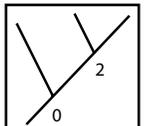


L'ORGANISATION DE LA BIODIVERSITÉ



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

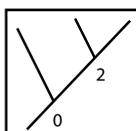
Les élèves ont étudié la diversité de la vie dans leur cours de sciences de la nature de la 6^e année. Ils ont identifié cinq règnes du vivant et ont trouvé des exemples d'organismes de chaque règne pour illustrer la diversité entre les formes de vie. En biologie 12^e année, les élèves verront que les 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]

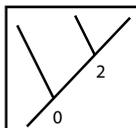
[R] *Science et vie junior*, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; excellente présentation de divers dossiers scientifiques; explications logiques avec beaucoup de diagrammes; le SVJ de mars 2010 comprend une bande dessinée sur les travaux de Carl von Linné]

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]

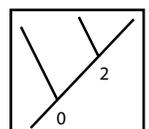
Classification des vertébrés. (consulté le 21 janvier 2016). [animation eduMedia accessible à partir du site Web de la DREF, www.dref.mb.ca]

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]

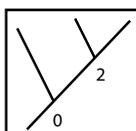
[R] *Les niveaux de la biodiversité.* <http://canadianbiodiversity.mcgill.ca/francais/theory/threelevels.htm> (consulté le 17 juillet 2017).

[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]

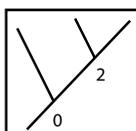
Understanding Evolution. <https://evolution.berkeley.edu/evolibrary/home.php> (consulté le 17 juillet 2017). [site anglais; excellent site pour l'enseignement de l'évolution et de la classification]

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

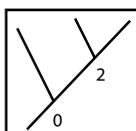
RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

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

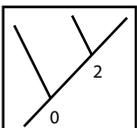
- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements, *par exemple l'exactitude scientifique, 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-ménages 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.

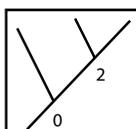
Poser des questions telles que :

- *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).

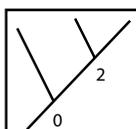
✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à répondre aux questions liées à chaque étape de l'étude de cas et évaluer les réponses en se fondant sur des critères tels que :

- 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 :

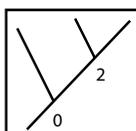
- *Pensez à votre maison, votre école et votre voisinage; pouvez-vous trouver des exemples de systèmes de classification utilisés?*

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.

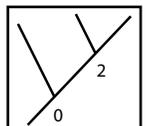
Enseignement direct - la cladistique (C1, N1)

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)

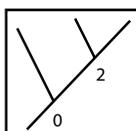
On peut trouver une variété d'activités dans les cahiers de laboratoire, les manuels et sur Internet, permettant de développer et d'utiliser des systèmes de classification et des clés analytiques/dichotomiques (voir *Biologie 11*, p. 392 et 393, *Biologie 11 STSE*, p. 40 ou p. 42, ou *Biologie 11-12*, 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).

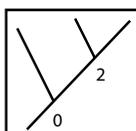
Excursion

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)

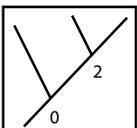
Poser la question suivante aux élèves :

- *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

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.

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

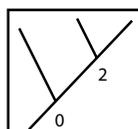
Activité - l'interprétation d'un cladogramme (C2, S1, R1)

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.



📎 **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

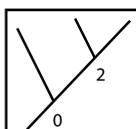
Étude de cas – « Le mystère australien »

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

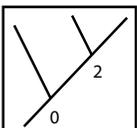
Dans le cadre de l'évaluation par les pairs, les élèves évaluent le travail de l'un et de l'autre. Tout comme l'autoévaluation, l'évaluation par les pairs est un volet de l'évaluation *en tant qu'apprentissage* et met l'accent sur le développement des élèves et leur connaissance de soi (métacognition). 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.).
 - Décris 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?

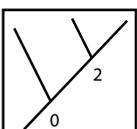
ANNEXE 3 : L'espèce – Renseignements pour l'enseignant

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

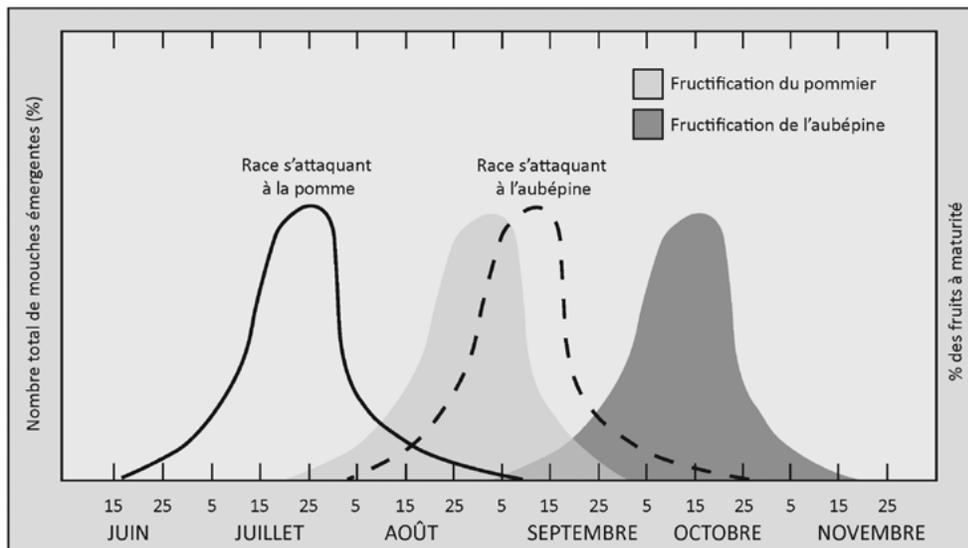
- L'aubépine et le pommier sont deux plantes ligneuses (à bois) qui appartiennent à la famille des rosacées (Newcomb, 1977).
 - Le groupe des aubépines englobe une cinquantaine d'espèces d'arbres et d'arbustes indigènes de l'Amérique du Nord, classés dans le genre *Crataegus*.
 - Les premiers colons 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.

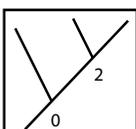
Prokopy, R.J., S.R. Diehl et S.S. Cooley. « Behavioral evidence for host races in *Rhagoletis pomonella* flies », *Oecologia*, vol. 76, 1988, pp. 138-147.

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.

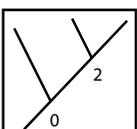
- Aristote (384-322 avant notre ère) crée le premier système de classification largement utilisé en divisant tous les organismes en deux grands groupes : plantes et animaux.
- Carl von Linné ou Carolus Linnæus (1707-1778) met au point un système de catégorisation hiérarchique (règne, phylum, classe, 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 (phylogénèse 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.

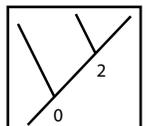
Soulever la question des noms scientifiques. Les exemples ci-dessous permettent de renforcer l'idée que les noms scientifiques ont une signification précise (quand on a des notions de latin et de grec).

Latin

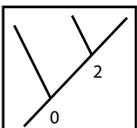
brassic = chou
capitata = tête
oler = vert
caulo = navet
rapa = tige
gemmifera = porte des bourgeons
chinensis = chinois
lattuca = laitue

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

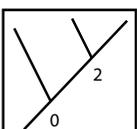
Évaluez le processus de collaboration dans votre équipe à l'aide de l'échelle d'évaluation ci-dessous.

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.

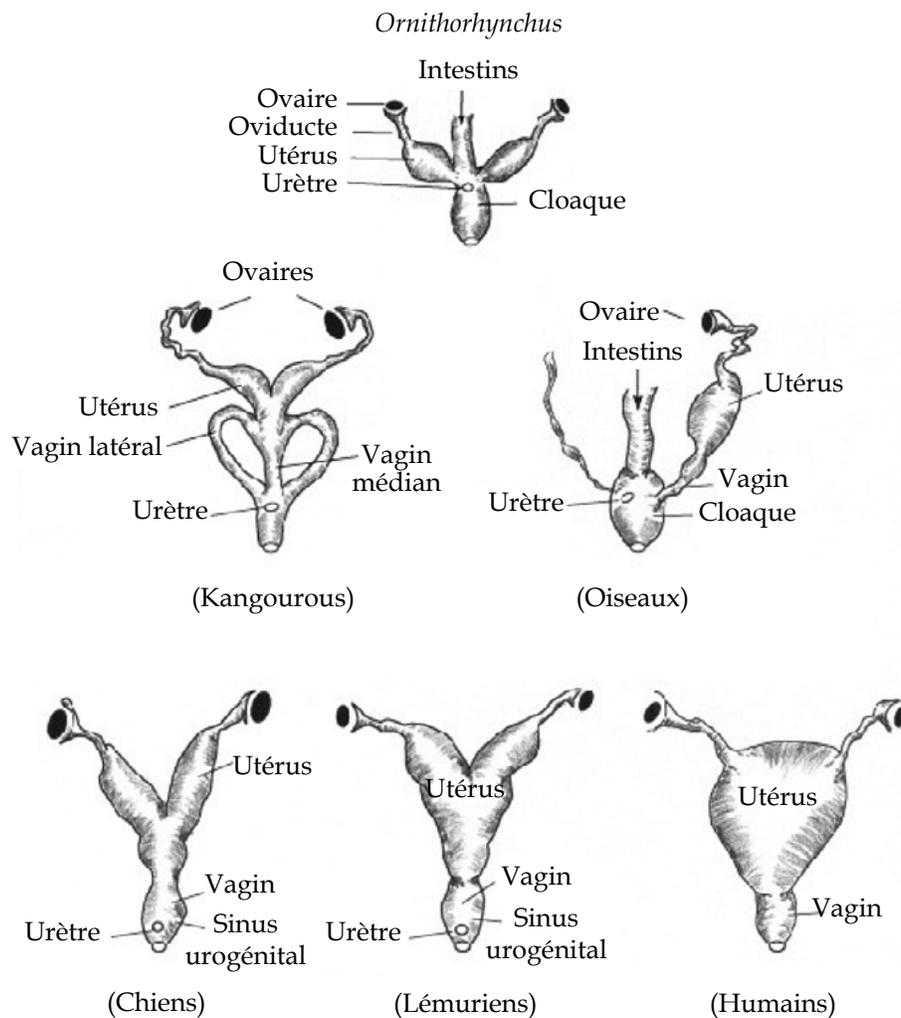


Figure 1 : Systèmes reproducteurs de six vertébrés. Toutes les dissections sont décrites comme si l'animal était couché sur le dos, face au lecteur. Tous les systèmes reproducteurs sont symétriques bilatéralement, sauf pour l'oiseau dont le côté gauche seulement est fonctionnel, le côté droit dégénérent 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

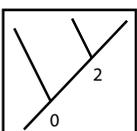
Examinons la première question : comment devrait-on procéder pour classer un tel animal? Les taxonomistes comme John Ray et Carl von Linné ont dit que la reproduction est le critère essentiel de classification. Linné établit que la présence de glandes mammaires et la tétée chez les jeunes représentaient 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

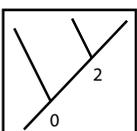
1. Est-ce que ces découvertes changent votre opinion sur la façon de classer l'ornithorynque?

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.

