complets de l'élève en utilisant l'information obtenue à la fois d'une évaluation par rapport à un objectif d'apprentissage, qui compare la performance de l'élève à des critères déterminés à l'avance, et d'une évaluation qui compare la performance de l'élève à sa performance antérieure.
- Éviter d'utiliser l'évaluation à des fins disciplinaires ou de contrôle. L'évaluation qui est perçue comme un outil de contrôle du comportement des élèves, qui sert à l'attribution de récompenses et de punitions au lieu de donner une rétroaction sur l'apprentissage de l'élève, fait diminuer la motivation de l'élève. Des élèves reçoivent parfois une note de zéro pour un travail incomplet. Cependant, attribuer une note de zéro à l'élève signifie que la note ne communique plus de renseignements précis sur l'atteinte par l'élève des objectifs d'apprentissage en sciences. Des travaux non terminés sont une indication de problèmes personnels ou de motivation qu'il faut régler de façon appropriée.
- Permettre aux élèves, lorsque cela convient et lorsque c'est possible, de choisir de quelle façon ils feront démonstration de leur compétence.
- Utiliser des outils d'évaluation appropriés pour évaluer des performances, processus et produits individuels et uniques.

Gérer l'évaluation en salle de classe

L'évaluation est l'un des plus grands défis auxquels est confronté l'enseignant en sciences. Les pratiques qui rendent les classes de sciences vivantes et efficaces – promouvoir le choix par les élèves, évaluer les processus et évaluer l'aspect subjectif de l'apprentissage – font que l'évaluation est complexe.

Les systèmes et soutiens qui peuvent aider les enseignants à gérer l'évaluation comprennent :

- se défaire des moyens inefficaces d'évaluation;
- utiliser des approches qui font gagner du temps;
- partager la charge;
- tirer parti de la technologie;
- mettre en place des systèmes pour consigner les renseignements découlant de l'évaluation.

On discute de ces suggestions de façon plus détaillée dans la section suivante.



Se défaire des moyens inefficaces d'évaluation

Les enseignants doivent remettre en question l'efficacité, par exemple, de la rédaction de longs commentaires sur l'évaluation sommative des projets des élèves. Des observations détaillées sont préférables :

- si elles sont données en tant qu'évaluation formative, lorsque les élèves peuvent se servir immédiatement de la rétroaction;
- si elles sont communiquées verbalement lors de conférences, ce qui donne des occasions de discussions entre l'enseignant et l'élève.

Le temps consacré à l'évaluation doit être un temps d'apprentissage, tant pour l'enseignant que l'élève.

Utiliser des approches qui font gagner du temps

De nombreux outils d'évaluation efficaces permettent de gagner du temps. L'élaboration de listes de contrôle et de rubriques prend beaucoup de temps; cependant, des rubriques bien rédigées peuvent éliminer la nécessité de rédiger des commentaires exhaustifs et peuvent signifier que les performances de l'élève peuvent être évaluées en grande partie pendant le temps de classe.

Partager la charge

Bien que la responsabilité ultime en ce qui concerne l'évaluation revient à l'enseignant, l'auto-évaluation par l'élève fournit également une mine de renseignements. Collaborer avec les élèves pour produire des critères d'évaluation fait partie d'un enseignement efficace. Les élèves de la 12^e année peuvent élaborer des listes de contrôle et garder des exemplaires de leurs propres objectifs dans une reliure pour des conférences périodiques. Des élèves pourraient être prêts à fournir des échantillons de travail qui serviraient de modèles dans d'autres classes.

La collaboration avec d'autres enseignants pour la création d'outils d'évaluation permet de gagner du temps et donne des occasions de discuter des critères d'évaluation.

Tirer parti de la technologie

Les outils électroniques (par exemple, les enregistrements audio et vidéo et les fichiers informatiques) peuvent aider les enseignants à formuler et consigner des observations.

Mettre en place des systèmes pour consigner les renseignements découlant de l'évaluation

Recueillir des données des observations des élèves est particulièrement compliqué pour les enseignants des dernières années du secondaire, qui peuvent enseigner à plusieurs classes d'élèves au cours d'un semestre ou d'une session. Les enseignants pourraient vouloir identifier un groupe d'élèves dans chaque classe qui ferait l'objet d'une observation chaque semaine. Des reliures, des fiches, des bases de données électroniques sont des outils utiles pour consigner des données, tout comme les notes autocollantes consignent de brèves observations sur les dossiers des élèves, que l'on peut par la suite transformer en rapports anecdotiques.



Les enseignants pourraient également vouloir mettre au point des formulaires complets pour inscrire les objectifs d'apprentissage prescrits et pour consigner les données.

Cette façon de voir l'évaluation efficace en sciences au Manitoba est un reflet des changements survenus dans les points importants de l'enseignement des sciences au niveau national et est conforme aux changements survenus à l'échelle internationale dans l'enseignement des sciences. Le tableau qui suit résume un certain nombre des changements survenus dans le domaine de l'évaluation.

Aspects importants changeants dans l'évaluation de l'apprentissage des élèves

Les normes <i>National Science Education Standards</i> tiennent compte des changements dans tous les systèmes. Les normes d'évaluation englobent les changements suivants dans les aspects importants :	
MOINS D'IMPORTANCE SUR	PLUS D'IMPORTANCE SUR
Évaluer ce qui est facilement mesuré	Évaluer ce qui a le plus de valeur
Évaluer la connaissance discrète	Évaluer la connaissance riche, bien structurée
Évaluer la connaissance scientifique	Évaluer le raisonnement et la compréhension scientifique
Évaluer pour apprendre ce que les élèves ne savent pas	Évaluer pour apprendre ce que les élèves comprennent
Évaluer seulement les réalisations	Évaluer les réalisations et les occasions d'apprendre
Évaluations de fin de session par les enseignants	Les élèves participent à une évaluation continue de leur travail et de celui des autres
Élaboration d'évaluations externes par des spécialistes de la mesure seulement	Les enseignants participent à l'élaboration des évaluations externes

Fig. 9 – *Aspects importants changeants dans l'évaluation de l'apprentissage des élèves*. Traduction d'un extrait du *National Science Education Standards*, p. 100, publié par la National Academy of Sciences.



7. MISE EN ŒUVRE DE BIOLOGIE, 12^e ANNÉE

Les objectifs du programme d'études de biologie 12^e année

Le cours de *Biologie* 12^e année porte sur l'exploration de la diversité de la vie sur la Terre, des mécanismes contribuant à cette diversité ainsi que des facteurs ou conditions contribuant à sa réduction. Afin de promouvoir une compréhension profonde de la biodiversité et de son importance, deux grandes idées vont servir de fondement pour ce cours : la transmission génétique et l'évolution. L'évolution et ses mécanismes de transmission génétique sous-jacents servent à comprendre l'unité ainsi que la diversité de la vie sur la Terre.

L'évolution permet d'expliquer la grande diversité de la vie sur Terre. Les populations d'êtres vivants changent au fil du temps, des espèces disparaissent et de nouvelles espèces apparaissent. La variabilité génétique dans une population contribue à sa diversité. Cette variabilité fait que certains membres d'une population ont un avantage reproductif dans un environnement donné. La distribution de traits peut donc changer au fil du temps et mener à l'émergence d'une nouvelle espèce ou à la disparition d'une espèce. L'étude des mécanismes de transmission génétique ainsi que des mutations génétiques et leur transmission permettront aux élèves de mieux comprendre comment l'information génétique est transmise de génération en génération et comment cela mène à la diversité de la vie sur Terre.

L'évolution permet aussi d'expliquer l'unité de la vie sur Terre, qui est illustrée par les ressemblances que l'on trouve entre espèces. Ces ressemblances peuvent être expliquées par la transmission de matériel génétique à partir d'ancêtres communs. Tous les êtres vivants sont liés par l'évolution. Ce que l'on vient à comprendre en étudiant les processus génétiques ou les processus cellulaires chez un organisme est pertinent aux autres organismes vivants à cause de leurs liens évolutifs.

Le dernier regroupement permettra aux élèves d'explorer l'importance de la biodiversité et les raisons pour lesquelles le maintien de la biodiversité est important. Ils auront l'occasion d'étudier comment les humains étudient la biodiversité ainsi que les stratégies utilisées pour le maintien de la biodiversité. L'étude d'enjeux liés à la biodiversité permettra aux élèves de mettre en application les connaissances acquises dans le cadre du cours de Biologie, 12^e année.



Les résultats d'apprentissage spécifiques (RAS)

Les résultats d'apprentissage spécifiques découlent des résultats généraux et se veulent des descripteurs concis et précis de l'apprentissage scientifique de chaque élève. On distingue deux types de RAS en sciences, soit les RAS transversaux et les RAS thématiques. Ces deux catégories de RAS sont d'importance égale.

Les RAS transversaux sont des énoncés qui décrivent surtout des habiletés et des attitudes à acquérir au cours de l'année scolaire. Chaque RAS transversal est énoncé de façon à pouvoir être enseigné dans un ou plusieurs contextes tout au long de l'année.

Les catégories de RAS transversaux

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1. Démonstration de la compréhension | 4. Prise de décisions |
| 2. Perspectives personnelles ou réflexion | 5. Recherche et communication |
| 3. Étude scientifique | 6. Travail en groupe |

Les RAS thématiques sont des énoncés qui décrivent en grande partie des connaissances scientifiques, quoiqu'ils touchent aussi à de nombreuses habiletés et attitudes contextuelles. Les RAS s'agencent autour de thèmes particuliers. L'ordre de présentation qui est offert dans le *Document de mise en œuvre* n'est pas obligatoire, mais il constitue une progression logique de la construction des savoirs de l'élève dans le cours de biologie.

En biologie 12^e année, cinq grands thèmes appelés regroupements thématiques servent à orienter l'enseignement; chaque regroupement est constitué d'un ensemble de RAS thématiques. Pour ce qui est des RAS transversaux, ils sont présentés dans le regroupement transversal (dont le numéro est 0). La figure 16 permet de voir d'un coup d'œil tous les regroupements de la maternelle à la 11^e année.



	Regroupement 0	Regroupement 1	Regroupement 2	Regroupement 3	Regroupement 4
maternelle	Habilités et attitudes (à intégrer aux regroupements thématiques)	Les arbres	Les couleurs	Le papier	---
1 ^{re} année		Les caractéristiques et les besoins des êtres vivants	Les sens	Les caractéristiques des objets et des matériaux	Les changements quotidiens et saisonniers
2 ^e année		La croissance et les changements chez les animaux	Les propriétés des solides, des liquides et des gaz	La position et le mouvement	L'air et l'eau dans l'environnement
3 ^e année		La croissance et les changements chez les plantes	Les matériaux et les structures	Les forces qui attirent ou repoussent	Les sols dans l'environnement
4 ^e année		Les habitats et les communautés	La lumière	Le son	Les roches, les minéraux et l'érosion
5 ^e année		Le maintien d'un corps en bonne santé	Les propriétés et les changements des substances	Les forces et les machines simples	Le temps qu'il fait
6 ^e année		La diversité des êtres vivants	Le vol	L'électricité	L'exploration du système solaire
7 ^e année		Les interactions au sein des écosystèmes	La théorie particulaire de la matière	Les forces et les structures	La croûte terrestre
8 ^e année		Des cellules aux systèmes	L'optique	Les fluides	Les systèmes hydrographiques
9 ^e année		La reproduction	Les atomes et les éléments	La nature de l'électricité	L'exploration de l'Univers
10 ^e année		La dynamique d'un écosystème	Les réactions chimiques	Le mouvement et l'automobile	La dynamique des phénomènes météorologiques
Biologie 11 ^e année		Le bien-être et l'homéostasie, la digestion et la nutrition, le transport et la respiration, l'excrétion, la protection et le contrôle, les changements homéostatiques et le bien-être.			

Fig. 10 – Regroupements thématiques de la maternelle à la 11^e année



Les précisions qui accompagnent les RAS

Il arrive que l'énoncé d'un RAS transversal ou thématique ne soit pas suffisamment détaillé et que des précisions supplémentaires s'imposent. Un contenu notionnel obligatoire est alors précédé par la mention « entre autres » dans le RAS. L'inclusion d'un « entre autres » ne limite pas l'apprentissage à ce contenu notionnel, mais elle en précise le minimum (ou le contenu notionnel commun) obligatoire d'un RAS. Par ailleurs, la mention « par exemple » précise également la nature du contenu notionnel et permet à l'enseignant de mieux cerner l'intention du RAS, sans toutefois exiger que ce soit les exemples fournis qui doivent être enseignés.

Alors que les « entre autres » sont écrits dans le même style que l'énoncé principal des RAS, les « par exemple » sont en italique pour bien souligner le fait qu'ils n'ont pas le statut obligatoire de l'énoncé principal.

Un renvoi figure sous chacun des RAS transversaux et thématiques, qui les relie aux résultats d'apprentissage généraux (RAG) dont ils s'inspirent. L'enseignante ou l'enseignant peut davantage cerner l'esprit dans lequel a été rédigé un RAS en consultant les RAG visés par le renvoi.

La codification des RAS

En sciences de la nature, chaque RAS transversal est codifié selon :

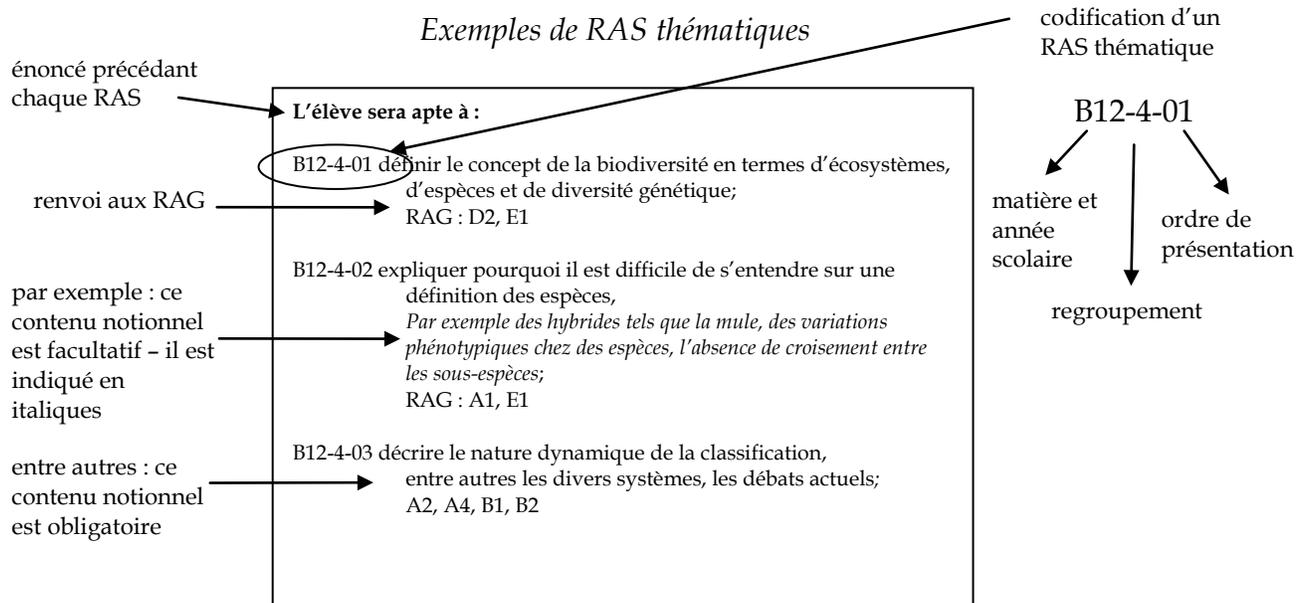
- l'année scolaire;
- le regroupement (tous les RAS transversaux appartiennent au regroupement 0);
- la catégorie;
- l'ordre de présentation du RAS (cet ordre est facultatif).

Les RAS thématiques sont eux aussi codifiés selon :

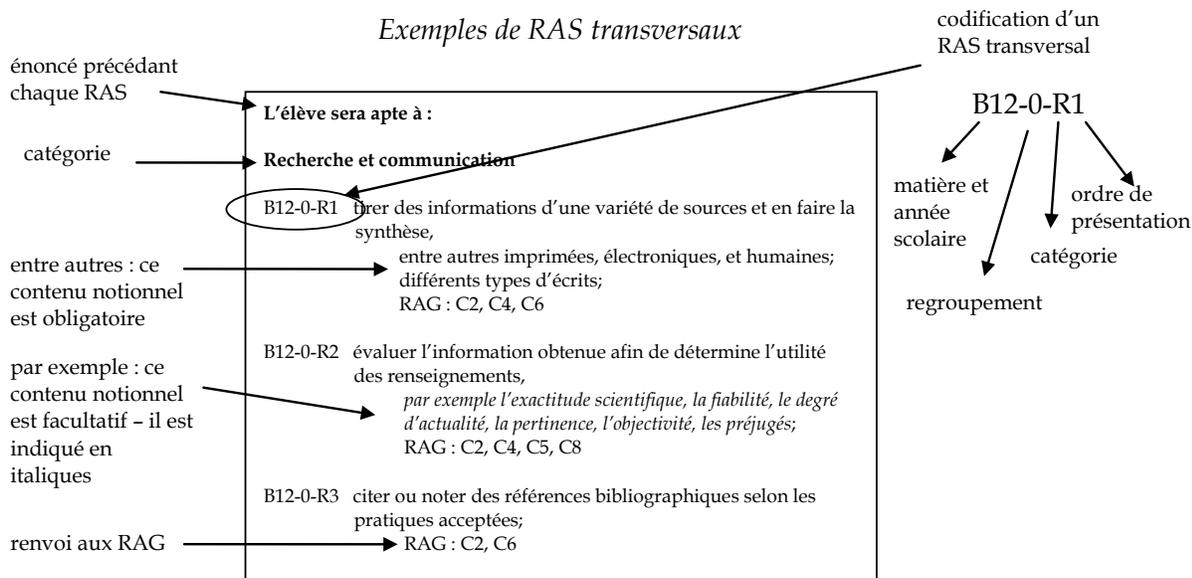
- l'année scolaire;
- le regroupement thématique (1, 2, 3, 4 ou 5);
- l'ordre de présentation du RAS (cet ordre est facultatif).



Mode d'emploi pour la lecture des RAS thématiques



Mode d'emploi pour la lecture des RAS transversaux



Organisation générale du document

Le présent document comprend, outre la section d'**Introduction générale**, cinq modules qui correspondent aux cinq regroupements (thèmes) ciblés en biologie 12^e année :

- **Comprendre la transmission génétique;**
- **Les mécanismes de l'hérédité;**
- **L'évolution et la biodiversité;**
- **L'organisation de la biodiversité;**
- **La conservation de la biodiversité;**

Ces modules peuvent être utilisés indépendamment des autres et l'ordre dans lequel ils sont présentés est facultatif. De nombreux indices servent à reconnaître les modules :

- le numéro et le titre du regroupement thématique sont indiqués au haut de chaque page;
- le premier chiffre de la pagination correspond au numéro du regroupement;
- l'icône particulière au regroupement figure en bas de chaque page.

Contenu d'un module thématique

Chaque module thématique comprend les éléments suivants :

- un aperçu du regroupement thématique;
- des conseils d'ordre général qui portent sur des considérations pratiques dont l'enseignant devra tenir compte dans la planification de son cours;
- un tableau des blocs d'enseignement ainsi qu'une suggestion du temps à accorder à chacun des blocs;
- une liste des ressources éducatives pour l'enseignant, notamment des livres, divers imprimés, des DVD, des applications mobiles et des sites Web;
- une liste des résultats d'apprentissage spécifiques pour le regroupement thématique;
- une liste des résultats d'apprentissage spécifiques transversaux;
- des stratégies d'enseignement et d'évaluation suggérées pour chaque bloc d'enseignement;
- des annexes reproductibles à l'intention de l'enseignant et des élèves.

Les blocs d'enseignement

Les blocs d'enseignement sont des ensembles de RAS, parmi lesquels on retrouve des RAS thématiques propres au regroupement dont il est question ainsi que des RAS transversaux qui y sont jumelés. Pour chaque bloc d'enseignement, au moins une stratégie d'enseignement et au moins une stratégie d'évaluation sont suggérées.



Les stratégies d'enseignement suggérées

Chaque bloc d'enseignement comprend une section :

- **En tête** : suggestions pour mettre en contexte les apprentissages visés, activer les connaissances antérieures des élèves ou stimuler l'intérêt des élèves.
- **En quête** : suggestions qui visent l'acquisition d'attitudes, d'habiletés et de connaissances que représentent les RAS du bloc d'enseignement.
- **En fin** : suggestions qui encouragent l'objectivation, la réflexion, la métacognition ou le réinvestissement.

Une stratégie d'enseignement peut aussi comprendre une section :

- **En plus** : suggestions qui dépassent l'intention des RAS de ce niveau, mais qui peuvent néanmoins enrichir l'apprentissage des élèves et stimuler de nouvelles réflexions.

Les encadrés

Divers encadrés accompagnent les stratégies d'enseignement. Ils offrent :

- des précisions quant aux notions scientifiques à enseigner;
- des avis de nature plutôt pédagogique;
- des renvois à des annexes ou à des ressources éducatives utiles;
- d'autres renseignements ou mises en garde susceptibles d'intéresser l'enseignant.

Les stratégies d'évaluation suggérées

Les stratégies d'évaluation sont placées après les stratégies d'enseignement.

La planification en sciences

Le Ministère a conçu le programme d'études de Biologie 12^e année en fonction de 110 heures d'enseignement. Selon les diverses modalités scolaires, le cours s'échelonne sur un ou deux semestres.



Mode d'emploi pour la lecture des stratégies suggérées

La matière et l'année scolaire sont indiquées au haut de la page.

La lettre du bloc indique son ordre dans le module. Chaque bloc a aussi un titre qui porte sur les notions visées. Les blocs d'enseignement sont offerts à titre de suggestions.

Les RAS thématiques et transversaux du bloc sont toujours disposés en haut.

Pour chaque RAS il y a un renvoi aux RAG.

L'icône du regroupement thématique.

Dans la pagination, le chiffre avant le point indique le numéro du regroupement thématique.

Biologie
12^e année

L'ORGANISATION DE LA BIODIVERSITÉ

Bloc C : les domaines et les règnes

L'élève sera apte à :

B12-4-05 comparer les caractéristiques des domaines, entre autres Archée (archaeobactérie), Bactérie (les eubactéries), Eukarya;
RAG : D1, E1

B12-4-06 comparer les caractéristiques des règnes dans le domaine des eucaryotes, entre autres la structure de la cellule, le mode principal d'alimentation, le nombre de cellules, la motilité;
RAG : D1, E1

B12-0-C1 utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1

B12-0-C2 montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1

B12-0-I4 communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public-cible et de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6

B12-0-G1 collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe;
RAG : C2, C4, C7

B12-0-N1 décrire le rôle des données dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles données sont présentées.
RAG : A2



page
4.24



Mode d'emploi pour la lecture des stratégies suggérées

Les stratégies d'enseignement suggérées sont conçues pour l'atteinte des RAS.

Le titre du module correspond au titre du regroupement thématique. Toutefois, le module traite aussi des habiletés et des attitudes du regroupement 0.

L'ORGANISATION DE LA BIODIVERSITÉ

Biologie
12^e année

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Exercice d'association
Fournir aux élèves les noms des règnes compris dans le domaine Eukarya et une illustration d'un organisme représentatif de chaque règne. Leur demander d'apparier l'organisme au règne correspondant. Préciser qu'ils doivent pouvoir justifier leurs combinaisons.

En 6^e année, les élèves ont identifié cinq règnes (monères, protistes, champignons, végétaux, animaux) communément utilisés pour classer le vivant et ont trouvé des exemples d'organismes de chaque règne pour illustrer la diversité entre les formes de vie.

En quête

Enseignement direct - les domaines et les règnes du vivant (C1, C2, G1)
Décrire aux élèves la relation entre les trois domaines du vivant et les règnes du vivant. Expliquer comment les analyses génétiques et biochimiques ont mené à des changements dans la classification des organismes vivants. Discuter avec les élèves des caractéristiques de chaque domaine et règne et fournir des exemples d'organismes représentatifs (voir *Biologie 11 STSE*, p. 26-32, p. 61-79 et p. 91-113, *Biologie 11-12*, p. 85-89 ou l'annexe 9). Utiliser la stratégie « pause de trois minutes » (Keeley, 2008) pour donner aux élèves du temps de réflexion après des séquences d'enseignement. Donner trois minutes aux élèves pour qu'ils puissent résumer, clarifier ou discuter de leur compréhension avec un partenaire ou en petit groupe. Utiliser un minuteur pour permettre aux élèves de surveiller le temps. Une fois les trois minutes écoulées, continuer les explications.

☞ **Stratégie d'évaluation suggérée :** Proposer aux élèves de créer, en petit groupe, un schéma conceptuel comparant les caractéristiques des domaines de la vie. Inviter ensuite les élèves à ajouter les règnes appartenant à Eukarya au diagramme pour comparer les caractéristiques des règnes d'eucaryotes.

En fin

Réflexion sur la technologie et la classification (R4, N1)
Poser la question suivante aux élèves :

- Comment les nouvelles technologies comme l'analyse de l'ADN (matériel génétique) et les épreuves biochimiques ont-elles donné lieu à des changements dans la classification des organismes?

☞ **Stratégie d'évaluation suggérée :** Vérifier si les réponses des élèves sont logiques et

page
4.25



Un encadré fournit des précisions notionnelles, pédagogiques ou autres.

La section « En tête » correspond à la préactivité.

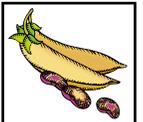
La section « En quête » correspond à l'activité.

La section « En fin » correspond à la postactivité. La numérotation à l'intérieur de la section indique des options : une seule option suffit pour compléter la stratégie d'enseignement. Pour la section « En plus », la numérotation indique aussi des options mais celles-ci vont au-delà des RAS du bloc.

Les stratégies d'évaluation se rapportent à chaque stratégie d'enseignement suggérée.



COMPRENDRE LA TRANSMISSION GÉNÉTIQUE



APERÇU DU REGROUPEMENT

Tout au long de ce regroupement, l'élève approfondit sa compréhension des principes de la transmission héréditaire. Il étudie les travaux de Mendel, utilise des arbres généalogiques pour illustrer la transmission de traits génétiques, explore des questions d'ordre éthique reliées à la génétique et se familiarise avec le rôle de la méiose et des mutations dans la variabilité génétique.

CONSEILS D'ORDRE GÉNÉRAL

En 9^e année, les élèves ont étudié la génétique fondamentale de Mendel. Les élèves ont observé des cas, réuni et analysé des données sur l'hérédité d'un caractère unique. Ils ont aussi étudié le rôle des chromosomes X et Y dans la détermination du sexe et ont appris à se servir de l'arbre généalogique pour retracer l'origine héréditaire d'un caractère lié au sexe. Les élèves ont étudié la méiose et la reproduction sexuelle en 9^e année et ils devraient connaître les termes gamète, zygote, haploïde et diploïde. L'accent a été mis sur l'importance de la méiose pour maintenir le nombre de chromosomes lors de la reproduction sexuelle. En 12^e année les élèves approfondissent leurs connaissances pour mieux comprendre la façon dont la variabilité génétique produit des descendants, à cause de la méiose et de la reproduction sexuelle.

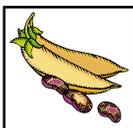


BLOCS D'ENSEIGNEMENT SUGGÉRÉS

Afin de faciliter la présentation des renseignements et des stratégies d'enseignement et d'évaluation, les RAS de ce regroupement ont été disposés en blocs d'enseignement. Il est à souligner que, tout comme le regroupement lui-même, les blocs d'enseignement ne sont que des pistes suggérées pour le déroulement du cours de biologie. L'enseignant peut choisir de structurer son cours et ses leçons en privilégiant une autre approche. Les élèves doivent cependant réussir les RAS prescrits par le Ministère pour la biologie 12^e année.

Outre les RAS propres à ce regroupement, plusieurs RAS transversaux de la biologie 12^e année ont été rattachés aux blocs afin d'illustrer comment ils peuvent être enseignés pendant l'année scolaire.

	Titre du bloc	RAS inclus dans le bloc	Durée suggérée
Bloc A	Les travaux de Mendel	B12-1-01, B12-1-02, B12-0-C1, B12-0-C2 B12-0-S4, B12-0-S5, B12-0-R4, B12-0-N1, B12-0-N2	3,5 h
Bloc B	La transmission autosomique	B12-1-03, B12-1-04, B12-0-C2, B12-0-P1, B12-0-S1, B12-0-S2, B12-0-S3, B12-0-S4, B12-0-S5, B12-0-R4, B12-0-G1, B12-0-G2	3,5 h
Bloc C	Les exceptions à la génétique mendélienne	B12-1-05, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-S1, B12-0-R1, B12-0-R3, B12-0-R4, B12-0-G2	2,5 h
Bloc D	La détermination du sexe et des gènes liés au sexe	B12-1-06, B12-1-07, B12-1-08, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-P2, B12-0-S1, B12-0-G2, B12-0-N1	2,5 h
Bloc E	L'éthique et la génétique	B12-1-09, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-P2, B12-0-P5, B12-0-D1, B12-0-D2, B12-0-D3, B12-0-D4, B12-0-D5, B12-0-D6, B12-0-R1, B12-0-R2, B12-0-R4, B12-0-G2, B12-0-G3	3 h
Bloc F	La méiose et la variabilité génétique	B12-1-10, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-G2	2 h
Bloc G	Les mutations chromosomiques	B12-1-11, B12-1-12, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-P2, B12-0-S3, B12-0-S5, B12-0-R1, B12-0-R4, B12-0-G3	2 h
<i>Récapitulation et objectivation pour le regroupement en entier</i>			1 à 2 h
Nombre d'heures suggéré pour ce regroupement			20 à 21 h



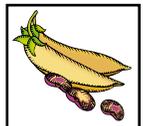
RESSOURCES ÉDUCATIVES POUR L'ENSEIGNANT

Vous trouverez ci-dessous une liste de ressources éducatives qui se prêtent bien à ce regroupement. Il est possible de se procurer la plupart de ces ressources à la Direction des ressources éducatives françaises (DREF) ou de les commander auprès du Centre de ressources d'apprentissage du Manitoba (CRA).

[R] indique une ressource recommandée

LIVRES

- [R] BLAKE, Leesa, *et al. Biologie 12*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2003.
(DREF 570 C518b 12, CMSM 91614)
- [R] BLAKE, Leesa, *et al. Biologie 12 – Guide d'enseignement*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2003. (DREF 570 C518b 12, CMSM 91613)
- [R] CARTER-EDWARDS, Trent, *et al. Biologie 12 STSE*, Montréal, Éd. TC Média Livres Inc., 2014.
(DREF)
- [R] CREASEY, David, *et al. Biologie 12 STSE – Guide d'enseignement*, Éd. TC Média Livres Inc., 2014.
- [R] COLBOURNE, Helen, *et al. Biologie 11-12*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2008.
(DREF 570 C684b, CMSM 97716)
- [R] COLBOURNE, Helen, *et al. Biologie 11-12 – Guide d'enseignement*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2007. (DREF 570 C684b, CMSM 961345)
- [R] DUNLOP, Jenna, *et al. Biologie 11 STSE*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2011. (DREF 570 C518b 11 2011, CMSM 97395)
- [R] DUNLOP, Jenna, *et al. Biologie 11 STSE – Guide d'enseignement*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2011. (DREF 570 C518b 11 2011, CMSM 97394)
- [R] GALBRAITH, Don, *et al. Biologie 11*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2002.
(DREF 570 C518b 11, CMSM 91612)
- [R] GALBRAITH, Don, *et al. Biologie 11 – Guide d'enseignement*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2003. (DREF 570 C518b 11, CMSM 91611)
- REECE, Jane B., et Neil A. Campbell. *Biologie – 4^e édition*, Montréal, Éd. ERPI, 2012.
(DREF 570 C189b [3^e édition])



STARR, Ceci, et Ralph TAGGART. *Biologie générale – L'unité et la diversité de la vie*, Montréal, Éd. Groupe Modulo, 2006. (DREF 570 S796b, CMSM 97021)

WALKER, Denise. *Hérédité et évolution*, Montréal, Hurtubise HMH, 2007. DREF 599.935 W178h)

AUTRES IMPRIMÉS

L'Actualité, Éditions Rogers Media, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 20 fois l'an; articles d'actualité canadienne et internationale]

Ça m'intéresse, Prisma Presse, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; beaucoup de contenu STSE; excellentes illustrations]

Découvrir : la revue de la recherche, Association francophone pour le savoir, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE [revue bimestrielle de vulgarisation scientifique; recherches canadiennes]

Pour la science, Éd. Bélin, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE [revue mensuelle; version française de la revue américaine *Scientific American*]

Québec Science, La Revue Québec Science, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 10 fois l'an]

Science et vie junior, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; excellente présentation de divers dossiers scientifiques; explications logiques avec beaucoup de diagrammes]

Science et vie, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles plus techniques]

Sciences et avenir, La Revue Sciences et avenir, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles détaillés]

DVD

[BARRILÉ, Albert. *Il était une fois – les découvreurs, épisodes 14-20*, Montréal, Imavision, 2005. (DVD DOC INTERMÉDIAIRE ÉTAIT) [l'épisode *Mendel et les petits pois* traite des lois de la génétique]

DISQUES NUMÉRISÉS ET LOGICIELS

COLBOURNE, Helen, et al. *Biologie 11-12 – Banque d'évaluation informatisée*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2009. (DREF 570 C684b, CMSM 93447)



SITES WEB

[R] *150 ans de génétique moderne*,. <http://ici.radio-canada.ca/tele/decouverte/2015-2016/segments/reportage/3662/genetique-moderne> (consulté le 19 juillet 2017).

Activités sur le caryotype. (consulté le 11 février 2015). [animation multimédia accessible à partir du site Web de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>]

Approche mathématique de Mendel. (consulté le 14 juillet 2017). [film de TFO sur les expériences de Mendel accessible à partir du site Web de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>]

[R] *Association canadienne des conseillers en génétique*. <https://www.cagc-accg.ca> (consulté le 14 juillet 2017).

Association d'anémie falciforme du Canada. <http://www.sicklecelldisease.ca/> (consulté le 14 juillet 2017).

[R] *Association d'anémie falciforme du Québec*. <http://anemie-falciforme.org/> (consulté le 14 juillet 2017).

Association du syndrome de Down de l'Estrie. <http://pages.videotron.com/trisomie/> (consulté le 14 juillet 2017).

Association du syndrome de Turner du Québec. <http://syndrometurnerquebec.com/> (consulté le 14 juillet 2017).

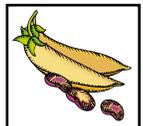
[R] *Canadian Society for Mucopolysaccharide and Related Diseases*. <https://rarediseases.info.nih.gov/organizations/37> (consulté le 14 juillet 2017). [site en anglais; comprend la maladie de Tay-Sachs]

[R] *Comparaison mitose vs méiose*. <http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0050-2> (consulté le 14 juillet 2017). [animation qui compare la mitose et la méiose]

Corporation de recherche et d'action sur les maladies héréditaires. <http://www.coramh.org/> (consulté le 14 juillet 2017).

Les croisements (Les lois de Mendel). <http://www.alloprof.qc.ca/BV/Pages/s1235.aspx> (consulté le 14 juillet 2017).

[R] *Division cellulaire : la méiose*. <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosbiodiv/content/medias/animations/meiose.html> (consulté le 14 juillet 2017). [animation]



Encyclopédie de L'Agora. http://agora.qc.ca/Dossiers/Johann_Gregor_Mendel
(consulté le 14 juillet 2017). [biographie de Mendel]

[R] *Expérience de Mendel (dihybridisme)*. (consulté le 21 janvier 2016). [animation Edumedia d'un croisement dihybride accessible à partir du site Web de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>]

[R] *Expérience de Mendel (monohybridisme)*. (consulté le 21 janvier 2016) [animation Edumedia d'un croisement monohybride accessible à partir du site Web de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>]

[R] *Expériences de Mendel*. http://www.lpma-paris.fr/pageperso/mazliak/SITE_AGREG/Mendel.pdf (consulté le 14 juillet 2017).

[R] *Fondation canadienne de la fibrose kystique*. <http://www.cysticfibrosis.ca>
(consulté le 14 juillet 2017).

[R] *Genetic Science Learning Centre*. <http://learn.genetics.utah.edu/> (consulté le 14 juillet 2017). [site en anglais; contient une section appelée « Genetic Disorder » qui comprend des renseignements sur les troubles génétiques, leurs causes, les tests génétiques et le rôle des conseillers en génétique]

Gregor Mendel. http://www.mon-abeille.com/gregor_mendel.php (consulté le 14 juillet 2017). [biographie de Mendel et description de ses travaux]

Gregor Mendel, le père légendaire de la génétique. <http://www.radio.cz/fr/rubrique/histoire/gregor-mendel-le-pere-legendaire-de-la-genetique> (consulté le 14 juillet 2017).

Hérédité. (consulté le 11 février 2015). [animation Edumedia accessible à partir du site Web de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>]

Hérédité et groupe sanguin A-B-O. (consulté le 11 février 2015). [animation multimédia accessible à partir du site Web de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>]

L'hérédité. <http://www2.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/pascal/nya/genetique/indexheredite.htm> (consulté le 14 juillet 2017).

Il était une fois... l'ADN. <http://www.medecine.unige.ch/enseignement/dnaftb/>
(consulté le 14 juillet 2017). [site sur la génétique qui va de la génétique mendélienne à la génétique moderne; comprend des explications, des animations, des problèmes et des liens]



[R] *La méiose*. <http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0051-2>
(consulté le 14 juillet 2017). [animation de la méiose]

Quiz hérédité. (consulté le 11 février 2015). [quiz sur les arbres généalogiques accessible à partir du site Web de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>]

Recherches sur des hybrides végétaux. http://classiques.uqac.ca/collection_sciences_nature/mendel_gregor/Recherches_hybrides_vegetaux/Hybrides_vegetaux.html
(consulté le 14 juillet 2017). [traduction d'un article écrit par Gregor Mendel en 1865]

[R] *Sickle Cell Awareness Group of Ontario*. <http://www.sicklecellanemia.ca/>
(consulté le 14 juillet 2017). [site en anglais]

Société canadienne de l'hémophilie. <http://www.hemophilia.ca> (consulté le 14 juillet 2017).

Société canadienne du syndrome de Down. <http://cdss.ca/> (consulté le 14 juillet 2017).
[site en anglais]

[R] *Société Huntington du Canada*. <http://partenairesante.ca/société-huntington-du-canada>
(consulté le 14 juillet 2017).

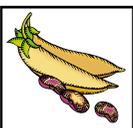
Turner Syndrome Society of Canada. <http://www.turnersyndrome.ca/> (consulté le 14 juillet 2017). [site en anglais mais qui contient des informations en français]



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES

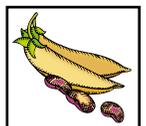
L'élève sera apte à :

- B12-1-01** décrire les principes de l'hérédité de Mendel en soulignant leur importance dans la compréhension de l'hérédité, entre autres les principes de ségrégation, de dominance et d'assortiment indépendant;
RAG : A1, A2, B1, D1
- B12-1-02** expliquer ce que l'on entend par les termes « hétérozygote » et « homozygote »;
RAG : D1
- B12-1-03** faire la distinction entre le génotype et le phénotype et employer ces termes de manière appropriée lors de discussions sur les conséquences des croisements génétiques;
RAG : D1
- B12-1-04** utiliser les échiquiers de Punnett pour résoudre toute une gamme de problèmes de transmission autosomique, et en justifier les résultats en employant les termes appropriés, entre autres monohybridisme, dihybridisme, croisement d'essai, génération P, génération F₁, génération F₂, rapport phénotypique, rapport génotypique, allèles dominants, allèles récessifs, lignée pure, hybride, porteur;
RAG : D1, E1
- B12-1-05** donner des exemples de traits phénotypiques qui ne se conforment pas à la génétique mendélienne simple, et résoudre des problèmes relatifs, *par exemple la codominance, la dominance incomplète, les allèles multiples, les gènes létaux*;
RAG : D1
- B12-1-06** expliquer les fondements de la détermination du sexe chez les humains, entre autres les chromosomes XX et XY;
RAG : D1
- B12-1-07** donner des exemples de gènes liés au sexe, et résoudre des problèmes relatifs, *par exemple le daltonisme, l'hémophilie, la dystrophie musculaire de Duchenne*;
RAG : D1



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES (suite)

- B12-1-08** utiliser les arbres généalogiques pour illustrer la transmission de traits génétiquement déterminés et calculer la probabilité que certains descendants possèdent certains caractères,
entre autres les symboles et les systèmes de notation utilisés;
RAG : C8, D1
- B12-1-09** discuter de questions d'ordre éthique qui pourraient se poser lors du dépistage génétique de maladies ou de troubles héréditaires;
RAG : A3, B1, B2, C4
- B12-1-10** discuter du rôle de la méiose et de la reproduction sexuée dans la création de la variabilité génétique chez les descendants,
entre autres l'enjambement et la répartition aléatoire;
RAG : D1, E3
- B12-1-11** expliquer comment des mutations chromosomiques peuvent survenir lors de la méiose,
entre autres la non-disjonction;
RAG : D1, E3
- B12-1-12** identifier des mutations chromosomiques de types monosomique et trisomique à partir de caryotypes,
par exemple le syndrome de Down, le syndrome de Turner et le syndrome de Klinefelter.
RAG : D1



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX

L'élève sera apte à :

Démonstration de la compréhension

B12-0-C1 utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1

B12-0-C2 montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1

Perspectives personnelles/réflexion

B12-0-P1 faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique;
RAG : C2, C5

B12-0-P2 manifester un intérêt soutenu et éclairé dans la biologie et des enjeux et carrières liés à ce domaine;
RAG : B4

B12-0-P3 reconnaître l'importance de maintenir la biodiversité et le rôle que peuvent jouer les particuliers à cet égard;
RAG : B5

B12-0-P4 reconnaître que les humains ont eu un impact et continuent d'avoir un impact sur l'environnement;
RAG : B1, B2

B12-0-P5 reconnaître que les progrès technologiques peuvent mener à des dilemmes d'ordre éthique qui compliquent la prise de décisions personnelles et sociétales;
RAG : B1, B2



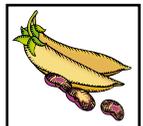
RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Étude scientifique

- B12-0-S1** employer des stratégies d'enquête et de résolution de problèmes appropriées pour répondre à une question ou résoudre un problème;
RAG : C2, C3
- B12-0-S2** adopter des habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement;
RAG : B3, B5, C1, C2
- B12-0-S3** enregistrer, organiser et présenter des données au moyen d'un format approprié;
RAG : C2, C5
- B12-0-S4** évaluer la pertinence, la fiabilité et l'exactitude des données et des méthodes de collecte de données,
entre autres des écarts entre les données, les sources d'erreur;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-S5** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;
RAG : C2, C4, C5, C8

Prise de décisions

- B12-0-D1** identifier et explorer un enjeu courant,
par exemple clarifier ce qu'est l'enjeu, identifier différents points de vue ou intervenants, faire une recherche sur l'information/les données existantes;
RAG : C4, C8
- B12-0-D2** évaluer les implications d'options possibles ou de positions possibles reliées à un enjeu,
par exemple les conséquences positives et négatives d'une décision, les forces et faiblesses d'une position, les dilemmes moraux;
RAG : B1, C4, C5, C6, C7
- B12-0-D3** reconnaître que les décisions peuvent refléter certaines valeurs, et tenir compte de ses propres valeurs et de celles des autres en prenant une décision;
RAG : C4, C5
- B12-0-D4** recommander une option ou identifier sa position en justifiant cette décision;
RAG : C4



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

- B12-0-D5** recommander une ligne de conduite reliée à un enjeu;
RAG : C4, C5, C8
- B12-0-D6** évaluer le processus utilisé par soi-même ou d'autres pour parvenir à une décision;
RAG : C4, C5

Recherche et communication

- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements, *par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence, l'objectivité, les préjugés*;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R3** citer ou noter des références bibliographiques selon les pratiques acceptées;
RAG : C2, C6
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6

Travail en groupe

- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G2** susciter et clarifier des questions, des idées et des points de vue divers lors d'une discussion, et y réagir;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G3** évaluer les processus individuels et collectifs employés;
RAG : C2, C4, C7



Nature de la science

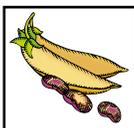
- B12-0-N1** décrire le rôle des données dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles données sont présentées;
RAG : A2
- B12-0-N2** reconnaître que de nombreux facteurs influent sur l'élaboration et l'acceptation de preuves scientifiques, de théories ou de technologies,
par exemple le contexte culturel et historique, la politique, l'économie, la personnalité;
RAG : A2, B2
- B12-0-N3** reconnaître à la fois le pouvoir et les limites de la science comme moyen de répondre aux questions sur le monde et d'expliquer des phénomènes naturels.
RAG : A1



Bloc A : Les travaux de Mendel

L'élève sera apte à :

- B12-1-01** décrire les principes de l'hérédité de Mendel en soulignant leur importance dans la compréhension de l'hérédité,
entre autres les principes de ségrégation, de dominance et d'assortiment indépendant;
- B12-1-02** expliquer ce que l'on entend par les termes « hétérozygote » et « homozygote »;
RAG : D1
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-S4** évaluer la pertinence, la fiabilité et l'exactitude des données et des méthodes de collecte de données,
entre autres des écarts entre les données, les sources d'erreur;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-S5** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6



B12-0-N1 décrire le rôle des preuves dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles preuves sont présentées;
RAG : A2

B12-0-N2 reconnaître que de nombreux facteurs influent sur l'élaboration et l'acceptation de preuves scientifiques, de théories ou de technologies,
par exemple le contexte culturel et historique, la politique, l'économie, la personnalité.
RAG : A2, B2

Stratégies d'enseignement suggérées

En 9^e année, les élèves ont abordé la génétique fondamentale de Mendel. Ils ont étudié les gènes dominants et récessifs et découvert le sens des mots « génotype » et « phénotype ».

En tête

Question-débat

Inviter les élèves à discuter de la question suivante :

- *Les membres d'une famille se ressemblent à de nombreux égards, mais ils ne sont pas identiques l'un à l'autre (sauf dans le cas des jumeaux identiques). Pourquoi les enfants héritent-ils de certaines caractéristiques de leurs parents, mais pas des autres?*

OU

Feu vert, feu jaune et feu rouge

Préparer un transparent ou un feuillet d'une page contenant de 10 à 20 termes de génétique. Certains mots devraient être familiers aux élèves ayant suivi le cours de sciences de la nature 9^e année (ex. : dominant, récessif, génotype, phénotype, échiquier de Punnett, hérédité, homozygote, hétérozygote), tandis que d'autres pourraient ne pas l'être (assortiment indépendant, Gregor Mendel, pur, hybride, allèle, porteur). Distribuer des cartons ou des autocollants rouges, jaunes et verts. Inviter les élèves à utiliser le vert pour indiquer des termes ou des concepts qu'ils connaissent, le jaune pour indiquer ceux qu'ils connaissent un peu, et le rouge pour indiquer ceux qu'ils ne connaissent pas du tout.

Les renseignements recueillis peuvent servir pour mieux planifier l'enseignement. Si la majorité des élèves démontrent peu de connaissances antérieures, l'enseignant devra s'assurer de planifier son enseignement afin de développer les compréhensions conceptuelles des élèves.



OU

Chaîne de graffitis coopératifs

(voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 3.16)

Placer les élèves en petits groupes. Donner à chaque groupe une grande feuille de papier pour affiches qui comprend un titre particulier qui est différent pour chaque groupe. Donner des stylos pour tous les membres du groupe. Tous les stylos d'une équipe devraient être de la même couleur, et la couleur des stylos devrait être différente pour chaque équipe. Chaque groupe fait un remue-méninges sur les idées qu'ils ont sur leur sujet et note ces idées sur leur affiche. Après une période de temps établi à l'avance, les feuilles sont passées au groupe suivant, dans le sens des aiguilles d'une montre. Encore une fois, les membres du groupe écrivent toutes leurs idées sur l'affiche. On continue jusqu'à ce que toutes les équipes ont écrit leurs réponses sur chaque feuille. Chaque équipe finit par ravoir sa feuille originale, sur laquelle plusieurs idées sont écrites. Ensemble, les membres de l'équipe font la synthèse de ce qui a été écrit et présentent au grand groupe.

Les thèmes suivants pourraient être utilisés :

- Dominant ou récessif
- Génotype ou phénotype
- Homozygote ou hétérozygote
- Méiose ou mitose
- Échiquier de Punnett
- hérédité

En quête

Analyse d'article - les travaux de Mendel (C1, N2)

Inviter les élèves à lire un texte sur Mendel (voir @ l'annexe 1, *Biologie 11*, p. 123-127, *Biologie 11 STSE*, p. 204-208, ou *Biologie 11-12*, p. 586-593) et à compléter un cadre d'analyse d'un article de nature factuelle (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.30 et 11.31).

S'assurer que les élèves comprennent bien que Mendel ignorait tout des chromosomes, des gènes ou de l'ADN. Il a fondé ses principes uniquement sur les nombres de descendants qu'il avait observés. Le processus scientifique que Mendel a employé pourrait constituer un thème d'enseignement dans le cadre du présent résultat d'apprentissage.

 **Stratégies d'évaluation suggérées** : Inviter les élèves à compléter un schéma conceptuel pour expliquer les principes de Mendel (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.11-11.18)



Inviter les élèves à utiliser le procédé tripartite (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.9, 10.10 et p. 10.22) afin de définir les termes hétérozygote et homozygote.

Enseignement direct - les expériences de Mendel (C1)

Présenter aux élèves les expériences de Mendel, ses observations et ses conclusions à l'aide d'animations ou de diagrammes.

Animations :

- Expérience de Mendel (monohybridisme) : animation eduMedia accessible à partir du site de la DREF, www.dref.mb.ca
- Expérience de Mendel (dihybridisme) : animation eduMedia accessible à partir du site de la DREF, www.dref.mb.ca

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à utiliser la stratégie du cahier divisé (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.16-13.17) pour consigner des notes dans une colonne et toute question, prédiction, observation, association dans la deuxième colonne. Leur donner quelques minutes à certains moments pour réfléchir sur la nouvelle information. Circuler afin de déterminer leur niveau de compréhension.

Rédaction PPPST (C2, R4)

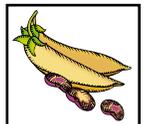
Inviter les élèves à compléter une rédaction PPPST sur les travaux de Mendel (voir  l'annexe 2).

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Élaborer des critères d'évaluation avec les élèves. Les critères pourraient porter sur le contenu, les sources d'information et l'organisation aussi bien que sur les éléments de la présentation. Voir  l'annexe 3 pour des informations générales sur la co-construction de critères d'évaluation avec les élèves.

Les rédactions PPPST sont des devoirs de rédaction créative au cours desquels les élèves sont encouragés à adopter de nouveaux points de vue sur un concept ou un thème scientifique. L'acronyme PPPST, signifie personnage, public, présentation, sujet, ton (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.23-13.28, pour des détails concernant les rédactions PPPST).

Les résultats de Mendel (S4, S5, N1)

Donner aux élèves un échantillon des données de Mendel et leur demander de déterminer quels traits sont dominants et quels traits sont récessifs.



Expérience	résultats	
	F ₁	F ₂
Forme de la graine	Toutes rondes	5474 rondes, 1850 anguleuses
Couleur de la graine	Toutes jaunes	6022 jaunes, 2001 vertes
Couleur des fleurs	Toutes pourpres	705 pourpres, 224 blanches

Source des données : http://www.lpma-paris.fr/pageperso/mazliak/SITE_AGREG/Mendel.pdf

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Demander aux élèves d'expliquer leur réponse.

En fin

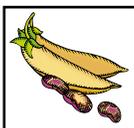
Activité - les ratios de Mendel dans la salle de classe

Faire un relevé des ratios de certains caractères mendéliens simples avec les élèves (ex. : langue incurvée, poils sur le majeur, lobe de l'oreille attaché ou non, etc.). Inviter les élèves à déterminer (si possible) leur génotype pour ces caractères en comparant la façon dont ils expriment ceux-ci avec la façon dont chacun de leurs parents l'exprime.

OU

Les travaux de Mendel

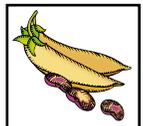
Inviter les élèves à visionner un documentaire traitant de la vie et des travaux de Mendel, par exemple *Approche mathématique de Mendel*, *Mendel et les petits pois* ou *150 ans de génétique moderne*.



Bloc B : La transmission autosomique

L'élève sera apte à :

- B12-1-03** faire la distinction entre le génotype et le phénotype et employer ces termes de manière appropriée lors de discussions sur les conséquences des croisements génétiques;
RAG : D1
- C12-1-04** utiliser les échiquiers de Punnett pour résoudre toute une gamme de problèmes de transmission autosomique, et en justifier les résultats en employant les termes appropriés,
entre autres monohybridisme, dihybridisme, croisement d'essai, génération P, génération F₁, génération F₂, rapport phénotypique, rapport génotypique, allèles dominants, allèles récessifs, lignée pure, hybride, porteur;
RAG : D1, E1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-P1** faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique;
RAG : C2, C5
- B12-0-S1** employer des stratégies d'enquête et de résolution de problèmes appropriées pour répondre à une question ou résoudre un problème;
RAG : C2, C3
- B12-0-S2** adopter des habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement;
RAG : B3, B5, C1, C2
- B12-0-S3** enregistrer, organiser et présenter des données au moyen d'un format approprié;
RAG; C2, C5
- B12-0-S4** évaluer la pertinence, la fiabilité et l'exactitude des données et des méthodes de collecte de données,
entre autres des écarts entre les données, les sources d'erreur;
RAG : C2, C4, C5, C8



- B12-0-S5** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G2** susciter et clarifier des questions, des idées et des points de vue divers lors d'une discussion, et y réagir.
RAG : C2, C4, C7

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Question-débat

Présenter la situation suivante aux élèves :

- *Chez les chiens, les poils courts sont plus dominants que les poils longs. Deux chiens hétérozygotes à poil court produisent une portée de huit chiots. Prédisez de quoi les chiots auront l'air.*

Discuter avec les élèves de la démarche et des étapes qu'ils suivront pour régler le problème, en leur demandant de se rappeler leur cours de sciences 9^e année. Tandis que la discussion progresse, leur rappeler les conventions employées pour résoudre les problèmes de génétique. Par exemple, le gène dominant est inscrit d'abord lorsqu'il s'agit d'un génotype hétérozygote (ex. : Ss, et non sS).

Les élèves ont observé des cas, réuni et analysé des données sur l'hérédité d'un caractère unique en 9^e année. Beaucoup auront alors appris ce qu'est un échiquier de Punnett et auront résolu des problèmes relatifs à l'hérédité d'un caractère unique.

En quête

Activités de laboratoire - la probabilité (P1, S2, S3, S4)

Proposer aux élèves d'effectuer une activité de probabilité (voir *Biologie 11*, p. 128, *Biologie 11 STSE*, p. 203, ou *Biologie 11-12*, p. 585).

On trouve facilement des études sur les probabilités dans les manuels scolaires, les manuels de laboratoire et dans Internet. Elles sont relativement simples à faire, car elles supposent le marquage et le lancement de pièces de monnaie pour montrer comment les lois de la probabilité peuvent servir à prédire les résultats de croisements génétiques.



📎 **Stratégies d'évaluation suggérées** : On peut évaluer les réponses que l'élève a fournies aux questions posées dans les expériences. On peut aussi demander aux élèves de résumer ce qu'ils ont fait pour l'activité de laboratoire, d'expliquer l'objectif de l'activité, de décrire les résultats et ce qu'ils signifient, de décrire ce qui n'est pas encore clair et de noter au moins deux nouvelles choses qu'ils ont apprises lors de cette activité (Keeley, 2008, p. 172-173). Se référer aux 📎 annexes 5 et 6 pour évaluer les habiletés de laboratoire des élèves.

📎 L'annexe 4 présente des renseignements pour l'enseignant sur l'évaluation des habiletés de l'élève au laboratoire.

Résolution de problèmes - la transmission autosomique (C2, G2)

Inviter les élèves à résoudre divers problèmes de génétique (voir 📎 l'annexe 7, *Biologie 11*, p. 129-130, *Biologie 11 STSE*, p. 218, ou *Biologie 11-12*, p. 596). Le corrigé de l'annexe 7 figure à 📎 l'annexe 8. Les élèves peuvent travailler de façon collaborative en prenant chacun un tour pour expliquer le processus employé pour résoudre le problème.

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Revoir les problèmes avec les élèves pour mesurer leur degré de compréhension et, au besoin, réviser la matière ou la revoir en profondeur. Évaluer les réponses aux problèmes et l'utilisation de la bonne terminologie pour expliquer les résultats.

Activités de laboratoire - les croisements génétiques (S1, S2, S3, S4, S5, R4, G1)

On trouve diverses activités de laboratoire dans les manuels de laboratoire, les manuels scolaires et Internet pour étudier la transmission du patrimoine génétique chez divers organismes (voir *Biologie 11*, p. 138-139, *Biologie 11-12*, p. 592, ou *Biologie 11 STSE*, p. 230-231). On peut facilement élever la drosophile (*Drosophila melanogaster*) ou faire pousser la moutarde (*Brassica sp.*) qui ont toutes deux de courts cycles de reproduction. Il est facile d'observer les résultats de la production de plusieurs générations pour cerner la transmission héréditaire d'une variété de caractères. On peut se procurer des drosophiles et des plants de moutarde purs chez les entreprises vendant des fournitures biologiques. Soulignons qu'il faudra plusieurs semaines pour terminer une étude de ce genre. Les élèves peuvent consulter 📎 l'annexe 9 pour obtenir des directives concernant les expériences scientifiques. 📎 L'annexe 10 propose une feuille de commentaires sur la méthodologie expérimentale.

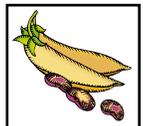
📎 **Stratégies d'évaluation suggérées** : Évaluer les habiletés en laboratoire à l'aide des 📎 annexes 5 et 6. On peut aussi évaluer les comptes rendus de laboratoire de l'élève à l'aide de 📎 l'annexe 11.

Les élèves demandent souvent d'où vient le F dans F₁ et F₂ et pourquoi on ne parle pas plutôt des générations E (enfants) et P (petits-enfants). Faites-leur savoir que la lettre F vient du mot latin filial, qui signifie « filial » et qui renvoie donc aux mots « descendants ou enfants ».

En fin

Cadre de comparaison

Inviter les élèves à relever, à l'aide d'un cadre de comparaison, les ressemblances et les différences entre le phénotype et le génotype (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.15-10.18 et p. 10.24).



Bloc C : Exceptions à la génétique mendélienne

L'élève sera apte à :

- B12-1-05** donner des exemples de traits phénotypiques qui ne se conforment pas à la génétique mendélienne simple, et résoudre des problèmes relatifs,
par exemple la codominance, la dominance incomplète, les allèles multiples, les gènes létaux;
RAG : D1
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-S1** employer des stratégies d'enquête et de résolution de problèmes appropriées pour répondre à une question ou résoudre un problème;
RAG : C2, C3
- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse,
entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R3** citer ou noter des références bibliographiques selon les pratiques acceptées;
RAG : C2, C6
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-G2** susciter et clarifier des questions, des idées et des points de vue divers lors d'une discussion, et y réagir.
RAG : C2, C4, C7



Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Pense, trouve un partenaire, discute

Fournir aux élèves les renseignements suivants :

Quand Gregor Mendel a croisé un pois à fleurs mauves avec un autre à fleurs blanches, toutes les fleurs de la génération suivante ont été mauves. Toutefois, le croisement d'un muflier rouge et d'un muflier blanc produit des mufliers roses.

Poser les questions suivantes aux élèves et leur demander de réfléchir et de formuler une réponse individuellement. Ils pourront ensuite trouver un partenaire afin de discuter leurs idées :

- *Quelle est la couleur dominante chez les pois?*
- *En quoi le croisement des mufliers diffère-t-il de celui des pois?*
- *Peux-tu expliquer les résultats du croisement des mufliers?*

Les conventions spécialisées indiquant la codominance, la dominance incomplète et les allèles multiples dans le génotype risquent de susciter la confusion dans l'esprit des élèves.

En quête

Enseignement direct - les exceptions à la génétique mendélienne (C1, G2)

Présenter les conventions spécialisées indiquant la codominance, la dominance incomplète et les allèles multiples dans le génotype. Avec des exemples, montrer comment l'expression de ces caractères varie par rapport aux ratios mendéliens typiques (voir *Biologie 11*, p. 142-146, *Biologie 11-12*, p. 594-595 et p. 604-605, ou *Biologie 11 STSE*, p. 244-250).

- 📖 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Fournir aux élèves divers problèmes de génétique et évaluer leur capacité de les résoudre (voir @ l'annexe 12). Les réponses se trouvent à @ l'annexe 13. Examiner les problèmes avec les élèves pour mesurer leur degré de compréhension et, au besoin, faire une récapitulation ou revoir le sujet entièrement. Évaluer les réponses aux problèmes et l'utilisation de la bonne terminologie pour expliquer les résultats.

Quand deux allèles d'un gène sont clairement exprimés dans le phénotype, on dit qu'ils sont codominants. Par exemple, la couleur rouanne (rosâtre) chez les bovins résulte du fait que la fourrure est un mélange de poils rouges et blancs. Le type sanguin AB chez les humains résulte du fait que la personne est porteuse des allèles IA et IB.

Quand deux allèles d'un gène semblent se fondre dans le phénotype, on dit qu'ils affichent une dominance incomplète. Par exemple, quand on croise des mufliers rouges avec des mufliers blancs, tous les descendants (génération F1) auront des fleurs roses. Si on laisse les mufliers roses se reproduire par autopollinisation, la génération F2 présentera le ratio suivant : 1 rouge, 2 roses, 1 blanc.



Certains gènes peuvent compter trois allèles ou plus, mais chaque individu peut avoir au maximum deux allèles par gène. Les types sanguins humains ABO sont des exemples d'allèles multiples. Il existe quatre phénotypes possibles (A, B, AB, O) produits à partir de trois allèles différents (IA - dominant, IB - dominant, i - récessif).

Certains gènes sont létaux quand ils sont présents chez un individu homozygote. Chez les poulets, quand un embryon en développement contient deux exemplaires d'un gène récessif appelé « creeper », l'embryon meurt dans l'œuf. Les poussins hétérozygotes survivent.

Recherche - les exceptions à la génétique mendélienne (C2, S1, R1, R3, R4)

Inviter les élèves à faire une recherche pour expliquer l'hérédité de traits phénotypiques qui ne respectent pas le patron dominant-récessif. Voici quelques exemples :

- Les types sanguins humains, l'anémie falciforme (codominance)
- Hypercholestérolémie chez les humains, forme des cheveux (lisses, ondulés, bouclés), couleur des fleurs des belles de nuit, couleur des plumes chez les poules andalouses (dominance incomplète)
- Couleur du poil chez les lapins, couleur des grains de maïs, couleur des plumes des coqs (allèles multiples)
- Achondroplasie chez les humains, couleur de la fleur de la gueule-de-loup, couleur du pelage pour les souris jaunes, gène pour la formation de la queue chez le chat de l'île de Man (gène létaux)

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à présenter l'information recueillie selon la méthode de leur choix (p. ex., exposé oral, brochure informative, affiche, présentation multimédia). Élaborer des critères d'évaluation avec les élèves. Peu importe la méthode choisie, les critères devraient comprendre des éléments portant à la fois sur le contenu et la présentation. Voir @ l'annexe 3 pour des informations sur la co-construction de critères d'évaluation avec les élèves.

En fin

Demander aux élèves de répondre aux questions suivantes dans leur carnet scientifique :

- Avec des exemples, explique comment la codominance et la dominance incomplète diffèrent entre elles.
- Avec des exemples, explique comment les allèles multiples et les caractères polygéniques diffèrent entre eux.

La codominance se caractérise par l'expression de deux caractères, et la dominance incomplète, par le mélange de deux caractères.

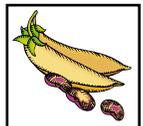
La transmission héréditaire d'allèles multiples produit de nombreuses formes d'un caractère, mais chaque individu n'a que deux allèles par caractère. L'hérédité polygénique donne lieu à un continuum des formes d'un caractère, de nombreux gènes participant chez chaque individu à l'expression du caractère.



Bloc D : La détermination du sexe et les gènes liés au sexe

L'élève sera apte à :

- B12-1-06** expliquer les fondements de la détermination du sexe chez les humains, entre autres, les chromosomes XX et XY;
RAG : D1
- B12-1-07** donner des exemples de gènes liés au sexe, et résoudre des problèmes relatifs, *par exemple le daltonisme, l'hémophilie, la dystrophie musculaire de Duchenne;*
RAG : D1
- B12-1-08** utiliser les arbres généalogiques pour illustrer la transmission de traits génétiquement déterminés et calculer la probabilité que certains descendants possèdent certains caractères, entre autres les symboles et les systèmes de notation utilisés;
RAG : C8, D1
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie, *par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;*
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie, *par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;*
RAG : D1
- B12-0-P2** manifester un intérêt soutenu et éclairé à l'égard de la biologie et des questions et carrières liées à ce domaine;
RAG : B4
- B12-0-S1** employer des stratégies d'enquête et de résolution de problèmes appropriées pour répondre à une question ou résoudre un problème;
RAG : C2, C3



B12-0-G2 susciter et clarifier des questions, des idées et des points de vue divers lors d'une discussion, et y réagir;
RAG : C2, C4, C7

B12-0-N1 décrire le rôle des données dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles données sont présentées.
RAG : A2

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Question-débat

Présenter le cas suivant aux élèves :

Henri VIII d'Angleterre s'est marié six fois afin d'engendrer un héritier masculin légitime pour le trône d'Angleterre. En faisant appel aux connaissances acquises pendant le cours de sciences de la 9^e année, dirais-tu qu'Henri avait raison de blâmer ses femmes de leur incapacité de produire un fils? (Henri a finalement eu un fils, qui hérita du royaume après la mort de son père.)

En quête

Enseignement direct – les caractères liés au sexe (C1, S1)

Présenter les conventions spécialisées qui indiquent les chromosomes sexuels et les caractères liés au sexe. Avec des exemples, montrer comment l'expression de ces caractères varie par rapport aux ratios mendéliens typiques (voir *Biologie 11*, p. 175-177, *Biologie 11 STSE*, p. 255-261, ou *Biologie 11-12*, p. 601-604). Utiliser la stratégie « pause de trois minutes » (Keeley, 2008, p. 195) pour donner aux élèves du temps de réflexion après des séquences d'enseignement. Donner trois minutes aux élèves pour qu'ils puissent résumer ou clarifier leur compréhension ou en discuter avec un partenaire ou en petit groupe. Utiliser un minuteur pour permettre aux élèves de surveiller le temps. Circuler et écouter les conversations des élèves pour déterminer leur niveau de compréhension. Une fois les trois minutes écoulées, continuer les explications.

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Fournir aux élèves divers problèmes de génétique (voir @ l'annexe 14). Les réponses se trouvent à l'annexe @ 15. Les élèves peuvent travailler en petit groupe et, à tour de rôle, expliquer comment ils sont parvenus à résoudre un problème.

En 9^e année, les élèves ont étudié le rôle des chromosomes X et Y dans la détermination du sexe. On a aussi parlé alors de la transmission héréditaire des caractères liés au sexe.

Les conventions spécialisées décrivant les chromosomes sexuels et les gènes liés au sexe risquent de mêler les élèves.

Soyez conscient du fait que des élèves dans votre classe peuvent avoir hérité d'un état lié au sexe (environ un homme sur 10 et une femme sur 100 souffrent de cécité au rouge-vert), ou que cet état peut exister dans leur famille. L'hémophilie touche environ un garçon sur 7500, et la dystrophie musculaire progressive de Duchenne, un garçon sur 3500.



Examiner les problèmes avec les élèves pour mesurer leur degré de compréhension et, au besoin, faire une récapitulation ou revoir le sujet entièrement. Évaluer les réponses aux problèmes et l'utilisation de la bonne terminologie pour expliquer les résultats.

Activité - l'analyse d'un arbre généalogique (C2, S1)

Passer en revue avec les élèves les symboles utilisés pour dresser et analyser un arbre généalogique. Rappeler aux élèves que celui-ci ne montre que le phénotype et le sexe de la personne. On détermine ensuite logiquement les génotypes.

Remettre aux élèves des exemples d'arbre généalogique pour étudier divers caractères héréditaires transmis (voir *Biologie 11*, p. 221, *Biologie 11 STSE*, p. 259, ou *Biologie 11-12*, p. 612-617).

✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Avec un arbre généalogique, les élèves devraient pouvoir déterminer la transmission héréditaire d'un caractère donné (ex. : affection autosomique dominante, récessive liée au sexe ou autosomique récessive). Ils devraient aussi pouvoir tracer un arbre généalogique à partir d'informations génétiques sur une famille.

Étude de cas - Hémophilie : « La maladie royale » (C2, P2, S1, G2, N1)

Cette étude de cas examine la transmission de l'hémophilie au cours des générations successives des familles royales d'Europe, par le biais des descendants de la reine Victoria, pour illustrer des principes de génétique classiques (voir 📄 l'annexe 16).

✎ **Stratégies d'évaluation suggérées** :

Il y a des questions liées à cette étude de cas. L'enseignant ou l'enseignante peut évaluer les connaissances de l'élève en se posant les questions suivantes :

- L'élève répond-il clairement à la question?
- L'élève utilise-t-il les faits pour étayer sa réponse?

Le sexe d'un individu est déterminé au moment de la fécondation par le type de chromosome sexuel (X ou Y) présent dans le sperme. Si le sperme contient un chromosome X, le zygote sera femelle (XX). S'il contient un chromosome Y, le zygote sera mâle (XY).

Au cours des six premières semaines de la grossesse, l'embryon se développe comme s'il s'agissait d'un descendant de sexe féminin. La différenciation sexuelle se produit pendant la septième semaine du développement de l'embryon. Les gènes présents sur le chromosome Y déclenchent la production d'androgènes qui stimulent le développement des organes génitaux masculins. Si les androgènes ne sont pas libérés, l'embryon continue à se développer « au féminin » par suite de la production d'œstrogènes. Les organes génitaux masculins et féminins sont formés à partir des mêmes tissus embryonnaires.

Les caractères liés au sexe sont récessifs et portés sur le chromosome X. Par conséquent, comme les mâles portent un exemplaire du gène et que les femelles en portent deux, les gènes liés au sexe s'expriment plus souvent chez les mâles que chez les femelles.



Demander aux élèves de formuler des hypothèses sur la façon dont la reine Victoria a pu devenir porteuse de l'hémophilie, alors que ni l'un ni l'autre de ses parents n'était hémophile et qu'il n'y avait eu aucun cas d'hémophilie dans la famille de l'un ou de l'autre.

Évaluer la logique et la précision de la réponse de l'élève. Quelques réponses sont possibles. Le chromosome X de la mère ou du père de Victoria a pu subir une mutation, et il a ensuite été transmis à Victoria. Autre possibilité : le père biologique de Victoria n'était pas le mari de sa mère. La mutation a pu toucher le chromosome X de cet inconnu, ou alors, il était lui-même hémophile. La mutation n'a pu se produire pendant la production des ovules de Victoria, vu le grand nombre de ses enfants qui ont été affectés.

Étude de cas - « La mort de bébé Pierre » (C2, P2, S1, G2, N1)

L'étude de cas intitulée « La mort de bébé Pierre » examine la transmission héréditaire d'un trouble autosomique récessif appelé tyrosinémie (voir @ l'annexe 17).

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : L'enseignant peut se servir des réponses fournies par l'élève aux questions posées dans l'étude de cas pour l'évaluer (voir @ l'annexe 18 pour les réponses).

En fin

Demander aux élèves de répondre à la question suivante dans leur cahier de sciences :

- Pourquoi trouve-t-on plus souvent chez les hommes que chez les femmes les caractères récessifs liés au sexe tels que la cécité rouge-vert et l'hémophilie? Explique ta réponse en fonction du chromosome X.

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer les réponses de l'élève quant à leur précision et à leur clarté. La réponse doit indiquer que les garçons héritent seulement du chromosome X. Par conséquent, si celui-ci porte un allèle propre à un trouble récessif, le garçon affichera ce caractère. Comme les filles héritent de deux chromosomes X, l'allèle propre au trouble sera voilé par le gène normal dominant.



Bloc E : L'éthique et la génétique

L'élève sera apte à :

B12-1-09 discuter de questions d'ordre éthique qui pourraient se poser lors du dépistage génétique de maladies ou de troubles héréditaires;
RAG : A3, B1, B2, C4

B12-0-C2 montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1

B12-0-P2 manifester un intérêt soutenu et éclairé à l'égard de la biologie et des questions et carrières liées à ce domaine;
RAG : B4

B12-0-P5 reconnaître que les progrès technologiques peuvent mener à des dilemmes d'ordre éthique qui compliquent la prise de décisions personnelles et sociétales;
RAG : B1, B2

B12-0-D1 identifier et explorer un enjeu courant,
par exemple clarifier ce qu'est l'enjeu, identifier différents points de vue ou intervenants, faire une recherche sur l'information/les données existantes;
RAG : C4, C8

B12-0-D2 évaluer les implications d'options possibles ou de positions possibles reliées à un enjeu,
par exemple les conséquences positives et négatives d'une décision, les forces et faiblesses d'une position, les dilemmes moraux;
RAG : B1, C4, C5, C6, C7

B12-0-D3 reconnaître que les décisions peuvent refléter certaines valeurs, et tenir compte de ses propres valeurs et de celles des autres en prenant une décision;
RAG : C4, C5

B12-0-D4 recommander une option ou identifier sa position en justifiant cette décision;
RAG : C4



- B12-0-D5** recommander une ligne de conduite reliée à un enjeu;
RAG : C4, C5, C8
- B12-0-D6** évaluer le processus utilisé par soi-même ou d'autres pour parvenir à une décision;
RAG : C4, C5
- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse,
entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements,
par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence,
l'objectivité, les préjugés;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de
l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-G2** susciter et clarifier des questions, des idées et des points de vue divers lors d'une discussion, et y réagir;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G3** évaluer les processus individuels et collectifs employés.
RAG : C2, C4, C7

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Question-débat

Demander aux élèves de discuter de la question suivante :

- *Tu sais qu'une maladie génétique héréditaire afflige ta famille. Si tu en avais la chance, subirais-tu un test pour savoir si tu es porteur du gène?*

Les récents progrès de la génétique ont soulevé des questions d'éthique concernant le dépistage des déficiences et des troubles héréditaires chez les personnes. Les analyses d'ADN, les épreuves biochimiques, l'amniocentèse et l'analyse de la généalogie familiale sont toutes des outils dont se servent les conseillers en génétique. Certains tests sont faits sur des personnes, et d'autres, sur des fœtus.

Les conseillers en génétique emploient ces outils afin d'analyser la probabilité pour qu'un trouble se manifeste chez une personne, ou que des parents engendrent un enfant qui hériterait d'une déficience connue. Les conseillers en génétique peuvent présenter des options aux parents de manière à écarter ou à réduire les risques.

Bien des questions se posent au sujet des tests génétiques. Sont-ils accessibles également à tous les Manitobains, ou seulement à ceux qui ont les moyens de les payer, ou encore aux habitants des grandes villes? Doit-on faire subir des tests génétiques aux personnes afin de savoir si elles souffrent de troubles pour lesquels il n'existe aucun traitement (ex. : la maladie de Huntington)? Les tierces parties (les compagnies d'assurance, par exemple) ont-elles le droit de connaître les résultats des tests génétiques? Porte-t-on atteinte à la vie d'un individu en effectuant ces tests?



Les inviter à discuter avec un partenaire et à noter les idées de leur partenaire sur la question. Ensuite, les paires peuvent partager leurs réflexions en petit groupe. Après la discussion en petit groupe, inviter les élèves à noter leur réaction à la question dans leur carnet de notes.

En quête

Jeu de rôles - les dilemmes de bioéthique (P5, D2, D3, D4, D5, D6, G3)

Fournir à chaque groupe d'élèves un scénario différent axé sur un des dilemmes de bioéthique décrits dans ① l'annexe 19. Les élèves choisissent leurs rôles respectifs (médecin, conseiller, patients), interprètent la scène, débattent la question de bioéthique et prennent une décision au sujet de la situation. Donner un nouveau scénario à chaque groupe et demander aux membres de choisir un rôle différent. Expliquer aux élèves que les jeux de rôle développent la pensée critique tout en encourageant la tolérance d'autres visions du monde (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 4.18).

Des informations sur le processus de prise de décisions figurent à ① l'annexe 20.

📎 **Stratégies d'évaluation suggérées** : Les éléments d'évaluation sont variés pour cette activité d'apprentissage.

Inviter les élèves à compléter une évaluation de leur travail de groupe à l'aide de ① l'annexe 21.

Observer les élèves selon une liste de vérification telle que :

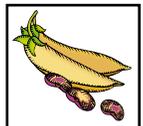
L'élève :

- présente des preuves à l'appui de ses arguments;
- utilise un langage approprié;
- explique et résume ses idées;
- justifie son désaccord avec les allégations présentées;
- écoute activement.

Inviter les élèves à compléter une autoévaluation de leurs habiletés d'écoute (voir ① l'annexe 22).

Rédaction d'une lettre au rédacteur en chef (P2, D1, R1, R2, R4)

Proposer aux élèves de trouver et lire deux articles d'actualité sur les tests génétiques. Quand ils ont fini de les lire, ils doivent exprimer leur point de vue dans une lettre adressée au rédacteur en chef (voir ① l'annexe 23).



📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Élaborer des critères d'évaluation avec les élèves et évaluer les travaux selon les critères établis (voir ☹ l'annexe 3). Ces critères pourraient inclure :

- l'exactitude de l'information;
- l'efficacité de la communication;
- l'utilisation de sources d'information variées.

Étude de cas - « Parfois, tout est dans les gènes » (C2, D2, D3, R2)

Ce cas fait découvrir aux élèves les questions scientifiques et éthiques relatives au trouble génétique qu'est la fibrose kystique (voir ☹ l'annexe 24).

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Des questions se rapportent à chaque partie de l'étude de cas; l'enseignant peut évaluer l'élève en se posant les questions suivantes :

- L'élève répond-t-il clairement à la question?
- L'élève se sert-il des faits pour examiner les thèmes mentionnés dans la question?
- La réponse justifie-t-elle la démarche proposée et est-elle fondée sur les faits?

Conférencier invité (R1, D1)

Inviter un conseiller en génétique ou le représentant d'un organisme tel que la Fondation canadienne de la fibrose kystique ou la Société canadienne de l'hémophilie à parler devant la classe de leur organisme et des services qu'il offre. Faire une séance de remue-méninges avec les élèves avant la présentation pour déterminer les questions à poser à la personne invitée.

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Établir en compagnie des élèves les critères nécessaires à la préparation d'un billet de sortie. Utiliser des critères résultant d'une entente mutuelle pour les billets de sortie.

En fin

Réflexion - l'éthique et les tests génétiques (P5, D1, D2, G2)

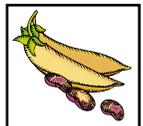
Inviter les élèves à discuter de questions d'éthique qui pourraient survenir à la suite de tests génétiques pour des déficiences ou des troubles héréditaires.

Les sites Web suivants contiennent des renseignements sur les tests génétiques et sur les déficiences et les troubles héréditaires :

- Association canadienne des conseillers en génétique (<https://www.cagc-accg.ca/>)
- Fondation canadienne de la fibrose kystique (www.cysticfibrosis.ca)
- Société Huntington du Canada (partenairesante.ca/société-huntington-du-canada)
- Société canadienne de l'hémophilie (www.hemophilia.ca)
- Association d'anémie falciforme du Québec (<http://anemie-falciforme.org/>)



- Sickle Cell Awareness Group of Ontario (<http://www.sicklecellanemia.ca/>) (site en anglais)
 - Canadian Society for Mucopolysaccharide and Related Diseases (y compris la maladie de Tay-Sachs) (<https://rarediseases.info.nih.gov/organizations/37>) (site en anglais)
 - Genetic Science Learning Center (<http://learn.genetics.utah.edu>) contient une section appelée « Genetic Disorder ». Des renseignements sur les troubles génétiques, sur leurs causes, sur les tests génétiques et sur le rôle des conseillers en génétique sont fournis dans des tutoriels et des animations interactives (site en anglais).
- 📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à réagir à la discussion dans leur carnet scientifique. Ils pourraient indiquer si leur réaction à la question de la section « En tête » a changé ou non et expliquer pourquoi.



Bloc F : La méiose et la variabilité génétique

L'élève sera apte à :

- B12-1-10** discuter du rôle de la méiose et de la reproduction sexuée dans la création de la variabilité génétique chez les descendants,
entre autres l'enjambement et de la répartition aléatoire;
RAG : D1, E3
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-G2** susciter et clarifier des questions, des idées et des points de vue divers lors d'une discussion, et y réagir.
RAG : C2, C4, C7

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Présenter le scénario suivant aux élèves :

Les humains s'interrogent depuis des milliers d'années sur la reproduction et l'hérédité. Cependant, ils n'ignoraient pas tout de la reproduction. Ils ont observé que, pour que les animaux et les plantes se reproduisent, il fallait un parent mâle et un parent femelle et que les descendants ressemblaient d'habitude à l'un ou l'autre parent, sans leur être identiques.

Les élèves ont étudié la méiose et la reproduction sexuée en 9^e année et ils devraient connaître les termes gamète, zygote, haploïde et diploïde. En 9^e année, on met l'accent sur l'importance de la méiose pour maintenir le nombre de chromosomes lors de la reproduction sexuée.

Dans le cadre du présent résultat d'apprentissage, on met l'accent sur la façon dont la variabilité génétique produit des descendants, à cause de la méiose et de la reproduction sexuée. Il importe que les élèves comprennent clairement les conséquences de la méiose. On ne s'attend pas à ce qu'ils mémorisent les noms et les événements propres aux divers stades de la méiose.



Les scientifiques et les philosophes ont proposé de nombreuses explications (parfois farfelues) au fil des années. Imagine que tu observes la nature il y a 500 ans. Propose une hypothèse pour expliquer comment les organismes transmettent leurs caractères à leur progéniture. Ton hypothèse doit expliquer les observations signalées plus haut.

Inviter chaque élève à réfléchir individuellement sur une hypothèse et ensuite à la partager avec un partenaire. Leur demander de noter leurs hypothèses dans leur carnet scientifique.

En quête

Pourquoi la méiose est-elle nécessaire? (C1, G2)

Proposer à la classe de calculer le nombre de chromosomes pour plusieurs générations du cycle de vie humain, en utilisant la mitose au lieu de la méiose. Présenter le concept d'une division réductionnelle pour réduire de moitié le nombre de chromosomes dans chaque gamète (sans entrer dans les détails de la ségrégation des chromosomes homologues). Cela débouchera sur une discussion du processus de la méiose.

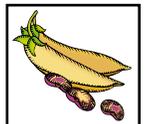
Utiliser des diagrammes, des vidéos, des maquettes et des animations informatiques pour illustrer et décrire le processus de la méiose (voir *Biologie 11*, p. 160-165, *Biologie 11-12*, p. 563-566, ou *Biologie 11 STSE*, p. 171-174). Mettre l'accent sur le rôle que la méiose joue pour produire la variabilité génétique par le biais du réarrangement aléatoire des chromosomes homologues et de l'enjambement.

Si l'on s'en tient à la répartition aléatoire des chromosomes homologues pendant la méiose, une personne ayant 23 paires de chromosomes homologues peut, en théorie, produire environ huit millions (2^{23}) de gamètes haploïdes différents. Si l'on ajoute l'enjambement, il est très improbable que deux gamètes quelconques soient les mêmes.

Quand deux gamètes haploïdes s'unissent, le zygote nouvellement formé contient un jeu complet de chromosomes ou le nombre diploïde de chromosomes. Par conséquent, la méiose permet à la reproduction sexuée d'avoir lieu.

Animations :

- Méiose : animation eduMedia accessible à partir du site de la DREF, www.dref.mb.ca)
- La méiose. <http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0051-2>
- Comparaison mitose vs méiose. <http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0050-2>
- Division cellulaire : la méiose. <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosbiodiv/content/medias/animations/meiose.html>



📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Les billets de sortie permettent de faire une évaluation rapide et d'obtenir de l'information sur ce que les élèves considèrent important dans une leçon en particulier. Le processus consiste simplement à poser une question à la fin de la leçon et d'accorder 5 minutes aux élèves pour inscrire leur réponse sur un billet de sortie (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.9 et 13.10). Voici des exemples de questions :

- *Décrivez les questions les plus importantes ayant été soulevées selon vous durant la leçon.*
- *Qu'avez-vous appris durant cette leçon?*
- *Avez-vous encore des questions par rapport à la leçon?*

Schéma conceptuel - la méiose (C2)

Inviter les élèves à créer un schéma conceptuel séquentiel pour illustrer la méiose en reliant les termes suivants : haploïde, tétrade, division réductionnelle, diploïde, réarrangement aléatoire des chromosomes, enjambement, chromosomes homologues.

Le schéma devrait comprendre une brève description de ce qui se passe à chaque stade illustré. On peut faire des croquis pour compléter les descriptions (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.14 et 11.15).

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer les schémas conceptuels des élèves par rapport à leur compréhension du concept de méiose.

En fin

Inviter les élèves à répondre à la question suivante dans leur carnet scientifique :

- *Comment la méiose entraîne-t-elle la variation dans une espèce?*

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Examiner la logique et la précision des réponses des élèves. La réponse doit contenir des renseignements s'apparentant à ce qui suit :

Le réarrangement des chromosomes et l'enjambement aléatoire contribuent à la formation du grand nombre de gamètes possible pendant la méiose. Cela mène à la variation d'individus au sein d'une population, ce qui résulte en une variation au sein d'une espèce.



Bloc G : Les mutations chromosomiques

L'élève sera apte à :

- B12-1-11** expliquer comment des mutations chromosomiques peuvent survenir lors de la méiose; expliquer notamment la non-disjonction;
RAG : D1, E3
- B12-1-12** identifier des mutations chromosomiques de types monosomique et trisomique à partir de caryotypes,
par exemple le syndrome de Down, le syndrome de Turner et le syndrome de Klinefelter.
RAG : D1
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-P2** manifester un intérêt soutenu et éclairé à l'égard de la biologie et des questions et carrières liées à ce domaine;
RAG : B4
- B12-0-S3** enregistrer, organiser et présenter des données au moyen d'un format approprié;
RAG; C2, C5
- B12-0-S5** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse,
entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6



B12-0-R4 communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6

B12-0-G3 évaluer les processus individuels et collectifs employés.
RAG : C2, C4, C7

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Question-débat

Poser les questions suivantes aux élèves et les inviter à y réagir dans leur carnet scientifique :

- *Le développement d'un organisme multicellulaire complexe à partir d'un seul œuf fertilisé est l'un des thèmes actuels de la recherche en biologie. Les gènes régularisent rigoureusement le développement de chaque organisme. Qu'arriverait-il, selon toi, si un organisme possédait un exemplaire supplémentaire de ces gènes régulateurs? Qu'arriverait-il si un organisme possédait tout un chromosome supplémentaire?*

Les élèves n'ont pas étudié les mutations chromosomiques dans les cours de sciences antérieurs, mais certains connaissent peut-être des personnes atteintes du syndrome de Down. Soyez conscient du fait que, dans votre classe, il y a peut-être des élèves porteurs d'une mutation chromosomique ou connaissant un membre de leur famille, un voisin ou un ami qui l'est.

En quête

Enseignement direct - la non-disjonction (C1)

Utiliser des maquettes ou des diagrammes pour illustrer la non-disjonction pendant la méiose. Il est possible de recourir à des organigrammes pour montrer comment la non-disjonction influence les gamètes produites par méiose et sur les monosomies ou les trisomies qui se produisent après la fusion des gamètes (voir *Biologie 11*, p. 172-174, *Biologie 11-12*, p. 567-568, et *Biologie 11 STSE*, p. 180-181).

- 📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à répondre à nouveau aux questions posées à la section « En tête ». Ils peuvent indiquer si leurs réponses ont changé et si oui, pourquoi. Les réponses des élèves peuvent servir d'évaluation formative pour déterminer leur niveau de compréhension de la non-disjonction et pour orienter les choix pédagogiques et d'activités par la suite.

La non-disjonction (non-division, aberration chromosomique) se produit quand les chromosomes ne se séparent pas correctement pendant la méiose. Ce phénomène cause plusieurs syndromes communs, par exemple :

- le syndrome de Down : il frappe un enfant sur 800 au Canada. Tous ces enfants ont un matériel génétique supplémentaire associé à la 21^e paire de chromosomes (trisomie 21).
- le syndrome de Turner : il existe chez une fille sur 2500 au Canada. Chez toutes les filles atteintes, il manque un chromosome X (XO) ou un chromosome X est endommagé.
- Le syndrome de Klinefelter : il frappe un garçon sur 1000 au Canada. Tous ces garçons sont porteurs d'un chromosome X surnuméraire (XXY).



Conférencier invité (P2, R1)

Inviter le représentant local d'une société à parler devant la classe d'un syndrome chromosomique et du rôle de son organisme. Proposer aux élèves de préparer des questions qu'ils adresseront au conférencier.

✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à répondre aux questions suivantes dans leur carnet scientifique :

- *Qu'avez-vous appris?*
- *Qu'avez-vous trouvé intéressant?*
- *Avez-vous encore des questions?*

Activité - les caryotypes (S3, S5, R4, G3)

On peut facilement trouver des activités de caryotypage de l'être humain dans les manuels scolaires, les manuels de laboratoire et dans Internet. Elles sont relativement simples à exécuter et elles comportent l'identification du sexe et du syndrome (s'il y en a un), à partir de la photographie d'un caryotype.

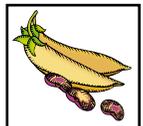
✎ **Stratégies d'évaluation suggérées** : Élaborer des critères d'évaluation avec les élèves et évaluer les travaux selon les critères établis (voir @ l'annexe 3 pour des informations sur la co-construction de critères). Évaluer les habiletés en laboratoire à partir d'une liste de vérification (voir les annexes 5 et 6).

En fin

Cadre de concept - la non-disjonction (C2)

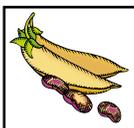
Inviter les élèves à compléter un cadre de concept pour décrire la non-disjonction (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.23-11.26).

✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer les cadres de concept des élèves par rapport à leur compréhension du concept de non-disjonction.



LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Gregor Mendel – Renseignements pour l’enseignant.....	1.43
ANNEXE 2 : Exercice de rédaction créative exploitant la stratégie PPPST	1.45
ANNEXE 3 : La co-construction de critères avec les élèves	1.46
ANNEXE 4 : Les habiletés de l’élève en laboratoire – Renseignements pour l’enseignant ..	1.49
ANNEXE 5 : Évaluation des habiletés de laboratoire – Habiletés générales	1.52
ANNEXE 6 : Évaluation des habiletés de laboratoire – Capacité de raisonnement.....	1.53
ANNEXE 7 : Problèmes – Croisements génétiques.....	1.54
ANNEXE 8 : Croisements génétiques – Réponses aux problèmes	1.55
ANNEXE 9 : L’expérience scientifique.....	1.58
ANNEXE 10 : Élaboration d’une feuille de commentaires	1.61
ANNEXE 11 : Élaboration d’une échelle d’évaluation de l’expérience.....	1.62
ANNEXE 12 : Problèmes – Codominance, dominance incomplète et allèles multiples.....	1.63
ANNEXE 13 : Codominance, dominance incomplète et allèles multiples – Réponses aux problèmes.....	1.64
ANNEXE 14 : Problèmes – Caractères liés au sexe	1.66
ANNEXE 15 : Caractères liés au sexe – Réponses aux problèmes	1.67
ANNEXE 16 : Étude de cas – L’hémophilie : La maladie royale.....	1.69
ANNEXE 17 : Étude de cas – La mort de bébé Pierre	1.78
ANNEXE 18 : La mort de bébé Pierre – Réponses aux questions	1.81
ANNEXE 19 : Scénarios illustrant des dilemmes de bioéthique	1.82
ANNEXE 20 : Le processus de prise de décisions	1.84
ANNEXE 21 : Évaluation – Processus de collaboration	1.86
ANNEXE 22 : Autoévaluation – Habiletés d’écoute	1.87
ANNEXE 23 : Lettre au rédacteur en chef	1.88
ANNEXE 24 : Étude de cas – Parfois tout est dans les gènes	1.89



ANNEXE 1 : Gregor Mendel – Renseignements pour l'enseignant

L'histoire de Gregor Mendel et de ses travaux renseigne merveilleusement sur la nature de la science. Mendel est né en 1822 et, jeune homme, il a fréquenté l'Université de Vienne. Il y a étudié la chimie, la biologie et la physique, mais il a interrompu ses études avant d'obtenir son diplôme, sans doute pour des raisons de santé. Il est entré au monastère de Saint-Augustin à Brno et, avec le soutien du père abbé, il a commencé ses recherches sur la transmission de certains caractères héréditaires des pois (*Pisum sativum*). En choisissant cette plante comme thème de ses expériences, il faisait preuve d'une grande perspicacité, car les pois poussent et se reproduisent vite, on peut en contrôler la fécondation, et la plante possède diverses caractéristiques que l'on peut observer facilement.

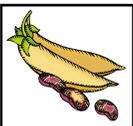
Au cours des huit années suivantes, Mendel a fait des expériences et il a tenu des registres détaillés de ses résultats. Sa formation universitaire l'a amené à exécuter des expériences simples qui lui ont permis d'observer la transmission d'un caractère héréditaire à la fois. En utilisant les mathématiques, il a pu formuler des conclusions fondées sur ses résultats. Celles-ci sont connues sous le nom de « Lois et principes de Mendel ».

- **Les gènes par paire** : Les caractères génétiques sont déterminés par des facteurs unitaires (gènes) qui existent par paire dans des organismes individuels et qui sont transmis par les parents à leurs descendants. Quand deux organismes produisent un descendant, chaque parent lui transmet un des facteurs de chaque paire.
- **Dominance et récessivité** : Quand deux facteurs non homogènes responsables d'un seul caractère sont présents dans un seul individu, un facteur peut voiler l'expression de l'autre facteur. On dit alors que ce premier facteur est dominant et que l'autre est récessif.
- **Principe de la ségrégation génétique** : Pendant la formation des gamètes, les facteurs couplés se séparent (ségrégation) au hasard, de sorte que chaque gamète reçoit un facteur ou l'autre.
- **Principe de la ségrégation indépendante des caractères** : Pendant la formation des gamètes, les paires séparées de facteurs sont transmises indépendamment l'une de l'autre.

En 1865, Mendel a présenté ses découvertes dans un mémoire intitulé « Expériences sur l'hybridation des plantes », lors d'une assemblée de l'Association des spécialistes en recherche naturelle à Brno. Le document a été publié l'année suivante dans les *Délibérations de la Société des sciences naturelles de Brno*. Les travaux de Mendel innovaient beaucoup, non seulement en raison de ses découvertes en génétique, mais aussi parce qu'il avait utilisé l'analyse mathématique et statistique pour interpréter ses résultats.



Les milieux scientifiques de l'époque n'ont pas semblé comprendre toute l'importance des travaux de Mendel, de sorte que son mémoire n'a à peu près pas suscité d'intérêt. Mendel a abandonné ses recherches quand il a été élu père abbé en 1868, en raison notamment de sa lourde charge de travail et aussi parce que la valeur de ses travaux n'avait pas été reconnue. Gregor Mendel est mort en 1884 sans jamais savoir si le monde reconnaîtrait un jour l'importance de ses découvertes. En 1900, trois scientifiques qui menaient des recherches indépendamment l'un de l'autre ont redécouvert et confirmé les lois de Mendel sur l'hérédité. Hugo de Vries, Carl Correns et Erich von Tschermak-Seysenegg ont cité les efforts de Gregor Mendel dans leurs publications, rendant ainsi à ce savant les hommages qui lui étaient dus depuis si longtemps.



ANNEXE 2 : Exercice de rédaction exploitant la stratégie PPPST

Tu assumes le rôle de Gregor Mendel et tu viens de formuler tes conclusions sur la transmission héréditaire des caractères. Tes découvertes te transportent d'enthousiasme, et tu veux en informer les autres. Tu dois rédiger un article de 500 mots qui sera publié dans une revue scientifique et qui décrira tes résultats expérimentaux et tes conclusions. Rappelle-toi que tu es en 1866 et que ton auditoire se compose de scientifiques qui sont abonnés aux *Délibérations de la Société des sciences naturelles de Brno*.

Voici quelques conseils qui t'aideront à démarrer :

- Rappelle-toi que Mendel ignorait tout des gènes et des chromosomes et que nous utilisons aujourd'hui des termes différents dans nos discussions sur la génétique.

Terminologie de Mendel (1866)	Terminologie actuelle (XXI ^e siècle)
Facteur unitaire	gène
Pur sang/reproduction vraie	homozygote
Hybride	hétérozygote
Deux facteurs déterminant un caractère	allèle

- Commence ton article en définissant le problème. Puis, décris le plan de ton expérience et les résultats obtenus, et finis en énonçant tes conclusions.
- Énonce tes arguments clairement et avec concision.
- N'oublie pas d'inclure une page dans laquelle tu indiqueras tes sources.



ANNEXE 3 : La co-construction de critères avec les élèves

« Présenter aux élèves les critères selon lesquels leur travail sera évalué leur permet de mieux comprendre les caractéristiques d'un bon travail. » [Traduction libre] (White et Frederiksen, p. 28)

Quand les élèves ont la possibilité de construire les critères selon lesquels un travail sera jugé, ils sont mieux outillés pour en comprendre les objectifs et ils sont plus susceptibles d'effectuer la tâche et de produire un travail de qualité.

Dans leur livre *Établir et utiliser des critères*, Kathleen Gregory, Caren Cameron et Anne Davies présentent un processus en quatre étapes pour établir les critères d'évaluation avec les élèves :

1. Soumettre des idées dans une séance de remue-méninges.
2. Trier et classer les idées.
3. Concevoir et afficher un diagramme en T.
4. Utiliser, réviser et parfaire.

Afin de donner aux élèves le meilleur encadrement possible pour réussir la tâche, les trois premières étapes du processus devraient se dérouler lorsque l'enseignant présente le travail aux élèves ou lorsque ces derniers sont sur le point de commencer ce travail.

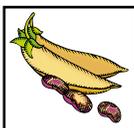
Étape n° 1 : La séance de remue-méninges

Après avoir présenté le travail, dirigez une séance de remue-méninges avec les élèves pour établir une liste d'éléments importants du travail. Les questions suivantes aideront les élèves à générer des idées : Quels sont les éléments essentiels d'un rapport de recherche? Quelles sont les caractéristiques d'un rapport de laboratoire de qualité? Qu'est-ce qui est important dans un exposé oral? Notez les idées des élèves et ajoutez vos propres idées afin de faire en sorte que tous les éléments importants du travail soient présents.

Quels sont les éléments essentiels d'un rapport de recherche de qualité?

Un rapport de recherche devrait inclure les éléments suivants :

- différentes sources d'information (p. ex., des sites Web, des revues, des livres);
- au moins trois sources d'information (contribution de l'enseignant);
- une organisation en paragraphes;
- des paragraphes d'introduction, de développement et de conclusion;
- un énoncé de thèse;
- une bibliographie;
- présentation normalisée des citations et des références bibliographiques (selon les directives de l'enseignant);



- des renseignements qui appuient l'énoncé de thèse;
- le respect des règles d'orthographe et de grammaire;
- des phrases claires;
- une conclusion;
- un texte tapé à l'ordinateur ou écrit lisiblement à la main;
- une page titre;
- un style d'écriture de texte informatif.

Étape n° 2 : Trier et classer

Demandez aux élèves d'étudier la liste créée à la première étape afin d'établir s'il est possible d'associer certaines idées. Posez des questions qui favorisent l'analyse, par exemple : Pouvez-vous trouver des idées qui semblent aller ensemble? Cette idée s'harmonise-t-elle bien avec ce groupe ou devrait-elle se trouver dans un nouveau groupe?

À mesure que la classe s'entend sur le regroupement de certaines idées, créez des noms de catégories qui décrivent les regroupements. Le fait de limiter le nombre de critères entre 3 et 5 aidera les élèves à centrer leurs efforts sur un nombre raisonnable de caractéristiques d'un travail de qualité.

Quels sont les éléments essentiels d'un rapport de recherche de qualité?

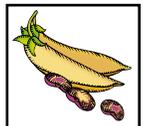
Un rapport de recherche devrait inclure les éléments suivants :

1. différentes sources d'information (p. ex., des sites Web, des revues, des livres);
2. au moins trois sources d'information (contribution de l'enseignant);
3. une organisation en paragraphes;
4. des paragraphes d'introduction, de développement et de conclusion;
5. un énoncé de thèse;
6. une bibliographie;
7. présentation normalisée des citations et des références bibliographiques (selon les directives de l'enseignant);
8. des renseignements qui appuient l'énoncé de thèse;
9. le respect des règles d'orthographe et de grammaire;
10. des phrases claires;
11. une conclusion;
12. un texte tapé à l'ordinateur ou écrit lisiblement à la main;
13. une page titre;
14. un style d'écriture de texte informatif.

Communication de l'information : 9, 10, 12, 13, 14

Organisation de l'information : 3, 4, 6, 7

Utilisation de l'information : 1, 2, 5, 8, 11



Étape n° 3 : Concevoir et afficher un diagramme en T

Concevez un diagramme en T qui dresse la liste des critères et des détails relatifs à chaque critère. Clarifiez les détails ou ajoutez des précisions, au besoin. Le diagramme en T peut être affiché au mur de la classe ou copié dans les cahiers pour que les élèves puissent le consulter.

Critères d'évaluation pour le rapport de recherche	Détails
Communication de l'information	<ul style="list-style-type: none"> • le respect des règles d'orthographe et de grammaire • des phrases claires • un texte tapé à l'ordinateur ou écrit lisiblement à la main • une page titre • un style d'écriture de texte informatif
Organisation de l'information	<ul style="list-style-type: none"> • une organisation en paragraphes • des paragraphes d'introduction, de développement et de conclusion • présentation normalisée des citations et des références bibliographiques
Utilisation de l'information	<ul style="list-style-type: none"> • au moins trois différentes sources d'information • un énoncé de thèse • des renseignements qui appuient l'énoncé de thèse • une conclusion qui résume le rapport de recherche (ajout d'une précision)

Étape n° 4 : Utiliser, réviser et parfaire

Au cours du travail, demandez aux élèves de relire le diagramme en T et d'examiner leur travail à la lumière des critères d'évaluation et des détails. Leur travail répond-il aux critères? Sinon, le travail devrait être révisé afin de les respecter. Si nécessaire, on peut ajouter des précisions pour parfaire les critères d'évaluation. Une rubrique peut être créée en établissant les niveaux de rendement pour chaque critère.



ANNEXE 4 : Les habiletés de l'élève en laboratoire – Renseignements pour l'enseignant

Les habiletés de l'élève en laboratoire portent sur deux aspects : leurs activités dans le laboratoire et le rapport qu'ils écrivent. Trop souvent, les enseignants ont consacré plus d'énergie à évaluer le rapport plutôt que d'évaluer le processus de réflexion et le travail durant le laboratoire. Les élèves comprennent-ils pourquoi ils font ce laboratoire? Obtiennent-ils les résultats escomptés? Ont-ils confiance en leur technique de laboratoire lorsqu'ils voient les autres obtenir des résultats différents?

Prenez en considération les suggestions qui suivent avant de concevoir votre approche d'évaluation du travail en laboratoire des élèves.

Avant le laboratoire

Habituellement, les enseignants soulignent le but, la démarche, les méthodes de collecte des données et les mesures de sécurité durant la discussion qui précède le laboratoire. Ils posent aussi des questions au groupe pour vérifier leur compréhension. Les élèves savent-ils ce qu'ils ont à faire et pourquoi cette approche est privilégiée? Le fait de s'adresser à tout le groupe continue d'être l'approche la plus appropriée pour une introduction.

Durant le laboratoire

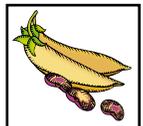
À ce point, vous avez l'occasion d'assigner à chaque élève une tâche individuelle. Les aptitudes générales en laboratoire, comme le relevé des observations ou l'utilisation de l'équipement approprié, peuvent être portées sur une liste de contrôle. Vous pouvez également interviewer les élèves entre les étapes afin de vérifier la profondeur de leur compréhension. Cela peut se faire en posant une série de questions à chacun.

- En quoi ce laboratoire est-il relié à ce que vous avez appris en classe?
- Quel était la logique derrière votre hypothèse?
- Obtenez-vous les résultats escomptés?
- Avez-vous éprouvé des difficultés avec la démarche?

Ce type d'évaluation peut paraître prendre du temps mais il peut être allégé en utilisant une liste de contrôle et en rencontrant un nombre limité d'élèves à chaque laboratoire. En utilisant la même liste de contrôle pour chaque élève durant tout le cours, vous pouvez noter les progrès chaque fois que vous procédez à une évaluation.

Après le laboratoire

Vous dirigerez votre activité postlaboratoire habituelle. Le gros des analyses fera l'objet d'une discussion par le groupe élargi avant que les élèves rédigent leurs rapports individuels. Vous dirigerez le groupe vers une compréhension des grandes lignes que vous appuierez avec des détails à partir de l'expérience du groupe. Après cela, vous voudrez peut-être poser des questions à certains élèves pour vérifier leur compréhension.



- Que pouvez-vous conclure à partir de vos résultats? Donnez-moi une preuve précise pour appuyer votre conclusion.
- Quelles sources d'erreurs sont intervenues dans votre cas?
- Que feriez-vous de différent une prochaine fois?

Même si ces questions peuvent être écrites dans le rapport de laboratoire, le fait de prendre du temps pour en discuter avec certains élèves vous permet de sonder et de tirer plus de compréhension. Encore une fois, il suffit peut-être de questionner certains élèves sur une base rotative.

Refaire le laboratoire

On demande souvent aux élèves d'identifier les sources d'erreur possibles. Ils ont rarement la chance de resserrer les variables de contrôle et de répéter le laboratoire. Peut-être veulent-ils changer complètement d'approche pour solutionner le problème et tester à nouveau. Considérez la possibilité que vos élèves fassent un nouveau laboratoire de moins durant le cours afin de refaire un laboratoire déjà fait. Les élèves ont besoin de tester leurs habiletés analytiques en essayant plus d'une fois. Ne leur disons-nous pas toujours qu'un exemple plus large est plus pertinent?

Des produits variés

Les élèves peuvent résumer leur expérience dans un rapport de laboratoire. Vous pourriez aussi vous servir de protocoles de laboratoire ou de carnet de laboratoire. Les protocoles de laboratoire permettent à l'enseignant de tirer des réponses très spécifiques. Le carnet de laboratoire permet aux élèves de noter leur travail au fur et à mesure qu'ils réalisent le laboratoire – ce qui reflète davantage le processus que le produit. Vous pouvez faire les analyses, répondre aux questions et tirer les conclusions après le laboratoire.

Le tableau qui suit propose un cadre général pour un rapport de laboratoire. Il existe plusieurs autres formats qui peuvent être utilisés (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.26-11.29 et 14.11-14.12 ou à d'autres ressources pour plus d'idées).

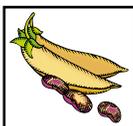


<p><u>Introduction</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • L'objectif ou la question • L'hypothèse ou la prédiction – doit être appuyée d'éléments rationnels (que va-t-on trouver et pourquoi?)
<p><u>Méthodologie</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Matériel • Méthode – démarche <p>Note : dans beaucoup de laboratoires, cette information sera fournie. Dans les laboratoires conçus par l'élève, cette partie augmente en importance et est développée par l'élève.</p>
<p><u>Résultats</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observations générales <p>Peut comprendre :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Des tableaux de données - Des graphiques et des calculs
<p><u>Analyse</u></p>	<p>Cette partie devrait comprendre n'importe lequel des éléments suivants qui sont pertinents au laboratoire :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interprétation – discussions autour des résultats • L'hypothèse a-t-elle été corroborée • Implication des résultats • Liens entre les résultats et des connaissances antérieures • Réponses aux questions • Analyse d'erreur – sources de l'erreur • Résumé



ANNEXE 5 : Évaluation des habiletés de laboratoire - Habiletés générales

Habiletés générales	Attentes	Attentes pas encore satisfaites	Attentes satisfaites
- est préparé à réaliser le laboratoire	- a lu d'avance le sommaire du laboratoire, fait des tableaux, pose les questions qui précisent la tâche plutôt que demander « Qu'est-ce que je fais maintenant? »		
- prépare et utilise l'équipement correctement	- choisit le bon équipement, se prépare bien (p. ex., vérifie que la hauteur de l'anneau sur le trépied à anneau est appropriée) et utilise correctement l'équipement (p. ex., allumer un bec Bunsen ou anesthésier les mouches des cerises)		
- suit des procédures sécuritaires	- fait la démonstration de procédures générales sécuritaires aussi bien que de faits précis indiqués dans le pré-laboratoire		
- note les observations	- note ses observations personnelles au cours de l'action, utilise des approches quantitative et qualitative comme on le lui demande, prend des notes de façon organisée (p. ex., en utilisant un tableau ou une clé)		
- travaille de façon indépendante (labo individuel) ou travaille en collaboration (labo de groupe)	- connaît les tâches et se met tout de suite au travail OU partage les tâches et observations, sait écouter et est réceptif aux points de vue des autres élèves		
- gère le temps efficacement	- divise les tâches et les ordonne afin de respecter les échéances		
- nettoie convenablement	- laisse la table et l'évier propres, range l'équipement, lave la surface de la table, se lave les mains		



ANNEXE 6 : Évaluation des habiletés de laboratoire – Capacité de raisonnement

Compréhension du laboratoire

Capacité de raisonnement	Questions	Limitée	Générale	Approfondie
Connaissance – compréhension	<ul style="list-style-type: none"> - Quel est le but de ce laboratoire? - Comment est-il relié à ce que tu étudies en classe? - Quels sont les fondements de ton hypothèse? - Pourquoi as-tu besoin de consignes spéciales relatives à la sécurité pour ce laboratoire? - Quels conseils as-tu reçus pour disposer des produits chimiques? 			
Mise en application – analyse	<ul style="list-style-type: none"> - Comment as-tu décidé de la démarche? - Cette démarche présente-t-elle des difficultés? - Obtiens-tu les résultats attendus? - Quel graphique, diagramme ou tableau concevrais-tu pour illustrer ces résultats? - Vois-tu une tendance dans tes données? - Y a-t-il des points de données qui ne suivent pas la tendance? 			
Synthèse – évaluation	<ul style="list-style-type: none"> - Que peux-tu conclure à partir de tes résultats? - Donne une preuve précise pour appuyer ta conclusion. - Quelles étaient les sources d'erreur pour cet essai? - Que ferais-tu de différent dans un second essai? Que ferais-tu de la même façon? - Comment tes deux essais se comparent-ils? 			



ANNEXE 7 : Problèmes – Croisements génétiques

1. Chez les humains, les cils longs sont dominants, et les cils courts, récessifs. Une femme aux cils longs et un homme aux cils longs ont quatre enfants. Un enfant a les cils courts, et les trois autres ont les cils longs.
 - a) Énumère les génotypes probables des parents.
 - b) Énumère les génotypes et les phénotypes probables des enfants.
2. Les pois peuvent avoir des graines jaunes ou vertes. Un croisement entre un plant produisant des graines vertes et un plant produisant des graines jaunes n'a donné que des graines jaunes. Des croisements entre deux plants de la génération F_1 ont donné 58 graines jaunes et 19 graines vertes.
 - a) Indique les génotypes de la génération P.
 - b) Quel serait le ratio phénotypique des graines jaunes par rapport aux graines vertes si un plant de la génération F_1 était croisé avec un plant de la génération P ayant produit des graines jaunes?
3. Chez les bovins, les têtes sans cornes sont dominantes par rapport aux têtes à cornes. Si une femme éleveur de bovins pur sang, tous sans cornes, soupçonne que le taureau champion qu'elle vient d'acheter est hétérozygote à cet égard (allèle des têtes à cornes), comment peut-elle savoir si ses doutes sont fondés?
4. La fibrose kystique est un trouble génétique récessif qui afflige un enfant sur 2500 au Canada. Un couple n'affichant aucun symptôme de cette maladie engendre un enfant qui en souffre.
 - a) Énumère les génotypes des parents et de l'enfant.
 - b) Quelles sont les chances pour que le prochain enfant du couple soit porteur de la maladie?
5. Chez les lapins, la couleur noire est due à un gène dominant B, et la couleur brune, à un gène récessif b. Le poil court est attribuable au gène dominant S, et le poil long, à son allèle récessif s. On croise un lapin homozygote noir à poil long et un lapin brun homozygote à poil court.
 - a) Quel serait le génotype de la génération F_1 ?
 - b) Quel serait le phénotype de la génération F_1 ?
 - c) Si un des lapins de la génération F_1 est accouplé avec un lapin brun à poil long, prédis le rapport phénotypique et génotypique des descendants.



ANNEXE 8 : Croisements génétiques – Réponses aux problèmes

1. a) Comme les deux parents ont les cils longs, ils doivent tous deux être porteurs du gène dominant (L). Toutefois, pour qu'ils aient un enfant aux cils courts (génotype ll), ils doivent aussi être porteurs du gène récessif et, donc, posséder le génotype Ll.
- b) Avec l'échiquier de Punnett :

$Ll \times Ll$

	L	l
L	LL	Ll
l	Ll	ll

D'après les probabilités, le génotype d'un enfant est LL (cils longs); deux enfants ont le génotype Ll (cils longs) et un enfant, le génotype ll (cils courts).

2. a) Comme les graines de couleur verte semblent disparaître dans la génération F₁, c'est là le caractère récessif, tandis que la couleur jaune est le caractère dominant. Le génotype du plant parental produisant les graines vertes sera donc yy. Le plant parental produisant les graines jaunes doit contenir au moins un gène Y dominant. Deux génotypes à graines jaunes sont possibles : YY ou Yy

$YY \times yy$

	y	y
Y	Yy	Yy
Y	Yy	Yy

Toutes les graines seraient jaunes

OU

$Yy \times yy$

	y	y
Y	Yy	Yy
y	yy	yy

La moitié des graines serait jaune, et l'autre moitié, verte.
Le génotype de la graine jaune parentale est donc YY.



- b) Le génotype de la génération F_1 est Yy . Celui du plant parental à graines jaunes est YY .

$YY \times Yy$

	Y	y
Y	YY	Yy
Y	YY	Yy

Un croisement entre ces deux plants ne produirait que des graines jaunes.

3. Disons que les bovins pur sang sans cornes s'appellent PP . Les bovins à cornes s'appellent donc pp . La femme éleveur peut utiliser une série de croisements tests pour connaître le génotype de son taureau champion en l'accouplant avec des vaches à cornes. Si le taureau est véritablement un animal pur sang sans cornes (PP), tous les descendants seront sans corne aussi.

$PP \times pp$

	p	p
P	Pp	Pp
P	Pp	Pp

Tous les descendants sont sans cornes.

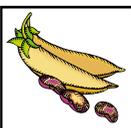
Si le taureau est hétérozygote (Pp), certains des descendants auront des cornes.

$Pp \times pp$

	p	p
P	Pp	Pp
p	pp	pp

La moitié des descendants ont des cornes, et l'autre, non.

4. a) Les deux parents normaux doivent être porteurs du gène récessif (c) de la fibrose kystique. Leur génotype est donc Cc . L'enfant atteint de la maladie aura le génotype cc .



$$Cc \times Cc$$

	<i>C</i>	<i>c</i>
<i>C</i>	<i>CC</i>	<i>Cc</i>
<i>c</i>	<i>Cc</i>	<i>cc</i>

- b) Le porteur d'une maladie n'affiche aucun symptôme, mais il porte l'allèle récessif. D'après l'échiquier de Punnett dressé ci-dessus, il y a une chance sur deux (probabilité de 50 %) pour que le prochain enfant soit porteur du gène de la fibrose kystique.
5. a) Lapin homozygote noir à poil long = *BBss*
Lapin homozygote brun à poil court = *bbSS*

$$BBss \times bbSS$$

	<i>bS</i>	<i>bS</i>
<i>Bs</i>	<i>BbSs</i>	<i>BbSs</i>
<i>Bs</i>	<i>BbSs</i>	<i>BbSs</i>

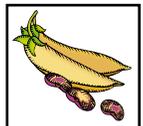
- b) Tous les descendants auront le poil noir court.
- c) *BbSs* x *bbss*

$$BbSs \times bbss$$

	<i>bs</i>
<i>BS</i>	<i>BbSs</i>

Rapport génotypique : 1*BbSs* : 1*Bbss* : 1*bbSs* : 1*bbss*

Rapport phénotypique : 1 noir à poil court : 1 noir à poil long : 1 brun à poil court : 1 brun à poil long.



ANNEXE 9 : L'expérience scientifique

La science joue un rôle important dans la vie de tous les jours. Qu'il s'agisse d'évaluer quelles répercussions aura sur les sauts la modification des angles d'une rampe pour la planche à roulettes ou quel genre de crème utiliser pour guérir l'acné, la science est importante pour tous. En apprenant plus de choses sur le fonctionnement de la science, on peut l'utiliser avec plus d'efficacité.

Les gens ont toujours essayé de comprendre le monde qui les entoure. Afin de répondre aux questions concernant le monde, les scientifiques procèdent à des expériences ou à des enquêtes. Les problèmes sont résolus de différentes manières en faisant appel à l'imagination, à la créativité et à la persévérance. Il n'existe pas de démarche étape par étape suivie par tous les scientifiques pour explorer une question. Le genre de question posée déterminera souvent la démarche choisie pour y répondre. Certaines investigations peuvent avoir une nature plutôt observationnelle, alors que d'autres sont plus expérimentales. Les aspects suivants des expériences scientifiques peuvent vous aider à concevoir votre propre investigation expérimentale.

Poser une question

Une bonne question vérifiable prendra souvent la forme suivante : « Quels sont les effets de ___ sur ___? ». Elle mettra l'accent sur un seul facteur (p. ex., « Quel est l'effet de la lumière du soleil sur la croissance des plantes? » plutôt que « Qu'est-ce qui a un effet sur la croissance des plantes? »). Elle vous permettra de faire des prévisions, d'élaborer un plan, d'effectuer un test juste, de procéder à des observations sérieuses et de formuler des conclusions.

Exemple d'une question vérifiable : Quel est l'effet de l'application de la chaleur sur la viscosité d'un liquide?

Cette question comprend une cause (l'application de la chaleur) et un effet (la viscosité d'un liquide). Ces deux éléments de la question vérifiable sont appelés des variables. Les variables sont des facteurs qui peuvent avoir des répercussions sur un événement ou un processus. La variable indépendante est la variable que vous choisissez de transformer. La variable dépendante se transforme en réaction à la transformation de la variable indépendante.



Observation et consignation des données

On peut consigner les observations selon les moyens suivants :

- phrases écrites
- graphiques
- notes télégraphiques
- diagrammes
- tableaux
- listes
- tableaux de ventilation

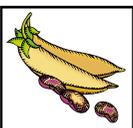
Organisation et analyse des résultats

La conclusion devrait expliquer la relation entre la variable indépendante et la variable dépendante. Voici un exemple de conclusion d'une expérience portant sur la lumière du soleil et la croissance des plantes.

Dans notre expérience, toutes les variables, à l'exception de la quantité de lumière du soleil, ont été gardées constantes. Les plants de géraniums qui ont reçu une plus grande quantité de lumière du soleil ont effectivement une croissance supérieure à celle des plants ayant reçu des quantités limitées de lumière du soleil. Durant les 32 jours de l'expérience, les plants qui ont reçu 10 heures d'ensoleillement par jour de plus ont connu une croissance moyenne de 3 cm, alors que les plants exposés à un ensoleillement limité ont eu une croissance moyenne de 1 cm. Les résultats corroborent notre hypothèse.

En plus de revenir sur l'hypothèse, la conclusion devrait inclure les sources d'erreur de l'expérience. Il s'agit des facteurs qui pourraient affecter l'exactitude des données. Dans les réflexions portant sur le processus de conclusion, on peut proposer des façons d'améliorer l'expérience.

Implications et applications dans le quotidien : composante additionnelle de la conclusion portant sur la façon dont l'expérience ou le concept peut être appliqué dans le quotidien.



ANNEXE 10 : Élaboration d'une feuille de commentaires

Nom : _____

Titre de l'expérience : _____

Critères	Oui/Non	Commentaires
La méthodologie expérimentale vérifie l'hypothèse.		
L'énoncé du problème justifie la nécessité de l'expérience.		
La démarche est complète, claire et décrite de manière séquentielle.		
Une variable indépendante est clairement identifiée.		
Le plan contrôle et mesure avec exactitude la variable indépendante.		
Une variable dépendante est clairement identifiée.		
Le concept fait en sorte que la variable dépendante est mesurée avec exactitude.		
L'expérience comprend des mesures de contrôle adéquates.		
Une liste complète du matériel nécessaire est fournie.		
On décrit une stratégie conforme d'utilisation de mesures et d'essais répétés.		
La méthodologie expérimentale tient compte des mesures de sécurité indiquées.		
Des instructions sont données pour le nettoyage et l'élimination des déchets.		



ANNEXE 11 : Élaboration d'une échelle d'évaluation de l'expérience

Nom : _____

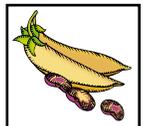
Titre de l'expérience : _____

	1	2	3	4
La méthodologie expérimentale vérifie l'hypothèse.				
L'énoncé du problème justifie la nécessité de l'expérience.				
La démarche est complète, claire et décrite de manière séquentielle.				
Une variable indépendante est clairement identifiée.				
Le plan contrôle et mesure avec exactitude la variable indépendante.				
Une variable dépendante est clairement identifiée.				
Le concept fait en sorte que la variable dépendante est mesurée avec exactitude.				
L'expérience comprend des mesures de contrôle adéquates.				
La marge d'« erreur » est indiquée et on a ajouté un commentaire réfléchi sur la réduction des erreurs.				
Une liste complète du matériel nécessaire est fournie.				
On décrit une stratégie conforme d'utilisation de mesures et d'essais répétés.				
La méthodologie expérimentale tient compte des mesures de sécurité indiquées.				
Le compte rendu est soigné, présentable et bien organisé.				
On utilise une langue et un vocabulaire adéquats et des phrases complètes.				
Des instructions sont données pour le nettoyage et l'élimination des déchets.				



ANNEXE 12 : Problèmes – Codominance incomplète et allèles multiples

1. Un homme de groupe sanguin A et une femme de groupe sanguin B ont un enfant dont le groupe sanguin est O.
 - a) Quels sont les génotypes des trois personnes?
 - b) Quelle est la probabilité que le groupe sanguin du prochain enfant du couple soit AB?
2. La forme des radis peut être longue, ronde ou ovale. Des croisements entre des plants qui produisaient des radis ovales ont donné 121 plants qui produisaient des radis longs, 243, des radis ovales, et 119, des radis ronds.
 - a) De quel type de transmission héréditaire s'agit-il? Explique ta logique.
 - b) Selon toi, que donnerait le croisement de deux plants produisant des radis longs?
 - c) Selon toi, que donnerait le croisement de deux plants produisant des radis ronds?
3. On croise deux canards huppés; seulement les trois quarts des œufs environ éclosent. Les embryons de l'autre quart se développent presque jusqu'à l'éclosion, puis ils meurent. Parmi les canetons vivants, environ les deux tiers sont huppés, et le tiers, non.
 - a) De quel genre de transmission héréditaire semble-t-il s'agir? Explique.
 - b) Si l'on croise un canard huppé et un canard non huppé, quel ratio phénotypique et quel ratio génotypique t'attendras-tu de voir chez les canetons?
4. Chez certains bovins, la couleur du poil peut être rouge (homozygote RR), blanche (homozygote R'R'), ou rouanne – mélange de poils rouges et blancs (hétérozygote RR').
 - a) Quand on accouple un taureau rouge avec une vache blanche, quels génotypes et quels phénotypes pourra-t-on obtenir chez les descendants?
 - b) Si l'un de ces descendants est accouplé avec une vache blanche, quels génotypes et quels phénotypes pourra-t-on produire chez les descendants? En quelle proportion?
5. Comment expliquons-nous les variations de la couleur de la peau chez l'être humain?



ANNEXE 13 : Codominance, dominance incomplète et allèles multiples – Réponses aux problèmes

1. a) Comme le phénotype de l'enfant est O, son génotype doit être ii (récessif). Par conséquent, le père (type A) et la mère (type B) doivent tous deux être porteurs de l'allèle récessif. Le génotype du père est $I^A i$ et celui de la mère, $I^B i$.

b) Avec l'échiquier de Punnett :

$$I^A i \times I^B i$$

	I^B	i
I^A	$I^A I^B$	$I^A i$
i	$I^B i$	ii

La probabilité que le couple ait un enfant du groupe sanguin AB est de 25 % (une chance sur quatre).

2. a) Les radis produits sont de trois genres : longs, ronds et ovales (intermédiaires). Cela fait soupçonner une dominance incomplète, l'allèle des radis longs (L) se combinant avec l'allèle des ronds (L') pour produire les hétérozygotes ovales (LL'). On peut vérifier cette hypothèse en examinant le ratio entre les descendants. Un croisement de deux plants $LL' \times LL'$ donnera le ratio suivant : un plant de radis long contre deux plants de radis ovales et un plant de radis ronds.

b) Si l'on croise deux plants de radis longs ($LL \times LL$), tous les descendants seront longs.

c) Si l'on croise deux plants de radis ronds ($L'L' \times L'L'$), tous les descendants seront ronds.

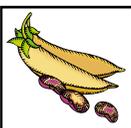
3. a) Comme le quart des œufs n'éclosent pas, on peut soupçonner la présence d'un gène létal. Si le caractère huppé est dominant (C) et que le caractère non huppé est récessif (c), les deux canards parents auront le génotype Cc .

Avec l'échiquier de Punnett :

$$Cc \times Cc$$

	C	c
C	CC	Cc
c	Cc	cc

Tous les œufs contenant un embryon du génotype CC n'éclore pas. Parmi les canetons vivants, les deux tiers seront huppés, et le troisième tiers, non.



b) Si l'on croise un canard huppé (Cc) avec un canard non huppé (cc), la moitié des canetons produits seront huppés (Cc), et l'autre moitié, non (cc). Le ratio génotypique est donc 1Cc : 1cc, et le ratio phénotypique est d'un caneton huppé contre un caneton non huppé.

4. a) Le génotype du taureau au poil rouge est RR. Celui de la vache blanche est BB. Avec un échiquier de Punnett :

RR x BB

	<i>B</i>	<i>B</i>
<i>R</i>	<i>RB</i>	<i>RB</i>
<i>R</i>	<i>RB</i>	<i>RB</i>

Tous les descendants ont le génotype RB et auront une fourrure de couleur rouanne.

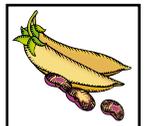
b) Quand le descendant rouan (RB) est accouplé avec une vache blanche (BB), les descendants pourraient être les suivants :

RB x BB

	<i>B</i>	<i>B</i>
<i>R</i>	<i>RB</i>	<i>RB</i>
<i>B</i>	<i>BB</i>	<i>BB</i>

On peut s'attendre à obtenir un descendant rouan (RB) contre un descendant blanc (BB).

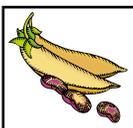
5. La couleur de la peau humaine est un exemple d'un caractère polygénique. Elle est déterminée par au moins quatre gènes.



ANNEXE 14 : Problèmes – Caractères liés au sexe

1. Un couple a quatre enfants. Ce sont tous des garçons. Quelles sont les chances pour que le prochain soit une fille?
2. La dystrophie musculaire progressive de Duchenne est un trouble récessif lié au sexe. Un homme et une femme tous deux exempts de la maladie ont deux enfants. L'aîné est atteint de la DMD, tandis que le plus jeune ne l'est pas.
 - a) Définis les génotypes des parents.
 - b) Définis les génotypes des enfants.
3. Une femme (dont le père était atteint de cécité rouge-vert) et un homme dont les antécédents familiaux n'affichent aucunement cette déficience comptent fonder une famille. Quelles sont les chances pour qu'ils aient des enfants daltoniens?
4. Avec les données suivantes, décris la transmission héréditaire des couleurs noire, orange et marbrée (noir-orange) chez les chats.
Indices : les chats sont XY et les chattes, XX. Le mot « marbré » désigne un mélange des poils orange et noirs dans la fourrure de l'animal.

Parents	Descendants
#1 Mâle noir x femelle orange	un mâle orange; une femelle noire-orange
#2 Mâle orange x femelle noire	un mâle noir; une femelle noire-orange
#3 Mâle orange x femelle noire-orange	un mâle noir; un mâle orange; une femelle orange; une femelle noire-orange



ANNEXE 15 : Caractères liés au sexe – Réponses aux problèmes

1. La probabilité que le prochain enfant soit une fille est de 50 %. La naissance des enfants précédents n'influe en rien sur la probabilité que le prochain enfant soit d'un sexe donné. Avec un échiquier de Punnett :

$$XY \times XX$$

	X	X
X	XX	XX
Y	XY	XY

Il y a autant de chances (50 – 50) que l'enfant soit un garçon ou une fille.

2. a) Le père n'est pas touché. Son génotype est X^MY . Pour qu'un fils soit atteint du trouble, la mère doit être porteuse. Son génotype est X^MX^m .
- b) Le fils aîné est affligé de la DMD. Son génotype est X^mY .
Le fils cadet est exempt de la maladie. Son génotype est X^MY .
D'après un échiquier de Punnett :

$$X^MY \times X^MX^m$$

	X^M	X^m
X^M	X^MX^M	X^MX^m
Y	X^MY	X^mY

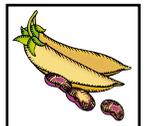
3. Le père n'est pas daltonien, et son génotype est X^CY .
La mère n'est pas daltonienne, mais elle a hérité du gène du daltonisme de son père. Elle est porteuse et son génotype est X^CX^c .

Avec un échiquier de Punnett :

$$X^CY \times X^CX^c$$

	X^C	X^c
X^C	X^CX^C	X^CX^c
Y	X^CY	X^cY

Il y a une chance sur deux pour que leurs fils soient daltoniens. Aucune de leurs filles ne le sera.



4. Comme la couleur marbrée est un mélange d'orange et de noir, les gènes d'un chat dont la fourrure est orange et noire sont codominants. Disons que N = noir et que O = orange; alors, NO = marbré (orange-noir). Toutefois, la couleur de la fourrure doit être liée au sexe de l'animal.

Avec les échiquiers de Punnett :

Croisement 1 : Mâle noir ($X^N Y$) x femelle orange ($X^O X^O$)

	X^O	X^O
X^N	$X^N X^O$	$X^N X^O$
Y	$X^O Y$	$X^O Y$

un mâle orange : une femelle noire-orange

Croisement 2 : Mâle orange ($X^O Y$) x femelle noire ($X^N X^N$)

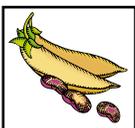
	X^N	X^N
X^O	$X^N X^O$	$X^N X^O$
Y	$X^N Y$	$X^N Y$

un mâle noir : une femelle noire-orange

Croisement 3 : Mâle orange ($X^O Y$) x femelle noire-orange ($X^N X^O$)

	X^N	X^O
X^O	$X^N X^O$	$X^O X^O$
Y	$X^N Y$	$X^O Y$

un mâle noir : un mâle orange : une femelle orange : une femelle noire-orange



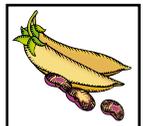
ANNEXE 16 : Étude de cas - L'hémophilie : la maladie royale*

L'hémophilie est un trouble récessif lié au chromosome X; elle se caractérise par l'incapacité du sang de coaguler convenablement. Jusqu'à récemment, l'hémophilie était intraitable, et seuls quelques hémophiles vivaient assez vieux pour se reproduire, car toute petite coupure ou hémorragie interne, même après une petite ecchymose, était fatale. Aujourd'hui, on traite les hémophiles avec des transfusions sanguines et des infusions d'une substance dérivée du sang appelée facteur antihémophilique. Toutefois, ce traitement est très coûteux et comporte pour le malade le risque de réactions allergiques ou autres complications.

L'hémophilie affecte les hommes beaucoup plus souvent (un sur 10 000) que les femmes (une sur cent millions). Il en est ainsi parce qu'un gène essentiel à la coagulation est porté sur le chromosome X. Comme les hommes ne portent qu'un chromosome X, s'il est déficient, l'hémophilie se manifeste aussitôt. Le sujet risque de mourir jeune. De leur côté, les femmes portent deux chromosomes X. Si un seul est déficient, l'autre chromosome normal peut compenser. Le sang de la femme pourra coaguler normalement, et elle sera simplement porteuse du gène récessif déficient. Ce fait sera découvert si certains de ses enfants sont hémophiles. Naturellement, les femmes hémophiles sont peu nombreuses, car il faut que les deux chromosomes X soient déficients pour que la maladie se manifeste.

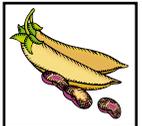
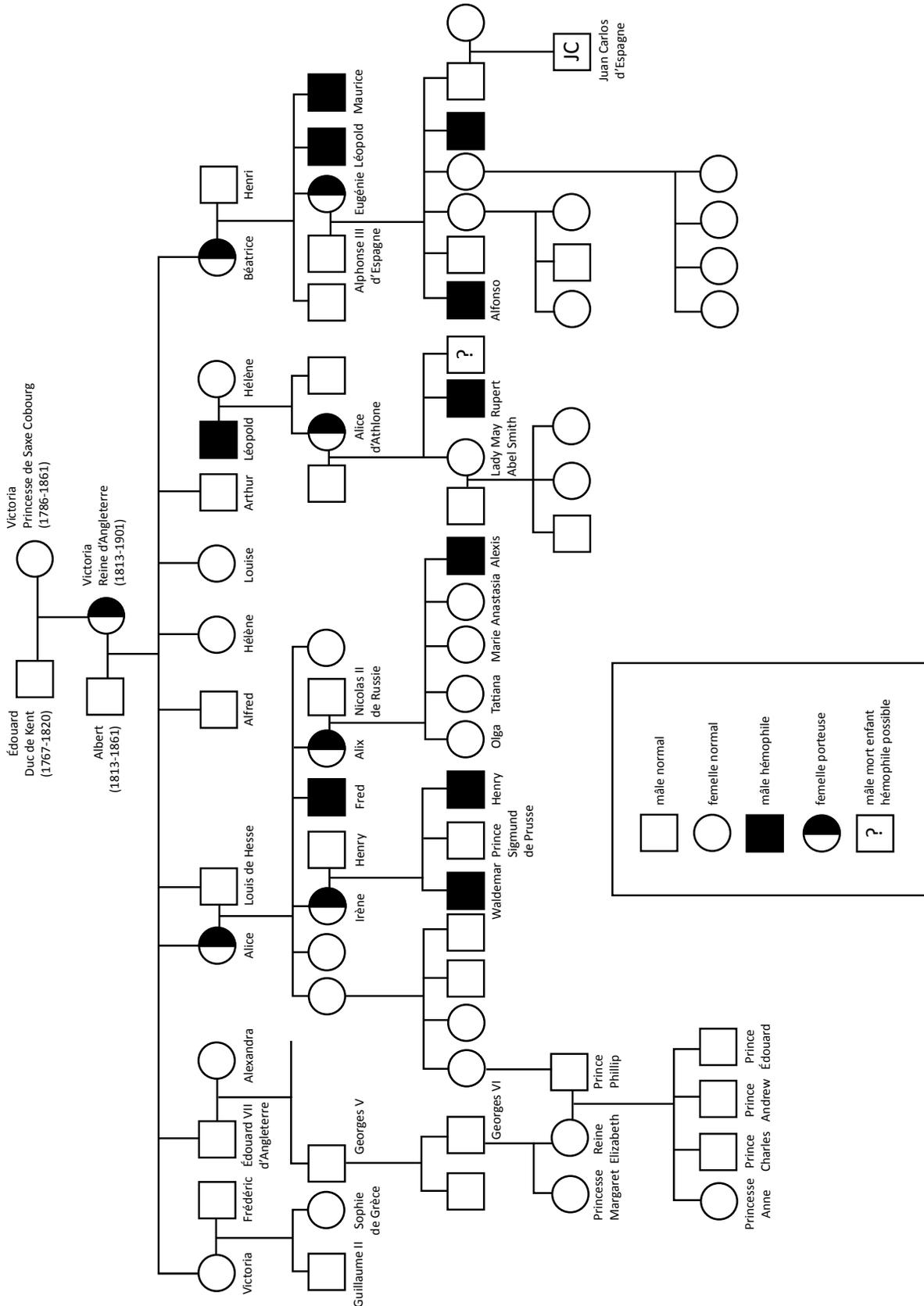
L'hémophilie a joué un rôle important dans l'histoire de l'Europe, car elle est apparue soudainement chez les enfants de la reine Victoria de Grande-Bretagne. Elle devint connue sous le nom de « maladie royale », car elle s'est répandue dans les familles royales d'Europe par le biais des descendants de Victoria. Celle-ci s'est toujours inquiétée de la qualité du sang de la famille royale britannique. Ses sentiments au sujet de la nécessité de revitaliser ce qu'elle appelait le sang « lymphatique » de leurs familles transparaissent dans une lettre adressée à sa fille Vicky : « Je souhaite vraiment que l'on puisse trouver des princes et des princesses aux yeux noirs pour nos enfants! Je ne peux oublier ce que mon cher Papa disait - à savoir que c'était en fait à la faveur de légères imperfections dans la descendance royale pure que du sang frais lui était infusé... Car, les cheveux blonds et les yeux bleus, c'est bien beau, mais ils sont signes d'un sang lymphatique... Ce n'est pas aussi banal que tu peux le penser, car mon cher Papa disait souvent avec véhémence : « Nous devons trouver du sang fort! »

Au moment d'écrire cette lettre, la Reine ne savait sans doute pas exactement ce qui affectait le sang de sa famille. L'hémophilie s'est manifestée pour la première fois dans sa famille chez son huitième enfant, le prince Léopold, duc d'Albanie. Tout au long de sa courte vie, Léopold a souvent souffert d'hémorragies, et on l'a toujours décrit comme étant « très délicat ». Il ne pouvait mener la vie d'un jeune garçon normal, car toute coupure ou ecchymose risquait de lui être fatale, et il fallait donc toujours le surveiller de près. Toutefois, malgré toute la protection dont il a bénéficié, le prince Léopold est mort à 31 ans des suites d'une petite chute.

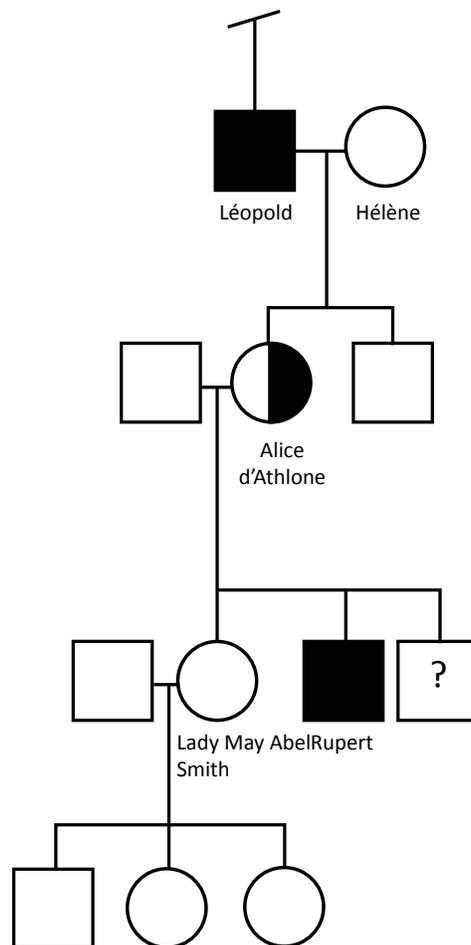


L'apparition de l'hémophilie chez un des fils de Victoria la troubla et la jeta dans la confusion, elle qui n'avait d'autre arme que de dire que la maladie n'avait pas ses origines de son côté de la famille. Pourtant, la rumeur se répandait au sujet du « mauvais sort jeté aux Cobourgs ». Ce mauvais sort datait, disait-on, du début du XIX^e siècle quand un prince Cobourg épousa une princesse hongroise appelée Antoinette de Kohary. Un moine, membre de la famille Kohary, enviait la richesse héritée du père de la mariée par l'heureux couple, et il maudit donc les générations futures des Cobourgs en les affligeant de ce sort. Bien sûr, l'hémophilie qui a affecté les descendants de Victoria n'avait rien à voir avec le mauvais sort. L'opinion traditionnelle est qu'il y eut une mutation chez elle ou chez un spermatozoïde de son père, Édouard Auguste, duc de Kent. La maladie se propagea dès lors dans les familles royales d'Europe, tandis que les monarques arrangeaient les mariages pour consolider les alliances politiques. Nous pouvons voir quand l'hémophilie est apparue en Espagne, en Russie et en Prusse en analysant l'arbre généalogique de la famille.



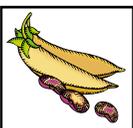


1. Examinons d'abord la famille de Léopold, fils de la reine Victoria. sa fille, Alice d'Athlone, a eu un fils hémophile (Rupert) et deux autres enfants (un garçon et une fille) dont on ne sait rien.
 - a) Quelle est la probabilité que son autre fils fût aussi hémophile?
 - b) Quelle est la probabilité que sa fille fût porteuse? hémophile?
 - c) Quelle est la probabilité que les deux enfants fussent normaux?

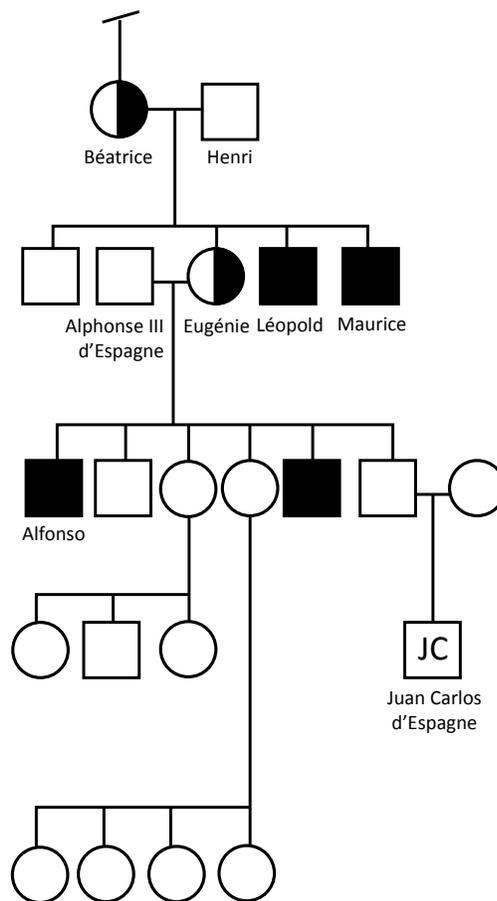


Heureusement, Léopold a été le seul des fils de Victoria à souffrir de l'hémophilie. Ses trois autres fils, Édouard, Alfred et Arthur, n'ont pas été touchés. Comme la famille royale britannique actuelle est issue d'Édouard VII, le premier fils, elle est exempte d'hémophilie.

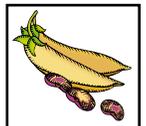
Louise, quatrième fille et sixième enfant de la reine Victoria, n'a pas eu d'enfant; nous ne pouvons donc pas dire si elle était porteuse ou non. Vicky et Hélène, respectivement première et cinquième enfant de Victoria, ont eu des enfants, mais aucun n'était hémophile, ce qui indique qu'elles n'étaient sans doute pas porteuses.



2. Voyons maintenant la branche espagnole de l'arbre. Le plus jeune enfant de Victoria, Béatrice, a eu une fille, un fils normal et deux fils hémophiles.
- En consultant l'arbre généalogique de la famille royale, indique lesquels des enfants de Béatrice ont reçu le gène de l'hémophilie; pourquoi peux-tu tirer cette conclusion?
 - Note que la fille de Béatrice, Eugénie, a épousé le roi Alfonso XIII d'Espagne et qu'elle a eu six enfants, dont un a été le père de Juan Carlos, l'actuel roi d'Espagne. Peux-tu dire si Juan Carlos était normal, porteur ou hémophile?



3. Alice, troisième enfant de la reine Victoria, a transmis l'hémophilie aux familles impériales d'Allemagne et de Russie. L'hémophilie a touché trois de ses six enfants. À l'âge de trois ans, son fils Frederick a saigné pendant trois longues journées d'une coupure à l'oreille. On finit par arrêter l'épanchement de sang, mais quelques mois plus tard, tandis qu'il courait, turbulent, dans la chambre de sa mère, il tomba par une fenêtre ouverte sur la terrasse plus bas. Le soir, il était mort d'une hémorragie interne.



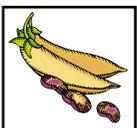
La fille d'Alice, Irène, qui était porteuse, a épousé son premier cousin, le prince Henri de Prusse, et elle a donné naissance à deux fils hémophiles. On fit l'impossible pour dissimuler le fait que la terrible maladie s'était manifestée dans la famille impériale allemande, mais à l'âge de quatre ans, Waldemar, le plus jeune des princes, saigna à mort. L'autre prince, Henri, mourut à l'âge de 56 ans.

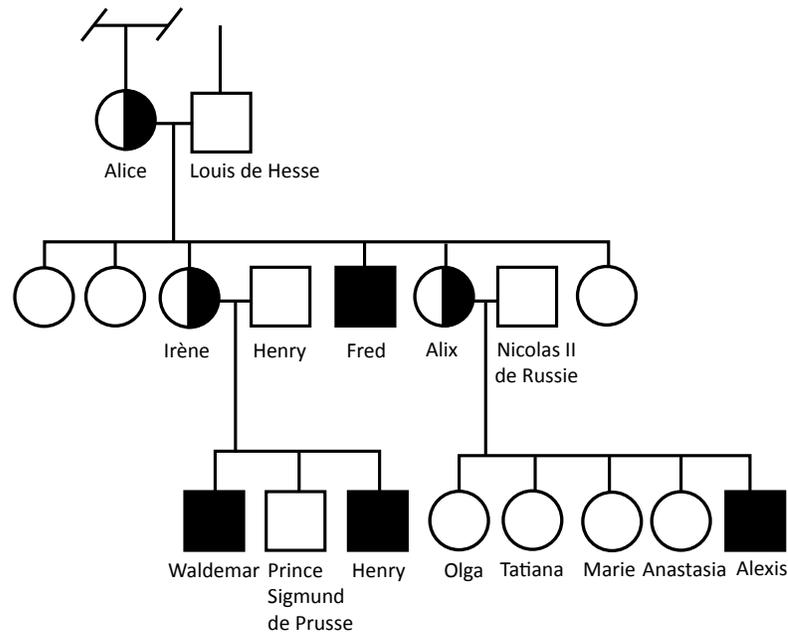
L'autre fille d'Alice, Alix, était porteuse elle aussi. Si elle avait accepté la demande en mariage du prince Eddy, ou celle de son frère Georges, l'hémophilie se serait réintroduite dans la branche régnante de la famille royale britannique, mais Alexandra (Alix) épousa plutôt le tsar Nicolas II et transmit ainsi la maladie à la famille impériale russe. Elle eut quatre filles, soit Olga, Tatiana, Marie et Anastasia, avant de donner naissance au fils tant attendu, Alexis, héritier du trône de Russie. Ces enfants et leurs parents ont été assassinés pendant la Révolution russe.

À peine quelques mois après la naissance de leur précieux fils unique Alexis, les parents comprirent qu'il souffrait d'hémophilie. Le premier signe avait été un saignement inattendu du nombril, saignement qui s'était arrêté quelques jours plus tard. Toutefois, les enflures sombres qui se produisaient chaque fois que l'enfant se cognait le bras ou la jambe étaient plus inquiétantes. Le pire, c'était le saignement des articulations. Cet état paralysait les membres affectés, en plus d'infliger de terribles douleurs. En grandissant, le garçon fut obligé de passer des semaines au lit et, quand il se levait, il devait porter un lourd corset de fer.

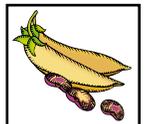
Ni les médecins très expérimentés ni toutes les prières adressées à Dieu par les parents désespérés ne semblaient aider l'enfant souffrant. Profondément bouleversés par l'état de leur fils, le Tsar et la Tsarine se tournèrent vers le moine Raspoutine, un spiritualiste qui prétendait pouvoir aider Alexis. Alexandra mit toute sa confiance en Raspoutine, car il était le seul à pouvoir alléger les souffrances de son fils. On ne sait pas au juste comment le moine y parvint. « Il est probable que Raspoutine, avec ses yeux magnétiques et sa présence rassurante, ait pu créer l'atmosphère de tranquillité qu'il fallait pour ralentir la circulation du sang dans les veines du garçon. Tandis que la mère aux abois et les médecins indécis accroissaient la tension autour de l'enfant qui souffrait, Raspoutine le calmait et l'aidait à s'endormir. » Or, pendant que le Tsar et la Tsarine se préoccupait de la santé de leur fils, les affaires de l'État se détérioraient, ce qui aboutit finalement à la Révolution russe. Alexis n'est pas mort d'hémophilie. À l'âge de 14 ans, il fut exécuté avec le reste de sa famille. Ses quatre sœurs aînées étaient jeunes elles aussi et n'ont pas eu d'enfants, de sorte que nous ne savons pas si l'une ou l'autre était porteuse du gène. Nous pouvons toutefois faire une estimation.

- Quelles sont les probabilités que toutes les quatre fussent porteuses de l'allèle hémophile?
- Si Alexis avait vécu et qu'il avait épousé une femme normale, quelles sont les chances que sa fille fût hémophile?
- Quelles sont les chances que ses filles fussent porteuses?
- Quelles sont les chances que ses fils fussent hémophiles?

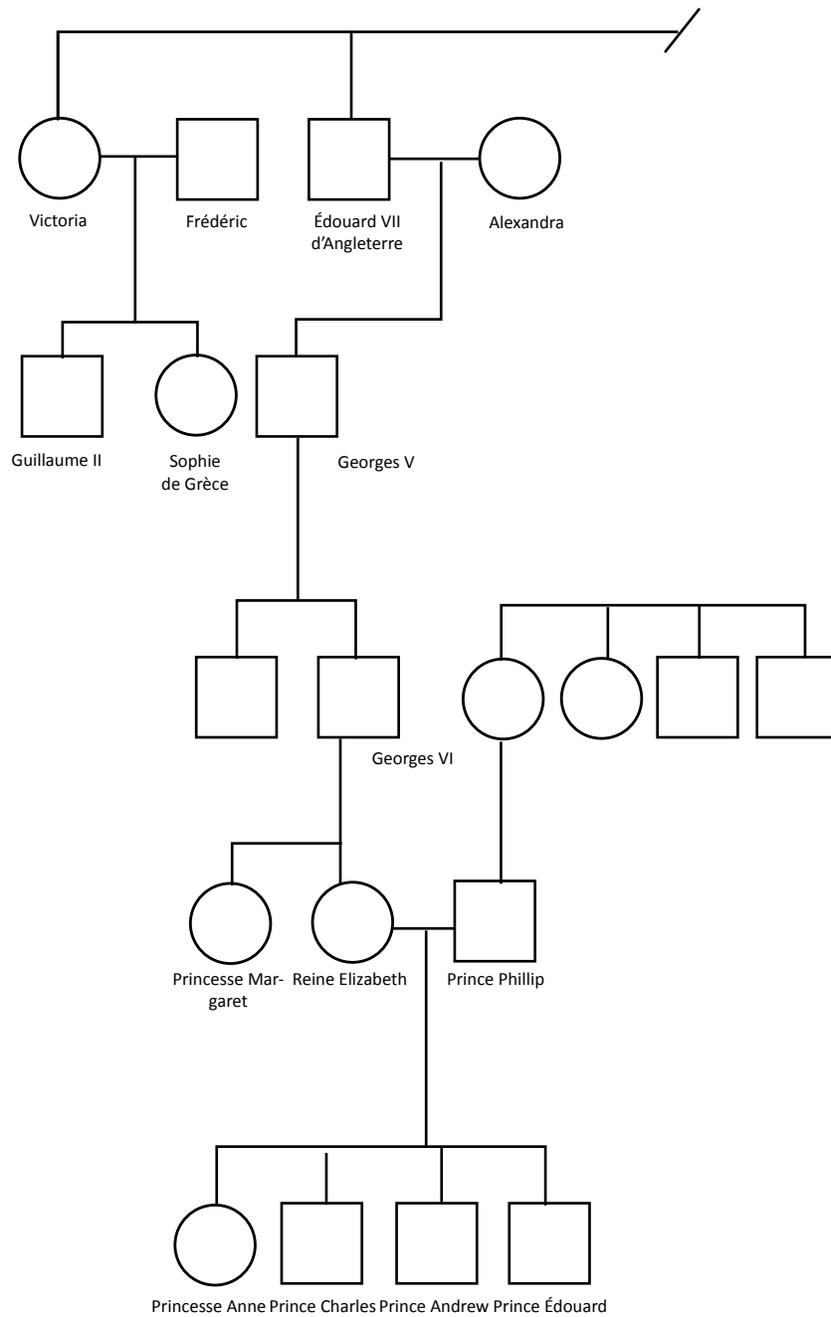




4. En 1995, un homme de 63 ans appelé Eugène Romanov, qui habitait dans l'ancienne Union soviétique, a fait surface. Il était hémophile et portait le nom de la famille royale de la Russie tsariste. Il affirmait être le petit-fils de la plus jeune fille de Nicolas II, Anastasia, dont le corps n'avait jamais été retrouvé et dont certains croyaient qu'elle avait réussi à survivre à la Révolution. Eugène Romanov a déclaré qu'Anastasia avait été élevée par un fermier et que, plus tard, elle épousa un neveu de ses parents adoptifs et qu'elle eut une fille, la mère d'Eugène.
- Si l'on s'en tient aux propos d'Eugène, sa mère et sa grand-mère étaient-elles porteuses du gène de l'hémophilie ou non? Que dire de son père et de son grand-père? Son argument est-il plausible?
 - Dans quelle mesure peut-on croire qu'Eugène hérita à la fois de l'hémophilie et du nom de la famille royale? (Tuyau : Vois comment chaque élément est transmis de génération en génération.)
5. Le prince Charles est le prochain roi désigné d'Angleterre. Son mariage célèbre à la princesse Diana a donné deux fils, avant de se terminer par un divorce amer.
- Si tu apprenais qu'un des deux est hémophile, comment l'expliquerais-tu?



Famille du prince Charles



Enfin, notre esprit spéculatif nous oblige à mentionner qu'en 1995, deux frères britanniques ont publié un livre (*Queen Victoria's Gene*) contenant une idée saisissante. Les professeurs Malcolm Potts, embryologiste à Berkeley, et William Potts, zoologiste à l'Université de Lancaster en Grande-Bretagne, donnent à penser que la reine Victoria était peut-être une enfant illégitime. Ils soulignent que ni son père ni son mari n'étaient hémophiles. Donc, soit qu'il y ait eu une mutation spontanée – une chance sur 50 000 –, soit que Victoria ait été engendrée par quelqu'un d'autre que le duc de Kent. Songe aux conséquences possibles pour l'histoire européenne : sans Victoria, le prince de Hanovre actuel, Ernst (descendant du frère du père de Victoria), serait aujourd'hui roi d'Angleterre. Aspect plus important encore, sans Victoria, le tsar de Russie n'aurait pas eu de fils hémophile, et il n'y aurait pas eu de Raspoutine, ni de Révolution? Quelles sont les chances que ce scénario se soit réalisé?

*Yelena ARONOVA-TIUNTSEVA et Clyde Freeman HERREID « Hemophilia - The 'royal disease' », *National Center for Case Study Teaching in Science*, 2003, <http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/files/hemo.pdf> (Consulté le 14 juillet 2017). Traduction autorisée par le National Center for Case Study Teaching in Science.



ANNEXE 17 : Étude de cas - La mort de bébé Pierre *

Partie 1

Le 7 mars 1964, un bébé nommé Pierre est né à Chicoutimi (Québec). Il semblait être un bébé de 3,1 kg en bonne santé, sauf qu'il ne mangeait pas bien. Au cours des semaines qui ont suivi sa naissance, il est devenu de plus en plus léthargique et il vomissait régulièrement. Aspect on ne peut plus particulier, son urine sentait le chou pourri et, bientôt, cette odeur a imprégné ses vêtements et son corps. Quand il a été admis à l'hôpital, le 14 septembre, ses muscles étaient faibles et on lui voyait les côtes. Bébé Pierre avait grossi de seulement 250 g depuis sa naissance. Les médecins l'ont maintenu en vie en le nourrissant par un tube inséré dans son nez et jusque dans son estomac. Il a pris du poids et des forces pendant un certain temps, puis, soudainement, son état s'est détérioré. Le 30 novembre, bébé Pierre a vomi du sang et est mort.

Un médecin curieux s'est mis à chercher ce qui avait bien pu causer la mort du bébé. Ses recherches ont révélé que d'autres bébés dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean, au Québec, avaient affiché des symptômes semblables et que les gens se rappelaient de décès du même genre survenus dans cette région située à 200 km au nord de Québec. La maladie de bébé Pierre avait ravi plusieurs enfants à certaines familles. Dans les familles frappées, on a vite constaté que les parents étaient normaux, mais qu'environ un quart des enfants étaient affligés de la maladie qui ne faisait aucune distinction entre les garçons et les filles. Les spécialistes ont bientôt conclu, à la lumière des faits, qu'il s'agissait d'un trouble génétique.

1. Si un trouble génétique a causé la maladie, prédis la transmission héréditaire de la maladie et explique ton raisonnement.

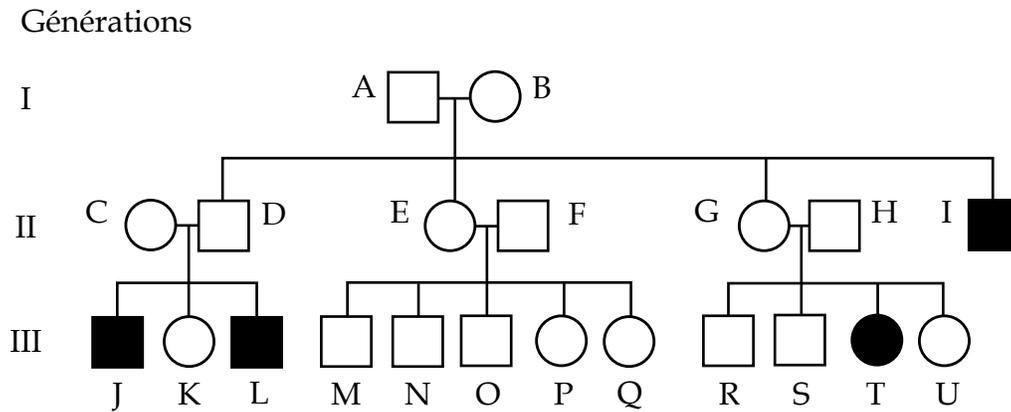
Partie 2

Bébé Pierre et les autres enfants touchés ont été victimes de la tyrosinémie héréditaire. Ce trouble est causé par un gène autosomique récessif. Les enfants étaient dépourvus du gène normal qui produit un enzyme hépatique qui dégrade l'acide aminé tyrosine. Sans cet enzyme, la tyrosine s'accumule dans le foie et les reins, ce qui engendre l'odeur de chou dégagée par l'urine. Des effets secondaires mortels suivent. (Une transplantation du foie est le seul traitement à long terme de cette maladie.)

Les deux parents évitent la maladie, car, bien qu'ils portent un exemplaire du gène déficient, ils ont aussi un gène normal qui produit l'enzyme en quantité plus que nécessaire pour assurer le fonctionnement normal du foie. Les parents sont porteurs de la maladie. En terminologie génétique, on dit qu'ils sont hétérozygotes, tandis que bébé Pierre était un homozygote récessif.



Voici l'arbre généalogique de trois générations de la famille de bébé Pierre.



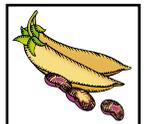
2. Prédise les génotypes des individus suivants. Utilise le symbole « A » pour l'allèle dominant et « a » pour l'allèle récessif. Tu pourras peut-être définir le génotype complet de tous les individus.

A _____	H _____	O _____
D _____	I _____	R _____
E _____	K _____	T _____

3. L'arbre généalogique ci-dessus correspond-il à celui qui illustrerait la transmission d'un caractère lié au sexe? Explique ta réponse.
4. Quelle est la probabilité que la femme K ait un enfant normal si elle a des enfants avec un homme normal porteur du gène de la tyrosinémie?
5. Quelle est la probabilité que la femme K ait un enfant normal si elle épouse son cousin M et qu'elle fonde une famille avec lui?

Partie 3

La tyrosinémie héréditaire est d'habitude très rare; elle n'affecte qu'un nouveau-né sur 100 000 dans le monde. Dans la population québécoise du Saguenay-Lac-Saint-Jean, la situation est fort différente : un nouveau-né sur 685 risque d'être affligé de ce trouble. D'après une analyse faite sur les nouveau-nés, on a estimé qu'une personne sur 14 dans cette région du Québec porte la mutation causant la tyrosinémie.



Chicoutimi est une petite ville. En fait, le généticien québécois Claude Laberge a découvert que la région de Chicoutimi a été colonisée par quelques dizaines de famille qui ont migré vers le nord, depuis la région de Charlevoix non loin de Québec. La plupart des habitants de la ville sont des descendants de ces premiers colons. On peut retracer l'origine de la tyrosinémie en remontant dans le temps jusqu'à un couple (Louis et Marie Gagné) qui a émigré de France. Louis ou Marie portait probablement le gène de la tyrosinémie qui a donc été transmis à certains de leurs neuf enfants et de leurs innombrables petits-enfants, dont au moins deux sont venus s'établir dans Charlevoix. Leur descendance a ensuite déménagé à Chicoutimi. L'importante consanguinité a produit une forte proportion de personnes porteuses du gène de la tyrosinémie. C'est un exemple classique de l'effet fondateur.

6. Si tu comptes avoir des enfants avec un(e) partenaire dont la famille est issue du Saguenay-Lac-Saint-Jean, devrais-tu craindre que tes enfants soient porteurs de la tyrosinémie?

*Clyde F. HERREID, « The Death of Baby Pierre », *National Center for Case Study Teaching in Science*, 1999, http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/collection/detail.asp?case_id=417&id=417 (Consulté le 14 juillet 2017). Adaptation autorisée par le National Center for Case Study Teaching in Science.



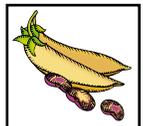
ANNEXE 18 : La mort de bébé Pierre - Réponses aux questions

- Le fait que le quart des enfants étaient touchés alors que les parents ne l'étaient pas porte à penser qu'il y avait un système à deux allèles comportant un allèle récessif déficient. Comme les filles et les garçons étaient touchés également, il s'agit d'un caractère autosomique non lié au sexe.
- A _____ Aa _____ H _____ Aa _____ O _____ A? _____

D _____ Aa _____ I _____ aa _____ R _____ A? _____

E _____ A? _____ K _____ A? _____ T _____ aa _____
- Non. Si la tyrosinémie était liée au sexe, pour que la femme T soit touchée par la maladie, il aurait fallu que son père (H) le fût aussi. L'arbre généalogique montre qu'il ne souffrait pas de la maladie.
- Si le génotype de K est AA, alors tous ses enfants seront normaux (le génotype de la moitié sera AA, et celui de l'autre moitié, Aa). Si le génotype de K est Aa, alors Aa x Aa donne la probabilité suivants : trois enfants seront normaux contre un qui sera malade (75 %).
- Le génotype du cousin M peut être AA ou Aa, tout comme celui de K peut être AA ou Aa. Les résultats des combinaisons seraient les suivants :

AA x AA} tous les enfants seront normaux
 AA x Aa} tous les enfants seront normaux
 Aa x AA} tous les enfants seront normaux
 Aa x Aa} 75 % des enfants seront normaux.
- À moins que ta famille soit aussi venue de la région, il est très improbable que ta (ton) partenaire et toi soyez tous deux porteurs du gène de la tyrosinémie. Vos enfants ne devraient pas être touchés.



ANNEXE 19 : Scénarios illustrant des dilemmes de bioéthique

1) Maladie de Huntington

Vous et votre frère aîné (âgé de 20 ans) venez d'apprendre que les spécialistes ont diagnostiqué la maladie de Huntington chez votre père. C'est une maladie incurable qui cause la détérioration lente et progressive du cerveau et qui aboutit à la mort. Les symptômes se manifestent chez la personne atteinte entre l'âge de 30 et 50 ans. C'est une affection autosomique dominante pour laquelle on a mis au point un test de détection génétique. Un test de l'ADN peut révéler avec une certitude totale si la personne contractera la maladie ou non.

2) Syndrome de Down

Vous avez deux enfants en bonne santé issus d'un mariage précédent, mais maintenant, vous aimeriez avoir un autre enfant avec votre deuxième mari. Vous avez 40 ans et vous vous inquiétez des chances plus grandes d'avoir un enfant affecté du syndrome de Down. Cette affection est causée par la présence d'un chromosome surnuméraire sur la 21^e paire, ce qui entraîne une déficience intellectuelle et des problèmes de santé chez la personne touchée. L'amniocentèse permet de diagnostiquer le syndrome de Down avant la naissance.

3) Hémophilie

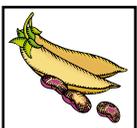
Vous et votre partenaire songez à fonder une famille. Cependant, vous souffrez d'hémophilie, affection récessive de la coagulation liée au sexe. On vous traite avec succès avec des injections de facteur VIII, l'enzyme de la coagulation sanguine faisant défaut dans votre corps. Il n'existe aucun test de détection prénatal de cette maladie.

4) Fibrose kystique

Vous et votre épouse venez d'apprendre que votre fille de 14 mois est atteinte de la fibrose kystique. C'est une affection autosomique récessive mortelle qui touche les poumons et le tube digestif. Les personnes souffrant de cette maladie vivent moins longtemps que les autres et ont besoin tous les jours de médicaments et d'une thérapie physique. Votre femme est de nouveau enceinte. Votre médecin vous a informé qu'il existe un test de dépistage génétique prénatal permettant de diagnostiquer la FK.

5) Maladie de Tay-Sachs

Quand vous étiez enfant, une de vos sœurs est morte de la maladie de Tay-Sachs. Maintenant que vous et votre mari voulez fonder une famille, vous craignez de transmettre cette affection autosomique récessive à vos enfants. Les enfants affligés de cette maladie souffrent d'une détérioration progressive du cerveau et d'une perte de leur fonction motrice. Il n'existe aucun traitement ni remède, et l'enfant malade ne vit pas longtemps. Une épreuve sanguine peut dépister les personnes porteuses de la maladie, et l'amniocentèse en permet un dépistage prénatal.



6) Syndrome de Turner

À la lumière de ce que vous avez appris au cours du présent cours de biologie, vous pensez être atteinte du syndrome de Turner. Les femmes souffrant de cette maladie sont d'habitude courtes, elles tendent à être faibles en mathématiques et elles ne sont pas menstruées. Elles ne peuvent pas avoir d'enfants. Vos parents n'ont jamais entendu parler de cette affection causée par l'absence d'un chromosome X et diagnostiquée à l'aide d'une épreuve sanguine.

7) Drépanocytose

La drépanocytose existe dans votre famille et dans celle de votre partenaire. Des épreuves sanguines ont révélé que vous êtes tous deux porteurs de la maladie. Les personnes atteintes tendent à vivre moins longtemps que les autres et elles souffrent de douleurs chroniques; la maladie provoque l'enflure des articulations et accroît les risques d'infections, d'accidents cérébrovasculaires et de crises cardiaques. Il n'existe aucun remède pour la maladie, et le traitement comporte la médication et des transfusions sanguines. L'amniocentèse permet de diagnostiquer la drépanocytose chez le fœtus.



ANNEXE 20 : Le processus de prise de décisions

Le processus de prise de décisions est un moyen d'analyser des questions et de faire un choix parmi différentes mesures. Les questions sont souvent complexes et ne donnent pas lieu à une réponse unique. Elles peuvent aussi susciter de la controverse lorsqu'elles portent sur des valeurs individuelles et collectives. Pour prendre une décision informée, les élèves doivent maîtriser les concepts scientifiques liés à la question et aussi être sensibilisés aux valeurs à l'origine d'une décision. Le processus comporte une série d'étapes, notamment :

- cerner et clarifier la question;
- connaître les différents points de vue ou les personnes concernées par la question;
- évaluer d'un regard critique l'information disponible;
- déterminer les options possibles ou les positions adoptées sur le sujet;
- évaluer les répercussions liées aux options possibles ou aux positions adoptées sur le sujet;
- être sensibilisé aux valeurs pouvant orienter une décision;
- prendre une décision réfléchie et fournir des justifications;
- donner suite à une décision;
- réfléchir au processus.

Les élèves ont pris connaissance du processus de prise de décisions dans les cours de sciences de la 9^e année. La plupart des questions abordées en biologie 12^e concernent des décisions personnelles et sociétales. Si les élèves ne possèdent pas beaucoup d'expérience en matière de prise de décisions, l'enseignant peut aborder le processus avec plus d'encadrement, donnant ainsi aux élèves la chance d'utiliser cette approche dans un environnement structuré. On peut ainsi choisir de leur présenter un scénario précis ou une question particulière à étudier. Les élèves prendront éventuellement une part active dans le processus en choisissant leurs propres questions, en effectuant leurs propres recherches, en prenant leurs propres décisions et en donnant suite à ces décisions.



On peut aborder le processus de prise de décisions sous divers angles. Par exemple, les élèves peuvent jouer le rôle de différentes personnes concernées par une question, travailler en équipes pour discuter d'une question ou prendre une décision en se fondant sur leurs propres recherches et valeurs personnelles. On peut demander aux élèves de prendre position et de débattre d'une question ou les placer dans une situation les obligeant à en venir à un consensus. Les élèves ne devraient pas seulement défendre un point de vue qu'ils partagent. On devrait leur demander d'adopter le point de vue de quelqu'un d'autre et de défendre ce point de vue. Peu importe la méthode utilisée, les questions suivantes peuvent orienter les élèves dans le processus de prise de décisions :

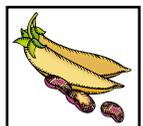
- Quelle est la question?
- Quelles sont les données scientifiques importantes nécessaires pour comprendre cette question? Où puis-je trouver ces renseignements?
- Qui a des intérêts dans cette affaire et pourquoi?
- Quelles sont les options possibles?
- Quel est le pour et le contre de chacune des options éventuelles?
- Quelle est ma décision?
- Quels critères ont mené à la prise de cette décision?

Évaluation

Puisqu'il existe de multiples façons d'aborder une question, divers résultats ou événements culminants peuvent découler du processus de prise de décisions, par exemple, une assemblée locale, une table ronde, une conférence, un débat, une étude de cas, un exposé de principe, un exposé en classe, une discussion en classe, etc. Peu importe le résultat ou l'événement, l'évaluation devrait mettre l'accent sur les compétences précisées dans le regroupement 0, ainsi que sur la compréhension et l'utilisation des concepts scientifiques.

Pour les jeux de rôles, comme les assemblées locales, les tables rondes ou les conférences, les critères d'évaluation devraient porter sur la capacité des élèves à entrer dans la peau de l'intervenant personifié. Ils pourraient comprendre les critères suivants :

- opinions clairement définies;
- présentation de preuves à l'appui des arguments;
- réponses claires aux questions et conformes à l'opinion de l'intervenant;
- exposé clair et organisé;
- opinion de l'intervenant présentée avec précision;
- absence de parti pris personnel.



ANNEXE 21 : Évaluation - Processus de collaboration

Évaluation du travail d'équipe

Évaluer les processus de collaboration à l'aide de l'échelle suivante.

Échelle d'évaluation

4 - Nous avons été systématiquement forts sur ce point.

3 - Nous avons été généralement efficaces sur ce point.

2 - Nous avons été parfois efficaces sur ce point.

1 - Nous n'avons pas été efficaces sur ce point. Nous avons eu des problèmes que nous n'avons pas essayé de résoudre.

Processus de groupe

Note

- Nous avons respecté les visions et les forces individuelles des membres du groupe.
- Nous avons encouragé chaque personne à participer aux discussions de groupe et aux processus de prise de décisions.
- Nous avons remis en question les idées de chacun, sans toutefois faire d'attaque personnelle.
- Nous avons essayé d'explorer un large éventail d'idées et de perspectives avant de prendre des décisions.
- Nous avons fait un partage équitable des tâches et des responsabilités.
- Nous avons réglé avec succès les problèmes liés à l'absence ou au désintérêt des membres.
- Nous avons pris des décisions consensuelles.
- Nous avons fait un usage productif de notre temps.



ANNEXE 22 : Autoévaluation - Habiletés d'écoute

Nom :

Mes habiletés d'écoute	Oui	
J'avais une intention d'écoute qui m'aidait à me concentrer.		
J'étais bien préparé pour la présentation et j'étais au courant du sujet qui allait être présenté.		
Je regardais la personne qui parlait et j'écoutais bien le message.		
Je gardais mes mouvements au minimum.		
Je regardais souvent la personne qui parlait et je réagissais à son message (p. ex., en hochant la tête ou en souriant).		
J'écoutais attentivement le message, même si je n'étais pas d'accord.		
Je prenais des notes et j'écrivais des questions ou des commentaires.		
Je n'ai pas porté jugement sur les idées du locuteur avant d'avoir écouté le message complet.		
J'ai utilisé un langage respectueux lorsque j'ai posé des questions ou j'ai commenté sur les idées présentées.		
J'ai écouté attentivement afin d'identifier les exagérations, les partis pris, les préjugés ou les émotions.		
Je me rappelle les idées clés et les détails importants de la présentation.		
J'ai partagé mes idées et mes opinions sur le sujet.		
J'ai évalué la validité des preuves à l'appui des idées présentées.		



ANNEXE 23 : Lettre au rédacteur en chef

En lisant sur diverses questions dans les journaux ou les revues, tu prends connaissance de différents points de vue. Plus tu es bien informé(e), plus tu peux formuler judicieusement ta propre opinion sur une question donnée. Ton devoir consiste à trouver et à lire deux articles d'actualité sur le thème des tests génétiques; ce doit être des articles publiés au cours des deux dernières années. Essaie de trouver des articles portant sur la réalité canadienne. Si tu le veux, tu peux certainement lire ou parcourir plus que deux articles sur la question pour accroître tes connaissances là-dessus. Après avoir terminé tes lectures, tu dois exprimer ton opinion dans une lettre adressée au rédacteur en chef.

Avant de commencer :

- a) Songe à ce que tu as appris en classe sur la question. Quelles sont tes réponses à certaines des questions soulevées?
- b) En lisant les articles que tu as choisis, souligne les questions auxquelles tu souhaites répondre. Concentre-toi sur les arguments énoncés dans chaque article. Tu auras sans doute avantage à les résumer avant d'essayer de les réfuter ou d'y répondre dans ta lettre.
- c) Lis quelques lettres au rédacteur parues dans divers journaux. Vois ce qui en fait des lettres qui retiennent l'attention (ou non).

Rédaction de la lettre :

- a) Que tes premières phrases soient solides. Tu dois capter l'attention du rédacteur en chef si tu veux que ta lettre soit publiée. Que ton premier paragraphe contienne ton introduction et ton argument principal.
- b) Sois persuasif. Tu essaies de « vendre » ton point de vue à quelqu'un en réagissant au contenu des articles que tu as lus. Dans ta lettre, fais des renvois directs et clairs aux points soulevés dans ces articles.
- c) Énonce tes arguments clairement et avec concision. La plupart des journaux ne réservent pas beaucoup de place aux lettres comme la tienne; plus tu seras bref, plus tu auras de chances que ton texte soit publié. Que ta lettre compte de 200 à 300 mots.
- d) Tu peux recourir aux règles de rhétorique pour faire valoir ton argument. Une question oratoire est posée pour créer un effet, sans que l'on attende une réponse.
- e) Termine ta lettre avec une conclusion forte pour communiquer aux lecteurs ta plus importante pensée.



ANNEXE 24 : Étude de cas - Parfois, tout est dans les gènes*

Partie 1 – « Le test génétique »

« Votre grossesse semble progresser normalement, mais nous ferons quelques tests sanguins pour avoir l'esprit tranquille. Comme nous allons prélever des échantillons de sang sur vous aujourd'hui, Nancy, consentiriez-vous à participer à une des études de génétique menées ici à l'Hôpital des Bonnes-Gens? ». La D^{re} Kwin s'enorgueillissait de mettre ses patients à l'aise, mais sa question a quelque peu surpris Nancy.

« Que comporterait ma participation, D^{re} Kwin? », demanda Nancy. Celle-ci croyait que son médecin ne lui demanderait de rien faire qui ne serait pas valable, mais elle n'a jamais acquiescé à quoi que ce soit tant qu'elle n'a pas eu tous les renseignements voulus.

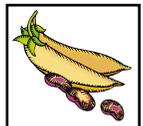
La D^{re} Kwin commença à donner des explications : « Comme vous le savez, l'HBG est un hôpital de recherche et d'enseignement. Une équipe de chercheurs essaie de définir la fréquence du gène de la maladie génétique appelée fibrose kystique dans la population américaine. Or, comme nous prélèverons du sang sur vous aujourd'hui, alors que votre grossesse entre dans son deuxième trimestre... »

Maladie génétique? Fibrose kystique? Ces mots semèrent la peur dans l'esprit de Nancy. Elle interrompit la D^{re} Kwin au milieu de sa phrase : « Vous ne pensez tout de même pas que j'ai cette maladie? La fibrose kystique, c'est grave, n'est-ce pas? Comment aurais-je pu contracter cette maladie? » Les questions fusaient l'une après l'autre.

Percevant l'angoisse dans la voix de Nancy, la D^{re} Kwin s'empressa de la rassurer : « Non, non! Je suis assez sûre que vous n'avez pas la fibrose kystique. Ce n'est pas quelque chose qui s'attrape, c'est une maladie dont on hérite. Si vous aviez la fibrose kystique, on l'aurait diagnostiqué quand vous étiez bambine. Vous n'avez absolument aucune raison de vous inquiéter. Toutefois, permettez-moi de souligner que, si l'idée de participer à cette étude vous met mal à l'aise d'une façon ou d'une autre, il vous suffit de dire Non!. Je ne vous en voudrai pas pour autant. Personne ne vous oblige à participer. »

« Si c'est une maladie héréditaire et que je ne l'ai pas, pourquoi veut-on tout de même me faire subir un test? » La situation n'avait toujours pas de sens aux yeux de Nancy.

« Permettez-moi d'abord de vous expliquer quelques principes de base. La fibrose kystique, ou FK, est une maladie causée par des défauts dans un gène particulier. En fait, comme c'est une affection génétique, il vaut mieux utiliser le mot « trouble » plutôt que « maladie » pour la décrire. Ce dernier mot devrait vraiment servir à désigner les maladies causées par une infection bactérienne ou virale. Toutefois, on emploie les deux mots quand on parle de la FK.



« La raison pour laquelle on a besoin d'inclure dans l'étude des personnes qui n'ont pas la FK est que celle-ci est une affection récessive. Pour souffrir d'une affection récessive telle que la FK, une personne doit avoir deux versions déficientes du gène concerné. Par conséquent, vous pouvez être porteuse d'une version déficiente, mais ne pas avoir la maladie du tout. C'est précisément ce qui a donné lieu à l'étude. Les chercheurs veulent savoir quel pourcentage de la population américaine porte un gène déficient causant la fibrose kystique. C'est ce qu'on appelle la fréquence génique, et ce renseignement peut grandement aider les chercheurs qui s'intéressent à la FK. »

La D^{re} Kwin a poursuivi ses explications : « La FK est une des affections génétiques les plus courantes chez les Américains de descendance européenne. Elle a de nombreux symptômes, mais les pires sont de graves difficultés respiratoires qui entraînent généralement la mort vers l'âge de 30 ans. Un des premiers tests fiables de dépistage des troubles génétiques a été mis au point pour la FK en 1990. Comme la FK est une des premières affections héréditaires que les chercheurs ont réussi à détecter, ces sortes de tests génétiques éclairent la recherche non seulement sur la FK, mais aussi sur d'autres troubles génétiques. »

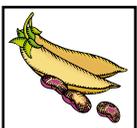
Nancy réfléchit pendant quelques secondes à toute cette marée de renseignements : « Je ne vois pas le mal que cela pourrait faire. Vous m'avez fait subir tellement de tests de toute façon. Un de plus, un de moins... quelle est la différence? »

« Un des membres du personnel vous apportera les formulaires de consentement et vous expliquera la procédure plus en détail. Si vous donnez effectivement votre consentement, votre décision la plus importante consistera à savoir si vous voulez ou non que les résultats vous soient communiqués. Réfléchissez soigneusement à cette question avant de signer le formulaire. »

Tandis que la D^{re} Kwin quittait le bureau, Nancy se posait la question suivante : « *Quels sont les avantages et les inconvénients de connaître les résultats?* »

Questions :

1. Demande-toi pourquoi Nancy pourrait vouloir ou ne pas vouloir connaître les résultats de son épreuve sanguine de dépistage de la FK.
2. La D^{re} Kwin a dit à Nancy qu'elle n'avait « absolument aucune raison de s'inquiéter ». Nancy ne peut pas avoir la FK, mais l'affirmation de la D^{re} Kwin est-elle entièrement correcte?
3. La D^{re} Kwin a-t-elle suffisamment renseigné Nancy sur la fibrose kystique et le test pour que celle-ci puisse prendre une décision éclairée?
4. Nancy doit-elle consentir à subir le test? Explique ton raisonnement.



Partie II – « Communiquer les mauvaises nouvelles »

Nancy avait eu du mal à se concentrer au travail cet après-midi-là, et il lui avait été presque impossible de penser à ce qu'elle faisait pendant qu'elle préparait le souper ce soir-là, avec son mari Jake. Tout à coup, la voix de Jake la fit sortir de sa torpeur : « Nancy, tu t'apprêtes à jeter les carottes et les concombres dans les ordures! » Jake jeta un coup d'œil dans le bol à salade qu'elle avait préparé et il sourit, car c'était une des rares fois où il prenait sa femme en faute : « Et depuis quand est-ce que tu aimes la salade aux pelures de légumes? »

« Chéri, dit-elle, je dois te parler de quelque chose. » La tension dans la voix de Nancy efface vite le sourire de sur le visage de Jake. « Tu te rappelles que j'ai subi un contrôle prénatal il y a quelques semaines et que je t'ai dit que j'avais accepté de participer à une étude génétique? »

« Oui, un test au sujet de la sclérose en plaques ou quelque chose comme ça, n'est-ce pas? »

« Non, au sujet de la fibrose kystique, la FK, de répliquer Nancy. Eh bien! Il s'avère que les résultats ont été positifs. »

« Quoi? Comment cela s'est-il produit? Tu n'as pas l'air malade du tout! »

Devant sa panique, Nancy se calma et expliqua : « Non, non! Bien sûr que je ne suis pas malade. Rappelle-toi! Je t'ai dit qu'il me faisait subir le test pour voir si j'étais porteuse du gène déficient. Ce qui s'est produit, c'est que j'ai hérité d'un de mes parents d'une version déficiente du gène causant la fibrose kystique, ou encore, comme ils disent, d'un mauvais 'allèle'. »

Jake pensa qu'il devrait savoir pourquoi, mais lentement, il demanda : « Si tu n'as pas la FK, qu'est-ce qui t'inquiète tant au point que tu jettes les tranches de concombres dans les ordures? »

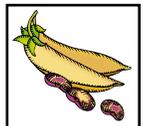
« Eh bien, parce qu'il y a une chance que je puisse transmettre mon allèle déficient causant la FK à notre enfant. Et si tu es porteur et que tu transmets ton mauvais allèle à l'enfant, alors notre fils ou notre fille *aura* la FK. »

« Cette affection est assez grave, n'est-ce pas? »

« Oui, assez grave! »

Essayant d'être optimiste, Jake demanda : « Oui, mais quelles sont les chances que je sois porteur aussi? »

« La D^{re} Kwin dit que, selon les toutes dernières recherches, elles sont de une sur 29 », répondit Nancy sur un ton posé.



La mâchoire de Jake tomba. « Est-ce que je peux subir le test? Quelles sont les chances que tu transmettes le gène de la FK? Quelles sont les chances que je le transmette? Quelles sont les chances que notre bébé contracte la maladie? »

« Oui, tu peux subir le test, et tu le subiras, peu importe que tu aies peur des aiguilles ou non! » Nancy n'autorisa là-dessus aucune contestation. « J'ai parlé longuement avec la D^{re} Kwin aujourd'hui et je comprends assez bien maintenant toute cette histoire de génétique. Alors, baisse le feu de la cuisinière, assieds-toi avec moi et je vais répondre à tes questions. »

« Commençons par le commencement, dit d'abord Nancy. Nous avons tous des dizaines de milliers de gènes différents dans chacune des cellules de notre corps. Ces gènes fournissent les directives sur la façon dont se font toutes les composantes du corps. Il existe deux exemplaires de presque tous les gènes. Ma mère et mon père m'ont chacun transmis un exemplaire du gène qui peut causer la FK. Un des exemplaires, je ne sais pas lequel, était déficient; c'est ce que les scientifiques appellent un allèle « mutant ». Un des allèles que j'ai reçus de mes parents était normal. Comme la FK est une affection dite « récessive », je n'en suis pas atteinte parce que j'ai aussi un exemplaire normal du gène. Il en faut deux exemplaires déficients pour contracter la fibrose kystique. »

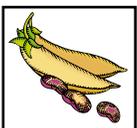
Questions :

Aide Nancy à finir de répondre aux questions de Jake.

1. L'exemplaire normal du gène de la FK peut être désigné par la lettre « F », et l'exemplaire mutant, par la lettre « f ». À l'aide de ces symboles abrégés, écris la constitution génétique de Nancy en ce qui concerne ce gène.
2. Quelles sont les chances que Nancy transmette l'allèle de la FK à son bébé?
3. Quelles sont les chances que Jake transmette l'allèle s'il est porteur?
4. Quelles sont les chances que le bébé contracte la FK s'ils sont tous deux porteurs? Si leur premier enfant a la FK, quelles sont les chances pour ce soit aussi le cas du second? Quelles sont les chances que le bébé hérite de la FK si seulement Nancy est porteuse?

Partie III – « Les décisions deviennent plus difficiles à prendre »

Jake serrait la main de Nancy tandis qu'ils étaient assis, attendant l'arrivée du conseiller en génétique. Quand Jake a appris qu'il était porteur du gène de la FK, la D^{re} Kwin a pris un rendez-vous le lendemain pour le couple auprès du conseiller. Ce qui, à l'origine, avait semblé une démarche utile pour la science s'était tout à coup transformé en un problème qui dépassait les compétences de la D^{re} Kwin. Le seul fait de se trouver dans le bureau d'un spécialiste rendait le couple nerveux.



Ils firent tous deux un petit saut quand la porte s'ouvrit. « Bonjour, je suis le D^r Jon Park. » Le conseiller leur serra la main, tout en continuant à parler. « Je crois comprendre que, d'après les tests, vous êtes tous deux porteurs du gène de la fibrose kystique, mais que vos antécédents familiaux ne révèlent aucune trace de la maladie. »

« Oui, de dire Nancy. C'est là une des questions qui me préoccupent. Comment pouvons-nous être porteurs, sans même que nous *connaissions* qui que ce soit ayant la fibrose kystique? »

« Bonne question, de répondre le D^r Park sur un ton rassurant. À première vue, cela peut paraître inhabituel, mais c'est en fait assez courant dans le cas des affections génétiques récessives. En fait, environ 80 % des enfants nés avec la fibrose kystique appartiennent à des parents dont les antécédents familiaux n'affichent aucune trace de la maladie. »

Le D^r Park fit une pause, puis continua. « Je suis content que vous n'ayez pas peur de poser des questions. Un des aspects de mon travail consiste à répondre à toutes les questions que vous pourriez avoir au sujet des maladies héréditaires et de la FK en particulier. Aujourd'hui, nous devons aussi discuter des options qui s'offrent à vous. »

Jake prit la parole : « Oui, au fait, quelles sont nos options? Je veux savoir si notre bébé aura la fibrose kystique, mais nous ne pouvons pas tout simplement faire un test sanguin, n'est-ce pas? »

« Non, vous avez raison. Nous ne pouvons pas faire de test sanguin. »

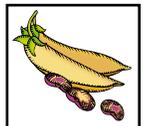
Avant que le D^r Park ait fini de parler, Nancy l'interrompit pour ajouter : « Mais nous pouvons faire un test génétique grâce à l'amniocentèse, n'est-ce pas? » Elle regarda Jake en lui signifiant qu'il aurait dû lire les brochures sur la période prénatale, comme elle lui avait demandé de le faire.

« Oui, Nancy, nous pouvons faire une amniocentèse. » Le D^r Park fournit une explication à l'intention de Jake. « À l'aide des ultrasons qui les guident, les médecins insèrent une petite aiguille dans l'abdomen et l'utérus. Une petite quantité de liquide amniotique entourant le fœtus est prélevée. Des cellules du fœtus ont émigré dans le liquide, et l'on peut isoler l'ADN du bébé grâce à elles et voir si les deux mauvais exemplaires du gène causant la fibrose kystique sont présents. »

« Qu'est-ce que nous attendons? », de dire Jake, angoissé. « Faisons le test! »

« L'amniocentèse risque de causer une fausse couche. Toutefois, ici à l'Hôpital des Bonnes-Gens, cela ne se produit que dans 0,5 % des cas. »

« Zéro virgule cinq pourcent! Cela équivaut à une fois sur 200. » Jake n'était pas stupide, mais il pensait avoir encore quatre mois et demi avant de commencer à s'inquiéter de quoi que ce soit concernant le bébé!



Nancy l'interrompt. « D^r Park, qu'est-ce qui cause la fibrose kystique au juste? Quelle sorte de vie les personnes en étant atteintes ont-elles? »

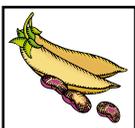
« La fibrose kystique est causée par une mutation du gène appelé CFTR. Un gène CFTR normal transporte les directives pour faire une protéine qui permet au chlorure de quitter les cellules. Quand le chlorure bouge, il entraîne l'eau avec lui, et des sécrétions se forment en dehors des cellules. Quand une personne est atteinte de la fibrose kystique, les deux allèles de leur gène CFTR ont subi une mutation. Les gènes mutants créent des protéines CFTR déficientes; dans certains cas, il n'y a aucune protéine CFTR du tout. L'absence d'une protéine CFTR fonctionnelle fait qu'une quantité insuffisante de chlorure quitte les cellules, de sorte que moins d'eau circule également. La réduction de la quantité d'eau rend les sécrétions plus épaisses que la normale. Ce mucus épais et collant exerce d'habitude ses pires effets sur les poumons et le pancréas.

« Normalement, une mince couche de mucus recouvre les bronchioles et les tubes bronchiques dans nos poumons. Ce mucus arrête la saleté et les germes et circule constamment vers la gorge. Ainsi, il enlève de nos poumons les éléments mauvais. Chez les personnes souffrant de la FK, le mucus plus épais présent dans les poumons ne peut être expulsé aussi facilement. L'accumulation du mucus risque d'obstruer les voies aériennes. Pire encore, il permet aux bactéries de séjourner dans les poumons où elles peuvent causer des infections débilitantes. Bien qu'aujourd'hui nous puissions traiter assez bien la plupart des symptômes de la FK, le stress continu exercé sur les poumons et les multiples infections finissent par avoir raison du malade qui, aujourd'hui encore, meurt dans la trentaine ou avant. »

« Si les tests révèlent que notre fille a la fibrose kystique, quels genres de traitements pouvons-nous lui prodiguer avant la naissance? » Nancy se réjouirait d'avoir un garçon, mais elle souhaitait vraiment avoir une fille.

« Malheureusement, nous ne pouvons rien faire pour l'aider avant la naissance. À l'heure actuelle, nous ne pouvons traiter que les symptômes, et l'enfant n'aura aucun symptôme avant la naissance. » Depuis qu'il exerçait sa profession, le D^r Park détestait être le porteur de mauvaises nouvelles. Toutefois, il pensait que la meilleure démarche consistait à dire la vérité, tout simplement. « Bien sûr, de nouvelles technologies très prometteuses pour traiter la FK font l'objet de recherches, mais même les meilleures d'entre elles n'aideraient en rien avant la naissance du bébé. » Dans son for intérieur, le D^r Park maudissait les technologies qui n'avaient pas encore produit les résultats promis.

Il y eut un long silence. Finalement, Jake décida de savoir ce que sa femme en pensait. « J'aimerais savoir si notre bébé a la FK ou non, mais je m'interroge au sujet du risque. Qu'en penses-tu, chérie? »



Questions :

1. Comment les gènes CFTR mutants causent-ils l'épaississement du mucus chez les personnes atteintes de fibrose kystique?
2. Comment le test de dépistage de la FK fait sur le fœtus aiderait-il Nancy et Jake? Comment aiderait-il le bébé?
3. Quelles sont leurs options s'ils découvrent que leur bébé possède effectivement deux mauvais gènes CFTR?
4. Devraient-ils procéder à l'amniocentèse? Explique comment tu en es venu(e) à cette décision.

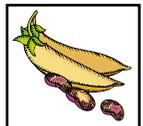
Partie IV – « Nouvel espoir ou faux espoir? »

Tandis que Nancy faisait un poing avec ses mains pour masser le dos de son fils, elle réfléchissait à ce que sa famille avait traversé au cours des sept ans écoulés depuis qu'elle s'était prêtée volontairement au test de dépistage génétique. Joshua était un merveilleux fils adorable. Elle n'échangerait contre rien au monde une seule minute passée avec lui, mais son rôle de mère n'avait pas été du tout ce qu'elle avait envisagé dans ses rêves. Élever un enfant atteint de la FK était difficile, il n'y avait pas de doute là-dessus. Joshua était étendu sur un plan incliné, la tête plus basse que la poitrine. L'angle et le vigoureux martèlement de la poitrine aidaient à déloger le mucus et à l'expulser des poumons. Après la naissance, le premier symptôme de la FK avait été la sueur trop salée du bébé. C'est en fait là le test le plus courant pour diagnostiquer la FK. Pendant les premiers mois de sa vie, Joshua ne mangeait pas bien et il avait souvent la diarrhée. Depuis, une partie de son régime quotidien comprenait des suppléments d'enzymes digestives qui remplaçaient celles que ne pouvait fournir son pancréas déficient. Des vitamines liposolubles l'aidaient à prendre du poids. « *Je n'aurai jamais à acheter des vêtements de très grande taille, se disait Nancy. Mais au moins Joshua figurait maintenant sur les courbes de croissance du pédiatre.* »

Tout comme les médecins l'avaient prédit, c'était les poumons de Joshua qui étaient les plus touchés. Il prenait presque constamment des antibiotiques, d'habitude en respirant une vapeur médicamenteuse produite par un nébuliseur. La vapeur aidait aussi à ouvrir les voies aériennes obstruées par le mucus. Toutefois, les séjours à l'hôpital pour l'administration intraveineuse d'antibiotiques et le nettoyage des poumons étaient fréquents. Jusque-là, Joshua s'était bien débrouillé à l'école, mais Nancy s'inquiétait du nombre de jours où il devait s'absenter. En fait, elle devait aller le chercher tôt à l'école demain pour son rendez-vous chez le pédiatre.

« Eh bien, Joshua, tout semble bien aller. Comment ça va à l'école? Tu as réussi d'autres circuits au kickball? » La D^{re} Julia Bryant possédait une très vaste formation, de sorte qu'elle s'occupait des cas les plus graves en ville, mais en raison de son affabilité, ses petits amis malades aimaient toujours lui rendre visite.

« Oui!, répondit Joshua avec enthousiasme. J'en ai réussi un lundi. Un grand chelem! »



« Formidable! J'aurais aimé voir ça. Veux-tu aller jouer un peu pendant que je parle avec ta maman? »

« Bien sûr, D^{re} Julia. »

Pour une fois, Julia conserva toute sa bonne humeur quand elle se tourna vers Nancy. « Joshua va vraiment bien. Vous et Jake appliquez très bien la thérapie à domicile. »

Julia jeta un coup d'œil du côté de Joshua et vit qu'il commençait à construire un casse-tête. « Vous vous rappelez que je vous avais mise en garde contre la thérapie génique il y a quelques années quand vous m'aviez interrogée à ce sujet? » Nancy fit oui de la tête. « À l'Hôpital des Bonnes-Gens, un essai clinique porte sur une nouvelle thérapie génique contre la fibrose kystique. Les chercheurs ont demandé à notre clinique de fournir des volontaires. Je ne vous demande pas de vous précipiter et de vous inscrire, mais je crois vraiment qu'il est temps d'y songer sérieusement. »

L'expérience avait enseigné à Nancy à ne pas trop verser dans l'optimisme, mais son cœur se mit à battre plus vite malgré tout. « Pourquoi devrions-nous y songer maintenant? »

« Vous vous rappelez, j'en suis sûre, que le premier malade ayant bénéficié d'une thérapie génique a été une fillette de quatre ans, au début des années 1990. Elle souffrait d'une forme héréditaire d'immunodéficiência combinée grave, aussi appelée « syndrome du garçon dans la bulle » (SCID). Parce que le traitement avait été une réussite totale, beaucoup se sont tournés vers la thérapie génique. Malheureusement, après quelques succès initiaux, cette thérapie n'a pas produit les résultats escomptés. »

Nancy se rappelait cela et d'autres détails aussi : « Quelqu'un n'est-il pas mort d'une thérapie génique? »

« Oui, à l'automne 1999, un jeune homme de 18 ans est mort des traitements reçus dans le cadre d'une thérapie génique. Les médecins essayaient de remédier à un déficit enzymatique héréditaire. Ce cas particulier explique pourquoi je pense que nous devons réfléchir soigneusement avant de décider si nous devons ou non porter Joshua volontaire. »

« D'abord, vous me dites que cela n'en vaut pas la peine. Puis, quelqu'un meurt, et vous pensez que c'est une bonne idée? Il y a quelque chose que vous ne me dites pas, Julia? »

« Eh bien, au printemps 2000, on a annoncé que la thérapie génique avait abouti à deux autres réussites. Les deux malades souffraient eux aussi de l'immunodéficiência combinée grave, et non de la FK. Toutefois, leur maladie était causée par une mutation d'un gène autre que celui des premiers malades traités avec succès, ce qui signifiait que la thérapie génique pouvait être appliquée favorablement à d'autres gènes. »



« C'est encourageant, mais en réalité, qu'est-ce qui a tué le jeune homme qui est décédé? Le gène était-il toxique? » Nancy continuait à penser à ce décès.

« Non, le gène n'était pas toxique. La mort n'a aucunement été causée par le gène même, mais par la façon dont il a été introduit dans le système. Comme vous le savez, un gène n'est qu'un morceau d'ADN dans les chromosomes des cellules. Dans le cas d'une maladie héréditaire récessive, l'ADN dans les deux exemplaires du gène, comme le gène CFTR chez Joshua, comporte des erreurs de codification. La thérapie génique vise à réintégrer dans les cellules du malade un exemplaire correct du gène. Ce nouvel exemplaire peut ensuite faire le travail des exemplaires déficients présents dans le corps du malade.

« La difficulté réside dans l'introduction de la bonne ADN dans les cellules du malade pour qu'elles utilisent le gène. La façon la plus étudiée et la plus couramment employée pour ce faire consiste à recourir à un virus. Un des virus employé s'appelle adénovirus; il compte parmi les principales causes du rhume ordinaire. Au cours de son cycle de vie normal, ce virus introduit son ADN dans les cellules humaines et fait en sorte qu'elles utilisent ses gènes. Afin d'employer un adénovirus pour la thérapie génique, les chercheurs enlèvent de l'ADN du virus les gènes qui causent la maladie et les remplacent par le gène humain dont le malade a besoin. Malheureusement, le virus provoque toujours la réaction du système immunitaire du malade, qui essaie de lutter contre l'infection. Dans le cas du jeune homme qui est décédé, les médecins lui ont donné une dose trop forte d'adénovirus. Celui-ci s'est échappé de l'organe visé, c'est-à-dire le foie, et il a infecté les tissus dans tout le corps. Cela a entraîné une réponse immunitaire qui a causé une inflammation dans tout le corps. La température du malade est montée à 104,5 °F (40,3 °C), et celui-ci est entré dans le coma dès le deuxième jour. Ses poumons ont fini par se remplir de liquide, à tel point qu'il a succombé peu de temps après. »

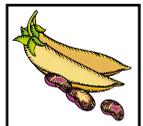
« Pourquoi les médecins lui ont-ils donné une trop grande quantité du virus? »

« Ils n'avaient aucun moyen de savoir que la quantité était excessive. Les travaux antérieurs menés avec des doses plus petites portaient à croire qu'une dose accrue ne serait pas dangereuse. Cependant, ils semblent avoir franchi un seuil critique que personne ne pouvait prévoir. »

« Comment pouvons-nous savoir qu'il n'y aura pas le même genre de seuil inconnu au cours des essais sur la thérapie génique contre la FK? »

« Nous ne le pouvons pas tant que vous et moi n'en saurons pas davantage sur les essais cliniques particuliers menés à l'Hôpital des Bonnes-Gens. Même alors, nous n'aurons sans doute pas de certitude absolue. Les essais cliniques font partie de la recherche, vous savez. »

« Oui, mais si nous pouvions aider Joshua... » La voix de Nancy s'étira pendant un moment.
« En dehors du succès remporté contre l'immunodéficiência combinée grave, qu'est-ce qui vous fait croire que la thérapie génique pourrait fonctionner maintenant? »



« Eh bien, on est en train de mettre au point différentes sortes de virus qui introduisent le gène dans les cellules par différents moyens. De plus, les chercheurs font des expériences avec des liposomes, ou gouttelettes de graisse, pour porter le gène jusqu'aux cellules visées. Cela éliminerait le risque inhérent aux virus. Je sais que ces deux démarches font l'objet d'essais cliniques en ce qui concerne la FK, mais je ne sais pas encore quels essais auront lieu ici, chez nous. » Julia se sentait coupable de ne pas en savoir davantage, mais elle venait tout juste d'entendre parler du programme mené à l'Hôpital des Bonnes-Gens et elle voulait y faire inscrire Joshua dès que possible.

« Des liposomes? On dirait le nom d'une crème pour la peau! »

« C'est un peu dans le même ordre d'idées. C'est simplement un peu plus perfectionné dans le cas de la thérapie génique. » Julia mit un terme à la conversation du jour. « Si vous voulez en savoir davantage, je vais fixer un rendez-vous avec un des directeurs de l'étude pour vous et moi. Nous nous relaierons pour lui poser des questions. »

« Bien sûr que je veux en savoir plus! Ciel! J'en aurai long à discuter avec Jake ce soir! »

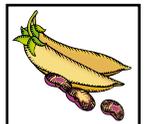
Questions :

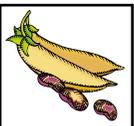
1. Les thérapies qui existent pour traiter la FK ne traitent en fait que les symptômes de l'affection. Toutefois, si la thérapie génique devait fonctionner, on pourrait dire que c'est un remède plutôt qu'un simple traitement des symptômes. Explique pourquoi ce serait le cas.
2. « L'utilisation réussie de la thérapie génique pour vaincre l'immunodéficience combinée grave (SCID) en 2000 sera, on l'espère, un remède permanent pour les malades touchés, car un bon exemplaire du gène déficient a été introduit dans les cellules souches du sang du malade dans la moëlle osseuse (cellules souches hématopoïétiques). Quand les globules blancs entrent dans le système sanguin, ils ont une durée de vie limitée de l'ordre de quelques semaines à quelques mois. Les cellules souches du sang sont celles qui créent d'autres globules blancs pour remplacer ceux qui sont perdus. Si le gène n'était introduit que dans les globules blancs mûrs en circulation, le malade ne serait guéri que jusqu'à ce que ces cellules s'épuisent ou meurent. » La thérapie génique employée actuellement pour lutter contre la FK consiste à introduire un gène CFTR fonctionnel dans les cellules épithéliales mûres des poumons. À la lumière du paragraphe précédent, penses-tu que cette démarche enrayerait la FK « en permanence »? Explique ta réponse.
3. Quel degré de risque serait acceptable pour un malade participant à un essai clinique? En d'autres mots, dans quelles circonstances Nancy devrait-elle se sentir confiante en faisant participer Joshua à un essai clinique d'une thérapie génique?



4. Dans les essais cliniques actuels axés sur une thérapie génique contre la FK, les participants doivent avoir plus de 12 ans. Joshua ne pourrait donc pas y prendre part. Pourquoi impose-t-on une limite d'âge telle que celle-là? Pareille restriction est-elle équitable?
5. Devrait-on faire participer Joshua à un essai clinique axé sur la thérapie génique contre la fibrose kystique?

*Anne GALBRAITH et David R. HOWARD, « Sometimes it is all in the genes », *National Center for Case Study Teaching in Science*, 2002, http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/collection/detail.asp?case_id=235&id=235 (Consulté le 14 juillet 2017). Adaptation autorisée par le NationalCenter for Case Study Teaching in Science.





LES MÉCANISMES DE L'HÉRÉDITÉ



APERÇU DU REGROUPEMENT

Dans ce regroupement, l'élève approfondit sa compréhension des mécanismes de l'hérédité. L'élève étudie les contributions qui ont mené à la compréhension de la structure de l'ADN, étudie le processus de réplication de l'ADN ainsi que la synthèse des protéines et le rôle des mutations sur la variation génétique. L'élève explore aussi des enjeux concernant l'application du génie génétique aux ressources biologiques ainsi que chez les humains.

CONSEILS D'ORDRE GÉNÉRAL

En 9^e année, les élèves se sont familiarisés avec les termes ADN, chromosomes et gène, mais ils n'ont pas étudié la structure de l'ADN. En 12^e année ils approfondissent leurs connaissances pour mieux comprendre le rôle de cette structure dans la synthèse des protéines et les mutations génétiques. En 9^e année, les élèves ont étudié les facteurs pouvant mener à des mutations génétiques, mais n'ont pas étudié comment les mutations se déroulent dans la molécule d'ADN. Les élèves ont aussi étudié des enjeux génétiques en 9^e année, mais en 12^e année, on s'attend que leurs décisions soient mieux informées, autant sur le plan scientifique que sur les répercussions personnelles et sociétales potentielles des applications du génie génétique.



BLOCS D'ENSEIGNEMENT SUGGÉRÉS

Afin de faciliter la présentation des renseignements et des stratégies d'enseignement et d'évaluation, les RAS de ce regroupement ont été disposés en blocs d'enseignement. Il est à souligner que, tout comme le regroupement lui-même, les blocs d'enseignement ne sont que des pistes suggérées pour le déroulement du cours de biologie. L'enseignant peut choisir de structurer son cours et ses leçons en privilégiant une autre approche. Les élèves doivent cependant réussir les RAS prescrits par le Ministère pour la biologie 12^e année.

Outre les RAS propres à ce regroupement, plusieurs RAS transversaux de la biologie 12^e année ont été rattachés aux blocs afin d'illustrer comment ils peuvent être enseignés pendant l'année scolaire.

	Titre du bloc	RAS inclus dans le bloc	Durée suggérée
Bloc A	La découverte de l'ADN	B12-2-01, B12-0-C1, B12-0-C2 B12-0-P1, B12-0-S2, B12-0-R1, B12-0-R2, B12-0-R3, B12-0-R4, B12-0-N1, B12-0-N2	3,5 h
Bloc B	La structure de l'ADN	B12-2-02, B12-2-03, C12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-R4, B12-0-G1	2,5 h
Bloc C	La réplication de l'ADN	B12-2-04, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-G1	2,5 h
Bloc D	La synthèse des protéines	B12-2-05, B12-2-06, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-R4, B12-0-G1	3 h
Bloc E	Les mutations	B12-2-07, B12-2-08, B12-0-C1, B12-0-S3, B12-0-R4	2,5 h
Bloc F	La biotechnologie et les ressources biologiques	B12-2-09, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-P1, B12-0-P2, B12-0-P5, B12-0-S2, B12-0-D1, B12- 0-D2, B12-0-D6, B12-0-R1, B12-0-R2, B12-0-R3, B12-0-R4, B12-0-G1, B12-0-G3	3,5 h
Bloc G	La biotechnologie chez les humains	B12-2-10, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-P2, B12-0-P5, B12-0-D1, B12-0-D2, B12-0-D3, B12- 0-R1, B12-0-R2, B12-0-R3, B12-0-R4, B12-0-N2, B12-0-N3	3,5 h
<i>Récapitulation et objectivation pour le regroupement en entier</i>			1 à 2 h
Nombre d'heures suggéré pour ce regroupement			22 à 23 h



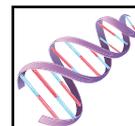
RESSOURCES ÉDUCATIVES POUR L'ENSEIGNANT

Vous trouverez ci-dessous une liste de ressources éducatives qui se prêtent bien à ce regroupement. Il est possible de se procurer la plupart de ces ressources à la Direction des ressources éducatives françaises (DREF) ou de les commander auprès du Centre de ressources d'apprentissage du Manitoba (CRA).

[R] indique une ressource recommandée

LIVRES

- [R] BLAKE, Leesa, *et al. Biologie 12*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2003.
(DREF 570 C518b 12, CMSM 91614)
- [R] BLAKE, Leesa, *et al. Biologie 12 – Guide d'enseignement*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2003. (DREF 570 C518b 12, CMSM 91613)
- [R] CARTER-EDWARDS, Trent, *et al. Biologie 12 STSE*, Montréal, Éd. TC Média Livres Inc., 2014.
(DREF)
- [R] CREASEY, David, *et al. Biologie 12 STSE – Guide d'enseignement*, Éd. TC Média Livres Inc., 2014.
- [R] COLBOURNE, Helen, *et al. Biologie 11-12*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2008.
(DREF 570 C684b, CMSM 97716)
- [R] COLBOURNE, Helen, *et al. Biologie 11-12 – Guide d'enseignement*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2007. (DREF 570 C684b, CMSM 961345)
- [R] DUNLOP, Jenna, *et al. Biologie 11 STSE*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2011.
(DREF 570 C518b 11 2011, CMSM 97395)
- [R] DUNLOP, Jenna, *et al. Biologie 11 STSE – Guide d'enseignement*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2011. (DREF 570 C518b 11 2011, CMSM 97394)
- [R] GALBRAITH, Don, *et al. Biologie 11*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2002.
(DREF 570 C518b 11, CMSM 91612)
- [R] GALBRAITH, Don, *et al. Biologie 11 – Guide d'enseignement*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2003. (DREF 570 C518b 11, CMSM 91611)
- POITRENAUD, Robert. *Les enjeux de la génétique*, Mouans-Sartoux, France, 2002.
(DREF 576.5 P757e)



ROBERT, Odile. *Clonage et OGM : quels risques, quels espoirs?* Paris, Larousse, 2010.
(DREF 660.65 R642c)

REECE, Jane B., et al. *Campbell Biologie – 4^e édition*, Montréal, Éd. ERPI, 2012.
(DREF 570 C189b [3^e édition])

STARR, Ceci, et Ralph TAGGART. *Biologie générale – L'unité et la diversité de la vie*, Montréal, Éd. Groupe Modulo, 2006. (DREF 570 S796b, CMSM 97021)

WALKER, Denise. *Hérédité et évolution*, Montréal, Hurtubise HMH, 2007.
(DREF 599.935 W178h)

WATSON, James D. *La double hélice*, Paris, Éditions Robert Laffont, 1968.

AUTRES IMPRIMÉS

L'Actualité, Éditions Rogers Media, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 20 fois l'an; articles d'actualité canadienne et internationale]

Ça m'intéresse, Prisma Presse, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; beaucoup de contenu STSE; excellentes illustrations]

Découvrir : la revue de la recherche, Association francophone pour le savoir, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE [revue bimestrielle de vulgarisation scientifique; recherches canadiennes]

Pour la science, Éd. Bélin, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE [revue mensuelle; version française de la revue américaine *Scientific American*]

Québec Science, La Revue Québec Science, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 10 fois l'an]

Science et vie junior, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; excellente présentation de divers dossiers scientifiques; explications logiques avec beaucoup de diagrammes]

Science et vie, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles plus techniques]

Sciences et avenir, La Revue Sciences et avenir, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles détaillés]



DISQUES NUMÉRIQUES ET LOGICIELS

COLBOURNE, Helen, *et al.* *Biologie 11-12 – Banque d'évaluation informatisée*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2009. (DREF 570 C684b, CMSM 93447)

SITES WEB

Les 50 ans de l'ADN. <https://ici.radio-canada.ca/actualite/decouverte/reportages/2003/04-2003/03-04-27/adn.html> (consulté le 15 juillet 2017).

L'ADN : <http://www.cea.fr/multimedia/Pages/animations/sante-sciences-du-vivant/ADN.aspx>

[R] *L'ADN.* <http://portail.cea.fr/multimedia/Pages/animations/sante-sciences-du-vivant/ADN.aspx> (consulté le 15 juillet 2017). [animation expliquant la structure de l'ADN et sa réplication]

[R] *L'ADN : la molécule de l'hérédité.* (consulté le 19 janvier 2016). [film de TFO accessible à partir du site Web de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>]

[R] *L'ADN, l'ARN, les protéines...c'est quoi au juste?* <http://www.musee-afrappier.qc.ca/fr/index.php?pageid=3115a&image=3115a-adn> (consulté le 15 juillet 2017). [animation]

L'ARN de transfert : le messenger génétique. (consulté le 19 janvier 2016). [film de TFO accessible à partir du site Web de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>]

L'assurance vie et les tests génétiques. http://ici.radio-canada.ca/actualite/v2/enjeux/niveau2_1286.shtml (consulté le 15 juillet 2017).

Bioéthique. <http://www.unesco.org/new/fr/social-and-human-sciences/themes/bioethics/> (consulté le 15 juillet 2017).

[R] *Clonage d'un gène.* (consulté le 17 février 2016). [animation accessible à partir du site Web de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>]

Clonage humain, les enjeux éthiques. http://ici.radio-canada.ca/actualite/decouverte/dossiers/70_scienceConscience/intro_clonage.html (consulté le 15 juillet 2017).

Clonage : les apprentis sorciers. <http://ici.radio-canada.ca/actualite/enjeux/reportages/2004/040106/clonage.shtml> (consulté le 15 juillet 2017).

[R] *Clonage thérapeutique : comment procéder?* http://www.clonage.u-psud.fr/media/clonage_therapeutique.swf (consulté le 15 juillet 2017). [animation expliquant le processus de clonage thérapeutique]



[R] *De l'ADN à la thérapie génique.* <http://videos.doctissimo.fr/sante/genetique/therapie-genique.html> (consulté le 15 juillet 2017). [vidéo expliquant la thérapie génique]

DNA Interactive. www.dnai.org (consulté le 15 juillet 2017). [site en anglais; présente des animations 3D illustrant la structure de la molécule d'ADN]

La double hélice de Crick et Watson. <http://www2.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/pascal/nya/genetique/notesadn/adn4.htm> (consulté le 15 juillet 2017).

Les dragons. <https://www.espace-sciences.org/multimedia/jeux/les-dragons> (consulté le 15 juillet 2017). [animation permettant d'explorer la transmission des gènes]

[R] *Du chromosome à l'ADN.* <http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0023-2> (consulté le 15 juillet 2017). [animation montrant la structure de l'ADN]

Genetic Science Learning Centre. <http://learn.genetics.utah.edu/> (consulté le 17 juillet 2017). [site en anglais; comprend une section intitulée « Basics and Beyond ». Au moyen de didacticiels et d'animations interactives, le site fournit de l'information sur la structure, la réplication, la transcription et la traduction de l'ADN]

L'hélice de la vie. <https://www.erudit.org/fr/revues/ms/2003-v19-n4-ms517/006504ar/> (consulté le 15 juillet 2017). [texte sur la découverte de l'ADN]

L'hérédité. <http://www2.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/pascal/nya/genetique/indexheredite.htm> (consulté le 15 juillet 2017).

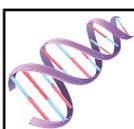
Il était une fois...l'ADN. <http://www.medecine.unige.ch/enseignement/dnaftb/> (consulté le 15 juillet 2017). [site sur la génétique qui va de la génétique mendélienne à la génétique moderne; comprend des explications, des animations, des problèmes et des liens]

[R] *Ligne de mire. La thérapie génique.* <https://www.youtube.com/watch?v=YAW7pjpBrnE#t=133> (consulté le 15 juillet 2017). [vidéo sur la thérapie génique]

Médecine personnalisée : nouveaux enjeux éthiques et sociaux. <http://www.culturesciences.fr/2014/07/11/medecine-personnalisee-nouveaux-enjeux-ethiques-sociaux> (consulté le 17 juillet 2017).

Les mutations génétiques. <http://www.enrichirsonsavoir.com/genetique/> (consulté le 15 juillet 2017). [site web avec vidéos sur la réplication de l'ADN, la transcription, la traduction, ainsi que les mutations génétiques. Comprend aussi des activités et des questionnaires]

La naissance de la biologie moléculaire. <http://www.genoscope.cns.fr/externe/HistoireBM/> (consulté le 15 juillet 2017).



Les nucléotides. <http://www2.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/pascal/nya/genetique/notesadn/adn3.htm> (consulté le 15 juillet 2017).

QUIZ : OGM, y-a-t-il du poisson dans les fraises? http://www.savoirs.essonne.fr/fileadmin/bds/MEDIA/animations/quiz_ogm/Quiz.swf (consulté le 15 juillet 2017).
[quiz sur les OGM]

Réflexion critique sur le clonage. www.aestq.org/sautquantique/activites_2002/res_clonage.pdf (consulté le 18 juin 2015). [activité permettant aux élèves à réfléchir sur un enjeu lié à l'application du génie génétique et de participer à un débat sur la question du clonage]

[R] *La réflexion sur la condamnation d'innocents : l'affaire Guy Paul Morin.* <https://ruor.uottawa.ca/bitstream/10393/8720/1/MQ58438.PDF> (consulté le 15 juillet 2017).

Silence...on clone! http://archives.radio-canada.ca/sante/recherche_medicale/dossiers/693/ (consulté le 17 juillet 2017).

[R] *Synthèse des protéines.* (consulté le 21 janvier 2016). [animation eduMedia accessible à partir du site Web de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>]

La synthèse des protéines. (consulté le 19 janvier 2016). [film de TFO accessible à partir du site Web de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>]

[R] *La synthèse des protéines – la traduction.* <http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0026-2> (consulté le 15 juillet 2017). [animation]

[R] *La synthèse des protéines – la transcription.* <http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0025-2> (consulté le 15 juillet 2017). [animation]

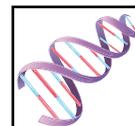
[R] *La thérapie génique.* <http://www.dailymotion.com/video/xhrtyf> (consulté le 15 juillet 2017). [vidéo sur la thérapie génique]

[R] *Traduction.* (consulté le 21 janvier 2016). [animation de eduMedia accessible à partir du site Web de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>]

[R] *Traduction #2.* (consulté le 21 janvier 2016). [animation de eduMedia accessible à partir du site Web de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>]

[R] *Transcription.* (consulté le 21 janvier 2016). [animation de eduMedia accessible à partir du site Web de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>]

[R] *La transcription : de l'ADN à l'ARN.* <http://planet-vie.ens.fr/article/1351/transcription-animation-adn-arn> (consulté le 15 juillet 2017). [animation qui explique le processus de transcription]



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES

L'élève sera apte à :

- B12-2-01** décrire les importantes contributions et percées scientifiques qui ont abouti à la compréhension de la structure et de la fonction de la molécule d'ADN, entre autres la chronologie des événements, les contributions individuelles, la collaboration multidisciplinaire, le milieu compétitif;
RAG : A2, A4, A5, B1, B2
- B12-2-02** décrire la structure d'un nucléotide d'ADN, entre autres le sucre désoxyribose, le groupement phosphate, les bases azotées;
RAG : D1, D3
- B12-2-03** décrire la structure d'une molécule d'ADN, entre autres la double hélice, les nucléotides, l'appariement des bases complémentaires, le gène;
RAG : D1, D3
- B12-2-04** décrire le processus de la réplication de l'ADN, entre autres la matrice, la réplication semi-conservatrice, le rôle des enzymes;
RAG : D1, D3
- B12-2-05** comparer l'ADN et l'ARN en ce qui concerne leur structure, leur rôle et leur emplacement dans la cellule;
RAG : D1, D3
- B12-2-06** souligner les étapes de la synthèse des protéines, entre autres l'ARN messager, le codon, l'acide aminé, la transcription, l'ARN de transfert, l'anticodon, le ribosome, la traduction;
RAG : D1, D3
- B12-2-07** faire le lien entre une mutation génique et les conséquences possibles sur la protéine codée,
par exemple la mutation ponctuelle dans l'anémie falciforme, la mutation par décalage du cadre de lecture dans la beta-thalassémie;
RAG : D1, D3
- B12-2-08** discuter des répercussions de la mutation génique sur la variation génétique, entre autres la source de nouveaux allèles;
RAG : D1, E1, E3



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES (suite)

- B12-2-09** étudier un enjeu lié à l'application de la technologie génétique aux ressources biologiques,
entre autres la compréhension de la technologie et des processus en cause, les répercussions d'ordre économique, diverses perspectives, les répercussions sur les particuliers, la société et le monde entier;
RAG : A3, A5, B1, B2, C4, C5
- B12-2-10** étudier un enjeu concernant l'application de la technologie génétique chez les humains,
entre autres la compréhension de la technologie et des processus en cause, les répercussions d'ordre éthique et légal, diverses perspectives, les répercussions sur les particuliers, la société et le monde entier.
RAG : A3, A5, B1, B2, C4, C5



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX

L'élève sera apte à :

Démonstration de la compréhension

- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1

Perspectives personnelles/réflexion

- B12-0-P1** faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique;
RAG : C2, C5
- B12-0-P2** manifester un intérêt soutenu et éclairé dans la biologie et des enjeux et carrières liés à ce domaine;
RAG : B4
- B12-0-P3** reconnaître l'importance de maintenir la biodiversité et le rôle que peuvent jouer les particuliers à cet égard;
RAG : B5
- B12-0-P4** reconnaître que les humains ont eu un impact et continuent d'avoir un impact sur l'environnement;
RAG : B1, B2
- B12-0-P5** reconnaître que les progrès technologiques peuvent mener à des dilemmes d'ordre éthique qui compliquent la prise de décisions personnelles et sociétales;
RAG : B1, B2



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Étude scientifique

- B12-0-S1** employer des stratégies d'enquête et de résolution de problèmes appropriées pour répondre à une question ou résoudre un problème;
RAG : C2, C3
- B12-0-S2** adopter des habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement;
RAG : B3, B5, C1, C2
- B12-0-S3** enregistrer, organiser et présenter des données au moyen d'un format approprié;
RAG; C2, C5
- B12-0-S4** évaluer la pertinence, la fiabilité et l'exactitude des données et des méthodes de collecte de données,
entre autres des écarts entre les données, les sources d'erreur;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-S5** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;
RAG : C2, C4, C5, C8

Prise de décisions

- B12-0-D1** identifier et explorer un enjeu courant,
par exemple clarifier ce qu'est l'enjeu, identifier différents points de vue ou intervenants, faire une recherche sur l'information/les données existantes;
RAG : C4, C8
- B12-0-D2** évaluer les implications d'options possibles ou de positions possibles reliées à un enjeu,
par exemple les conséquences positives et négatives d'une décision, les forces et faiblesses d'une position, les dilemmes moraux;
RAG : B1, C4, C5, C6, C7
- B12-0-D3** reconnaître que les décisions peuvent refléter certaines valeurs, et tenir compte de ses propres valeurs et de celles des autres en prenant une décision;
RAG : C4, C5
- B12-0-D4** recommander une option ou identifier sa position en justifiant cette décision;
RAG : C4



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

- B12-0-D5** recommander une ligne de conduite reliée à un enjeu;
RAG : C4, C5, C8
- B12-0-D6** évaluer le processus utilisé par soi-même ou d'autres pour parvenir à une décision;
RAG : C4, C5

Recherche et communication

- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements, *par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence, l'objectivité, les préjugés;*
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R3** citer ou noter des références bibliographiques selon les pratiques acceptées;
RAG : C2, C6
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6

Travail en groupe

- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G2** susciter et clarifier des questions, des idées et des points de vue divers lors d'une discussion, et y réagir;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G3** évaluer les processus individuels et collectifs employés;
RAG : C2, C4, C7



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Nature de la science

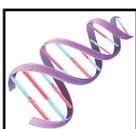
- B12-0-N1** décrire le rôle des données dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles données sont présentées;
RAG : A2
- B12-0-N2** reconnaître que de nombreux facteurs influent sur l'élaboration et l'acceptation de preuves scientifiques, de théories ou de technologies,
par exemple le contexte culturel et historique, la politique, l'économie, la personnalité;
RAG : A2, B2
- B12-0-N3** reconnaître à la fois le pouvoir et les limites de la science comme moyen de répondre aux questions sur le monde et d'expliquer des phénomènes naturels.
RAG : A1



Bloc A : La découverte de l'ADN

L'élève sera apte à :

- B12-2-01** décrire les principes de l'hérédité de Mendel en soulignant leur importance dans la compréhension de l'hérédité, entre autres, les principes de ségrégation, de dominance et d'assortiment indépendant;
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie, *par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;*
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie, *par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;*
RAG : D1
- B12-0-P1** évaluer la pertinence, la fiabilité et l'exactitude des données et des méthodes de collecte de données, entre autres des écarts entre les données, les sources d'erreur;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-S2** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** décrire le rôle des preuves dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles preuves sont présentées;
RAG : A2
- B12-0-R3** citer ou noter des références bibliographiques selon les pratiques acceptées;
RAG : C2, C6



- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-N1** décrire le rôle des données dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles données sont présentées;
RAG : A2
- B12-0-N2** reconnaître que de nombreux facteurs influent sur l'élaboration et l'acceptation de preuves scientifiques, de théories ou de technologies,
par exemple le contexte culturel et historique, la politique, l'économie, la personnalité.
RAG : A2, B2

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Poser la question suivante aux élèves :

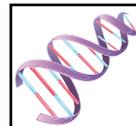
- *On voit souvent des diagrammes et modèles de l'ADN dans les médias électroniques et imprimés. Selon vous, comment les chercheurs ont-ils fait pour déterminer la structure de l'ADN?*

Le cheminement historique ayant mené à la connaissance de la structure et de la fonction de l'ADN représente un excellent exemple du fonctionnement de la science. Le défi des enseignants consiste à communiquer aux élèves l'enthousiasme que soulèvent les percées scientifiques et à les aider à comprendre la nature de la science.

En quête

Recherche - la molécule de l'ADN (R1, R2, R3, R4, N1, N2)

Assigner à chaque élève ou groupe d'élèves un chercheur ou une équipe de chercheurs qui ont contribué à notre compréhension de la structure et de la fonction de la molécule d'ADN. Amener les élèves à préparer une présentation démontrant la contribution du scientifique ou de l'équipe de scientifiques qu'ils doivent étudier. Cette présentation peut prendre des formes variées et les élèves devraient avoir la liberté de choisir la forme qu'ils préfèrent pour partager leur compréhension. Par exemple, ils pourraient faire une saynète, une présentation multimédia, une présentation orale ou une représentation visuelle.



Élaborer des critères d'évaluation de concert avec les élèves (voir @ l'annexe 3 du regroupement 1). S'assurer que les aspects du contenu et de la présentation sont inclus dans ces critères, comme les suivants :

- date des travaux ou de la publication;
- principale découverte du scientifique ou de l'équipe de scientifiques;
- données biographiques (p. ex., endroit où se sont déroulées les recherches, antécédents du chercheur);
- emploi d'une terminologie appropriée.

 **Stratégie d'évaluation suggérée :**
Évaluer le projet de recherche et la présentation en regard des critères établis avec les élèves.

Schéma conceptuel - la découverte de l'ADN (C1)

Proposer aux élèves de créer un schéma conceptuel séquentiel (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.14 et 11.15) résumant l'information sur la découverte de l'ADN (voir *Biologie 12*, p. 218-227, *Biologie 12 STSE*, p. 204-211, ou *Biologie 11-12*, p. 624-628). Leur indiquer que l'organigramme devrait démontrer que les idées et techniques élaborées par les chercheurs des époques antérieures ont servi de tremplin et d'outils pour l'avancement de nos connaissances sur l'ADN.

 **Stratégie d'évaluation suggérée :**
Évaluer la compréhension de l'élève des principales contributions et percées scientifiques qui ont abouti à la compréhension de la structure et de la fonction de la molécule d'ADN. Les schémas conceptuels peuvent aussi être évalués par les pairs.

- Friedrich Miescher : isole les acides nucléiques du noyau de leucocytes (globules blancs).
- Phoebus Levene : démontre que l'ADN et l'ARN sont des acides nucléiques distincts mais composés de longues chaînes de nucléotides.
- Walter Sutton et Theodor Boveri : émettent l'hypothèse selon laquelle le matériel génétique de la cellule serait porté par les chromosomes (théorie chromosomique de l'hérédité).
- T. H. Morgan et coll. : démontrent que les gènes sont dispersés en séries linéaires sur les chromosomes.
- Fred Griffith : par ses expériences, découvre que le matériel génétique est probablement formé d'ADN.
- Oswald Avery et coll. : leurs expériences semblent aussi indiquer que l'ADN est probablement ce qui forme le matériel génétique.
- Alfred Hershey et Martha Chase : démontrent clairement que l'ADN est bien le support du matériel génétique de la cellule.
- Edwin Chargaff : le nombre de bases d'adénine égale toujours le nombre de bases de thymine, et le nombre de cytosines égale toujours le nombre de guanines.
- Rosalind Franklin et Maurice Wilkins : découvrent la structure hélicoïdale de l'ADN au moyen de la cristallographie par diffraction des rayons X.
- James Watson et Francis Crick : proposent le modèle de la double hélice de la structure de l'ADN.



Activité de laboratoire – l'extraction de l'ADN (P1, S2)

On peut facilement trouver des expériences de laboratoire permettant d'extraire l'ADN en consultant des manuels scolaires, des guides de laboratoire et Internet (voir *Biologie 11*, p. 192-193, *Biologie 11-12*, p. 623, ou *Biologie 12 STSE*, p. 230-231). Ce sont des techniques relativement simples d'exécution, qui utilisent des matières peu coûteuses (p. ex., savon à vaisselle, NaCl, éthanol et tissus végétaux ou animaux) et des fournitures simples (p. ex., béchers, éprouvettes, pilon et mortier).

La technique d'extraction utilisée ressemble en fait à celle que Friedrich Miescher a mise au point en 1869, mais de nos jours, les élèves ont accès à des méthodes de réfrigération modernes permettant de garder la glace et l'éthanol au froid. L'ADN extrait forme de longues chaînes que l'on peut enrouler autour d'une tige de verre ou d'une baguette. Cependant, il est impossible de voir la structure en double hélice à l'œil nu.

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer les habiletés de laboratoire des élèves à l'aide des  annexes 5 et 6 du regroupement 1.

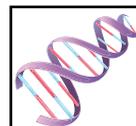
En fin

Réflexion sur la nature de la science (C2, N1, N2)

Inviter les élèves à répondre à la question suivante dans leur carnet scientifique :

- *Les historiens discutent de la mesure dans laquelle certains personnages clés ont contribué à changer le cours de l'histoire. Pensez vous que les chercheurs ou équipes de chercheurs que vous avez étudiés dans cette section ont fait avancer nos connaissances? Expliquez votre réponse.*

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer la compréhension des élèves concernant la nature de la science.



Bloc B : La structure de l'ADN

L'élève sera apte à :

- B12-2-02** décrire la structure d'un nucléotide d'ADN, entre autres le sucre désoxyribose, le groupement phosphate, les bases azotées;
RAG : D1, D3
- B12-2-03** décrire la structure d'une molécule d'ADN, entre autres la double hélice, les nucléotides, l'appariement des bases complémentaires, le gène;
RAG : D1, D3
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie, *par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;*
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie, *par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;*
RAG : D1
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe.
RAG : C2, C4, C7

Les élèves ont vu les termes ADN, chromosomes et gènes en 9^e année. Ils n'ont pas étudié la structure de l'ADN à l'école, mais ils peuvent en avoir appris sur le sujet dans les médias.

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Remue-méninges

Écrire les lettres ADN au tableau ou sur une grande feuille de papier. Demander aux élèves ce qui leur vient à l'esprit quand ils voient ces lettres. Inviter les élèves à exprimer à voix haute leurs réponses. Accepter toutes les réponses et les inscrire sur le tableau ou la feuille de papier, en les regroupant par catégories.



Exemples :

- nucléotide, ACGT (adénine, cytosine, guanine, thymine), double hélice = structure
- identification par le code génétique, émissions de télé sur des enquêtes criminelles = usage médico-légal
- aliments génétiquement modifiés, OGM, ADN recombinant = technologie génétique

En quête

Enseignement direct - la structure de l'ADN (C1)

Utiliser des diagrammes, vidéos, modèles et animations sur ordinateur pour illustrer et décrire la structure des nucléotides et de l'ADN (voir *Biologie 11*, p. 187-189, *Biologie 12*, p. 225-227, *Biologie 12 STSE*, p. 213, ou *Biologie 11-12*, p. 626-628). Discuter avec les élèves de la structure des nucléotides, composés d'un sucre à 5 carbones (désoxyribose), d'un groupement phosphate et d'une base azotée. Comme il existe quatre bases azotées différentes (adénine, guanine, thymine et cytosine), il y a quatre nucléotides possibles.

L'utilisation de la technique de prise de notes 10 + 2 peut aider les élèves à développer leur compréhension. L'enseignant présente de l'information pour dix minutes et l'élève résume l'information ou discute l'information avec un partenaire pour 2 minutes (Keeley, 2008, p. 188-189). Circuler et écouter les conversations des élèves pour déterminer leur niveau de compréhension.

Vidéo :

- L'ADN : la molécule de l'hérédité. [film de TFO accessible à partir du site Web de la DREF
<https://dref.mb.ca/>

Animations :

- L'ADN. <http://www.cea.fr/multimedia/Pages/animations/sante-sciences-du-vivant/ADN.aspx>
- Du chromosome à l'ADN. <http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0023-2>

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Demander aux élèves de préparer un cadre de concept ou un cadre sommaire de concept des éléments suivants : nucléotide d'ADN et molécule d'ADN (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.23-11.26, p. 11.36, p. 11.37).

Une molécule d'ADN est formée d'éléments appelés nucléotides. Chaque nucléotide d'ADN se compose d'un sucre à 5 carbones (désoxyribose), d'un groupement phosphate et d'une des quatre bases azotées possibles (adénine, thymine, guanine, cytosine). Les nucléotides sont reliés entre eux pour former des chaînes qui peuvent varier en longueur et dans la séquence des bases azotées. C'est la séquence des bases azotées qui contient le code génétique de l'ADN.

Activité - l'élaboration d'un modèle de l'ADN (C2, G1)

Il est assez facile de trouver des activités simples à exécuter pour l'élaboration du modèle de l'ADN dans des manuels, des guides de laboratoire et sur Internet (voir *Biologie 12 STSE*, p. 213, *Biologie 12*, p. 238-239, *Biologie 11-12*, p. 634, ou *Biologie 11 STSE*, p. 168).



Demander aux élèves de construire des modèles d'ADN en utilisant, par exemple, le matériel suivant : papier pour découper des nucléotides, glaise, trombones, billes, cure-pipes, etc.

Stratégie d'évaluation suggérée : Évaluer les modèles des élèves; vérifier si les bases sont bien jumelées. S'assurer de pouvoir détacher facilement les paires de bases car les modèles pourront servir ultérieurement à simuler la réplication de l'ADN et la transcription en ARN.

En fin

Analogie (C2, R4)

En examinant la structure de la molécule d'ADN, utiliser l'analogie d'une échelle en spirale. Les montants de l'échelle correspondent au « squelette » de la molécule, formé de sucres et de phosphates, tandis que les barreaux de l'échelle représentent les paires de bases azotées. Les montants d'une échelle sont solides et confèrent une stabilité à la structure. Dans l'ADN, ces « montants » sont retenus solidement ensemble grâce à des liaisons covalentes, tandis que chaque « barreau » est lié à l'autre par une liaison hydrogène (ou pont hydrogène) plus faible. Tout comme l'échelle, l'ADN comporte deux moitiés complémentaires.

Pour que l'échelle puisse supporter le poids d'un grimpeur, les barreaux de l'échelle doivent tous être de la même longueur. C'est pourquoi la thymine ne peut se lier qu'à l'adénine, et la cytosine ne s'associe qu'à la guanine. Si un lien se formait entre la cytosine et la thymine, le barreau serait trop court. Et l'appariement de guanine avec l'adénine donnerait un barreau trop long. La double hélice de la molécule d'ADN est le résultat de l'enroulement de l'échelle en tire-bouchon (spirale).

Stratégie d'évaluation suggérée : Demander aux élèves de réagir à l'énoncé suivant dans leur journal de sciences :

Les analogies peuvent aider à apprendre de nouveaux concepts, mais elles ne sont pas des représentations parfaites de ces concepts. Discuter des forces et des faiblesses de l'analogie de l'échelle pour la description de la structure de l'ADN.

Évaluer l'exactitude et la logique des réponses des élèves. Voici des exemples de points forts et faibles de l'analogie :

Points forts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> • La forme en double hélice est bien représentée. • L'emplacement de squelette sucre-phosphate est exact. • L'emplacement des nucléotides est exact. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les nucléotides distincts (A, T, C, et G) ne sont pas représentés • L'analogie ne montre pas les molécules distinctes de sucre et de phosphate. • Les paires de bases (A-T, C-G) ne sont pas représentées.



Bloc C : La réplication de l'ADN

L'élève sera apte à :

- B12-2-04** décrire le processus de la réplication de l'ADN
entre autres la matrice, la réplication semi-conservatrice, le rôle des enzymes;
RAG : D1, D3
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une
compréhension de concepts en biologie,
*par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des
schémas conceptuels;*
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
*par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à
une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités,
appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer
des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;*
RAG : D1
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les
objectifs d'un groupe.
RAG : C2, C4, C7

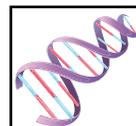
Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Question d'introduction

Poser la question suivante aux élèves, les inviter à en discuter et à noter leurs réponses dans leur carnet scientifique :

- *Quand Watson et Crick ont élaboré leur modèle de la structure de l'ADN, ils ont immédiatement reconnu que la nature complémentaire des deux branches de l'hélice pouvait fournir un mécanisme permettant la réplication exacte de l'ADN. D'après ce que vous savez de la structure de l'ADN, pouvez-vous proposer un mécanisme permettant de copier exactement l'ADN?*



En quête

Enseignement direct – la réplication de l'ADN (C1)

Utiliser des diagrammes, des vidéos, des modèles ou des animations informatiques pour illustrer et décrire la réplication semi-conservatrice de l'ADN (voir *Biologie 11*, p. 199-201, *Biologie 12*, p. 232-239, *Biologie 11-12*, p. 630-633, ou *Biologie 12 STSE*, p. 219-227. Discuter de l'exactitude du processus de réplication (ou copie) en soulignant le fait qu'un côté de la molécule agit comme modèle pour la formation de l'autre. Ce processus est dit semi-conservateur parce que chaque nouvelle molécule d'ADN formée porte la moitié de la molécule originale.

Décrire le rôle joué par les enzymes dans le processus de réplication. Les brins d'ADN se séparent sous l'action d'un enzyme, et les bases se dissocient. Un deuxième enzyme reconnaît les bases désappariées et les associe à des nucléotides complémentaires libres. L'enzyme lie ensuite les sucres et les phosphates ensemble pour former le squelette du nouveau brin. D'autres enzymes « vérifient » les nouveaux brins pour s'assurer qu'il n'y a pas d'erreur et les corrigent au besoin.

Insister sur le fait que les deux nouvelles molécules d'ADN formées par réplication doivent être identiques à la molécule originale, et que c'est l'exactitude du processus de réplication qui maintient l'intégrité du code génétique d'une génération de cellules à la suivante, d'un parent à ses enfants.

La réplication de l'ADN est assez rapide, jusqu'à 4 000 nucléotides pouvant être « copiés » par seconde, ce qui explique pourquoi des bactéries peuvent se reproduire en vingt minutes, dans des conditions idéales.

Animation :

- L'ADN. <http://www.cea.fr/multimedia/Pages/animations/sante-sciences-du-vivant/ADN.aspx>

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à compléter un cadre sommaire de concept (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.23-11.25).

Simulation – la réplication de l'ADN (C2, G1)

Inviter les élèves à simuler le processus de réplication de l'ADN à l'aide des modèles d'ADN construits précédemment (voir *Biologie 12*, p. 238-239, *Biologie 11-12*, p. 634, ou *Biologie 12 STSE*, p. 225). Préciser qu'ils devraient obtenir deux nouveaux modèles d'ADN, chacun renfermant un brin de l'ADN original et un nouveau brin.

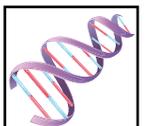
📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Proposer aux élèves de présenter le processus de réplication à l'aide de leur modèle. Cette présentation peut être faite à l'enseignant ou à d'autres groupes d'élèves. Évaluer la logique et l'exactitude de l'explication.



En fin

Amener les élèves à répondre aux questions ci-dessous dans leur carnet scientifique :

- *En quoi la structure de l'ADN favorise-t-elle la réplication?*
- *Pourquoi est-ce si important que les cellules formées par réplication soient parfaitement identiques à la cellule originale?*



Bloc D : La synthèse des protéines

L'élève sera apte à :

- B12-2-05** comparer l'ADN et l'ARN en ce qui concerne leur structure, leur rôle et leur emplacement dans la cellule;
RAG : D1, D3
- B12-2-06** souligner les étapes de la synthèse des protéines,
entre autres l'ARN messager, le codon, l'acide aminé, la transcription, l'ARN de transfert, l'anticodon, le ribosome, la traduction;
RAG : D1, D3
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe.
RAG : C2, C4, C7



Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Placer les élèves en petits groupes. Demander aux élèves de se rappeler de l'emplacement et de la fonction des parties suivantes de la cellule : noyau, membrane nucléaire, cytoplasme, ribosomes.

Poser la question suivante aux élèves :

- *Si le code génétique des protéines est contenu dans l'ADN du noyau de la cellule et si les ribosomes servant à la synthèse des protéines sont situés dans le cytoplasme, comment les protéines peuvent-elles être formées?*

En 8^e année, les élèves ont appris les principales structures des cellules végétales et animales, et leurs fonctions. Le rôle des protéines dans l'organisme est discuté en Biologie, 11^e année.

En quête

Enseignement direct – la synthèse des protéines (C1)

Utiliser des diagrammes, des vidéos, des modèles ou des animations informatiques pour illustrer et décrire les processus régissant la transcription et la traduction de l'information génétique (voir *Biologie 12 STSE*, p. 251-261, *Biologie 11-12*, p. 636-642, ou *Biologie 12*, p. 252-271).

En général, les élèves peuvent comprendre les processus de réplication et de transcription de l'ADN, mais le concept de traduction peut être difficile à saisir. Employer une variété de stratégies d'enseignement pour les aider à mieux comprendre en quoi consiste la synthèse des protéines.

Animations :

- L'ADN, l'ARN, les protéines...c'est quoi au juste?
<http://www.musee-afrappier.qc.ca/fr/index.php?pageid=3115a&image=3115a-adn>
- La synthèse des protéines – la transcription.
<http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0025-2>
- La synthèse des protéines – la traduction.
<http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0026-2>
- La transcription : de l'ADN à l'ARN.
<http://planet-vie.ens.fr/article/1351/transcription-animation-adn-arn>
- Synthèse des protéines. (animation eduMedia accessible à partir du site de la DREF,
<http://www.dref.mb.ca>)
- Transcription. (animation eduMedia accessible à partir du site de la DREF,
<http://www.dref.mb.ca>)
- Traduction. (animation eduMedia accessible à partir du site de la DREF,
<http://www.dref.mb.ca>)
- Traduction #2. (animation eduMedia accessible à partir du site de la DREF,
<http://www.dref.mb.ca>)



- 📌 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à utiliser les renseignements reçus à l'étape de l'enseignement direct ou dans des documents pour créer un schéma conceptuel (organigramme) afin d'illustrer le processus de la synthèse des protéines. Préciser que ce schéma conceptuel peut servir pour l'évaluation formative afin de déterminer le niveau de compréhension des élèves. Au besoin, réviser ou réexpliquer la matière.

Cadre de comparaison (C2)

Inviter les élèves à préparer un cadre de comparaison faisant la distinction entre l'ADN et l'ARN, ou entre la transcription et la traduction (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.15-10.17).

- 📌 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Revoir les cadres afin de vérifier la compréhension des élèves, et, au besoin, réviser la matière ou la revoir en profondeur.

Simulation - la transcription de l'ARN (C2, G1)

Inviter les élèves à simuler le processus de transcription d'un brin d'ARNm à l'aide des modèles d'ADN construits précédemment (voir *Biologie 12 STSE*, p. 254, *Biologie 12*, p. 266-267, ou *Biologie 11-12*, p. 641).

- 📌 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Proposer aux élèves de présenter le processus de transcription à l'aide de leur modèle. Cette présentation peut être faite à l'enseignant ou à d'autres groupes d'élèves. Évaluer la logique et l'exactitude de l'explication.

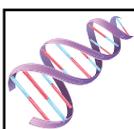
L'ARN diffère de l'ADN sous les aspects suivants :

- l'ARN renferme la base azotée uracile au lieu de la thymine;
- l'ARN contient un ribose au lieu d'un désoxyribose;
- l'ARN est à simple brin;
- l'ARN transporte l'information génétique à partir de l'ADN du noyau jusqu'aux ribosomes dans le cytoplasme;
- l'ARN se présente sous trois formes : ARN messager (ARNm), ARN de transfert (ARNt), et ARN ribosomique (ARNr), qui participent toutes à la traduction de l'information génétique en une séquence d'acides aminés formant les protéines.

Activité - la traduction du code génétique (C2)

Proposer aux élèves de compléter le tableau suivant à l'aide du code génétique de l'ARNm.

complément d'ADN	modèle d'ADN	codon d'ARNm	anticodon d'ARNt	Acide aminé
			GCC	
GTA				
		AAC		
				tryptophane
	AGC			



📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer les réponses des élèves (voir le tableau ci-dessous) pour déterminer leur niveau de compréhension et, au besoin, réviser la matière ou la revoir en profondeur.

complément d'ADN	modèle d'ADN	codon d'ARNm	anticodon d'ARNt	Acide aminé
CGC	GCG	CGC	GCG	arginine
GTA	CAT	GUA	CAU	valine
AAC	TIG	AAC	UUG	asparagine
TGG	ACC	UGG	ACC	tryptophane
TCG	AGC	UCG	AGC	sérine

En fin

Analogie (C2, R4)

Avec l'aide de quelques élèves, simuler une chaîne de montage pour la fabrication d'un « machin » quelconque, et faire le lien avec le processus de transcription et de traduction de l'ADN.

- Le grand patron (ADN) a les plans pour ce « machin ».
- Le superviseur (ARNm) fait une copie du plan et apporte la copie à la chaîne de montage dans l'atelier.
- Les coureurs (ARNt) apportent le matériel nécessaire (acides aminés) de l'entrepôt à la chaîne de montage.
- Les monteurs (ribosomes) attachent les pièces les unes aux autres pour former le « machin » (protéines).

Inviter les élèves à discuter des forces et des faiblesses de l'analogie pour décrire la synthèse des protéines.



Bloc E : Les mutations

L'élève sera apte à :

B12-2-07 faire le lien entre une mutation génique et les conséquences possibles sur la protéine codée,

par exemple la mutation ponctuelle dans l'anémie falciforme, la mutation par décalage du cadre de lecture dans la beta-thalassémie;

RAG : D1, D3

B12-2-08 discuter des répercussions de la mutation génique sur la variation génétique, entre autres la source de nouveaux allèles;

RAG : D1, E1, E3

B12-0-C1 utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,

par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;

RAG : D1

B12-0-S3 enregistrer, organiser et présenter des données au moyen d'un format approprié;

RAG; C2, C5

B12-0-S5 analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;

RAG : C2, C4, C5, C8

B12-0-R4 communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte.

RAG : C5, C6

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Poser les questions suivantes aux élèves :

- *Qu'est-ce qui vous vient à l'esprit quand vous entendez le mot « mutation ».*
- *Une mutation pourrait-elle avoir un effet positif? Pourquoi ou pourquoi pas?*

En 9^e année, les élèves ont étudié et décrit les facteurs environnementaux et les choix personnels pouvant mener à des mutations génétiques. Voir ☺ l'annexe 1 pour des renseignements pour l'enseignant sur les mutations.



Accepter toutes les réponses. Noter que la plupart, quand ce n'est pas la totalité, des réponses ont une connotation négative.

En quête

Examiner des cellules sanguines – travail au microscope (S3, R4)

Proposer aux élèves d'examiner des lames préparées de globules rouges normaux et de globules rouges avec anémie falciforme. Les inviter à dessiner les globules rouges.

Stratégies d'évaluation suggérées :

Voir ① l'annexe 2 pour évaluer les dessins biologiques et ② l'annexe 3 pour évaluer le travail au microscope. ③ L'annexe 4 présente une approche pour la création de diagrammes biologiques.

Être conscient de la possibilité qu'un élève de la classe soit atteint d'une condition comme l'anémie falciforme (drépanocytose) ou la thalassémie, ou qu'il ait un membre de sa famille, un voisin ou un ami dans cette situation.

Rappeler aux élèves que seules les mutations se produisant dans les cellules sexuelles (gamètes) peuvent être transmises à la génération suivante. Les mutations dans des cellules somatiques ne peuvent pas être transmises aux descendants.

Qu'est-il arrivé à l'acide aminé? (C1, S5)

Fournir aux élèves la séquence suivante de 15 nucléotides d'un modèle d'ADN :

TAC GCA TGG AAT TAT

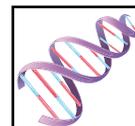
Inviter les élèves à :

- 1) déterminer les codons d'ARNm pour l'ADN (AUG CGU ACC UUA AUA);
- 2) déterminer la séquence des acides aminés (*MET-ARG-THR-LEU-ISO*).

Ensuite, proposer aux élèves de :

- 1) changer un nucléotide à la fois de l'ADN, au hasard (c.-à-d. simuler une mutation ponctuelle);
- 2) déterminer son effet sur la séquence de l'acide aminé.

Comparer les séquences d'acides aminés résultantes de tous les élèves. Noter que ce ne sont pas toutes les mutations ponctuelles qui entraînent des modifications de séquence des acides aminés; ce sont des mutations neutres, qui sont dues aux redondances dans le code, c'est-à-dire qu'un seul acide aminé peut être codé par plusieurs codons. Par exemple, quatre codons différents peuvent porter le code de la glycine.



Demander aux élèves :

- 1) d'ajouter ou d'enlever un nucléotide d'ADN à la séquence d'ADN originale, au hasard (c.-à-d. simuler une mutation par décalage du cadre de lecture);
- 2) de déterminer l'effet de cette modification sur la séquence d'acides aminés.

Comparer toutes les séquences d'acides aminés résultantes de la classe. Noter le changement important survenu dans la séquence des acides aminés causée par l'insertion ou la suppression d'un nucléotide. Cette modification peut entraîner des conséquences désastreuses sur la fonction de la protéine et pour l'organisme touché.

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à répondre aux questions suivantes dans leur carnet scientifique :

- Décrivez la différence entre une mutation ponctuelle et une mutation par décalage du cadre de lecture.
- Laquelle risque d'avoir le plus d'impact sur l'organisme?

Évaluer l'exactitude et la logique des réponses des élèves.

Enseignement direct - les mutations (C1)

Utiliser des diagrammes, des vidéos, des modèles ou des animations informatiques pour illustrer et décrire les mutations génétiques.

Utiliser les exemples de l'anémie falciforme et de la thalassémie pour démontrer comment des modifications se produisant au hasard dans les nucléotides de l'ADN aboutissent souvent à des protéines altérées qui fonctionnent moins bien (voir ¶ l'annexe 5, *Biologie 12*, p. 286-288, *Biologie 12 STSE*, p. 262-263, ou *Biologie 11-12*, p. 643-647 pour des informations sur les mutations ponctuelles et les mutations par décalage du cadre de lecture). Au cours de la discussion, souligner comment les individus hétérozygotes pour une maladie ou l'autre ont un avantage sur les individus homozygotes qui possèdent des gènes dominants et récessifs dans leur résistance à la malaria (avantage hétérozygote).

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à consolider leur compréhension des termes suivants au moyen du procédé tripartite : mutation ponctuelle, mutation par décalage du cadre de lecture et avantage hétérozygote (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.9 et 10.10).

En fin

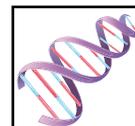
Inviter les élèves à revoir leurs réponses aux questions de la section « En tête ». Est-ce que leurs idées sur la mutation ont changé? Pourquoi ou pourquoi pas?



Bloc F : La biotechnologie et les ressources biologiques

L'élève sera apte à :

- B12-2-09** étudier un enjeu lié à l'application de la technologie génétique aux ressources biologiques, entre autres la compréhension de la technologie et des processus en cause, les répercussions d'ordre économique, diverses perspectives, les répercussions sur les particuliers, la société et le monde entier;
RAG : A3, A5, B1, B2, C4, C5
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-P2** manifester un intérêt soutenu et éclairé à l'égard de la biologie et des questions et carrières liées à ce domaine;
RAG : B4
- B12-0-P5** reconnaître que les progrès technologiques peuvent mener à des dilemmes d'ordre éthique qui compliquent la prise de décisions personnelles et sociétales;
RAG : B1, B2
- B12-0-D1** identifier et explorer un enjeu courant,
par exemple clarifier ce qu'est l'enjeu, identifier différents points de vue ou intervenants, faire une recherche sur l'information/les données existantes;
RAG : C4, C8
- B12-0-D2** évaluer les implications d'options possibles ou de positions possibles reliées à un enjeu,
par exemple les conséquences positives et négatives d'une décision, les forces et faiblesses d'une position, les dilemmes moraux;
RAG : C2, C4, C7



- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements, par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence, l'objectivité, les préjugés;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R3** citer ou noter des références bibliographiques selon les pratiques acceptées;
RAG : C2, C6
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G3** évaluer les processus individuels et collectifs employés.
RAG : C2, C4, C7

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Inviter les élèves à écrire le mot « biotechnologie » sur une feuille de papier, puis à noter tous les mots, faits, idées, définitions, concepts ou expériences qui leurs viennent à l'esprit.

En quête

Recherche - manchettes sur la bioéthique (D1, R1)

Présenter aux élèves une manchette et un article portant sur la bioéthique. Amorcer un remue-méninges sur des sujets possibles avec les élèves, puis leur demander de trouver un article de journal ou de magazine sur l'application de la technologie génétique dans les ressources biologiques. En voici des exemples.

En 9^e année, les élèves ont étudié les contributions de scientifiques du Canada et d'ailleurs à la recherche et aux progrès technologiques dans le domaine de la génétique. Les élèves ont également discuté d'applications et de répercussions actuelles et potentielles des biotechnologies, notamment de leurs effets sur la prise de décisions à l'échelle individuelle et gouvernementale, et ils ont utilisé le processus de prise de décisions pour examiner une question d'actualité touchant la biotechnologie, par exemple le génie génétique, le clonage, le projet du génome humain ou le dépistage génétique.



Bioressource	Enjeu
<ul style="list-style-type: none"> • production d'aliments • agriculture ou horticulture • microbiologie • animaux • animaux ou plantes • animaux ou plantes 	<ul style="list-style-type: none"> • usage d'organismes génétiquement modifiés (OGM) • brevetage d'organismes transgéniques (p. ex., graines) • production de médicaments ou vaccins à partir d'OGM (p. ex., insuline pour le diabète) • Clonage d'animaux, y compris d'animaux familiers • Re-création d'espèces disparues (p. ex., le mammouth) • Préservation d'espèces, stockage d'ADN (p. ex., banque mondiale de graines en Norvège)

Afficher les manchettes au tableau de la classe et utiliser les articles correspondants comme introduction à la présentation plus tard dans ce regroupement.

 **Stratégies d'évaluation suggérées :**

Demander aux élèves de lire l'article qui accompagnait leur manchette et de réfléchir sur les questions suivantes :

- *De quel procédé ou technologie est-il question?*
- *Quel est l'enjeu discuté dans l'article?*
- *Quelles sont les perspectives présentées?*
- *Quelles en sont les répercussions (sur la société, le monde ou les particuliers)?*
- *S'il y a des illustrations/photos, quel message véhiculent-elles?*

Les recherches en cours dans le domaine de la technologie génétique présentent à la fois de grandes promesses et une menace possible pour l'avenir. Notre base de connaissances et ses applications technologiques progressent et se métamorphosent à un rythme accéléré, tandis que de nombreux enjeux d'ordre éthique et pratique entourant l'utilisation de la technologie génétique suscitent de vifs débats.

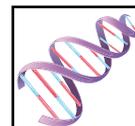
Les élèves pourraient aussi identifier les mots clés dans leur article et en faire une liste.

Proposer aux élèves de lire l'article qui accompagnait leur manchette et de compléter un cadre d'analyse d'articles de nature factuelle ou un cadre d'analyse d'articles qui prêtent à discussion (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.30-11.31).

Enseignement direct - le génie génétique (C1)

Utiliser des diagrammes, des vidéos, des modèles ou des animations informatiques pour illustrer et décrire les techniques d'ADN recombinant.

 **Stratégie d'évaluation suggérée :** Proposer aux élèves d'utiliser un cadre de notes pour organiser l'information (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.32).



Affiche - conception d'une plante transgénique en vue de la consommation humaine (C2, R4, G1, G3)

Proposer aux élèves de créer une affiche expliquant les étapes nécessaires pour créer une plante transgénique imaginaire (p. ex., des jalarachides – arachides avec l'ajout d'un gène de la capsicine pour les rendre épicées). ☹ L'annexe 6 présente des renseignements pour la conception de l'affiche.

☞ Stratégies d'évaluation suggérées :

Demander aux élèves d'évaluer leur travail de groupe à l'aide de ☹ l'annexe 21 du regroupement 1.

Évaluer les affiches à l'aide de ☹ l'annexe 7.

Recherche – les applications du génie génétique (P5, D1, D2, R1, R2, R3, R4)

Proposer aux élèves de mener une recherche sur une application du génie génétique liée aux ressources biologiques (voir ☹ l'annexe 8). Développer des critères avec les élèves, par exemple :

- une description de la technologie;
- un enjeu relié à cette technologie;
- différentes perspectives reliées à l'enjeu;
- des répercussions de l'usage de la technologie dans les bioressources.

☹ L'annexe 9 fournit un cadre pour appuyer la recherche. Des renseignements pour l'enseignant figurent à ☹ l'annexe 10.

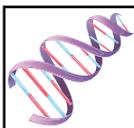
☞ **Stratégie d'évaluation suggérée :** Inviter les élèves à préparer des présentations orales accompagnées d'appuis visuels. Développer des critères pour ces présentations avec les élèves. Les critères devraient porter aussi bien sur le contenu que sur les éléments de la présentation.

En fin

Visite d'un laboratoire ou conférencier invité (P2)

Proposer aux élèves de visiter un laboratoire utilisant la technologie génétique, ou inviter un technologiste d'un laboratoire de génétique à venir leur parler. Inviter les élèves à préparer des questions avant la visite. Exemples de questions :

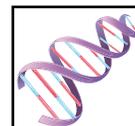
- *Qui sont vos clients? (S'il y a lieu)*
- *Quelles sont les études et l'expérience nécessaires pour travailler en technologie génétique?*
- *Quelles sont les méthodes utilisées en technologie génétique?*
- *Quelle proportion de votre travail génère des revenus (recherche appliquée)? Quelle proportion constitue de la recherche pure (fondamentale)?*
- *Votre travail rend-il service au public?*



Bloc G : La biotechnologie chez les humains

L'élève sera apte à :

- B12-2-10** étudier un enjeu concernant l'application de la biotechnologie chez les humains, entre autres la compréhension de la technologie et des processus en cause, les répercussions d'ordre éthique et légal, diverses perspectives, les répercussions sur les particuliers, la société et le monde entier;
RAG : A3, A5, B1, B2, C4, C5
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-P2** manifester un intérêt soutenu et éclairé à l'égard de la biologie et des questions et carrières liées à ce domaine;
RAG : B4
- B12-0-P5** reconnaître que les progrès technologiques peuvent mener à des dilemmes d'ordre éthique qui compliquent la prise de décisions personnelles et sociétales;
RAG : B1, B2
- B12-0-D1** identifier et explorer un enjeu courant,
par exemple clarifier ce qu'est l'enjeu, identifier différents points de vue ou intervenants, faire une recherche sur l'information/les données existantes;
RAG : C4, C8
- B12-0-D2** évaluer les implications d'options possibles ou de positions possibles reliées à un enjeu,
par exemple les conséquences positives et négatives d'une décision, les forces et faiblesses d'une position, les dilemmes moraux;
RAG : B1, C4, C5, C6, C7



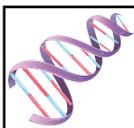
- B12-0-D3** reconnaître que les décisions peuvent refléter certaines valeurs, et tenir compte de ses propres valeurs et de celles des autres en prenant une décision;
RAG : C4, C5
- B12-0-D4** recommander une option ou identifier sa position en justifiant cette décision;
RAG : C4
- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements, *par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence, l'objectivité, les préjugés*;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-N2** reconnaître que de nombreux facteurs influent sur l'élaboration et l'acceptation de preuves scientifiques, de théories ou de technologies, *par exemple le contexte culturel et historique, la politique, l'économie, la personnalité*;
RAG : A2, B2
- B12-0-N3** reconnaître à la fois le pouvoir et les limites de la science comme moyen de répondre aux questions sur le monde et d'expliquer des phénomènes naturels.
RAG : A1

Stratégies d'enseignement suggérées

Les récents progrès de la génétique ont soulevé des questions d'éthique concernant le dépistage des déficiences et des troubles héréditaires chez les personnes. Les analyses d'ADN, les épreuves biochimiques, l'amniocentèse et l'analyse de la généalogie familiale sont toutes des outils dont se servent les conseillers en génétique. Certains tests sont faits sur des personnes, et d'autres, sur des fœtus.

Les conseillers en génétique emploient ces outils afin d'analyser la probabilité pour qu'un trouble se manifeste chez une personne, ou que des parents engendrent un enfant qui hériterait d'une déficience connue. Les conseillers en génétique peuvent présenter des options aux parents de manière à écarter ou à réduire les risques.

Bien des questions se posent au sujet des tests génétiques. Sont-ils accessibles également à tous les Manitobains, ou seulement à ceux qui ont les moyens de les payer, ou encore aux habitants des grandes villes? Doit-on faire subir des tests génétiques aux personnes afin de savoir si elles souffrent de troubles pour lesquels il n'existe aucun traitement (ex. : la maladie de Huntington)? Les tierces parties (les compagnies d'assurance, par exemple) ont-elles le droit de connaître les résultats des tests génétiques?



En tête

Jeu de rôle - enjeux liés à la biotechnologie

Le dévoilement du code génétique d'une personne pourrait avoir une grande incidence sur le coût de ses assurances. Les compagnies d'assurance fixent les primes en fonction d'une évaluation des risques, les personnes les plus susceptibles de développer des problèmes de santé devant défrayer davantage que celles qui sont considérées en bonne santé. Les actuaires calculent les statistiques pour déterminer la prime qui sera demandée à leurs clients. Avec les avancées technologiques actuelles en dépistage génétique, il y aurait des risques de discrimination envers ceux qui ont de « mauvais » gènes.

Il serait très possible que des personnes classées parmi les gens à haut risque se voient refuser des polices d'assurance. Cependant, les compagnies d'assurance fonctionnent comme des entreprises et défendent leurs propres intérêts, ceux de leurs actionnaires et ceux de leurs clients.

Diviser la classe en deux grands groupes et assigner à chaque groupe un rôle différent. Chaque groupe doit ensuite préparer une réponse au scénario.

Scénario 1 :

Vous êtes un individu qui a subi un test de dépistage génétique et qui veut contracter une police d'assurance. Les résultats montrent que vous courez de très grands risques de souffrir de cancer et d'hypertension (tension sanguine élevée). Mais pour l'instant, vous êtes en santé, vous ne fumez pas, vous surveillez votre alimentation et vous faites de l'exercice régulièrement. Expliquez pourquoi vous devriez avoir la possibilité de contracter une assurance vie à un coût raisonnable.

Scénario 2 :

Vous représentez une compagnie d'assurance, et une cliente potentielle s'adresse à votre compagnie pour contracter une assurance vie. Après examen de son dossier, y compris des résultats de son dépistage génétique, vous constatez qu'elle entre dans la catégorie à haut risque. Expliquez à cette cliente potentielle pourquoi vous devez fixer une prime beaucoup plus élevée que la moyenne pour son assurance.

Former des paires d'élèves, un ayant le scénario 1 et l'autre ayant le scénario 2. Les inviter à discuter et à tenter de négocier une entente. Une fois le jeu de rôle terminé, proposer aux élèves d'analyser le processus de négociation et de noter leurs réflexions dans leur carnet scientifique.

Les sujets de discussion peuvent comprendre les suivants :

- identification par le code génétique
- clonage d'humains
- thérapie génique
- recherche sur les cellules souches
- séquençage de l'ADN
- projet Génome humain
- usage de l'ADN dans les recherches sur l'évolution
- bébés « à la carte »
- dépistage ou criblage génétique



En quête

Enseignement direct – les applications de la biotechnologie chez les humains

Utiliser des diagrammes, des vidéos, des modèles ou des animations pour illustrer et décrire des applications de la biotechnologie chez les humains

Animations :

- Clonage d'un gène. (animation eduMedia accessible à partir du site de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>)
- Clonage thérapeutique : comment procéder?
http://www.clonage.u-psud.fr/media/clonage_therapeutique.swf

Vidéos :

- Ligne de mire. La thérapie génique.
<https://www.youtube.com/watch?v=YAW7pjpBrnE#t=133>
- De l'ADN à la thérapie génique.
<http://videos.doctissimo.fr/sante/genetique/therapie-genique.html>
- La thérapie génique.
<http://www.dailymotion.com/video/xhrtyf>

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Les billets de sortie permettent de faire une évaluation rapide et d'obtenir de l'information sur ce que les élèves considèrent comme important dans une leçon en particulier. Le processus consiste simplement à poser une ou quelques questions à la fin de la leçon et d'accorder 5 minutes aux élèves pour inscrire leur réponse sur un billet de sortie (voir *L'enseignement de sciences de la nature au secondaire*, p. 13,9, 13,10 et 13,38).

Voici des suggestions de questions :

- *Décrivez les questions les plus importantes ayant été soulevées selon vous durant la leçon.*
- *Qu'avez-vous appris durant cette leçon?*
- *Avez-vous encore des questions par rapport à la leçon?*

Recherche et débat – le clonage humain (C2, P2, P5, D2, D4, R1)

Proposer aux élèves de faire une recherche et de participer à un débat sur la question suivante :

- *Est-ce qu'on devrait permettre le clonage humain?*

Pour aider les élèves à se préparer pour le débat, les inviter à créer une feuille de route *Faits et opinions* en divisant une feuille de papier en deux colonnes, une étant intitulée *faits* et l'autre *opinions*. En faisant leur recherche, les élèves peuvent noter des énoncés qui sont soit des faits ou des opinions. Si aucune opinion n'est présentée dans un article donné, l'élève peut ajouter ses propres opinions.



La stratégie de controverse créative (Johnson et Johnson, 1988) peut servir pour ce débat. Placer les élèves en groupes de 4, deux membres de chaque groupe étant responsables de rechercher et de présenter les arguments pour une position et les deux autres, responsables pour la position opposée. Les élèves peuvent consulter les membres des autres groupes qui ont la même position pour partager, évaluer les idées des autres et en intégrer dans leur présentation. Chaque paire présente ensuite sa position à l'autre paire dans leur groupe de 4. Lorsqu'une paire présente, les deux autres élèves prennent des notes et ensuite posent des questions et demandent des preuves à l'appui pour les allégations présentées. Les paires s'échangent ensuite leur position et doivent faire de la recherche pour d'autres preuves à l'appui qui pourraient améliorer les arguments de cette position. Une fois que chaque groupe de deux a pu examiner et rechercher la position opposée à celle initialement choisie, il présente cette nouvelle position à son groupe. Le groupe de quatre tente ensuite d'arriver à un consensus et présenter le résultat final au moyen d'une présentation à la classe.

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Recueillir la feuille de *Faits et opinions* afin de vérifier leur capacité d'évaluer et de synthétiser de l'information. Développer des critères pour les présentations avec les élèves. Les critères devraient porter aussi bien sur le contenu que sur les éléments de la présentation, par exemple :

- Les allégations pour et contre la décision finale sont clairement présentées.
- Des preuves à l'appui sont utilisées pour appuyer les allégations et proviennent de sources multiples.
- La décision finale est justifiée en expliquant de quelle façon les preuves à l'appui sont importantes et pertinentes.
- Un langage scientifique approprié est utilisé dans la présentation.
- La structure de la présentation permet de bien comprendre l'enjeu et la décision prise par le groupe.

Étude de cas - choisir le bébé parfait (P5, D1, D2, D3, N3)

Cette étude de cas (voir  l'annexe 11) explore les enjeux éthiques de la manipulation génétique et des traitements de fertilité. Les élèves peuvent travailler en groupe pour discuter et répondre aux questions.

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Il y a des questions liées à cette étude de cas. On peut évaluer les connaissances de l'élève en se posant des questions, par exemple :

- L'élève répond-il clairement à la question?
- L'élève utilise-t-il les faits pour étayer sa réponse?



En fin

Microthème - Analyse de l'ADN (C2, R1, R2, R4, N2)

Présenter aux élèves l'exercice de l'annexe 15, microthème qui aborde la question de l'utilisation d'ADN dans les procès.

✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : se référer aux annexes 13 et 14 pour les outils d'évaluation.

Référence pour l'enseignant :

- La réflexion sur la condamnation d'innocents : l'affaire Guy Paul Morin.

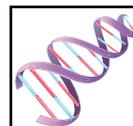
<https://ruor.uottawa.ca/bitstream/10393/8720/1/MQ58438.PDF>

Les microthèmes sont des travaux écrits conçus pour aider les élèves à connaître la matière en l'examinant sous un angle différent (Martin, 1989). Ils s'investissent davantage que par une simple lecture du document ou en mémorisant des notes. Les élèves doivent analyser un cas particulier relatif à la génétique et interpréter ce qui se passe. Par la suite, ils expriment leurs idées dans une courte rédaction. Leur texte doit être concis, détaillé et pertinent. Référez-vous au Guide de l'enseignant de l'annexe 12 pour des renseignements généraux.



LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Mutations – Renseignements pour l'enseignant	2.44
ANNEXE 2 : Grille d'évaluation – Le diagramme biologique.....	2.45
ANNEXE 3 : Grille d'observation – L'utilisation du microscope	2.46
ANNEXE 4 : Le diagramme biologique – Renseignements pour l'élève	2.50
ANNEXE 5 : Mutation ponctuelle et mutation par décalage du cadre de lecture.....	2.53
ANNEXE 6 : Conception d'une plante transgénique en vue de la consommation humaine.....	2.65
ANNEXE 7 : Liste de contrôle pour la création d'affiches	2.55
ANNEXE 8 : Présentation sur le génie génétique – Renseignements pour l'élève.....	2.56
ANNEXE 9 : Plan de la présentation sur le génie génétique	2.59
ANNEXE 10 : Présentation sur le génie génétique – Renseignements pour l'enseignant..	2.62
ANNEXE 11 : Étude de cas	2.63
ANNEXE 12 : Microthèmes – Renseignements pour l'enseignant	2.64
ANNEXE 13 : Microthèmes – Liste de contrôle de la 1 ^{re} épreuve	2.65
ANNEXE 14 : Microthèmes – Évaluation de l'épreuve finale	2.67
ANNEXE 15 : Microthème sur le génie génétique – Feuille de l'élève.....	2.68



ANNEXE 1 : Mutations – Renseignements pour l'enseignant

La mutation est le seul mécanisme permettant l'introduction de nouveau matériel génétique dans le patrimoine héréditaire (ou fonds génique). Souvent, les mutations comportant la substitution entre bases sont neutres ou sans effet. Par exemple, la redondance dans le code génétique signifie qu'un seul acide aminé peut être codé par plusieurs codons. Ainsi, le changement d'une seule base n'entraînera peut-être pas de changement de l'acide aminé. En outre, la substitution d'un acide aminé pour un autre peut être sans effet sur la fonction d'une enzyme si le site actif de l'enzyme n'a pas changé.

En général, des changements aléatoires (dus au hasard) dans les nucléotides de l'ADN entraînent une altération des protéines, ce qui nuit à leur fonctionnement normal. Les molécules d'hémoglobine chez des personnes atteintes de formes sévères (homozygotes) d'anémie falciforme et de thalassémie ne peuvent pas transporter l'oxygène aussi bien que normalement. L'anémie falciforme est un exemple de mutation ponctuelle, soit la substitution d'un nucléotide par un autre dans l'ADN, si bien qu'un codon peut lancer le code d'un acide aminé différent. La beta-thalassémie est un exemple de mutation par décalage du cadre de lecture, impliquant la suppression ou l'ajout de nucléotides, si bien que tous les codons au-delà du point d'insertion ou de suppression sont mal « lus » au moment de la traduction. Voir l'annexe 5 : *Mutations ponctuelles et mutations par décalage du cadre de lecture*.

Toutefois, il arrive occasionnellement que la protéine altérée fonctionne mieux que normalement ou confère un avantage sélectif à celui qui le possède. C'est de cette façon qu'apparaissent de nouveaux allèles, qui contribuent à l'évolution des espèces. Dans le cas de l'anémie falciforme et de la thalassémie, les individus hétérozygotes pour cette condition ne présentent que des formes mineures de l'anémie, mais ils manifestent une résistance accrue à la malaria comparativement aux personnes homozygotes dont l'hémoglobine est normale. Voilà un exemple d'avantage pour les individus hétérozygotes ayant deux allèles semblables d'un gène et dont les chances de survie sont augmentées. C'est ce qu'on nomme *l'avantage hétérozygote*.



ANNEXE 2 : Grille d'évaluation – Le diagramme biologique

Nom de l'élève : _____

Date : _____

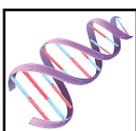
	Points possibles	Autoévaluation	Évaluation de l'enseignant
1. Outils - matériel (Quoi utiliser) : a) crayon bien taillé b) feuille de papier propre			
2. Contenu (Quoi dessiner) : a) ce qui a été observé seulement b) seulement ce qui est nécessaire			
3. Approche (Comment dessiner) : a) croquis centré b) croquis suffisamment grand pour faire voir les détails c) les proportions sont justes			
4. Profondeur visible (Illustrer la profondeur) : a) n'a pas ombragé b) a utilisé le pointillage pour faire voir la profondeur			
5. Étiquette (étiqueter le diagramme) : a) le titre comprend le nom de la lame, le grossissement total, la date d'observation, le diamètre du champ et la taille de l'objet b) aspects précis étiquetés sur le croquis c) les lignes pour l'étiquette sont tracées au moyen d'une règle et elles ne sont pas dépassées			
Totaux			



Annexe 3 : Grille d'observation – L'utilisation du microscope

Notes à l'enseignant : utiliser une feuille par élève pour toute la durée du cours. Cocher ou inscrire une date de référence dans la colonne appropriée pour indiquer si l'élève a satisfait ou n'a pas encore satisfait aux attentes. Quelques commentaires anecdotiques peuvent être ajoutés dans l'espace prévu à cette fin sous le tableau (s'assurer d'inscrire une date avec le commentaire).

Alors que ces compétences peuvent être évaluées par une tâche impliquant du papier et un crayon, cette approche ne fournira pas de rétroaction sur le **niveau de compétence** des élèves qui réalisent les tâches requises. Elle ne fournira de l'information que sur la **connaissance** de l'élève à propos des étapes et de la démarche. On devrait avoir recours aux tâches en cours d'exécution et à l'évaluation basée sur l'observation lorsque c'est possible.

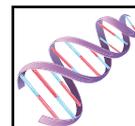


Annexe 3 : Grille d'observation – L'utilisation du microscope (suite)

Nom de l'élève : _____

Date d'évaluation : _____

Habilités	Attentes pas encore satisfaites	Attentes satisfaites
1. Microscope : habiletés générales a) manipule bien le microscope et en prend soin b) choisit le grossissement approprié pour voir l'objet, la cellule ou le tissu c) utilise seulement la focalisation fine avec puissance moyenne ou élevée d) regarde de côté lorsque l'objet est rapproché de la lentille e) utilise le diaphragme ou le miroir pour ajuster l'éclairage		
2. Utilise la bonne technique pour la mise au point de l'objet sous des grossissements variés (c.-à-d. parfocal) a) commence avec la puissance basse avec un réglage macrométrique b) centre l'objet c) règle la focalisation fine d) passe à la puissance moyenne ou élevée en utilisant uniquement la focalisation fine		
3. Préparation d'une lame de montage humide a) place le spécimen et la goutte d'eau sur la lame b) abaisse le couvre-objet à un angle de 45 degrés		
4. Coloration d'une lame de montage humide a) prépare une lame de montage humide b) place une goutte de colorant sur un côté du couvre-objet c) absorbe l'excédent avec du papier essuie-tout		
5. Utilisation de la technique de l'immersion dans l'huile (optionnel) a) bon réglage de la mise au point de la lame sur puissance élevée b) fait pivoter l'objectif sur le côté c) met une goutte d'huile sur la lame d) place l'objectif imbibé d'huile et fait la mise au point		
6. Habiletés techniques a) détermine le grossissement total b) détermine la taille de l'objet		
Commentaires (inclure la date) :		



Annexe 4 : Le diagramme biologique – Renseignements pour l'élève

Faire un diagramme biologique

1. Quoi utiliser

- Un crayon bien taillé
- Une feuille de papier propre et non lignée

2. Quoi dessiner

- Ne dessine que ce que tu vois
- Ne dessine que ce qui est nécessaire

3. Comment dessiner

- Centre ton croquis
- Dessine un croquis suffisamment grand pour faire voir les détails clairement (grosseur d'une ½ page environ)
- Fais attention à la justesse des proportions

4. Illustrer la profondeur

- Ne fais pas d'ombrage
- Fais voir la profondeur en pointillant

5. Étiqueter le diagramme

- L'étiquette devrait mentionner le nom de la lame, le grossissement total, la date d'observation, le diamètre du champ et la dimension de l'objet
- L'étiquette devrait être écrite en lettres moulées, écrite horizontalement et placée à la droite du diagramme
- Utilise une règle pour tracer des lignes pour la légende et ne dépasse pas ces lignes



ANNEXE 5 : Mutations ponctuelles et mutations par décalage du cadre de lecture

Mutation ponctuelle : substitution d'un nucléotide d'ADN à un autre, de sorte qu'un codon peut commander un acide aminé différent.

Chaîne de beta-hémoglobine normale

ATC	GTG	CAC	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCT	GCC	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	AAC	GTG	GAT	GAA	GTT	GGT	...
Val	His	Leu	Thr	Pro	Gln	Glu	Lys	Ser	Ala	Thr	Ala	Leu	Trp	Gly	Lys	Val	Asn	Val	Asp	Gln	Val	Gly	...	

Chaîne de beta-hémoglobine dans l'anémie falciforme

ATC	GTG	CAC	CTG	ACT	CCT	GTG	GAG	AAG	TCT	GCC	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	AAC	GTG	GAT	GAA	GTT	GGT	...
Val	His	Leu	Thr	Pro	Val	Glu	Lys	Ser	Ala	Thr	Ala	Leu	Trp	Gly	Lys	Val	Asn	Val	Asp	Gln	Val	Gly	...	
					↑																			

La substitution de l'adénine par la thymine entraîne le codage de la valine au lieu de la glutamine, ce qui fait que la chaîne de beta-hémoglobine se tord, produisant une hémoglobine anormale. Les globules rouges prennent la forme de faucille ou de croissant et leur capacité de transporter l'oxygène est diminuée.

Mutation par décalage du cadre de lecture : la suppression ou l'ajout de nucléotides fait que tous les codons situés après le point d'insertion ou de suppression sont lus de façon incorrecte au cours du processus de traduction.

Chaîne de beta-hémoglobine normale

<u>ATC</u>	GTG	CAC	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCT	GCC	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	AAC	GTG	GAT	GAA	GTT	GGT	...
Val	His	Leu	Thr	Pro	Gln	Glu	Lys	Ser	Ala	Thr	Ala	Leu	Trp	Gly	Lys	Val	Asn	Val	Asp	Gln	Val	Gly	...	

Chaîne d'hémoglobine dans la B-thalassémie

								-AA																
ATC	GTG	CAC	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	G	TCT	GCC	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	AAC	GTG	GAT	GAA	GTT	GGT	...
<u>ATC</u>	GTG	CAC	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	GTC	TGC	CGT	TAC	TGC	CCT	GTG	GGG	CAA	GGT	GAA	CGT	GGA	TGA			
Val	His	Leu	Thr	Pro	Gln	Glu	Val	Cys	Arg	Tyr	Cys	Pro	Val	Gly	Gln	Gly	Glu	Arg	Ala	Stop				
							↑														↑			

Une mauvaise lecture à partir du point de suppression d'un nucléotide entraîne l'interruption prématurée de la chaîne polypeptidique. La molécule de beta-hémoglobine est courte, produisant une molécule d'hémoglobine défectueuse. Les globules rouges sont plus petits que normalement et leur pouvoir de fixation de l'oxygène est diminué.

Références

ORKIN, Stuart H., et Sabra G. GOFF. « Nonsense and Frameshift Mutations in β^0 -Thalassemia Detected in Cloned β -Globin Genes ». *The Journal of Biological Chemistry* 256.19, 1981, p. 9782-9784. Accessible en ligne: www.jbc.org/content/256/19/9782.full.pdf+html?sid=21c12b48-7a1d-434b-867e-4c219a3d534e



Annexe 6 : Conception d'une plante transgénique en vue de la consommation humaine

Introduction

Imagine que tu travailles pour une compagnie de génie génétique qui œuvre dans le domaine de l'agriculture. Toi et tes collègues (tes camarades de classe) avez pour tâche de développer de nouvelles cultures vivrières. Avec ton équipe, fais un remue-méninges de plantes transgéniques potentielles en vue de la consommation humaine. Une de vos idées sera présentée à la compagnie au moyen d'une affiche.

But

Vous allez utiliser vos connaissances dans le génie génétique des plantes pour créer une affiche qui présente les étapes du processus de génie génétique, ainsi que les avantages et les inconvénients de votre nouvelle plante transgénique.

Marche à suivre

1. Faites un remue-méninges de plantes potentielles.
2. Choisissez, parmi les options, celle qui vous semble la meilleure, et développer les grandes lignes des étapes nécessaires pour créer cette nouvelle plante.
3. Créez une affiche qui présente les grandes lignes du processus de création de cette nouvelle plante.
 - a. Expliquez, avec illustrations, chaque étape du processus de génie génétique.
 - b. Notez les avantages ainsi que les inconvénients possibles de votre nouvelle plante.
4. Chaque équipe utilisera son affiche pour présenter sa nouvelle plante transgénique à ses collègues et au gérant.



Annexe 7 : Liste de contrôle pour la création d'affiches

Nom de l'élève : _____

Critères	Oui	Pourrait être amélioré
Les instructions pour la tâche ont été suivies attentivement.		
Les supports visuels sont appropriés pour l'auditoire.		
Toutes les composantes de l'affiche sont en lien avec le sujet à l'étude.		
Le titre de l'affiche est bien en vue.		
Les images et le texte sont facilement visibles par tous.		
Les images sont claires, efficaces et complètes.		
Les éléments majeurs du message ont été placés près du haut de l'affiche.		
Le montant de texte est limité.		
La police est uniforme et de taille appropriée.		
Les supports visuels sont placés de façon stratégique.		
Le choix de couleurs aide à mettre en évidence le message voulu.		
L'apparence générale est efficace et attire l'attention.		

Points forts :

À améliorer :



ANNEXE 8 : Présentation sur le génie génétique – Renseignements pour l'élève

Révises les manchettes présentées au cours de ce regroupement et les enjeux discutés en classe. Quel enjeu t'intéresse le plus? Sur quelle question peux-tu trouver des renseignements appropriés pour ta présentation (p. ex., enjeu d'actualité, couvre une variété de points de vue, photos chocs)?

Prépare un exposé décrivant la technologie en cause, l'enjeu soulevé, la perspective et les implications. Mets l'accent sur la diversité de perspective – quels sont les arguments ou préoccupations de chaque groupe? Tu dois utiliser deux sources d'information récentes (dans les deux dernières années).

Ta présentation doit comprendre deux parties : visuelle et orale. La partie visuelle peut prendre diverses formes : diapositives, modèle, affiche, démonstration, etc. Elle doit illustrer les principales idées de ta présentation. Ajoute des détails à la partie orale, qui doit durer 5 à 7 minutes.

Dans l'exposé oral, présente ton sujet, le type de technologie en question et l'enjeu, puis énonce deux perspectives différentes sur la question, ainsi que les répercussions sur les personnes, la société et le monde. Appuie tes arguments au moyen de faits recueillis durant ta recherche. Consulte la fiche de travail de l'élève pour d'autres informations.

Dans ce regroupement, tu as appris comment fonctionnent les gènes dans l'organisme et comment nous pouvons appliquer ce savoir à notre avantage. Pour ta présentation, tu dois utiliser les faits et le vocabulaire de ce regroupement.



ANNEXE 9 : Plan de la présentation sur le génie génétique

Avant de commencer ton travail, tu dois faire approuver ton plan de présentation. Apporte au moins deux ressources que ton enseignant pourra examiner.

Sujet :
Type de technologie :
Enjeu :
Perspective A :
Perspective B :
Actions possibles :
Répercussions sur la société :
Répercussions sur le monde :
Répercussions sur les individus :
Autres points importants :
Type de présentation visuelle :



Annexe 10 : Présentation sur le génie génétique – Renseignements pour l'enseignant

Introduction

Présenter la manchette d'un article de magazine ou de journal portant sur l'application du génie génétique aux ressources biologiques. Discuter avec les élèves de sujets possibles. Fixer une date limite pour le choix d'une manchette et des dates de présentation des exposés.

Être conscient que les élèves peuvent apporter toutes sortes d'articles qui n'ont pas rapport avec le sujet, ou qui portent seulement sur des faits et non sur des enjeux. Saisir cette occasion de discuter de la nature dynamique de la biologie, même si l'article ne convient pas à la présentation.

Exemple de plan de présentation

Sujet : Aliments génétiquement modifiés

Type de technologie : Les gènes ne fonctionnent pas toujours normalement quand l'épissage (introduction de séquences d'ADN) se fait dans un environnement étranger; ils ont besoin d'aide pour fonctionner. En biotechnologie, les biologistes ne se contentent pas d'insérer des gènes; ils utilisent aussi des promoteurs. Un promoteur est un gène fusionné à un segment d'ADN d'un virus pathogène qui favorise l'expression du gène. Le gène peut ensuite fonctionner, mais pas de façon naturelle ou normale. Il agit comme un virus envahisseur.

Enjeu : Les avantages découlant de l'utilisation d'aliments génétiquement modifiés compensent-ils les risques qu'ils présentent?

Perspective A : Les méthodes d'élevage ou de culture traditionnelles nécessitent beaucoup de temps et d'efforts. Mais grâce à la manipulation génétique, on peut intégrer un gène souhaitable à des organismes en une seule génération. Ce gène peut provenir d'une espèce similaire ou peu apparentée. Par exemple, le coton Ingard, qui est génétiquement modifié, contient un gène d'une bactérie se trouvant dans le sol et qui le rend plus résistant aux invasions de chenilles. L'avantage économique lié à l'utilisation du coton génétiquement modifié (GM) est qu'il nécessite moins de pesticides. La plante peut être plus saine également. Le désavantage économique de l'utilisation du coton GM est que les graines coûtent beaucoup plus cher à l'achat.

Perspective B : Les principaux arguments contre les aliments GM sont les risques qu'ils peuvent poser pour l'environnement et pour les humains. Certains sont inquiets que des gènes GM puissent se propager dans l'environnement, comme on l'a vu dans le cas de contamination de cultures locales par le canola résistant au Roundup en Saskatchewan à la fin des années 1990. Verrons-nous de nouvelles réactions allergiques, une exposition à des toxines et de nouvelles maladies apparaître à cause de l'usage de vecteurs viraux et bactériens pour le transfert de gènes?



Annexe 10 : Présentation sur le génie génétique – Renseignements pour l'enseignant (suite)

Actions possibles :

- cultiver des plantes OGM (en fixant des limites de distribution)
- utiliser des plantes OGM seulement pour nourrir les animaux
- ne pas utiliser de plantes OGM avant de les avoir soumises à des tests plus poussés

Répercussions sur la société :

- une meilleure santé pour la population humaine grâce à des sources d'aliments améliorés (p. ex., riz contenant de la vitamine A, qui aide à prévenir la cécité)

Répercussions sur le monde :

- accessibilité de plantes OGM – Est-ce que tous ont les moyens de les cultiver?
- culture de plantes OGM dans des zones marginales (p. ex., plantes résistant au sel)
- culture de plantes OGM sur de plus grandes superficies (p. ex., plantes résistant au gel ou à la sécheresse, notamment des fraises d'automne)

Répercussions sur les individus :

- sources d'aliments plus sains (p. ex., recherches en cours sur des pommes de terre absorbant moins de gras en friture)
- choix de cultiver ou pas des plantes OGM

Autres points importants : Poursuite de Monsanto contre Schmeiser, qui aurait semé du canola résistant au Roundup

Type de présentation visuelle :

- PowerPoint
- beaucoup d'illustrations d'aliments OGM, photos de canola, processus d'épissage (introduction de séquences d'ADN), image de l'étiquette d'un aliment OGM.



ANNEXE 11 : Étude de cas – Choisir le bébé parfait : l'éthique de la sélection d'embryons*

L'équipe de recherche s'était rassemblée en silence dans le laboratoire. Des décisions difficiles devaient être prises aujourd'hui. Kelly, une nouvelle assistante à la recherche, avait hâte à la discussion. Intérieurement, elle espérait que D^r Wagner et le reste de l'équipe acceptent d'aider le couple qui avait demandé leur aide.

« Bonjour à tous et à toutes, a lancé D^r Wagner en commençant la réunion. Nous avons beaucoup de choses à discuter. Je vais résumer la situation pour ceux et celles d'entre vous qui n'auraient pas eu le temps de lire le dossier. Larry et June Shannon sont mariés depuis six ans. Ils ont une petite fille de quatre ans qui s'appelle Sally et qui a reçu un diagnostic d'anémie de Fanconi. Sally est née sans pouces et avec un trou dans le cœur. Peu après sa naissance, elle a commencé à souffrir de symptômes associés à des problèmes rénaux et digestifs qui n'ont fait que s'aggraver. L'anémie de Fanconi est une maladie évolutive qui entraîne souvent des anomalies physiques et un affaiblissement du système immunitaire. Sally requiert beaucoup de soins spécialisés et a déjà subi de nombreuses opérations. Elle ne peut pas digérer de la nourriture normalement ou combattre des infections aussi facilement qu'un enfant normal. Si elle ne reçoit pas une greffe de moelle osseuse, elle développera une leucémie et mourra, probablement dans les trois à quatre prochaines années. Ni Larry ni June n'avait la moindre idée qu'ils étaient tous les deux porteurs de cette maladie. »

« C'est un diagnostic effrayant, » a déclaré Kevin, un technicien en recherche.

« Ce n'est pas quelque chose de facile à vivre non plus. Non seulement vont-ils probablement perdre cette enfant, ils doivent également être terrifiés devant la possibilité de mettre au monde un autre enfant atteint de cette maladie, » a souligné Liz Schultz, la chercheuse postdoctorale spécialisée en gynécologie et en fertilité de l'équipe.

« C'est tout à fait le cas, a repris D^r Wagner. Les Shannon songent à avoir un autre enfant et nous ont demandé si nous pourrions procéder à un diagnostic génétique préimplantatoire ou DGP. Ils connaissent les risques et les chances de réussite. Ils souhaitent fortement entamer le processus le plus rapidement possible. »

« Kelly, vous êtes nouvelle dans l'équipe, donc laissez-moi vous résumer la procédure du DGP. Cette procédure comprend trois étapes qui comportent chacune des risques d'échec ou de complications. Tout d'abord, nous effectuons une fécondation in vitro ou FIV. Certains ovules de June seraient retirés et fécondés avec le sperme de Larry hors de l'utérus de June. Si cette procédure réussit, nous devrions avoir plusieurs embryons viables. À la deuxième étape, nous procédons à l'analyse génétique des embryons en retirant une cellule de chacun d'eux et en testant ces cellules pour vérifier si elles renferment des gènes de l'anémie de Fanconi. Si nous trouvons des embryons non touchés par l'anémie de Fanconi, nous pourrions alors effectuer la troisième étape : transférer les embryons sains dans l'utérus de June. »



ANNEXE 11 : Étude de cas – Choisir le bébé parfait : l'éthique de la sélection d'embryons* (suite)

« Un instant, a lancé Kelly. De combien d'embryons parlons-nous? C'est un enfant qu'ils veulent, pas une demi-douzaine. »

D^r Wagner a répondu en riant : « Oui, je sais. Cependant, il y a presque toujours des embryons qui ne survivent pas aux processus de fécondation in vitro et de transfert. La probabilité qu'un des embryons implantés dans l'utérus se développe n'est que d'environ 23 %. Les chances de réussite augmentent quand nous retirons et fécondons plusieurs ovules. Dans le cas présent, la probabilité de grossesse multiple est minime en raison des restrictions sur les ovules que nous pourrions transférer. »

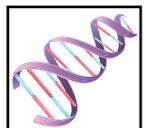
« Bon, je sais que je ne comprends pas tout le processus. Mais comment M^{me} Shannon peut-elle produire autant d'ovules en même temps? a demandé Kelly. Elle ne le ferait pas en temps normal, n'est-ce pas? »

« Non, a répondu Liz. Donc, avant que nous entamions n'importe laquelle de ces procédures, June devra prendre des hormones afin d'augmenter le nombre d'ovules qu'elle libère. Comme D^r Wagner l'a indiqué, chaque étape de cette procédure comporte des risques. L'hormonothérapie peut entraîner des effets secondaires, y compris des effets sur l'humeur et les facultés cognitives. Certaines femmes souffrent également de complications physiques, mais c'est assez rare. Certaines études établissent un lien entre l'hormonothérapie et l'augmentation des risques de cancer des ovaires, mais il y en a d'autres qui contredisent cette conclusion. »

« Ce n'est pas tout, a ajouté D^r Wagner. En plus des risques pour June, il n'y a aucune garantie que la procédure réussisse. De nombreux couples doivent subir la procédure de FIV plus d'une fois avant qu'un embryon s'implante et donne un bébé en santé qui naîtra à terme. Dans le cas qui nous occupe, ce sera encore plus compliqué parce que nous ne pouvons pas utiliser tous les embryons, nous devons nous limiter à ceux qui ne sont pas touchés par l'anémie de Fanconi. »

« Mais nous avons réalisé ces procédures plusieurs fois avec un taux de réussite assez élevé, a souligné Kevin. Pourquoi est-ce que ce cas-ci serait différent? Vous avez évalué le couple, n'est-ce pas, et vous dites que les conjoints sont conscients des risques? »

« Oui, mais ce cas est particulièrement compliqué, a soupiré D^r Wagner. Les Shannon n'ont pas seulement demandé un enfant qui est exempt d'anémie de Fanconi, mais qui sera aussi un donneur de moelle osseuse compatible avec Sally. La maladie de Sally peut être traitée par une greffe de cellules saines dans sa moelle osseuse. Cependant, les patients atteints d'anémie de Fanconi sont si fragiles que les cellules du donneur doivent être compatibles à près de 100 %, ce qui est très difficile à trouver. C'est chez un frère ou une sœur qu'on a les meilleures chances d'en trouver. Entre-temps, l'état de santé de Sally continue à se détériorer. Les Shannon désirent naturellement donner à Sally une vie normale le plus longtemps possible et c'est pourquoi ils veulent prendre



ANNEXE 11 : Étude de cas – Choisir le bébé parfait : l'éthique de la sélection d'embryons* (suite)

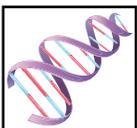
des mesures énergiques. Ils veulent guérir la maladie de Sally en planifiant et en créant un autre enfant doté de marqueurs génétiques précis. »

« Comment s'y prendraient-ils? » a demandé Kelly.

« Avez-vous entendu parler de la recherche sur les cellules souches? a commencé par répondre Liz. Les cellules souches sont des cellules spéciales qui peuvent produire tous les différents organes et tissus du corps humain. Elles se trouvent dans les embryons ou les fœtus et sont habituellement prélevées aux fins de recherche sur des embryons morts ou rejetés au cours de procédures de procréation. Il s'agit du type de recherche qui suscite beaucoup de controverse dans le monde politique ces jours-ci. Cependant, on trouve un autre type de cellule souche moins puissante dans les humains adultes et qui peut aussi s'obtenir du sang du cordon ombilical. Si nous aidons les Shannon, et que la procédure réussit, le sang du cordon ombilical de leur nouveau bébé pourrait être utilisé pour la greffe de moelle osseuse de Sally, ce qui offrirait la possibilité de guérir ses pires symptômes sans causer aucun mal au bébé. »

« Les Shannon proposent que nous réalisons le DGP comme d'habitude, mais que nous choisissons uniquement les embryons qui sont à la fois exempts de gènes de l'anémie de Fanconi et parfaitement compatibles avec Sally, a précisé Dr Wagner. Cette proposition présente de sérieux problèmes éthiques. Nous n'avons jamais procédé de cette façon. Des gens ont demandé et obtenu un DGP afin de dépister et de prévenir diverses maladies chez leurs enfants, nous nous sommes déjà occupés de tels cas ici. Toutefois, ce que nous proposons actuellement est la sélection d'une combinaison de caractères géniques précis, une combinaison qui ne bénéficiera pas à l'enfant à naître, mais qui sauvera un enfant déjà né. Nous choisirions un embryon pour après essentiellement l'utiliser comme un donneur de sang pour sa sœur. Ce serait du sang du cordon ombilical, qui serait jeté de toute façon, mais la procédure reste controversée. Si nous acceptons de l'effectuer, cela signifie également que nous détruirions des embryons tout à fait sains uniquement parce qu'ils ne sont pas compatibles avec Sally. Aller de l'avant avec cette procédure m'intéresse, mais les problèmes importants qu'elle soulève doivent être pris en considération, entre autres, et ce n'est pas négligeable, les possibles difficultés à obtenir les autorisations. Avant de présenter la procédure au comité d'examen, je veux savoir comment chaque membre de l'équipe se sent par rapport à l'idée de l'essayer. »

« Bien, moi, je dis allons-y. Ce sera une percée en génétique. Avec le temps, la procédure nous permettra de prévenir toutes sortes de problèmes. Pourquoi ne pas commencer maintenant? » a insisté Kevin. Une autre médecin de l'équipe qui n'avait encore rien dit hochait la tête pour montrer son accord.



ANNEXE 11 : Étude de cas – Choisir le bébé parfait : l'éthique de la sélection d'embryons* (suite)

« Je ne suis pas encore sûre de ma position sur cette situation, a déclaré Liz. Je ne suis pas très à l'aise avec le précédent que le cas pourrait créer. Nous ouvririons la porte à toutes sortes d'autres types de sélection génétique sans savoir où cela mènerait. Voulons-nous de cette responsabilité? » Quelques autres membres de l'équipe semblaient être de son avis.

« C'est vrai, a concédé Kelly. Mais pense à la pauvre famille Shannon, à Sally surtout. Mérite-t-elle de souffrir uniquement parce que nous ne nous entendons pas sur de futurs problèmes éthiques? »

« Bien, il semble que nous avons besoin d'en discuter davantage avant de pouvoir arriver à un vrai consensus, a conclu D^r Wagner. Je ne veux pas commencer à travailler sur un cas d'une telle importance sans que toute l'équipe soit d'accord. »

Questions de révision :

1. Comment la petite Sally a-t-elle pu hériter de l'anémie de Fanconi même si aucun de ses parents n'en souffre?
2. Quelles autres maladies ou déficiences développementales peuvent être transmises de cette façon?
3. Quelle est la probabilité que le deuxième enfant des Shannon souffre également d'anémie de Fanconi?
4. Quelles sont les principales étapes de la FIV et du DGP?
5. Quels sont les risques associés à l'ensemble de la procédure?
6. Comment le sang d'un frère ou d'une sœur pourrait-il aider à guérir Sally?
7. Comment le DGP pourrait-il être utilisé pour créer ce frère ou cette sœur?
8. Qu'y a-t-il de très inhabituel au sujet du DGP proposé par les Shannon?
9. Quelles sont certaines des questions éthiques entourant l'utilisation de la FIV? Quelles sont certaines des questions éthiques entourant l'utilisation du DGP? Quelle est ton opinion sur ces questions?
10. Selon toi, que devrait faire l'équipe de recherche? Que devraient faire les Shannon?

*Julia OMARZU, « Selecting the Perfect Baby - The Ethics of Embryo Design », *National Center for Case Study Teaching in Science*, 2003, http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/collection/detail.asp?case_id=347&id=347. Adaptation autorisée par le National Center for Case Study Teaching in Science.



ANNEXE 12 : Microthèmes – Renseignements pour l'enseignant

Les microthèmes sont des exercices écrits conçus pour aider les élèves à apprendre la matière en l'examinant d'une manière différente (Martin, 1989). Cela suppose davantage que la simple lecture du manuel ou la mémorisation des notes. Les élèves doivent se pencher sur l'étude d'un cas particulier à propos de la biologie et interpréter ce qui se passe. Par la suite, ils expriment leurs idées dans une courte rédaction. Leur texte doit être concis, détaillé et pertinent.

Chaque microthème est basé sur une étude de cas reliée au sujet étudié et pose une question ou donne une tâche particulière. Un microthème peut faire appel à des habiletés de réflexion spécifiques, par exemple créer une analogie, analyser des données, écrire à partir d'un point de vue particulier, analyser plus d'un point de vue, etc.

L'évaluation des microthèmes est approchée de manière différente que les autres activités habituelles de la classe. Les tâches liées aux microthèmes requièrent un niveau de réflexion plus élevé. Il est préférable que les élèves complètent moins de microthèmes, quitte à les retravailler jusqu'à ce qu'ils atteignent les normes fixées. Cela nécessite généralement un minimum de deux ébauches. La norme renvoie au contenu scientifique, au fait de compléter la tâche et à la communication et peut refléter une note spécifique (p. ex., 70 %). La révision de la première ébauche (et de celles qui suivent) peut être faite par l'enseignant ou par d'autres élèves de la classe, la rétroaction étant de nature formative.

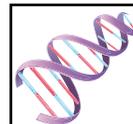
On peut donner aux élèves la possibilité d'accorder une plus grande valeur aux microthèmes et de réduire celle des autres catégories (comme les tests, si les élèves affichent de l'anxiété face aux tests). On peut aussi donner les microthèmes aux élèves qui ont besoin de s'absenter pour une période de temps (p. ex., la maladie, les vacances, etc.) et qui ont encore besoin de travailler la matière.



ANNEXE 13 : Microthèmes – Liste de contrôle de la 1^{re} épreuve

(Pour la révision par l'enseignant ou par les pairs)

Nom de l'élève	Microthème
<p>Contenu scientifique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pertinent • Complet – suffisamment détaillé • Utilise le vocabulaire scientifique approprié • Utilise des exemples ou des graphiques appropriés <ul style="list-style-type: none"> - le détail devrait refléter les attentes du cours - l'utilisation des termes biologiques améliore la rédaction (utilisation correcte des termes, pas de rupture de débit) 	Rétroaction
<p>Achèvement de la tâche</p> <ul style="list-style-type: none"> • La tâche est bien complétée (p. ex., explication donnée, réponse apportée à la question, argument présenté, point de vue représenté, etc.) <ul style="list-style-type: none"> - le dernier paragraphe devrait fournir un résumé concis du problème et de la solution, un énoncé de recommandation, etc. <p>AJOUTEZ DES CRITÈRES ADDITIONNELS RELIÉS AU MICROTHÈME SPÉCIFIQUE :</p> <ul style="list-style-type: none"> • • 	Rétroaction
<p>Communication</p> <ul style="list-style-type: none"> • Communique de façon efficace (orthographe, grammaire, débit) • Le format ou la voix conviennent bien à la tâche ou à l'auditoire <ul style="list-style-type: none"> - structure de phrase claire - le texte est clair et pas du tout ambigu - pas de faute de grammaire ou d'orthographe 	Rétroaction



ANNEXE 14 : Microthèmes – Évaluation de l'épreuve finale

Nom de l'élève	Microthème	
<p>Contenu scientifique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pertinent • Complet – suffisamment détaillé • Utilise le vocabulaire scientifique approprié • Utilise des exemples ou des graphiques appropriés <ul style="list-style-type: none"> - le détail devrait refléter les attentes du cours - l'utilisation des termes biologiques améliore la rédaction <p><i>(utilisation correcte des termes, pas de rupture de débit)</i></p>	<p>Points possibles</p> <p>5 – a satisfait à tous les critères</p> <p>3-4 – a satisfait à la plupart des critères</p> <p>1-2 – a satisfait à peu de critères</p> <p>RÉSULTAT : _____</p>	<p>Commentaires</p>
<p>Achèvement de la tâche</p> <ul style="list-style-type: none"> • La tâche est bien complétée (p. ex., explication donnée, réponse apportée à la question, argument présenté, point de vue représenté, etc.) - le dernier paragraphe devrait fournir un résumé concis du problème et de la solution, un énoncé de recommandation, etc. <p>AJOUTEZ DES CRITÈRES ADDITIONNELS RELIÉS AU MICROTHÈME SPÉCIFIQUE :</p> <ul style="list-style-type: none"> • • • 	<p>Points possibles</p> <p>5 – a satisfait à tous les critères</p> <p>3-4 – a satisfait à la plupart des critères</p> <p>1-2 – a satisfait à peu de critères</p> <p>RÉSULTAT : _____</p>	<p>Commentaires</p>
<p>Communication</p> <ul style="list-style-type: none"> • Communique de façon efficace (orthographe, grammaire, débit) • Le format ou la voix conviennent bien à la tâche ou à l'auditoire <ul style="list-style-type: none"> - structure de phrase claire - le texte est clair et pas du tout ambigu - pas de faute de grammaire ou d'orthographe 	<p>Point possibles</p> <p>5 – a satisfait à tous les critères</p> <p>3-4 – a satisfait à la plupart des critères</p> <p>1-2 – a satisfait à peu de critères</p> <p>RÉSULTAT : _____</p>	<p>Rétroaction</p>
	RÉSULTAT TOTAL :	



ANNEXE 15 : Microthème sur le génie génétique – Feuille de l'élève

L'affaire Guy Paul Morin au Canada est un exemple patent de la façon dont l'identification par le code génétique (sur ADN) a permis d'innocenter un homme injustement condamné à l'emprisonnement à vie pour meurtre. Fais une recherche sur cette affaire et sur l'utilisation du code génétique ou de l'empreinte génétique. Inclus un article sur l'affaire Morin et un article sur la technique d'identification par le code d'ADN. Mets en évidence les points principaux.

Quand tu auras terminé ta lecture, prépare-toi à rédiger ton microthème. Imagine que l'avocat de la défense au cours du procès de 1995 veut utiliser des empreintes génétiques pour prouver l'innocence de Morin. Mais le problème est que le jury n'est pas familier avec la technique d'identification par le code génétique. La défense t'appelle à la barre comme témoin expert, car elle pense que ton explication sera plus facile à comprendre par le jury. L'avocat de la défense ne veut pas d'un expert technique qui utiliserait un jargon scientifique inaccessible aux membres du jury.

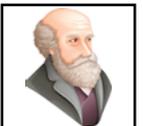
Prépare ta présentation sous forme de dialogue entre toi et l'avocat de la défense. Assure-toi de mettre en évidence les principales étapes de l'identification par le code génétique. Comme il y a eu des problèmes de manipulation des preuves dans cette affaire, tu dois préciser comment le matériel génétique a été prélevé et analysé dans les règles de l'art. Quelles sont les bonnes étapes à suivre? Insère un diagramme que tu utiliseras pour informer le jury.

Le microthème devrait contenir de 300 à 400 mots et peut inclure des diagrammes. Dans le cas présent, le format dialogue devrait être utilisé. L'orthographe et la grammaire seront vérifiées.





L'ÉVOLUTION ET LA BIODIVERSITÉ

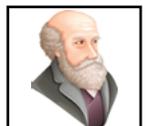


APERÇU DU REGROUPEMENT

Dans ce regroupement, l'élève approfondit sa compréhension de la théorie de l'évolution par la sélection naturelle. L'élève étudie les travaux de Charles Darwin et les principaux éléments de sa théorie. L'élève explore aussi les effets de la sélection naturelle sur les populations ainsi que les conditions menant à l'apparition de nouvelles espèces.

CONSEILS D'ORDRE GÉNÉRAL

Les élèves connaissent déjà le terme « évolution », mais ont peut-être une compréhension de ce terme dans un contexte non scientifique. En Biologie 12^e année, ils approfondissent leur compréhension de la nature de la science et du concept des théories en sciences de la nature. Le sujet de l'évolution pourrait susciter de la controverse. Il est important de bien faire la différence entre la science et d'autres façons de comprendre le monde, et d'expliquer que le cours de biologie est tenu de présenter les explications scientifiques (basées sur des données empiriques) du monde qui nous entoure. Les explications qui ne sont pas fondées sur des données empiriques ne font pas partie du domaine des sciences et donc ne sont pas traitées dans le cours de biologie.

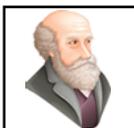


BLOCS D'ENSEIGNEMENT SUGGÉRÉS

Afin de faciliter la présentation des renseignements et des stratégies d'enseignement et d'évaluation, les RAS de ce regroupement ont été disposés en blocs d'enseignement. Il est à souligner que, tout comme le regroupement lui-même, les blocs d'enseignement ne sont que des pistes suggérées pour le déroulement du cours de biologie. L'enseignant peut choisir de structurer son cours et ses leçons en privilégiant une autre approche. Les élèves doivent cependant réussir les RAS prescrits par le Ministère pour la biologie 12^e année.

Outre les RAS propres à ce regroupement, plusieurs RAS transversaux de la biologie 12^e année ont été rattachés aux blocs afin d'illustrer comment ils peuvent être enseignés pendant l'année scolaire.

	Titre du bloc	RAS inclus dans le bloc	Durée suggérée
Bloc A	L'évolution et la biodiversité	B12-3-01, B12-0-C1, B12-0-R1, B12-0-G1	1,5 h
Bloc B	Le voyage et les travaux de Charles Darwin	B12-3-02, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-R1, B12-0-R4, B12-0-N1, B12-0-N2	3,5 h
Bloc C	La théorie de l'évolution par la sélection naturelle	B12-3-03, B12-3-04 B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-S3, B12-0-S5, B12-0-R4	3,5 h
Bloc D	Les effets de la sélection naturelle sur les populations	B12-3-05, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-S1, B12-0-S3, B12-0-S5, B12-0-D4, B12-0-R1, B12-0-R2, B12-0-R4, B12-0-N1	2,5 h
Bloc E	Les influences sur la variation génétique	B12-3-06, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-P1, B12-0-S3, B12-0-S4, B12-0-S5, B12-0-R4	2,5 h
Bloc F	La sélection artificielle	B12-3-07, B12-0-C2, B12-0-P2, B12-0-S1, B12-0-S5, B12-0-R1, B12-0-R2, B12-0-R4	2 h
Bloc G	La génétique des populations	B12-3-08, B12-3-09, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-P3, B12-0-S3, B12-0-S5	2,5 h
Bloc H	La spéciation	B12-3-10, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-G1, B12-0-G3	3 h
Bloc I	L'évolution convergente et divergente	B12-3-11, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-R1, B12-0-R2, B12-0-R3, B12-0-R4	2 h
Bloc J	La vitesse de l'évolution	B12-3-12, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-R4, B12-0-G2, B12-0-N1	2 h
<i>Récapitulation et objectivation pour le regroupement en entier</i>			1 à 2 h
Nombre d'heures suggéré pour ce regroupement			26 à 27 h



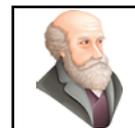
RESSOURCES ÉDUCATIVES POUR L'ENSEIGNANT

Vous trouverez ci-dessous une liste de ressources éducatives qui se prêtent bien à ce regroupement. Il est possible de se procurer la plupart de ces ressources à la Direction des ressources éducatives françaises (DREF) ou de les commander auprès du Centre de ressources d'apprentissage du Manitoba (CRA).

[R] indique une ressource recommandée

LIVRES

- [R] BLAKE, Leesa, *et al. Biologie 12*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2003. (DREF 570 C518b 12, CMSM 91614)
- [R] BLAKE, Leesa, *et al. Biologie 12 – Guide d'enseignement*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2003. (DREF 570 C518b 12, CMSM 91613)
- [R] CARTER-EDWARDS, Trent, *et al. Biologie 12 STSE*, Montréal, Éd. TC Média Livres Inc., 2014. (DREF 570 C518b 12)
- [R] CREASEY, David, *et al. Biologie 12 STSE – Guide d'enseignement*, Éd. TC Média Livres Inc., 2014.
- [R] COLBOURNE, Helen, *et al. Biologie 11-12*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2008. (DREF 570 C684b, CMSM 97716)
- [R] COLBOURNE, Helen, *et al. Biologie 11-12 – Guide d'enseignement*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2007. (DREF 570 C684b, CMSM 961345)
- [R] DUNLOP, Jenna, *et al. Biologie 11 STSE*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2011. (DREF 570 C518b 11 2011, CMSM 97395)
- [R] DUNLOP, Jenna, *et al. Biologie 11 STSE – Guide d'enseignement*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2011. (DREF 570 C518b 11 2011, CMSM 97394)
- [R] GALBRAITH, Don, *et al. Biologie 11*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2002. (DREF 570 C518b 11, CMSM 91612)
- [R] GALBRAITH, Don, *et al. Biologie 11 – Guide d'enseignement*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2003. (DREF 570 C518b 11, CMSM 91611)
- PANAFIEU, Jean-Baptiste de. *La grande aventure de l'évolution : une histoire d'aujourd'hui*, Toulouse, Milan, 2014. (DREF 576.8 P187g)



PANAFIEU, Jean-Baptiste de. *Sur les traces de Charles Darwin*, Paris, Gallimard jeunesse, 2004. (DREF 576.82092 D228p)

REECE, Jane B., et al. *Campbell Biologie – 4^e édition*, Montréal, Éd. ERPI, 2012. (DREF 570 C189b [3^e édition])

STARR, Ceci, et Ralph TAGGART. *Biologie générale – L'unité et la diversité de la vie*, Montréal, Éd. Groupe Modulo, 2006. (DREF 570 S796b, CMSM 97021)

WALKER, Denise. *Hérédité et évolution*, Montréal, Hurtubise HMH, 2007. (DREF 599.935 W178h)

AUTRES IMPRIMÉS

L'Actualité, Éditions Rogers Media, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 20 fois l'an; articles d'actualité canadienne et internationale]

Ça m'intéresse, Prisma Presse, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; beaucoup de contenu STSE; excellentes illustrations]

Découvrir : la revue de la recherche, Association francophone pour le savoir, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE [revue bimestrielle de vulgarisation scientifique; recherches canadiennes]

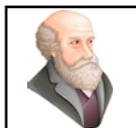
Pour la science, Éd. Bélin, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE [revue mensuelle; version française de la revue américaine Scientific American]

Québec Science, La Revue Québec Science, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 10 fois l'an]

[R] *Science et vie junior*, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; excellente présentation de divers dossiers scientifiques; l'exemplaire de mars 2007 comprend un dossier sur l'évolution avec plusieurs articles excellents et une bande dessinée décrivant le voyage du Beagle; l'exemplaire de septembre 2013 comprend un article sur l'évolution de la longueur d'ailes chez les hirondelles]

Science et vie, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles plus techniques]

Sciences et avenir, La Revue Sciences et avenir, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles détaillés]



DVD

BARRILÉ, Albert. *Il était une fois – les découvreurs, épisodes 14-20*, Montréal, Imavision, 2005. (DVD DOC INTERMÉDIAIRE ÉTAIT) [l'épisode Darwin et l'évolution traite de la théorie de la sélection naturelle]

ROGEL, Jean-Pierre, et Louis FAURE. *Un dimanche avec Darwin*, Radio-Canada, 2009. (DVD DOC SECONDAIRE DÉCOUVERTE)

DISQUES NUMÉRISÉS ET LOGICIELS

COLBOURNE, Helen, et al. *Biologie 11-12 – Banque d'évaluation informatisée*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2009. (DREF 570 C684b, CMSM 93447)

SITES WEB

Après Darwin : débuts de la biologie contemporaine. <http://education.francetv.fr/matiere/sciences-de-la-vie-et-de-la-terre/troisieme/video/apres-darwin-debuts-de-la-biologie-contemporaine> (consulté le 16 juillet 2017). [partie 8 d'une série de 8 vidéos sur l'évolution]

Avant Darwin : fixisme et transformisme. <http://education.francetv.fr/matiere/sciences-de-la-vie-et-de-la-terre/troisieme/video/avant-darwin-fixisme-et-transformisme> (consulté le 16 juillet 2017). [partie 1 d'une série de 8 vidéos sur l'évolution; traite des travaux de Linné, de Buffon et de Lamarck]

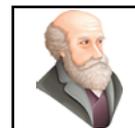
La biographie de Charles Darwin. http://www.hominides.com/html/biographies/charles_darwin.php (consulté le 16 juillet 2017).

Capsule outil : Évolution graduelle ou équilibre ponctué? http://lecerveau.mcgill.ca/flash/capsules/outil_bleu09.htm (consulté le 16 juillet 2017).

Capsule outil : Qu'est-ce que l'évolution? http://lecerveau.mcgill.ca/flash/capsules/outil_bleu08.htm (consulté le 16 juillet 2017).

Capsule outil : La sélection naturelle de Darwin. http://lecerveau.mcgill.ca/flash/capsules/outil_bleu10.htm (consulté le 16 juillet 2017)

Centre de recherche et de développement de Morden. <http://www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/centres-de-recherche/manitoba/centre-de-recherche-et-de-developpement-de-morden/?id=1180643854086> (consulté le 16 juillet 2017). [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]



[R] *Charles Darwin : la sélection naturelle.* <http://education.francetv.fr/matiere/sciences-de-la-vie-et-de-la-terre/troisieme/video/charles-darwin-la-selection-naturelle> (consulté le 16 juillet 2017).

[R] *Darwin : adaptation et transformation des espèces.* <http://education.francetv.fr/matiere/sciences-de-la-vie-et-de-la-terre/troisieme/video/darwin-adaptation-et-transformation-des-especes> (consulté le 16 juillet 2017). [partie 3 d'une série de 8 vidéos sur la théorie de l'évolution; traite des réflexions de Darwin sur les pinsons des îles Galapagos]

[R] *Darwin : ébauche d'une théorie de l'évolution.* <http://education.francetv.fr/matiere/sciences-de-la-vie-et-de-la-terre/troisieme/video/darwin-ebauche-d-une-theorie-de-l-evolution> (consulté le 16 juillet 2017). [partie 4 d'une série de 8 vidéos sur la théorie de l'évolution; traite des observations et réflexions de Darwin qui ont mené au développement de sa théorie de l'évolution par sélection naturelle]

Darwin et la sélection naturelle. <http://www.alloprof.qc.ca/bv/pages/s1220.aspx> (consulté le 16 juillet 2017).

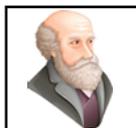
Darwin : le concept de la sélection sexuelle. <http://education.francetv.fr/matiere/sciences-de-la-vie-et-de-la-terre/troisieme/video/darwin-le-concept-de-la-selection-sexuelle> (consulté le 16 juillet 2017). [partie 7 d'une série de 8 vidéos sur l'évolution; traite des idées de Darwin sur la sélection sexuelle]

[R] *Darwin - le voyage d'un naturaliste autour du monde.* <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosdarwin/darwin.html#> (consulté le 16 juillet 2017). [animations et textes présentant la vie de Darwin et son voyage sur le Beagle]

Darwin : parution de L'Origine des espèces. <http://education.francetv.fr/matiere/sciences-de-la-vie-et-de-la-terre/troisieme/video/darwin-parution-de-l-origine-des-especes> (consulté le 16 juillet 2017). [partie 5 d'une série de 8 vidéos sur la théorie de l'évolution; traite de la publication de son livre L'Origine des espèces et des idées présentés dans cet ouvrage]

Darwin, théorie de l'évolution. <http://www.futura-sciences.com/sante/dossiers/biologie-darwin-theorie-evolution-322/> (consulté le 16 juillet 2017). [Dossier sur la vie de Darwin, son voyage et ses publications]

Darwinisme : une théorie bien vivante. <http://www.futura-sciences.com/sante/dossiers/biologie-darwinisme-theorie-bien-vivante-767/> (consulté le 16 juillet 2017). [Dossier sur la théorie de l'évolution par sélection naturelle]



Darwin : voyage d'un naturaliste autour du monde. <http://education.francetv.fr/matiere/sciences-de-la-vie-et-de-la-terre/troisieme/video/darwin-voyage-d-un-naturaliste-autour-du-monde> (consulté le 16 juillet 2017). [partie 2 d'une série de 8 vidéos sur l'évolution; traite du voyage de Darwin]

Des mots à éviter en sciences de l'évolution.

<http://edu.mnhn.fr/mod/page/view.php?id=284#2> (consulté le 16 juillet 2017).

Évolution biologique. <http://www.evolution-biologique.org/mecanismes/selection-naturelle-2.html> (consulté le 16 juillet 2017). [Site qui décrit les expériences sur la phalène du bouleau, et offre une critique des résultats obtenus. Le site décrit aussi les mécanismes agissant sur la variation au sein d'une population.]

Évolution, des clés pour comprendre. www.cnrs.fr/cnrs-images/production/podcast/evolution.htm (consulté le 17 juillet 2017). [vidéos présentant les points clés de la théorie de l'évolution par sélection naturelle]

L'Évolution mise en questions. <http://edu.mnhn.fr/mod/page/view.php?id=296> (consulté le 16 juillet 2017).

[R] *Evolution of life.* <http://www.evolution-of-life.com/fr/observer.html> (consulté le 16 juillet 2017). [vidéos, activités et leçons sur Darwin et la théorie de l'évolution par sélection naturelle]

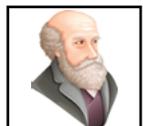
Évolution par sélection naturelle – la phalène du bouleau. http://www.collegetheophanevenard.net/gallerand/evolution_phalene/main.htm (consulté le 16 juillet 2017). [animation sur l'évolution de la phalène du bouleau]

L'évolution : une idée qui évolue. http://edu.mnhn.fr/pluginfile.php/1525/mod_page/content/5/chapitre_enseigner_une_theorie_scientifique/histoire_pensee_evol/evolutiondesidees/evolution_des_idees.swf (consulté le 16 juillet 2017). [excellente animation qui présente une échelle de temps permettant de découvrir les origines de l'idée de l'évolution jusqu'aux recherches actuelles]

[R] *Le grand voyage de Charles Darwin.* <https://www.youtube.com/watch?v=soGdwpQs6b0> (consulté le 16 juillet 2017). [film sur le voyage de Charles Darwin]

Histoire de la pensée évolutionniste et Textes historiques associés. <http://edu.mnhn.fr/mod/page/view.php?id=289> (consulté le 16 juillet 2017).

Histoire d'une pensée en évolution. http://edu.mnhn.fr/pluginfile.php/1525/mod_page/content/5/chapitre_enseigner_une_theorie_scientifique/histoire_pensee_evol/6article.pdf (consulté le 16 juillet 2017). [article sur le développement de la théorie de l'évolution]



Milieux humides 3 – Évolution, diversité et durabilité des écosystèmes : guide de l'enseignant. <http://www.canards.ca/assets/2012/06/3-5guide.pdf> (consulté le 16 juillet 2017).

Milieux humides 3 – Évolution, diversité et durabilité des écosystèmes : journal de l'élève. <http://www.canards.ca/assets/2012/06/3-5journal.pdf> (consulté le 16 juillet 2017).

L'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle. http://classiques.uqac.ca/classiques/darwin_charles_robert/origine_especes/darwin_origine_des_especes.pdf (consulté le 16 juillet 2017). [traduction du livre de Charles Darwin]

Quand l'évolution prend l'autoroute (littéralement) (consulté le 16 juillet 2017).

Sélection naturelle. http://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/minisites/projet_biodiversite/elevés/SelectionNaturelle.swf (consulté le 16 juillet 2017). [animation de la sélection naturelle]

Sélection naturelle. <https://phet.colorado.edu/fr/simulation/legacy/natural-selection> (consulté le 16 juillet 2017). [simulation de la sélection naturelle où on peut provoquer des mutations et contrôler l'environnement]

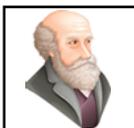
Sélection naturelle. (consulté le 21 janvier 2016). [animation eduMedia accessible à partir du site Web de la DREF, www.dref.mb.ca]

La théorie de l'évolution. <http://www2.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/pascal/nya/evolution/indexevol.htm> (consulté le 16 juillet 2017).

Un dimanche avec Darwin. <http://ici.radio-canada.ca/emissions/decouverte/2008-2009/Reportage.asp?idDoc=73950> (consulté le 16 juillet 2017).

Une simulation de l'évolution. <http://www.aestq.org/sautquantique/tres/t-scenarios1.html#simulation> (consulté le 16 juillet 2017). [activité simulant les concepts de dérive génétique et de sélection naturelle]

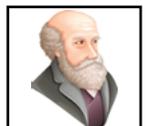
Voyage d'un naturaliste autour du monde fait à bord du navire le Beagle de 1831 à 1836. http://classiques.uqac.ca/classiques/darwin_charles_robert/voyage_naturaliste_autour_du_monde/darwin_voyage.pdf (consulté le 16 juillet 2017). [traduction du livre de Charles Darwin, qui décrit l'histoire de son voyage à bord du Beagle]



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES

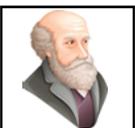
L'élève sera apte à :

- 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;
RAG : D1, E3
- 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;
RAG : A2, A4, B1, B2
- 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;
RAG : D1
- 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;
RAG : D1
- 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;
RAG : D1, E3
- B12-3-06** décrire comment la sélection naturelle divergente, stabilisatrice et directionnelle agit sur la variation;
RAG : D1, E3
- B12-3-07** faire la distinction entre la sélection naturelle et la sélection artificielle;
RAG : D1, E1, E3



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES (suite)

- B12-3-08** décrire de façon sommaire 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;
RAG : D1, E3
- 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;
RAG : D1, E1, E3
- B12-3-10** décrire comment une population peut devenir isolée sur le plan reproductif,
par exemple l'isolement géographique, la différenciation de niche, le comportement modifié, la physiologie modifiée;
RAG : D1, E2
- B12-3-11** à l'aide d'exemples, faire la distinction entre l'évolution convergente et l'évolution divergente (rayonnement adaptatif);
RAG : D1, E1
- B12-3-12** faire la distinction entre les deux modèles sur la vitesse du changement évolutif, soit l'équilibre intermittent et le gradualisme.
RAG : D1, E3



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX

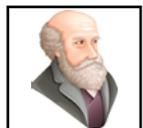
L'élève sera apte à :

Démonstration de la compréhension

- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1

Perspectives personnelles/réflexion

- B12-0-P1** faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique;
RAG : C2, C5
- B12-0-P2** manifester un intérêt soutenu et éclairé dans la biologie et des enjeux et carrières liés à ce domaine;
RAG : B4
- B12-0-P3** reconnaître l'importance de maintenir la biodiversité et le rôle que peuvent jouer les particuliers à cet égard;
RAG : B5
- B12-0-P4** reconnaître que les humains ont eu un impact et continuent d'avoir un impact sur l'environnement;
RAG : B1, B2
- B12-0-P5** reconnaître que les progrès technologiques peuvent mener à des dilemmes d'ordre éthique qui compliquent la prise de décisions personnelles et sociétales;
RAG : B1, B2



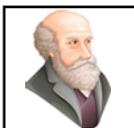
RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Étude scientifique

- B12-0-S1** employer des stratégies d'enquête et de résolution de problèmes appropriées pour répondre à une question ou résoudre un problème;
RAG : C2, C3
- B12-0-S2** adopter des habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement;
RAG : B3, B5, C1, C2
- B12-0-S3** enregistrer, organiser et présenter des données au moyen d'un format approprié;
RAG; C2, C5
- B12-0-S4** évaluer la pertinence, la fiabilité et l'exactitude des données et des méthodes de collecte de données,
entre autres des écarts entre les données, les sources d'erreur;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-S5** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;
RAG : C2, C4, C5, C8

Prise de décisions

- B12-0-D1** identifier et explorer un enjeu courant,
par exemple clarifier ce qu'est l'enjeu, identifier différents points de vue ou interoenants, faire une recherche sur l'information/les données existantes;
RAG : C4, C8
- B12-0-D2** évaluer les implications d'options possibles ou de positions possibles reliées à un enjeu,
par exemple les conséquences positives et négatives d'une décision, les forces et faiblesses d'une position, les dilemmes moraux;
RAG : B1, C4, C5, C6, C7
- B12-0-D3** reconnaître que les décisions peuvent refléter certaines valeurs, et tenir compte de ses propres valeurs et de celles des autres en prenant une décision;
RAG : C4, C5
- B12-0-D4** recommander une option ou identifier sa position en justifiant cette décision;
RAG : C4



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

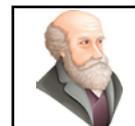
- B12-0-D5** recommander une ligne de conduite reliée à un enjeu;
RAG : C4, C5, C8
- B12-0-D6** évaluer le processus utilisé par soi-même ou d'autres pour parvenir à une décision;
RAG : C4, C5

Recherche et communication

- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements, *par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence, l'objectivité, les préjugés*;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R3** citer ou noter des références bibliographiques selon les pratiques acceptées;
RAG : C2, C6
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6

Travail en groupe

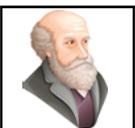
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G2** susciter et clarifier des questions, des idées et des points de vue divers lors d'une discussion, et y réagir;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G3** évaluer les processus individuels et collectifs employés;
RAG : C2, C4, C7



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Nature de la science

- B12-0-N1** décrire le rôle des données dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles données sont présentées;
RAG : A2
- B12-0-N2** reconnaître que de nombreux facteurs influent sur l'élaboration et l'acceptation de preuves scientifiques, de théories ou de technologies,
par exemple le contexte culturel et historique, la politique, l'économie, la personnalité;
RAG : A2, B2
- B12-0-N3** reconnaître à la fois le pouvoir et les limites de la science comme moyen de répondre aux questions sur le monde et d'expliquer des phénomènes naturels.
RAG : A1



Bloc A : L'évolution et la biodiversité

L'élève sera apte à :

- 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;
RAG : D1, E3
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe.
RAG : C2, C4, C7

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Guide d'anticipation

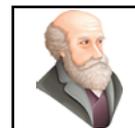
Inviter les élèves à compléter le guide d'anticipation sur l'évolution à ① l'annexe 1 (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 9.19-9.20) afin d'identifier leur compréhension du concept. Le corrigé figure à ② l'annexe 2. ③ L'annexe 3 comprend des renseignements pour l'enseignant sur l'évolution et la nature de la science.

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

OU

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 aux élèves :

- *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, etc.)*
- *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.)*

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).

En quête

Définir l'évolution (C1, R1, G1)

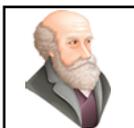
Proposer aux élèves de former des équipes et de consulter une variété de sources pour rassembler des définitions du terme évolution. Préciser qu'ils doivent inclure des sources écrites (p. ex., manuels, dictionnaire), électroniques et personnelles (p. ex., enseignant, parent).

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).

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à compléter un billet de sortie (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.9 et 13.10). Voici des exemples de questions :

- *En quoi ta compréhension du terme « évolution » a-t-elle changé?*
- *As-tu encore des questions? Lesquelles?*

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

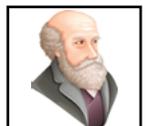


Rappeler aux élèves que cette évolution survient non pas chez les individus en particulier, mais au sein des populations. L'évolution découle d'une variation de la fréquence d'allèles dans le fonds génétique d'une population.

En fin

Cadre de concept (C1)

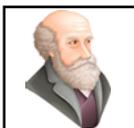
Inviter les élèves à compléter un cadre de concept pour l'évolution (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.24).



Bloc B : Le voyage et les travaux de Charles Darwin

L'élève sera apte à :

- 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;
RAG : A2, A4, B1, B2
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-N1** décrire le rôle des données dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles données sont présentées;
RAG : A2
- B12-0-N2** reconnaître que de nombreux facteurs influent sur l'élaboration et l'acceptation de preuves scientifiques, de théories ou de technologies,
par exemple le contexte culturel et historique, la politique, l'économie, la personnalité.
RAG : A2, B2



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 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.

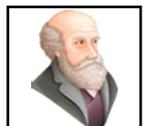
Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

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?

Les élèves n'ont pas encore étudié la théorie de la sélection naturelle, mais ils ont peut-être entendu parler de Charles Darwin et de l'expression « la survivance des plus aptes ».



En quête

Analyse d'article – les travaux de Charles Darwin (C1, N2)

L'histoire de Charles Darwin est fascinante. Inviter les élèves à lire un texte qui résume ses travaux (p. ex., celui de  l'annexe 4), et de compléter un cadre d'analyse d'article (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.30-11.31).

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Utiliser le cadre d'analyse d'article à titre d'évaluation formative en vue de déterminer le niveau de compréhension des élèves. Au besoin, réviser la matière ou la revoir en profondeur.

Enseignement direct – le voyage de Darwin (C1)

Présenter aux élèves le processus de découverte qui a mené Darwin à formuler sa théorie de l'évolution par sélection naturelle. Les élèves peuvent utiliser un cadre de notes pour organiser l'information (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.32).

Les sites Web qui suivent pourraient servir comme ressources :

- Darwin - Le voyage d'un naturaliste autour du monde. <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosdarwin/darwin.html> [animations et textes présentant la vie de Darwin et son voyage sur le Beagle]
- Evolution of life. <http://www.evolution-of-life.com/fr/observer.html> [vidéos, activités et leçons sur Darwin et la théorie de l'évolution par sélection naturelle]
- Le grand voyage de Charles Darwin. <https://www.youtube.com/watch?v=soGdwpQs6b0> [documentaire sur la vie de Charles Darwin]

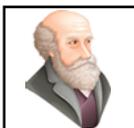
 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Utiliser le cadre de notes à titre d'évaluation formative en vue de déterminer le niveau de compréhension des élèves. Au besoin, réviser la matière ou la revoir en profondeur.

Recherche – théories pour expliquer la transformation des espèces (C2, R1, R4, N1)

Inviter les élèves à faire une courte recherche sur le travail d'un scientifique qui a contribué à développer une théorie unificatrice expliquant comment les espèces peuvent se transformer au fil du temps.

Proposer aux élèves de 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).



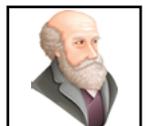
✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Demander aux élèves de présenter les résultats de leur recherche à la classe et de préparer un résumé d'une page ou un diagramme avec chronologie des événements, qui sera affiché au babillard. Développer des critères d'évaluation avec les élèves portant à la fois sur le contenu et sur la présentation.

En fin

Cartes postales du Beagle - stratégie PPPST (C2, R1, R4, N1)

Les PPPST sont des rédactions créatives où les élèves sont encouragés à adopter de nouvelles perspectives sur un concept ou un enjeu scientifique (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.23-13.28). Voir les détails du travail à l'annexe 5.

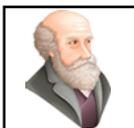
✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Déterminer des critères d'évaluation en collaboration avec les élèves et leur demander d'évaluer les cartes postales de leurs pairs à l'aide des critères.



Bloc C : La théorie de l'évolution par sélection naturelle

L'élève sera apte à :

- 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;
RAG : D1
- 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;
RAG : D1
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-P1** faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique;
RAG : C2, C5
- B12-0-S3** enregistrer, organiser et présenter des données au moyen d'un format approprié;
RAG; C2, C5
- B12-0-S5** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;
RAG : C2, C4, C5, C8



B12-0-R1 tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6

B12-0-R4 communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte.
RAG : C5, C6

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Question d'introduction

Présenter le problème qui suit aux élèves et leur demander de travailler en petit groupe afin de développer des réponses. Leur demander de les noter dans leur carnet scientifique.

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 heure? (8). Après deux heures? (64). Après cinq heures? (32 768). Après 10 heures? (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)

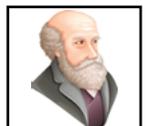
En quête

Enseignement direct – la théorie de Darwin (C1)

En s'appuyant sur les discussions de la section « En tête », présenter aux élèves les principaux points de la théorie de Darwin de l'évolution par sélection naturelle (voir Biologie 11 STSE, p. 332 ou Biologie 12, p. 346-348).

- Surproduction : une espèce produit plus de descendants que le nombre qui peuvent survivre

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.



- 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

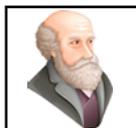
Les sites Web qui suivent pourraient servir comme ressources :

- Charles Darwin : la sélection naturelle. <http://education.francetv.fr/matiere/sciences-de-la-vie-et-de-la-terre/troisieme/video/charles-darwin-la-selection-naturelle>.
 - Darwin : adaptation et transformation des espèces. <http://education.francetv.fr/matiere/sciences-de-la-vie-et-de-la-terre/troisieme/video/darwin-adaptation-et-transformation-des-especes>. [partie 3 d'une série de 8 vidéos sur la théorie de l'évolution; traite des réflexions de Darwin sur les pinsons des îles Galapagos] -
 - Darwin : ébauche d'une théorie de l'évolution. <http://education.francetv.fr/matiere/sciences-de-la-vie-et-de-la-terre/troisieme/video/darwin-ebauche-d-une-theorie-de-l-evolution>. [partie 4 d'une série de 8 vidéos sur la théorie de l'évolution; traite des observations et réflexions de Darwin qui ont mené au développement de sa théorie de l'évolution par sélection naturelle]
- ✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Demander aux élèves d'utiliser le procédé tripartite (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.9-10.10) pour résumer les concepts appris. Les travaux peuvent être remis et commentés par l'enseignant. Comme il s'agit d'une évaluation formative destinée à vérifier la compréhension des élèves, il n'est pas nécessaire de donner une note à ce travail.

Activité - simulation de la sélection naturelle (C2, S3, S5, R4)

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 6. Des renseignements pour l'enseignant figurent à ☹ l'annexe 7.

- ✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : 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).



La survivance des plus aptes (C1)

Fournir aux élèves des appuis visuels (p. ex., 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?

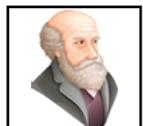
📌 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer si les réponses des élèves sont logiques et exactes. Il peut s'agir d'une évaluation informelle (questions, discussion des résultats en classe).

Enseignement direct - les adaptations (C1, C2)

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 (voir @ l'annexe 8 pour des informations sur les adaptations, *Biologie 11 STSE*, p. 298-299, ou *Biologie 12*, p. 392-396). Utiliser la stratégie « pause de trois minutes » (Keeley, 2008, p. 195) pour donner aux élèves du temps de réflexion après des séquences d'enseignement. Donner trois minutes aux élèves pour qu'ils puissent résumer, clarifier ou discuter de leur compréhension avec un partenaire ou en petit groupe. Circuler afin de déterminer leur niveau de compréhension. Utiliser un minuteur pour permettre aux élèves de surveiller le temps. Une fois les trois minutes écoulées, continuer les explications.

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. Si l'environnement change, bon nombre d'individus vont mourir, car ils ne sont plus adaptés à leur nouvel environnement.

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'évaluation suggérées :

1. Poser aux élèves la question « C'est quoi une adaptation? » la noter au haut d'une feuille de papier et faire circuler cette dernière parmi les élèves. Chaque élève doit ajouter une ou deux phrases qui se rapportent à la question, en ajoutant aux idées précédentes ou en corrigeant les idées fausses. Examiner les réponses des élèves pour vérifier leur compréhension et revoir les concepts si nécessaire.
2. Inviter les élèves à compléter un cadre de concept pour le concept d'adaptation (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.23 et 11.24). Examiner les réponses des élèves pour vérifier leur compréhension et leur donner de la rétroaction descriptive.

Recherche – les adaptations (C2, P1, R1, R4)

Proposer aux élèves de faire une recherche individuelle et de préparer une affiche sur une adaptation présente chez une espèce de leur 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.

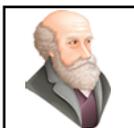
 **Stratégie d'évaluation suggérée :** L'évaluation peut être faite par les pairs. Si désiré, organiser une « galerie de l'évolution », où les élèves pourront circuler et évaluer les affiches. Des critères devraient être élaborés avec la classe et pourraient inclure des éléments portant sur le contenu et la présentation.

En fin

Demander aux élèves de répondre à la question qui suit :

- À l'aide d'un exemple, expliquez ce que signifie l'expression « survivance des plus aptes ».

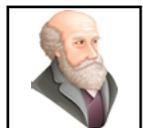
Inviter les élèves à noter leur réponse dans leur carnet scientifique.



Bloc D : Les effets de la sélection naturelle sur les populations

L'élève sera apte à :

- 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;
RAG : D1, E3
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-S1** employer des stratégies d'enquête et de résolution de problèmes appropriées pour répondre à une question ou résoudre un problème;
RAG : C2, C3
- B12-0-S3** enregistrer, organiser et présenter des données au moyen d'un format approprié;
RAG; C2, C5
- B12-0-S5** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-D4** recommander une option ou identifier sa position en justifiant cette décision;
RAG : C4
- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements,
par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence, l'objectivité, les préjugés;
RAG : C2, C4, C5, C8



B12-0-R4 communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6

B12-0-N1 décrire le rôle des données dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles données sont présentées.
RAG : A2

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

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 9 pour des renseignements pour l'enseignant).

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.

En quête

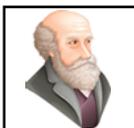
Activité - la sélection naturelle chez Legocarnivora (C2, S3, S5)

Proposer aux élèves de faire l'activité Legocarnivora, qui simule la sélection naturelle chez un animal fictif. Voir les détails de l'expérience à @ l'annexe 10.

 Stratégie d'évaluation suggérée :
Le corrigé de l'annexe 10 figure à @ l'annexe 11. Évaluer si les réponses des élèves sont logiques et exactes. Se référer aux @ annexes 5 et 6 du regroupement 1 pour évaluer les habiletés de laboratoire des élèves.

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 ne s'entendent pas sur la mesure dans laquelle les mécanismes de la microévolution peuvent expliquer les profils macroévolutifs (Martin, 2004).



Enseignement direct - la sélection naturelle (C1, N1)

Expliquer comment la sélection naturelle mène à des changements dans une population à l'aide d'exemples (voir *Biologie 11 STSE*, p. 300-304). 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*.

📖 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Proposer aux élèves de compléter un cadre de notes pour organiser leur information (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.32).

Étude de cas - la sélection naturelle (C2, S1, S5)

Proposer aux élèves de compléter une étude de cas, qui explore les processus de sélection naturelle (voir ☞ l'annexe 12).

📖 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer les réponses des élèves afin de déterminer leur compréhension des concepts à l'étude.

En fin

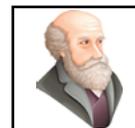
Microthème - Je me sens mieux, donc pourquoi devrais-je prendre toute la quantité d'antibiotique prescrite? (C2, S1, D4, R1, R2, R4)

Donner aux élèves l'exercice suivant sur le Microthème :

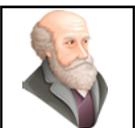
Ton amie a récemment eu une infection à streptocoques, maladie qui s'accompagne d'un mal de gorge et de fièvre. Son médecin lui a dit que cette infection est facilement soignée et lui a prescrit des antibiotiques. Lorsque tu as accompagné ton amie à la pharmacie pour faire remplir son ordonnance, la pharmacienne lui a dit qu'il était important de prendre tous les antibiotiques prescrits, même si elle commençait à se sentir mieux.

Après avoir pris l'antibiotique pendant trois jours, ton amie a commencé à se sentir mieux. Elle pense arrêter de prendre l'antibiotique. Explique-lui pourquoi il est important qu'elle prenne toute la quantité prescrite. Fais référence aux concepts de variation et de sélection naturelle dans ton explication.

Les microthèmes sont des exercices écrits conçus pour aider les élèves à connaître la matière en l'examinant sous un angle différent (Martin, 1989). Ils s'investissent davantage que par une simple lecture du document ou en mémorisant des notes. Les élèves doivent analyser un cas particulier relatif à la génétique et interpréter ce qui se passe. Par la suite, ils expriment leurs idées dans une courte rédaction. Leur texte doit être concis, détaillé et pertinent. Consulter le guide de l'enseignant à ☞ l'annexe 12 du regroupement 2 pour des renseignements généraux.



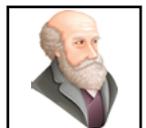
✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Se référer aux 📄 annexes 13 et 14 du regroupement 2 pour les outils d'évaluation. Dans leur réponse, les élèves devraient discuter de l'apparition de bactéries résistantes aux antibiotiques comme un exemple de sélection naturelle à l'œuvre. Une variation de la résistance aux antibiotiques est présente au sein de populations bactériennes. Certaines bactéries présentant peu de résistance aux antibiotiques sont éliminées rapidement en présence de l'antibiotique. Mais certaines présentent une plus grande résistance aux antibiotiques. Pour tuer les bactéries plus résistantes, il faut prendre toute la quantité d'antibiotiques prescrite. Si le traitement est arrêté avant que toutes les bactéries soient mortes, les bactéries résistantes survivent et se reproduisent. Comme il y a moins de compétition entre les bactéries, la population de bactéries résistantes augmente rapidement, rendant inefficace l'antibiotique qui réussissait auparavant à faire diminuer le nombre de bactéries.



Bloc E : Les influences sur la variation génétique

L'élève sera apte à :

- B12-3-06** décrire comment la sélection naturelle divergente, stabilisatrice et directionnelle agit sur la variation;
RAG : D1, E3
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-P1** faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique;
RAG : C2, C5
- B12-0-S3** enregistrer, organiser et présenter des données au moyen d'un format approprié;
RAG; C2, C5
- B12-0-S4** évaluer la pertinence, la fiabilité et l'exactitude des données et des méthodes de collecte de données,
entre autres des écarts entre les données, les sources d'erreur;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-S5** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte.
RAG : C5, C6



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

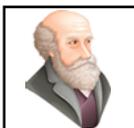
Enseignement direct - les effets de la sélection sur la variation dans une population (C1)

À l'aide de graphiques et d'exemples, illustrer les effets de la sélection stabilisatrice, directionnelle et divergente (disruptive) sur une population (voir ¶ l'annexe 13 pour des renseignements pour l'enseignant, *Biologie 11 STSE*, p. 358-359, ou *Biologie 12*, p. 383-384).

Utiliser la stratégie « pause de trois minutes » (Keeley, 2008, p. 195) pour donner aux élèves du temps de réflexion après des séquences d'enseignement. Donner trois minutes aux élèves pour qu'ils puissent résumer, clarifier ou discuter de leur compréhension avec un partenaire ou en petit groupe. Circuler afin de déterminer leur niveau de compréhension. Utiliser un minuteur pour permettre aux élèves de surveiller le temps. Une fois les trois minutes écoulées, continuer les explications.

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à compléter un billet de sortie. Les billets de sortie permettent de faire une évaluation rapide et d'obtenir de l'information sur ce que les élèves considèrent important dans une leçon en particulier. Le processus consiste simplement à poser une question à la fin de la leçon et à accorder cinq minutes aux élèves pour inscrire leur réponse sur un billet de sortie (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.9 et 13.10). Voici des exemples de questions :

- Qu'avez-vous appris de nouveau aujourd'hui?
- Que saviez-vous déjà?
- Avez-vous encore des questions par rapport à la leçon?



Revoir les réponses des élèves pour mesurer leur degré de compréhension et, au besoin, réviser la matière ou la revoir en profondeur.

Enquête sur la variation (P1, S3, S4, S5, R4)

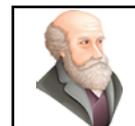
L'activité sur la variation examine les différences observables dans un caractère. Inviter les élèves à mesurer la longueur des haricots secs et de représenter graphiquement les résultats de la classe. Voir les détails de l'activité à @ l'annexe 14.

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Le corrigé pour cette activité se trouve à @ l'annexe 15. Évaluer si les réponses des élèves sont logiques et exactes. Se référer aux @ annexes 5 et 6 du regroupement 1 pour évaluer les habiletés de laboratoire des élèves.

En fin

Procédé tripartite (C2)

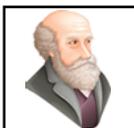
Proposer aux élèves d'utiliser le procédé tripartite (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.9 et 10.10) afin de définir les termes *sélection stabilisatrice*, *sélection directionnelle* et *sélection divergente*.



Bloc F : La sélection artificielle

L'élève sera apte à :

- B12-3-07** faire la distinction entre la sélection naturelle et la sélection artificielle;
RAG : D1, E1, E3
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-P2** manifester un intérêt soutenu et éclairé dans la biologie et des enjeux et carrières liés à ce domaine;
RAG : B4
- B12-0-S1** employer des stratégies d'enquête et de résolution de problèmes appropriées pour répondre à une question ou résoudre un problème;
RAG : C2, C3
- B12-0-S5** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements,
par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence, l'objectivité, les préjugés;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte.
RAG : C5, C6



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.

Il est possible aussi de présenter les différentes variétés de *Brassica oleracea* (p. ex., le brocoli, le brocofleur, le chou-fleur, le chou, le chou de Bruxelles, le chou fourrager, le chou-rave, les feuilles de chou-rave, le brocoli chinois, le rapini). Toutes ces variétés ont été dérivées du chou sauvage par voie de la sélection artificielle.

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.

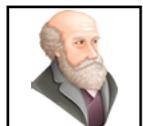
La sélection artificielle est une forme d'accouplement non aléatoire, l'une des causes de changement dans un patrimoine génétique. Pendant des siècles, les éleveurs ont utilisé la variation naturelle dans une population pour apparier sélectivement des plantes ou animaux qui représentent le mieux les 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 su utiliser la sélection artificielle comme modèle de changement dans la nature (c.-à-d. la sélection naturelle).

En quête

Conférencier invité (C2, P2, R1)

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?



📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Proposer aux élèves de faire un résumé de la présentation du conférencier dans leur carnet scientifique, et de répondre aux questions suivantes :

- *Qu'est-ce qui vous a surpris?*
- *Qu'avez-vous trouvé intéressant?*
- *Avez-vous encore des questions?*

Visite sur place (C2, P2, R1)

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. Il s'agit ici d'une bonne occasion d'explorer des carrières dans le domaine.

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Proposer aux élèves de compléter une réflexion dans leur carnet scientifique, en se penchant sur leurs idées au début de l'étude de la sélection artificielle. Comment leurs idées ont-elle changé ou ont-elle été approfondies suite à l'excursion? Les élèves peuvent partager leur réflexion avec un partenaire.

Recherche - la sélection artificielle (C2, R1, R2, R4)

Proposer aux élèves de choisir chacun pour soi une race, une variété ou un cultivar en particulier et de faire une recherche sur cet organisme (p. ex., chat siamois, vache Hereford, rosier hybride de thé, épagneul cocker, blé de force roux de printemps). Les rapports devraient comprendre :

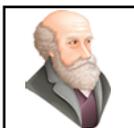
- le nom de la race, de la variété ou du cultivar;
- les caractères ou traits qui en font la particularité;
- une illustration ou photo représentative de cet organisme.

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à présenter l'information recueillie selon la méthode de leur choix (p. ex., exposé oral, brochure informative, affiche, présentation multimédia). Élaborer des critères d'évaluation avec les élèves. Peu importe la méthode choisie, les critères devraient comprendre des éléments portant à la fois sur le contenu et la présentation. Voir 📎 l'annexe 3 du regroupement 1 pour des informations sur la co-construction de critères d'évaluation avec les élèves.

En fin

Étude de cas - « Où sont passés tous les trèfles à quatre feuilles? » (C2, S1, S5)

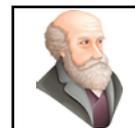
Inviter les élèves à compléter l'étude de cas à 📎 l'annexe 16 (le corrigé figure à 📎 l'annexe 17).



Bloc G : La génétique des populations

L'élève sera apte à :

- B12-3-08** décrire de façon sommaire comment les scientifiques déterminent si un pool génétique 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;
RAG : D1, E3
- B12-3-09** discuter de la façon dont la variation génétique dans un pool génétique peut être modifiée,
par exemple la sélection naturelle, le flux génétique, la dérive génétique, l'accouplement non aléatoire, la mutation;
RAG : D1, E1, E3
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-P3** reconnaître l'importance de maintenir la biodiversité et le rôle que peuvent jouer les particuliers à cet égard;
RAG : B5
- B12-0-S3** enregistrer, organiser et présenter des données au moyen d'un format approprié;
RAG; C2, C5
- B12-0-S5** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée.
RAG : C2, C4, C5, C8



Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Activité – introduction à la génétique des populations

Distribuer aux élèves environ 20 jetons ou morceaux de papier d'une couleur qui représenteront un allèle dominant, et environ 10 jetons d'une couleur différente qui représentent un allèle récessif. Les élèves peuvent assigner un trait quelconque à chacun des allèles, par exemple lobes d'oreilles détachés pour l'allèle dominant et lobes d'oreilles attachées pour l'allèle récessif. Indiquer aux élèves que l'ensemble de tous ces allèles représente le *pool génétique*.

Demander aux élèves de former des paires avec leurs allèles. Il devrait y avoir trois possibilités : homozygote récessif, homozygote dominant et hétérozygote. Demander ensuite aux élèves de calculer la *fréquence génotypique* (proportion de la population ayant un génotype particulier) en comptant le nombre de paires ayant un génotype particulier et divisant cela par le nombre total de paires (population). Leur demander ensuite de calculer la *fréquence phénotypique* (proportion de la population ayant un phénotype particulier). Finalement, leur demander de calculer la fréquence allélique (proportion de la population ayant un allèle particulier) en comptant le nombre d'allèles particuliers et en divisant cela par le nombre total d'allèles.

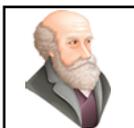
En quête

Enseignement direct – le principe Hardy-Weinberg (C1)

Introduire le principe de Hardy-Weinberg aux élèves. Ce principe correspond à un modèle mathématique portant sur la fréquence des allèles dans un pool génique (voir *Biologie 11-12*, p. 678, ou *Biologie 12*, p. 371). 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.

Présenter aux élèves les conditions requises pour maintenir l'équilibre génétique avant d'amorcer une discussion sur l'équation de Hardy-Weinberg. Cette équation représente une population où il n'y a pas d'évolution. 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.



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.

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.

Présenter aux élèves les calculs des fréquences alléliques et génotypiques d'après l'équation de Hardy-Weinberg ($p^2 + 2pq + q^2 = 1$).

Dans une population stable, la fréquence des allèles égale 1. Quand il y a deux allèles possibles, on peut exprimer ainsi : $p + q = 1$, où :

p = fréquence de l'allèle dominant

q = fréquence de l'allèle récessif

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

$2pq$ = fréquence des individus avec le génotype hétérozygote

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 0,30. La fréquence de l'allèle de l'hémoglobine normale se calcule donc comme suit :

$$1 - 0,30 = 0,70$$

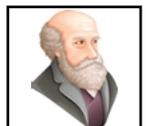
$$2pq = 2 \times 0,70 \times 0,30 = 0,42 = Ss \text{ (42 \% de la population)}$$

$$p^2 = 0,30^2 = 0,09 = ss \text{ (9 \% de la population atteinte de drépanocytose)}$$

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

$$0,49 + 0,42 + 0,09 = 1$$

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 le fait que les allèles récessifs ne disparaissent pas d'une population, même si le nombre d'individus ayant la condition homozygote récessive est très bas.



- ☞ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à compléter un cadre de concept pour décrire le principe de Hardy-Weinberg (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.23-11.26).

Activité de laboratoire – le principe de Hardy-Weinberg (S3, S5)

Diverses activités de laboratoire intègrent l'équation de Hardy-Weinberg dans leurs simulations de la génétique des populations (voir *Biologie 11-12*, p. 686-687, *Biologie 12*, p. 374-375, ou ☞ l'annexe 18). Le corrigé de l'annexe 18 figure à ☞ l'annexe 19.

- ☞ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer les réponses que l'élève a fournies aux questions posées. On peut aussi demander aux élèves de résumer ce qu'ils ont fait pour l'activité, d'expliquer l'objectif de l'activité, de décrire les résultats et ce qu'ils signifient, de décrire ce qui n'est pas encore clair et de noter au moins deux nouvelles choses qu'ils ont appris lors de cette activité (Keeley, 2008, p. 172-173).

Enseignement direct – le changement dans un pool génétique (C1)

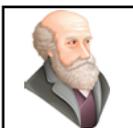
Utiliser des diagrammes et l'équation de Hardy-Weinberg pour démontrer comment les fréquences d'allèles dans une population fondatrice peuvent évoluer différemment de la population parente (voir *Biologie 11 STSE*, p. 352-360, *Biologie 11-12*, p. 689-697, ou *Biologie 12*, p. 377-386).

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 ☞ l'annexe 17 du regroupement 1);
- la myopathie des ceintures chez les Huttérites du Manitoba;
- la rétinite pigmentaire dans l'île de Tristan da Cunha;
- la chondrodysplasie ou maladie d'Ellis-van Creveld dans la communauté amish de Pennsylvanie.

- 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, 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.

Grâce au résultat d'apprentissage B12-3-08, les élèves connaîtront 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.



- ✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Demander aux élèves de compléter un billet de sortie décrivant les points les plus importants qui ont contribué à leur compréhension.

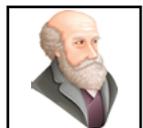
En fin

Étude de cas (C2, P3)

Voir ① l'annexe 20, qui présente une étude de cas sur la grue blanche.

- ✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Le corrigé de l'annexe 20 figure à ① l'annexe 21. Évaluer si les réponses des élèves sont logiques et exactes.

Pour plus de détails sur la grue blanche, consulter le site d'Environnement Canada au http://www.sararegistry.gc.ca/species/speciesDetails_f.cfm?sid=34.



Bloc H : La spéciation

L'élève sera apte à :

- 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;*
RAG : D1, E2
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie, *par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;*
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie, *par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;*
RAG : D1
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G3** évaluer les processus individuels et collectifs employés.
RAG : C2, C4, C7

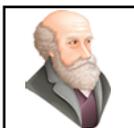
Stratégies d'enseignement suggérées

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.

Si désiré, discuter avec les élèves la définition d'espèce (voir B12-4-02, pour des informations supplémentaires). Le biologiste Ernst Mayer définissait une espèce comme étant une communauté reproductrice de populations (isolées des autres du point de vue reproductif) qui occupent une niche écologique particulière dans la nature.



En quête

Stratégie Jigsaw - la spéciation allopatrique (C2, G1, G3)

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.

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.



- 📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à compléter une évaluation de leur travail de groupe à l'aide de 📄 l'annexe 21 du regroupement 1.

Enseignement direct - la spéciation (C1)

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 (voir *Biologie 11 STSE*, p. 362-369, ou *Biologie 12*, p. 398-403. Utiliser la stratégie « pause de trois minutes » (Keeley, p. 195) pour donner aux élèves du temps de réflexion après des séquences d'enseignement. Donner trois minutes aux élèves pour qu'ils puissent résumer, clarifier ou discuter de leur compréhension avec un partenaire ou en petit groupe. Utiliser un minuteur pour permettre aux élèves de surveiller le temps. Une fois les trois minutes écoulées, continuer les explications.

- 📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Poser la question suivante aux élèves à la fin de la leçon :

- *Comment votre compréhension de la spéciation a-t-elle changé suite aux informations présentées?*

Les élèves peuvent discuter en petit groupe et ensuite noter leurs réflexions dans leur carnet scientifique.

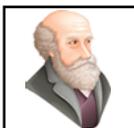
En fin

Schéma conceptuel sur la spéciation (C2)

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 terme 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, etc.).

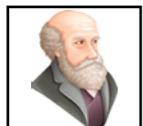
- 📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer si la disposition et les liens des schémas conceptuels sont logiques, et si les termes sont utilisés à bon escient.



Bloc I : L'évolution convergente et divergente

L'élève sera apte à :

- B12-3-11** à l'aide d'exemples, faire la distinction entre l'évolution convergente et l'évolution divergente (rayonnement adaptatif);
RAG : D1, E1
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements,
par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence, l'objectivité, les préjugés;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R3** citer ou noter des références bibliographiques selon les pratiques acceptées;
RAG : C2, C6
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte.
RAG : C5, C6



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 (C1)

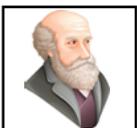
Obtenir des spécimens d'ailes d'oiseaux (dindon, poulet, canard) et des spécimens d'ailes d'insectes (papillons, papillons de nuit). Utiliser les ailes d'oiseaux pour illustrer des structures homologues. Décrire la structure et la fonction d'une aile d'oiseau et demander aux élèves de reconnaître les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

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.



✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à comparer les ailes d'oiseaux avec des ailes d'insectes et de noter leurs idées. 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. Revoir les réponses des élèves afin de vérifier leur compréhension.

Enseignement direct - l'évolution convergente et divergente (C2)

Comparer l'évolution divergente et convergente en mettant l'accent sur les principales différences entre les deux mécanismes. Intégrer des exemples à la discussion (voir *Biologie 11 STSE*, p. 370, ou *Biologie 12*, p. 411-412).

✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à relever, à l'aide d'un cadre de comparaison, les ressemblances et les différences entre l'évolution convergente et divergente (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.15-10.18).

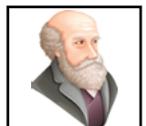
En fin

Recherche - les structures homologues et analogues (C2, R1, R2, R3, R4)

Proposer aux élèves de faire une recherche pour présenter des exemples de structures homologues et analogues (p. ex., l'aile d'une bernache, l'aile d'une chauve-souris et l'aile d'un moustique). Préciser que cette recherche devrait comprendre :

- 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.

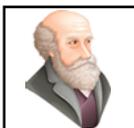
✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Élaborer des critères d'évaluation avec les élèves et évaluer les rapports selon ces critères. Voir @ l'annexe 3 du regroupement 1 pour des informations sur la co-construction de critères.



Bloc J : La vitesse de l'évolution

L'élève sera apte à :

- B12-3-12** faire la distinction entre les deux modèles sur la vitesse du changement évolutif, soit l'équilibre intermittent et le gradualisme;
RAG : D1, E3
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-G2** susciter et clarifier des questions, des idées et des points de vue divers lors d'une discussion, et y réagir;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-N1** décrire le rôle des données dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles données sont présentées.
RAG : A2



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?

Donner aux élèves l'occasion de discuter en petit groupe, puis de noter leurs réflexions dans leur carnet scientifique

En quête

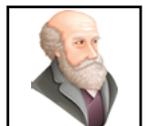
Discussion - À quelle vitesse l'évolution se déroule-t-elle? (C2, G2)

Mener une discussion au sujet de la vitesse de l'évolution. 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).



- ✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à relever, à l'aide d'un cadre de comparaison, les ressemblances et les différences entre le gradualisme et l'équilibre intermittent (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.15-10.18).

Enseignement direct – la vitesse de l'évolution (C1)

À l'aide d'illustrations, faire la différence entre les deux modèles portant sur le rythme des changements évolutifs (voir *Biologie 11 STSE*, p. 371, *Biologie 12*, p. 414-416, ou @ l'annexe 22). 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.

- ✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Proposer aux élèves de compléter un billet de sortie (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.9 et 13.10). Voici des exemples de questions :

- Décrivez les questions les plus importantes ayant été soulevées selon vous durant la leçon.
- Qu'avez-vous appris durant cette leçon?
- Avez-vous encore des questions par rapport à la leçon? Lesquelles?

En fin

Questions de réflexion sur la vitesse de l'évolution (C2, R4, N1)

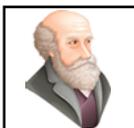
Poser les questions suivantes aux élèves :

- 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?

Leur demander de noter leurs réponses dans leur carnet scientifique.

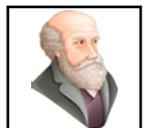
- ✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer si les réponses des élèves sont logiques.
Réponses possibles :

- 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 d'organismes transitoires (ou chaînons manquants) entre les espèces dans les études sur les fossiles parce que ces formes sont rares.



LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Guide d'anticipation.....	3.54
ANNEXE 2 : Guide d'anticipation – Corrigé	3.55
ANNEXE 3 : La nature des sciences et l'évolution	3.56
ANNEXE 4 : L'histoire de Charles Darwin	3.57
ANNEXE 5 : Stratégie PPPST – rédaction créative.....	3.58
ANNEXE 6 : Simulation de sélection naturelle.....	3.59
ANNEXE 7 : Simulation de sélection naturelle – Renseignements pour l'enseignant.....	3.61
ANNEXE 8 : Les adaptations – Renseignements pour l'enseignant.....	3.63
ANNEXE 9 : Sélection naturelle dans un bol à bonbons	3.64
ANNEXE 10 : Sélection naturelle chez <i>Legocarnivora</i>	3.66
ANNEXE 11 : Sélection naturelle chez <i>Legocarnivora</i> – Réponses	3.70
ANNEXE 12 : J'examine un plant de trèfle à feuille rayées – une étude de cas sur la sélection naturelle	3.71
ANNEXE 13 : Les effets de la sélection sur la variation – Renseignements pour l'enseignant	3.79
ANNEXE 14 : Recherche sur la variation.....	3.80
ANNEXE 15 : Recherche sur la variation – Réponses.....	3.82
ANNEXE 16 : Étude de cas – Où sont passés tous les trèfles à quatre feuilles?.....	3.83
ANNEXE 17 : Où sont passés tous les trèfles à quatre feuilles? – Réponses	3.84
ANNEXE 18 : Investigation – Le principe Hardy-Weinberg	3.85
ANNEXE 19 : Le principe Hardy-Weinberg – Réponses	3.87
ANNEXE 20 : Étude de cas – Goulot d'étranglement dans une population (espèce menacée).....	3.88
ANNEXE 21 : Goulot d'étranglement dans une population (espèce menacée) – Réponses.....	3.89
ANNEXE 22 : La vitesse de l'évolution.....	3.90

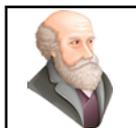


ANNEXE 1 : Guide d'anticipation*

Lis les énoncés suivants et indique pour chacun d'eux s'ils sont vrais ou faux, d'après l'idée que tu as de l'utilisation et de la compréhension du terme évolution par les biologistes aujourd'hui. Tu n'as PAS besoin d'être D'ACCORD avec l'énoncé pour indiquer qu'il est vrai, il faut répondre selon ce que tu crois être le point de vue des biologistes.

Énoncés	Ta réponse (vrai ou faux)
L'évolution a été proposée et expliquée pour la première fois par Charles Darwin.	
L'évolution a fait l'objet de nombreuses vérifications et a toujours été appuyée par des preuves.	
L'évolution est quelque chose qui se passe sur le plan individuel.	
L'évolution est un processus qui inclut l'origine de la vie.	
L'évolution est un fait scientifique.	
L'évolution, c'est la même chose que la sélection naturelle.	
L'évolution n'est qu'une théorie.	
L'évolution est quelque chose qui appartient au passé, elle ne se produit plus aujourd'hui.	
L'évolution fournit une explication à la formation de structures complexes comme l'œil.	
La science peut déduire ce qui est arrivé dans le passé, à partir de faits.	

* University of Indiana, « Evolution Survey », *Evolution and the Nature of Science Institutes*, <http://www.indiana.edu/~ensiweb/lessons/unt.ev.f.html>. Adaptation autorisée par la University of Indiana.

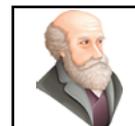


ANNEXE 2 : Guide d'anticipation – Corrigé*

Le but du questionnaire est de déterminer le degré de compréhension du sujet des élèves de la classe afin de pouvoir examiner les idées fausses. Dans tous les énoncés ci-dessous, *évolution* désigne l'évolution biologique. Lis les énoncés suivants et indique pour chacun d'eux s'ils sont vrais ou faux, d'après l'idée que tu as de l'utilisation et de la compréhension du terme *évolution* par les biologistes aujourd'hui. Tu n'as PAS besoin d'être D'ACCORD avec l'énoncé pour indiquer qu'il est vrai, il faut répondre selon ce que tu crois être le point de vue des biologistes.

Énoncés	Ta réponse (vrai ou faux)
L'évolution a été proposée et expliquée pour la première fois par Charles Darwin.	FAUX : D'autres personnes avaient déjà proposé l'idée que les espèces changent au fil du temps.
L'évolution a fait l'objet de nombreuses vérifications et a toujours été appuyée par des preuves.	VRAI : La somme des preuves de l'évolution est considérable et continue de grossir. Toutes les observations effectuées appuient l'évolution.
L'évolution est quelque chose qui se passe sur le plan individuel.	FAUX : L'évolution se fait au sein des populations, et non chez les individus.
L'évolution est un processus qui inclut l'origine de la vie.	FAUX : L'évolution traite uniquement de l'origine des espèces.
L'évolution est un fait scientifique.	VRAI : On a pu observer directement l'évolution; il n'existe aucune preuve à l'encontre de l'évolution.
L'évolution, c'est la même chose que la sélection naturelle.	FAUX : La sélection naturelle est une théorie qui explique le mécanisme de l'évolution.
L'évolution n'est qu'une théorie.	FAUX : L'évolution est un fait prouvé scientifiquement. Il s'agit d'un phénomène observable.
L'évolution est quelque chose qui appartient au passé, elle ne se produit plus aujourd'hui.	FAUX : L'évolution est un phénomène constant.
L'évolution fournit une explication à la formation de structures complexes comme l'œil.	VRAI : L'évolution n'est pas un fait de hasard ou un accident, elle dépend de certains facteurs.
La science peut déduire ce qui est arrivé dans le passé, à partir de faits.	VRAI : Il n'y a pas d'observations empiriques d'une forme de vie, existante ou disparue, pour laquelle l'évolution ne peut pas fournir une explication.

* University of Indiana, « Evolution Survey », *Evolution and the Nature of Science Institutes*, <http://www.indiana.edu/~ensiweb/lessons/unt.ev.f.html>. Adaptation autorisée par la University of Indiana.

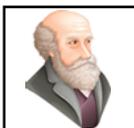


Annexe 3 : La nature des sciences et l'évolution

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.

Les élèves devraient comprendre 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 explications qui ne sont pas fondées sur des données empiriques ne font pas partie du domaine des sciences, donc ne sont pas traitées dans un cours de sciences de la nature. Les scientifiques peuvent avoir leurs opinions personnelles sur ces autres questions, mais les recherches scientifiques ne peuvent y répondre.



Annexe 4 : L'histoire de Charles Darwin

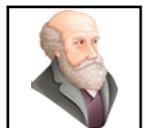
L'histoire de Charles Darwin est fascinante. Bien qu'il soit associé à l'étude de la biologie, ce chercheur était en fait diplômé en théologie de l'Université de Cambridge. Il avait commencé des études en médecine, mais décida de changer d'orientation quand il se rendit compte qu'il ne pouvait supporter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



Annexe 5 : Stratégie PPPST – rédaction créative

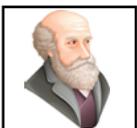
Introduction

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 pourraient être accrochées à une carte du monde, retraçant le voyage du *Beagle*.



ANNEXE 6 : Simulation de sélection naturelle

Introduction

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.

Objectif

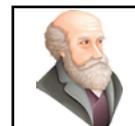
Cette simulation vous permettra de modéliser la sélection naturelle en utilisant divers outils pour « saisir les aliments ».

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
- béccher de 50 mL

Démarche

1. Procure-toi un plateau à dissection contenant 100 haricots séchés pour le groupe, ainsi qu'un béccher de 250 mL pour chaque membre du groupe.
2. L'enseignant donnera à chaque membre du groupe un ustensile. Il est important d'utiliser l'ustensile comme dans la démonstration. Tiens l'ustensile avec une main et le béccher à plat sur la table avec l'autre main.
3. Il y aura quatre essais pour cette activité. Chaque fofou devra manger au moins 20 haricots pour survivre.
4. Lorsque l'essai commence, tu dois utiliser l'outil pour saisir les haricots dans le plateau et les déposer dans ton béccher. Les fofous qui ne réussiront pas à attraper au moins 20 haricots mourront.
5. Compte le nombre de haricots « mangés » par chaque fofou dans ton groupe et note les résultats dans le tableau qui suit.
6. Répète pour trois autres essais, notant chaque fois les résultats dans le tableau.

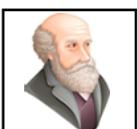


Observations

Élève	Type d'ustensile	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4

Analyse et conclusion

1. Quel type de fougou était le mieux adapté à son environnement? Explique ta réponse.
2. Comment la forme de la bouche peut-elle faire varier le taux de survie des fougous?
3. Qu'arrive-t-il aux fougous qui ne peuvent pas soutenir la concurrence autant que les autres fougous?
4. Comment le scénario des fougous peut-il servir de modèle de sélection naturelle?



Annexe 7 : Simulation de sélection naturelle – Renseignements pour l'enseignant

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.

Objectif

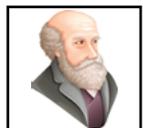
Cette simulation permet aux élèves de modéliser la sélection naturelle en utilisant divers outils pour « saisir les aliments ».

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
- béciers de 250 mL

Démarche

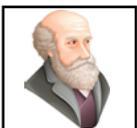
1. Rappeler aux élèves qu'ils doivent placer exactement 100 haricots secs dans leur plateau.
2. Donner à chaque élève un outil et un petit bécier ou une boîte de Pétri. S'assurer qu'il y a au moins deux outils différents dans chaque groupe d'élèves. Ne donner que deux ou trois cuillères à la classe durant 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. Les élèves ne peuvent pas lever ou incliner le bécier. Ce dernier doit demeurer à plat sur la table.
3. 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.
4. Pour le premier essai, laisser aux élèves une minute pour saisir les haricots. Discuter avec les élèves des résultats de l'essai et faire des liens aux concepts de compétition, de variation et d'adaptation.
5. 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.



6. 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. Revoir le processus de sélection naturelle et d'extinction avec les élèves en lien avec les résultats de l'activité.

Analyse et conclusion

1. Quel type de fufou était le mieux adapté à son environnement? Explique ta réponse (*Ceux avec la cuillère, car ils ont pu survivre et se reproduire.*)
2. 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, donc ce sont eux qui survivent et se reproduisent.*)
3. 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. Ils ne peuvent pas obtenir assez de nourriture pour survivre.*)
4. 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 car ils ne survivent pas, donc ne se reproduisent pas. Finalement, tous les fufous avec d'autres types de bouches vont disparaître et une nouvelle espèce va émerger – les fufous-cuillères.*)



ANNEXE 8 : Les adaptations – Renseignements pour l'enseignant

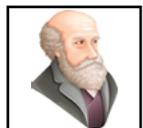
Les adaptations peuvent être de nature comportementale, physiologique ou structurale. Les adaptations comportementales sont liées à la façon dont les organismes réagissent à leur environnement. La migration saisonnière du monarque, des oiseaux et du caribou, l'hibernation chez l'ours et le thamnophis (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 évents des baleines et des dauphins sont des narines 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 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.



Annexe 9 : Sélection naturelle dans un bol à bonbons*

Introduction

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

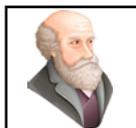
- grand bol de bonbons
- variété de bonbons de différentes formes, tailles, marques, saveurs et couleurs. Il doit y avoir au moins deux sortes de bonbons populaires (comme les Hershey's kisses, Starburst) pour chaque élève et plein de bonbons moins populaires (p. ex., bonbons à la réglisse).
- Éviter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

Démarche

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.

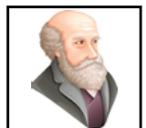


6. Donc, parce qu'il y avait différentes sortes de bonbons avec différentes caractéristiques, certains bonbons ont été mangés et d'autres ont « survécu ». C'est ce que produit la sélection naturelle dans une population. Chaque individu possède des caractéristiques uniques, certaines qui aident à sa survie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

Carol TANG, « Candy Dish Selection », *VCMP Lessons*, 2003, http://www.ucmp.berkeley.edu/education/lessons/candy_dish.html (consulté le 17 juillet 2017). Traduction autorisée par la University of California Museum of Paleontology.



ANNEXE 10 : 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 faces
- un sou
- mètres

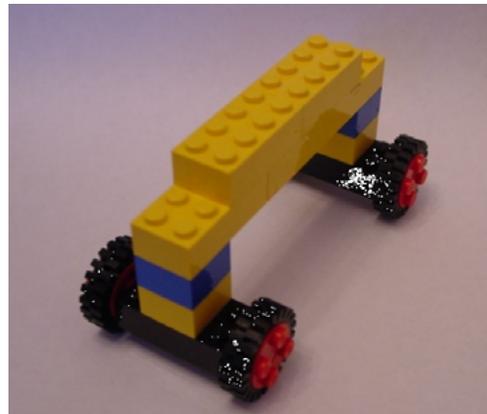


Figure 1 : *Legocarnivora*

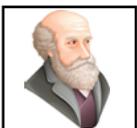
Démarche

Partie A : Génération parentale

1. Bâti le *Legocarnivora* parent. Au-dessus de chaque paire de roues, place deux blocs Lego 2 x 2. Fixe les deux paires de roues surmontées de blocs au moyen du bloc 2 X 12 (figure 1).
2. Installe la rampe d'essai avec une pente de 25° à 35°. Assure-toi qu'il y a assez d'espace au bas de la rampe pour que le *Legocarnivora* puisse rouler jusqu'à 2 mètres.
3. Fais rouler le *Legocarnivora* parent sur la rampe. Mesure la distance roulée au bas de la rampe et inscris-la dans le tableau de données.
4. Répète l'étape 3 une autre fois. Calcule 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. Fais rouler le descendant 1 sur la rampe (c.-à-d. se servir du parent). Mesure la distance parcourue à partir du bas de la rampe et inscris-la dans le tableau. Fais un deuxième essai et calcule la moyenne des résultats.



3. Modifie ensuite le descendant 1 pour créer le descendant 2. Tire à pile ou face. Si le sou tombe sur face, modifie le devant du *Legocarnivora*. S'il tombe sur pile, modifie l'arrière du *Legocarnivora*.
4. Fais rouler un dé et utilise le tableau ci-dessous pour déterminer comment modifier le descendant 1 pour créer le descendant 2.

Tableau 1 : Modifications du Legocarnivora

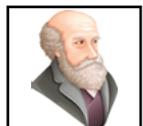
Numéro sur le dé	Modification
1	ajoute un bloc 2 x 2 au-dessus des roues
2	ajoute deux blocs 2 x 2 au-dessus des roues
3	ajoute trois blocs 2 x 2 au-dessus des roues
4	enlève un bloc 2 x 2 au-dessus des roues
5	enlève deux blocs 2 x 2 au-dessus des roues
6	enlève trois blocs 2 x 2 au-dessus des roues

Si à un moment donné la modification n'est pas possible, alors le *Legocarnivora* « meurt ».

5. Bâtis le descendant 2 et fais-le descendre sur la rampe. Mesure la distance parcourue à partir du bas de la rampe et inscris-la dans le tableau. Répète l'essai et calcule la moyenne des résultats.
6. Recrée le *Legocarnivora* parent. Joue à pile ou face et fais rouler le développement pour déterminer les modifications nécessaires pour créer le descendant 3 à partir du *Legocarnivora* parent.
7. Bâtis le descendant 3 et fais-le descendre la rampe. Mesure la distance parcourue depuis le bas de la rampe et inscris-la dans le tableau. Répète l'essai et calcule la moyenne des résultats.

Partie C : Générations suivantes

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

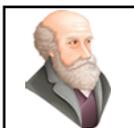


Observations

Tableau de données

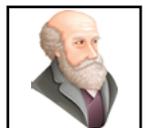
<i>Legocarnivora</i>	Pile ou face	Dé	Nombre de blocs avant	Nombre de blocs arrière	Distance parcourue		
					Essai 1	Essai 2	moyenne
<i>Parent</i>	S/O	S/O	2	2			
Génération 1							
Descendant A							
Descendant B							
Descendant C							
Génération 2							
Descendant A							
Descendant B							
Descendant C							
Génération 3							
Descendant A							
Descendant B							
Descendant C							
Génération 4							
Descendant A							
Descendant B							
Descendant C							
Génération 5							
Descendant A							
Descendant B							
Descendant C							
Génération 6							
Descendant A							
Descendant B							
Descendant C							
Génération 7							
Descendant A							
Descendant B							
Descendant C							
Génération 8							
Descendant A							
Descendant B							
Descendant C							
Génération 9							
Descendant A							
Descendant B							
Descendant C							
Génération 10							
Descendant A							
Descendant B							
Descendant C							

Masse du *Legocarnivora* qui a roulé le plus loin : _____



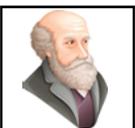
Analyse et conclusions

- Quel agencement de roues a produit le *Legocarnivora* qui a roulé le plus loin?
C'est le modèle optimal.
 - À quelle génération ce modèle est-il apparu?
- T'attendais-tu à un autre résultat? Pourquoi?
- Selon toi, quels facteurs font varier la distance parcourue par le *Legocarnivora*?
- Parmi les facteurs mentionnés, lequel est lié à l'environnement?
 - Quel effet un changement dans l'environnement aurait-il sur le modèle optimal de *Legocarnivora*?
 - Monte une expérience pour vérifier cette prédiction.
- 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?
 - Prépare une expérience pour vérifier cette prédiction.
- Pourquoi serais-tu porté à utiliser le *Legocarnivora* qui a parcouru la plus grande distance comme parent de la nouvelle génération?
- 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?
- Comment la variation prépare-t-elle le terrain pour la sélection naturelle?



ANNEXE 11 : 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 12 : J'examine un plant de trèfle à feuille rayées – Une étude de cas sur la sélection naturelle*

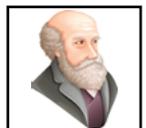
Objectifs d'apprentissage

- Comprendre le processus de la sélection naturelle et l'importance des adaptations liées à un environnement.
- Développer une compréhension des concepts suivants : *la variation, la sélection naturelle, la valeur adaptative, la pression de sélection, l'évolution et l'adaptation.*
- Se servir de ces termes dans un paragraphe pour décrire la fréquence de deux variétés de trèfle rampant.
- Prédire la distribution du trèfle cyanogénétique dans tel ou tel microhabitat.
- Acquérir des compétences relatives aux méthodes scientifiques et pouvoir proposer des hypothèses et des justifications afin d'expliquer la fréquence des deux variétés de trèfle rampant.
- Préparer des expériences pour vérifier des hypothèses et décrire les données qui appuieraient ces hypothèses.
- Comprendre les renseignements fournis par des figures et des tableaux et en faire la synthèse.
- Pouvoir déterminer le coefficient de sélection et la valeur adaptative relative des différentes sortes de trèfle dans divers habitats.
- Comprendre ce que signifient la valeur du coefficient de sélection et la valeur adaptative relative sur le plan de l'action de la sélection naturelle sur les plants de trèfle.

Partie I – J'examine...

Le trèfle rampant (*Trifolium repens*), une petite plante vivace, pousse partout dans le monde et compte deux variétés. Une variété a les feuilles entièrement vertes (*feuilles unies*) et l'autre a des feuilles vertes qui portent une rayure blanche bien visible (*feuilles rayées*).

On retrouve les deux variétés de trèfle rampant (celle aux feuilles unies et celle aux feuilles rayées) sur les côtes de Long Island, à New York. La plus grande partie de Long Island se situe seulement quelques pieds au-dessus du niveau de la mer. Une suite de collines basses et herbeuses séparées par des dépressions peu profondes s'étendent derrière les dunes qui donnent sur l'océan. Ces dépressions peu profondes s'étendent jusqu'à la nappe phréatique, donc elles ont tendance à rester humides toute l'année et ne gèlent pas l'hiver. L'eau s'écoule rapidement des collines basses, qui ont tendance à s'assécher plusieurs fois au cours d'une année et à geler l'hiver. L'habitat dans les dépressions peu profondes est particulièrement propice aux mollusques (les escargots et les limaces) qui se nourrissent de trèfle. Une sorte de trèfle se trouve surtout dans les dépressions peu profondes alors que l'autre pousse principalement sur les collines basses.



À la fin de l'étude de cas, nous reviendrons à New York et il faudra prédire quelle sorte de trèfle rampant est la plus abondante dans chacun des microhabitats. Mais étudions d'abord l'abondance de ces deux sortes de trèfle à une plus grande échelle. La figure 1 montre la fréquence relative des variétés de trèfle rampant au Minnesota et en Caroline du Nord. Le tableau 1 fournit des renseignements additionnels sur le Minnesota et la Caroline du Nord.

Figure 1. Fréquence relative du trèfle à feuilles unies et du trèfle à feuilles rayées dans deux habitats différents

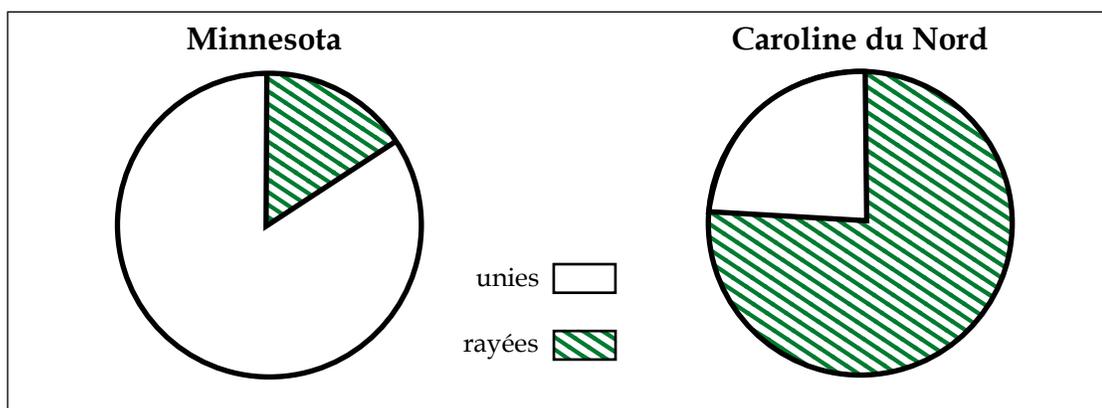
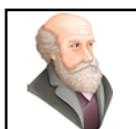


Tableau 1. Facteurs physiques et écologiques d'habitats représentatifs du Minnesota et de la Caroline du Nord

	Minnesota	Caroline du Nord
Latitude	entre 43° N et 49° N	entre 34° N et 36° N
Altitude moyenne	0,365 km	0,213 km
Plage de températures mensuelles moyennes	-19,4 °C à 28,6 °C	-2,6 °C à 31,3 °C
Température maximale	45,6 °C	43,3 °C
Température minimale	-51 °C	-37 °C
Nombre moyen de jours où le maximum est supérieur à 32 °C*	14	38
Nombre moyen de jours où le minimum est inférieur à 0 °C*	154	75
Précipitations annuelles moyennes	66 à 76 cm	107 à 117 cm
Présence d'herbivores (mollusques, p. ex., les escargots, les limaces)	Petite population, n'est pas présente l'hiver	Population importante et active, présente toute l'année
Données de Netstate.com et de la National Oceanic and Atmospheric Administration. *Données pour les capitales (St. Paul, Minnesota et Raleigh, Caroline du Nord). [Traduction libre]		



Exercice 1

L'habitat est le lieu où vit un organisme et les conditions de vie qu'offrent ce lieu. L'habitat se compose de facteurs physiques comme la température, le type de sol, la nourriture et l'eau, ainsi que de facteurs biologiques comme la présence d'herbivores, la concurrence pour la nourriture et les maladies. À l'aide des renseignements du tableau 1, résume brièvement les caractéristiques de l'habitat du trèfle rampant dans chaque État.

Partie II - Du trèfle qui porte malchance

Certaines variétés de trèfle rampant produisent du cyanure, un puissant poison. Deux produits géniques sont nécessaires pour produire du cyanure actif. Un gène code un complexe de cyanure inactif et de sucre qui est emmagasiné dans le cytoplasme de la cellule végétale. Un autre gène code une enzyme qui détache le sucre afin de libérer le cyanure. Cette enzyme est emmagasinée dans la paroi cellulaire. De manière générale, le trèfle à feuilles rayées contient du cyanure et celui à feuilles unies n'en contient pas.

Quand la température reste sous zéro, les membranes cellulaires végétales (qui entourent les organites et la cellule) peuvent éclater. C'est pourquoi les parties des plantes situées au-dessus du sol meurent dans les climats froids. Toutefois, les cellules des racines sont moins susceptibles d'éclater parce qu'elles se trouvent sous terre et stockent souvent des sucres, ce qui les protège du gel (exactement comme le fait l'antigel). Ces caractéristiques permettent aux plantes vivaces de survivre et de se remettre à pousser au printemps. Tout comme le gel, les herbivores peuvent endommager les cellules végétales. En mangeant une feuille, les herbivores détruisent les membranes et les organites des cellules qui la composent.

Exercice 2

- Selon toi, pourquoi les deux produits géniques sont-ils emmagasinés dans des parties différentes de la cellule?
- Suggère au moins deux scénarios possibles dans la nature où ces produits pourraient se retrouver ensemble et produiraient du cyanure actif.
- Suggère une raison pour laquelle un plant de trèfle pourrait produire du cyanure. En d'autres mots, quel avantage aurait un plant à produire du cyanure? Suggère aussi un possible désavantage de produire du cyanure. Se peut-il qu'il n'y ait aucun avantage à en produire?
- L'organisme doit dépenser de l'énergie pour créer une structure particulière, par exemple, une rayure sur une feuille de trèfle unie. Pourquoi un plant de trèfle qui produit du cyanure produirait-il des feuilles rayées?
- Afin de pousser plus loin la réflexion, étudie les résultats d'expériences fictives notés au tableau 2. Dans chaque situation, on a placé des escargots qui venaient d'un milieu sauvage où poussaient les deux sortes de trèfle dans une boîte de Petri qui contenait différentes sortes de trèfle. Quelle est ton interprétation de chaque résultat? Inscris tes interprétations dans le tableau.

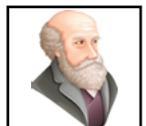


Tableau 2. Interprétations des résultats d'expériences fictives avec des escargots et du trèfle

<i>Sorte de trèfle offerte aux escargots</i>	<i>Réaction des escargots</i>	<i>Interprétation</i>
Feuilles unies	Mangent les feuilles	
Feuilles rayées et feuilles unies	Mangent les feuilles unies	
Feuilles rayées	Ne mangent pas de feuilles	
Feuilles unies avec une rayure peinte	Ne mangent pas de feuilles	

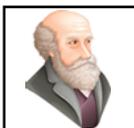
Exercice 3

Afin de comprendre pourquoi on trouve plus souvent du trèfle à feuilles rayées qui produit du cyanure en Caroline du Nord qu'au Minnesota, tu dois tenir compte de la *valeur adaptative* de chaque variété dans les différents habitats qui existent dans les deux États. La valeur adaptative est déterminée par la capacité d'un organisme à survivre, à grandir et à se reproduire dans un habitat donné. Tu as probablement déjà entendu l'expression « survivance des plus aptes ». Cependant, si un organisme est incapable de grandir et de se reproduire, il ne pourra transmettre aucun de ses allèles (informations géniques) à des descendants. Un organisme dont la valeur adaptative est élevée se développe bien dans son habitat et transmet ses allèles favorables à ses descendants quand il se reproduit.

Retourne à l'exercice 1 et revois tes descriptions d'habitats. Réfléchis sur les facteurs importants de la valeur adaptative de la plante. Puis, énumère les différences écologiques entre la Caroline du Nord et le Minnesota qui pourraient avoir un effet sur la valeur adaptative de chaque variété. En d'autres mots, quels facteurs pourraient favoriser la croissance, la survie et la reproduction de la plante dans chacun des habitats et quels facteurs pourraient y nuire?

Nous pouvons exprimer la valeur adaptative et la sélection sous forme de nombres qui nous indiquent non seulement si un organisme a une valeur adaptative supérieure à celle d'un autre organisme, mais aussi les chances de survie et de reproduction d'un organisme par rapport à celles d'un autre. Il n'est pas toujours possible de trouver la valeur adaptative absolue, mais nous pouvons souvent calculer la valeur adaptative relative. Pour chaque variété de l'organisme, nous prenons une donnée liée à la valeur adaptative, par exemple, le pourcentage d'individus de la variété étudiée que l'on retrouve à la génération suivante. Nous divisons ensuite le résultat obtenu pour chaque variété par le résultat le plus élevé. Donc, les organismes dont la valeur adaptative est la plus élevée auront une valeur adaptative relative de 1,0, tandis que les autres organismes auront une valeur adaptative relative inférieure à 1,0, mais supérieure ou égale à zéro.

Voici un exemple de calcul de la valeur adaptative relative tiré d'une étude bien connue de Bernard Kettlewell (Kettlewell, 1955, 1956) sur les phalènes du bouleau (*Biston betularia*).



Il y a deux différentes formes (en gros, foncée et claire) de phalènes, et Kettlewell les a étudiées dans deux types d'environnement, des forêts polluées où l'écorce des arbres est foncée et des forêts non polluées où l'écorce des arbres est claire. Il avait formulé l'hypothèse que la couleur de la phalène détermine la facilité avec laquelle les prédateurs peuvent la repérer, donc que la valeur adaptative des phalènes de couleur foncée devrait être plus élevée que celle des phalènes de couleur claire dans les forêts polluées et vice versa.

Afin de mettre son hypothèse à l'épreuve, il a marqué des phalènes des deux variétés et les a libérées dans les deux environnements. Plus tard, il a capturé des phalènes des deux environnements et a compté les phalènes marquées qu'il avait pu récupérer. Voici ses résultats (tableau 3).

Tableau 3. Taux de survie des phalènes de couleur foncée et de couleur claire dans les forêts non polluées et polluées

	Forêts non polluées			Forêts polluées		
	Phalènes relâchées	Phalènes recapturées	% de phalènes recapturées	Phalènes relâchées	Phalènes recapturées	% de phalènes recapturées
Phalènes de couleur foncée	406	19	4,7	447	123	27,5
Phalènes de couleur claire	393	54	13,7	137	18	13,1

Selon toi, pourquoi Kettlewell n'a-t-il pas recapturé toutes les phalènes marquées? Selon les données, quelles phalènes avaient la valeur adaptative la plus élevée dans la forêt non polluée? Dans la forêt polluée?

À présent, nous pouvons calculer la valeur adaptative relative de chaque variété de phalène dans chaque environnement. Nous pouvons considérer que le pourcentage d'individus recapturés reflète le taux de survie. Dans la forêt non polluée, les phalènes de couleur claire sont les mieux adaptées, donc nous divisons chaque pourcentage de phalènes recapturées par le pourcentage de phalènes de couleur claire recapturées, c'est-à-dire :

$$\text{Valeur adaptative relative des phalènes de couleur claire} = 13,7/13,7 = 1,0$$

$$\text{Valeur adaptative relative des phalènes de couleur foncée} = 4,7/13,7 = 0,34$$

Calcule la *valeur adaptative relative* des phalènes de couleur foncée et des phalènes de couleur claire dans la forêt polluée.



Une chose que tu as peut-être remarquée est que la différence entre la valeur adaptative relative des phalènes les mieux adaptées et celle des moins bien adaptées n'est pas pareille dans les forêts non polluées et les forêts polluées. On appelle cette différence le coefficient de sélection. Il est possible de calculer cette valeur pour chaque environnement. Voici le calcul pour la forêt non polluée :

$$\text{Forêt non polluée : } s = 1,0 - 0,34 = 0,66$$

Calcule la valeur de s pour la forêt polluée.

Étant donné la valeur plus élevée de s dans la forêt non polluée, la sélection est plus intense dans la forêt non polluée que dans la forêt polluée. Décris ce que veulent dire ces résultats sur le plan de la survie et de la reproduction des phalènes dans chaque environnement.

Partie III – Enquête sur la distribution du trèfle

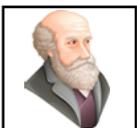
Maintenant que tu as étudié les différents habitats où pousse le trèfle rampant et les facteurs qui ont un effet sur sa valeur adaptative, tu développeras des hypothèses afin d'expliquer la distribution du trèfle à feuilles unies et du trèfle à feuilles rayées. Une hypothèse est une réponse provisoire à une question avec des paramètres bien définis. Cela veut dire qu'une personne a développé une explication d'un événement à partir de données préliminaires, d'observations et possiblement de travaux d'autres scientifiques. Les scientifiques se servent d'observations et de données pour élaborer et justifier leurs hypothèses. L'hypothèse prend la forme d'un énoncé, et non d'une question, et doit être à la fois *vérifiable* (il doit y avoir une façon de vérifier si elle est valide) et *réfutable* (il faut pouvoir démontrer qu'une hypothèse erronée est fausse).

Exercice 4

À partir des données présentées plus haut et des différences entre l'habitat au Minnesota et en Caroline du Nord, propose une hypothèse pour expliquer chacune des observations suivantes : a) au Minnesota, le trèfle à feuilles unies est plus fréquent que celui à feuilles rayées; b) en Caroline du Nord, le trèfle à feuilles rayées qui produit du cyanure est plus fréquent que celui à feuilles unies. Justifie le raisonnement sur lequel s'appuie chacune de tes hypothèses. Précise les variables (les conditions) qui ont un effet sur la fréquence de chaque sorte de trèfle dans chacun des habitats. N'oublie pas d'écrire tes hypothèses sous forme d'énoncés et non de questions.

Exercice 5

Tes hypothèses pour les différents habitats sont-elles les mêmes? Explique pourquoi des individus ou des populations appartenant à la même espèce pourraient présenter différents caractères dans différents habitats. Sers-toi du terme pression de sélection dans ton explication. La pression de sélection désigne l'influence d'un facteur donné sur la capacité d'un organisme à survivre et à se reproduire.



Exercice 6

Après avoir formulé une hypothèse, le scientifique passe à l'étape suivante et vérifie l'hypothèse au moyen d'observations ou d'expériences. Une expérience devrait vérifier une seule variable à la fois et devrait garder le plus possible les autres facteurs constants (ce qui ne veut pas dire qu'ils ne peuvent pas changer, mais qu'ils sont les mêmes pour tous les groupes soumis à l'expérience). Prépare des expériences pour vérifier au moins une hypothèse par habitat.

Exercice 7

Pour chacune des expériences que tu as proposées à l'exercice 6, décris les données qui appuieraient ton hypothèse et celles qui la réfuteraient.

Exercice 8

As-tu une raison de t'attendre à ce que la sélection soit plus intense dans un environnement que dans l'autre? Voici les résultats d'une expérience fictive sur la survie des différentes sortes de trèfle à différents endroits (tableau 4). Ces résultats appuient-ils ou réfutent-ils ton hypothèse?

Tableau 4. Taux de survie du trèfle à feuilles unies et du trèfle à feuilles rayées au Minnesota et en Caroline du Nord (sur la base d'une expérience fictive)

<i>Variété</i>	<i>Taux de survie</i>	
	<i>Minnesota</i>	<i>Caroline du Nord</i>
Feuilles unies	59 %	27 %
Feuilles rayées	13 %	72 %

Calcule la valeur adaptative relative de chaque variété de trèfle à chaque endroit. Calcule le coefficient de sélection (s) à chaque endroit.

Partie IV – Qu'as-tu appris?

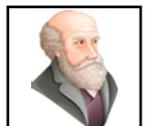
Tu as déjà exploré et appliqué plusieurs concepts de biologie évolutive qui nous aident à comprendre comment les organismes s'adaptent à leurs habitats. Donnons-leur à présent une définition officielle.

Variation : Différences entre les membres d'une espèce; différentes formes du même caractère.

Sélection naturelle : Écart du taux de survie et du taux de reproduction entre des individus qui présentent différentes formes du même caractère.

Évolution : Changement génique qui survient au cours du temps dans une population.

Adaptation : Évolution d'un caractère qui augmente les chances de survie et de reproduction d'un organisme dans un environnement donné.



Exercice 9

- Quels sont des exemples de variation chez le trèfle?
- Consulte la figure 1 qui illustre la fréquence relative du trèfle à feuilles unies et du trèfle à feuilles rayées au Minnesota et en Caroline du Nord. Explique pourquoi la fréquence de chaque sorte de trèfle est différente dans les deux régions.
- L'adaptation du trèfle rampant signifie qu'il y a, au fil du temps, une augmentation de la fréquence de caractères particuliers qui favorisent la survie et la reproduction des membres de la population de trèfle rampant dans un habitat particulier. Quels sont des exemples de possibles adaptations chez le trèfle? N'oublie pas que les adaptations sont propres à un habitat donné.
- Si tu compares les populations de trèfle rampant au Minnesota et en Caroline du Nord, de quelles preuves as-tu besoin pour démontrer qu'il y a eu une évolution?
- Plusieurs facteurs peuvent exercer une pression de sélection sur les différents caractères du trèfle rampant dans chaque habitat. Selon toi, quel facteur exerce la plus grande pression de sélection sur la production ou l'absence de production de cyanure par le trèfle rampant au Minnesota? En Caroline du Nord?

Partie V – As-tu bien compris?

Exercice 10

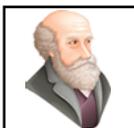
Selon ta compréhension de l'étude de cas du trèfle et des définitions fournies plus haut, lesquels des énoncés suivants sont vrais? Si l'énoncé est vrai ou exact, explique pourquoi et, s'il est faux, corrige-le afin de le rendre vrai.

- L'expression « la survivance des plus aptes » explique en totalité le concept de la sélection naturelle.
- Sans variation, la sélection naturelle ne peut pas avoir lieu.
- L'adaptation est définie en fonction des conditions environnementales locales (p. ex., la chaleur, le froid, les précipitations, la présence de concurrents ou d'herbivores).
- La sélection naturelle se fait au sein des populations, et non chez les individus.

Exercice 11

- Prédis quelle variété de trèfle rampant sera la plus fréquente dans chacun des microhabitats sur Long Island (consulte la partie I).
- Rédige un paragraphe qui décrit la distribution du trèfle dans les microclimats de Long Island en utilisant les termes variation, adaptation, sélection naturelle et évolution. Assure-toi de donner une description complète de chacun de ces termes dans ton paragraphe détaillé.

*Susan EVARTS, Alison KRUFKA et Chester WILSON. « I'm Looking Over a White-Striped Clover – A Natural Selection Case », *National Center for Case Study Teaching in Science*, 2006, http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/collection/detail.asp?case_id=272&id=272 (Consulté le 17 juillet 2017). Traduction autorisée par le National Center for Case Study Teaching in Science.



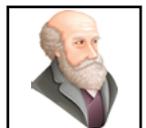
ANNEXE 13 : Les effets de la sélection sur la variation – Renseignements pour l'enseignant

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). 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. 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. 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. 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 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. 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.



ANNEXE 14 : 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

Démarche

1. Obtiens 50 haricots secs. Trouve le haricot le plus gros et le plus petit de l'échantillon.
2. Mesure la longueur du plus petit haricot au millimètre près. Inscris sa longueur dans la première rangée de la colonne des longueurs et fais une coche sur le tableau des données.
3. Mesure la longueur du plus gros haricot au millimètre près. Inscris sa longueur dans la colonne appropriée du tableau, et indique les longueurs intermédiaires. Inscris la longueur du haricot le plus gros dans la dernière rangée de la colonne et fais une coche.
4. Mesure les 48 autres haricots de l'échantillon et fais une coche pour chacun sur le tableau.
5. Compte les coches pour chaque longueur et inscris leur nombre dans la colonne *Total du groupe*.
6. Additionne les totaux pour chaque longueur et inscris ce nombre dans la colonne *Total de la classe*.

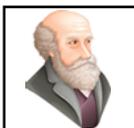
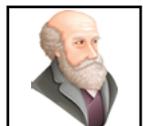


Tableau de données

Longueur (mm)	Coches	Total du groupe	Total de la classe

Analyse et conclusions

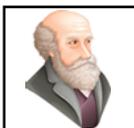
1. Y a-t-il des variations dans la longueur des haricots secs? Utilise des chiffres précis pour appuyer ta réponse.
2. Prépare un histogramme avec les résultats de la classe. Trace le total de la classe sur l'axe des y et la longueur des haricots sur l'axe des x.
3. Comment décrirais-tu la forme de l'histogramme?
4. Quel est l'avantage d'utiliser les résultats de toute la classe plutôt que ceux de ton groupe?
5. Quel serait un désavantage possible pour la survie d'un haricot long?
6. Quel serait un désavantage possible pour la survie d'un haricot plus court?
7. Termine la phrase suivante :
Selon le graphique de la longueur du haricot, plus la valeur de la variation à partir de la longueur moyenne augmente, plus la fréquence de cette variation _____.
8. Si les graines plus longues ont un avantage sélectif, cette sélection serait-elle stabilisatrice, directionnelle ou disruptive? Explique ta réponse



ANNEXE 15 : Recherche sur la variation – Réponses

Analyse et conclusions

1. Y a-t-il des variations dans la longueur des haricots secs? Utilise des données précises pour appuyer ta réponse. *Oui, il y avait une variation dans la longueur des haricots secs. Les données vont varier.*
2. Prépare un histogramme avec les résultats de la classe. Trace le total de la classe sur l'axe des y et la longueur des haricots sur l'axe des x. *Les résultats vont varier, mais on verra généralement une courbe en cloche.*
3. Comment décrirais-tu la forme de l'histogramme? *La forme est une courbe en forme de cloche*
4. Quel est l'avantage d'utiliser les résultats de toute la classe plutôt que ceux de ton groupe? *L'utilisation des résultats de toute la classe donne un plus grand échantillon, qui donne des résultats statistiquement plus précis.*
5. Quel serait un désavantage possible pour la survie d'un haricot long? *Les haricots plus longs pourraient être plus facilement trouvés par les oiseaux et les rongeurs, donc plus souvent mangés.*
6. Quel serait un désavantage possible pour la survie d'un haricot plus court? *Les haricots plus courts pourraient ne pas contenir assez de nutriments pour l'embryon.*
7. Complète la phrase suivante :
Selon le graphique de la longueur du haricot, plus la valeur de la variation à partir de la longueur moyenne augmente, plus la fréquence de cette variation _____. diminue
8. Si les graines plus longues ont un avantage sélectif, cette sélection serait-elle stabilisatrice, directionnelle ou disruptive? Explique ta réponse. *Il s'agirait d'une sélection directionnelle. Les individus à un extrême de la distribution sont favorisés – les haricots longs sont favorisés au détriment des haricots moyens et courts. Au fil du temps, il y aurait de plus en plus de haricots longs et moins d'haricots courts et moyens.*



ANNEXE 16 : 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

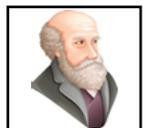
1. Selon toi, qu'est-il arrivé aux trèfles à quatre feuilles?
2. Comment procéderais-tu pour vérifier ton hypothèse?

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.



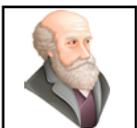
ANNEXE 17 : Où sont passés tous les trèfles à quatre feuilles? - Réponses

Partie 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 18 : Investigation – Le principe Hardy-Weinberg

Introduction

L'équation de Hardy-Weinberg, dont l'expression est $p^2 + 2pq + q^2 = 1$, permet de calculer la fréquence des allèles et des génotypes chez une population. Dans le cadre de cette étude, tu détermineras la fréquence des allèles et des génotypes d'un trait de l'humain.

Objectif

Au cours de l'étude, tu calculeras la fréquence des allèles dominants et des allèles récessifs d'un trait héréditaire. Tu compareras également la fréquence de deux allèles avec la fréquence de leurs phénotypes.

Matériel

- calculatrice

Démarche

1. La capacité de rouler la langue en forme de « U » est contrôlée par un seul gène. Les personnes homozygotes dominantes ou hétérozygotes pour ce trait peuvent rouler la langue en forme de « U ». Celles qui sont homozygotes pour l'allèle récessif en sont incapables. Vois si tu peux rouler ta langue en forme de « U ».
2. Inscris ton phénotype (capable ou incapable de rouler la langue en forme de « U ») sur le tableau de la classe. Note le nombre total de personnes qui peuvent faire cette action et de celles qui en sont incapables dans le tableau de données no 1.
3. À partir des données de la classe, calcule la valeur de q^2 , la proportion d'élèves qui ont le génotype homozygote récessif. Elle équivaut au nombre total d'élèves qui ne peuvent pas rouler la langue en forme de « U » divisé par le nombre total d'élèves dans l'échantillon. Note-la dans le tableau de données n° 2.
4. Calcule la valeur de q , la fréquence de l'allèle récessif, en trouvant la racine carrée de q^2 . Note-la dans le tableau de données n° 2.
5. Trouve la fréquence de l'allèle dominant, p , en utilisant la formule $p = 1 - q$. Note-la dans le tableau de données n° 2.
6. Calcule la valeur de p^2 , la proportion d'élèves qui ont le génotype homozygote. Note-la dans le tableau de données n° 2.
7. Calcule la valeur de $2pq$, la proportion d'élèves qui ont le génotype hétérozygote. Note-la dans le tableau de données n° 2.

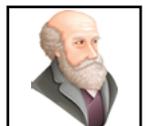


Tableau de données n° 1

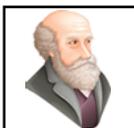
Nombre total d'élèves capables de rouler la langue en forme de « U »	Nombre total d'élèves qui en sont incapables

Tableau de données n° 2

Proportion d'élèves qui ont le génotype homozygote récessif (q^2)	
Fréquence de l'allèle récessif (q)	
Fréquence de l'allèle dominant (p)	
Proportion d'élèves qui ont le génotype homozygote dominant (p^2)	
Proportion d'élèves qui ont le génotype hétérozygote ($2pq$)	

Analyse et conclusions

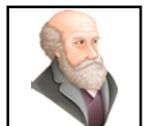
1. Quelle est la fréquence des allèles qui influent sur la capacité de rouler la langue en forme de « U » chez les élèves de la classe?
2. a. Est-ce que q , la fréquence de l'allèle récessif, est plus ou moins élevée que la fréquence des personnes qui présentent le trait récessif?
b. Selon toi, pourquoi est-ce le cas?
3. Si tu demandais à 10 000 personnes d'essayer de rouler leur langue en forme de « U », penses-tu que la fréquence des génotypes chez cette population serait la même que dans la classe? Explique.
4. Si toutes les conditions du principe Hardy-Weinberg étaient réunies, quelle serait la fréquence des allèles de la génération suivante?
5. On définit parfois l'évolution comme étant un changement dans la fréquence des allèles dans le pool génique d'une population. Qu'est-ce que cela veut dire?



ANNEXE 19 : Le principe Hardy-Weinberg – Réponses

Analyse et conclusions

1. Quelle est la fréquence des allèles qui influent sur la capacité de rouler la langue en forme de « U » chez les élèves de la classe? *(Les réponses vont varier.)*
2. a. Est-ce que q , la fréquence de l'allèle récessif, est plus ou moins élevée que la fréquence des personnes qui présentent le trait récessif? *(La fréquence de l'allèle récessif [q] est plus élevée que la fréquence des personnes qui présentent le trait récessif [q^2].)*
b. Selon toi, pourquoi est-ce le cas? *(Si une personne a un exemplaire de l'allèle récessif et un exemplaire de l'allèle dominant, [c.-à-d. est hétérozygote pour ce trait], elle présentera le trait dominant. Une personne doit avoir deux exemplaires de l'allèle récessif pour présenter le trait récessif. Par conséquent, la fréquence de q comprend des personnes hétérozygotes et des personnes homozygotes récessives pour le trait.)*
3. Si tu demandais à 10 000 personnes d'essayer de rouler leur langue en forme de « U », penses-tu que la fréquence des génotypes chez cette population serait la même que dans la classe? Explique. *(Il est peu probable que la fréquence des génotypes soit la même. Un plus grand échantillon fournirait une meilleure représentation du pool génique.)*
4. Si toutes les conditions du principe Hardy-Weinberg étaient réunies, quelle serait la fréquence des allèles de la génération suivante? *(La fréquence des allèles resterait la même. La population serait en équilibre génétique.)*
5. On définit parfois l'évolution comme étant un changement dans la fréquence des allèles dans le pool génique d'une population. Qu'est-ce que cela veut dire? *(Cela veut dire que quand les types de gènes et leur fréquence dans le pool génique changent au fil du temps, on assiste au phénomène de l'évolution.)*



ANNEXE 20 : Étude de cas – Goulot d'étranglement dans une population (espèce menacée)

Introduction

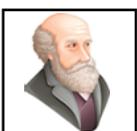
La grue blanche est une espèce en voie de disparition qui niche dans le parc national Wood Buffalo des Territoires du Nord-Ouest. Les populations de grue blanche n'ont jamais été très nombreuses, mais le nombre d'individus a diminué rapidement au début des années 1900 à cause de la chasse et de la destruction 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.

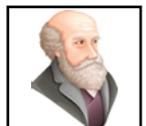
Questions

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 21 : 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.



ANNEXE 22 : La vitesse de l'évolution

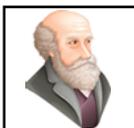
Le gradualisme correspond à une évolution lente et graduelle sur une longue période. Lentement, les populations se différencient les unes des autres en raison de diverses pressions sélectives. Ces changements débouchent sur des formes transitoires observées dans les fossiles. Comme exemple d'évolution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



L'ORGANISATION DE LA BIODIVERSITÉ

APERÇU DU REGROUPEMENT

Dans ce regroupement, l'élève étudie la biodiversité présente sur la Terre, ainsi que les façons dont nous organisons cette diversité dans des groupes et comment ces systèmes de classification continuent à changer. L'élève verra aussi que les systèmes de classification démontrent comment les organismes sont apparentés, et étudiera une tendance évolutive dans un groupe d'organismes.

CONSEILS D'ORDRE GÉNÉRAL

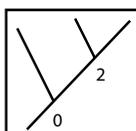
Les élèves ont étudié la diversité de la vie dans leur cours de sciences de la nature de la 6^e année. Ils ont identifié cinq règnes du vivant et ont trouvé des exemples d'organismes de chaque règne pour illustrer la diversité entre les formes de vie. En biologie 12^e année, les élèves verront que les systèmes de classification continuent à changer. L'accent sera mis maintenant sur les relations évolutives. Les nouvelles données recueillies grâce au séquençage de l'ADN et de l'ARN ont débouché sur des modifications majeures de la classification du vivant.

BLOCS D'ENSEIGNEMENT SUGGÉRÉS

Afin de faciliter la présentation des renseignements et des stratégies d'enseignement et d'évaluation, les RAS de ce regroupement ont été disposés en blocs d'enseignement. Il est à souligner que, tout comme le regroupement lui-même, les blocs d'enseignement ne sont que des pistes suggérées pour le déroulement du cours de biologie. L'enseignant peut choisir de structurer son cours et ses leçons en privilégiant une autre approche. Les élèves doivent cependant réussir les RAS prescrits par le Ministère pour la biologie 12^e année.

Outre les RAS propres à ce regroupement, plusieurs RAS transversaux de la biologie 12^e année ont été rattachés aux blocs afin d'illustrer comment ils peuvent être enseignés pendant l'année scolaire.

	Titre du bloc	RAS inclus dans le bloc	Durée suggérée
Bloc A	Définir la biodiversité et l'espèce	B12-4-01, B12-4-02, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-S1, B12-0-G1, B12-0-G2, B12-0-G3, B12-0-N3	2 h
Bloc B	La classification des êtres vivants	B12-4-03, B12-0-04, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-P1, B12-0-P2, B12-0-S1, B12-0-R1, B12-0-R2, B12-0-R4, B12-0-G3, B12-0-N1	4 h
Bloc C	Les domaines et les règnes	B12-4-05, B12-4-06, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-R4, B12-0-G1, B12-0-N1	3 h
Bloc D	Les tendances évolutives	B12-4-07, B12-0-C2, B12-0-P1, B12-0-S1, B12-0-S2, B12-0-S3, B12-0-S5, B12-0-R1, B12-0-R3, B12-0-R4, B12-0-N1	4 h
<i>Récapitulation et objectivation pour le regroupement en entier</i>			1 à 2 h
Nombre d'heures suggéré pour ce regroupement			14 à 15 h



RESSOURCES ÉDUCATIVES POUR L'ENSEIGNANT

Vous trouverez ci-dessous une liste de ressources éducatives qui se prêtent bien à ce regroupement. Il est possible de se procurer la plupart de ces ressources à la Direction des ressources éducatives françaises (DREF) ou de les commander auprès du Centre de ressources d'apprentissage du Manitoba (CRA).

[R] indique une ressource recommandée

LIVRES

- [R] BLAKE, Leesa, *et al. Biologie 12*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2003.
(DREF 570 C518b 12, CMSM 91614)
- [R] BLAKE, Leesa, *et al. Biologie 12 – Guide d'enseignement*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2003. (DREF 570 C518b 12, CMSM 91613)
- [R] CARTER-EDWARDS, Trent, *et al. Biologie 12 STSE*, Montréal, Éd. TC Média Livres Inc., 2014.
(DREF 570 C518b 12 2014)
- [R] CREASEY, David, *et al. Biologie 12 STSE – Guide d'enseignement*, Éd. TC Média Livres Inc., 2014.
- [R] COLBOURNE, Helen, *et al. Biologie 11-12*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2008.
(DREF 570 C684b, CMSM 97716)
- [R] COLBOURNE, Helen, *et al. Biologie 11-12 – Guide d'enseignement*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2007. (DREF 570 C684b, CMSM 961345)
- [R] DUNLOP, Jenna, *et al. Biologie 11 STSE*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2011.
(DREF 570 C518b 11 2011, CMSM 97395)
- [R] DUNLOP, Jenna, *et al. Biologie 11 STSE – Guide d'enseignement*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2011. (DREF 570 C518b 11 2011, CMSM 97394)
- [R] GALBRAITH, Don, *et al. Biologie 11*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2002.
(DREF 570 C518b 11, CMSM 91612)
- [R] GALBRAITH, Don, *et al. Biologie 11 – Guide d'enseignement*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2003. (DREF 570 C518b 11, CMSM 91611)
- POITRENAUD, Robert. *Les enjeux de la génétique*, Mouans-Sartoux, France, 2002.
(DREF 576.5 P757e)

REECE, Jane B., et al. *Campbell Biologie – 4e édition*, Montréal, Éd. ERPI, 2012.
(DREF 570 C189b [3^e édition])

STARR, Ceci, et Ralph TAGGART. *Biologie générale – L'unité et la diversité de la vie*, Montréal, Éd. Groupe Modulo, 2006. (DREF 570 S796b, CMSM 97021)

WALKER, Denise. *Hérédité et évolution*, Montréal, Hurtubise HMH, 2007.
(DREF 599.935 W178h)

AUTRES IMPRIMÉS

L'Actualité, Éditions Rogers Media, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 20 fois l'an; articles d'actualité canadienne et internationale]

Ça m'intéresse, Prisma Presse, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; beaucoup de contenu STSE; excellentes illustrations]

Découvrir : la revue de la recherche, Association francophone pour le savoir, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE [revue bimestrielle de vulgarisation scientifique; recherches canadiennes]

Pour la science, Éd. Bélin, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE [revue mensuelle; version française de la revue américaine *Scientific American*]

Québec Science, La Revue Québec Science, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 10 fois l'an]

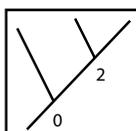
[R] *Science et vie junior*, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; excellente présentation de divers dossiers scientifiques; explications logiques avec beaucoup de diagrammes; le SVJ de mars 2010 comprend une bande dessinée sur les travaux de Carl von Linné]

Science et vie, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles plus techniques]

Sciences et avenir, La Revue Sciences et avenir, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles détaillés]

DISQUES NUMÉRISÉS ET LOGICIELS

COLBOURNE, Helen, et al. *Biologie 11-12 – Banque d'évaluation informatisée*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2009. (DREF 570 C684b, CMSM 93447)



SITES WEB

35 nouvelles branches dans l'arbre de la vie. <http://www.sciencepresse.qc.ca/actualite/2015/06/17/35-nouvelles-branches-larbre-vie> (consulté le 17 juillet 2017).
[article qui pourrait appuyer l'enseignement de la phylogénétique]

Les archéobactéries. http://cours.francocite.ca/courslaf/SBI3U_web/SBI3U_web_domaineC/biodiversite/SBI3U_Unite4_evolution_ndc_section2_activite4-9.html (consulté le 17 juillet 2017).

[R] *La biodiversité.* <https://www.youtube.com/watch?v=5HOZiaZdV4Q&feature=youtu.be>
(consulté le 17 juillet 2017).

[R] *La biodiversité, c'est ma nature.* <http://www.fondation-nicolas-hulot.org/magazine/comprendre-la-biodiversite> (consulté le 17 juillet 2017). [livret téléchargeable qui comprend des informations sur la biodiversité]

Cladistique. <http://www.futura-sciences.com/planete/definitions/classification-vivant-cladistique-14448/> (consulté le 17 juillet 2017).

Cladistique. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Cladistique> (consulté le 17 juillet 2017).

Classification des êtres vivants. (consulté le 21 janvier 2016). [animation eduMedia accessible à partir du site Web de la DREF, www.dref.mb.ca]

Classification des plantes. (consulté le 21 janvier 2016). [animation eduMedia accessible à partir du site Web de la DREF, www.dref.mb.ca]

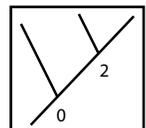
Classification des vertébrés. (consulté le 21 janvier 2016). [animation eduMedia accessible à partir du site Web de la DREF, www.dref.mb.ca]

Classification et évolution animale. <http://simulium.bio.uottawa.ca/bio2525/Notes/Classification.htm> (consulté le 17 juillet 2017).

Classification phylogénétique. https://fr.wikipedia.org/wiki/Classification_phylog%C3%A9n%C3%A9tique (consulté le 17 juillet 2017). [cet article sur Vikidia est une ébauche mais comprend quand même de bons renseignements]

Classification phylogénétique. https://fr.wikipedia.org/wiki/Classification_phylog%C3%A9n%C3%A9tique (consulté le 17 juillet 2017).

La classification phylogénétique. <http://www2.ac-lyon.fr/ressources/rhone/maths-sciences/spip.php?article76> (consulté le 17 juillet 2017).



Comprendre la classification du vivant. http://www.gesn.ch/libri/copertine/genetica/Comprendre%20la%20classification%20du%20vivant_prefazione.pdf (consulté le 17 juillet 2017). [chapitre d'un livre qui donne d'excellentes informations sur les changements à nos systèmes de classification]

[R] *Le concept de biodiversité.* http://expo.oceano.mc/biodiversite.php?id_rubrique=5&id_sous_rubrique=23 (consulté le 17 juillet 2017).

Des chercheurs découvrent des liens de parenté génétique inusités. <http://www.ledevoir.com/societe/science-et-technologie/391964/des-chercheurs-decouvrent-des-liens-de-parente-genetique-inusites> (consulté le 17 juillet 2017). [article intéressant provenant du journal Le Devoir, qui présente les apports de la cladistique sur notre façon de classer les êtres vivants, par exemple le fait que les crocodiles sont plus proches parents des oiseaux que des autres reptiles]

Lire un arbre phylogénétique. <https://www.youtube.com/watch?v=V6XsfQIELJ4> (consulté le 17 juillet 2017).

Même espèce ou pas? <https://www.espace-sciences.org/multimedia/jeux/meme-espece-ou-pas> (consulté le 17 juillet 2017). [quiz pour déterminer si des êtres vivants font partie de la même espèce ou non]

A name by Any Other Tree. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12052-009-0122-7> (consulté le 17 juillet 2017). [en anglais; excellent article qui discute des changements à nos systèmes de classification]

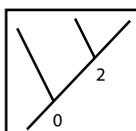
[R] *Les niveaux de la biodiversité.* <http://canadianbiodiversity.mcgill.ca/francais/theory/threelevels.htm> (consulté le 17 juillet 2017).

[R] *Qu'est-ce que la biodiversité?* <http://jedonnevieamaplanete.enclasse.be/fr/enclasse/---secondaire/sur-la-biodiversit/quest-ce-que-la-biodiversit-345.aspx> (consulté le 17 juillet 2017).

Les espèces. <https://www.youtube.com/watch?v=gvX5bbsUI60> (consulté le 17 juillet 2017). [vidéo qui donne la définition biologique de l'espèce]

Règne (biologie). [https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A8gne_\(biologie\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A8gne_(biologie)) (consulté le 17 juillet 2017).

[R] *La sphère de parenté.* <https://www.espace-sciences.org/multimedia/jeux/la-sphere-de-parente> (consulté le 17 juillet 2017). [animation sur les relations évolutives entre les êtres vivants]



La taxinomie. http://www2.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/fya/PowerPoints/pdf/lab1_taxinomie_2014_court.pdf (consulté le 17 juillet 2017).

[R] *Tiktaalik roseae.* <http://www.expeditionarctic.ca/site/fr/specimen/tiktaalik-roseae/> (consulté le 17 juillet 2017).

[R] *Un air de famille.* <http://www.evolution-of-life.com/fr/explorer/simulation/fiche/a-family-resemblance.html> (consulté le 17 juillet 2017). [série d'animations et d'activités permettant d'explorer les systèmes de classification]

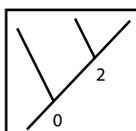
Understanding Evolution. <https://evolution.berkeley.edu/evolibrary/home.php> (consulté le 17 juillet 2017). [site anglais; excellent site pour l'enseignement de l'évolution et de la classification]

What did T. rex taste like? <http://www.ucmp.berkeley.edu/education/explorations/tours/Trex/index.html> (consulté le 17 juillet 2017). [site anglais; excellent site interactif pour expliquer la phylogénétique]

RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES

L'élève sera apte à :

- B12-4-01** définir le concept de la biodiversité en termes d'écosystème, d'espèces et de diversité génétique;
RAG : D2, E1
- B12-4-02** expliquer pourquoi il est difficile de s'entendre sur une définition des espèces, *par exemple des hybrides tels que la mule, des variations phénotypiques chez des espèces, l'absence de croisement entre les sous-populations*;
RAG : A1, E1
- B12-4-03** décrire la nature dynamique de la classification, entre autres les divers systèmes, les débats actuels;
RAG : A1, A2
- B12-4-04** décrire les types de preuve nécessaires à la classification des organismes et déterminer les relations évolutives, *par exemple les fossiles, l'analyse de l'ADN, la biochimie, l'embryologie, la morphologie*;
RAG : A2, A5
- B12-4-05** comparer les caractéristiques des domaines, entre autres Archée (archaebactérie), Bactérie (les eubactéries), Eukarya;
RAG : D1, E1
- B12-4-06** comparer les caractéristiques des règnes dans le domaine des eucaryotes, entre autres la structure de la cellule, le mode principal d'alimentation, le nombre de cellules, la motilité;
RAG : D1, E1
- B12-4-07** étudier une tendance évolutive dans un groupe d'organismes, *par exemple l'évolution des hominidés, la vascularisation chez les plantes, l'adaptation des animaux à la vie sur terre*.
RAG : C2, C5, C6, E1



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX

L'élève sera apte à :

Démonstration de la compréhension

- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1

Perspectives personnelles/réflexion

- B12-0-P1** faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique;
RAG : C2, C5
- B12-0-P2** manifester un intérêt soutenu et éclairé dans la biologie et des enjeux et carrières liés à ce domaine;
RAG : B4
- B12-0-P3** reconnaître l'importance de maintenir la biodiversité et le rôle que peuvent jouer les particuliers à cet égard;
RAG : B5
- B12-0-P4** reconnaître que les humains ont eu un impact et continuent d'avoir un impact sur l'environnement;
RAG : B1, B2
- B12-0-P5** reconnaître que les progrès technologiques peuvent mener à des dilemmes d'ordre éthique qui compliquent la prise de décisions personnelles et sociétales;
RAG : B1, B2

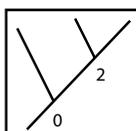
RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Étude scientifique

- B12-0-S1** employer des stratégies d'enquête et de résolution de problèmes appropriées pour répondre à une question ou résoudre un problème;
RAG : C2, C3
- B12-0-S2** adopter des habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement;
RAG : B3, B5, C1, C2
- B12-0-S3** enregistrer, organiser et présenter des données au moyen d'un format approprié;
RAG; C2, C5
- B12-0-S4** évaluer la pertinence, la fiabilité et l'exactitude des données et des méthodes de collecte de données,
entre autres des écarts entre les données, les sources d'erreur;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-S5** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;
RAG : C2, C4, C5, C8

Prise de décisions

- B12-0-D1** identifier et explorer un enjeu courant,
par exemple clarifier ce qu'est l'enjeu, identifier différents points de vue ou intervenants, faire une recherche sur l'information/les données existantes;
RAG : C4, C8
- B12-0-D2** évaluer les implications d'options possibles ou de positions possibles liées à un enjeu,
par exemple les conséquences positives et négatives d'une décision, les forces et faiblesses d'une position, les dilemmes moraux;
RAG : B1, C4, C5, C6, C7
- B12-0-D3** reconnaître que les décisions peuvent refléter certaines valeurs, et tenir compte de ses propres valeurs et de celles des autres en prenant une décision;
RAG : C4, C5
- B12-0-D4** recommander une option ou identifier sa position en justifiant cette décision;
RAG : C4



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

- B12-0-D5** recommander une ligne de conduite reliée à un enjeu;
RAG : C4, C5, C8
- B12-0-D6** évaluer le processus utilisé par soi-même ou d'autres pour parvenir à une décision;
RAG : C4, C5

Recherche et communication

- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements, *par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence, l'objectivité, les préjugés*;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R3** citer ou noter des références bibliographiques selon les pratiques acceptées;
RAG : C2, C6
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6

travail en groupe

- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G2** susciter et clarifier des questions, des idées et des points de vue divers lors d'une discussion, et y réagir;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G3** évaluer les processus individuels et collectifs employés;
RAG : C2, C4, C7

Nature de la science

B12-0-N1 décrire le rôle des données dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles données sont présentées;

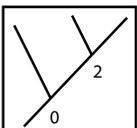
RAG : A2

B12-0-N2 reconnaître que de nombreux facteurs influent sur l'élaboration et l'acceptation de preuves scientifiques, de théories ou de technologies,
par exemple le contexte culturel et historique, la politique, l'économie, la personnalité;

RAG : A2, B2

B12-0-N3 reconnaître à la fois le pouvoir et les limites de la science comme moyen de répondre aux questions sur le monde et d'expliquer des phénomènes naturels.

RAG : A1



Bloc A : Définir la biodiversité et l'espèce

L'élève sera apte à :

- B12-4-01** définir le concept de la biodiversité en termes d'écosystème, d'espèces et de diversité génétique;
RAG : D2, E1
- B12-4-02** expliquer pourquoi il est difficile de s'entendre sur une définition des espèces, *par exemple des hybrides tels que la mule, des variations phénotypiques chez des espèces, l'absence de croisement entre les sous-populations*;
RAG : A1, E1
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie, *par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels*;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie, *par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs*;
RAG : D1
- B12-0-S1** employer des stratégies d'enquête et de résolution de problèmes appropriées pour répondre à une question ou résoudre un problème;
RAG : C2, C3
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G2** susciter et clarifier des questions, des idées et des points de vue divers lors d'une discussion, et y réagir;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G3** évaluer les processus individuels et collectifs employés;
RAG : C2, C4, C7

B12-0-N3 reconnaître à la fois le pouvoir et les limites de la science comme moyen de répondre aux questions sur le monde et d'expliquer des phénomènes naturels.
RAG : A1

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Remue-méninges avec des autocollants

Diviser la classe en petits groupes de 2 à 4 élèves et fournir à chaque groupe un petit paquet de feuillets autocollants. Laisser aux élèves 2 minutes pour trouver les noms d'espèces d'autant d'organismes que possible et les inscrire sur les feuillets autocollants (une espèce par feuillet). Leur demander de varier les types d'organismes (plante, animal, mycète) de divers écosystèmes. Les encourager à donner un nom le plus précis possibles (p. ex., ours polaire au lieu d'ours, orme au lieu d'arbre). Si les élèves ne savent pas le nom d'un organisme, ils peuvent le décrire.

Pendant ce temps, indiquer au tableau plusieurs types d'écosystèmes (p. ex., lac, zone urbaine, forêt boréale). Proposer ensuite aux élèves de regrouper les organismes selon les écosystèmes dans lesquels on les retrouve et à coller le feuillet dans l'écosystème approprié.

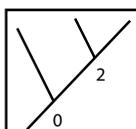
Poser des questions telles que :

- *Y a-t-il des organismes qu'on retrouve dans plus d'un écosystème?*
- *Quels types d'organismes ne sont pas représentés dans vos écosystèmes (p. ex., décomposeurs, producteurs, consommateurs)*
- *Vos écosystèmes sont-ils très diversifiés (c.-à-d. combien d'espèces différentes contiennent-ils)?*
Faire le lien avec la biodiversité.
- *Y a-t-il une forme de diversité dans chacun des types d'organismes que vous avez trouvés?*
Expliquez. (Oui, il y a de la diversité génétique.)

En sciences de la nature de 6^e année, les élèves ont étudié la diversité des formes de vie. Ils ont vu des exemples de différents animaux (vertébrés et invertébrés) illustrant la diversité du règne animal, et ils ont observé et décrit la diversité des formes de vie dans leur environnement local.

En 7^e année, les élèves ont exploré les interactions complexes entre les organismes et leur environnement. Ils auront appris la définition d'écosystème et visualisé des exemples d'une variété d'écosystèmes.

En 10^e année, les élèves ont étudié les relations existant dans les écosystèmes afin d'approfondir les questions de durabilité (ou développement durable) et les concepts et impacts de la diversité des espèces. Ils ont observé et documenté un éventail d'organismes illustrant la biodiversité d'un écosystème local ou régional et ont expliqué comment la biodiversité d'un écosystème contribue à sa durabilité



En quête**Enseignement direct – la biodiversité (C1)**

Inviter les élèves à lire ou à visionner un texte définissant le concept de biodiversité (voir *Biologie 11 STSE*, p. 33-36, ou les sites Web qui suivent) et à compléter un cadre de concept ou un cadre sommaire de concept (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.23-11.26). La biodiversité peut se définir comme l'éventail des formes de vie dans une zone. Elle inclut non seulement la diversité entre les espèces, mais aussi la diversité à l'intérieur de l'espèce et la diversité des écosystèmes.

Ressources :

- Le concept de biodiversité.
http://expo.oceano.mc/biodiversite.php?id_rubrique=5&id_sous_rubrique=23
- Qu'est-ce que la biodiversité? <http://jedonnevieamaplanete.enclasse.be/fr/enclasse/---secondaire/sur-la-biodiversit/quest-ce-que-la-biodiversit-345.aspx>
- Les niveaux de la biodiversité.
<http://canadianbiodiversity.mcgill.ca/francais/theory/threelevels.htm>
- La biodiversité, c'est ma nature. <http://www.fondation-nicolas-hulot.org/magazine/comprendre-la-biodiversite>
- La biodiversité. <https://www.youtube.com/watch?v=5HOZiaZdV4Q&feature=youtu.be>

✎ **Stratégies d'évaluation suggérées** : Revoir les cadres afin de vérifier la compréhension des élèves, et revoir le matériel si nécessaire. Cette évaluation peut aussi être faite par les pairs. Voir ① l'annexe 1 pour des renseignements pour l'enseignant et ② l'annexe 2 pour des lignes directrices générales sur l'évaluation par les pairs.

Discussion en classe – la définition de l'espèce (C2, N3)

Fournir aux élèves des illustrations de la sturnelle des prés et de la sturnelle de l'Ouest. Demander s'ils pensent que les deux oiseaux font partie de la même espèce. Ces deux oiseaux peuvent se ressembler beaucoup, mais ils appartiennent à deux espèces différentes. La sturnelle des prés (*Sturnella magna*) vit dans l'Est du Canada, tandis que la sturnelle de l'Ouest (*Sturnella neglecta*) vit dans les Prairies. Discuter avec les élèves de la difficulté d'établir une définition précise d'une espèce (c.-à-d. à cause des hybrides, de la variation phénotypique, de l'absence d'interfécondité entre des sous-populations). ③ L'annexe 3 comprend des renseignements pour l'enseignant. Voir aussi *Biologie 11 STSE*, p. 10-11, et *Biologie 12*, p. 401-403.

Les élèves devraient connaître le terme *espèce* même s'ils n'ont pas encore approfondi l'étude de ce concept.

✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Poser deux questions aux élèves et leur donner quelques minutes pour y répondre par écrit (Keeley, 2008). Voici des exemples de questions :

- *Quelle est la chose la plus importante que vous avez apprise aujourd'hui?*
- *Qu'avez-vous appris de nouveau aujourd'hui?*
- *Avez-vous encore des questions?*
- *Qu'est-ce qui vous aiderait à mieux apprendre demain?*

Revoir les réponses des élèves et, au besoin, réviser la matière ou la revoir en profondeur.

Étude de cas - définir une espèce (C2, S1, G1, G2, G3)

À quel stade de l'évolution un groupe d'individus forme-t-il deux espèces distinctes? Demander aux élèves de déterminer si la mouche de la pomme (ou ver-chemin-de-fer) qui se reproduit dans les pommes est une espèce distincte de celle qui s'attaque au fruit de l'aubépine (que nous appellerons mouche de l'aubépine pour simplifier les choses). Préciser qu'ils doivent examiner les divers modèles de spéciation et tenir compte des forces principales qui influent sur les changements évolutifs (voir ☺ l'annexe 4).

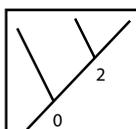
✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à répondre aux questions liées à chaque étape de l'étude de cas et évaluer les réponses en se fondant sur des critères tels que :

- répond clairement à la question;
- formule une réponse logique;
- répond en utilisant des preuves à l'appui de ses affirmations;
- utilise des connaissances acquises dans le cours pour justifier la réponse.

En fin

Inviter les élèves à répondre aux questions suivantes :

- *Pourquoi est-il difficile d'établir une définition précise d'une espèce?*
- *Quelle est la différence entre la biodiversité et la diversité génétique?*



Bloc B : La classification des êtres vivants

L'élève sera apte à :

- B12-4-03** décrire la nature dynamique de la classification, entre autres les divers systèmes, les débats actuels;
RAG : A1, A2
- B12-4-04** décrire les types de preuve nécessaires à la classification des organismes et déterminer les relations évolutives,
par exemple les fossiles, l'analyse de l'ADN, la biochimie, l'embryologie, la morphologie;
RAG : A2, A5
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-P1** faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique;
RAG : C2, C5
- B12-0-P2** manifester un intérêt soutenu et éclairé dans la biologie et des enjeux et carrières liés à ce domaine;
RAG : B4
- B12-0-S1** employer des stratégies d'enquête et de résolution de problèmes appropriées pour répondre à une question ou résoudre un problème;
RAG : C2, C3
- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6

- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements, par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence, l'objectivité, les préjugés;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G3** évaluer les processus individuels et collectifs employés;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-N1** décrire le rôle des données dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles données sont présentées.
RAG : A2

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Pense, trouve un partenaire, discute

Poser aux élèves la question ci-dessous :

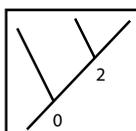
- *Pensez à votre maison, votre école et votre voisinage; pouvez-vous trouver des exemples de systèmes de classification utilisés?*

Donner quelques minutes aux élèves pour qu'ils réfléchissent et notent individuellement leurs idées. Leur demander ensuite de se joindre à un partenaire et de partager leurs idées. Ils peuvent ensuite partager leurs idées avec la classe.

Voici des exemples de systèmes de classification :

- bibliothèque (classification décimale de Dewey);
- épicerie (articles classés par rayons/allées);
- élèves à l'école (par année ou niveau);
- vêtements à la maison (tiroirs de chaussettes, de chandails, etc.).

En 6^e année, les élèves ont été initiés aux systèmes de classification; ils ont construit et utilisé leur propre système et celui créé par d'autres élèves. Ainsi, ils ont découvert les avantages et inconvénients de divers systèmes de classification dans l'organisation de l'information. Ils ont aussi appris à reconnaître, d'après les éléments de preuve rassemblés par les paléontologistes, les similitudes et différences chez les animaux vivant aujourd'hui et ceux qui ont vécu dans le passé.



En quête**Démonstration - les espèces et la systématique (C1)**

Pour cette démonstration, utiliser une variété de légumes pour amorcer et stimuler une discussion sur les espèces et la systématique. Voir ☺ l'annexe 6 pour des renseignements pour l'enseignant.

La pensée critique (C2)

La logique catégorique est le fondement des systèmes de classification. Elle examine les relations en fonction de groupes ou catégories d'éléments. Par exemple, l'énoncé « tous les chiens sont des mammifères » nous informe du fait que tout le groupe des chiens appartient à un groupe plus grand, celui des mammifères.

La logique catégorique utilise le raisonnement déductif pour tirer une conclusion. Cette conclusion n'est valide que si les preuves fournies sont vraies et le raisonnement utilisé pour arriver à la conclusion est correct. Proposer aux élèves de compléter l'activité de ☺ l'annexe 7 sur la logique catégorique.

✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Les élèves peuvent comparer leurs réponses et se donner de la rétroaction (évaluation par les pairs). Voir ☺ l'annexe 1 pour des renseignements pour l'enseignant et ☺ l'annexe 2 pour des lignes directrices générales sur l'évaluation par les pairs.

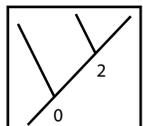
Enseignement direct - la cladistique (C1, N1)

Présenter aux élèves la systématique phylogénétique (cladistique) à l'aide de diagrammes, de vidéos ou d'animations. Utiliser la stratégie « pause de trois minutes » (Keeley, 2008) pour donner aux élèves du temps de réflexion après des séquences d'enseignement. Donner trois minutes aux élèves pour qu'ils puissent résumer, clarifier ou discuter de leur compréhension avec un partenaire ou en petit groupe. Utiliser un minuteur pour permettre aux élèves de surveiller le temps. Une fois les trois minutes écoulées, continuer les explications.

Les nouvelles données recueillies grâce au séquençage de l'ADN et de l'ARN ont débouché sur des modifications majeures de la classification du vivant depuis 1990. Même les versions les plus récentes des manuels de biologie du secondaire peuvent être désuètes. Voir ☺ l'annexe 5 pour des renseignements sur la classification.

La cladistique est une méthode qui utilise les caractéristiques communes des organismes pour tenter de saisir les relations évolutives entre eux. C'est la méthode reconnue aujourd'hui pour l'analyse systématique car elle se fonde sur les relations avec les ancêtres et la lignée (phylogenèse ou filiation). Le séquençage de l'ADN et de l'ARN est une technique importante qui permet de déterminer les liens phylogénétiques.

Certains diagrammes en forme d'éventail ou d'arbre ne sont pas des cladogrammes. Les espèces ancestrales sont situées plus près du tronc, qui représente l'origine de la vie, et les espèces actuelles sont situées aux extrémités des branches. Dans un cladogramme, tous les groupes monophylétiques se retrouvent au bout des branches.



Animations :

- Un air de famille. <http://www.evolution-of-life.com/fr/explorer/simulation/fiche/a-family-resemblance.html> [série d'animations et d'activités permettant d'explorer les systèmes de classification]
- La sphère de parenté. <https://www.espace-sciences.org/multimedia/jeux/la-sphere-de-parente> [animation sur les relations évolutives entre les êtres vivants]

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée :** Proposer aux élèves de noter sur une feuille de papier les idées ou concepts qu'ils ont trouvé les moins clairs ou les plus difficiles à comprendre. Indiquer aux élèves que cette information sera utilisée pour déterminer les prochaines étapes d'enseignement.

Activité de laboratoire - les systèmes de classification (P1, S1, R4)

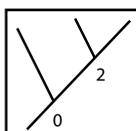
On peut trouver une variété d'activités dans les cahiers de laboratoire, les manuels et sur Internet, permettant de développer et d'utiliser des systèmes de classification et des clés analytiques/dichotomiques (voir *Biologie 11*, p. 392 et 393, *Biologie 11 STSE*, p. 40 ou p. 42, ou *Biologie 11-12*, p. 90).

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée :** Évaluer l'exactitude des réponses aux questions dans les rapports de laboratoire des élèves. L'évaluation des habiletés en laboratoire peut aussi se faire au moyen d'une liste de contrôle (voir les 📎 annexes 5 et 6 du regroupement 1).

Stratégie « Jigsaw » - les preuves utilisées pour la classification (C2, R1, R2, R4, G1, G3)

Assigner à des groupes d'élèves un certain type de preuves utilisé dans la science de la classification, p. ex., les preuves anatomiques ou l'analyse de l'ADN (voir *Biologie 11 STSE*, p. 19-24 et p. 334-340, ou *Biologie 11-12*, p. 126-133). Demander à chaque groupe de faire des recherches sur la technologie ou les outils employés pour ce type de preuves. Inviter ensuite les groupes à préparer un résumé d'une page décrivant comment on utilise cet outil ou cette technologie pour la classification des organismes et la détermination des relations phylogénétiques.

Reformer les groupes différemment (*Jigsaw*) de façon que chaque nouveau groupe renferme un élève expert de chacun des groupes précédents. Chaque expert partage alors son résumé avec les membres du nouveau groupe. Ainsi, tous les élèves de la classe prendront connaissance des résumés de tous les groupes. Si des copies papier des résumés sont fournies, les experts doivent être prêts à discuter des points importants de leur résumé. Voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire* (p. 3.21) pour des renseignements sur la stratégie « Jigsaw ».



✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Les éléments d'évaluation sont variés pour cette activité d'apprentissage.

1. Demander aux élèves d'utiliser l'échelle pour évaluer l'effort de collaboration de leur groupe (voir @ l'annexe 8).

2. Inviter les élèves à compléter un billet de sortie qui répond à la question suivante :

- *Les pigeons sont traités avec mépris de « rats avec des ailes », mais ils sont (comme tous les oiseaux) plus étroitement apparentés aux dinosaures carnivores comme Tyrannosaurus et Velociraptor qu'ils ne le sont aux mammifères. Certains sont même qualifiés de « dinosaures avec des plumes ». Quelles sont les preuves de cette parenté étroite entre oiseaux et reptiles?*

Exemples de réponses des élèves :

- Fossiles (p. ex., *Archaeopteryx*)
- Datation des fossiles (aux radio-isotopes comme le carbone 14, etc.)
- Similitudes structurales (p. ex., présence d'un bréchet, structure de la ceinture pelvienne)
- Documentation sur les fossiles (montrant la chronologie de l'évolution)
- Analyse de l'ADN (p. ex., l'ADN aviaire ressemble davantage à celui des crocodiles qu'à l'ADN des mammifères)

En fin

Cadre de comparaison

Proposer aux élèves de comparer la classification classique (linnéenne) à la phylogénétique (cladistique) à l'aide d'un cadre de comparaison (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.15-10.18).

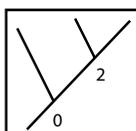
Excursion

Le Musée du Manitoba (Galerie de l'histoire naturelle) rappelle le passé géologique du Manitoba et présente des fossiles de diverses formes de vie telles que les trilobites et un plésiosaure. Le *Canadian Fossil Discovery Centre* renferme des spécimens de fossiles marins du Crétacé : mosasaures, calmars, requins, oiseaux de mer, etc. Il est possible d'organiser une visite à un site local de fouille archéologique.

Bloc C : les domaines et les règnes

L'élève sera apte à :

- B12-4-05** comparer les caractéristiques des domaines, entre autres Archée (archaebactérie), Bactérie (les eubactéries), Eukarya;
RAG : D1, E1
- B12-4-06** comparer les caractéristiques des règnes dans le domaine des eucaryotes, entre autres la structure de la cellule, le mode principal d'alimentation, le nombre de cellules, la motilité;
RAG : D1, E1
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-I4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-N1** décrire le rôle des données dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles données sont présentées.
RAG : A2



Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Exercice d'association

Fournir aux élèves le nom des règnes compris dans le domaine Eukarya et une illustration d'un organisme représentatif de chaque règne. Leur demander d'apparier l'organisme au règne correspondant. Préciser qu'ils doivent pouvoir justifier leurs combinaisons.

En 6^e année, les élèves ont identifié cinq règnes (monères, protistes, champignons, végétaux, animaux) communément utilisés pour classer le vivant et ont trouvé des exemples d'organismes de chaque règne pour illustrer la diversité entre les formes de vie.

En quête

Enseignement direct – les domaines et les règnes du vivant (C1, C2, G1)

Décrire aux élèves la relation entre les trois domaines du vivant et les règnes du vivant. Expliquer comment les analyses génétiques et biochimiques ont mené à des changements dans la classification des organismes vivants. Discuter avec les élèves des caractéristiques de chaque domaine et règne et fournir des exemples d'organismes représentatifs (voir *Biologie 11 STSE*, p. 26-32, p. 61-79 et p. 91-113, *Biologie 11-12*, p. 85-89, ou  l'annexe 9). Utiliser la stratégie « pause de trois minutes » (Keeley, 2008) pour donner aux élèves du temps de réflexion après des séquences d'enseignement. Donner trois minutes aux élèves pour qu'ils puissent résumer, clarifier ou discuter de leur compréhension avec un partenaire ou en petit groupe. Utiliser un minuteur pour permettre aux élèves de surveiller le temps. Une fois les trois minutes écoulées, continuer les explications.

 **Stratégie d'évaluation suggérée :** Proposer aux élèves de créer, en petit groupe, un schéma conceptuel comparant les caractéristiques des domaines de la vie. Inviter ensuite les élèves à ajouter les règnes appartenant à Eukarya au diagramme pour comparer les caractéristiques des règnes d'eucaryotes.

En fin

Réflexion sur la technologie et la classification (R4, N1)

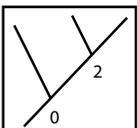
Poser la question suivante aux élèves :

- *Comment les technologies comme l'analyse de l'ADN (matériel génétique) et les épreuves biochimiques ont-elles donné lieu à des changements dans la classification des organismes?*

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Vérifier si les réponses des élèves sont logiques et exactes.

Exemples de contenu de ces réponses :

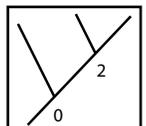
- L'analyse de l'ADN peut déterminer la parenté entre deux espèces. Plus les séquences d'ADN sont semblables, plus les deux organismes sont étroitement apparentés.
- L'analyse de l'ADN permet de déterminer à quelle époque dans le passé une espèce a commencé à présenter des caractères différents, à partir des différences cumulatives dans l'ADN (horloge moléculaire).
- Les épreuves biochimiques permettent de déterminer la présence de molécules spécifiques dans les cellules. Plus ces molécules spécifiques sont similaires, plus les organismes sont proches parents.
- L'analyse de l'ADN et les épreuves biochimiques ont permis de distinguer les archées (archéobactéries) des autres bactéries avec qui elles avaient été classées précédemment, ce qui a débouché sur le système de classification à trois domaines.



Bloc D : Les tendances évolutives

L'élève sera apte à :

- B12-4-07** étudier une tendance évolutive dans un groupe d'organismes,
par exemple l'évolution des hominidés, la vascularisation chez les plantes, l'adaptation des animaux à la vie sur terre;
RAG : C2, C5, C6, E1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-P1** faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique;
RAG : C2, C5
- B12-0-S1** employer des stratégies d'enquête et de résolution de problèmes appropriées pour répondre à une question ou résoudre un problème;
RAG : C2, C3
- B12-0-S2** adopter des habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement;
- B12-0-S3** enregistrer, organiser et présenter des données au moyen d'un format approprié;
RAG; C2, C5
- B12-0-S5** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse,
entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R3** citer ou noter des références bibliographiques selon les pratiques acceptées;
RAG : C2, C6



B12-0-R4 communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6

B12-0-N1 décrire le rôle des données dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles données sont présentées.
RAG : A2

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Présenter aux élèves le *Tiktaalik roseae*, un fossile datant de 375 millions d'années, trouvé sur l'île Ellesmere, au Nunavut, en 2004. Le *Tiktaalik* est une espèce transitionnelle, car elle partage certaines caractéristiques des poissons anciens et des premiers tétrapodes (on l'appelle parfois un poissopode). Poser la question suivante aux élèves :

- Comment classeriez-vous cette espèce?

Les élèves peuvent consulter le site *Tiktaalik roseae* (<http://www.expeditionarctic.ca/site/fr/specimen/tiktaalik-roseae/>) pour des informations et une vidéo sur cette espèce.

En quête

Activité - l'interprétation d'un cladogramme (C2, S1, R1)

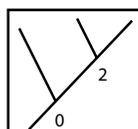
Fournir un cladogramme aux élèves et leur demander de décrire l'évolution d'un groupe d'organismes (p. ex., phylogénie des oiseaux modernes à partir des dinosaures théropodes ou l'évolution des hominidés), soulignant les caractères dérivés.

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer si les élèves ont identifié correctement les caractères dérivés dans leurs analyses.

Dissection (P1, S1, S2, S3, S5)

Organiser une série de dissections ou des exercices équivalents au moyen d'un logiciel de dissection afin d'examiner l'anatomie et la physiologie de vertébrés ou d'invertébrés représentatifs. Comparer les adaptations dans chaque phylum facilitant l'accomplissement des fonctions vitales. Par exemple, comparer la circulation et la respiration chez le ver de terre, la sauterelle, le calmar et le requin. Cependant, noter que l'analyse de l'ADN et de l'ARN a remplacé l'anatomie comparative pour la détermination des relations entre les organismes vivants.

En 6^e année, les élèves ont appris à décrire les deux principaux groupes du règne animal, les vertébrés et invertébrés, et ont trouvé des exemples d'organismes représentatifs. Ils ont aussi classé les vertébrés en poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux et mammifères et ont fourni des exemples illustrant la diversité à l'intérieur de chaque groupe.



📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer les habiletés en laboratoire à l'aide des annexes ⑤ et ⑥ de regroupement 1. On peut aussi évaluer les comptes rendus de laboratoire de l'élève à l'aide de ⑩ l'annexe 11 du regroupement 1.

Recherche sur une tendance évolutive (C2, P1, I1, I3, I4, N1)

Inviter les élèves à faire une recherche sur une tendance évolutive dans un groupe d'organismes et à présenter leur recherche à la classe. Voici des thèmes possibles pour la recherche :

- les adaptations des plantes à la vie sur terre (p. ex., la vascularisation, les stratégies de reproduction)
- l'évolution du vol chez les oiseaux
- le développement du tube digestif chez les animaux
- les adaptations des vertébrés à la vie sur terre (p. ex., les poumons, les membres, les adaptations reproductives)
- la céphalisation chez les animaux
- la symétrie du corps chez les animaux
- l'évolution des hominidés
- la mâchoire chez les vertébrés

Leur demander de partager l'information recueillie selon la méthode de leur choix (p. ex., exposé oral, dépliant informatif, présentation multimédia, affiche).

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Élaborer des critères d'évaluation avec les élèves. Les critères devraient porter aussi bien sur le contenu que sur les éléments de la présentation et devraient être semblables peu importe le type de présentation choisi par les élèves. Voir ⑩ l'annexe 3 du regroupement 1 pour des informations générales sur la co-construction de critères d'évaluation avec les élèves.

En fin

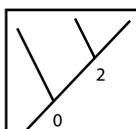
Étude de cas – « Le mystère australien »

Inviter les élèves à lire l'étude de cas « Le mystère australien » et à répondre aux questions connexes (voir ⑩ l'annexe 10).

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Participer avec les élèves à une séance de remue-méninges afin de déterminer les critères qui devraient servir à évaluer leurs réponses aux questions.

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : L'évaluation par les pairs – Renseignements pour l'enseignant	4.31
ANNEXE 2 : Lignes directrices pour l'évaluation par les pairs	4.33
ANNEXE 3 : L'espèce – Renseignements pour l'enseignant	4.34
ANNEXE 4 : Étude de cas – La mouche de la pomme, exemple de spéciation	4.35
ANNEXE 5 : La nature dynamique de la classification – Renseignements pour l'enseignement	4.39
ANNEXE 6 : Espèces et systématique – Démonstration.....	4.41
ANNEXE 7 : Raisonnement catégorique en biologie	4.43
ANNEXE 8 : Évaluation – Processus de collaboration	4.43
ANNEXE 9 : La classification des êtres vivants – Renseignements pour l'enseignant	4.45
ANNEXE 10 : Le mystère australien.....	4.46



ANNEXE 1 : L'évaluation par les pairs – Renseignements pour l'enseignant

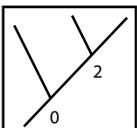
Dans le cadre de l'évaluation par les pairs, les élèves évaluent le travail de l'un et de l'autre. Tout comme l'autoévaluation, l'évaluation par les pairs est un volet de l'évaluation *en tant qu'apprentissage* et met l'accent sur le développement des élèves et leur connaissance de soi (métacognition). En faisant des élèves des partenaires du processus d'évaluation formative, l'évaluation par les pairs offre aux élèves la possibilité de s'exercer à faire et à recevoir des commentaires sans se voir attribuer une note pour leur travail. Les élèves acquièrent le sentiment d'être parties prenantes du processus d'évaluation, ce qui accroît leur motivation à apprendre.

Quand les élèves discutent du travail de l'un et de l'autre et proposent des suggestions pour améliorer le travail, ils adoptent une démarche analytique. Cette démarche analytique peut également s'appliquer à leur réflexion sur leur propre travail et favorise l'autoréflexion et l'autoévaluation. Les élèves acquièrent les compétences et les habitudes mentales qui leur permettent d'assumer une responsabilité croissante pour leur propre apprentissage et de devenir des apprenants autonomes. Ils apprennent à reconnaître les caractéristiques d'un travail de qualité.

Pour une utilisation efficace de l'évaluation par les pairs en salle de classe, certaines conditions doivent être remplies.

1. Les élèves doivent avoir une bonne compréhension de ce qu'ils doivent vérifier dans le travail des autres. Des copies types de travaux de bonne qualité et de mauvaise qualité peuvent aider les élèves à comprendre les critères d'évaluation et ce qu'ils doivent faire pour réussir le travail. Le fait que les élèves participent à l'établissement des critères d'évaluation contribue également à approfondir leur connaissance des attentes relatives au travail.
2. L'évaluation par les pairs doit être structurée de façon à ce que les élèves comprennent qu'ils évaluent le travail, et non l'élève. En fournissant des modèles d'expression de commentaires efficaces, les enseignants peuvent aider les élèves à formuler des commentaires constructifs sans porter de jugements. Les élèves doivent être invités à être cohérents, réalistes, encourageants et réfléchis lorsqu'ils offrent des commentaires aux uns et aux autres.
3. L'environnement d'apprentissage de la salle de classe doit être favorable. Les élèves doivent se sentir à l'aise et se faire mutuellement confiance pour faire des commentaires francs et constructifs. En considérant l'évaluation comme faisant partie du processus d'apprentissage, les élèves parviendront à considérer les erreurs comme des possibilités d'apprentissage plutôt que des échecs.

L'évaluation par les pairs est une forme d'évaluation formative utile puisqu'elle permet aux élèves de poser des questions qu'ils hésiteraient à poser à l'enseignant et d'expliquer des choses l'un à l'autre à l'aide de mots familiers. Les élèves se perçoivent mutuellement comme des ressources qui peuvent les aider à comprendre quand ils ont la possibilité de discuter d'un nouveau contenu, de remettre en question des idées et d'échanger des explications. L'appui et l'échafaudage qu'ils s'offrent mutuellement permettent aux élèves d'en apprendre davantage que s'ils travaillaient de manière indépendante.



ANNEXE 2 : Lignes directrices pour l'évaluation par les pairs

Quand tu évalues le travail d'un pair, garde en tête les lignes directrices suivantes :

1. Concentre-toi sur le travail et la démarche.
 - Fais des commentaires axés sur la démarche qui suggèrent ce qui peut être fait pour rapprocher le travail du résultat visé (p. ex. : As-tu consulté le document sur la présentation des citations et des références bibliographiques pour avoir des exemples du style à utiliser dans ta bibliographie?).
 - Des compliments généraux (p. ex. : Bon travail!) ou des opinions personnelles (p. ex. : J'aime ça!) ne sont pas utiles.
2. Fais des commentaires descriptifs qui ne portent pas de jugements.
 - Parle toujours du travail, et non de la personne (p. ex. : J'ai remarqué que certaines cases du cadre de sommaire de concept n'ont pas été remplies et NON, tu n'as pas fini de remplir le cadre de sommaire de concept.).
 - Ne porte pas de jugements sur le travail et ne lui donne pas de note. (p. ex. : Ce n'est pas un bon travail.).
3. Sois positif et fais des suggestions précises.
 - Explique comment les points forts du travail d'un élève répondent aux critères d'un bon travail. (p. ex. : La conclusion de ce rapport de laboratoire est énoncée clairement.).
 - Décrit les points manquants ou ceux à améliorer. Choisis un ton qui montre que tu fais des suggestions utiles (p. ex. : Je ne suis pas sûr de comprendre ton raisonnement dans le cas de ce problème de génétique. Pourrais-tu l'expliquer autrement?).

Exemples de questions incitatives :

- Je ne suis pas sûr de comprendre la réponse à cette question. Pourrais-tu m'expliquer ton raisonnement d'une autre façon?
- Pourrais-tu décrire la stratégie que tu as utilisée pour résoudre ce problème?
- As-tu vérifié tes calculs pour cette question? Est-ce que $(0,2)^2 = 0,4$?
- J'ai remarqué qu'il restait des questions auxquelles répondre pour l'étude de cas. Y a-t-il quelque chose pour lequel je puisse t'aider?
- Ton rapport de laboratoire est clair et organisé. As-tu vérifié l'orthographe et la grammaire?
- Ta décision concernant ce dilemme d'ordre éthique est claire. Quels critères as-tu utilisés pour la prendre?
- Pourrais-tu m'expliquer comment tu en es arrivé à cette conclusion à partir des données que tu as recueillies?

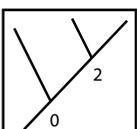
ANNEXE 3 : L'espèce – Renseignements pour l'enseignant

L'espèce est la seule catégorie taxonomique dotée d'une nette identité biologique. Le biologiste évolutionniste Ernst Mayr a défini une espèce comme étant une communauté reproductrice de populations (génétiquement isolée d'autres communautés) qui occupe une niche particulière dans la nature. En d'autres termes, une espèce se définit en fonction de son intégrité génétique parce que les individus qui la composent partagent le même ADN à l'exclusion des membres de toute autre espèce.

La définition d'espèce pose certains problèmes, par exemple, la mule est l'animal issu du croisement de deux espèces distinctes, l'âne (ou l'ânesse) et le cheval (ou la jument). Alors comment classer la mule? Comme la mule est un animal généralement stérile, c'est-à-dire qu'elle ne peut se reproduire, elle est considérée comme un hybride, et pas une espèce. Comme autres exemples d'hybrides, mentionnons les pinsons des Galapagos qui s'interfécondent, mais dont la progéniture est stérile.

Certaines espèces présentent une telle diversité de caractères phénotypiques qu'il n'est pas évident qu'elles partagent le même patrimoine génétique. Il existe une grande variété de chiens (*Canis familiaris*) de diverses formes et tailles. On peut avoir du mal à croire que le chihuahua et le grand danois sont de la même espèce! Le plumage nuptial d'oiseaux mâles est souvent très différent de celui des femelles et des juvéniles de la même espèce.

À l'occasion, une espèce peut donner lieu à des sous-populations non interfécondes. On connaît plusieurs sous-espèces de la souris sylvestre (*Peromyscus maniculatus*) en Amérique du Nord. Cette souris est mieux connue comme étant porteuse du virus Hantaan (fièvre hémorragique coréenne). Une sous-espèce, *Peromyscus maniculatus bairdii*, préfère les espaces découverts comme les champs labourés ou cultivés et les prairies, tandis que *Peromyscus maniculatus gracilis* vit surtout en forêt. Les sous-espèces de la souris sylvestre occupent des habitats différents et ont des caractéristiques morphologiques différentes; elles peuvent occuper le même secteur mais sans pouvoir se reproduire entre elles. Cependant, un croisement est possible avec d'autres sous-espèces de la souris sylvestre.



ANNEXE 4 : Étude de cas – La mouche de la pomme, exemple de spéciation*

Introduction

L'aubépine est un arbre qui pousse partout en Amérique du Nord et produit un petit fruit (la cenelle), consommé par une larve de mouche. En 1864, des pomiculteurs de l'État de New York ont découvert une larve inconnue se nourrissant de pommes. Avec les années, une population de mouches de la pomme s'est différenciée progressivement, privilégiant le fruit de l'aubépine plutôt que la pomme.

Consulte ci-dessous des renseignements tirés d'ouvrages scientifiques. Examine et évalue les éléments de preuve présentés afin de répondre aux deux questions suivantes :

1. La mouche qui se reproduit dans le fruit de l'aubépine (que nous appellerons mouche de l'aubépine pour des raisons pratiques) appartient-elle à la même espèce que la mouche de la pomme (aussi appelée ver-chemin-de-fer)?
2. Sinon, et si la mouche de la pomme forme une espèce distincte, quel serait le scénario logique, sur le plan de la biologie, expliquant comment la spéciation s'est produite?

Faits concernant les deux races de mouches de la pomme

- La mouche de la pomme et la mouche de l'aubépine sont toutes deux classées dans la même espèce (*Rhagoletis pomonella*) (Bush, 1969).
 - Il est impossible de distinguer physiquement la mouche de l'aubépine de la mouche de la pomme.
 - Il n'y a pas d'isolement géographique ni de séparation physique entre les populations de mouches de la pomme adultes et de mouches de l'aubépine adultes.
- *R. pomonella* est une espèce indigène de l'Est de l'Amérique du Nord et elle se reproduisait initialement dans le fruit de l'aubépine (Reissig, 1991).
- *R. pomonella* appartient à un ensemble de quatre espèces de mouches étroitement apparentées qui ne peuvent pas être distinguées physiquement (Berlocher et Bush, 1982).

Faits concernant l'aubépine et le pommier

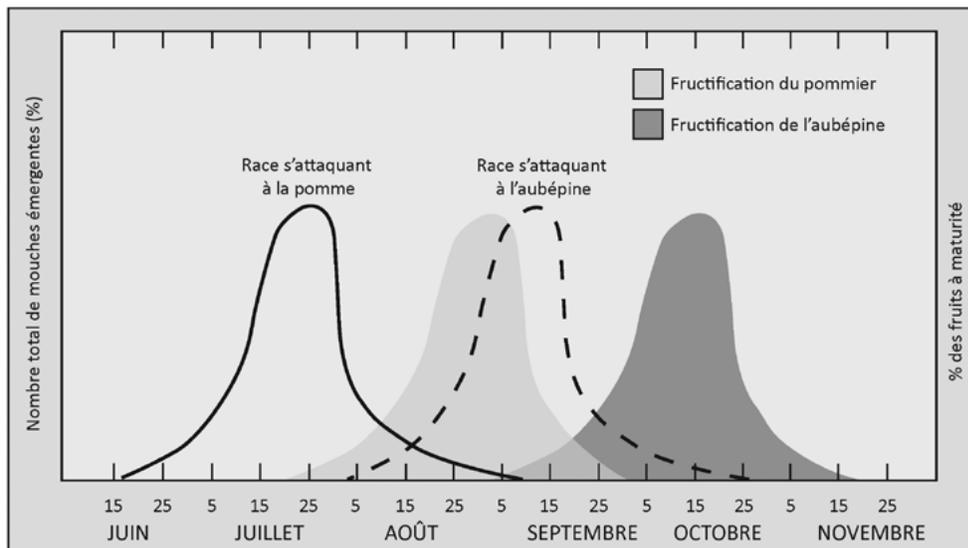
- L'aubépine et le pommier sont deux plantes ligneuses (à bois) qui appartiennent à la famille des rosacées (Newcomb, 1977).
 - Le groupe des aubépines englobe une cinquantaine d'espèces d'arbres et d'arbustes indigènes de l'Amérique du Nord, classés dans le genre *Crataegus*.
 - Les premiers colons européens ont introduit le pommier en Amérique du Nord; le pommier appartient au genre *Malus*.
- Le pommier est l'arbre fruitier le plus répandu en Amérique du Nord.

- La mouche de la pomme (ver-chemin-de-fer) est un parasite important des arbres fruitiers dans l'Est du Canada et le Nord-Est des États Unis. Des mesures antiparasitaires vigoureuses doivent être prises pour limiter la propagation de ce parasite pour produire des fruits de qualité supérieure qui sont commercialisables (Reissig, 1991).

Faits concernant la reproduction de la mouche de la pomme

- La mouche qui se reproduit dans les pommes appartient à une race distincte de celle qui se reproduit dans le fruit de l'aubépine (cenelle).
- La figure 1 illustre schématiquement le moment d'émergence des mouches (lignes continue et pointillée) et la période de maturation des fruits (courbes délimitant une superficie colorée).

Figure 1 : Émergence de la mouche de la pomme (Jim Stamos)



- Les mouches adultes émergent pour se reproduire avant que les fruits ne soient mûrs.
 - La femelle dépose les œufs fécondés dans le fruit mûr.
 - Des larves éclosent, se nourrissent du fruit et se transforment en nymphe ou puppe (Reissig, 1991).
- Les pommes mûrissent environ un mois plus tôt que les cenelles, mais il y a chevauchement entre la fin de la saison des pommes et le début de la saison des cenelles (Belocher et Feder, 2002).

Faits concernant les pommes et les cenelles

- La pomme commerciale typique mesure 70 mm de diamètre, tandis que la cenelle sauvage typique a un diamètre de 12,5 mm.
- Les larves qui éclosent dans les pommes peuvent pénétrer 5,5 fois plus creux dans le fruit (compte tenu du diamètre) que celles qui éclosent dans les cenelles.
 - Les guêpes parasitoïdes pondent leurs œufs dans le corps de la larve de mouche, et la larve de guêpe finit par tuer la larve de mouche de la pomme.
 - La mouche de la pomme réussit mieux à éviter le parasitisme des guêpes en s'enfonçant plus profondément dans le fruit que la guêpe peut pénétrer avec son ovipositeur (organe qui dépose les œufs).
 - La mouche de la pomme renferme 70 % moins d'œufs de parasitoïdes que la mouche de l'aubépine (Berlocher et Feder, 2002).
- Les fruits du pommier fournissent 220 fois plus de nourriture (selon leur volume) aux larves en développement que les fruits de l'aubépine, plus petits.
 - La mouche de la pomme pond plus d'œufs dans une pomme que la mouche de l'aubépine.
 - La qualité nutritionnelle du fruit de l'aubépine se traduit par un meilleur taux de survie des larves se nourrissant de la cenelle : 52 % des larves ayant éclos dans les cenelles survivent, comparativement à 27 % des larves déposées dans les pommes (Prokopy et coll., 1988; Freeman et Herron, 1998).
 - Les chenilles et charançons peuvent aussi se nourrir de pommes, ce qui réduit la quantité de nourriture disponible pour les larves de mouche.

Résultats de l'évolution chez la mouche de la pomme

- La fidélité au type de fruit représente un obstacle important au flux génétique entre les deux races de mouches de la pomme.
 - Le taux d'hybridation entre la race de mouche de la pomme se reproduisant dans la pomme et celle se nourrissant de cenelles n'est que de 4 % à 6 % (Berlocher et Feder, 2002).
 - Certaines mouches de la pomme préfèrent de beaucoup s'accoupler sur l'aubépine et pondre leurs œufs fécondés dans les cenelles.
 - Les autres ont une forte préférence pour l'accouplement et la ponte des œufs fécondés dans des pommes.
- Les deux races de mouches de la pomme sont génétiquement distinctes. Elles ont des profils génétiques identifiables (Berlocher et Feder, 2002).

Questions

En petits groupes, répondez aux questions suivantes et indiquez les raisons justifiant vos choix.

1. Quel concept relatif à l'espèce est illustré dans ce cas?
2. La mouche de la pomme est-elle une espèce distincte de la mouche de l'aubépine?
3. Proposez un scénario logique, du point de vue de la biologie, expliquant le processus d'évolution de la mouche de la pomme.
4. Quelle importance accordez-vous aux différents éléments de preuve pour pouvoir répondre aux questions 2 et 3? Quel élément de preuve est le plus important? Lequel est le moins important?
5. De quels autres renseignements auriez-vous besoin pour être davantage certains de vos conclusions?

Références

Berlocher, S.H., et G.L. Bush. « An electrophoretic analysis of *Rhagoletis* (Diptera: Tephritidae) phylogeny », *Systematic Zoology*, vol. 31, 1982, pp. 136-155.

Berlocher, S.H., et J.L. Feder. « Sympatric speciation in phytophagous insects: moving beyond controversy? » *Annual Review of Entomology* 4, 2002, pp. 773-815.

Bush, G.L. « Sympatric host race formation and speciation in frugivorous flies of the genus *Rhagoletis* (Diptera: Tephritidae) », *Evolution*, vol. 23, 1969, pp. 237-251.

Freeman, S. et J.C. Herron. *Evolutionary Analysis*. Upper Saddle River, NJ, Prentice-Hall, 1998.

Newcomb, L. *Newcomb's Wildflower Guide* (NE and NC North America).

Boston, Little Brown and Co., 1977.

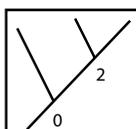
Prokopy, R.J., S.R. Diehl et S.S. Cooley. « Behavioral evidence for host races in *Rhagoletis pomonella* flies », *Oecologia*, vol. 76, 1988, pp. 138-147.

Reissig, W.H. « Insect Identification Sheet No. 7: Apple Maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh) », Cornell University et le New York State IPM Program, 1991.

Seelig, R.A., et D. Hirsh. *March - Fruit and vegetable pointers: Apples*.

United States Fresh Fruit and Vegetable Association, Washington, DC, 1978.

*Martin G. KELLY, « As the Worm Turns: Speciation and the Apple Maggot Fly », *National Center for Case Study Teaching in Science*, 2003, http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/collection/detail.asp?case_id=328&id=328. Traduction autorisée par le National Center



ANNEXE 5 : La nature dynamique de la classification – Renseignements pour l'enseignant

La science de la classification se nomme la systématique. Elle englobe la taxonomie, qui est la description et la nomenclature des êtres vivants. La nature dynamique de la classification est un excellent exemple de l'utilisation de technologies nouvelles et améliorées ayant mené au bouleversement du système de classification tout entier.

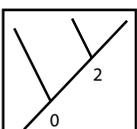
- Aristote (384-322 avant notre ère) crée le premier système de classification largement utilisé en divisant tous les organismes en deux grands groupes : plantes et animaux.
- Carl von Linné ou Carolus Linnæus (1707-1778) met au point un système de catégorisation hiérarchique (règne, phylum, classe, ordre, famille, genre, espèce) et regroupe les organismes selon leur ressemblance à d'autres formes de vie; le système de nomenclature binomiale établi par Linné est encore utilisé aujourd'hui.
- Les améliorations apportées aux microscopes optiques mènent à la découverte d'un grand nombre d'organismes unicellulaires. En 1866, Ernst Haeckel propose de classer ces organismes dans un règne distinct, les protistes.
- L'invention du microscope électronique et les avancées en biochimie au milieu du XX^e siècle conduisent à la découverte de deux types différents de cellules : les procaryotes (bactéries) et les eucaryotes (plantes, animaux, champignons, protistes).
- En 1959, Robert Whittaker propose le système des cinq règnes distincts : plantes, animaux, champignons, bactéries et protistes.
- Dans les années 1970, Carl Woese analyse la séquence de base de l'ARN ribosomique de diverses bactéries, ce qui l'incite à diviser les bactéries en deux groupes distincts : eubactéries et archéobactéries.
- À partir des travaux de Woese, un système à six règnes est proposé; les règnes des plantes, animaux, champignons et protistes demeurent inchangés, mais celui des monères (bactéries) est scindé en deux, formant les règnes des eubactéries et des archéobactéries.
- En 1990, Woese propose un schéma de classification du vivant en trois domaines : Eukarya (comprenant tous les eucaryotes : animaux, plantes, champignons et protistes), Bacteria (les « vraies » bactéries comme *E. coli*, *Lactobacillus bulgaris* et *Cyanobacteria*) et Archaea (archéobactéries ou organismes vivant dans des conditions extrêmes, p. ex., températures ou niveaux de salinité élevés, ou produisant du méthane).

Les élèves connaîtront peut-être la systématique classique (classification linnéenne) des organismes, qui est une façon d'organiser les êtres vivants selon un système hiérarchique d'attributs. Cette méthode classe les organismes selon leurs similitudes morphologiques et physiologiques, mais elle omet de reconstruire intégralement les relations évolutives entre les organismes. Par exemple, dans ce système de classification, les oiseaux et les dinosaures appartiennent à des classes différentes (Aves et Reptilia). La systématique classique a été le système de classification dominant jusqu'à l'introduction de la systématique phylogénétique au milieu du XX^e siècle.

La systématique phylogénétique (cladistique) a été mise au point par le biologiste allemand Willi Hennig (1913-1976), Elle détermine les relations évolutives entre les diverses formes de vie au fil du temps (qui est plus proche de qui). Ces relations entre organismes sont exprimées au moyen de diagrammes appelés cladogrammes, qui représentent les relations évolutives et n'utilisent pas un système hiérarchique (phylum, classe, ordre, etc.) pour classer les organismes. Ces derniers sont placés en clades (ou groupe monophylétiques), groupes d'organismes ayant un ancêtre commun. Les oiseaux seraient donc placés dans le même clade que les dinosaures car ils ont un ancêtre commun. Selon cette approche, les reptiles ne feraient pas partie d'une classe à part, car ils n'ont pas de caractères évolutif commun ou ancêtre commun qui leur appartiennent exclusivement. On les place maintenant dans le groupe monophylétique des Tétrapodes (êtres vivants avec quatre membres). Ce clade englobe les groupes des amphibiens et des amniotes. Parmi les amphibiens se trouvent les grenouilles, salamandres et crapauds. Les amniotes comprennent les anapsides (tortues), les diapsides (serpents, crocodiles, dinosaures, oiseaux) et les synapsides (mammifères).

Les poissons sont un autre exemple de groupe qui n'existe plus dans la classification phylogénétique. Certains poissons osseux primitifs sont proches parents des amphibiens et ne sont pas classés parmi les poissons osseux (ostéichthyens), mais bien avec les crossoptérygiens, le grand groupe qui englobe les tétrapodes.

La cladistique est la méthode reconnue aujourd'hui pour l'analyse systématique car elle se fonde sur les relations avec les ancêtres et la lignée (phylogenèse ou filiation). Le séquençage de l'ADN et de l'ARN est une technique importante qui permet de déterminer les liens phylogénétiques et est à l'origine des modifications importantes à la classification des êtres vivants.



ANNEXE 6 : Espèces et systématique - Démonstration

Mener une discussion sur les espèces et la systématique à l'aide de la démonstration suivante.

Apporter des variétés de *Brassica oleracea* et d'autres légumes, par exemple :

- chou pommé (*Brassica oleracea capitata*)
- chou vert (*Brassica oleracea acephala*)
- brocoli, chou fleur, chou-fleur vert (*Brassica oleracea botrytis*)
- choux de Bruxelles (*Brassica oleracea gemmifera*)
- chou-rave (*Brassica oleracea caulorapa*)
- navet (*Brassica rapa*)
- pak-choï/moutarde chinoise (*Brassica chinensis*)
- laitue Iceberg ou frisée (*Lactuca sativa*)

Note : Les variétés de *Brassica oleracea* sont toutes issues d'une sélection artificielle à partir de l'espèce sauvage qui pousse sur les falaises côtières de l'Europe.

Montrer les légumes aux élèves et leur demander de les classer par catégories selon le genre et l'espèce. Observer la tendance générale des élèves à les classer selon leur aspect (p. ex., laitue Iceberg et chou).

Une fois que les élèves auront classé les légumes, leur montrer les regroupements officiels ainsi que les noms de genre et d'espèce. Souligner que les traits évidents ne sont pas toujours les plus importants pour la définition des espèces. Dans le cas présent, les détails relatifs aux fleurs servent à définir le genre *Brassica*, et l'espèce est définie selon la disposition des tiges.

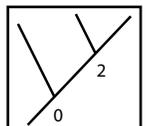
Soulever la question des noms scientifiques. Les exemples ci-dessous permettent de renforcer l'idée que les noms scientifiques ont une signification précise (quand on a des notions de latin et de grec).

Latin

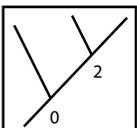
brassic = chou
capitata = tête
oler = vert
caulo = navet
rapa = tige
gemmifera = porte des bourgeons
chinensis = chinois
lattuca = laitue

Grec

acephala = sans tête
botrytis = grappe de raisins



Le nombre de variétés de *Brassica oleracea* est un excellent exemple de la variation génétique au sein d'une même espèce. On peut illustrer la sélection artificielle en comparant le brocoli, le chou fleur, et le chou fleur vert (*Brassica oleracea botrytis*), qui ont été cultivés pour des caractères sélectionnés. Rappeler aux élèves le rôle que les plantes et animaux issus d'une sélection artificielle jouent dans le développement des idées de Darwin sur la sélection naturelle.



ANNEXE 7 : Raisonnement catégorique en biologie

Introduction

Un caractère qui est vrai pour un groupe ou une catégorie est vrai pour tous les membres de ce groupe ou catégorie. Par exemple, on sait que tous les oiseaux sont des vertébrés, et que le merle est un oiseau. Donc, on peut conclure que le merle est un vertébré.

Ce type de raisonnement est appelé raisonnement catégorique. La logique catégorique est la base des systèmes de classification. Elle examine les relations en fonction de groupes ou de catégories d'éléments. Le raisonnement peut être formulé comme suit :

Prémisse majeure : Tous les oiseaux sont des vertébrés.

Prémisse mineure : Le merle est un oiseau.

Conclusion : Le merle est un vertébré.

Questions

1. En te servant de l'exemple ci-dessus comme modèle, construis un argument catégorique pour démontrer qu'un retriever du Labrador est un mammifère.
2. Explique le raisonnement qui t'as permis de répondre à la question 1.
3. Construis un argument catégorique pour démontrer qu'un pin est une plante.
4. Qu'est-ce qui cloche dans l'argument catégorique ci-dessous?
Prémisse majeure : Tous les chevaux sont herbivores.
Prémisse mineure : L'organisme X est un herbivore.
Conclusion : L'organisme X est un cheval.

ANNEXE 8 : Raisonnement catégorique en biologie

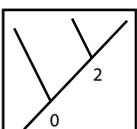
Évaluez le processus de collaboration dans votre équipe à l'aide de l'échelle d'évaluation ci-dessous.

Échelle d'évaluation :

- 4 Nous avons été constamment efficaces du point de vue de la collaboration.
- 3 Nous avons été généralement efficaces sur ce plan mais nous avons rencontré certains problèmes.
- 2 Nous avons été parfois efficaces sur ce plan. Nous avons rencontré certains problèmes, que nous avons résolus en partie.
- 1 Nous n'avons pas été efficaces sur ce plan. Nous avons rencontré des problèmes que nous n'avons pas tenté de résoudre.

Évaluation du processus en groupe

- Nous avons respecté l'approche et les points forts de chaque membre du groupe.
- Nous avons encouragé et aidé chaque membre du groupe à participer aux recherches, aux discussions et à la prise de décisions.
- Nous avons remis en question et discuté les idées des autres membres du groupe, mais sans aller à des attaques personnelles.
- Nous avons partagé les tâches et responsabilités de façon équitable.
- Nous avons surmonté le problème du manque de présence ou de participation de membres du groupe.
- Nous avons utilisé cette période de façon productive.



ANNEXE 9 : La classification des êtres vivants – Renseignements pour l'enseignant

En 1990, Carl Woese propose le modèle de classification à trois domaines, c'est à dire :

- Domaine Eukarya (tous les eucaryotes, dont les animaux, végétaux, champignons et protistes); les membres de ce domaine sont composés de cellules eucaryotes qui renferment un noyau et des organelles (mitochondries et chloroplastes) à l'intérieur d'une membrane.
- Domaine Bacteria (les « vraies » bactéries comme *E. coli*, *Lactobacillus bulgaris* et *Cyanobacteria*); les membres de ce domaine sont formés de cellules procaryotes, mais sont biochimiquement et génétiquement distincts des archées étant donné que leur paroi cellulaire renferme la protéine murine ou peptidoglycane.
- Domaine des Archaea (archéobactéries ou organismes vivant dans des conditions extrêmes comme *Acidianus*, *Thermoplasma* et *Methanobacteriales*); ces organismes sont composés de cellules procaryotes mais ils sont biochimiquement et génétiquement distincts des bactéries en ce que leur ARN contient des séquences protéiniques différentes. De fait, les archéobactéries (ou archées) sont plus étroitement apparentées aux humains qu'aux bactéries.

Les études en cours utilisent la génétique moléculaire et le séquençage de l'ADN ou l'ARN pour déterminer les relations évolutives. Les progrès rapides dans l'acquisition de connaissances ont mené à des modifications dans la classification des organismes, particulièrement le règne des protistes. Ce règne englobe un groupe très varié d'organismes unicellulaires qui n'appartiennent à aucun autre règne. De nombreuses personnes se demandent s'il ne serait pas approprié de scinder ce groupe en trois règnes distincts ou même plus. Récemment, le nouveau règne des chromistes a été proposé afin d'inclure les diatomées, les laminaires ou fucacées et le mildiou (champignon). Ces organismes sont distincts des plantes car ils contiennent de la chlorophylle *c* et n'emmagasinent pas leur énergie sous forme d'amidon.

De nouveaux noms sont adoptés progressivement pour désigner les animaux et végétaux. Certains auteurs utilisent métazoaires (animaux) et chlorobiontes (plantes) pour tenir compte des changements à la classification basée sur la phylogénétique.

À noter que des changements radicaux ont été apportés à la classification depuis 1990. Même les versions les plus récentes des manuels de biologie de niveau secondaire peuvent être obsolètes. Consulter des périodiques et des sites Internet faisant autorité pour obtenir les plus récentes données sur le sujet.

Les relations phylogénétiques entre organismes font présentement l'objet de vifs débats, ce qui peut engendrer une grande confusion chez les élèves lorsqu'ils consultent différentes sources d'information. Certains manuels et ressources ne mentionnent peut-être pas le système de classification à trois domaines, se fondant plutôt sur le système à cinq ou six domaines. D'autres ressources peuvent utiliser le terme « super-règne » au lieu de domaine.

ANNEXE 10 : Le mystère australien*

Partie I - Une lettre des antipodes

... La rivière semblait immobile à la hauteur du méandre où se trouve un eucalyptus au bord de l'eau. Le léger ombrage de fin d'après-midi annonçait le crépuscule qui allait bientôt masquer le profil des arbres sur la berge et le paysage s'étirant en douceur jusqu'à l'horizon. Je vis des bulles crever à la surface, puis une petite tête coiffée d'une calotte de fourrure brune luisante glissant en silence à la surface.

Comme vous le devinez sans doute, cher collègue, je me demandai quel pouvait être cet animal que l'aborigène avait attrapé avec son harpon dans le lac près de la rivière Hawkesbury, non loin de Sidney. La réponse me vint rapidement. Une petite créature menait le combat de sa vie avec une telle vigueur qu'elle réussit à piquer son agresseur avec son éperon, ce qui sembla causer une grande douleur au pêcheur. Je me suis permis de vous envoyer par courrier la peau du spécimen pour que vous puissiez l'examiner. Il a été préservé dans un barillet d'eau-de-vie avec une autre bête de la région. Je le remets à vos bons soins pour la Literary and Philosophical Society of Newcastle-upon-Tyne.



Veillez agréer, cher collègue, mes cordiales salutations.
John Hunter, gouverneur
Nouvelle-Galles du Sud

Thomas Bewick examina la lettre attentivement en faisant la moue. Il déplia avec précaution les pages de notes et de dessins qui s'étaient échappées de l'enveloppe abîmée du gouverneur, expédiée des mois auparavant. Sa surprise ne cessait de croître au fil des minutes; cette créature ne ressemblait en rien à quelque autre animal connu. Qu'allait-il pouvoir écrire dans sa prochaine édition de *General History of Quadrupeds*? Que pouvait-il en dire? L'animal semblait à peine du domaine du réel. Est-ce un mammifère, songea-t-il, ou bien...?

Question

Les dessins de Hunter semblent incroyables. Bewick devine qu'il ne sera pas facile de classer cet animal. Comment doit-il procéder pour déterminer de quel type de créature il s'agit? Quelle est la définition de mammifère?

1. Prédisez aussi précisément que possible les caractéristiques exactes qu'un mammifère est censé posséder. Tiens compte de l'anatomie externe et interne d'un mammifère; énumère toutes les caractéristiques que tu peux trouver. Indique laquelle de ces dernières se retrouve exclusivement chez les mammifères et lesquelles se retrouvent chez d'autres vertébrés, comme les poissons, amphibiens, reptiles et oiseaux.

Partie II – Une créature, trois identités possibles

Le tonneau renfermant les deux spécimens ... atteignit Newcastle à la fin de 1799 et fut transporté du quai jusqu'aux salles de la Society par une servante, qui l'avait juché sur sa tête. Malheureusement, le fond du tonneau céda, aspergeant la pauvre femme d'eau-de-vie concentrée. Et comme si ce n'était pas assez, elle eut la surprise de voir non seulement les restes du petit wombat (un marsupial), mais également ceux d'une « étrange créature, mi-oiseau, mi bête » gisant à ses pieds.

D'après Thomas Bewick, il s'agissait d'une créature « qui semblait bien être un animal *sui generis* (c.-à-d. particulier); il possédait des caractéristiques de trois types d'animaux à la fois, celles de poissons, d'oiseaux et de quadrupèdes, sans toutefois appartenir à aucun genre déjà connu ». Il avait la taille d'un petit chat, avec un bec très semblable à celui d'un canard et quatre courtes pattes, « celles d'en avant ... plus courtes que les pattes arrière, et des griffes avec de longues palmures ». Bewick termine en précisant qu'il a échoué dans ses tentatives de classer l'animal à l'aide de quelque système existant que ce soit.

Le professeur George Shaw, Ph.D., Fellow de la Royal Society et conservateur adjoint du département d'histoire naturelle du British Museum, reçut également un spécimen séché en 1799. Il se demanda si c'était une blague; un habile taxidermiste chinois ou japonais aurait pu monter de toutes pièces cet animal pour se payer la tête de marins crédules. « Je n'en croyais pas mes yeux », avoua-t-il, ne pouvant trouver aucun signe de supercherie.

Un spécimen finit par arriver entre les mains du professeur Johann Blumenbach, spécialiste de l'anatomie comparative, de l'Université de Göttingen en Allemagne, qui baptisa la créature *Ornithorhynchus paradoxus*. « Paradoxal à tous points de vue », l'animal d'Australie soulevait une foule de questions. Était-ce, comme sa fourrure brune semblait l'indiquer, un mammifère? Mais où donc étaient ses glandes mammaires? Où étaient les mamelons? Et comment un jeune animal pouvait-il téter avec ce bec de canard? Ou bien c'était un reptile, une classe qui comprenait alors les amphibiens, puisque cette bête était sûrement aquatique? Ou peut-être s'agissait-il d'un oiseau, avec son bec de canard qui suggérait une parenté avec les oiseaux à sang chaud? Blumenbach était perplexe. *Ornithorhynchus* n'entrait dans aucune des grandes classes de vertébrés – mammifères, poissons, oiseaux et reptiles.

D'autres spécimens furent expédiés à un anatomiste britannique réputé, Everard Home, au Royal College of Surgeons de Londres. Le mystère au lieu de s'éclaircir s'épaissit encore quand Home fit une série de découvertes passionnantes qui firent l'objet d'articles entre 1800 et 1802. Le bec de canard était un organe exploratoire qui permettait à l'animal de fouiller et de goûter la boue des fonds de rivières pour trouver de quoi s'alimenter, des petits crustacés et des insectes aquatiques. Ce bec n'était pas dur comme celui d'un oiseau, mais plutôt humide, mou et très flexible. Mais les organes reproducteurs lui réservaient d'autres surprises!

Questions

1. Examinez les dessins ci-dessous montrant les systèmes reproducteurs de six animaux. Quelles conclusions pouvez-vous en tirer? Quel est celui qui, selon vous, ressemble le plus à celui d'*Ornithorhynchus*?
2. Qu'est-ce que cela signifie du point de vue de l'évolution?
3. Pensez de quelle façon les jeunes *Ornithorhynchus* naissent. Est-ce qu'ils naissent vivants (animal vivipare)? Ou y a-t-il un œuf pondu, incubé et qui éclôt ensuite (ovipare)? Ou encore un œuf est-il produit et incubé dans le corps de la mère pendant une certaine période puis éclôt, toujours à l'intérieur, comme chez les serpents (ovovivipare)? Toutes ces opinions sur le développement d'*Ornithorhynchus* ont été défendues avec vigueur par certains grands anatomistes de l'époque.

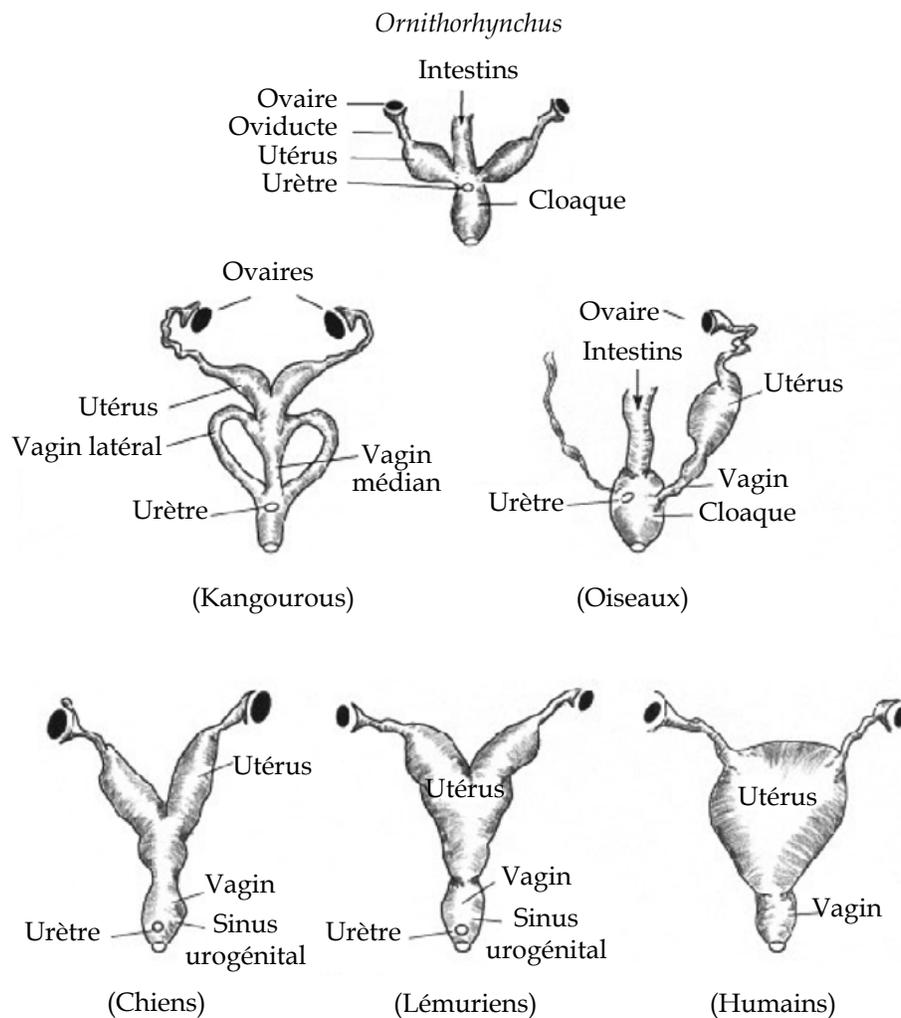


Figure 1 : Systèmes reproducteurs de six vertébrés. Toutes les dissections sont décrites comme si l'animal était couché sur le dos, face au lecteur. Tous les systèmes reproducteurs sont symétriques bilatéralement, sauf pour l'oiseau dont le côté gauche seulement est fonctionnel, le côté droit dégénérent durant le développement. Le terme *cloaque* désigne la cavité qui reçoit le contenu du tractus digestif et urinaire et du système reproducteur. Le *sinus urogénital* est la cavité où se déverse le contenu du tractus urinaire et reproducteur; le tractus digestif se vide séparément dans sa propre cavité, le *rectum* (non montré). (Dessins par Jim Stamos, d'après diverses sources).

Partie III - Une découverte fascinante

Sir Joseph Banks, qui avait accompagné James Cook à son premier voyage, déclare ce qui suit en 1802 : « Notre plus cher désir ici est de mieux comprendre la façon dont cet animal au bec de canard (ornithorynque) et l'échidné, qui je crois appartient au même genre, se reproduisent; leur structure interne est tellement semblable à celle des oiseaux que selon moi, il n'est pas impossible qu'ils pondent des œufs, ou du moins comme les serpents et certains poissons, incubent leurs œufs dans leur ventre, où ils éclosent ensuite. »

À la lecture des articles de Home, le zoologiste français Etienne Geoffroy St-Hilaire déclare que les deux animaux devraient être classés dans une nouvelle catégorie animale, les monotrèmes, ce qui signifie « trou unique » pour indiquer que l'animal n'a qu'un seul orifice (le cloaque) par lequel il élimine les déchets digestifs et urinaires et les produits du système reproducteur (œufs ou sperme). Mais trois questions capitales concernant *Ornithorynchus* sont soulevées à l'époque.

1. D'abord, comment peut-on faire entrer cette créature étrange dans les systèmes de classification et de taxonomie qui ont déjà si bien intégré les organismes de l'hémisphère Nord?
2. Ensuite, comment l'étrange *Ornithorhynchus* fait-il pour donner naissance à ses petits?
3. Enfin, comment cet animal bizarre s'intègre-t-il à notre conception traditionnelle d'un monde créé parfait? Où *Ornithorynchus* se situe-t-il dans le concept de l'évolution, qui commence doucement à faire surface?

Questions

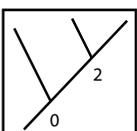
Examinons la première question : comment devrait-on procéder pour classer un tel animal? Les taxonomistes comme John Ray et Carl von Linné ont dit que la reproduction est le critère essentiel de classification. Linné établit que la présence de glandes mammaires et la tétée chez les jeunes représentaient la caractéristique déterminante de la classe des animaux qu'il nomma « mammifères ». Il considérait que les quadrupèdes (animaux à quatre pattes) à sang chaud dont le cœur comportait quatre cavités et une circulation double étaient vivipares et mammifères.

Henri Marie Ducrotay de Blainville affirma que les mammifères pouvaient être classés par degré décroissant de complexité, depuis les primates et les marsupiaux jusqu'aux monotrèmes. Il fut le premier à souligner les nombreuses ressemblances entre l'ornithorynque, l'échidné et les marsupiaux. Il affirma que malgré l'absence apparente des glandes mammaires, les monotrèmes appartiennent aux mammifères et forment un ordre distinct, Ornithodelphia. Une sommité du milieu scientifique français, Georges Cuvier, déclara qu'il s'agissait effectivement de mammifères mais il rangea carrément les monotrèmes dans l'ordre des Édentés, englobant d'autres mammifères dépourvus de dents, les fourmiliers et les paresseux.

Mais les scientifiques n'étaient pas tous d'accord. L'ornithorynque était bien un animal à sang chaud, dont le cœur a quatre cavités et une circulation double (un côté du cœur pompant le sang vers le poumon, et l'autre côté, vers le reste du corps), mais les oiseaux étaient aussi dotés de ces caractéristiques. De plus, il y avait ce bec de canard! En 1802, Everard Home écrit dans un article que la structure de l'oreille et de la ceinture thoracique (épaule) présentait à la fois des caractères des mammifères et des reptiles. La présence d'un cloaque était nettement une caractéristique des reptiles et des oiseaux, et l'absence d'un utérus bien constitué ainsi que l'absence apparente de mamelons contribuèrent à persuader Home que cette « taupe à bec de canard » était apparentée aux reptiles ovovivipares.

Lamarck déclara que l'ornithorynque et l'échidné ne pouvaient être des mammifères s'ils étaient dépourvus de glandes mammaires. Il les rangea dans une classe distincte de vertébrés, celle des monotrèmes.

1. Alors, quelle est la meilleure méthode pour classer cet animal bizarre? Si les oiseaux, les reptiles, les poissons et les mammifères sont tous placés dans des classes séparées, où doit-on classer l'ornithorynque?
2. Quelle est le meilleur raisonnement pour prédire de quelle façon naît le jeune ornithorynque : vivipare, ovipare ou ovovivipare? Quelle semble être la méthode de reproduction la plus probable, et la moins probable? Et après sa naissance, comment le jeune ornithorynque se nourrit-il?



Partie IV - Le mystère résolu

Comment l'ornithorynque fait-il pour se reproduire? L'année 1821 est celle d'une grande découverte. Patrick Hill, chirurgien de la marine, écrit à la Linnean Society pour raconter qu'un aborigène âgé lui a dit que « c'est un fait bien connu dans sa région que l'animal (l'ornithorynque) pond deux œufs semblables selon la taille, la forme et la couleur aux œufs de la poule, et que la femelle incube ses œufs pendant très longtemps dans un nid qui se trouve toujours dans les roseaux à la surface de l'eau ».

Plus important encore, en 1824, l'anatomiste allemand Johann Meckel affirme qu'il a trouvé les glandes mammaires chez l'ornithorynque! Ce sont des organes primitifs et ouverts directement à la surface de la peau, mais dépourvus de mamelons. Les monotrèmes représenteraient une forme transitoire entre les reptiles et les mammifères. Geoffrey St-Hilaire rejette cette idée et dit que les structures décrites par Meckel ne peuvent pas être des glandes mammaires parce qu'il n'y a pas de mamelons, ce qui rendrait difficile la tétée pour les petits à cause de leur bec de canard. Il soutient que l'ornithorynque appartient à son propre ordre distinct, celui des monotrèmes.

En 1831, le lieutenant Maule, qui est basé en Australie, révèle à la Zoological Society of London qu'il a trouvé plusieurs nids d'ornithorynques abritant des fragments de coquilles d'œufs et, dans un nid, la femelle était là avec deux petits. Deux semaines plus tard, ayant constaté la mort de la femelle, il signale qu'en enlevant la peau encore chaude de l'animal, il a vu du lait suintant à travers les poils sur son thorax, mais aucun mamelon visible.

En 1834, Richard Owen, grand spécialiste britannique de l'anatomie comparative, reçoit du lieutenant Maule deux bébés ornithorynques venant de Nouvelle Galles du Sud et détermine que le bec des petits est adapté pour la tétée normale. Il démontre sans équivoque que l'estomac des bébés contenait du lait.

Ce n'est qu'en 1884 que la question sera définitivement réglée. L'embryologiste écossais William Caldwell, de Cambridge, arrive en Australie et réunit un groupe de 150 aborigènes pour capturer des monotrèmes, ces animaux farouches, dans la rivière Burnett. Il tire une balle à une femelle en train de pondre ses œufs; elle a déjà pondu un œuf, et l'autre est encore dans le col de l'utérus partiellement dilaté. Il crie victoire. L'ornithorynque est donc ovipare. Elle pond ses œufs à coquille molle avec un gros jaune, qui est graduellement absorbé par les petits pendant leur développement, tout comme pour les oiseaux et les reptiles! En revanche, l'œuf calcifié de l'oiseau ne change pas de forme ni de grosseur, mais l'œuf du monotrème augmente de taille durant son séjour dans l'utérus. Sa coquille flexible s'agrandit à mesure que les nutriments sont absorbés dans l'utérus.

Question

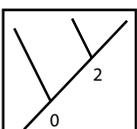
1. Est-ce que ces découvertes changent votre opinion sur la façon de classer l'ornithorynque?

Partie V – Le tableau global

Penchons-nous maintenant sur la troisième question : Comment l'ornithorynque s'intègre-t-il à la doctrine créationniste? Rappelons que l'idée d'Aristote relative à une échelle de la nature (*Scala Naturae*, une grande chaîne des êtres vivants) laisse entendre que les espèces occupent une position fixe sur une échelle ascendante dont l'humain est l'échelon le plus élevé. Cette notion peut avoir été crédible il y a deux mille ans quand on ne connaissait que 500 espèces d'animaux, mais à mesure qu'on découvre de nouvelles espèces comportant de plus en plus de caractéristiques intermédiaires ou hybrides, cette conception statique du monde semble de moins en moins plausible. Par exemple, en 1803, des explorateurs français reviennent d'Australie avec 100 000 spécimens d'animaux, dont 2500 espèces nouvelles pour le monde scientifique. Georges Cuvier, scientifique français réputé, se targue d'avoir rapporté de voyage « plus de nouvelles créatures que tous les autres naturalistes réunis des temps modernes ». Robert Brown, qui a sillonné intensivement les côtes australiennes, a prélevé des spécimens de 465 genres et de 2000 espèces végétales différentes en 1811, tous nouveaux pour la science. Les systèmes de classification créés pour l'Europe s'avéraient totalement inadéquats pour l'hémisphère Sud. L'ornithorynque n'était qu'un des milliers de mystères à éclaircir, quoique le plus spectaculaire.

Un autre problème fait surface : la découverte de fossiles partout dans le monde. Beaucoup de ces fossiles représentent des animaux disparus, ce qui laisse penser que certaines espèces sont éteintes. Si vraiment il y a eu extinction, alors qu'advient-il de « l'échelle de vie »? Y a-t-il d'autres échelons manquants?

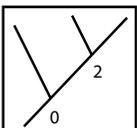
Comment les scientifiques ont-ils résolu ce problème? Ont-ils rejeté en bloc le concept de la *Scala Naturae*? C'est ce que fit Georges Cuvier, s'appuyant sur le fait que des catastrophes naturelles surviennent périodiquement et détruisent des organismes, qui sont remplacés alors par de nouvelles créatures plus complexes et non apparentées. D'autres scientifiques ont-ils révisé la théorie de l'échelle de vie? Un compatriote de Cuvier, Jean-Baptiste de Lamarck, estimait qu'il y avait un ordre linéaire entre les organismes vivants, allant du plus simple au plus complexe, et que les organismes pouvaient s'élever dans l'échelle grâce à l'évolution – plutôt à l'image d'un escalier. Il croyait que l'extinction était impossible.



Questions

1. Quand Charles Darwin est entré en jeu, il avait sa propre conception de la *Scala Naturae*. Selon vous, quelle était son idée sur la question?
2. Aujourd'hui, nous avons des preuves génétiques (ADN) ainsi que des preuves classiques obtenues grâce aux travaux d'anatomie et de physiologie. D'après l'ensemble des connaissances que nous possédons, dessine un arbre phylogénique plausible montrant les relations évolutives entre les oiseaux, les marsupiaux, les monotrèmes, les mammifères à placenta et les reptiles.

³Clyde Freeman HERREID « An Antipodal Mystery », *National Center for Case Study Teaching in Science*, 2005, http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/files/antipodal_mystery.pdf (Consulté le 4 février 2016). Traduction autorisée par le National Center for Case Study Teaching in Science.



LA CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ



APERÇU DU REGROUPEMENT

Après avoir étudié la génétique, l'évolution et la biodiversité, l'élève va maintenant explorer l'importance de la biodiversité et les raisons pour lesquelles le maintien de la biodiversité est important. L'élève aura l'occasion d'explorer comment les humains étudient la biodiversité ainsi que les stratégies utilisées pour son maintien. L'étude d'enjeux reliés à la biodiversité permettra à l'élève de mettre en application les connaissances acquises dans le cadre du cours.

CONSEILS D'ORDRE GÉNÉRAL

En 7^e année, les élèves ont déterminé les facteurs environnementaux, sociaux et économiques qui doivent être pris en compte dans la gestion et la préservation des écosystèmes. En 10^e année, ils ont examiné comment la biodiversité d'un écosystème contribue à sa durabilité et comment les activités humaines influent sur les écosystèmes. Le présent regroupement est une excellente occasion d'intégrer des travaux de terrain. Il est recommandé d'explorer des enjeux liés à la conservation de la biodiversité à une échelle locale ou régionale.



BLOCS D'ENSEIGNEMENT SUGGÉRÉS

Afin de faciliter la présentation des renseignements et des stratégies d'enseignement et d'évaluation, les RAS de ce regroupement ont été disposés en blocs d'enseignement. Il est à souligner que, tout comme le regroupement lui-même, les blocs d'enseignement ne sont que des pistes suggérées pour le déroulement du cours de biologie. L'enseignant peut choisir de structurer son cours et ses leçons en privilégiant une autre approche. Les élèves doivent cependant réussir les RAS prescrits par le Ministère pour la biologie 12^e année.

Outre les RAS propres à ce regroupement, plusieurs RAS transversaux de la biologie 12^e année ont été rattachés aux blocs afin d'illustrer comment ils peuvent être enseignés pendant l'année scolaire.

	Titre du bloc	RAS inclus dans le bloc	Durée suggérée
Bloc A	Le maintien de la biodiversité	B12-5-01, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-P3, B12-0-P4, B12-0-D3, B12-0-D4, B12-0-G2	2 h
Bloc B	Les stratégies de conservation	B12-5-02, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-P2, B12-0-P3, B12-0-D1, B12-0-D3, B12-0-D4, B12-0-R1, B12-0-R2, B12-0-R3, B12-0-R4	4 h
Bloc C	La surveillance de la biodiversité	B12-5-03, B12-0-C2, B12-0-P2, B12-0-S2, B12-0-S5	4 h
Bloc D	Les enjeux liés à la conservation de la biodiversité	B12-5-04, B12-0-C1, B12-0-C2, B12-0-P1, B12-0-P2, B12-0-P3, B12-0-P4, B12-0-D1, B12-0-D2, B12-0-D3, B12-0-D4, B12-0-D5, B12-0-R1, B12-0-R2, B12-0-R3, B12-0-R4	6 h
<i>Récapitulation et objectivation pour le regroupement en entier</i>			1 à 2 h
Nombre d'heures suggéré pour ce regroupement			17 à 18 h



RESSOURCES ÉDUCATIVES POUR L'ENSEIGNANT

Vous trouverez ci-dessous une liste de ressources éducatives qui se prêtent bien à ce regroupement. Il est possible de se procurer la plupart de ces ressources à la Direction des ressources éducatives françaises (DREF) ou de les commander auprès du Centre de ressources d'apprentissage du Manitoba (CRA).

[R] indique une ressource recommandée

LIVRES

BEZEBER Andy, et Ken DE SMET. *Manitoba Birds*, Edmonton, Lone Pine Publishing, 2000.

[R] BLAKE, Leesa, *et al. Biologie 12*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2003.
(DREF 570 C518b 12, CMSM 91614)

[R] BLAKE, Leesa, *et al. Biologie 12 – Guide d'enseignement*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2003. (DREF 570 C518b 12, CMSM 91613)

[R] CARTER-EDWARDS, Trent, *et al. Biologie 12 STSE*, Montréal, Éd. TC Média Livres Inc., 2014.
(DREF 570 C518b 12 2014)

[R] CREASEY, David, *et al. Biologie 12 STSE – Guide d'enseignement*, Éd. TC Média Livres Inc., 2014.

[R] COLBOURNE, Helen, *et al. Biologie 11-12*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2008.
(DREF 570 C684b, CMSM 97716)

[R] COLBOURNE, Helen, *et al. Biologie 11-12 – Guide d'enseignement*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2007. (DREF 570 C684b, CMSM 961345)

[R] DUNLOP, Jenna, *et al. Biologie 11 STSE*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2011.
(DREF 570 C518b 11 2011, CMSM 97395)

[R] DUNLOP, Jenna, *et al. Biologie 11 STSE – Guide d'enseignement*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2011. (DREF 570 C518b 11 2011, CMSM 97394)

Fédération canadienne de la faune, *Atout-Faune : guide des activités*, Ottawa, Fédération canadienne de la faune, 1991. (DREF 333.95416 A881)

[R] GALBRAITH, Don, *et al. Biologie 11*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2002.
(DREF 570 C518b 11, CMSM 91612)



[R] GALBRAITH, Don, *et al.* . *Biologie 11 – Guide d’enseignement*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2003. (DREF 570 C518b 11, CMSM 91611)

GROSSENHEIDER, Richard, et William BURT. *Les mammifères de l’Amérique du Nord*, Saint-Constant, Québec, Éditions Broquet, 1992.

Keewatin Publications, *Perspectives sur la biodiversité : édition du Manitoba*, Régina, Keewatin Publications, 2005. (DREF 577 K26p)

LEAHY, Christopher. *Insectes de l’Amérique du Nord*, Saint-Constant, Québec, Éditions Broquet, 1990. (DREF 595.7097 L434i)

MACKINNON, Andy, Derek JOHNSON et Linda J. KERSHAW. *Plants of the western boreal forest and aspen parkland*, Edmonton, Lone Pine Publishing, 1995.

PETERSON, Roger Tory. *Oiseaux de l’Amérique du Nord*, Saint-Constant, Québec, Éditions Broquet, 2007.

PETERSON, Roger Tory. *Les oiseaux du Québec et de l’est de l’Amérique du Nord*, Saint-Constant, Québec, Éditions Broquet, 2004.

POITRENAUD, Robert. *Les enjeux de la génétique*, Mouans-Sartoux, France, 2002. (DREF 576.5 P757e)

REECE, Jane B., *et al.* *Campbell Biologie – 4e édition*, Montréal, Éd. ERPI, 2012. (DREF 570 C189b [3e édition])

SIBLEY, David Allen. *Le guide Sibley des oiseaux de l’est de l’Amérique du Nord*, Waterloo, Québec, Éditions Michel Quintin, 2006.

STARR, Ceci, et Ralph TAGGART. *Biologie générale – L’unité et la diversité de la vie*, Montréal, Éd. Groupe Modulo, 2006. (DREF 570 S796b, CMSM 97021)

STOKES, Donald, et Lillian STOKES. *Guide d’identification des oiseaux de l’est de l’Amérique du Nord*, Saint-Constant, Québec, Éditions Broquet, 1997. (DREF 598.297 S874g)

AUTRES IMPRIMÉS

L’Actualité, Éditions Rogers Media, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE.
[revue publiée 20 fois l’an; articles d’actualité canadienne et internationale]



Ça m'intéresse, Prisma Presse, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; beaucoup de contenu STSE; excellentes illustrations]

Découvrir : la revue de la recherche, Association francophone pour le savoir, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE [revue bimestrielle de vulgarisation scientifique; recherches canadiennes]

Pour la science, Éd. Bélin, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE [revue mensuelle; version française de la revue américaine Scientific American]

Québec Science, La Revue Québec Science, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 10 fois l'an]

Science et vie junior, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; excellente présentation de divers dossiers scientifiques; explications logiques avec beaucoup de diagrammes]

Science et vie, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles plus techniques]

Sciences et avenir, La Revue Sciences et avenir, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles détaillés]

DVD

S'adapter ou disparaître, CinéFête, 2010. (DREF DVDDOC SECONDAIRE NATURE) [examine la question de la capacité du monde de la finance de prospérer en préservant la nature au lieu de l'exploiter]

DISQUES NUMÉRISÉS ET LOGICIELS

COLBOURNE, Helen, et al. *Biologie 11-12 – Banque d'évaluation informatisée*, Montréal, Les Éd. de la Chenelière Inc., 2009. (DREF 570 C684b, CMSM 93447)

SITES WEB

[R] *Attention nature*. <https://www.naturewatch.ca/fr/> (consulté le 18 juillet 2017). [site qui promeut la collecte de données scientifiques par les citoyens canadiens]

[R] *La bande riveraine*. <https://robvq.qc.ca/public/documents/documentation/hq2A542s.pdf> (consulté le 18 juillet 2017).

[R] *Bandes riveraines*. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/bandes-riv.htm> (consulté le 18 juillet 2017).



Biodiv'party. <http://www.fondation-nature-homme.org/magazine/biodivparty/> (consulté le 18 juillet 2017). [jeux permettant d'explorer et d'apprécier la biodiversité du monde vivant]

La biodiversité. <https://www.youtube.com/watch?v=5HOZiaZdV4Q&feature=youtu.be> (consulté le 18 juillet 2017).

[R] *Biodiversity and Riparian Areas.* <http://cowsandfish.org/pdfs/biodiversity.pdf> (consulté le 18 juillet 2017). [en anglais]

Canon Envirothon. <https://www.envirothon.org/> (consulté le 18 juillet 2017).

[R] *Centre d'interprétation du marais Oak Hammock.* <http://www.oakhammockmarsh.ca/> (consulté le 18 juillet 2017).

Comprendre la biodiversité. <http://www.fondation-nature-homme.org/magazine/comprendre-la-biodiversite/> (consulté le 18 juillet 2017). [livret de 20 pages qui présente des informations sur la biodiversité]

[R] *Environnement et Changement climatique Canada.* <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique.html> (consulté le 18 juillet 2017).

[R] *Fédération canadienne de la faune.* <http://www.cwf-fcf.org/fr/> (consulté le 18 juillet 2017). [renferme des données sur les programmes, les ressources, les enjeux d'actualité et les mesures mises en œuvre, ainsi que des liens vers d'autres sites Web]

Field Guide : Native Trees of Manitoba. <http://www.gov.mb.ca/sd/forestry/pdf/health/fieldguidefinal.pdf> (consulté le 18 juillet 2017). [en anglais; une version française du guide existe en format imprimé]

[R] *Fort Whyte Alive.* <https://www.fortwhyte.org/> (consulté le 18 juillet 2017).

[R] *La gestion des zones riveraines.* <http://www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/pratiques-agricoles/sol-et-terre/zones-riveraines/la-gestion-des-zones-riveraines/?id=1187631191985> (consulté le 18 juillet 2017).

Groupe d'éducation et d'écovigilance de l'eau. <http://www.g3e-ewag.ca/programmes/adopte/accueil.html> (consulté le 18 juillet 2017). [Ce groupe offre plusieurs programmes reliés à la qualité de l'eau et qui comprennent un volet important sur la biodiversité aquatique. Il est possible de commander une clé d'identification des macroinvertébrés aquatiques en cliquant sur l'onglet « boutique ».]



- [R] *Guide de bonnes pratiques: Aménagement et techniques de restauration des bandes riveraines.* http://banderiveraine.org/wp-content/uploads/2013/07/FIHOQ_guide_2013_web_spread.pdf (consulté le 18 juillet 2017).
- [R] *Guide de mise en valeur riveraine.* http://mrcbm.qc.ca/common/documentsContenu/Guide_de_mise_en_valeur_riveraine_-_edition_2012.pdf (consulté le 18 juillet 2017).
- Key to Manitoba's sport fish.* <https://www.gov.mb.ca/waterstewardship/fisheries/education/pdf/fishkey1.pdf> (consulté le 18 juillet 2017). [en anglais]
- [R] *Looking at my Lakeshore.* http://cowsandfish.org/pdfs/looking_at_my_lakeshore.pdf (consulté le 18 juillet 2017). [en anglais]
- [R] *Looking at my streambank.* <http://cowsandfish.org/publications/documents/LookingatmystreambankWEBJuly08.pdf> (consulté le 18 juillet 2017). [en anglais]
- [R] *Manitoba Forestry Association – Envirothon.* <https://www.thinktrees.org/programs/envirothon/> (consulté le 18 juillet 2017). [en anglais; comprend des informations sur la compétition annuelle et les événements régionaux]
- [R] *Manitoba Model Forest.* http://www.manitobamodelforest.net/MB_education.html (consulté le 18 juillet 2017). [offre des ressources pour les enseignants].
- [R] *Le monde merveilleux du caribou des bois de la forêt boréale.* www.manitobamodelforest.net/publications/Le%20Monde%20Merveilleux%20du%20Caribou%20des%20Bois%20de%20la%20Foret%20Boreal.pdf (consulté le 18 juillet 2017).
- [R] *Ministère du développement durable .* <http://www.gov.mb.ca/sd/> (consulté le 18 juillet 2017). [présente de l'information sur les espèces en péril au Manitoba, sur les enjeux environnementaux, la protection de la faune et l'initiative des aires protégées. Certains documents et sections du site sont en français.]
- [R] *La nature à l'œuvre : l'importance de la biodiversité dans votre vie.* <http://ec.gc.ca/nature/default.asp?lang=Fr&n=9193900C-1> (consulté le 18 juillet 2017). [Brochure qui donne des informations sur la biodiversité au Canada et les programmes de conservation]
- [R] *Nature North.* <http://www.naturenorth.com/> (consulté le 18 juillet 2017). [en anglais; site dédié à la biodiversité du Manitoba]
- [R] *Parc national du Mont-Riding.* <http://www.pc.gc.ca/fr/pn-np/mb/riding> (consulté le 18 juillet 2017).



- [R] *Parks and Protected Spaces*. http://www.gov.mb.ca/conservation/parks/act_interp/teachers/index.html (consulté le 18 juillet 2017). [en anglais; Conservation Manitoba offre des programmes pour les écoles dans certains de ses parcs provinciaux]
- Poissons du Québec*. <http://www.mffp.gouv.qc.ca/faune/peche/poissons/index.jsp> (consulté le 18 juillet 2017). [la plupart des poissons se retrouvent aussi au Manitoba]
- Quiz sur la biodiversité*. http://jedonnevieamaplanete.enclasse.be/fr/enclasse/mdiathque/quiz-sur-la-biodiversit_373.aspx (consulté le 18 juillet 2017). [quiz interactif sur la biodiversité et son importance]
- [R] *Riparian Areas: A User's Guide to Health*. <http://cowsandfish.org/riparian/usersguide.html> (consulté le 18 juillet 2017).
- Riparian Health Assessment for Lakes, Sloughs and Wetlands – Field Workbook*.
<http://cowsandfish.org/pdfs/Lakes-and-Wetlands-RHA-Workbook-2009.pdf> (consulté le 18 juillet 2017).
- Riparian Health Assessment for Streams and Small Rivers - Field Workbook*.
<http://cowsandfish.org/pdfs/Streams-and-Small-Rivers-RHA-Workbook-2009.pdf> (consulté le 18 juillet 2017).
- [R] *Le rôle et l'importance des zones riveraines au Manitoba*. https://www.gov.mb.ca/waterstewardship/water_info/riparian/riparian_areas.fr.html (consulté le 18 juillet 2017).
- [R] *Société pour la nature et les parcs du Canada*. <http://snapcanada.org/> (consulté le 18 juillet 2017). [cette société a comme but la protection des milieux naturels au Canada]
- Trousse des lacs : Des outils pour la santé des lacs*. <http://www.crelaurentides.org/dossiers/eau-lacs/trousse-des-lacs> (consulté le 18 juillet 2017). [fichiers téléchargeables pour sensibiliser et étudier l'état de santé des lacs]
- [R] *World Wildlife Fund Canada*. <http://www.wwf.ca/fr/> (consulté le 18 juillet 2017). [organisme qui travaille pour la protection des espèces sauvages et des habitats]
- [R] *Zoo du parc Assiniboine*. <https://www.assiniboinepark.ca/zoo/home/conserve> (consulté le 18 juillet 2016). [site anglais; Le centre éducatif vise à promouvoir les concepts liés à la conservation des espèces et animaux sauvages menacés grâce à l'éducation populaire et à l'apprentissage interactif]



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES

L'élève sera apte à :

- B12-5-01** discuter de diverses raisons qui viennent à l'appui du maintien de la biodiversité, entre autres le maintien d'un fonds génétique varié, la valeur économique, la viabilité d'un écosystème;
RAG : B2, B5, D2
- B12-5-02** décrire les stratégies employées pour conserver la biodiversité, *par exemple la préservation des habitats, les trajets de passage de la faune, les programmes de préservation des espèces, l'éducation du public;*
RAG : B2, B5, D2
- B12-5-03** choisir et utiliser des outils ou des procédures appropriés afin de déterminer et de surveiller la biodiversité d'une région, *par exemple les guides d'excursion, les clés dichotomiques, les quadrats, les transects, les méthodes de marquage et de recapture;*
RAG : C1, C2, C7
- B12-5-04** étudier un enjeu lié à la conservation de la biodiversité, *par exemple les semences patrimoniales, la qualité de l'eau du lac Winnipeg, les affectations du sol, le développement hydroélectrique.*
RAG : C4, C6, C8, D2, E2



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX

L'élève sera apte à :

Démonstration de la compréhension

- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1

Perspectives personnelles/réflexion

- B12-0-P1** faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique;
RAG : C2, C5
- B12-0-P2** manifester un intérêt soutenu et éclairé dans la biologie et des enjeux et carrières liés à ce domaine;
RAG : B4
- B12-0-P3** reconnaître l'importance de maintenir la biodiversité et le rôle que peuvent jouer les particuliers à cet égard;
RAG : B5
- B12-0-P4** reconnaître que les humains ont eu un impact et continuent d'avoir un impact sur l'environnement;
RAG : B1, B2
- B12-0-P5** reconnaître que les progrès technologiques peuvent mener à des dilemmes d'ordre éthique qui compliquent la prise de décisions personnelles et sociétales;
RAG : B1, B2



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Étude scientifique

- B12-0-S1** employer des stratégies d'enquête et de résolution de problèmes appropriées pour répondre à une question ou résoudre un problème;
RAG : C2, C3
- B12-0-S2** adopter des habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement;
RAG : B3, B5, C1, C2
- B12-0-S3** enregistrer, organiser et présenter des données au moyen d'un format approprié;
RAG; C2, C5
- B12-0-S4** évaluer la pertinence, la fiabilité et l'exactitude des données et des méthodes de collecte de données,
entre autres des écarts entre les données, les sources d'erreur;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-S5** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;
RAG : C2, C4, C5, C8

Prise de décisions

- B12-0-D1** identifier et explorer un enjeu courant,
par exemple clarifier ce qu'est l'enjeu, identifier différents points de vue ou intervenants, faire une recherche sur l'information/les données existantes;
RAG : C4, C8
- B12-0-D2** évaluer les implications d'options possibles ou de positions possibles reliées à un enjeu,
par exemple les conséquences positives et négatives d'une décision, les forces et faiblesses d'une position, les dilemmes moraux;
RAG : B1, C4, C5, C6, C7
- B12-0-D3** reconnaître que les décisions peuvent refléter certaines valeurs, et tenir compte de ses propres valeurs et de celles des autres en prenant une décision;
RAG : C4, C5
- B12-0-D4** recommander une option ou identifier sa position en justifiant cette décision;
RAG : C4



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

- B12-0-D5** recommander une ligne de conduite reliée à un enjeu;
RAG : C4, C5, C8
- B12-0-D6** évaluer le processus utilisé par soi-même ou d'autres pour parvenir à une décision;
RAG : C4, C5

Recherche et communication

- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements, *par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence, l'objectivité, les préjugés*;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R3** citer ou noter des références bibliographiques selon les pratiques acceptées;
RAG : C2, C6
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6

travail en groupe

- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G2** susciter et clarifier des questions, des idées et des points de vue divers lors d'une discussion, et y réagir;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G3** évaluer les processus individuels et collectifs employés;
RAG : C2, C4, C7



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Nature de la science

- B12-0-N1** décrire le rôle des données dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles données sont présentées;
RAG : A2
- B12-0-N2** reconnaître que de nombreux facteurs influent sur l'élaboration et l'acceptation de preuves scientifiques, de théories ou de technologies,
par exemple le contexte culturel et historique, la politique, l'économie, la personnalité;
RAG : A2, B2
- B12-0-N3** reconnaître à la fois le pouvoir et les limites de la science comme moyen de répondre aux questions sur le monde et d'expliquer des phénomènes naturels.



Bloc A : Le maintien de la biodiversité

L'élève sera apte à :

- B12-5-01** discuter de diverses raisons qui viennent à l'appui du maintien de la biodiversité, entre autres le maintien d'un fonds génétique varié, la valeur économique, la viabilité d'un écosystème;
RAG : B2, B5, D2
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-P3** reconnaître l'importance de maintenir la biodiversité et le rôle que peuvent jouer les particuliers à cet égard;
RAG : B5
- B12-0-P4** reconnaître que les humains ont eu un impact et continuent d'avoir un impact sur l'environnement;
RAG : B1, B2
- B12-0-D3** reconnaître que les décisions peuvent refléter certaines valeurs, et tenir compte de ses propres valeurs et de celles des autres en prenant une décision;
RAG : C4, C5
- B12-0-D4** recommander une option ou identifier sa position en justifiant cette décision;
RAG : C4
- B12-0-G2** susciter et clarifier des questions, des idées et des points de vue divers lors d'une discussion, et y réagir.
RAG : C2, C4, C7



Le résultat d'apprentissage de la présente section fournit aux élèves l'occasion d'intégrer les perspectives ou les valeurs culturelles locales et communautaires dans les discussions. Rappeler aux élèves que les valeurs peuvent varier d'un groupe à l'autre. Par exemple, la hierochloé odorante ou foin d'odeur (*Hierochloa odorata*) a une grande valeur spirituelle (inhérente) pour les Premières nations. La fumée du foin d'odeur sert à purifier et à nettoyer les objets, les lieux et les personnes. Le foin d'odeur a aussi une valeur utilitaire car on peut s'en servir pour garder la fraîcheur des vêtements dans les tiroirs et pour confectionner des paniers, et une tisane à partir de ses feuilles peut être utilisée pour traiter la fièvre, la toux et le mal de gorge.

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Stratégie SVA

Inviter les élèves à compléter le tableau SVA à ① l'annexe 1. À la fin du regroupement les élèves pourront revisiter ce tableau et le compléter.

Écoute, pense, trouve un partenaire, discute

Demander aux élèves de réfléchir individuellement et de dresser une liste de toutes les choses provenant de sources naturelles qu'ils utilisent dans leur vie quotidienne. Leur proposer ensuite de trouver un partenaire (former une paire) et de partager leurs listes. Préciser qu'il peut s'agir d'articles comme les chaussures de cuir, le lait, les légumes, les vitamines, l'essence, etc.

Demander aux élèves regroupés en dyades de penser à des choses qu'ils apprécient dans la nature et d'en dresser la liste, par exemple, chants d'oiseaux le matin, fleurs, couchers de soleil, air pur, marche sur une plage ou en forêt, etc.

Poser la question suivante aux groupes :

- *Comment décririez-vous la différence entre les deux listes?*

Les élèves répondront peut-être que la première liste contient des choses que nous considérons utiles ou pratiques (utilitaires), tandis que la deuxième énumère des choses ayant une beauté intrinsèque ou naturelle (inhérente).

En 6^e année, les élèves ont étudié le concept de la biodiversité et ils ont observé et décrit diverses formes de vie dans leur environnement local.

En 7^e année, les élèves ont déterminé les facteurs environnementaux, sociaux et économiques qui doivent être pris en compte dans la gestion et la préservation des écosystèmes.

Dans les cours de sciences de la nature de 10^e année, les élèves ont examiné les relations complexes présentes dans les écosystèmes et ils expliquent comment la biodiversité d'un écosystème contribue à sa durabilité ou pérennité. Ils se sont interrogés sur la façon dont les activités humaines influent sur un écosystème et ont utilisé le modèle de prise de décisions afin de proposer un plan d'action pour favoriser la durabilité.



En quête

Enseignement direct – le maintien de la biodiversité (C1)

Discuter avec les élèves des termes *utilitaire* et *inhérent* (utilitaire : utile, pratique; inhérent : intrinsèque, naturel) et fournir les définitions. Leur demander d'énumérer, à partir de la définition et de l'activité *Pense-Trouve un partenaire-Discute*, des exemples de choses ayant une valeur personnelle utilitaire (p. ex., vache=cuir et viande) et une valeur personnelle inhérente (p. ex., chant d'un pinson= son joyeux). Voir *Biologie 12 STSE*, p. 565-566, pour une discussion sur le maintien de la biodiversité.

 **Stratégie d'évaluation suggérée :**
Examiner les listes afin de déterminer le degré de compréhension des deux termes.

Activité – des valeurs à préciser (C2, P3, P4, D3, D4, G2)

Proposer aux élèves de compléter l'activité de @ l'annexe 2, qui offre l'occasion pour les élèves de préciser leurs valeurs et les aide à déterminer l'importance qu'ils accordent à la biodiversité.

 **Stratégie d'évaluation suggérée :**
Utiliser la discussion et les réponses écrites de l'activité de @ l'annexe 2 pour évaluer si les élèves peuvent :

- reconnaître les conflits potentiels pouvant survenir quand on prend des décisions sur des questions environnementales;
- expliquer la logique et la validité requises dans la construction d'opinions personnelles.

Le fait pour l'élève de préciser ses valeurs peut représenter une excellente occasion de réfléchir au type de valeurs qu'il possède et aux motifs expliquant pourquoi il accorde de la valeur à certaines choses, et de dépasser son environnement immédiat pour explorer les univers qui l'entourent. Si désiré, amorcer la discussion sur la définition de valeur. Ne pas oublier que le rôle de l'enseignant est de faciliter les activités; ne pas imposer ses propres valeurs durant la discussion.

Pendant les discussions sur une question environnementale, il est important de présenter plus d'une perspective et pas seulement celle des conservationnistes ou environnementalistes (c.-à-d. les défenseurs de la planète). Amener les élèves à prendre conscience qu'il n'y a pas qu'une seule bonne réponse à un problème, et que les décisions sont souvent fondées sur les priorités. Ce qu'une personne considère comme prioritaire peut ne pas l'être pour une autre, ce qui peut mener à des conflits.

Les habiletés de travail de groupe peuvent être évaluées à l'aide de @ l'annexe 21 du regroupement 1.



En fin

Billet de sortie

Poser la question suivante aux élèves :

- *Devrions-nous préserver seulement les choses dans la nature qui ont une valeur utilitaire? Pourquoi ou pourquoi pas?*

Leur donner cinq minutes pour répondre à la question dans leur carnet scientifique.

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer la logique et la clarté des réponses des élèves. Préciser que la réponse devrait inclure :

- la position adoptée par l'élève sur l'enjeu;
- les motifs à l'appui de sa position.



Bloc B : Les stratégies de conservation

L'élève sera apte à :

- B12-5-02** décrire des stratégies employées pour conserver la biodiversité,
par exemple la préservation des habitats, les trajets de passage de la faune, les programmes de préservation des espèces, l'éducation du public;
RAG : B2, B5, D2
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-P2** manifester un intérêt soutenu et éclairé dans la biologie et des enjeux et carrières liés à ce domaine;
RAG : B4
- B12-0-P3** reconnaître l'importance de maintenir la biodiversité et le rôle que peuvent jouer les particuliers à cet égard;
RAG : B5
- B12-0-D1** identifier et explorer un enjeu courant,
par exemple clarifier ce qu'est l'enjeu, identifier différents points de vue ou intervenants, faire une recherche sur l'information/les données existantes;
RAG : C4, C8
- B12-0-D3** reconnaître que les décisions peuvent refléter certaines valeurs, et tenir compte de ses propres valeurs et de celles des autres en prenant une décision;
RAG : C4, C5
- B12-0-D4** recommander une option ou identifier sa position en justifiant cette décision;
RAG : C4



- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements, *par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence, l'objectivité, les préjugés;*
- B12-0-R3** citer ou noter des références bibliographiques selon les pratiques acceptées;
RAG : C2, C6
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte.
RAG : C5, C6

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Remue-méninges

Les élèves connaissent peut-être certains programmes de conservation ou de préservation. Amorcer une réflexion en groupe et dresser une liste des programmes de conservation d'habitats ou de préservation d'espèces mentionnés par le groupe. Exemples de programmes :

- Banques de semences
- Zoos
- Programmes de reproduction en captivité
- Adoption d'un animal (p. ex., programme du Fonds mondial pour la nature)
- Réintroduction d'espèces (p. ex., le bison en Saskatchewan)
- Protection de l'habitat (p. ex., aménagement de parcs et de réserves, ...)
- Prévention du commerce illégal d'animaux sauvages (p. ex., vésicules biliaires d'ours, orchidées rares)
- Restauration d'habitats (p. ex., restauration de terres humides, élimination de déchets toxiques, etc.)
- Éducation du public (p. ex., inventaire des espèces en péril)
- Corridors fauniques
- Amélioration de l'aménagement forestier
- Limitation des prises pour les chasseurs, des casiers pour les pêcheurs et des pièges pour les trappeurs

En 7^e année, les élèves ont étudié les facteurs environnementaux, sociaux et économiques qui doivent être pris en compte dans la gestion et la préservation des écosystèmes. Ils ont proposé des mesures à prendre pour protéger l'habitat d'un organisme en particulier dans un écosystème.

En sciences de la nature de 10^e année, les élèves ont examiné les répercussions des activités humaines sur un écosystème et ils ont utilisé le modèle de prise de décisions afin de proposer un plan d'action pour renforcer sa durabilité.



En quête

Discussion de classe – la conservation des habitats et la préservation des espèces (C1)

Avec la liste élaborée dans la section « En tête », faire la différence entre les programmes pour la conservation des habitats (p. ex., restauration d'habitats, aménagement forestier) et ceux pour la préservation des espèces (p. ex., zoos, limitation des prises pour les chasseurs). Les élèves pourraient créer des diagrammes de Venn, avec les programmes qui mettent l'emphase sur la conservation des habitats ainsi que sur la préservation des espèces dans le centre du diagramme (p. ex., éducation du public).

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Examiner les diagrammes de Venn afin de déterminer le niveau de compréhension des élèves. Ces derniers peuvent aussi être évalués par les pairs (voir les  annexes 1 et 2 du regroupement 4).

Les élèves confondent souvent conservation et préservation. Préciser ces deux concepts, en indiquant que la conservation est axée sur le maintien de la biodiversité des espèces au moyen d'une gestion durable des plantes et des animaux sauvages (flore et faune) et de leurs habitats. Indiquer qu'une gestion durable ne signifie pas nécessairement interdire la chasse, la pêche et la récolte. Par exemple, la population de cerfs (chevreuils) du Manitoba est gérée en partie grâce à la chasse. En général, un programme de préservation d'espèces met l'accent sur une espèce végétale ou animale menacée ou en danger d'extinction (p. ex., programmes de reproduction en captivité dans les zoos).

Le terme « intendance » désigne tout l'éventail des mesures volontaires qu'on peut prendre pour préserver l'environnement. Les activités en question vont de la surveillance et la conservation d'espèces sauvages et de leur habitat jusqu'à la protection et l'amélioration de la qualité des sols, de l'eau, de l'air et des autres ressources naturelles.

Enseignement direct – stratégies pour la conservation de la biodiversité (C1, P2, P3)

Présenter aux élèves des stratégies utilisées pour la conservation de la biodiversité.

Voici une liste de ressources qu'on peut utiliser :

- Attention nature. <https://www.naturewatch.ca/fr/>. Site qui promeut la collecte de données scientifiques par les citoyens canadiens.
- Société pour la nature et les parcs du Canada. <http://snapcanada.org/>. Cette société a comme but la protection des milieux naturels au Canada.
- Ministère du développement durable. <http://www.gov.mb.ca/sd/>. Ce site présente de l'information sur les espèces en péril au Manitoba, sur les enjeux environnementaux, la protection de la faune et l'initiative des aires protégées. Certains documents et sections du site sont en français.
- Environnement et Changement climatique Canada. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique.html>. Site du gouvernement du Canada.



- Fédération canadienne de la faune. <http://www.cwf-fcf.org/fr/>. La Fédération canadienne de la faune encourage la protection des espèces et des espaces sauvages du Canada et stimule la sensibilisation et l'appréciation des Canadiens relativement à notre environnement naturel. Le site Web renferme des données sur les programmes, les ressources, les enjeux d'actualité et les mesures mises en œuvre, ainsi que des liens vers d'autres sites Web.
- La nature à l'œuvre : l'importance de la biodiversité dans votre vie. <http://ec.gc.ca/nature/default.asp?lang=Fr&n=9193900C-1>. Brochure qui donne des informations sur la biodiversité au Canada et les programmes de conservation.
- Nature North. <http://www.naturenorth.com/> (site anglais). Site dédié à la biodiversité du Manitoba.
- Zoo du parc Assiniboine. <https://www.assiniboinepark.ca/zoo/home/conserve> (site anglais). Le centre éducatif du zoo du parc Assiniboine, géré par le service d'éducation de la Société zoologique du Manitoba, vise à promouvoir les concepts liés à la conservation des espèces et animaux sauvages menacés grâce à l'éducation populaire et à l'apprentissage interactif.
- World Wildlife Fund Canada. <http://www.wwf.ca/fr/>. Cet organisme travaille pour la protection des espèces sauvages et des habitats.

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Les billets de sortie permettent de faire une évaluation rapide et d'obtenir de l'information sur ce que les élèves considèrent comme important dans une leçon en particulier. Poser une question à la fin de la leçon et accorder 5 minutes aux élèves pour inscrire leur réponse sur un billet de sortie (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.9 et 13.10). Voici des exemples de questions :

- *Est-ce qu'il y a des choses que tu sais maintenant et que tu ne savais pas avant la classe aujourd'hui?*
- *Que savais-tu déjà?*
- *As-tu des questions? Lesquelles?*

Conférencier invité (P2, P3, R1)

Inviter un conférencier à venir discuter de stratégies de conservation avec les élèves, par exemple :

- agent de conservation
- aîné
- garde de parc national
- bénévole de la Société zoologique du Manitoba
- gestionnaire de district de conservation
- représentant de la Manitoba Wildlife Federation
- membre de la Canadian National Trappers Alliance

Demander aux élèves de préparer des questions pour le présentateur avant la visite. Il s'agit d'une occasion idéale pour aborder la question des perspectives de carrière.



✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Proposer aux élèves de compléter une réflexion sur la présentation et de la partager avec un partenaire.

Campagne publicitaire - programmes de conservation ou de préservation (C2, P3, R2, R3, R4)
Proposer aux élèves de faire une recherche sur un programme de conservation d'une espèce ou de préservation d'habitat, et de concevoir une campagne publicitaire pour sensibiliser le public à cet enjeu. La campagne devrait comprendre des informations sur le programme, ses caractéristiques et ses sources de financement. Inviter les élèves à présenter les résultats de leur recherche selon la méthode de leur choix (p. ex., présentation multimédia, présentation visuelle, présentation orale, rapport écrit).

✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Élaborer des critères d'évaluation avec les élèves. Les critères devraient porter aussi bien sur le contenu que sur les éléments de la présentation et devraient être semblables peu importe le type de présentation choisi par les élèves (voir ☞ l'annexe 3 du regroupement 1 pour des informations sur la co-construction de critères).

En fin

Activité « Prends position » (C2, D1, D3, D4)

Cette activité encourage l'ouverture d'esprit et l'exploration de toute la gamme des points de vue relatifs à un enjeu controversé. Elle fournit aux élèves l'occasion d'examiner les zones grises existant entre deux pôles opposés concernant un enjeu précis, et les aide à mieux saisir toute l'étendue des opinions possibles. Voir ☞ l'annexe 3, qui présente des renseignements généraux sur la réalisation de cette activité en classe. Voir aussi des scénarios possibles à ☞ l'annexe 4.

✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à réfléchir à leur participation à l'activité « Prends position » et à décrire sur quelle valeur (utilitaire ou inhérente) ils ont fondé leur décision. Évaluer la clarté des réponses des élèves, qui doivent indiquer :

- la position initiale de l'élève concernant un enjeu
- la valeur sur laquelle se fonde sa position
- si sa position a changé au cours de l'activité
- pourquoi sa position a changé ou est restée la même



Bloc C : La surveillance de la biodiversité

L'élève sera apte à :

- B12-5-03** choisir et utiliser les outils ou les procédures appropriés afin de déterminer et de surveiller la biodiversité d'une région,
par exemple les guides d'excursion, les clés dichotomiques, les quadrats, les transects, les méthodes de marquage et de recapture;
RAG : C1, C2, C7
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-P2** manifester un intérêt soutenu et éclairé dans la biologie et des enjeux et carrières liés à ce domaine;
RAG : B4
- B12-0-S2** adopter des habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement;
RAG : B3, B5, C1, C2
- B12-0-S5** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;
RAG : C2, C4, C5, C8

Le résultat d'apprentissage de cette section fournit une excellente occasion d'intégrer des travaux de terrain au cours, mais si les conditions atmosphériques ou les ressources disponibles empêchent ces sorties, il est possible de simuler diverses méthodes d'échantillonnage (voir  l'annexe 7).



Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Question d'introduction

Poser la question suivante aux élèves et leur demander d'en discuter en petit groupe :

- *Comment font les biologistes travaillant sur le terrain pour identifier les différentes espèces d'organismes présentes?*

Exemples de réponses possibles :

- guides d'excursion
- manuels de référence
- clés dichotomiques
- collecte d'échantillons et envoi à un spécialiste
- connaissances personnelles
- connaissances d'aînés

En 6^e année, les élèves ont appris à reconnaître diverses formes de vie à l'aide d'une clé de classification, et ils ont observé et décrit la diversité des organismes vivants dans l'environnement local. En 10^e année, les cours de sciences proposent aux élèves d'observer et de documenter un éventail d'organismes qui illustrent la biodiversité à l'intérieur d'un écosystème local ou régional, et les mathématiques appliquées de la 11^e année fournissent des méthodes d'échantillonnage statistique.

En quête

Clés dichotomiques ou Guides d'excursion (C2)

Partager des clés dichotomiques et des guides d'excursion avec les élèves. On peut obtenir des clés dichotomiques dans divers guides et manuels de laboratoire, et dans Internet. Voir les ressources mentionnées au début du regroupement, qui indiquent où trouver des guides d'excursion et des clés sur la flore et la faune locales.

- 📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Demander aux élèves d'utiliser une clé dichotomique ou un guide d'excursion pour identifier des organismes.

Les guides d'excursion et les clés dichotomiques sont des outils utilisés pour l'identification d'organismes sur le terrain. Les populations végétales peuvent être échantillonnées par transects ou par quadrats, qui sont des parcelles choisies de façon aléatoire à l'intérieur desquelles on détermine le nombre et les types d'espèces présentes. Mais pour évaluer la taille d'une population animale mobile, on peut utiliser la méthode de marquage (bague ou étiquetage) et recapture des animaux marqués.

Ces techniques se fondent sur des méthodes statistiques d'échantillonnage aléatoire. Il faut s'assurer que l'échantillonnage a bien été fait au hasard, sinon les estimations de populations seront erronées. Les biologistes peuvent ensuite déterminer si une population est en croissance ou en déclin en répétant ces mesures ultérieurement.



Travaux sur le terrain (C2, P2, S2, S5)

Diverses organisations du Manitoba offrent des programmes donnant aux élèves l'occasion de participer à des études de terrain en écologie. Voir les suggestions dans les ressources ci-dessous.

- Fort Whyte Alive offre une variété de programmes de recherche pratique sur le terrain pour les élèves du secondaire. Pour plus d'informations, appeler le Centre au 989-8355, ou visiter le site Web au <https://www.fortwhyte.org/>.
- Conservation Manitoba offre gratuitement des programmes pour les écoles dans certains de ses parcs provinciaux. Pour plus d'informations, consulter le site Web http://www.gov.mb.ca/conservation/parks/act_interp/teachers/index.html
- Le Centre d'interprétation du marais Oak Hammock est accessible à longueur d'année et offre divers programmes scolaires pour les jeunes, ainsi qu'un centre d'interprétation. Consulter le site Web <http://www.oakhammockmarsh.ca> ou appeler au 1-888-506-2774.
- Le parc national du Mont-Riding offre des programmes pour les écoles. Pour plus d'informations, consulter le site Web <http://www.pc.gc.ca/fr/pn-np/mb/riding>.

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer les habiletés des élèves à l'aide des  annexes 5 et 6.

En fin**Activité – estimer la taille d'une population**

Proposer aux élèves de compléter l'exercice de  l'annexe 7, qui présente une activité où les élèves apprennent comment faire un échantillonnage par quadrat et transect, ainsi que la méthode de marquage et de recapture (voir *Biologie 11 STSE*, p. 500-501 et p. 534-538, *Biologie 11-12*, p. 105-107, ou *Biologie 12*, p. 466-471, pour des informations et des activités reliées à la surveillance de la biodiversité). Note : Pour l'exercice de marquage-recapture de l'étude, placer de 800 à 1000 grains de riz par pot.

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer les réponses des élèves aux questions posées dans l'étude. Le corrigé figure à  l'annexe 8.



Bloc D : Les enjeux liés à la conservation de la biodiversité

L'élève sera apte à :

- B12-5-04** étudier un enjeu lié à la conservation de la biodiversité,
par exemple les semences patrimoniales, la qualité de l'eau du lac Winnipeg, les affectations du sol, le développement hydroélectrique;
RAG : C4, C6, C8, D2, E2
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-P1** faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique;
RAG : C2, C5
- B12-0-P2** manifester un intérêt soutenu et éclairé dans la biologie et des enjeux et carrières liés à ce domaine;
RAG : B4
- B12-0-P3** reconnaître l'importance de maintenir la biodiversité et le rôle que peuvent jouer les particuliers à cet égard;
RAG : B5
- B12-0-P4** reconnaître que les humains ont eu un impact et continuent d'avoir un impact sur l'environnement;
RAG : B1, B2
- B12-0-S1** employer des stratégies d'enquête et de résolution de problèmes appropriées pour répondre à une question ou résoudre un problème;
RAG : C2, C3
- B12-0-S2** adopter des habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-D1** identifier et explorer un enjeu courant,
par exemple clarifier ce qu'est l'enjeu, identifier différents points de vue ou intervenants, faire une recherche sur l'information/les données existantes;
RAG : C4, C8



- B12-0-D2** évaluer les implications d'options possibles ou de positions possibles reliées à un enjeu,
par exemple les conséquences positives et négatives d'une décision, les forces et faiblesses d'une position, les dilemmes moraux;
RAG : B1, C4, C5, C6, C7
- B12-0-D3** reconnaître que les décisions peuvent refléter certaines valeurs, et tenir compte de ses propres valeurs et de celles des autres en prenant une décision;
RAG : C4, C5
- B12-0-D4** recommander une option ou identifier sa position en justifiant cette décision;
RAG : C4
- B12-0-D5** recommander une ligne de conduite reliée à un enjeu;
RAG : C4, C5, C8
- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse,
entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements,
par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence, l'objectivité, les préjugés;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R3** citer ou noter des références bibliographiques selon les pratiques acceptées;
RAG : C2, C6
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe.
RAG : C2, C4, C7

En sciences de la nature 7^e année, les élèves ont appris à reconnaître et à décrire des exemples positifs et négatifs d'interventions humaines qui ont un impact sur les écosystèmes. Ils ont examiné les facteurs environnementaux, sociaux et économiques qui devraient être pris en compte dans la gestion et la préservation des écosystèmes.

En 10^e année, les élèves ont appris comment la biodiversité d'un écosystème contribue à sa durabilité (ou pérennité). Ils ont aussi exploré les influences des activités humaines sur un écosystème, et ont utilisé le processus de prise de décisions afin de proposer un plan d'action pour favoriser la durabilité.



Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Question d'introduction

Poser la question suivante aux élèves :

- *De nos jours, un certain nombre d'enjeux liés à la conservation de la biodiversité sont discutés au Manitoba. Pouvez-vous en nommer quelques-uns?*

Inviter les élèves à faire un remue-méninges pour répondre à la question. Voici des exemples de réponses possibles :

- les ours polaires à Churchill menacés par le réchauffement climatique
- la coupe du bois dans la forêt boréale ou les parcs provinciaux
- les espèces envahissantes comme la salicaire pourpre ou la moule zébrée
- le déclin du lac Winnipeg
- les espèces en péril comme l'esturgeon, le pluvier siffleur, le faucon pèlerin, la chevêche des terriers
- les risques d'introduction d'espèces exotiques par la dérivation des eaux du lac Devil's, Dakota du Nord, dans la rivière Rouge
- les brise-vent dans les régions agricoles

Cette liste peut mener à la sélection d'un enjeu à explorer.

En quête

Le monde merveilleux du caribou des bois (C2, P3, P4, D1)

Proposer aux élèves d'étudier les enjeux liés à la conservation du caribou des bois. Le Manitoba Model Forest a développé une ressource éducative ainsi qu'une vidéo pour l'étude de ces enjeux (http://www.manitobamodelforest.net/MB_education.html). La vidéo est en anglais, mais les activités pédagogiques sont en français.

- 📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Les stratégies d'évaluation dépendront des activités menées par les élèves.

Il existe une vaste gamme d'enjeux liés à la conservation de la biodiversité au Manitoba. On recommande une approche à l'échelle locale ou régionale. L'enjeu de la qualité de l'eau, particulièrement dans le lac Winnipeg, est une préoccupation constante. Il est facile de trouver des articles de journaux sur le sujet. Les questions relatives à l'agriculture, comme le broutage du bétail dans les zones riveraines, le drainage des étangs, et l'entretien et la plantation de brise-vent pourraient être examinées. L'impact de la coupe de bois dans la forêt boréale est un autre sujet de discussion possible.



Envirothon (C2, P1, P2, G1)

Proposer aux élèves de participer à un Envirothon, compétition pratique de résolution de problèmes pour les élèves du secondaire. Les équipes participantes doivent compléter la formation et l'évaluation dans cinq catégories de ressources naturelles :

- le sol et l'utilisation des terres
- l'écologie aquatique
- la foresterie
- la faune et la flore
- les enjeux environnementaux courant

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Proposer aux élèves de compléter une réflexion « Je pensais... mais maintenant je sais » après leur participation à l'Envirothon. Leur demander de noter leurs idées sur des enjeux environnementaux avant d'avoir participé à la compétition et d'expliquer comment leurs idées ont changé à la suite de la participation. Comment leur connaissance des enjeux s'est-elle améliorée? Les élèves peuvent partager leur réflexion avec un partenaire ou en petit groupe.

Le Canon Envirothon (<https://www.envirothon.org/>) est un concours annuel où se mesurent les équipes gagnantes des États ou provinces, qui doivent démontrer leurs connaissances en sciences environnementales et en gestion des ressources naturelles; des prix et des bourses d'études sont en jeu. L'Envirothon offre des expériences en classe, s'intégrant au programme scolaire, et sur le terrain qui sont axées sur l'écologie, la gestion des ressources naturelles et les enjeux environnementaux d'actualité. Pour plus de détails sur l'Envirothon du Manitoba, visiter le site <https://www.thinktrees.org/programs/envirothon/> (site anglais).

Tâche culminante – évaluation d'une zone riveraine (C2, S1, S2, D1, D2, D3, D4, D5, R1, R4)

La tâche d'évaluation d'une zone riveraine est conçue pour intégrer tous les résultats d'apprentissage du thème de la conservation de la biodiversité, ainsi que plusieurs résultats d'apprentissage transversaux (voir @ l'annexe 9 pour des renseignements pour l'enseignant et @ l'annexe 10 pour une description de la tâche). Cette tâche peut être complétée en une classe ou étalée sur plusieurs classes, selon l'ampleur du travail sur le terrain. Un enjeu général de conservation (p. ex., le défrichage d'une zone pour construire une plage) ou un enjeu local (p. ex., l'érosion ou le développement le long d'un cours d'eau local) pourrait être présenté comme contexte d'étude.

Demander aux élèves de préparer un compte rendu de recherche sur un enjeu lié à une zone riveraine. Le compte rendu devrait :

- décrire l'enjeu et ses paramètres
- identifier des options possibles et les répercussions liées à ces options
- faire une recommandation réfléchie et soutenable du point de vue écologique



✎ **Stratégies d'évaluation suggérées** : Développer des critères d'évaluation avec les élèves (voir ☹ l'annexe 3 du regroupement 1). Voir ☹ l'annexe 20 du regroupement 1 pour des informations sur le processus de prise de décision. Les habiletés de travail sur le terrain peuvent être évaluées à l'aide des annexes ☹ 4 et 5 et le travail de groupe à l'aide de ☹ l'annexe 21 du regroupement 1.

Étude de cas - les îles Galapagos (P4, D2, D3, R2)

Inviter les élèves à lire l'étude de cas à ☹ l'annexe 11 et à répondre aux questions. Cette étude de cas intègre plusieurs concepts étudiés lors des regroupements subséquents.

✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer les réponses des élèves en se fondant sur des critères comme :

- répond clairement à la question
- répond en utilisant des preuves pour identifier des points évoqués dans la question
- répond en justifiant une opinion proposée en utilisant des preuves

Prise de décision - explorer un enjeu de conservation local (D1, D2, D4, D5, R3, R4)

Proposer aux élèves d'étudier un enjeu lié à la conservation de la biodiversité au Manitoba. Cette recherche devrait comporter certains processus de prise de décisions. Le type de décision prise peut varier grandement, par exemple :

- une décision personnelle ou individuelle (p. ex., Devrais-je remblayer des terres humides pour augmenter la superficie de mon champ ou les préserver comme site de nidification d'oiseaux?)
- une décision communautaire (p. ex., Notre communauté devrait-elle augmenter les taux d'impôts pour améliorer la station de traitements des eaux usées, ce qui pourrait améliorer la qualité de l'eau dans le lac Winnipeg?)
- une décision sociétale (p. ex., Devrait-on continuer à construire des barrages hydroélectriques au Manitoba, ou devrait-on explorer d'autres options?)

Utiliser différentes approches pour simuler une situation concrète ou pour simplement promouvoir l'interaction entre élèves. À titre d'exemple, organiser une assemblée ou un débat formel. Voir ☹ l'annexe 20 du regroupement pour des informations sur le processus de prise de décisions.



✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Le type d'évaluation utilisée variera selon l'approche adoptée, mais l'évaluation devrait mettre l'accent sur la capacité de l'élève à démontrer les habiletés indiquées dans le regroupement 0 ainsi que sur la compréhension et l'utilisation des concepts scientifiques. Les élèves pourraient préparer une rédaction technique portant sur le dilemme qu'ils ont exploré. Ce rapport devrait :

- définir l'enjeu et les paramètres correspondants
- décrire des plans d'action possibles et les répercussions liés à ces options
- recommander une solution écologiquement durable

Développer des critères d'évaluation avec les élèves (voir @ l'annexe 3 du regroupement 1).

En fin

Tableau SVA

Proposer aux élèves de compléter le tableau SVA qu'ils ont commencé au début du regroupement (voir @ l'annexe 1).



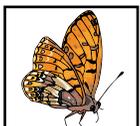
LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Tableau SVA – La conservation de la biodiversité.....	5.35
ANNEXE 2 : Des valeurs à préciser – Feuille de l’élève	5.36
ANNEXE 3 : Activité « Prends position » – Renseignements pour l’enseignant	5.38
ANNEXE 4 : Activité « Prends position » – Scénarios	5.39
ANNEXE 5 : Évaluation des habiletés sur le terrain – Habiletés générales	5.41
ANNEXE 6 : Évaluation des habiletés sur le terrain – capacité de raisonnement.....	5.42
ANNEXE 7 : Estimation de la taille d’une population	5.43
ANNEXE 8 : Estimation de la taille d’une population – Corrigé	5.50
ANNEXE 9 : Évaluation d’une zone riveraine – Renseignements pour l’enseignant.....	5.53
ANNEXE 10 : Évaluation d’une zone riveraine.....	5.57
ANNEXE 11 : Les îles Galapagos.....	5.58



ANNEXE 1 : Tableau SVA - La conservation de la biodiversité

Ce que je Sais	Ce que je Veux apprendre (noter sous forme de questions)	Ce que j'ai Appris
Raisons pour le maintien de la biodiversité		
Stratégies employées pour conserver la biodiversité		
Outils ou procédures pour déterminer et surveiller la biodiversité d'une région		



ANNEXE 2 : Des valeurs à préciser - Feuille de l'élève

Introduction

Qu'est-ce qui a de la valeur, qu'est-ce qui est important pour toi? Scientifiques, économistes et décideurs politiques tentent de déterminer quelle importance a la biodiversité pour les humains, et en quoi réside cette valeur. Dans cette activité, tu devras déterminer la valeur que tu accordes à la biodiversité.

Démarche

Étape 1 : Avec un partenaire, discute des questions ci-dessous sur la façon dont ta vie est influencée par la diversité biologique.

- a) Laquelle des deux situations suivantes aurait le plus d'impact sur ta vie : que tous les ours disparaissent, ou que tous les escargots disparaissent?
- b) Les bactéries, champignons et autres microorganismes sont des décomposeurs dans les écosystèmes. Qu'arriverait-il si ces organismes disparaissaient de la surface de la Terre?

Étape 2 : Réponds aux questions suivantes individuellement, puis discute de tes réponses avec ton ou ta partenaire.

- a) Pour bâtir un centre commercial et un stationnement, un promoteur veut convertir l'une des quelques dernières prairies d'herbes hautes du Manitoba. Serais-tu pour ou contre ce projet? Explique ta réponse.
- b) Et si ce terrain devait servir à bâtir des logements pour les familles à faible revenu et des personnes âgées, est-ce que ta réponse serait différente? Pourquoi?
- c) Si tu gagnais 1 million de dollars à la loterie, combien donnerais-tu pour sauver un hectare de forêt menacée?
- d) As-tu eu de la difficulté à établir une valeur monétaire à la forêt menacée? Pourquoi?

Étape 3 : Classe les cinq espèces ci-dessous sur la ligne de continuité selon la valeur qu'elles ont pour toi.

Espèces : escargot, renard, mousses, thon, crotale

Grande valeur

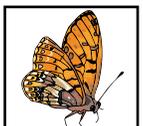
Faible valeur



Maintenant, place ces espèces dans le tableau ci-dessous, les plus importantes au sommet de la liste, puis indique les motifs justifiant ton classement.

Espèce	Motifs de classement

Suppose que les espèces ci-dessus sont en péril et que tu dois les sauver de l'extinction. Laquelle sauverais-tu et pourquoi?



Annexe 3 : Activités « Prends position » – Renseignements pour l'enseignant*

Utiliser un espace suffisamment grand pour placer tous les élèves en rangée. À une extrémité de la rangée, placer un carton : « Entièrement d'accord », et à l'autre, « Totalement en désaccord ». Si désiré, coller du ruban adhésif pour tracer la ligne reliant les deux extrémités, illustrant les positions intermédiaires.

Lire un scénario à haute voix après en avoir distribué des copies aux élèves ou avoir visionné des diapositives. Puis demander aux élèves de choisir la position sur la ligne qui correspond à leur opinion sur le sujet. Une fois que les élèves sont placés, demander à chacun des élèves d'expliquer pourquoi il a choisi cette position. Les encourager à réagir aux opinions des autres, mais en évitant les attaques contre ces opinions. Leur expliquer qu'ils peuvent, s'ils le désirent, changer leur position sur la ligne après avoir entendu exprimer des idées qu'ils n'avaient pas considérées antérieurement.

Cette activité peut servir d'entrée de jeu pour stimuler l'intérêt, la discussion et la recherche; préciser aux élèves qu'ils ne doivent pas nécessairement être des spécialistes pour avoir une opinion sur le sujet. Si désiré, répéter l'activité à la fin du cours pour évaluer si les élèves ont appris quelque chose durant la période, et si leurs points de vue ont changé grâce à cet apprentissage.

* Alanda GREENE. « Where Do You Stand? », *Green Teacher* 54 (Winter 1997-98): 19-21. Traduction autorisée par Green Teacher (<https://greenteacher.com/>)



ANNEXE 4 : Activité « Prends position » – Scénarios*

1. Du poisson juste pour maintenant ou pour l'avenir aussi?

Depuis 20 ans, Mike gagne sa vie et réussit à faire vivre sa famille grâce à la pêche commerciale dans le lac Winnipeg. Il a récemment acheté un nouveau bateau de pêche, plus gros, et doit faire de gros versements pour payer son achat. Mais Mike et son équipage peuvent travailler de façon plus efficace et plus sécuritaire.

Le voisin de Mike, Ramone, est biologiste spécialiste des eaux douces et travaille pour le gouvernement. Il étudie les populations de poisson dans le lac depuis une dizaine d'années et il préconise une forte réduction des quotas annuels de la pêche commerciale (brochet et corégone). Ramone affirme que d'après ses recherches, le nombre de poissons est en diminution dans le lac, et qu'il faut réduire les quotas de pêche.

« Je ne peux pas voir diminuer mon quota, réplique Mike; j'ai des paiements à faire sur mon bateau, et je dois nourrir ma famille. Mes hommes d'équipage ont besoin de leur paye aussi. Commencez donc par régler le problème de pollution dans le lac qui est la cause du déclin des stocks de poisson. »

Pour répondre aux préoccupations de Mike, Ramone soutient que si on n'agit pas maintenant, il n'y aura plus de poissons dans le lac d'ici quelques années. « Les poissons sont menacés de disparaître; regarde ce qui est arrivé à la pêche à la morue sur la côte Est. »

« Il y a encore beaucoup de poissons dans le lac, rétorque Mike, et je vais prendre ma part; c'est pour cela que j'ai un nouveau bateau. Comment pourrais-je le payer autrement? Comment faire pour gagner ma vie, sinon? »

Quelle est votre position quant au refus de réduire les quotas de pêche? (Position de Mike)

2. Loups et bétail

Les loups sont des habitants naturels du parc national de Yellowstone situé dans le Montana et le Wyoming, mais les humains ont pratiquement éradiqué les loups de la région au début des années 1900. Après des années de travail, des groupes environnementaux ont convaincu le gouvernement américain de relâcher une meute de loups dans le parc pour y rétablir leur population.

Sarah travaille pour *Wolves in the Wild*, organisation de protection des loups en milieu sauvage. Elle soutient qu'il faut ramener les loups dans le secteur parce qu'ils constituent une partie importante de l'écosystème, et que leur présence aidera à rétablir l'équilibre naturel des populations de bien des espèces sauvages. « Nous avons anéanti ces animaux dans leur habitat naturel. Ce n'est que justice de les ramener chez eux. Sans les loups, cette région perd de son caractère unique. »



Hank est éleveur de bétail. Il fait remarquer que les loups ne connaissent pas les limites du parc et qu'il n'a aucun moyen de protéger le bétail de ces prédateurs. « Ils ne font aucune différence entre tuer une génisse ou un chevreuil, et je ne veux pas mettre la vie de mes bêtes en danger. On est au XXI^e siècle, pas en 1930. Les loups sont partis, laissons-les où ils sont. Il faut bien que je gagne ma vie. »

Quelle est votre position au sujet de la réintroduction des loups dans le parc? (Position de Sara)

Note : En 1995 et 1996, on a capturé des loups au Canada pour les relâcher dans le parc de Yellowstone. Dix autres loups provenant du nord du Montana ont été amenés dans le parc en 1997. Une analyse des pistes et des excréments de loup a permis de conclure qu'il n'y a pas eu de prédation du bétail par les loups. Pour obtenir d'autres informations, consulter le site Web du projet de rétablissement des loups dans le parc Yellowstone (Wolf Restoration Project) au <http://www.us-parks.com> ou au <https://www.nps.gov/yell/learn/nature/wolves.htm>.

* Alanda GREENE. « Where Do You Stand? », *Green Teacher* 54 (Winter 1997-98): 19-21. Traduction autorisée par Green Teacher (www.greenteacher.com)



ANNEXE 5 : Évaluation des habiletés sur le terrain - habiletés générales

Habiletés générales	Attentes	Attentes pas encore satisfaites	Attentes satisfaites
- est préparé à réaliser le travail sur terrain	- a lu d'avance le sommaire du travail, fait des tableaux, pose les questions qui précisent la tâche plutôt que demander « Qu'est-ce que je fais maintenant ? »		
- prépare et utilise l'équipement correctement	- choisit le bon équipement, se prépare bien (p. ex., une ligne de transect) et utilise correctement l'équipement (p. ex., des quadrats, un guide d'excursion)		
- suit des procédures sécuritaires	- fait la démonstration de procédures générales sécuritaires aussi bien que de faits précis indiqués dans le pré-laboratoire		
- note les observations	- note ses observations personnelles au cours de l'action, utilise des approches quantitative et qualitative comme on lui demande, prend des notes de façon organisée (p. ex., en utilisant un tableau ou une clé)		
- travaille de façon indépendante (labo individuel) ou travaille en collaboration (labo de groupe)	- connaît les tâches et se met tout de suite au travail OU partage les tâches et observations, sait écouter et est réceptif aux points de vue des autres élèves		
- gère le temps efficacement	- divise les tâches et les ordonne afin de respecter les échéances		
- démontre un respect pour l'environnement	- minimise les perturbations du site et des espèces étudiées, laisse le site propre à son départ et apporte son équipement.		



ANNEXE 6 : Évaluation des habiletés sur le terrain - capacité de raisonnement

Capacité de raisonnement	Questions	Compréhension du laboratoire		
		Limitée	Générale	Approfondie
Connaissance – compréhension	<ul style="list-style-type: none"> - Quel est le but de ce travail? - Comment est-il relié à ce que tu étudies en classe? - Quels sont les fondements de ton hypothèse? - Pourquoi as-tu besoin de consignes spéciales relatives à la sécurité pour ce travail sur le terrain? 			
Mise en application – analyse	<ul style="list-style-type: none"> - Comment as-tu décidé de la démarche? - Cette démarche présente-t-elle des difficultés? - Obtiens-tu les résultats attendus? - Quel graphique, diagramme ou tableau concevrais-tu pour illustrer ces résultats? - Vois-tu une tendance dans tes données? - Y a-t-il des points de données qui ne suivent pas la tendance? 			
Synthèse – évaluation	<ul style="list-style-type: none"> - Que peux-tu conclure à partir de tes résultats? - Donne une preuve précise pour appuyer ta conclusion. - Quelles étaient les sources d'erreur pour cet essai? - Que ferais-tu de différent dans un second essai? Que ferais-tu de la même façon? - Comment tes deux essais se comparent-ils? 			



Annexe 7 : Estimation de la taille d'une population

Problème : Quelles sont les méthodes utilisées pour estimer la taille de populations végétales ou animales?

Introduction : Il peut être difficile de déterminer la taille des populations de plantes et d'animaux. C'est pourquoi les biologistes utilisent diverses stratégies d'échantillonnage pour estimer la taille des populations dans un secteur. Les populations végétales peuvent être échantillonnées par transects ou par quadrats, qui sont des parcelles choisies de façon aléatoire à l'intérieur desquelles on détermine le nombre d'individus et les espèces présentes. Mais pour évaluer la taille d'une population animale mobile, il faut procéder par marquage (bague ou étiquetage) et recapture des animaux marqués.

Ces techniques se fondent sur des méthodes statistiques d'échantillonnage aléatoire. Il faut s'assurer que l'échantillonnage a bien été fait au hasard, sinon les estimations de populations seront erronées.

Les biologistes peuvent ensuite déterminer si une population est en croissance ou en déclin en répétant ces mesures ultérieurement.

Matériel (par groupe d'élèves)

- manuel de biologie
- règle
- lamelle (microscope)
- jarre opaque ou boîte à café avec couvercle, contenant des grains de riz
- marqueur à pointe de feutre
- calculatrice

Démarche**Partie 1 : Échantillonnage par transects**

1. Choisis au hasard une page du manuel de biologie.
2. Tiens la règle à plat au-dessus de cette page, à 10 cm de hauteur, puis ferme les yeux et laisse tomber la règle.
3. Glisse la règle pour qu'elle couvre la longueur ou la largeur de la page. Un côté de la longueur de la règle est la ligne de transect.
4. Compte le nombre de lettres *e* (minuscules et majuscules) le long de la ligne de transect. Inscris-le dans ton tableau de données.
5. Choisis une autre page au hasard dans le manuel. Répète les étapes 2 à 4 quatre autres fois et inscris les données après chaque essai.



Partie 2 : Échantillonnage par quadrats

1. Prends une lamelle de microscope. Cette lamelle représente un quadrat.
2. Choisis au hasard une page du manuel de biologie.
3. Tiens la lamelle à 10 cm au-dessus du manuel, puis laisse doucement tomber la lamelle sur la page.
4. Compte le nombre de lettres e (minuscules et majuscules) dans le quadrat. Inscris ce nombre dans un tableau.
5. Choisis au hasard une autre page du manuel. Répète les étapes 2 à 4 quatre autres fois; inscris tes données après chaque essai.

Partie 3 : Marquage et recapture

1. Prends une boîte contenant des grains de riz, qui représentent une population animale. L'enseignant assignera à ton groupe un nombre précis de grains de riz que tu devras prendre et marquer, soit 50, 100 ou 150, et qui représentera le nombre d'animaux capturés pour la première fois et marqués (M). Inscris ce nombre dans le tableau de données.
2. À tour de rôle, enlevez des grains de riz de la boîte, sans dépasser le nombre assigné. Utilise un marqueur pour colorer les grains de riz enlevés.
3. Une fois l'encre séchée, remets les grains de riz colorés dans le contenant. Secoue bien le contenant.
4. L'enseignant t'assignera un nombre précis de grains de riz à prendre une deuxième fois. Ce nombre sera de 60 ou 120 et représente le nombre d'animaux capturés la deuxième fois (C). Inscris ce nombre dans le tableau de données.
5. Enlève le couvercle de la boîte et sans regarder à l'intérieur, retire de la boîte le nombre de grains de riz assigné. Compte combien de grains de riz sont marqués (représentent les animaux recapturés). Inscris ce nombre dans la colonne R – Essai 1 dans le tableau.
6. Remets tous les grains de riz dans le contenant. Mélange bien et répète l'étape 5, enlevant le même nombre de grains de riz. Inscris ce nombre dans la colonne R – Essai 2.
7. Répète l'étape 6. Inscris le nombre de grains de riz marqués sous R Essai 3.
8. Détermine la moyenne des animaux recapturés de tes trois essais et inscris ce nombre comme valeur moyenne de R.
9. Avec tes partenaires, compte le nombre total de grains de riz dans le contenant. Inscris ce nombre dans le tableau comme étant le nombre réel de grains de riz.



Tableau de données

Partie 1 : Échantillonnage par transects

Essai	Nombre de lettres <i>e</i>
1	
2	
3	
4	
5	

Partie 2 : Échantillonnage par quadrats

Essai	Nombre de lettres <i>e</i>
1	
2	
3	
4	
5	

Partie 3 : Marquage et recapture

Étape	Nombre
M (nombre de grains de riz enlevés et marqués la première fois)	
C (nombre total de grains de riz retirés la deuxième fois)	
R Essai 1 (nombre de grains de riz recapturés)	
R Essai 2 (nombre de grains de riz recapturés)	
R Essai 3 (nombre de grains de riz recapturés)	
Moyenne de R	
Nombre réel de grains de riz dans le contenant	



Analyse

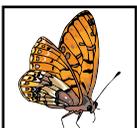
Partie 1 : Échantillonnage par transects

1. Calcule le nombre moyen de lettres e dans la page de ton manuel.
2. Calcule le nombre de e dans ton manuel. Multiplie le nombre moyen de e par page par le nombre de pages du livre.

Partie 2 : Échantillonnage par quadrats

1. Calcule le nombre moyen de lettres e dans une page de ton livre.
2. Calcule le nombre de e dans ton manuel : multiplie le nombre moyen de e dans une page par le nombre de pages du manuel.
3. Partage tes résultats avec la classe en inscrivant au tableau le nombre total de e que tu as calculé pour le manuel et inscris-le dans le tableau ci-dessous.

Groupe	Nombre de e



Partie 3 : Marquage et recapture

1. Calcule la taille estimative de ta population à l'aide de la formule suivante :

$$N = \frac{MC}{R}$$

N = nombre total d'individus dans une population
 M = nombre d'animaux marqués et relâchés (50, 100 ou 150)
 C = nombre total d'animaux capturés dans le deuxième échantillon (60 ou 120)
 R = nombre moyen d'animaux marqués capturés à nouveau dans le deuxième échantillon (recapturés)

2. Comment ton estimation de la population se compare-t-elle au nombre réel de grains de riz?

3. Calcule le pourcentage d'erreur de ton estimation à l'aide de la formule :

$$\text{erreur (\%)} = \frac{\text{nombre estimé} - \text{nombre réel}}{\text{nombre réel}} \times 100$$

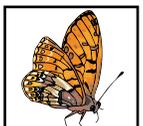
4. Partage tes résultats avec la classe en indiquant au tableau le pourcentage d'erreur que tu as calculé et inscris-le dans le tableau ci dessous :

Taille de l'échantillon d'animaux recapturés

Nombre de grains de riz marqués	60	120
50		
100		
150		

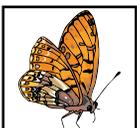
5. Quel est l'effet d'un nombre élevé d'animaux marqués sur le pourcentage d'erreur?

6. Quel est l'effet d'un nombre élevé de recaptures sur le pourcentage d'erreur?



Conclusions

1. Compare ton estimation par quadrat avec l'estimation par transect du nombre de e dans le manuel. Pourquoi tes résultats peuvent-ils être différents?
2. Compare tes estimations par quadrats avec celles de tes camarades. Pourquoi vos résultats varient-ils?
3. Si tu fais une estimation de population par marquage et recapture sur le terrain, quelle taille d'échantillon choisirais-tu pour optimiser tes résultats? Pourquoi?
4. Pourquoi est-il important de faire l'échantillonnage au hasard dans les techniques utilisées pour estimer la taille de populations?
5. Manitoba Hydro construit un barrage sur une rivière qui abrite une population d'esturgeon jaune. C'est une espèce rare, dont la population décroît dans la province. Tu es biologiste de la faune et es chargé de déterminer les répercussions du barrage, une fois construit, sur la population d'esturgeons.
 - a) Comment ferais-tu pour estimer la population d'esturgeons jaunes?



- b) Comment procédera-tu pour déterminer si le barrage aura un impact sur la population d'esturgeons dans la rivière?



ANNEXE 8 : Estimation de la taille d'une population – Corrigé

Analyse

Partie 1 : Échantillonnage par transects

1. Calcule le nombre moyen de lettres *e* dans la page de ton manuel.

Les réponses vont varier.

2. Calcule le nombre de *e* dans ton manuel. Multiplie le nombre moyen de *e* par page par le nombre de pages du livre.

Les réponses vont varier.

Partie 2 : Échantillonnage par quadrats

1. Calcule le nombre moyen de lettres *e* dans une page de ton livre.

Les réponses vont varier.

2. Calcule le nombre de *e* dans ton manuel : multiplie le nombre moyen de *e* dans une page par le nombre de pages du manuel.

Les réponses vont varier.

3. Partage tes résultats avec la classe en inscrivant au tableau le nombre total de *e* que tu as calculé pour le manuel et inscris-le dans le tableau ci-dessous.

Les réponses vont varier.

Partie 3 : Marquage et recapture

1. Calcule la taille estimative de ta population à l'aide de la formule suivante :

$$N = \frac{MC}{R}$$

N = nombre total d'individus dans une population

M = nombre d'animaux marqués et relâchés (50, 100 ou 150)

C = nombre total d'animaux capturés dans le deuxième échantillon (60 ou 120)

R = nombre moyen d'animaux marqués capturés à nouveau dans le deuxième échantillon (recapturés)

Les réponses vont varier.



2. Comment ton estimation de la population se compare-t-elle au nombre réel de grains de riz?

Les réponses vont varier.

3. Calcule le pourcentage d'erreur de ton estimation à l'aide de la formule :

$$\text{erreur (\%)} = \frac{\text{nombre estimé} - \text{nombre réel}}{\text{nombre réel}} \times 100$$

Les réponses vont varier.

4. Partage tes résultats avec la classe en indiquant au tableau le pourcentage d'erreur que tu as calculé et inscris-le dans le tableau ci dessous :

Les réponses vont varier.

5. Quel est l'effet d'un nombre élevé d'animaux marqués sur le pourcentage d'erreur?

Plus la taille de l'échantillon d'animaux marqués augmente, plus le pourcentage d'erreur diminue.

6. Quel est l'effet d'un nombre élevé de recaptures sur le pourcentage d'erreur?

Plus la taille de l'échantillon de recaptures augmente, plus le pourcentage d'erreur diminue.

Conclusions

1. Compare ton estimation par quadrat avec l'estimation par transect du nombre de *e* dans le manuel. Pourquoi tes résultats peuvent-ils être différents?

Les résultats vont varier selon les échantillons choisis (s'ils étaient vraiment sélectionnés au hasard) et à cause de la petite taille de l'échantillon (seulement cinq essais).

2. Compare tes estimations par quadrats avec celles de tes camarades. Pourquoi vos résultats varient-ils?

Les estimations pourraient varier à cause de la petite taille des échantillons et un nombre d'essais réduit.

3. Si tu fais une estimation de population par marquage et recapture sur le terrain, quelle taille d'échantillon choisirais-tu pour optimiser tes résultats? Pourquoi?

Je choisirais des échantillons plus grands pour le marquage ainsi que la recapture, puisqu'ils ont tendance à donner des résultats plus près de la valeur réelle.



4. Pourquoi est-il important de faire l'échantillonnage au hasard dans les techniques utilisées pour estimer la taille de populations?
Si les échantillons ne sont pas faits au hasard, les estimations pourraient être beaucoup plus basses ou plus élevés que la valeur réelle de cette population.
5. Manitoba Hydro construit un barrage sur une rivière qui abrite une population d'esturgeon jaune. C'est une espèce rare, dont la population décroît dans la province. Tu es biologiste de la faune et es chargé de déterminer les répercussions du barrage, une fois construit, sur la population d'esturgeons.
- a) Comment ferais-tu pour estimer la population d'esturgeons jaunes?
Je pourrais utiliser la méthode de marquage et recapture avant la construction du barrage. Je demanderais aux gens qui font la pêche à cet endroit de m'avertir s'ils attrapent un esturgeon jaune et s'il est marqué.
- b) Comment procédera-tu pour déterminer si le barrage aura un impact sur la population d'esturgeons dans la rivière?
Avec la méthode de marquage et recapture, je pourrais comparer la population d'esturgeons jaunes avant la construction du barrage à celle après sa construction. Si la population augmente ou diminue de façon significative, je pourrai conclure que le barrage a eu un impact sur la population d'esturgeons.



ANNEXE 9 : Évaluation d'une zone rivaine – Renseignements pour l'enseignant

Introduction

Les zones riveraines, particulièrement celles des prairies, accueillent une très riche biodiversité naturelle. La combinaison d'eau, de végétation abondante et de points d'accès à d'autres paysages offre des avantages à de nombreuses espèces. [...] Les zones riveraines créent des corridors importants qui relient divers écosystèmes. Les espèces et le matériel génétique se déplacent facilement grâce à ces petites sections uniques du paysage. [Traduction libre] (Alberta Riparian Habitat Management Society, Biodiversity and Riparian Areas, p. 2)

L'évaluation d'une zone riveraine est une activité conçue pour intégrer les résultats d'apprentissage liés à la conservation de la biodiversité dans un seul grand travail. Elle peut être utilisée à l'intérieur d'un seul cours ou s'étaler sur plusieurs cours, selon la quantité de travail sur le terrain ou le nombre d'études de cas examinées. On peut présenter un problème de conservation général (p. ex., le défrichement de zones riveraines pour créer des propriétés qui donnent sur une plage) ou un problème de zones riveraines local (p. ex., le développement ou l'érosion des berges d'un cours d'eau local).

L'activité d'apprentissage est axée sur le travail de l'Alberta Riparian Habitat Management Society (mieux connue sous le nom de société *Cows and Fish* [vaches et poissons]) pour accroître la sensibilisation aux questions de zones riveraines. Cet organisme se préoccupe principalement de questions agricoles liées aux zones riveraines, un sujet qui pourrait intéresser les élèves de collectivités agricoles. Plusieurs ressources relatives à cette activité d'apprentissage sont offertes sur le site Web de l'organisme. Des activités récréatives ou industrielles pourraient se retrouver au centre d'autres questions de zones riveraines, notamment le développement le long des berges de la rivière Rouge à Winnipeg.

Ressources

- Biodiversity and Riparian Areas : Life in the Green Zone. <http://cowsandfish.org/pdfs/biodiversity.pdf>
- Guide de bonnes pratiques : Aménagement et techniques de restauration des bandes riveraines. http://banderiveraine.org/wp-content/uploads/2013/07/FIHOQ_guide_2013_web_spread.pdf
- La gestion des zones riveraines. <http://www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/pratiques-agricoles/sol-et-terre/zones-riveraines/la-gestion-des-zones-riveraines/?id=1187631191985>
- Le rôle et l'importance des zones riveraines au Manitoba. https://www.gov.mb.ca/waterstewardship/water_info/riparian/riparian_areas.fr.html
- Bandes riveraines. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/bandes-riv.htm>
- La bande riveraine. <https://robvq.qc.ca/public/documents/documentation/hq2A542s.pdf>
- Guide de mise en valeur riveraine. http://mrcbm.qc.ca/common/documentsContenu/Guide_de_mise_en_valeur_riveraine_-_edition_2012.pdf



Partie 1 : L'importance des zones riveraines

Les élèves doivent :

- définir ce qu'est une zone riveraine
- décrire les fonctions de zones riveraines saines
- fournir des exemples qui illustrent le rôle des zones riveraines dans la préservation de la biodiversité

Conseils pour l'enseignant

- Donner aux élèves la fiche technique de la société Cows and Fish suivante afin d'alimenter la discussion et de fournir aux élèves des renseignements généraux :
 - *Biodiversity and Riparian Areas: Life in the Green Zone*
- Montrer des photos ou des diapositives de différents paysages et demander aux élèves d'identifier les zones riveraines en utilisant les trois critères énumérés dans le document *Riparian Areas: A User's Guide to Health* (Fitch and Ambrose, p. 4) :
 - « Indice n° 1 : Il y a régulièrement ou de manière saisonnière beaucoup d'eau et cette eau se trouve à la surface ou près de la surface. »
 - « Indice n° 2 : La végétation présente a besoin d'une eau abondante pour croître et survivre. »
 - « Indice n° 3 : Le sol a été modifié par l'abondance d'eau (p. ex., des nappes d'eau près de la surface du sol), les activités d'un cours d'eau ou d'un lac (p. ex., le dépôt de sédiments) et une végétation riche et productive. »
- Discuter des idées clés comme celles énumérées ci-dessous.

Les zones riveraines saines :

- retiennent et emmagasinent les sédiments
- bâtissent et conservent les berges et les rives
- emmagasinent de l'eau et de l'énergie
- remplissent les aquifères
- agissent comme des filtres et des zones tampons
- réduisent et dispersent l'énergie
- maintiennent la biodiversité
- génèrent une production primaire



Partie 2 : Évaluation de la zone riveraine

Les élèves doivent :

- explorer une zone riveraine locale (les berges d'un cours d'eau ou les rives d'un lac)
- établir si la zone riveraine est en santé ou pas

Conseils pour l'enseignant

- Donner aux élèves une des fiches techniques de la société Cows and Fish suivantes ou les deux :
 - *Looking at My Lakeshore: Riparian Health Checklist (en anglais seulement)*
 - *Looking at My Streambank: Riparian Health Checklist (en anglais seulement)*Les listes de contrôle précisent les éléments de l'évaluation de la santé des zones riveraines. Elles mettent l'accent sur la végétation, les berges et le lit du cours d'eau, la qualité de l'eau et la faune de la zone riveraine.
- Montrer comment se servir des listes de contrôle à l'aide de photos de zones riveraines et échanger avec les élèves sur ce que signifient les résultats obtenus avec ces listes de contrôle.
- C'est un contexte idéal pour incorporer des travaux sur le terrain au cours. Les élèves peuvent utiliser leurs listes de contrôle pour évaluer une zone, faire un relevé des populations végétales le long de transects ou dans des quadrats et identifier les espèces à l'aide de guides d'identification et de clés dichotomiques.
- Si vous choisissez de ne pas faire une excursion, présenter une nouvelle zone aux élèves au moyen de photos et d'échantillons de plantes. Ils peuvent remplir leurs listes de contrôle et établir ce que signifie le bilan de santé de la zone riveraine pour la biodiversité de l'écosystème.

Partie 3 : Analyse de problème

Les élèves doivent étudier un problème lié à une zone riveraine, en se concentrant sur :

- la définition du problème et de ses paramètres
- la description de solutions possibles et de leurs conséquences
- la recommandation de la solution la plus durable sur le plan écologique

Conseils pour l'enseignant

- « De nos jours, les zones riveraines attirent un éventail d'activités urbaines, récréatives, industrielles et agricoles. » [Traduction libre] (Alberta Riparian Habitat Management Society, Biodiversity and Riparian Areas, p. 4) Certaines de ces utilisations contribuent à la santé de la zone riveraine, d'autres non. Examiner attentivement une étude de cas d'une situation particulière dans une zone riveraine.



- Idées de gestion clés :
 - *prévenir les problèmes éventuels grâce à la conservation de zones riveraines saines*
 - *réduire les pressions sur la zone ou les éléments perturbateurs qui s'y trouvent*
 - *favoriser et protéger les espèces végétales indigènes*
 - *remettre en état les endroits où il y a des problèmes (p. ex. réparation des sentiers, des clôtures)*
 - *surveiller l'évolution de la conservation de zones riveraines saines (à long terme)*
 - *travailler avec toutes les parties intéressées de la collectivité afin d'améliorer la zone*
- S'il est souhaitable d'étudier un problème agricole, vous pencher sur la question des pâturages pour le bétail dans les zones riveraines. Le site Web de la société Cows and Fish présente de nombreuses histoires de consommateurs et de producteurs qui pourraient être utiles.
- La qualité de l'eau, particulièrement celle du lac Winnipeg, est une préoccupation constante. Il est facile de trouver des articles de journaux sur le sujet. Parmi les problèmes, on compte la modification des rives du lac, l'érosion et le ruissellement agricole.
- Il est possible d'analyser les conséquences d'activités récréatives sur une zone riveraine (p. ex., l'action des vagues générées par les bateaux à moteur sur les rives, la construction de chalets et de complexes touristiques). Cette analyse pourrait inclure l'étude du plan de gestion d'un lac d'un parc provincial puisque ce plan précise le type d'activités récréatives permises sur le lac (p. ex., la présence de bateaux à moteur, l'interdiction de construire des chalets). Créer un scénario où un promoteur immobilier propose de construire un hôtel sur le bord d'un lac. Quelles conséquences cette construction entraînerait-elle? Quelles mesures pourraient être prises afin de préserver une zone riveraine adéquate?

Ressources

- Biodiversity and Riparian Areas : Life in the Green Zone. <http://cowsandfish.org/pdfs/biodiversity.pdf>
- Guide de bonnes pratiques : Aménagement et techniques de restauration des bandes riveraines. http://banderiveraine.org/wp-content/uploads/2013/07/FIHOQ_guide_2013_web_spread.pdf
- La gestion des zones riveraines. <http://www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/pratiques-agricoles/sol-et-terre/zones-riveraines/la-gestion-des-zones-riveraines/?id=1187631191985>
- Le rôle et l'importance des zones riveraines au Manitoba. https://www.gov.mb.ca/waterstewardship/water_info/riparian/riparian_areas.fr.html
- Bandes riveraines. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/bandes-riv.htm>
- La bande riveraine. <https://robvq.qc.ca/documentation/publicationsROBVQ/details/103>
- Guide de mise en valeur riveraine. http://mrcbm.qc.ca/common/documentsContenu/Guide_de_mise_en_valeur_riveraine_-_edition_2012.pdf



ANNEXE 10 : Évaluation d'une zone riveraine

Introduction

Les zones riveraines, particulièrement celles des prairies, accueillent une très riche biodiversité naturelle. La combinaison d'eau, de végétation abondante et de points d'accès à d'autres paysages offre des avantages à de nombreuses espèces. [...] Les zones riveraines créent des corridors importants qui relient divers écosystèmes. Les espèces et le matériel génétique se déplacent facilement grâce à ces petites sections uniques du paysage. [Traduction libre] (Alberta Riparian Habitat Management Society, Biodiversity and Riparian Areas, p. 2)

Cette activité d'apprentissage est conçue pour accroître la sensibilisation aux questions de zones riveraines. Elle permet d'étudier des enjeux agricoles liés aux zones riveraines.

Partie 1 : L'importance des zones riveraines

Vous allez :

- définir ce qu'est une zone riveraine
- décrire les fonctions de zones riveraines saines
- fournir des exemples qui illustrent le rôle des zones riveraines dans la préservation de la biodiversité

Partie 2 : Évaluation de la zone riveraine

Vous allez :

- explorer une zone riveraine locale (les berges d'un cours d'eau ou les rives d'un lac)
- établir si la zone riveraine est en santé ou pas

Partie 3 : Analyse de problème

Vous allez étudier un problème lié à une zone riveraine, en vous concentrant sur :

- la définition du problème et de ses paramètres
- la description de solutions possibles et de leurs conséquences
- la recommandation de la solution la plus durable sur le plan écologique



ANNEXE 11 : les îles Galapagos*

[Traduction libre]

Prenez vingt-cinq tas de cendres dispersés çà et là dans un terrain vague; puis imaginez ces monticules devenir des montagnes et le terrain vague se transformer en une mer tout bleue. Vous aurez une bonne idée de l'aspect général des îles Encantadas (les îles Enchantées) - Herman Melville

Partie I - surgies des profondeurs

Kate se tenait au bord de la caldera, scrutant les profondeurs du cratère. Elle pouvait à peine distinguer le mouvement de l'animal trois cents mètres plus bas, mais il n'y avait pas de doute : la tortue qu'elle appelait Alfredo était là, s'avancant lentement entre les roches de lave vers l'étang. Un mâle imposant de 200 kilos.

Kate ne pouvait que s'émerveiller en regardant les volcans autour d'elle. Avant de faire ce voyage, elle s'était documentée sur les îles Galapagos et leur origine volcanique. Mais elle ne s'attendait pas à autant d'émotions à la vue des îles elles-mêmes et de leurs paysages si austères.

Son diplôme en poche, elle s'apprêtait à entamer quatre années d'études sur les animaux dont l'espérance de vie est la plus longue. Alfredo fréquentait cette île bien avant que Darwin ne débarque - et il était toujours là, traînant sa carapace entre les pierres volcaniques.

Les îles Galapagos ont à peu près la même origine que les îles Hawaï, sauf qu'elles sont beaucoup plus jeunes, et leurs paysages plus désolés et arides. Kate avait lu que les Galapagos forment un chapelet d'îles, dont quelques-unes sont maintenant sous la surface. Elle se demandait comment elles s'étaient formées. Était-ce à partir d'un point chaud au fond de l'océan par où s'échappaient de temps à autre du magma en fusion? Quelque part dans la mer près de la faille des Galapagos se trouvaient des bouches hydrothermales crachant des gaz sulfureux. Certains biologistes pensent que ces cheminées hydrothermales ont été les sites de l'origine de la vie.

Depuis longtemps, Kate rêvait de visiter les îles Galapagos, et ses attentes étaient comblées. Formées de 13 grandes îles et d'une douzaine de plus petites, les Galapagos chevauchent l'équateur dans l'est de l'océan Pacifique, à quelque 600 milles au large de la côte de la partie continentale de l'Équateur. De gros affleurements irréguliers de roche volcanique alternent avec de petites plages sablonneuses le long des côtes. On peut voir des mangroves isolées le long du rivage menant aux basses terres arides.

Mais le plus impressionnant pour Kate est l'immense variété d'animaux. Comme tous les autres visiteurs des îles, depuis les premiers Européens débarqués ici jusqu'à l'arrivée de Darwin quelque 300 ans plus tard en 1835, elle était renversée de voir à quel point ces animaux si étranges étaient si peu farouches. Des dizaines de lions de mer se prélassaient au soleil sur la plage, et des fous masqués se faisaient la cour pratiquement à ses pieds.



À travers les roches, au bord de l'eau, vivait l'iguane marin, le seul lézard marin dans le monde. La mer baignant les îles abritait des raies, des requins à pointes blanches, des tortues marines, et des manchots des Galapagos. Elle pouvait voir là des dizaines d'espèces endémiques, qui n'étaient présentes nulle part ailleurs sur cette Terre.

Et Kate était là, juste à l'endroit où Charles Darwin avait débarqué 150 ans plus tôt. La théorie de l'évolution de Darwin était en grande partie fondée sur sa conception des origines des organismes vivants aux îles Galapagos. Il s'était demandé d'où venaient ces animaux. Comment des espèces végétales et animales d'îles si rapprochées pouvaient être aussi différentes et, étrangement, si semblables? Chaque île semblait avoir sa propre espèce de tortue, d'iguane marin et même de cactus raquettes.

Les pinsons présentaient un intérêt tout particulier. Ces oiseaux pour lesquels il n'y avait pratiquement aucune classification avaient un bec présentant d'étranges adaptations afin de pouvoir consommer différents types d'aliments. Bien que la plupart se nourrissent de graines, Darwin avait découvert que certains pinsons s'étaient spécialisés et utilisaient de petites brindilles pointues pour sonder les creux des plants de cactus et déloger les larves. Il l'appelait un pinson pic. Comment ces animaux et plantes pourraient-ils résulter du seul fait de la création? N'était-il pas plus logique de penser que des espèces du continent étaient venues dans les îles il y a plusieurs siècles et s'étaient spécialisées pour s'adapter à différentes conditions environnementales sur les différentes îles?

Kate connaissait maintenant la réponse aux questions de Darwin et, pourtant, ces îles ne semblaient pas assez vieilles pour expliquer l'incroyable diversité dont elle était témoin. Elle savait que les Grant, un couple de chercheurs de l'Université de Princeton, travaillaient dans une île voisine afin de trouver l'explication à cette évolution rapide. Elle avait entendu à la Station de recherche Charles Darwin qu'ils avaient été fascinés par la rapidité des changements qui semblaient résulter de l'influence du courant El Niño durant les deux dernières décennies. Elle résolut de se pencher davantage sur la question, mais pour l'instant, il fallait retourner à la station de recherche – de lourds nuages se profilaient à l'horizon.

Questions

1. Comment les îles Galapagos se sont-elles formées?
2. Y avait-il des plaques tectoniques en cause?
3. Quel est l'âge des îles Galapagos?
4. Quels types d'animaux et de plantes sont endémiques à ces îles?
5. Comment les espèces peuvent-elles devenir endémiques?
6. D'où provenaient les premières espèces colonisatrices et comment sont-elles parvenues aux îles Galapagos?
7. Quels sont les types d'adaptations spéciales présentes chez les animaux et les plantes? Comment ces adaptations évoluent-elles?
8. Comment ces îles s'intègrent-elles au concept d'évolution de Darwin?



Références

- Hickman, John. 1985. *The Enchanted Islands: The Galapagos Discovered*. Longwood Publishing Group, Dover, New Hampshire. p. 169.
- Monastersky, R., 1999, « Atlantis of the iguanas found in Pacific (researchers discover ancient predecessors of the Galapagos Islands off coast of Costa Rica) », *Science News* 155(25), p. 389.
- Werner, Reinhard, et al., 1999, « Drowned 14-m.y.-old Galapagos archipelago off the coast of Costa Rica : implications for tectonic and evolutionary models, » *Geology* 27(6), pp. 499-502.

Sites Internet

- Îles Galapagos. https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%8Eles_Gal%C3%A1pagos
- Îles Galapagos. <http://whc.unesco.org/fr/list/1/>
- Les îles Galapagos. <http://www.alloprof.qc.ca/BV/Pages/g1057.aspx>
- Les îles Galapagos. <http://www.dinosoria.com/galapagos.htm>
- Voyage d'un naturaliste au tour du monde fait à bord du navire le Beagle de 1831 à 1836 : http://classiques.uqac.ca/classiques/darwin_charles_robert/voyage_naturaliste_autour_du_monde/darwin_voyage.pdf
- GalapagosQuest: An Interactive Expedition
<http://www.cnn.com/NATURE/9903/10/galapagosquest/>
- Galapagos Geology on the Web
<http://www.geo.cornell.edu/geology/Galapagos.html>

Partie II - les pinsons de Darwin

[Traduction libre]

« Alors Kate, que penses-tu des îles? » demanda Miguel.

« Je les trouve simplement fantastiques. Les Espagnols avaient bien raison de les appeler Las Encantadas (les îles Enchantées). » Kate venait juste d'entrer dans la bibliothèque de la Station de recherche Charles Darwin pour rencontrer son directeur assis à une table.

« En effet, les îles Enchantées, c'est un nom qui leur va bien. J'ai toujours pensé que les volcans étaient ensorcelés. Assieds-toi un peu et dis-moi si tu as des plans précis », lui dit Miguel en désignant une chaise face à lui.

« Eh bien, j'étais sur Albemarle il y a deux jours et je pense que je pourrais faire ma recherche à cet endroit. La perspective de pouvoir étudier les déplacements de caractéristiques sur les cinq volcans me plaît énormément. Imagine, cinq races différentes de tortues sur la même île. Il y a beaucoup de tortues qui semblent avoir été marquées par des chercheurs, et tu sembles avoir déjà passablement de documentation sur ces travaux. »

« Oui. En plus, nous avons certaines données génétiques sur les tortues ici, surtout celles de nos enclos de reproduction. Tu les as déjà vues, sûrement. »



« Oui, je les ai vues. Je pense que c'est une avancée extraordinaire que vous puissiez au moins déterminer de quelle île proviennent certains de ces animaux. De fait, il serait possible d'identifier les parents si l'on avait plus de données disponibles. Mais qui est chargé de ces recherches? Vous le faites ici à la station? »

« Non. On a envoyé des échantillons de tissus à des laboratoires des États-Unis pour qu'ils déterminent les empreintes génétiques (ADN). Nous n'avons pas l'équipement de laboratoire nécessaire ici pour faire le test de Southern ou PCR (réaction en chaîne de la polymérase). Mais dis-moi, es-tu sûre de vouloir étudier les tortues? Il y a une foule d'autres espèces plus faciles à étudier ici, les iguanes et les oiseaux, par exemple. »

« J'y ai réfléchi, surtout que les Grant font tellement de découvertes dans l'étude des pinsons. Comment avancent leurs travaux? », demanda Kate, cachant mal son intérêt.

Enlevant ses lunettes, la chaise penchée vers l'arrière, Miguel répondit : « Tu sais sûrement que Peter et Rosemary Grant ont commencé à piéger et à baguer tous les pinsons de la Daphne Major il y a plus de 20 ans. Parfois, il y avait seulement 200 oiseaux sur l'île, et parfois, plus de 2000. Et ils pouvaient les reconnaître tous! Les Grant ont été capables de suivre de leurs yeux l'évolution de ces oiseaux, ce que Darwin ne pouvait qu'imaginer. »

« Il pensait que l'évolution se déroulait trop lentement pour qu'on puisse l'observer, ajouta Kate. En fait, les créationnistes ont soutenu qu'il était impossible de prouver l'évolution, pas plus que la création divine d'ailleurs. Les travaux des Grant ont certainement contribué à réfuter ces allégations. »

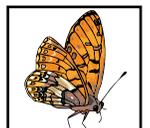
« Ouais. Darwin a certainement sous-estimé la vitesse de l'évolution. Ces îles sont apparues il y a moins de cinq millions d'années, et la vie évolue à une cadence aussi effrénée que les volcans parce que les organismes vivants sont coincés sur des îles séparées. Le sommet de chaque volcan est une prison pour la plupart des créatures d'ici. »

« Il n'y a jamais eu de lien avec le continent, n'est-ce pas? »

« Non. Tout ce qui est arrivé ici a parcouru au moins 600 milles à partir de l'Amérique du Sud. C'est comme cela que les premiers pinsons sont arrivés ici, probablement emportés par des vents de tempête. »

« Alors, en quelques millions d'années, toutes les espèces ont dû s'adapter aux différentes conditions des différentes îles. »

« C'est vrai, mais il faut savoir que ces différences ne sont pas toutes dues à des adaptations et à la sélection naturelle. Une bonne partie d'entre elles sont le résultat d'une dérive génétique, je suppose. »



« Bien sûr, mais quelle qu'en soit la raison, personne ne s'imaginait que le rythme de l'évolution était aussi rapide que ce que les Grant ont découvert. Je pense qu'une des techniques les plus intéressantes utilisées par les Grant est la technique pour mesurer la dureté des graines des différentes espèces végétales. »

« Je suis d'accord avec toi, Kate. Peter et un ingénieur de l'Université McGill ont fabriqué un casse-noisettes, une sorte de pince munie d'une pesée. Ils ont constaté qu'il fallait seulement une force de 0,35 newton pour casser les petites graines tendres de *Portulaca* (pourpier). N'importe laquelle des espèces de pinsons pouvait y arriver. Mais pour casser les grosses graines de *Cordia lutea* [arbuste à fleurs jaunes], il fallait une force de 14 newtons; seules quelques espèces de gros pinsons pouvaient appliquer une telle force. Sachant comment mesurer la dureté des graines, les Grant pouvaient vérifier l'abondance des graines et voir exactement quelles graines les oiseaux choisissaient et consommaient. »

« Mais les graines disponibles variaient avec les saisons, n'est-ce pas? »

« Exactement. Durant la saison des pluies, quand les petites graines sont abondantes, la dureté moyenne des graines est de 0,5 newton, alors que durant la saison sèche, elle grimpe à plus de 6 newtons. Beaucoup de pinsons ne pouvaient manger bon nombre de ces graines. Si les six espèces n'avaient pas commencé à changer leurs habitudes alimentaires, il y aurait eu des famines graves. Un exemple frappant de partage différentiel des ressources – un de tes sujets préférés, Kate. »

« De fait, Rosemary Grant a découvert qu'il y a même eu des changements de comportement alimentaire chez des individus d'une même espèce. En période d'abondance, tous les pinsons de cactus se nourrissaient des mêmes graines, mais quand ces graines devenaient rares, ils changeaient de comportement alimentaire. Les pinsons dotés d'un long bec ouvraient les fruits et puisaient les nutriments dans les fleurs de cactus, tandis que ceux avec un bec plus gros et épais cassaient les graines dures des cactus, et les autres avec un bec encore plus court arrachaient l'écorce des arbres pour trouver des larves. »

« Tout est bouleversé quand survient une grande sécheresse, n'est-ce pas? La sélection naturelle prend vraiment le dessus. »

« Absolument. Elle peut entraîner la quasi-éradication des pinsons à petit bec. C'est ce que les Grant ont appris de la grande sécheresse de 1977, alors que la population a chuté à 200 oiseaux. Avant la sécheresse, la taille moyenne du bec de l'espèce fortis était de 10,68 mm de long et 9,42 mm d'épaisseur. Après la sécheresse, ces valeurs étaient passées à 11,07 mm de long et 9,96 mm d'épaisseur. Des variations trop faibles pour être visibles à l'œil nu ont fait la différence entre la vie et la mort. La proportion mâles-femelles a changé aussi, puisque les mâles ont un bec plus gros et plus fort.



Après la sécheresse, il y avait sept fois plus de mâles que de femelles! Mais au cours des années suivantes, les mâles se sont faits une concurrence féroce pour attirer les faveurs des femelles. Fait étonnant, les femelles commencèrent à choisir les mâles avec le bec plus gros comme partenaires. Les autres, avec un bec plus petit, étaient désavantagés sur le plan de la reproduction. »

Kate opina de la tête. « C'est un exemple parfait de sélection sexuelle. La sélection naturelle et la sélection sexuelle visaient toutes deux le même objectif : produire des oiseaux dotés de plus gros becs. Mais s'agissait-il de différences génétiques ou était-ce dû au type de nourriture disponible? Autrement dit, on s'attendrait à ce que les oiseaux mieux nourris aient un bec plus gros, et qu'ils soient choisis pour la reproduction et puissent élever leurs petits, n'est-ce pas? »

« Bien entendu! L'un des étudiants de l'équipe des Grant voulait mettre à l'essai cette hypothèse, mais l'expérience a échoué, et ils ont dû recourir à des preuves indirectes pour démontrer la nature génétique des changements. »

« Mais parlons de l'épisode El Niño de 1983, poursuivit Miguel. Cette année-là, on a enregistré les pluies les plus abondantes du siècle! En quelques semaines, l'île de désert qu'elle était s'est transformée en jungle. Il y avait de la nourriture en abondance. Les oiseaux commencèrent à se reproduire à un rythme effréné, pour faire grimper la population à 2000 pinsons dans l'île Daphne Major. Lorsque les conditions sèches normales revinrent, la nourriture vint à manquer. Les oiseaux avaient dépassé la capacité portante de l'île. »

« Mais tiens-toi bien : à cette époque, c'étaient les oiseaux avec un petit bec qui étaient avantagés. Les mâles et femelles de grande taille commencèrent à mourir de faim, parce qu'il y avait beaucoup plus de petites graines disponibles. Les crues résultant d'El Niño avaient lessivé bon nombre des cactus produisant de grosses graines. Même si les gros oiseaux pouvaient consommer de petites graines, ils étaient désavantagés à cause de leur taille; ils devaient en manger plus pour survivre. »

« Après El Niño, il y a eu beaucoup d'hybridation, n'est-ce pas? » demanda Kate.

« Oui, à la grande surprise de tout le monde. Il était rare de voir des hybrides pendant les années d'austérité. Les obstacles génétiques maintenaient l'isolement de l'espèce. Les différences dans le chant et la taille du bec servaient de mécanismes d'isolement, mais une fois que les conditions se sont considérablement améliorées, la diversité redevenait souhaitable. Beaucoup de pinsons ont commencé à se reproduire avec des individus d'une espèce différente. Ils ne semblaient pas se soucier autant du chant de leur partenaire ni de la taille de son bec. Certains chercheurs ont même pensé que le taux de mutation avait effectivement augmenté quand les conditions environnementales ont changé radicalement.



« Regarde les pinsons dehors, Kate. Ici, à la station de recherche, c'est difficile de distinguer les espèces parce qu'il y a des individus hybrides. Ici, les différences s'estompent, pour ainsi dire, car les conditions sont toujours bonnes et qu'on les nourrit. Si tu veux un beau sujet de thèse, Kate, tu ne pourrais trouver mieux que l'étude de l'hybridation des pinsons aux alentours. Je suis sûr que les humains ont un impact majeur sur la spéciation et l'extinction. »

Questions

1. Qu'est-ce que le test d'identification par le code génétique (ou empreintes génétiques) et quelle est la technique pour faire ce test?
2. Comment peut-on mesurer l'évolution?
3. Quelle est la différence entre la sélection naturelle et l'évolution?
4. Qu'est-ce que la dérive génétique et comment peut-elle contribuer à l'évolution?
5. Que signifie « partage différentiel des ressources » et « déplacement des caractères »?
6. Qu'est-ce que la sélection sexuelle?
7. Comment peut-on faire pour vérifier si la taille du bec est due à des facteurs génétiques ou environnementaux?
8. Si l'hybridation se produit durant les périodes d'abondance, qu'est-ce que cela implique concernant le degré de diversité génétique entre les espèces?
9. Quels sont les mécanismes d'isolement génétique et comment évoluent-ils?
10. Les populations de pinsons doivent-elles être séparées pour évoluer en des espèces différentes?
11. Qu'est-ce qui cause le phénomène El Niño?

Références

Weiner, Jonathan. 1994. *The Beak Of The Finch: A Story of Evolution in Our Time*, New York, Knopf.

Sites Internet

L'origine des espèces, par Charles Darwin.

http://classiques.uqac.ca/classiques/darwin_charles_robert/origine_especes/darwin_origine_des_especes.pdf

Charles Darwin Foundation. <http://www.darwinfoundation.org/en/>

Partie III - La tortue et le concombre de mer

Kate était fatiguée. Dernièrement, elle était restée tard à la station de recherche pour transcrire à l'ordinateur ses notes de terrain. Elle avançait bien dans ses recherches sur les pratiques de reproduction en pleine nature des tortues terrestres géantes des Galapagos. Elle les avait observées pendant quatre mois, surtout dans le secteur du volcan Alcedo, dans l'île Isabela, où vivent quelque 4500 tortues. Mais elle avait peur que les tensions croissantes entre les pêcheurs locaux et le gouvernement de l'Équateur ne nuisent à ses travaux. L'année précédente, à la suite d'une décision du président de l'Équateur de raccourcir la saison de pêche aux concombres de mer (aussi appelés holothuries), des pêcheurs armés avaient pris d'assaut la station et tenu plusieurs scientifiques en otages.



Mais ce qui préoccupait Kate surtout pour l'instant, c'étaient les chèvres de l'île Isabela. En venant s'installer dans les îles, les humains avaient introduit de nouvelles espèces animales – chats, rats, chiens, ânes, cochons et chèvres. Le nombre de chèvres dans l'île Isabela avait grimpé en flèche, passant de moins d'une douzaine en 1982 à plus de 100 000. Elles grugeaient littéralement l'habitat des tortues, dévorant tout ce qui pouvait se manger à flanc de montagne. Les arbustes et broussailles qu'elles consommaient étaient indispensables à la survie des tortues.

En plus des dommages causés par les chèvres, des cochons et des chiens sauvages creusaient le sol pour trouver les nids de tortue et manger leurs œufs, en plus de s'attaquer à leurs petits. Une autre espèce introduite, le rat noir (*Rattus rattus*), avait tué tous les œufs de tortue éclos dans l'île Pinzon depuis une centaine d'années.

Kate déplorait cette lente destruction du patrimoine naturel des îles entamée par les humains. Les Galapagos avaient été nommées ainsi en 1535 par un navigateur espagnol, Tomas de Bertanga, d'après les tortues géantes qui étaient nombreuses à l'époque. Lorsque Darwin était venu en 1835, il avait indiqué la présence de ces tortues dans toutes les îles. Depuis lors, ces populations ont diminué à un rythme alarmant, et plusieurs sous-espèces sont disparues.

Depuis peu, Kate commençait à ressentir une responsabilité personnelle pour la sauvegarde des tortues menacées. Elle considérait le plaidoyer de Lonesome George, peut-être le plus fameux des pensionnaires de la Station de recherche Charles Darwin, ainsi nommé parce qu'il était le seul survivant de sa sous-espèce, *G. e. abingdoni*. L'une des principales initiatives de la station de recherche était son programme de reproduction et d'élevage des petits en captivité, qui commençait à donner quelque succès.

Les tortues de l'île Espanola (*G. e. hoodensis*) avaient frôlé l'extinction. Lorsque cette sous-espèce a commencé à se reproduire en captivité, il ne restait que deux mâles et douze femelles. Plus tard, un troisième mâle fut ramené dans les îles par le Zoo de San Diego. Depuis lors, plus de 300 jeunes tortues ont vu le jour et ont été rapatriées, et certaines d'entre elles se reproduisent dans cette île. Kate était fière d'avoir participé à cet effort par ses travaux.

Kate ferma l'ordinateur, mit quelques documents dans son sac à dos en avalant sa dernière bouchée de sandwich et se prépara à partir. Elle pensa arrêter chez son ami Stephen sur le chemin du retour. Avant de visiter les îles Galapagos une quinzaine d'années auparavant, Stephen était un éleveur à plein temps doublé d'un naturaliste à temps partiel en Nouvelle-Zélande. Subjugué par la beauté des îles, il s'y était simplement établi, devenant l'un des premiers guides touristiques autorisés par le gouvernement.

Les îles furent en grande partie désignées sanctuaire faunique en 1934 par le gouvernement de l'Équateur. Les zones inhabitées devinrent parc national en 1959. En 1986, la Réserve de ressources marines des Galapagos fut créée, administrée par le gouvernement de l'Équateur avec l'aide de la station de recherche.



La réserve couvrait 97 % de la superficie terrestre des îles, et quelque 50 000 kilomètres carrés des zones marines environnantes. Le tourisme est rigoureusement contrôlé dans toutes les îles; les touristes ne peuvent pas se promener n'importe où. Ils doivent être accompagnés d'un guide touristique autorisé pour la visite des sites fauniques, et doivent rester dans les sentiers assignés. Bien des îles sont totalement interdites aux visiteurs.

Sur le chemin conduisant à la maison de Stephen, Kate se disait qu'il est ironique que l'un des quelques endroits sur Terre où il n'y a jamais eu d'aborigènes, l'un des endroits les moins visités dans l'histoire moderne de la planète, serait pratiquement envahi par des humains. L'année précédente, plus de 50 000 touristes avaient visité les îles. Bien des défenseurs de l'environnement disaient craindre l'impact du tourisme dans les îles. Pourtant, la plupart des scientifiques s'entendent pour dire que 15 ans de tourisme n'ont pas causé le dixième des dommages résultant de la récente intensification des pêches et de l'immigration massive subséquente à partir du continent.

Depuis longtemps, les Galapagos donne lieu à des activités de pêche sanctionnées par le gouvernement, mais la pêche au concombre de mer est devenue une sorte de « ruée vers l'or ». Les pêcheurs du continent ont débarqué sur les îles pour s'emparer illégalement des concombres de mer dans les eaux protégées. Considéré comme un mets raffiné en cuisine asiatique, le concombre de mer est aussi en demande dans tout l'Orient pour ses vertus supposément aphrodisiaques.

Selon Kate, c'est l'un des animaux les plus repoussants qu'elle ait jamais vus de sa vie. Long de deux pouces à cinq pieds, c'est un animal au corps mou et à la peau coriace et légèrement visqueuse, sans compter les verrues chez certaines espèces.

On ne savait pas très bien quel rôle joue le concombre de mer dans l'écologie marine. Les biologistes spécialistes du milieu marin les comparaient aux vers de terre. Ils passent le plus clair de leur temps au fond de la mer, à aspirer la vase et le sable pour en extraire des nutriments. Kate avait entendu l'un des chercheurs de la station dire que souvent, les concombres de mer forment 90 % de la biomasse animale des écosystèmes marins. Bien des scientifiques craignent qu'un déclin rapide de leurs populations n'ait de graves conséquences sur la survie d'autres espèces de la chaîne alimentaire.

La récolte du concombre de mer, *Isostichopus fuscus*, a commencé dans les eaux baignant les îles Galapagos en 1988, mais elle a été interdite par le gouvernement en 1992; cependant, des pêcheurs ont continué à les capturer illégalement. Le gouvernement de l'Équateur n'avait tout simplement pas les ressources nécessaires pour patrouiller des milliers de milles carrés d'océan. Par suite des pressions croissantes exercées par les pêcheurs locaux, le gouvernement a levé l'interdiction et accordé une saison de trois mois pour la pêche au concombre de mer à partir de la mi-octobre 1994. Kate frémit en pensant qu'il y aurait eu des tortues trouvées mortes, pendues à des arbres – une forme de pression politique qui serait utilisée par des pêcheurs locaux.



Le nombre total de prises ne devait pas dépasser 550 000 concombres de mer, mais dans les deux premiers mois seulement, on estimait qu'il y en avait eu sept millions capturés des fonds marins.

Le gouvernement a réagi et fermé la saison de pêche un mois plus tôt, déclenchant une vague de protestations violentes atteignant un point culminant lorsque plusieurs pêcheurs brandissant des haches et des machettes prirent d'assaut la station de recherche. Les troupes gouvernementales furent appelées en renfort, et les otages furent libérés – y compris Lonesome George – sans autre violence. Pendant les semaines suivantes, le gouvernement équatorien imposa un moratoire sur la pêche aux concombres de mer jusqu'à ce que les scientifiques puissent déterminer le volume de prises annuelles qui assurerait la survie de l'espèce. Le gouvernement a demandé à l'Institut de recherche pour le développement (autrefois appelé ORSTOM), un institut français de recherche outre mer, et à la Fondation Darwin de se pencher sur la question.

Arrivée chez Stephen, Kate le trouva bouleversé par la couverture médiatique de la crise dans les îles Galapagos. Ce qui le faisait fulminer, c'est que les journalistes semblaient dire que tous les habitants des îles étaient contre la conservation de l'environnement.

« Le tourisme apporte plus de 50 millions de dollars par année dans les îles, dit-il. La pêche n'est pas une source de revenus importante pour bien des insulaires. Crois-moi, les gens d'ici ne sont pas idiots. Ils savent trop bien qu'ils doivent préserver les îles s'ils veulent conserver leur gagne-pain. Ces gens – les pêcheurs et les politiciens qui appuient leur cause et leurs tactiques de violence – ne représentent pas la majorité. Ils ne représentent certainement pas les gens comme moi. »

« Pendant les quelques semaines que tu as passées ici, Kate, tu as compris que les problèmes qui touchent ces îles sont très complexes. On nous a laissé nous débrouiller avec une immigration massive. La population insulaire a grimpé de 5000 qu'elle était au début des années 1980 à plus de 15 000. Cette explosion démographique impose d'énormes pressions sur les îles – sur d'autres aspects de notre économie, comme notre pêche traditionnelle, qui pourrait être la prochaine à disparaître à cause des humains. Maintenant que cette interdiction a enlevé aux derniers immigrants les moyens de gagner leur vie, on observe un chômage rampant et, bien sûr sa conséquence directe, l'augmentation de la criminalité. »

« J'appuie ces gens dans leurs revendications, poursuivit Stephen. Je sais qu'ils ont voulu fuir une immense pauvreté sur le continent. Mais je réprovoe leur mentalité de vouloir " gagner de l'argent rapidement " ou leurs tactiques de bras de fer. Les gens du continent n'ont pas appris à apprécier le caractère unique de la réserve faunique ou les buts de la station de recherche; ils ne connaissent pas la tradition d'une pêche de subsistance dans les îles. Ils ne sont pas assez sensibilisés à l'extraordinaire biodiversité et aux ressources naturelles de ces îles. »



« L'économie des Galapagos, comme partout ailleurs en Équateur, repose sur ses ressources naturelles. La victoire des environmentalistes ne signifie pas la défaite du peuple équatorien. Le mouvement que beaucoup qualifient de guerre contre son propre peuple est simplement le refus de défendre le " droit " des habitants des Galapagos de détruire leur propre avenir. »

Kate soupira. Elle était d'accord avec Stephen, mais elle ne pouvait s'empêcher de penser à sa voisine Emilia, qui avait été si gentille pour elle de mille façons. Adolfo, le mari d'Emilia, était directeur d'une coopérative de pêcheurs dans l'île Isabela. Selon lui, la mer si généreuse était le seul gagne-pain possible de son peuple. Adolfo s'était emporté contre Kate la semaine précédente, défendant sa position avec de grands gestes : « Les environmentalistes doivent se rendre compte que s'il n'y a pas d'autre industrie créée, nous ne pourrons pas survivre. Comment ferons-nous pour nourrir nos familles? Il faut bien gagner sa vie! »

Comme Kate s'apprêtait à partir, Stephen lui demanda si elle avait entendu que la Fondation Darwin avait finalement déposé son rapport.

« La Fondation recommande la reprise de la pêche traditionnelle dans les Galapagos et une aide aux pêcheurs les plus pauvres pour leur retour sur le continent sud-américain. Le gouvernement a l'intention de rendre permanent le moratoire sur la pêche au concombre de mer. Cela pourrait dégénérer encore. Fais attention, Kate. »

Cette nuit-là. Kate dormit d'un sommeil agité. Tôt le matin, elle fut réveillée par des coups à la porte du jardin. C'était Emilia, portant sa petite fille dans ses bras. Emilia semblait effrayée. Kate dut lui demander deux fois de répéter. Lorsqu'elle comprit enfin ce que son amie disait, elle fut horrifiée. Apparemment, le député Eduardo Veliz et les pêcheurs qu'il représentait avaient pris d'assaut les installations de pêche et la station de recherche de l'île. Ils menaçaient de mettre le feu, de prendre des touristes en otages et de tuer des animaux rares (les tortues, se dit Kate), à moins que le gouvernement n'accède à leur demande de rouvrir la pêche au concombre de mer et de donner aux insulaires plus de contrôle sur le parc national.

Questions

1. Kate aurait-elle dû mener ses recherches sur d'autres animaux que les espèces de tortues menacées? Sa thèse de maîtrise pouvait être réduite à néant à cause des problèmes politiques des îles.
2. Kate devrait-elle se mêler de politique pour sauver les îles, comme Dian Fossey avait fait pour tenter de sauver le gorille de montagne?
3. Devrait-on permettre la pêche, le tourisme ou le peuplement dans les îles?
4. Que devrait faire le gouvernement équatorien pour régler les conflits dans les îles?
5. L'extinction est un phénomène naturel. Pourquoi devrait-on s'en faire si quelques espèces dans des îles éloignées du Pacifique disparaissent?



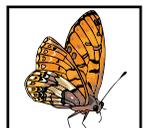
Directives aux élèves

Durant la période de discussion, chaque équipe doit représenter un groupe d'intérêts particulier qui est concerné dans la situation aux Galapagos : pêcheurs, commerçants, touristes, scientifiques, membres du Sierra Club et politiciens de l'Équateur. Quand vous recevrez votre rôle, vous devrez faire une recherche sur la position de ce groupe face à la situation, et discuter de cette position dans votre groupe pour la rédiger sur papier.

Quand vous serez prêts pour la discussion générale, les membres de chaque groupe d'intérêts devront se séparer pour rencontrer les gens d'autres groupes, c.-à-d. que l'instructeur formera de nouveaux groupes cherchant un consensus, dont chacun comprendra un membre de chaque groupe d'intérêts présent. Alors, un groupe de consensus comprendra un pêcheur, un commerçant, un touriste, un scientifique, un représentant du Sierra Club et un politicien. Le travail du politicien sera d'orienter la discussion pour voir si le groupe peut en venir à un consensus sur la façon de résoudre la crise, et rédiger un énoncé de position sur un plan d'action convenu par le groupe.

Références

- Grenier, Christophe, 2000. *Conservation contre nature: Les îles Galapagos*. Paris : IRD éditions.
- Cherfas, Jeremy, 1995, « Goats must go to save the Galapagos tortoises », *New Scientist* 146, p. 9.
- Cohn, Jeffrey P, 1996, « Sea cucumbers and takeovers of scientific institutions », *BioScience* 46, pp. 70-71.
- De Roy, Tui, 1997, « Where giants roam », *Natural History* 106(3), pp. 26-29.
- Hayashi, Alden M., 1999, « DNA analysis to the rescue in figuring out where to repatriate Galapagos Islands tortoises », *Scientific American* 280(3), p. 21.
- Langreth, Robert, 1995, « Showdown in the Galapagos », *Popular Science* 246, p. 20.
- Platt, Anne E., 1995, « It's about more than sea cucumbers », *World Watch* 8:2.
- Schrader, Esther, April 5, 1995, « Search for sea cucumbers threatens Galapagos tortoises », *Knight-Ridder/Tribune News Service*.
- Sitwell, Nigel, 1993, « The grub and the Galapagos », *New Scientist*, 11 décembre 1993, pp. 32-35.
- Stutz, Bruce D., 1995, « The sea cucumber war », *Audubon* 97:16+.
- Thurston, Harry, 1997, « Last look at paradise? The primordial world of the Galapagos is under siege from people », *International Wildlife* 27:12+.



Sites Internet

La pêche des Galapagos : une menace ou une opportunité de conservation pour les holothuries? https://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/InfoBull/BDM_VF/14/BDM14VF_23_Martinez.html

Les problèmes de la pêche de l'holothurie aux Galapagos.
https://spccfpstore1.blob.core.windows.net/digitallibrary-docs/files/db/dbe064dba419bac6c427a45ef93fcf55.pdf?sv=2015-12-11&sr=b&sig=KQMuoQ9Jc6pIKbuI902FEpAlpxZlnUl8p0PGIKSTUyo%3D&se=2018-02-20T02%3A31%3A44Z&sp=r&rsc=public%2C%20max-age%3D864000%2C%20max-stale%3D86400&rsc=application%2Fpdf&rscd=inline%3B%20filename%3D%22BDM14VF_23_Martinez.pdf%22

Cultiver la paix : du conflit à la collaboration dans la gestion des ressources naturelles)
<https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/21094/116528.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tortue géante des Galapagos.
https://fr.wikipedia.org/wiki/Tortue_g%C3%A9ante_des_Gal%C3%A1pagos

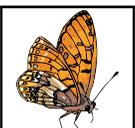
The Endangered Galapagos Giant Tortoise.
<http://www.discovergalapagos.com/tortoise.html>

The Galapagos Pepineros.
<http://jimpinson.jc-research.com/galapagos/pepino.html>

Galapagos Coalition.
<http://old.planeta.com/planeta/95/0895galapagos.html>

Galapagos Conservation Trust.
<http://galapagosconservation.org.uk/>

*Nancy A. SCHILLER et Clyde F. HERREID « The Galapagos », *National Center for Case Study Teaching in Science*, 1999, http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/collection/detail.asp?case_id=372&id=372
(Consulté le 18 juillet 2017). Traduction autorisée par le National Center for Case Study Teaching In Science.



BIBLIOGRAPHIE

- ALBERTA. ALBERTA EDUCATION. *Programme de sciences à l'élémentaire*, Edmonton, Alberta, Alberta Education, 2001.
- ARONOVA-TIUNTSEVA, Yelena, et Clyde Freeman HERREID. « Hemophilia – The 'royal disease' », National Center for Case Study Teaching in Science, 2003. <http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/files/hemo.pdf> (Consulté le 16 juillet 2017).
- BYBEE, Roger. *Science and Technology Education for the Elementary Years: Frameworks for Curriculum and Instruction*, Rowley, Massachusetts, The Network, 1989.
- CANADA. CONSEIL DES MINISTRES DE L'ÉDUCATION. *Cadre commun des résultats d'apprentissage en sciences de la nature (M à 12)*, Toronto, Conseil des ministres de l'éducation (Canada), 1997.
- « Démarche d'apprentissage », dans LEGENDRE, Renald. *Dictionnaire actuel de l'éducation*, 3^e éd., Montréal, Guérin, 2005, p. 362.
- EVARTS, Susan, Alison KRUFKA et Chester WILSON. « I'm Looking Over a White-Striped Clover – A Natural Selection Case », National Center for Case Study Teaching in Science, 2006. http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/collection/detail.asp?case_id=272&id=272 (Consulté le 16 juillet 2017).
- Evolution and the Nature of Science Institutes. « Evolution Survey », University of Indiana. www.indiana.edu/~ensiweb/lessons/ev.surv.html (Consulté le 16 juillet 2017).
- GALBRAITH, Anne, et David R. HOWARD. « Sometimes it is all in the genes », National Center for Case Study Teaching in Science, 2002. http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/collection/detail.asp?case_id=235&id=235 (Consulté le 16 juillet 2017).
- GLATTHORN, Allan. *Learning Twice: An Introduction to the Methods of Teaching*, New York, Harper Collins, 1993.
- GREENE, Alanda. « Where Do You Stand? », *Green Teacher*, n° 54, Winter 1997-98, p. 19-21.
- GREGORY, Kathleen, Caren CAMERON et Anne DAVIES. *Établir et utiliser des critères*, 2^e éd., Courtenay, Colombie-Britannique, Connections Publishing, 2013.
- HERREID, Clyde, F. « An Antipodal Mystery », National Center for Case Study Teaching in Science, 2005. http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/files/antipodal_mystery.pdf (Consulté le 16 juillet 2017).
- HERREID, Clyde, F. « The Death of Baby Pierre », National Center for Case Study Teaching in Science, 1999. http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/collection/detail.asp?case_id=417&id=417 (Consulté le 16 juillet 2017).

- KEELEY, Page. *Science Formative Assessment: 75 Practical Strategies for Linking Assessment, Instruction, and Learning*, Thousand Oaks, California, Corwin Press, 2008.
- KELLY, Martin, G. « As the Worm Turns: Speciation and the Apple Maggot Fly », National Center for Case Study Teaching in Science, 2003, http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/collection/detail.asp?case_id=328&id=328 (Consulté le 16 juillet 2017).
- LAROCHELLE, Marie, et Jacques DÉSAUTELS. *Autour de l'idée de science : itinéraires cognitifs d'étudiants et d'étudiantes*, Québec, Presses de l'Université Laval, 1992.
- MANITOBA EDUCATION AND TRAINING. *Senior 3 English Language Arts: A Foundation for Implementation*, Winnipeg, Manitoba Education and Training, 1999.
- MANITOBA EDUCATION AND TRAINING. *Senior 4 English Language Arts: A Foundation for Implementation*, Winnipeg, Manitoba Education and Training, 2000.
- MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION, DE LA CITOYENNETÉ ET DE LA JEUNESSE. *Repenser l'évaluation en classe en fonction des buts visés : l'évaluation au service de l'apprentissage, l'évaluation en tant qu'apprentissage, l'évaluation de l'apprentissage*, 2^e éd., Winnipeg, Manitoba, Le Ministère, 2006.
- MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION, DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE ET DE LA JEUNESSE. *L'éducation pour un avenir viable*, Winnipeg, Manitoba, Le Ministère, 2001.
- MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE. *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire : une ressource didactique*, Winnipeg, Manitoba, Le Ministère, 2000.
- MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE. *La technologie comme compétence de base : vers l'utilisation, la gestion et la compréhension des technologies de l'information*, Winnipeg, Manitoba, Le Ministère, 1998.
- MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR. *La sécurité en sciences de la nature : un manuel ressource à l'intention des enseignants, des écoles et des divisions scolaires (de la maternelle à la 12^e année)*, Winnipeg, Manitoba, Le Ministère, 2015.
- MARTIN, Kathryn H. « Writing "Microthemes" to Learn Human Biology », dans CONNOLY, Paul, et Teresa VILARDI, éd. *Writing to Learn Mathematics and Science*, New York, Teachers College Press, 1989, p. 113-118.
- MAXWELL, Rhoda, et Mary MEISER. *Teaching English in Middle and Secondary Schools*, Upper Saddle River, Prentice Hall, 1997.

- MILLAR, Robin, et Jonathan OSBORNE. *Beyond 2000: Science Education for the Future*, 1998. <https://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Beyond%202000.pdf> (Consulté le 23 juillet 2008).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *National Science Education Standards*, Washington, National Academy of Sciences, 1996.
- OMARZU, Julia. « Selecting the Perfect Baby: The Ethics of Embryo Design », National Center for Case Study Teaching in Science, 2003. http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/collection/detail.asp?case_id=347&id=347 (Consulté le 16 juillet 2017).
- ORKIN, Stuart H., et Sabra G. GOFF. « Nonsense and Frameshift Mutations in β 0-Thalassemia Detected in Cloned β -Globin Genes », *The Journal of Biological Chemistry*, vol. 256, n° 19, October 1981, p. 9782-9784. <http://www.jbc.org/content/256/19/9782.full.pdf?sid=2005603d-0944-4dcd-b99e-931341ad4015> (Consulté le 16 juillet 2017)
- PROBST, Robert. *Response and Analysis: Teaching Literature in Junior and Senior High School*, Don Mills, Heinemann, 1988.
- RYAN, Richard, James P. CONNELL et Edward L. DECI. « A Motivational Analysis of Self-Determination and Self-Regulation in Education », dans AMES, Russell, et Carol AMES, éd. *Research and Motivation in Education: The Classroom Milieu*, New York, Academia Press, 1985, p. 13-51.
- SCHILLER, Nancy et Clyde F. HERREID. « The Galapagos », National Center for Case Study Teaching in Science, 1999. http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/collection/detail.asp?case_id=372&id=372 (Consulté le 16 juillet 2017).
- SUSTAINABILITY MANITOBA. *Sustainable Development Strategy for Manitoba*, Winnipeg, Manitoba, Sustainability Manitoba, 1994.
- TANG, Carol. « Candy Dish Selection », *VCMP Lessons*, 2003. http://www.ucmp.berkeley.edu/education/lessons/candy_dish.html (Consulté le 16 juillet 2017).
- UNESCO. « Le développement durable grâce à l'éducation environnementale », *Connexion*, vol. 13, n° 2, juin 1988, p. 3. Accessible en ligne : <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001535/153582fo.pdf>.
- WHITE, Barbara. Y., et John. R. FREDERIKSEN. « Inquiry, Modeling, and Metacognition: Making Science Accessible to All Students », *Cognition and Instruction*, vol. 16, n° 1, p. 3-118.
- WILLIAMS, Robin. *The Non-Designer's Design Book: Design and Typographic Principles for the Visual Novice*, Berkeley, California, Peachpit Press, 1994.



Printed in Canada
Imprimé au Canada