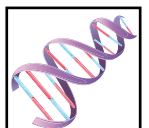


LES MÉCANISMES DE L'HÉRÉDITÉ

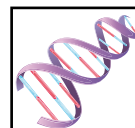


APERÇU DU REGROUPEMENT

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

CONSEILS D'ORDRE GÉNÉRAL

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

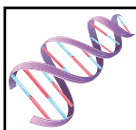


BLOCS D'ENSEIGNEMENT SUGGÉRÉS

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

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

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



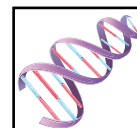
RESSOURCES ÉDUCATIVES POUR L'ENSEIGNANT

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

[R] indique une ressource recommandée

LIVRES

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



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

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

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

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

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

AUTRES IMPRIMÉS

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

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

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

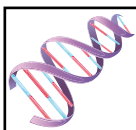
Pour la science, Éd. Bélin, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE [revue mensuelle; version française de la revue américaine *Scientific American*]

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

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

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

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



DISQUES NUMÉRIQUES ET LOGICIELS

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

SITES WEB

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

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

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

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

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

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

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

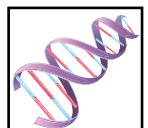
Bioéthique. <http://www.unesco.org/new/fr/social-and-human-sciences/themes/bioethics/> (consulté le 15 juillet 2017).

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

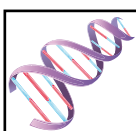
Il était une fois...l'ADN. <http://www.medecine.unige.ch/enseignement/dnaftb/> (consulté le 15 juillet 2017). [site sur la génétique qui va de la génétique mendélienne à la génétique moderne; comprend des explications, des animations, des problèmes et des liens]

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

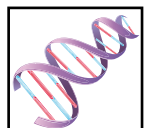
[R] *La thérapie génique.* <http://www.dailymotion.com/video/xhrtyf> (consulté le 15 juillet 2017). [vidéo sur la thérapie génique]

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

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

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

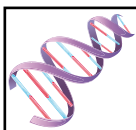
[R] *La transcription : de l'ADN à l'ARN.* <http://planet-vie.ens.fr/article/1351/transcription-animation-adn-arn> (consulté le 15 juillet 2017). [animation qui explique le processus de transcription]



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES

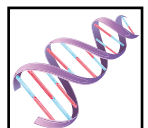
L'élève sera apte à :

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



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES (suite)

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



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX

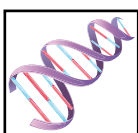
L'élève sera apte à :

Démonstration de la compréhension

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

Perspectives personnelles/réflexion

- B12-0-P1** faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique;
RAG : C2, C5
- B12-0-P2** manifester un intérêt soutenu et éclairé dans la biologie et des enjeux et carrières liés à ce domaine;
RAG : B4
- B12-0-P3** reconnaître l'importance de maintenir la biodiversité et le rôle que peuvent jouer les particuliers à cet égard;
RAG : B5
- B12-0-P4** reconnaître que les humains ont eu un impact et continuent d'avoir un impact sur l'environnement;
RAG : B1, B2
- B12-0-P5** reconnaître que les progrès technologiques peuvent mener à des dilemmes d'ordre éthique qui compliquent la prise de décisions personnelles et sociétales;
RAG : B1, B2



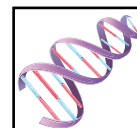
RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Étude scientifique

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

Prise de décisions

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



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

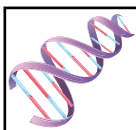
- B12-0-D5** recommander une ligne de conduite reliée à un enjeu;
RAG : C4, C5, C8
- B12-0-D6** évaluer le processus utilisé par soi-même ou d'autres pour parvenir à une décision;
RAG : C4, C5

Recherche et communication

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

Travail en groupe

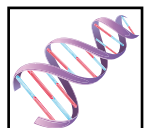
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G2** susciter et clarifier des questions, des idées et des points de vue divers lors d'une discussion, et y réagir;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G3** évaluer les processus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



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Nature de la science

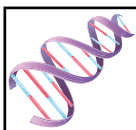
- B12-0-N1** décrire le rôle des données dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles données sont présentées;
RAG : A2
- B12-0-N2** reconnaître que de nombreux facteurs influent sur l'élaboration et l'acceptation de preuves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



Bloc A : La découverte de l'ADN

L'élève sera apte à :

- B12-2-01** décrire les principes de l'hérédité de Mendel en soulignant leur importance dans la compréhension de l'hérédité, entre autres, les principes de ségrégation, de dominance et d'assortiment indépendant;
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie, *par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;*
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie, *par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;*
RAG : D1
- B12-0-P1** évaluer la pertinence, la fiabilité et l'exactitude des données et des méthodes de collecte de données, entre autres des écarts entre les données, les sources d'erreur;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-S2** analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** décrire le rôle des preuves dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles preuves sont présentées;
RAG : A2
- B12-0-R3** citer ou noter des références bibliographiques selon les pratiques acceptées;
RAG : C2, C6



- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-N1** décrire le rôle des données dans l'acquisition des connaissances scientifiques ainsi que la manière dont les connaissances évoluent lorsque de nouvelles données sont présentées;
RAG : A2
- B12-0-N2** reconnaître que de nombreux facteurs influent sur l'élaboration et l'acceptation de preuves scientifiques, de théories ou de technologies,
par exemple le contexte culturel et historique, la politique, l'économie, la personnalité.
RAG : A2, B2

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Poser la question suivante aux élèves :

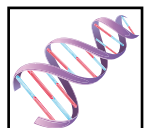
- *On voit souvent des diagrammes et modèles de l'ADN dans les médias électroniques et imprimés. Selon vous, comment les chercheurs ont-ils fait pour déterminer la structure de l'ADN?*

Le cheminement historique ayant mené à la connaissance de la structure et de la fonction de l'ADN représente un excellent exemple du fonctionnement de la science. Le défi des enseignants consiste à communiquer aux élèves l'enthousiasme que soulèvent les percées scientifiques et à les aider à comprendre la nature de la science.

En quête

Recherche – la molécule de l'ADN (R1, R2, R3, R4, N1, N2)

Assigner à chaque élève ou groupe d'élèves un chercheur ou une équipe de chercheurs qui ont contribué à notre compréhension de la structure et de la fonction de la molécule d'ADN. Amener les élèves à préparer une présentation démontrant la contribution du scientifique ou de l'équipe de scientifiques qu'ils doivent étudier. Cette présentation peut prendre des formes variées et les élèves devraient avoir la liberté de choisir la forme qu'ils préfèrent pour partager leur compréhension. Par exemple, ils pourraient faire une saynète, une présentation multimédia, une présentation orale ou une représentation visuelle.



Élaborer des critères d'évaluation de concert avec les élèves (voir @ l'annexe 3 du regroupement 1). S'assurer que les aspects du contenu et de la présentation sont inclus dans ces critères, comme les suivants :

- date des travaux ou de la publication;
- principale découverte du scientifique ou de l'équipe de scientifiques;
- données biographiques (p. ex., endroit où se sont déroulées les recherches, antécédents du chercheur);
- emploi d'une terminologie appropriée.



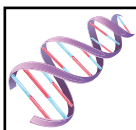
 **Stratégie d'évaluation suggérée :**
Évaluer le projet de recherche et la présentation en regard des critères établis avec les élèves.

Schéma conceptuel - la découverte de l'ADN (C1)

Proposer aux élèves de créer un schéma conceptuel séquentiel (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.14 et 11.15) résumant l'information sur la découverte de l'ADN (voir *Biologie 12*, p. 218-227, *Biologie 12 STSE*, p. 204-211, ou *Biologie 11-12*, p. 624-628). Leur indiquer que l'organigramme devrait démontrer que les idées et techniques élaborées par les chercheurs des époques antérieures ont servi de tremplin et d'outils pour l'avancement de nos connaissances sur l'ADN.

 **Stratégie d'évaluation suggérée :**
Évaluer la compréhension de l'élève des principales contributions et percées scientifiques qui ont abouti à la compréhension de la structure et de la fonction de la molécule d'ADN. Les schémas conceptuels peuvent aussi être évalués par les pairs.


- Friedrich Miescher : isole les acides nucléiques du noyau de leucocytes (globules blancs).
- Phoebus Levene : démontre que l'ADN et l'ARN sont des acides nucléiques distincts mais composés de longues chaînes de nucléotides.
- Walter Sutton et Theodor Boveri : émettent l'hypothèse selon laquelle le matériel génétique de la cellule serait porté par les chromosomes (théorie chromosomique de l'hérédité).
- T. H. Morgan et coll. : démontrent que les gènes sont dispersés en séries linéaires sur les chromosomes.
- Fred Griffith : par ses expériences, découvre que le matériel génétique est probablement formé d'ADN.
- Oswald Avery et coll. : leurs expériences semblent aussi indiquer que l'ADN est probablement ce qui forme le matériel génétique.
- Alfred Hershey et Martha Chase : démontrent clairement que l'ADN est bien le support du matériel génétique de la cellule.
- Edwin Chargaff : le nombre de bases d'adénine égale toujours le nombre de bases de thymine, et le nombre de cytosines égale toujours le nombre de guanines.
- Rosalind Franklin et Maurice Wilkins : découvrent la structure hélicoïdale de l'ADN au moyen de la cristallographie par diffraction des rayons X.
- James Watson et Francis Crick : proposent le modèle de la double hélice de la structure de l'ADN.



Activité de laboratoire – l'extraction de l'ADN (P1, S2)

On peut facilement trouver des expériences de laboratoire permettant d'extraire l'ADN en consultant des manuels scolaires, des guides de laboratoire et Internet (voir *Biologie 11*, p. 192-193, *Biologie 11-12*, p. 623, ou *Biologie 12 STSE*, p. 230-231). Ce sont des techniques relativement simples d'exécution, qui utilisent des matières peu coûteuses (p. ex., savon à vaisselle, NaCl, éthanol et tissus végétaux ou animaux) et des fournitures simples (p. ex., béchers, éprouvettes, pilon et mortier).

La technique d'extraction utilisée ressemble en fait à celle que Friedrich Miescher a mise au point en 1869, mais de nos jours, les élèves ont accès à des méthodes de réfrigération modernes permettant de garder la glace et l'éthanol au froid. L'ADN extrait forme de longues chaînes que l'on peut enrouler autour d'une tige de verre ou d'une baguette. Cependant, il est impossible de voir la structure en double hélice à l'œil nu.


 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer les habiletés de laboratoire des élèves à l'aide des  annexes 5 et 6 du regroupement 1.

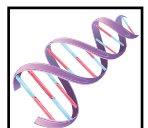
En fin

Réflexion sur la nature de la science (C2, N1, N2)

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

- *Les historiens discutent de la mesure dans laquelle certains personnages clés ont contribué à changer le cours de l'histoire. Pensez vous que les chercheurs ou équipes de chercheurs que vous avez étudiés dans cette section ont fait avancer nos connaissances? Expliquez votre réponse.*

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer la compréhension des élèves concernant la nature de la science.



Bloc B : La structure de l'ADN

L'élève sera apte à :

- B12-2-02** décrire la structure d'un nucléotide d'ADN, entre autres le sucre désoxyribose, le groupement phosphate, les bases azotées;
RAG : D1, D3
- B12-2-03** décrire la structure d'une molécule d'ADN, entre autres la double hélice, les nucléotides, l'appariement des bases complémentaires, le gène;
RAG : D1, D3
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie, *par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels*;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie, *par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs*;
RAG : D1
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe.
RAG : C2, C4, C7

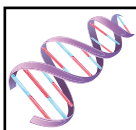
Les élèves ont vu les termes ADN, chromosomes et gènes en 9^e année. Ils n'ont pas étudié la structure de l'ADN à l'école, mais ils peuvent en avoir appris sur le sujet dans les médias.

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Remue-méninges

Écrire les lettres ADN au tableau ou sur une grande feuille de papier. Demander aux élèves ce qui leur vient à l'esprit quand ils voient ces lettres. Inviter les élèves à exprimer à voix haute leurs réponses. Accepter toutes les réponses et les inscrire sur le tableau ou la feuille de papier, en les regroupant par catégories.



Exemples :

- nucléotide, ACGT (adénine, cytosine, guanine, thymine), double hélice = structure
- identification par le code génétique, émissions de télé sur des enquêtes criminelles = usage médico-légal
- aliments génétiquement modifiés, OGM, ADN recombinant = technologie génétique

En quête

Enseignement direct - la structure de l'ADN (C1)

Utiliser des diagrammes, vidéos, modèles et animations sur ordinateur pour illustrer et décrire la structure des nucléotides et de l'ADN (voir *Biologie 11*, p. 187-189, *Biologie 12*, p. 225-227, *Biologie 12 STSE*, p. 213, ou *Biologie 11-12*, p. 626-628). Discuter avec les élèves de la structure des nucléotides, composés d'un sucre à 5 carbones (désoxyribose), d'un groupement phosphate et d'une base azotée. Comme il existe quatre bases azotées différentes (adénine, guanine, thymine et cytosine), il y a quatre nucléotides possibles.

L'utilisation de la technique de prise de notes 10 + 2 peut aider les élèves à développer leur compréhension. L'enseignant présente de l'information pour dix minutes et l'élève résume l'information ou discute l'information avec un partenaire pour 2 minutes (Keeley, 2008, p. 188-189). Circuler et écouter les conversations des élèves pour déterminer leur niveau de compréhension.

Vidéo :

- L'ADN : la molécule de l'hérédité. [film de TFO accessible à partir du site Web de la DREF
<https://dref.mb.ca/>

Animations :

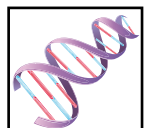
- L'ADN. <http://www.cea.fr/multimedia/Pages/animations/sante-sciences-du-vivant/ADN.aspx>
- Du chromosome à l'ADN. <http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0023-2>

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Demander aux élèves de préparer un cadre de concept ou un cadre sommaire de concept des éléments suivants : nucléotide d'ADN et molécule d'ADN (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.23-11.26, p. 11.36, p. 11.37).

Une molécule d'ADN est formée d'éléments appelés nucléotides. Chaque nucléotide d'ADN se compose d'un sucre à 5 carbones (désoxyribose), d'un groupement phosphate et d'une des quatre bases azotées possibles (adénine, thymine, guanine, cytosine). Les nucléotides sont reliés entre eux pour former des chaînes qui peuvent varier en longueur et dans la séquence des bases azotées. C'est la séquence des bases azotées qui contient le code génétique de l'ADN.

Activité - l'élaboration d'un modèle de l'ADN (C2, G1)

Il est assez facile de trouver des activités simples à exécuter pour l'élaboration du modèle de l'ADN dans des manuels, des guides de laboratoire et sur Internet (voir *Biologie 12 STSE*, p. 213, *Biologie 12*, p. 238-239, *Biologie 11-12*, p. 634, ou *Biologie 11 STSE*, p. 168).



Demander aux élèves de construire des modèles d'ADN en utilisant, par exemple, le matériel suivant : papier pour découper des nucléotides, glaise, trombones, billes, cure-pipes, etc.

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer les modèles des élèves; vérifier si les bases sont bien jumelées. S'assurer de pouvoir détacher facilement les paires de bases car les modèles pourront servir ultérieurement à simuler la réplication de l'ADN et la transcription en ARN.

En fin

Analogie (C2, R4)

En examinant la structure de la molécule d'ADN, utiliser l'analogie d'une échelle en spirale. Les montants de l'échelle correspondent au « squelette » de la molécule, formé de sucres et de phosphates, tandis que les barreaux de l'échelle représentent les paires de bases azotées. Les montants d'une échelle sont solides et confèrent une stabilité à la structure. Dans l'ADN, ces « montants » sont retenus solidement ensemble grâce à des liaisons covalentes, tandis que chaque « barreau » est lié à l'autre par une liaison hydrogène (ou pont hydrogène) plus faible. Tout comme l'échelle, l'ADN comporte deux moitiés complémentaires.

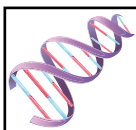
Pour que l'échelle puisse supporter le poids d'un grimpeur, les barreaux de l'échelle doivent tous être de la même longueur. C'est pourquoi la thymine ne peut se lier qu'à l'adénine, et la cytosine ne s'associe qu'à la guanine. Si un lien se formait entre la cytosine et la thymine, le barreau serait trop court. Et l'appariement de guanine avec l'adénine donnerait un barreau trop long. La double hélice de la molécule d'ADN est le résultat de l'enroulement de l'échelle en tire-bouchon (spirale).

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Demander aux élèves de réagir à l'énoncé suivant dans leur journal de sciences :

Les analogies peuvent aider à apprendre de nouveaux concepts, mais elles ne sont pas des représentations parfaites de ces concepts. Discuter des forces et des faiblesses de l'analogie de l'échelle pour la description de la structure de l'ADN.

Évaluer l'exactitude et la logique des réponses des élèves. Voici des exemples de points forts et faibles de l'analogie :

Points forts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> • La forme en double hélice est bien représentée. • L'emplacement de squelette sucre-phosphate est exact. • L'emplacement des nucléotides est exact. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les nucléotides distincts (A, T, C, et G) ne sont pas représentés • L'analogie ne montre pas les molécules distinctes de sucre et de phosphate. • Les paires de bases (A-T, C-G) ne sont pas représentées.



Bloc C : La réplication de l'ADN

L'élève sera apte à :

- B12-2-04** décrire le processus de la réplication de l'ADN
entre autres la matrice, la réplication semi-conservatrice, le rôle des enzymes;
RAG : D1, D3
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une
compréhension de concepts en biologie,
*par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des
schémas conceptuels;*
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
*par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à
une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités,
appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer
des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;*
RAG : D1
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les
objectifs d'un groupe.
RAG : C2, C4, C7

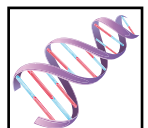
Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Question d'introduction

Poser la question suivante aux élèves, les inviter à en discuter et à noter leurs réponses dans leur carnet scientifique :

- *Quand Watson et Crick ont élaboré leur modèle de la structure de l'ADN, ils ont immédiatement reconnu que la nature complémentaire des deux branches de l'hélice pouvait fournir un mécanisme permettant la réplication exacte de l'ADN. D'après ce que vous savez de la structure de l'ADN, pouvez-vous proposer un mécanisme permettant de copier exactement l'ADN?*



En quête

Enseignement direct – la réplication de l'ADN (C1)

Utiliser des diagrammes, des vidéos, des modèles ou des animations informatiques pour illustrer et décrire la réplication semi-conservatrice de l'ADN (voir *Biologie 11*, p. 199-201, *Biologie 12*, p. 232-239, *Biologie 11-12*, p. 630-633, ou *Biologie 12 STSE*, p. 219-227. Discuter de l'exactitude du processus de réplication (ou copie) en soulignant le fait qu'un côté de la molécule agit comme modèle pour la formation de l'autre. Ce processus est dit semi-conservateur parce que chaque nouvelle molécule d'ADN formée porte la moitié de la molécule originale.

Décrire le rôle joué par les enzymes dans le processus de réplication. Les brins d'ADN se séparent sous l'action d'un enzyme, et les bases se dissocient. Un deuxième enzyme reconnaît les bases désappariées et les associe à des nucléotides complémentaires libres. L'enzyme lie ensuite les sucres et les phosphates ensemble pour former le squelette du nouveau brin. D'autres enzymes « vérifient » les nouveaux brins pour s'assurer qu'il n'y a pas d'erreur et les corrigent au besoin.

Insister sur le fait que les deux nouvelles molécules d'ADN formées par réplication doivent être identiques à la molécule originale, et que c'est l'exactitude du processus de réplication qui maintient l'intégrité du code génétique d'une génération de cellules à la suivante, d'un parent à ses enfants.

La réplication de l'ADN est assez rapide, jusqu'à 4 000 nucléotides pouvant être « copiés » par seconde, ce qui explique pourquoi des bactéries peuvent se reproduire en vingt minutes, dans des conditions idéales.

Animation :

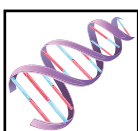
- L'ADN. <http://www.cea.fr/multimedia/Pages/animations/sante-sciences-du-vivant/ADN.aspx>

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à compléter un cadre sommaire de concept (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.23-11.25).

Simulation – la réplication de l'ADN (C2, G1)

Inviter les élèves à simuler le processus de réplication de l'ADN à l'aide des modèles d'ADN construits précédemment (voir *Biologie 12*, p. 238-239, *Biologie 11-12*, p. 634, ou *Biologie 12 STSE*, p. 225). Préciser qu'ils devraient obtenir deux nouveaux modèles d'ADN, chacun renfermant un brin de l'ADN original et un nouveau brin.

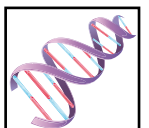
📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Proposer aux élèves de présenter le processus de réplication à l'aide de leur modèle. Cette présentation peut être faite à l'enseignant ou à d'autres groupes d'élèves. Évaluer la logique et l'exactitude de l'explication.



En fin

Amener les élèves à répondre aux questions ci-dessous dans leur carnet scientifique :

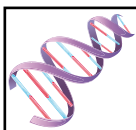
- *En quoi la structure de l'ADN favorise-t-elle la réplication?*
- *Pourquoi est-ce si important que les cellules formées par réplication soient parfaitement identiques à la cellule originale?*



Bloc D : La synthèse des protéines

L'élève sera apte à :

- B12-2-05** comparer l'ADN et l'ARN en ce qui concerne leur structure, leur rôle et leur emplacement dans la cellule;
RAG : D1, D3
- B12-2-06** souligner les étapes de la synthèse des protéines,
entre autres l'ARN messager, le codon, l'acide aminé, la transcription, l'ARN de transfert, l'anticodon, le ribosome, la traduction;
RAG : D1, D3
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe.
RAG : C2, C4, C7



Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Placer les élèves en petits groupes. Demander aux élèves de se rappeler de l'emplacement et de la fonction des parties suivantes de la cellule : noyau, membrane nucléaire, cytoplasme, ribosomes.

Poser la question suivante aux élèves :

- *Si le code génétique des protéines est contenu dans l'ADN du noyau de la cellule et si les ribosomes servant à la synthèse des protéines sont situés dans le cytoplasme, comment les protéines peuvent-elles être formées?*

En 8^e année, les élèves ont appris les principales structures des cellules végétales et animales, et leurs fonctions. Le rôle des protéines dans l'organisme est discuté en Biologie, 11^e année.

En quête

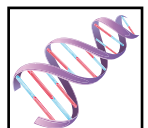
Enseignement direct – la synthèse des protéines (C1)

Utiliser des diagrammes, des vidéos, des modèles ou des animations informatiques pour illustrer et décrire les processus régissant la transcription et la traduction de l'information génétique (voir *Biologie 12 STSE*, p. 251-261, *Biologie 11-12*, p. 636-642, ou *Biologie 12*, p. 252-271).

En général, les élèves peuvent comprendre les processus de réplication et de transcription de l'ADN, mais le concept de traduction peut être difficile à saisir. Employer une variété de stratégies d'enseignement pour les aider à mieux comprendre en quoi consiste la synthèse des protéines.

Animations :

- L'ADN, l'ARN, les protéines...c'est quoi au juste?
<http://www.musee-afrappier.qc.ca/fr/index.php?pageid=3115a&image=3115a-adn>
- La synthèse des protéines – la transcription.
<http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0025-2>
- La synthèse des protéines – la traduction.
<http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0026-2>
- La transcription : de l'ADN à l'ARN.
<http://planet-vie.ens.fr/article/1351/transcription-animation-adn-arn>
- Synthèse des protéines. (animation eduMedia accessible à partir du site de la DREF,
<http://www.dref.mb.ca>)
- Transcription. (animation eduMedia accessible à partir du site de la DREF,
<http://www.dref.mb.ca>)
- Traduction. (animation eduMedia accessible à partir du site de la DREF,
<http://www.dref.mb.ca>)
- Traduction #2. (animation eduMedia accessible à partir du site de la DREF,
<http://www.dref.mb.ca>)



- 📌 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à utiliser les renseignements reçus à l'étape de l'enseignement direct ou dans des documents pour créer un schéma conceptuel (organigramme) afin d'illustrer le processus de la synthèse des protéines. Préciser que ce schéma conceptuel peut servir pour l'évaluation formative afin de déterminer le niveau de compréhension des élèves. Au besoin, réviser ou réexpliquer la matière.

Cadre de comparaison (C2)

Inviter les élèves à préparer un cadre de comparaison faisant la distinction entre l'ADN et l'ARN, ou entre la transcription et la traduction (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.15-10.17).

- 📌 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Revoir les cadres afin de vérifier la compréhension des élèves, et, au besoin, réviser la matière ou la revoir en profondeur.

Simulation - la transcription de l'ARN (C2, G1)

Inviter les élèves à simuler le processus de transcription d'un brin d'ARNm à l'aide des modèles d'ADN construits précédemment (voir *Biologie 12 STSE*, p. 254, *Biologie 12*, p. 266-267, ou *Biologie 11-12*, p. 641).

- 📌 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Proposer aux élèves de présenter le processus de transcription à l'aide de leur modèle. Cette présentation peut être faite à l'enseignant ou à d'autres groupes d'élèves. Évaluer la logique et l'exactitude de l'explication.

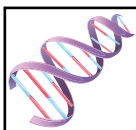
L'ARN diffère de l'ADN sous les aspects suivants :

- l'ARN renferme la base azotée uracile au lieu de la thymine;
- l'ARN contient un ribose au lieu d'un désoxyribose;
- l'ARN est à simple brin;
- l'ARN transporte l'information génétique à partir de l'ADN du noyau jusqu'aux ribosomes dans le cytoplasme;
- l'ARN se présente sous trois formes : ARN messager (ARNm), ARN de transfert (ARNt), et ARN ribosomique (ARNr), qui participent toutes à la traduction de l'information génétique en une séquence d'acides aminés formant les protéines.

Activité - la traduction du code génétique (C2)

Proposer aux élèves de compléter le tableau suivant à l'aide du code génétique de l'ARNm.

complément d'ADN	modèle d'ADN	codon d'ARNm	anticodon d'ARNt	Acide aminé
			GCC	
GTA				
		AAC		
				tryptophane
	AGC			



📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Évaluer les réponses des élèves (voir le tableau ci-dessous) pour déterminer leur niveau de compréhension et, au besoin, réviser la matière ou la revoir en profondeur.

complément d'ADN	modèle d'ADN	codon d'ARNm	anticodon d'ARNt	Acide aminé
CGC	GCG	CGC	GCG	arginine
GTA	CAT	GUA	CAU	valine
AAC	TIG	AAC	UUG	asparagine
TGG	ACC	UGG	ACC	tryptophane
TCG	AGC	UCG	AGC	sérine

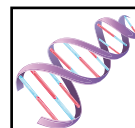
En fin

Analogie (C2, R4)

Avec l'aide de quelques élèves, simuler une chaîne de montage pour la fabrication d'un « machin » quelconque, et faire le lien avec le processus de transcription et de traduction de l'ADN.

- Le grand patron (ADN) a les plans pour ce « machin ».
- Le superviseur (ARNm) fait une copie du plan et apporte la copie à la chaîne de montage dans l'atelier.
- Les coureurs (ARNt) apportent le matériel nécessaire (acides aminés) de l'entrepôt à la chaîne de montage.
- Les monteurs (ribosomes) attachent les pièces les unes aux autres pour former le « machin » (protéines).

Inviter les élèves à discuter des forces et des faiblesses de l'analogie pour décrire la synthèse des protéines.



Bloc E : Les mutations

L'élève sera apte à :

B12-2-07 faire le lien entre une mutation génique et les conséquences possibles sur la protéine codée,

par exemple la mutation ponctuelle dans l'anémie falciforme, la mutation par décalage du cadre de lecture dans la beta-thalassémie;

RAG : D1, D3

B12-2-08 discuter des répercussions de la mutation génique sur la variation génétique, entre autres la source de nouveaux allèles;

RAG : D1, E1, E3

B12-0-C1 utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,

par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;

RAG : D1

B12-0-S3 enregistrer, organiser et présenter des données au moyen d'un format approprié;

RAG; C2, C5

B12-0-S5 analyser des données ou des observations afin d'expliquer les résultats et d'en déterminer la portée;

RAG : C2, C4, C5, C8

B12-0-R4 communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte.

RAG : C5, C6

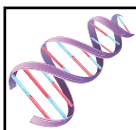
Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Poser les questions suivantes aux élèves :

- *Qu'est-ce qui vous vient à l'esprit quand vous entendez le mot « mutation ».*
- *Une mutation pourrait-elle avoir un effet positif? Pourquoi ou pourquoi pas?*

En 9^e année, les élèves ont étudié et décrit les facteurs environnementaux et les choix personnels pouvant mener à des mutations génétiques. Voir ☺ l'annexe 1 pour des renseignements pour l'enseignant sur les mutations.






Accepter toutes les réponses. Noter que la plupart, quand ce n'est pas la totalité, des réponses ont une connotation négative.

En quête

Examiner des cellules sanguines – travail au microscope (S3, R4)

Proposer aux élèves d'examiner des lames préparées de globules rouges normaux et de globules rouges avec anémie falciforme. Les inviter à dessiner les globules rouges.

Stratégies d'évaluation suggérées :

Voir  l'annexe 2 pour évaluer les dessins biologiques et  l'annexe 3 pour évaluer le travail au microscope.  L'annexe 4 présente une approche pour la création de diagrammes biologiques.

Qu'est-il arrivé à l'acide aminé? (C1, S5)

Fournir aux élèves la séquence suivante de 15 nucléotides d'un modèle d'ADN :

TAC GCA TGG AAT TAT

Inviter les élèves à :

- 1) déterminer les codons d'ARNm pour l'ADN (AUG CGU ACC UUA AUA);
- 2) déterminer la séquence des acides aminés (*MET-ARG-THR-LEU-ISO*).

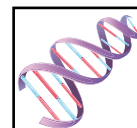
Ensuite, proposer aux élèves de :

- 1) changer un nucléotide à la fois de l'ADN, au hasard (c.-à-d. simuler une mutation ponctuelle);
- 2) déterminer son effet sur la séquence de l'acide aminé.

Comparer les séquences d'acides aminés résultantes de tous les élèves. Noter que ce ne sont pas toutes les mutations ponctuelles qui entraînent des modifications de séquence des acides aminés; ce sont des mutations neutres, qui sont dues aux redondances dans le code, c'est-à-dire qu'un seul acide aminé peut être codé par plusieurs codons. Par exemple, quatre codons différents peuvent porter le code de la glycine.

Être conscient de la possibilité qu'un élève de la classe soit atteint d'une condition comme l'anémie falciforme (drépanocytose) ou la thalassémie, ou qu'il ait un membre de sa famille, un voisin ou un ami dans cette situation.

Rappeler aux élèves que seules les mutations se produisant dans les cellules sexuelles (gamètes) peuvent être transmises à la génération suivante. Les mutations dans des cellules somatiques ne peuvent pas être transmises aux descendants.



Demander aux élèves :

- 1) d'ajouter ou d'enlever un nucléotide d'ADN à la séquence d'ADN originale, au hasard (c.-à-d. simuler une mutation par décalage du cadre de lecture);
- 2) de déterminer l'effet de cette modification sur la séquence d'acides aminés.

Comparer toutes les séquences d'acides aminés résultantes de la classe. Noter le changement important survenu dans la séquence des acides aminés causée par l'insertion ou la suppression d'un nucléotide. Cette modification peut entraîner des conséquences désastreuses sur la fonction de la protéine et pour l'organisme touché.

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

- Décrivez la différence entre une mutation ponctuelle et une mutation par décalage du cadre de lecture.
- Laquelle risque d'avoir le plus d'impact sur l'organisme?

Évaluer l'exactitude et la logique des réponses des élèves.

Enseignement direct - les mutations (C1)

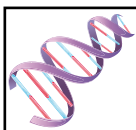
Utiliser des diagrammes, des vidéos, des modèles ou des animations informatiques pour illustrer et décrire les mutations génétiques.

Utiliser les exemples de l'anémie falciforme et de la thalassémie pour démontrer comment des modifications se produisant au hasard dans les nucléotides de l'ADN aboutissent souvent à des protéines altérées qui fonctionnent moins bien (voir ¶ l'annexe 5, *Biologie 12*, p. 286-288, *Biologie 12 STSE*, p. 262-263, ou *Biologie 11-12*, p. 643-647 pour des informations sur les mutations ponctuelles et les mutations par décalage du cadre de lecture). Au cours de la discussion, souligner comment les individus hétérozygotes pour une maladie ou l'autre ont un avantage sur les individus homozygotes qui possèdent des gènes dominants et récessifs dans leur résistance à la malaria (avantage hétérozygote).

📎 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Inviter les élèves à consolider leur compréhension des termes suivants au moyen du procédé tripartite : mutation ponctuelle, mutation par décalage du cadre de lecture et avantage hétérozygote (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.9 et 10.10).

En fin

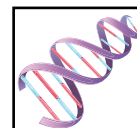
Inviter les élèves à revoir leurs réponses aux questions de la section « En tête ». Est-ce que leurs idées sur la mutation ont changé? Pourquoi ou pourquoi pas?



Bloc F : La biotechnologie et les ressources biologiques

L'élève sera apte à :

- B12-2-09** étudier un enjeu lié à l'application de la technologie génétique aux ressources biologiques, entre autres la compréhension de la technologie et des processus en cause, les répercussions d'ordre économique, diverses perspectives, les répercussions sur les particuliers, la société et le monde entier;
RAG : A3, A5, B1, B2, C4, C5
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-P2** manifester un intérêt soutenu et éclairé à l'égard de la biologie et des questions et carrières liées à ce domaine;
RAG : B4
- B12-0-P5** reconnaître que les progrès technologiques peuvent mener à des dilemmes d'ordre éthique qui compliquent la prise de décisions personnelles et sociétales;
RAG : B1, B2
- B12-0-D1** identifier et explorer un enjeu courant,
par exemple clarifier ce qu'est l'enjeu, identifier différents points de vue ou intervenants, faire une recherche sur l'information/les données existantes;
RAG : C4, C8
- B12-0-D2** évaluer les implications d'options possibles ou de positions possibles reliées à un enjeu,
par exemple les conséquences positives et négatives d'une décision, les forces et faiblesses d'une position, les dilemmes moraux;
RAG : C2, C4, C7



- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements, par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence, l'objectivité, les préjugés;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R3** citer ou noter des références bibliographiques selon les pratiques acceptées;
RAG : C2, C6
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe;
RAG : C2, C4, C7
- B12-0-G3** évaluer les processus individuels et collectifs employés.
RAG : C2, C4, C7

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

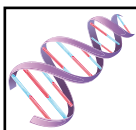
Inviter les élèves à écrire le mot « biotechnologie » sur une feuille de papier, puis à noter tous les mots, faits, idées, définitions, concepts ou expériences qui leurs viennent à l'esprit.

En quête

Recherche - manchettes sur la bioéthique (D1, R1)

Présenter aux élèves une manchette et un article portant sur la bioéthique. Amorcer un remue-méninges sur des sujets possibles avec les élèves, puis leur demander de trouver un article de journal ou de magazine sur l'application de la technologie génétique dans les ressources biologiques. En voici des exemples.

En 9^e année, les élèves ont étudié les contributions de scientifiques du Canada et d'ailleurs à la recherche et aux progrès technologiques dans le domaine de la génétique. Les élèves ont également discuté d'applications et de répercussions actuelles et potentielles des biotechnologies, notamment de leurs effets sur la prise de décisions à l'échelle individuelle et gouvernementale, et ils ont utilisé le processus de prise de décisions pour examiner une question d'actualité touchant la biotechnologie, par exemple le génie génétique, le clonage, le projet du génome humain ou le dépistage génétique.



Bioressource	Enjeu
<ul style="list-style-type: none"> • production d'aliments • agriculture ou horticulture • microbiologie • animaux • animaux ou plantes • animaux ou plantes 	<ul style="list-style-type: none"> • usage d'organismes génétiquement modifiés (OGM) • brevetage d'organismes transgéniques (p. ex., graines) • production de médicaments ou vaccins à partir d'OGM (p. ex., insuline pour le diabète) • Clonage d'animaux, y compris d'animaux familiers • Re-création d'espèces disparues (p. ex., le mammouth) • Préservation d'espèces, stockage d'ADN (p. ex., banque mondiale de graines en Norvège)

Afficher les manchettes au tableau de la classe et utiliser les articles correspondants comme introduction à la présentation plus tard dans ce regroupement.

 **Stratégies d'évaluation suggérées :**

Demander aux élèves de lire l'article qui accompagnait leur manchette et de réfléchir sur les questions suivantes :

- *De quel procédé ou technologie est-il question?*
- *Quel est l'enjeu discuté dans l'article?*
- *Quelles sont les perspectives présentées?*
- *Quelles en sont les répercussions (sur la société, le monde ou les particuliers)?*
- *S'il y a des illustrations/photos, quel message véhiculent-elles?*


Les recherches en cours dans le domaine de la technologie génétique présentent à la fois de grandes promesses et une menace possible pour l'avenir. Notre base de connaissances et ses applications technologiques progressent et se métamorphosent à un rythme accéléré, tandis que de nombreux enjeux d'ordre éthique et pratique entourant l'utilisation de la technologie génétique suscitent de vifs débats.

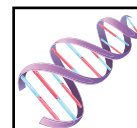
Les élèves pourraient aussi identifier les mots clés dans leur article et en faire une liste.

Proposer aux élèves de lire l'article qui accompagnait leur manchette et de compléter un cadre d'analyse d'articles de nature factuelle ou un cadre d'analyse d'articles qui prêtent à discussion (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.30-11.31).

Enseignement direct - le génie génétique (C1)

Utiliser des diagrammes, des vidéos, des modèles ou des animations informatiques pour illustrer et décrire les techniques d'ADN recombinant.

 **Stratégie d'évaluation suggérée :** Proposer aux élèves d'utiliser un cadre de notes pour organiser l'information (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.32).



Affiche - conception d'une plante transgénique en vue de la consommation humaine (C2, R4, G1, G3)

Proposer aux élèves de créer une affiche expliquant les étapes nécessaires pour créer une plante transgénique imaginaire (p. ex., des jalarachides – arachides avec l'ajout d'un gène de la capsicine pour les rendre épicées). ☹ L'annexe 6 présente des renseignements pour la conception de l'affiche.

☞ Stratégies d'évaluation suggérées :

Demander aux élèves d'évaluer leur travail de groupe à l'aide de ☹ l'annexe 21 du regroupement 1.

Évaluer les affiches à l'aide de ☹ l'annexe 7.

Recherche – les applications du génie génétique (P5, D1, D2, R1, R2, R3, R4)

Proposer aux élèves de mener une recherche sur une application du génie génétique liée aux ressources biologiques (voir ☹ l'annexe 8). Développer des critères avec les élèves, par exemple :

- une description de la technologie;
- un enjeu relié à cette technologie;
- différentes perspectives reliées à l'enjeu;
- des répercussions de l'usage de la technologie dans les bioressources.

☹ L'annexe 9 fournit un cadre pour appuyer la recherche. Des renseignements pour l'enseignant figurent à ☹ l'annexe 10.

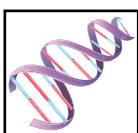
☞ **Stratégie d'évaluation suggérée :** Inviter les élèves à préparer des présentations orales accompagnées d'appuis visuels. Développer des critères pour ces présentations avec les élèves. Les critères devraient porter aussi bien sur le contenu que sur les éléments de la présentation.

En fin

Visite d'un laboratoire ou conférencier invité (P2)

Proposer aux élèves de visiter un laboratoire utilisant la technologie génétique, ou inviter un technologiste d'un laboratoire de génétique à venir leur parler. Inviter les élèves à préparer des questions avant la visite. Exemples de questions :

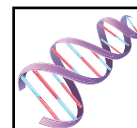
- *Qui sont vos clients? (S'il y a lieu)*
- *Quelles sont les études et l'expérience nécessaires pour travailler en technologie génétique?*
- *Quelles sont les méthodes utilisées en technologie génétique?*
- *Quelle proportion de votre travail génère des revenus (recherche appliquée)? Quelle proportion constitue de la recherche pure (fondamentale)?*
- *Votre travail rend-il service au public?*



Bloc G : La biotechnologie chez les humains

L'élève sera apte à :

- B12-2-10** étudier un enjeu concernant l'application de la biotechnologie chez les humains, entre autres la compréhension de la technologie et des processus en cause, les répercussions d'ordre éthique et légal, diverses perspectives, les répercussions sur les particuliers, la société et le monde entier;
RAG : A3, A5, B1, B2, C4, C5
- B12-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en biologie,
par exemple utiliser des cadres de concepts, des cadres de tri et de prédiction, des schémas conceptuels;
RAG : D1
- B12-0-C2** montrer une compréhension approfondie de concepts en biologie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, faire des généralisations, comparer, identifier des régularités, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, tirer des conclusions, créer une analogie, faire des exposés créatifs;
RAG : D1
- B12-0-P2** manifester un intérêt soutenu et éclairé à l'égard de la biologie et des questions et carrières liées à ce domaine;
RAG : B4
- B12-0-P5** reconnaître que les progrès technologiques peuvent mener à des dilemmes d'ordre éthique qui compliquent la prise de décisions personnelles et sociétales;
RAG : B1, B2
- B12-0-D1** identifier et explorer un enjeu courant,
par exemple clarifier ce qu'est l'enjeu, identifier différents points de vue ou intervenants, faire une recherche sur l'information/les données existantes;
RAG : C4, C8
- B12-0-D2** évaluer les implications d'options possibles ou de positions possibles reliées à un enjeu,
par exemple les conséquences positives et négatives d'une décision, les forces et faiblesses d'une position, les dilemmes moraux;
RAG : B1, C4, C5, C6, C7



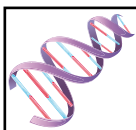
- B12-0-D3** reconnaître que les décisions peuvent refléter certaines valeurs, et tenir compte de ses propres valeurs et de celles des autres en prenant une décision;
RAG : C4, C5
- B12-0-D4** recommander une option ou identifier sa position en justifiant cette décision;
RAG : C4
- B12-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques, et humaines; différents types d'écrits;
RAG : C2, C4, C6
- B12-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements, *par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence, l'objectivité, les préjugés*;
RAG : C2, C4, C5, C8
- B12-0-R4** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objet et du contexte;
RAG : C5, C6
- B12-0-N2** reconnaître que de nombreux facteurs influent sur l'élaboration et l'acceptation de preuves scientifiques, de théories ou de technologies, *par exemple le contexte culturel et historique, la politique, l'économie, la personnalité*;
RAG : A2, B2
- B12-0-N3** reconnaître à la fois le pouvoir et les limites de la science comme moyen de répondre aux questions sur le monde et d'expliquer des phénomènes naturels.
RAG : A1

Stratégies d'enseignement suggérées

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

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

Bien des questions se posent au sujet des tests génétiques. Sont-ils accessibles également à tous les Manitobains, ou seulement à ceux qui ont les moyens de les payer, ou encore aux habitants des grandes villes? Doit-on faire subir des tests génétiques aux personnes afin de savoir si elles souffrent de troubles pour lesquels il n'existe aucun traitement (ex. : la maladie de Huntington)? Les tierces parties (les compagnies d'assurance, par exemple) ont-elles le droit de connaître les résultats des tests génétiques?



En tête

Jeu de rôle - enjeux liés à la biotechnologie

Le dévoilement du code génétique d'une personne pourrait avoir une grande incidence sur le coût de ses assurances. Les compagnies d'assurance fixent les primes en fonction d'une évaluation des risques, les personnes les plus susceptibles de développer des problèmes de santé devant défrayer davantage que celles qui sont considérées en bonne santé. Les actuaires calculent les statistiques pour déterminer la prime qui sera demandée à leurs clients. Avec les avancées technologiques actuelles en dépistage génétique, il y aurait des risques de discrimination envers ceux qui ont de « mauvais » gènes.

Il serait très possible que des personnes classées parmi les gens à haut risque se voient refuser des polices d'assurance. Cependant, les compagnies d'assurance fonctionnent comme des entreprises et défendent leurs propres intérêts, ceux de leurs actionnaires et ceux de leurs clients.

Diviser la classe en deux grands groupes et assigner à chaque groupe un rôle différent. Chaque groupe doit ensuite préparer une réponse au scénario.

Scénario 1 :

Vous êtes un individu qui a subi un test de dépistage génétique et qui veut contracter une police d'assurance. Les résultats montrent que vous courez de très grands risques de souffrir de cancer et d'hypertension (tension sanguine élevée). Mais pour l'instant, vous êtes en santé, vous ne fumez pas, vous surveillez votre alimentation et vous faites de l'exercice régulièrement. Expliquez pourquoi vous devriez avoir la possibilité de contracter une assurance vie à un coût raisonnable.

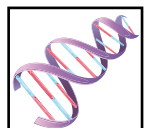
Scénario 2 :

Vous représentez une compagnie d'assurance, et une cliente potentielle s'adresse à votre compagnie pour contracter une assurance vie. Après examen de son dossier, y compris des résultats de son dépistage génétique, vous constatez qu'elle entre dans la catégorie à haut risque. Expliquez à cette cliente potentielle pourquoi vous devez fixer une prime beaucoup plus élevée que la moyenne pour son assurance.

Former des paires d'élèves, un ayant le scénario 1 et l'autre ayant le scénario 2. Les inviter à discuter et à tenter de négocier une entente. Une fois le jeu de rôle terminé, proposer aux élèves d'analyser le processus de négociation et de noter leurs réflexions dans leur carnet scientifique.

Les sujets de discussion peuvent comprendre les suivants :

- identification par le code génétique
- clonage d'humains
- thérapie génique
- recherche sur les cellules souches
- séquençage de l'ADN
- projet Génome humain
- usage de l'ADN dans les recherches sur l'évolution
- bébés « à la carte »
- dépistage ou criblage génétique



En quête

Enseignement direct – les applications de la biotechnologie chez les humains


Utiliser des diagrammes, des vidéos, des modèles ou des animations pour illustrer et décrire des applications de la biotechnologie chez les humains

Animations :

- Clonage d'un gène. (animation eduMedia accessible à partir du site de la DREF, <http://www.dref.mb.ca>)
- Clonage thérapeutique : comment procéder?
http://www.clonage.u-psud.fr/media/clonage_therapeutique.swf

Vidéos :

- Ligne de mire. La thérapie génique.
<https://www.youtube.com/watch?v=YAW7pjpBrnE#t=133>
- De l'ADN à la thérapie génique.
<http://videos.doctissimo.fr/sante/genetique/therapie-genique.html>
- La thérapie génique.
<http://www.dailymotion.com/video/xhrtyf>

 **Stratégie d'évaluation suggérée :** Les billets de sortie permettent de faire une évaluation rapide et d'obtenir de l'information sur ce que les élèves considèrent comme important dans une leçon en particulier. Le processus consiste simplement à poser une ou quelques questions à la fin de la leçon et d'accorder 5 minutes aux élèves pour inscrire leur réponse sur un billet de sortie (voir *L'enseignement de sciences de la nature au secondaire*, p. 13,9, 13,10 et 13,38).

Voici des suggestions de questions :

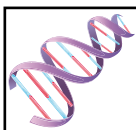
- *Décrivez les questions les plus importantes ayant été soulevées selon vous durant la leçon.*
- *Qu'avez-vous appris durant cette leçon?*
- *Avez-vous encore des questions par rapport à la leçon?*

Recherche et débat – le clonage humain (C2, P2, P5, D2, D4, R1)


Proposer aux élèves de faire une recherche et de participer à un débat sur la question suivante :

- *Est-ce qu'on devrait permettre le clonage humain?*

Pour aider les élèves à se préparer pour le débat, les inviter à créer une feuille de route *Faits et opinions* en divisant une feuille de papier en deux colonnes, une étant intitulée *faits* et l'autre *opinions*. En faisant leur recherche, les élèves peuvent noter des énoncés qui sont soit des faits ou des opinions. Si aucune opinion n'est présentée dans un article donné, l'élève peut ajouter ses propres opinions.





La stratégie de controverse créative (Johnson et Johnson, 1988) peut servir pour ce débat. Placer les élèves en groupes de 4, deux membres de chaque groupe étant responsables de rechercher et de présenter les arguments pour une position et les deux autres, responsables pour la position opposée. Les élèves peuvent consulter les membres des autres groupes qui ont la même position pour partager, évaluer les idées des autres et en intégrer dans leur présentation. Chaque paire présente ensuite sa position à l'autre paire dans leur groupe de 4. Lorsqu'une paire présente, les deux autres élèves prennent des notes et ensuite posent des questions et demandent des preuves à l'appui pour les allégations présentées. Les paires s'échangent ensuite leur position et doivent faire de la recherche pour d'autres preuves à l'appui qui pourraient améliorer les arguments de cette position. Une fois que chaque groupe de deux a pu examiner et rechercher la position opposée à celle initialement choisie, il présente cette nouvelle position à son groupe. Le groupe de quatre tente ensuite d'arriver à un consensus et présenter le résultat final au moyen d'une présentation à la classe.

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Recueillir la feuille de *Faits et opinions* afin de vérifier leur capacité d'évaluer et de synthétiser de l'information. Développer des critères pour les présentations avec les élèves. Les critères devraient porter aussi bien sur le contenu que sur les éléments de la présentation, par exemple :

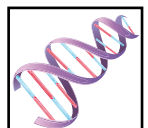
- Les allégations pour et contre la décision finale sont clairement présentées.
- Des preuves à l'appui sont utilisées pour appuyer les allégations et proviennent de sources multiples.
- La décision finale est justifiée en expliquant de quelle façon les preuves à l'appui sont importantes et pertinentes.
- Un langage scientifique approprié est utilisé dans la présentation.
- La structure de la présentation permet de bien comprendre l'enjeu et la décision prise par le groupe.

Étude de cas - choisir le bébé parfait (P5, D1, D2, D3, N3)

Cette étude de cas (voir  l'annexe 11) explore les enjeux éthiques de la manipulation génétique et des traitements de fertilité. Les élèves peuvent travailler en groupe pour discuter et répondre aux questions.

 **Stratégie d'évaluation suggérée** : Il y a des questions liées à cette étude de cas. On peut évaluer les connaissances de l'élève en se posant des questions, par exemple :

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



En fin

Microthème - Analyse de l'ADN (C2, R1, R2, R4, N2)

Présenter aux élèves l'exercice de l'annexe 15, microthème qui aborde la question de l'utilisation d'ADN dans les procès.

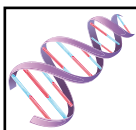
✎ **Stratégie d'évaluation suggérée** : se référer aux annexes 13 et 14 pour les outils d'évaluation.

Référence pour l'enseignant :

- La réflexion sur la condamnation d'innocents : l'affaire Guy Paul Morin.

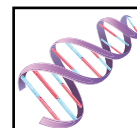
<https://ruor.uottawa.ca/bitstream/10393/8720/1/MQ58438.PDF>

Les microthèmes sont des travaux écrits conçus pour aider les élèves à connaître la matière en l'examinant sous un angle différent (Martin, 1989). Ils s'investissent davantage que par une simple lecture du document ou en mémorisant des notes. Les élèves doivent analyser un cas particulier relatif à la génétique et interpréter ce qui se passe. Par la suite, ils expriment leurs idées dans une courte rédaction. Leur texte doit être concis, détaillé et pertinent. Référez-vous au Guide de l'enseignant de l'annexe 12 pour des renseignements généraux.



LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Mutations – Renseignements pour l'enseignant	2.44
ANNEXE 2 : Grille d'évaluation – Le diagramme biologique.....	2.45
ANNEXE 3 : Grille d'observation – L'utilisation du microscope	2.46
ANNEXE 4 : Le diagramme biologique – Renseignements pour l'élève	2.50
ANNEXE 5 : Mutation ponctuelle et mutation par décalage du cadre de lecture.....	2.53
ANNEXE 6 : Conception d'une plante transgénique en vue de la consommation humaine.....	2.65
ANNEXE 7 : Liste de contrôle pour la création d'affiches	2.55
ANNEXE 8 : Présentation sur le génie génétique – Renseignements pour l'élève.....	2.56
ANNEXE 9 : Plan de la présentation sur le génie génétique	2.59
ANNEXE 10 : Présentation sur le génie génétique – Renseignements pour l'enseignant..	2.62
ANNEXE 11 : Étude de cas	2.63
ANNEXE 12 : Microthèmes – Renseignements pour l'enseignant	2.64
ANNEXE 13 : Microthèmes – Liste de contrôle de la 1 ^{re} épreuve	2.65
ANNEXE 14 : Microthèmes – Évaluation de l'épreuve finale	2.67
ANNEXE 15 : Microthème sur le génie génétique – Feuille de l'élève.....	2.68

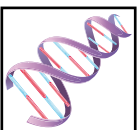


ANNEXE 1 : Mutations – Renseignements pour l'enseignant

La mutation est le seul mécanisme permettant l'introduction de nouveau matériel génétique dans le patrimoine héréditaire (ou fonds génique). Souvent, les mutations comportant la substitution entre bases sont neutres ou sans effet. Par exemple, la redondance dans le code génétique signifie qu'un seul acide aminé peut être codé par plusieurs codons. Ainsi, le changement d'une seule base n'entraînera peut-être pas de changement de l'acide aminé. En outre, la substitution d'un acide aminé pour un autre peut être sans effet sur la fonction d'une enzyme si le site actif de l'enzyme n'a pas changé.

En général, des changements aléatoires (dus au hasard) dans les nucléotides de l'ADN entraînent une altération des protéines, ce qui nuit à leur fonctionnement normal. Les molécules d'hémoglobine chez des personnes atteintes de formes sévères (homozygotes) d'anémie falciforme et de thalassémie ne peuvent pas transporter l'oxygène aussi bien que normalement. L'anémie falciforme est un exemple de mutation ponctuelle, soit la substitution d'un nucléotide par un autre dans l'ADN, si bien qu'un codon peut lancer le code d'un acide aminé différent. La beta-thalassémie est un exemple de mutation par décalage du cadre de lecture, impliquant la suppression ou l'ajout de nucléotides, si bien que tous les codons au-delà du point d'insertion ou de suppression sont mal « lus » au moment de la traduction. Voir l'annexe 5 : *Mutations ponctuelles et mutations par décalage du cadre de lecture*.

Toutefois, il arrive occasionnellement que la protéine altérée fonctionne mieux que normalement ou confère un avantage sélectif à celui qui le possède. C'est de cette façon qu'apparaissent de nouveaux allèles, qui contribuent à l'évolution des espèces. Dans le cas de l'anémie falciforme et de la thalassémie, les individus hétérozygotes pour cette condition ne présentent que des formes mineures de l'anémie, mais ils manifestent une résistance accrue à la malaria comparativement aux personnes homozygotes dont l'hémoglobine est normale. Voilà un exemple d'avantage pour les individus hétérozygotes ayant deux allèles semblables d'un gène et dont les chances de survie sont augmentées. C'est ce qu'on nomme *l'avantage hétérozygote*.

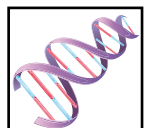


ANNEXE 2 : Grille d'évaluation – Le diagramme biologique

Nom de l'élève : _____

Date : _____

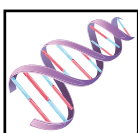
	Points possibles	Autoévaluation	Évaluation de l'enseignant
1. Outils - matériel (Quoi utiliser) : a) crayon bien taillé b) feuille de papier propre			
2. Contenu (Quoi dessiner) : a) ce qui a été observé seulement b) seulement ce qui est nécessaire			
3. Approche (Comment dessiner) : a) croquis centré b) croquis suffisamment grand pour faire voir les détails c) les proportions sont justes			
4. Profondeur visible (Illustrer la profondeur) : a) n'a pas ombragé b) a utilisé le pointillage pour faire voir la profondeur			
5. Étiquette (étiqueter le diagramme) : a) le titre comprend le nom de la lame, le grossissement total, la date d'observation, le diamètre du champ et la taille de l'objet b) aspects précis étiquetés sur le croquis c) les lignes pour l'étiquette sont tracées au moyen d'une règle et elles ne sont pas dépassées			
Totaux			



Annexe 3 : Grille d'observation – L'utilisation du microscope

Notes à l'enseignant : utiliser une feuille par élève pour toute la durée du cours. Cocher ou inscrire une date de référence dans la colonne appropriée pour indiquer si l'élève a satisfait ou n'a pas encore satisfait aux attentes. Quelques commentaires anecdotiques peuvent être ajoutés dans l'espace prévu à cette fin sous le tableau (s'assurer d'inscrire une date avec le commentaire).

Alors que ces compétences peuvent être évaluées par une tâche impliquant du papier et un crayon, cette approche ne fournira pas de rétroaction sur le **niveau de compétence** des élèves qui réalisent les tâches requises. Elle ne fournira de l'information que sur la **connaissance** de l'élève à propos des étapes et de la démarche. On devrait avoir recours aux tâches en cours d'exécution et à l'évaluation basée sur l'observation lorsque c'est possible.

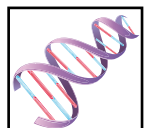


Annexe 3 : Grille d'observation – L'utilisation du microscope (suite)

Nom de l'élève : _____

Date d'évaluation : _____

Habilités	Attentes pas encore satisfaites	Attentes satisfaites
1. Microscope : habiletés générales a) manipule bien le microscope et en prend soin b) choisit le grossissement approprié pour voir l'objet, la cellule ou le tissu c) utilise seulement la focalisation fine avec puissance moyenne ou élevée d) regarde de côté lorsque l'objet est rapproché de la lentille e) utilise le diaphragme ou le miroir pour ajuster l'éclairage		
2. Utilise la bonne technique pour la mise au point de l'objet sous des grossissements variés (c.-à-d. parfocal) a) commence avec la puissance basse avec un réglage macrométrique b) centre l'objet c) règle la focalisation fine d) passe à la puissance moyenne ou élevée en utilisant uniquement la focalisation fine		
3. Préparation d'une lame de montage humide a) place le spécimen et la goutte d'eau sur la lame b) abaisse le couvre-objet à un angle de 45 degrés		
4. Coloration d'une lame de montage humide a) prépare une lame de montage humide b) place une goutte de colorant sur un côté du couvre-objet c) absorbe l'excédent avec du papier essuie-tout		
5. Utilisation de la technique de l'immersion dans l'huile (optionnel) a) bon réglage de la mise au point de la lame sur puissance élevée b) fait pivoter l'objectif sur le côté c) met une goutte d'huile sur la lame d) place l'objectif imbibé d'huile et fait la mise au point		
6. Habiletés techniques a) détermine le grossissement total b) détermine la taille de l'objet		
Commentaires (inclure la date) :		



Annexe 4 : Le diagramme biologique – Renseignements pour l'élève

Faire un diagramme biologique

1. Quoi utiliser

- Un crayon bien taillé
- Une feuille de papier propre et non lignée

2. Quoi dessiner

- Ne dessine que ce que tu vois
- Ne dessine que ce qui est nécessaire

3. Comment dessiner

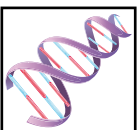
- Centre ton croquis
- Dessine un croquis suffisamment grand pour faire voir les détails clairement (grosseur d'une ½ page environ)
- Fais attention à la justesse des proportions

4. Illustrer la profondeur

- Ne fais pas d'ombrage
- Fais voir la profondeur en pointillant

5. Étiqueter le diagramme

- L'étiquette devrait mentionner le nom de la lame, le grossissement total, la date d'observation, le diamètre du champ et la dimension de l'objet
- L'étiquette devrait être écrite en lettres moulées, écrite horizontalement et placée à la droite du diagramme
- Utilise une règle pour tracer des lignes pour la légende et ne dépasse pas ces lignes



ANNEXE 5 : Mutations ponctuelles et mutations par décalage du cadre de lecture

Mutation ponctuelle : substitution d'un nucléotide d'ADN à un autre, de sorte qu'un codon peut commander un acide aminé différent.

Chaîne de beta-hémoglobine normale

ATC	GTG	CAC	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCT	GCC	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	AAC	GTG	GAT	GAA	GTT	GGT	...
Val	His	Leu	Thr	Pro	Gln	Glu	Lys	Ser	Ala	Thr	Ala	Leu	Trp	Gly	Lys	Val	Asn	Val	Asp	Gln	Val	Gly	...	

Chaîne de beta-hémoglobine dans l'anémie falciforme

ATC	GTG	CAC	CTG	ACT	CCT	GTG	GAG	AAG	TCT	GCC	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	AAC	GTG	GAT	GAA	GTT	GGT	...
Val	His	Leu	Thr	Pro	Val	Glu	Lys	Ser	Ala	Thr	Ala	Leu	Trp	Gly	Lys	Val	Asn	Val	Asp	Gln	Val	Gly	...	

↑

La substitution de l'adénine par la thymine entraîne le codage de la valine au lieu de la glutamine, ce qui fait que la chaîne de beta-hémoglobine se tord, produisant une hémoglobine anormale. Les globules rouges prennent la forme de faucille ou de croissant et leur capacité de transporter l'oxygène est diminuée.

Mutation par décalage du cadre de lecture : la suppression ou l'ajout de nucléotides fait que tous les codons situés après le point d'insertion ou de suppression sont lus de façon incorrecte au cours du processus de traduction.

Chaîne de beta-hémoglobine normale

<u>ATC</u>	GTG	CAC	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCT	GCC	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	AAC	GTG	GAT	GAA	GTT	GGT	...
Val	His	Leu	Thr	Pro	Gln	Glu	Lys	Ser	Ala	Thr	Ala	Leu	Trp	Gly	Lys	Val	Asn	Val	Asp	Gln	Val	Gly	...	

Chaîne d'hémoglobine dans la B-thalassémie

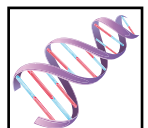
								-AA																	
ATC	GTG	CAC	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	G	TCT	GCC	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	AAC	GTG	GAT	GAA	GTT	GGT	...	
<u>ATC</u>	GTG	CAC	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	GTC	TGC	CGT	TAC	TGC	CCT	GTG	GGG	CAA	GGT	GAA	CGT	GGA	TGA				
Val	His	Leu	Thr	Pro	Gln	Glu	Val	Cys	Arg	Tyr	Cys	Pro	Val	Gly	Gln	Gly	Glu	Arg	Ala	Stop					

↑

Une mauvaise lecture à partir du point de suppression d'un nucléotide entraîne l'interruption prématurée de la chaîne polypeptidique. La molécule de beta-hémoglobine est courte, produisant une molécule d'hémoglobine défectueuse. Les globules rouges sont plus petits que normalement et leur pouvoir de fixation de l'oxygène est diminué.

Références

ORKIN, Stuart H., et Sabra G. GOFF. « Nonsense and Frameshift Mutations in β^0 -Thalassemia Detected in Cloned β -Globin Genes ». *The Journal of Biological Chemistry* 256.19, 1981, p. 9782-9784. Accessible en ligne: www.jbc.org/content/256/19/9782.full.pdf+html?sid=21c12b48-7a1d-434b-867e-4c219a3d534e



Annexe 6 : Conception d'une plante transgénique en vue de la consommation humaine

Introduction

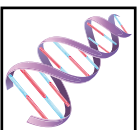
Imagine que tu travailles pour une compagnie de génie génétique qui œuvre dans le domaine de l'agriculture. Toi et tes collègues (tes camarades de classe) avez pour tâche de développer de nouvelles cultures vivrières. Avec ton équipe, fais un remue-méninges de plantes transgéniques potentielles en vue de la consommation humaine. Une de vos idées sera présentée à la compagnie au moyen d'une affiche.

But

Vous allez utiliser vos connaissances dans le génie génétique des plantes pour créer une affiche qui présente les étapes du processus de génie génétique, ainsi que les avantages et les inconvénients de votre nouvelle plante transgénique.

Marche à suivre

1. Faites un remue-méninges de plantes potentielles.
2. Choisissez, parmi les options, celle qui vous semble la meilleure, et développer les grandes lignes des étapes nécessaires pour créer cette nouvelle plante.
3. Créez une affiche qui présente les grandes lignes du processus de création de cette nouvelle plante.
 - a. Expliquez, avec illustrations, chaque étape du processus de génie génétique.
 - b. Notez les avantages ainsi que les inconvénients possibles de votre nouvelle plante.
4. Chaque équipe utilisera son affiche pour présenter sa nouvelle plante transgénique à ses collègues et au gérant.



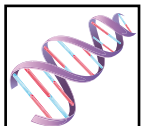
Annexe 7 : Liste de contrôle pour la création d'affiches

Nom de l'élève : _____

Critères	Oui	Pourrait être amélioré
Les instructions pour la tâche ont été suivies attentivement.		
Les supports visuels sont appropriés pour l'auditoire.		
Toutes les composantes de l'affiche sont en lien avec le sujet à l'étude.		
Le titre de l'affiche est bien en vue.		
Les images et le texte sont facilement visibles par tous.		
Les images sont claires, efficaces et complètes.		
Les éléments majeurs du message ont été placés près du haut de l'affiche.		
Le montant de texte est limité.		
La police est uniforme et de taille appropriée.		
Les supports visuels sont placés de façon stratégique.		
Le choix de couleurs aide à mettre en évidence le message voulu.		
L'apparence générale est efficace et attire l'attention.		

Points forts :

À améliorer :



ANNEXE 8 : Présentation sur le génie génétique – Renseignements pour l'élève

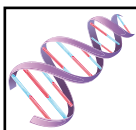
Révises les manchettes présentées au cours de ce regroupement et les enjeux discutés en classe. Quel enjeu t'intéresse le plus? Sur quelle question peux-tu trouver des renseignements appropriés pour ta présentation (p. ex., enjeu d'actualité, couvre une variété de points de vue, photos chocs)?

Prépare un exposé décrivant la technologie en cause, l'enjeu soulevé, la perspective et les implications. Mets l'accent sur la diversité de perspective – quels sont les arguments ou préoccupations de chaque groupe? Tu dois utiliser deux sources d'information récentes (dans les deux dernières années).

Ta présentation doit comprendre deux parties : visuelle et orale. La partie visuelle peut prendre diverses formes : diapositives, modèle, affiche, démonstration, etc. Elle doit illustrer les principales idées de ta présentation. Ajoute des détails à la partie orale, qui doit durer 5 à 7 minutes.

Dans l'exposé oral, présente ton sujet, le type de technologie en question et l'enjeu, puis énonce deux perspectives différentes sur la question, ainsi que les répercussions sur les personnes, la société et le monde. Appuie tes arguments au moyen de faits recueillis durant ta recherche. Consulte la fiche de travail de l'élève pour d'autres informations.

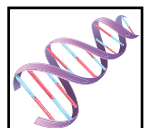
Dans ce regroupement, tu as appris comment fonctionnent les gènes dans l'organisme et comment nous pouvons appliquer ce savoir à notre avantage. Pour ta présentation, tu dois utiliser les faits et le vocabulaire de ce regroupement.



ANNEXE 9 : Plan de la présentation sur le génie génétique

Avant de commencer ton travail, tu dois faire approuver ton plan de présentation. Apporte au moins deux ressources que ton enseignant pourra examiner.

Sujet :
Type de technologie :
Enjeu :
Perspective A :
Perspective B :
Actions possibles :
Répercussions sur la société :
Répercussions sur le monde :
Répercussions sur les individus :
Autres points importants :
Type de présentation visuelle :



Annexe 10 : Présentation sur le génie génétique – Renseignements pour l'enseignant

Introduction

Présenter la manchette d'un article de magazine ou de journal portant sur l'application du génie génétique aux ressources biologiques. Discuter avec les élèves de sujets possibles. Fixer une date limite pour le choix d'une manchette et des dates de présentation des exposés.

Être conscient que les élèves peuvent apporter toutes sortes d'articles qui n'ont pas rapport avec le sujet, ou qui portent seulement sur des faits et non sur des enjeux. Saisir cette occasion de discuter de la nature dynamique de la biologie, même si l'article ne convient pas à la présentation.

Exemple de plan de présentation

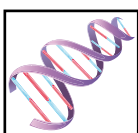
Sujet : Aliments génétiquement modifiés

Type de technologie : Les gènes ne fonctionnent pas toujours normalement quand l'épissage (introduction de séquences d'ADN) se fait dans un environnement étranger; ils ont besoin d'aide pour fonctionner. En biotechnologie, les biologistes ne se contentent pas d'insérer des gènes; ils utilisent aussi des promoteurs. Un promoteur est un gène fusionné à un segment d'ADN d'un virus pathogène qui favorise l'expression du gène. Le gène peut ensuite fonctionner, mais pas de façon naturelle ou normale. Il agit comme un virus envahisseur.

Enjeu : Les avantages découlant de l'utilisation d'aliments génétiquement modifiés compensent-ils les risques qu'ils présentent?

Perspective A : Les méthodes d'élevage ou de culture traditionnelles nécessitent beaucoup de temps et d'efforts. Mais grâce à la manipulation génétique, on peut intégrer un gène souhaitable à des organismes en une seule génération. Ce gène peut provenir d'une espèce similaire ou peu apparentée. Par exemple, le coton Ingard, qui est génétiquement modifié, contient un gène d'une bactérie se trouvant dans le sol et qui le rend plus résistant aux invasions de chenilles. L'avantage économique lié à l'utilisation du coton génétiquement modifié (GM) est qu'il nécessite moins de pesticides. La plante peut être plus saine également. Le désavantage économique de l'utilisation du coton GM est que les graines coûtent beaucoup plus cher à l'achat.

Perspective B : Les principaux arguments contre les aliments GM sont les risques qu'ils peuvent poser pour l'environnement et pour les humains. Certains sont inquiets que des gènes GM puissent se propager dans l'environnement, comme on l'a vu dans le cas de contamination de cultures locales par le canola résistant au Roundup en Saskatchewan à la fin des années 1990. Verrons-nous de nouvelles réactions allergiques, une exposition à des toxines et de nouvelles maladies apparaître à cause de l'usage de vecteurs viraux et bactériens pour le transfert de gènes?



Annexe 10 : Présentation sur le génie génétique – Renseignements pour l'enseignant (suite)

Actions possibles :

- cultiver des plantes OGM (en fixant des limites de distribution)
- utiliser des plantes OGM seulement pour nourrir les animaux
- ne pas utiliser de plantes OGM avant de les avoir soumises à des tests plus poussés

Répercussions sur la société :

- une meilleure santé pour la population humaine grâce à des sources d'aliments améliorés (p. ex., riz contenant de la vitamine A, qui aide à prévenir la cécité)

Répercussions sur le monde :

- accessibilité de plantes OGM – Est-ce que tous ont les moyens de les cultiver?
- culture de plantes OGM dans des zones marginales (p. ex., plantes résistant au sel)
- culture de plantes OGM sur de plus grandes superficies (p. ex., plantes résistant au gel ou à la sécheresse, notamment des fraises d'automne)

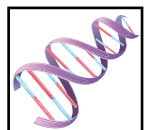
Répercussions sur les individus :

- sources d'aliments plus sains (p. ex., recherches en cours sur des pommes de terre absorbant moins de gras en friture)
- choix de cultiver ou pas des plantes OGM

Autres points importants : Poursuite de Monsanto contre Schmeiser, qui aurait semé du canola résistant au Roundup

Type de présentation visuelle :

- PowerPoint
- beaucoup d'illustrations d'aliments OGM, photos de canola, processus d'épissage (introduction de séquences d'ADN), image de l'étiquette d'un aliment OGM.



ANNEXE 11 : Étude de cas – Choisir le bébé parfait : l'éthique de la sélection d'embryons*

L'équipe de recherche s'était rassemblée en silence dans le laboratoire. Des décisions difficiles devaient être prises aujourd'hui. Kelly, une nouvelle assistante à la recherche, avait hâte à la discussion. Intérieurement, elle espérait que Dr Wagner et le reste de l'équipe acceptent d'aider le couple qui avait demandé leur aide.

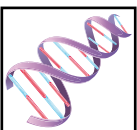
« Bonjour à tous et à toutes, a lancé Dr Wagner en commençant la réunion. Nous avons beaucoup de choses à discuter. Je vais résumer la situation pour ceux et celles d'entre vous qui n'auraient pas eu le temps de lire le dossier. Larry et June Shannon sont mariés depuis six ans. Ils ont une petite fille de quatre ans qui s'appelle Sally et qui a reçu un diagnostic d'anémie de Fanconi. Sally est née sans pouces et avec un trou dans le cœur. Peu après sa naissance, elle a commencé à souffrir de symptômes associés à des problèmes rénaux et digestifs qui n'ont fait que s'aggraver. L'anémie de Fanconi est une maladie évolutive qui entraîne souvent des anomalies physiques et un affaiblissement du système immunitaire. Sally requiert beaucoup de soins spécialisés et a déjà subi de nombreuses opérations. Elle ne peut pas digérer de la nourriture normalement ou combattre des infections aussi facilement qu'un enfant normal. Si elle ne reçoit pas une greffe de moelle osseuse, elle développera une leucémie et mourra, probablement dans les trois à quatre prochaines années. Ni Larry ni June n'avait la moindre idée qu'ils étaient tous les deux porteurs de cette maladie. »

« C'est un diagnostic effrayant, » a déclaré Kevin, un technicien en recherche.

« Ce n'est pas quelque chose de facile à vivre non plus. Non seulement vont-ils probablement perdre cette enfant, ils doivent également être terrifiés devant la possibilité de mettre au monde un autre enfant atteint de cette maladie, » a souligné Liz Schultz, la chercheuse postdoctorale spécialisée en gynécologie et en fertilité de l'équipe.

« C'est tout à fait le cas, a repris Dr Wagner. Les Shannon songent à avoir un autre enfant et nous ont demandé si nous pourrions procéder à un diagnostic génétique préimplantatoire ou DGP. Ils connaissent les risques et les chances de réussite. Ils souhaitent fortement entamer le processus le plus rapidement possible. »

« Kelly, vous êtes nouvelle dans l'équipe, donc laissez-moi vous résumer la procédure du DGP. Cette procédure comprend trois étapes qui comportent chacune des risques d'échec ou de complications. Tout d'abord, nous effectuons une fécondation in vitro ou FIV. Certains ovules de June seraient retirés et fécondés avec le sperme de Larry hors de l'utérus de June. Si cette procédure réussit, nous devrions avoir plusieurs embryons viables. À la deuxième étape, nous procédons à l'analyse génétique des embryons en retirant une cellule de chacun d'eux et en testant ces cellules pour vérifier si elles renferment des gènes de l'anémie de Fanconi. Si nous trouvons des embryons non touchés par l'anémie de Fanconi, nous pourrions alors effectuer la troisième étape : transférer les embryons sains dans l'utérus de June. »



ANNEXE 11 : Étude de cas – Choisir le bébé parfait : l'éthique de la sélection d'embryons* (suite)

« Un instant, a lancé Kelly. De combien d'embryons parlons-nous? C'est un enfant qu'ils veulent, pas une demi-douzaine. »

D^r Wagner a répondu en riant : « Oui, je sais. Cependant, il y a presque toujours des embryons qui ne survivent pas aux processus de fécondation in vitro et de transfert. La probabilité qu'un des embryons implantés dans l'utérus se développe n'est que d'environ 23 %. Les chances de réussite augmentent quand nous retirons et fécondons plusieurs ovules. Dans le cas présent, la probabilité de grossesse multiple est minime en raison des restrictions sur les ovules que nous pourrions transférer. »

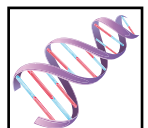
« Bon, je sais que je ne comprends pas tout le processus. Mais comment M^{me} Shannon peut-elle produire autant d'ovules en même temps? a demandé Kelly. Elle ne le ferait pas en temps normal, n'est-ce pas? »

« Non, a répondu Liz. Donc, avant que nous entamions n'importe laquelle de ces procédures, June devra prendre des hormones afin d'augmenter le nombre d'ovules qu'elle libère. Comme D^r Wagner l'a indiqué, chaque étape de cette procédure comporte des risques. L'hormonothérapie peut entraîner des effets secondaires, y compris des effets sur l'humeur et les facultés cognitives. Certaines femmes souffrent également de complications physiques, mais c'est assez rare. Certaines études établissent un lien entre l'hormonothérapie et l'augmentation des risques de cancer des ovaires, mais il y en a d'autres qui contredisent cette conclusion. »

« Ce n'est pas tout, a ajouté D^r Wagner. En plus des risques pour June, il n'y a aucune garantie que la procédure réussisse. De nombreux couples doivent subir la procédure de FIV plus d'une fois avant qu'un embryon s'implante et donne un bébé en santé qui naîtra à terme. Dans le cas qui nous occupe, ce sera encore plus compliqué parce que nous ne pouvons pas utiliser tous les embryons, nous devons nous limiter à ceux qui ne sont pas touchés par l'anémie de Fanconi. »

« Mais nous avons réalisé ces procédures plusieurs fois avec un taux de réussite assez élevé, a souligné Kevin. Pourquoi est-ce que ce cas-ci serait différent? Vous avez évalué le couple, n'est-ce pas, et vous dites que les conjoints sont conscients des risques? »

« Oui, mais ce cas est particulièrement compliqué, a soupiré D^r Wagner. Les Shannon n'ont pas seulement demandé un enfant qui est exempt d'anémie de Fanconi, mais qui sera aussi un donneur de moelle osseuse compatible avec Sally. La maladie de Sally peut être traitée par une greffe de cellules saines dans sa moelle osseuse. Cependant, les patients atteints d'anémie de Fanconi sont si fragiles que les cellules du donneur doivent être compatibles à près de 100 %, ce qui est très difficile à trouver. C'est chez un frère ou une sœur qu'on a les meilleures chances d'en trouver. Entre-temps, l'état de santé de Sally continue à se détériorer. Les Shannon désirent naturellement donner à Sally une vie normale le plus longtemps possible et c'est pourquoi ils veulent prendre



ANNEXE 11 : Étude de cas – Choisir le bébé parfait : l'éthique de la sélection d'embryons* (suite)

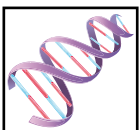
des mesures énergiques. Ils veulent guérir la maladie de Sally en planifiant et en créant un autre enfant doté de marqueurs génétiques précis. »

« Comment s'y prendraient-ils? » a demandé Kelly.

« Avez-vous entendu parler de la recherche sur les cellules souches? a commencé par répondre Liz. Les cellules souches sont des cellules spéciales qui peuvent produire tous les différents organes et tissus du corps humain. Elles se trouvent dans les embryons ou les fœtus et sont habituellement prélevées aux fins de recherche sur des embryons morts ou rejetés au cours de procédures de procréation. Il s'agit du type de recherche qui suscite beaucoup de controverse dans le monde politique ces jours-ci. Cependant, on trouve un autre type de cellule souche moins puissante dans les humains adultes et qui peut aussi s'obtenir du sang du cordon ombilical. Si nous aidons les Shannon, et que la procédure réussit, le sang du cordon ombilical de leur nouveau bébé pourrait être utilisé pour la greffe de moelle osseuse de Sally, ce qui offrirait la possibilité de guérir ses pires symptômes sans causer aucun mal au bébé. »

« Les Shannon proposent que nous réalisions le DGP comme d'habitude, mais que nous choissions uniquement les embryons qui sont à la fois exempts de gènes de l'anémie de Fanconi et parfaitement compatibles avec Sally, a précisé Dr Wagner. Cette proposition présente de sérieux problèmes éthiques. Nous n'avons jamais procédé de cette façon. Des gens ont demandé et obtenu un DGP afin de dépister et de prévenir diverses maladies chez leurs enfants, nous nous sommes déjà occupés de tels cas ici. Toutefois, ce que nous proposons actuellement est la sélection d'une combinaison de caractères géniques précis, une combinaison qui ne bénéficiera pas à l'enfant à naître, mais qui sauvera un enfant déjà né. Nous choisirions un embryon pour après essentiellement l'utiliser comme un donneur de sang pour sa sœur. Ce serait du sang du cordon ombilical, qui serait jeté de toute façon, mais la procédure reste controversée. Si nous acceptons de l'effectuer, cela signifie également que nous détruirions des embryons tout à fait sains uniquement parce qu'ils ne sont pas compatibles avec Sally. Aller de l'avant avec cette procédure m'intéresse, mais les problèmes importants qu'elle soulève doivent être pris en considération, entre autres, et ce n'est pas négligeable, les possibles difficultés à obtenir les autorisations. Avant de présenter la procédure au comité d'examen, je veux savoir comment chaque membre de l'équipe se sent par rapport à l'idée de l'essayer. »

« Bien, moi, je dis allons-y. Ce sera une percée en génétique. Avec le temps, la procédure nous permettra de prévenir toutes sortes de problèmes. Pourquoi ne pas commencer maintenant? » a insisté Kevin. Une autre médecin de l'équipe qui n'avait encore rien dit hochait la tête pour montrer son accord.



ANNEXE 11 : Étude de cas – Choisir le bébé parfait : l'éthique de la sélection d'embryons* (suite)

« Je ne suis pas encore sûre de ma position sur cette situation, a déclaré Liz. Je ne suis pas très à l'aise avec le précédent que le cas pourrait créer. Nous ouvririons la porte à toutes sortes d'autres types de sélection génétique sans savoir où cela mènerait. Voulons-nous de cette responsabilité? » Quelques autres membres de l'équipe semblaient être de son avis.

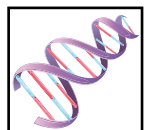
« C'est vrai, a concédé Kelly. Mais pense à la pauvre famille Shannon, à Sally surtout. Mérite-t-elle de souffrir uniquement parce que nous ne nous entendons pas sur de futurs problèmes éthiques? »

« Bien, il semble que nous avons besoin d'en discuter davantage avant de pouvoir arriver à un vrai consensus, a conclu D^r Wagner. Je ne veux pas commencer à travailler sur un cas d'une telle importance sans que toute l'équipe soit d'accord. »

Questions de révision :

1. Comment la petite Sally a-t-elle pu hériter de l'anémie de Fanconi même si aucun de ses parents n'en souffre?
2. Quelles autres maladies ou déficiences développementales peuvent être transmises de cette façon?
3. Quelle est la probabilité que le deuxième enfant des Shannon souffre également d'anémie de Fanconi?
4. Quelles sont les principales étapes de la FIV et du DGP?
5. Quels sont les risques associés à l'ensemble de la procédure?
6. Comment le sang d'un frère ou d'une sœur pourrait-il aider à guérir Sally?
7. Comment le DGP pourrait-il être utilisé pour créer ce frère ou cette sœur?
8. Qu'y a-t-il de très inhabituel au sujet du DGP proposé par les Shannon?
9. Quelles sont certaines des questions éthiques entourant l'utilisation de la FIV? Quelles sont certaines des questions éthiques entourant l'utilisation du DGP? Quelle est ton opinion sur ces questions?
10. Selon toi, que devrait faire l'équipe de recherche? Que devraient faire les Shannon?

*Julia OMARZU, « Selecting the Perfect Baby - The Ethics of Embryo Design », *National Center for Case Study Teaching in Science*, 2003, http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/collection/detail.asp?case_id=347&id=347. Adaptation autorisée par le National Center for Case Study Teaching in Science.



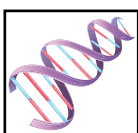
ANNEXE 12 : Microthèmes – Renseignements pour l'enseignant

Les microthèmes sont des exercices écrits conçus pour aider les élèves à apprendre la matière en l'examinant d'une manière différente (Martin, 1989). Cela suppose davantage que la simple lecture du manuel ou la mémorisation des notes. Les élèves doivent se pencher sur l'étude d'un cas particulier à propos de la biologie et interpréter ce qui se passe. Par la suite, ils expriment leurs idées dans une courte rédaction. Leur texte doit être concis, détaillé et pertinent.

Chaque microthème est basé sur une étude de cas reliée au sujet étudié et pose une question ou donne une tâche particulière. Un microthème peut faire appel à des habiletés de réflexion spécifiques, par exemple créer une analogie, analyser des données, écrire à partir d'un point de vue particulier, analyser plus d'un point de vue, etc.

L'évaluation des microthèmes est approchée de manière différente que les autres activités habituelles de la classe. Les tâches liées aux microthèmes requièrent un niveau de réflexion plus élevé. Il est préférable que les élèves complètent moins de microthèmes, quitte à les retravailler jusqu'à ce qu'ils atteignent les normes fixées. Cela nécessite généralement un minimum de deux ébauches. La norme renvoie au contenu scientifique, au fait de compléter la tâche et à la communication et peut refléter une note spécifique (p. ex., 70 %). La révision de la première ébauche (et de celles qui suivent) peut être faite par l'enseignant ou par d'autres élèves de la classe, la rétroaction étant de nature formative.

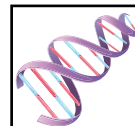
On peut donner aux élèves la possibilité d'accorder une plus grande valeur aux microthèmes et de réduire celle des autres catégories (comme les tests, si les élèves affichent de l'anxiété face aux tests). On peut aussi donner les microthèmes aux élèves qui ont besoin de s'absenter pour une période de temps (p. ex., la maladie, les vacances, etc.) et qui ont encore besoin de travailler la matière.



ANNEXE 13 : Microthèmes – Liste de contrôle de la 1^{re} épreuve

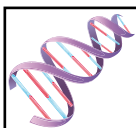
(Pour la révision par l'enseignant ou par les pairs)

Nom de l'élève	Microthème
<p>Contenu scientifique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pertinent • Complet – suffisamment détaillé • Utilise le vocabulaire scientifique approprié • Utilise des exemples ou des graphiques appropriés <ul style="list-style-type: none"> - le détail devrait refléter les attentes du cours - l'utilisation des termes biologiques améliore la rédaction (utilisation correcte des termes, pas de rupture de débit) 	<p>Rétroaction</p>
<p>Achèvement de la tâche</p> <ul style="list-style-type: none"> • La tâche est bien complétée (p. ex., explication donnée, réponse apportée à la question, argument présenté, point de vue représenté, etc.) <ul style="list-style-type: none"> - le dernier paragraphe devrait fournir un résumé concis du problème et de la solution, un énoncé de recommandation, etc. <p>AJOUTEZ DES CRITÈRES ADDITIONNELS RELIÉS AU MICROTHÈME SPÉCIFIQUE :</p> <ul style="list-style-type: none"> • • 	<p>Rétroaction</p>
<p>Communication</p> <ul style="list-style-type: none"> • Communique de façon efficace (orthographe, grammaire, débit) • Le format ou la voix conviennent bien à la tâche ou à l'auditoire <ul style="list-style-type: none"> - structure de phrase claire - le texte est clair et pas du tout ambigu - pas de faute de grammaire ou d'orthographe 	<p>Rétroaction</p>



ANNEXE 14 : Microthèmes – Évaluation de l'épreuve finale

Nom de l'élève	Microthème	
Contenu scientifique <ul style="list-style-type: none"> • Pertinent • Complet – suffisamment détaillé • Utilise le vocabulaire scientifique approprié • Utilise des exemples ou des graphiques appropriés <ul style="list-style-type: none"> - le détail devrait refléter les attentes du cours - l'utilisation des termes biologiques améliore la rédaction <i>(utilisation correcte des termes, pas de rupture de débit)</i>	Points possibles 5 – a satisfait à tous les critères 3-4 – a satisfait à la plupart des critères 1-2 – a satisfait à peu de critères RÉSULTAT : _____	Commentaires
Achèvement de la tâche <ul style="list-style-type: none"> • La tâche est bien complétée (p. ex., explication donnée, réponse apportée à la question, argument présenté, point de vue représenté, etc.) - le dernier paragraphe devrait fournir un résumé concis du problème et de la solution, un énoncé de recommandation, etc. AJOUTEZ DES CRITÈRES ADDITIONNELS RELIÉS AU MICROTHÈME SPÉCIFIQUE : <ul style="list-style-type: none"> • • • 	Points possibles 5 – a satisfait à tous les critères 3-4 – a satisfait à la plupart des critères 1-2 – a satisfait à peu de critères RÉSULTAT : _____	Commentaires
Communication <ul style="list-style-type: none"> • Communique de façon efficace (orthographe, grammaire, débit) • Le format ou la voix conviennent bien à la tâche ou à l'auditoire <ul style="list-style-type: none"> - structure de phrase claire - le texte est clair et pas du tout ambigu - pas de faute de grammaire ou d'orthographe 	Point possibles 5 – a satisfait à tous les critères 3-4 – a satisfait à la plupart des critères 1-2 – a satisfait à peu de critères RÉSULTAT : _____	Rétroaction
	RÉSULTAT TOTAL :	



ANNEXE 15 : Microthème sur le génie génétique – Feuille de l'élève

L'affaire Guy Paul Morin au Canada est un exemple patent de la façon dont l'identification par le code génétique (sur ADN) a permis d'innocenter un homme injustement condamné à l'emprisonnement à vie pour meurtre. Fais une recherche sur cette affaire et sur l'utilisation du code génétique ou de l'empreinte génétique. Inclus un article sur l'affaire Morin et un article sur la technique d'identification par le code d'ADN. Mets en évidence les points principaux.

Quand tu auras terminé ta lecture, prépare-toi à rédiger ton microthème. Imagine que l'avocat de la défense au cours du procès de 1995 veut utiliser des empreintes génétiques pour prouver l'innocence de Morin. Mais le problème est que le jury n'est pas familier avec la technique d'identification par le code génétique. La défense t'appelle à la barre comme témoin expert, car elle pense que ton explication sera plus facile à comprendre par le jury. L'avocat de la défense ne veut pas d'un expert technique qui utiliserait un jargon scientifique inaccessible aux membres du jury.

Prépare ta présentation sous forme de dialogue entre toi et l'avocat de la défense. Assure-toi de mettre en évidence les principales étapes de l'identification par le code génétique. Comme il y a eu des problèmes de manipulation des preuves dans cette affaire, tu dois préciser comment le matériel génétique a été prélevé et analysé dans les règles de l'art. Quelles sont les bonnes étapes à suivre? Insère un diagramme que tu utiliseras pour informer le jury.

Le microthème devrait contenir de 300 à 400 mots et peut inclure des diagrammes. Dans le cas présent, le format dialogue devrait être utilisé. L'orthographe et la grammaire seront vérifiées.

