

PROGRAMME D'ÉTUDES

BIOLOGIE

Domaine de la mathématique, de la science et de la technologie

Formation générale des adultes



FBD

Formation de base diversifiée



PROGRAMME D'ÉTUDES

BIOLOGIE

Domaine de la mathématique, de la science et de la technologie

Formation générale des adultes



FBD

Formation de base diversifiée



Coordination et rédaction

Direction de l'éducation des adultes et de la formation continue
Secteur du développement pédagogique et du soutien aux élèves

Pour tout renseignement, s'adresser à l'endroit suivant :

Direction de l'éducation des adultes et de la formation continue
Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur
1035, rue De La Chevrotière, 17^e étage
Québec (Québec) G1R 5A5
Téléphone : 418 643-9754

Ce document peut être consulté sur le site Web du Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur :
www.education.gouv.qc.ca.

© Gouvernement du Québec
Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2018

ISBN 978-2-550-81720-8 (PDF)

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2018

Table des matières

Chapitre 1	Présentation de la discipline	1
1.1	Apport de la discipline à la formation de l'adulte	3
1.2	Conception de la discipline	4
1.3	Relations entre la discipline et les autres éléments du programme de formation de base diversifiée	4
1.3.1	Relations avec les domaines généraux de formation	4
1.3.2	Relations avec les compétences transversales	6
1.3.3	Relations avec les autres domaines d'apprentissage	6
Chapitre 2	Contexte pédagogique	9
2.1	Situations d'apprentissage	11
2.2	Familles de situations d'apprentissage	11
2.3	Ressources éducatives	12
Chapitre 3	Compétences disciplinaires	15
3.1	Dynamique des compétences disciplinaires	17
3.2	Compétence 1 : Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la biologie	20
3.2.1	Sens de la compétence	20
3.2.2	Composantes et manifestations de la compétence	21
3.2.3	Développement de la compétence	21
3.3	Compétence 2 : Mettre à profit ses connaissances en biologie	22
3.3.1	Sens de la compétence	22
3.3.2	Composantes et manifestations de la compétence	23
3.3.3	Développement de la compétence	24
3.4	Compétence 3 : Communiquer sur des questions de biologie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	24
3.4.1	Sens de la compétence	24
3.4.2	Composantes et manifestations de la compétence	25
3.4.3	Développement de la compétence	25
3.5	Démarches	26
Chapitre 4	Vue d'ensemble du contenu disciplinaire	29
4.1	Savoirs	31
4.1.1	Concepts prescrits	31
4.1.2	Techniques	34
4.2	Repères culturels	34

Chapitre 5 Structure des cours du programme d'études.....	35
Présentation des cours	37
Chapitre 6 Cours du programme d'études	39
BIO-5070-2 La génétique et ses applications.....	43
BIO-5071-2 Reproduction et développement.....	59
Annexes	77
Annexe 1	79
Annexe 2	81
Annexe 3	83
Annexe 4	85
Références bibliographiques	87

Table des illustrations

Schémas

Schéma 1 – Interactions entre les compétences disciplinaires.....	18
Schéma 2 – Interactions entre les aspects d'une compétence.....	19
Schéma 3 – Démarches d'investigation	26

Tableaux

Tableau 1 – Synthèse des concepts prescrits.....	33
Tableau 2 – Synthèse des techniques	34
Tableau 3 – Cours du programme d'études.....	37

Chapitre 1



Présentation de la discipline

1.1 Apport de la discipline à la formation de l'adulte

Partie intégrante des sociétés qu'elle a contribué à façonner, la science occupe une part importante de leur héritage culturel et constitue un facteur déterminant de leur développement. L'émergence rapide des savoirs scientifiques, leur quantité, leur complexité et la prolifération de leurs applications font en sorte que les personnes doivent disposer non seulement d'un bagage de connaissances particulières, mais aussi de stratégies qui leur permettent de s'adapter aux contraintes du changement. Une telle adaptation exige de prendre un certain recul par rapport aux acquis, de comprendre la portée et les limites du savoir et d'en saisir les retombées. À ce titre, la science n'est pas l'apanage de quelques initiés.

Comme toutes les disciplines scientifiques, la biologie offre aux adultes des outils qui les aident à comprendre le monde qui les entoure. Elle les invite à élargir leur culture générale, à devenir conscients du rôle qu'une telle culture peut jouer dans leur capacité à prendre des décisions éclairées et leur permet d'acquérir des connaissances au moyen de l'activité scientifique. Une telle activité sollicite la curiosité, l'imagination et le désir d'explorer. En plus de faire découvrir le plaisir d'expérimenter, l'activité scientifique répond au besoin de comprendre, d'expliquer et de créer.

La biologie est omniprésente dans la vie quotidienne. Les innovations et les applications qu'on lui doit sont considérables. Par exemple, nombre d'entre elles visent l'amélioration de notre santé, la maîtrise de la procréation ou le séquençage des gènes. Une nouvelle agriculture basée sur des propriétés génétiquement définies révolutionne la production animale et végétale, entraînant des répercussions sur notre alimentation. Les enjeux éthiques et moraux qui en découlent font régulièrement l'objet de discussions et de débats sur la place publique. La compréhension des concepts sous-jacents à ces enjeux aide l'adulte à interpréter l'information à caractère scientifique dans les médias et lui permet de faire des choix éclairés pour lui-même, pour ses proches ou pour les générations futures.

Le programme d'études *Biologie* de 5^e secondaire poursuit la formation scientifique offerte en formation de base commune, en 3^e et en 4^e secondaire. Il vise à consolider et à enrichir la formation des adultes, plus particulièrement dans les domaines liés à l'environnement, à la santé et au bien-être. Les concepts généraux sont regroupés autour de deux grands thèmes qui, dans une large mesure, sont interreliés : d'une part, la génétique et ses applications, d'autre part, la reproduction et le développement. Ces concepts sont abordés à l'aide de situations d'apprentissage se rapportant aux problèmes et aux enjeux contemporains liés à la biologie auxquels l'humanité fait face.

1.2 Conception de la discipline

La science offre une grille d'analyse du monde qui nous entoure. Elle vise à décrire, à expliquer et à prédire certains phénomènes ou événements de notre univers. Constituée d'un ensemble d'observations, de concepts, de lois, de théories, de modèles et de démarches, elle se caractérise notamment par la recherche de modèles intelligibles, les plus simples possibles, pour rendre compte de la complexité du monde. Les théories et les modèles permettent de faire des prédictions de certains phénomènes. Ils sont constamment mis à l'épreuve, modifiés et réorganisés au fur et à mesure que de nouvelles connaissances se construisent. Par exemple, la compréhension des mécanismes de l'évolution et de la génétique a permis de modifier au fil du temps le cadre conceptuel de la théorie de l'évolution. Quant à la théorie cellulaire, elle s'est raffinée en partie grâce au progrès de la microscopie. L'activité scientifique et les applications qui en découlent peuvent avoir d'importantes répercussions, tant favorables que défavorables, dont il faut apprendre à tenir compte.

La biologie est l'étude de la forme, du fonctionnement, de la reproduction et de la diversité des êtres vivants ainsi que des relations qu'ils établissent entre eux. Elle est au carrefour de plusieurs champs disciplinaires tels que la physique, la chimie, la géographie et la climatologie. Elle se développe grâce aux technologies, et plus particulièrement les biotechnologies. Elle utilise un vocabulaire et un symbolisme qui lui sont propres et se sert à l'occasion du langage mathématique.

Comme la majorité des disciplines scientifiques, la biologie a connu une évolution fulgurante au cours des dernières décennies. Autrefois restreinte à la botanique, à la zoologie et à l'anatomie, elle se manifeste aujourd'hui davantage dans les domaines des biotechnologies, de la biologie moléculaire et de l'écologie.

1.3 Relations entre la discipline et les autres éléments du programme de formation de base diversifiée

Dans le présent programme d'études, la biologie entretient des relations avec les autres éléments du programme de formation de base diversifiée, à savoir les domaines généraux de formation, les compétences transversales et les autres domaines d'apprentissage.

1.3.1 Relations avec les domaines généraux de formation

Sous l'appellation « domaines généraux de formation » (DGF), on trouve cinq grands thèmes qui rassemblent des contextes de vie : *Santé et bien-être*, *Environnement et consommation*, *Médias*, *Orientation et entrepreneuriat* ainsi que *Vivre-ensemble et citoyenneté*. Le programme d'études *Biologie* de 5^e secondaire propose d'utiliser des situations d'apprentissage qui se rattachent à ces DGF. C'est ainsi que l'adulte constate que ses apprentissages sont liés aux diverses activités de sa vie.

Santé et bien-être

Les savoirs acquis en biologie aident à répondre aux nombreuses interrogations concernant le fonctionnement du corps humain, la perpétuation et le développement de la vie ainsi que le traitement de certaines maladies. Les contextes pédagogiques en lien avec ce DGF amènent l'adulte à se questionner sur les conséquences de ses comportements et de ses habitudes de vie sur l'environnement qui l'entoure, sa santé et celle de ses proches. Cela peut l'aider à veiller sur son propre bien-être et à modifier, s'il y a lieu, sa façon d'utiliser les services et les soins de santé.

Environnement et consommation

Plusieurs avancées en biologie ont modifié les habitudes de consommation et entraîné diverses conséquences environnementales. Ainsi, les communautés font plus fréquemment face à des problèmes impliquant la présence d'antibiotiques, de bactéries résistantes aux antibiotiques ou d'hormones de synthèse dans les écosystèmes aquatiques. De même, les procédés d'hybridation et de clonage ou les modifications génétiques permettent d'offrir des aliments ayant une croissance plus rapide, produits avec moins de pesticides et qui se conservent plus longtemps. Mais la présence d'organismes génétiquement modifiés dans l'alimentation et dans l'environnement soulève de nombreuses questions. En approfondissant ces diverses réalités, l'adulte enrichit sa compréhension des enjeux associés à la biodiversité et est en mesure de faire des choix de consommation qui respectent mieux ses priorités et ses valeurs personnelles.

Médias

Que ce soit pour s'informer, pour apprendre ou pour communiquer, l'adulte a recours à différents médias, d'où l'importance qu'il développe son sens critique à l'égard de l'information qu'il obtient ou qu'il transmet. Les films, les journaux, la télévision et Internet traitent de sujets portant sur la biologie, et un bon bagage de connaissances scientifiques est utile pour évaluer la fiabilité de l'information reçue.

Orientation et entrepreneuriat

Plusieurs secteurs d'emploi sollicitent des savoirs issus de la biologie. Les tâches que l'adulte est appelé à réaliser dans le cadre de ce programme d'études sont autant d'occasions de mieux comprendre et apprécier le travail des personnes qui occupent un emploi dans des secteurs liés à la biologie. Ainsi, l'adulte peut s'initier au travail du scientifique, développer son intérêt pour la science et mesurer ses aptitudes pour les métiers et les professions qui s'y rattachent, puis envisager une orientation dans cette direction.

Vivre-ensemble et citoyenneté

Le développement de compétences et l'acquisition de savoirs en lien avec la biologie mènent vers une nouvelle vision des enjeux sociétaux. Diverses problématiques, par exemple celles qui se rapportent à la qualité des aliments, aux coûts des soins de santé, à la vaccination, à la contagion, à la protection de certains habitats, au bien-être des animaux ou à la mise au point de techniques

d'assistance à la procréation, peuvent offrir l'occasion de faire l'apprentissage d'une citoyenneté responsable. L'adulte peut ainsi améliorer la qualité de sa participation à la vie de la société.

1.3.2 Relations avec les compétences transversales

L'appropriation d'une culture scientifique passe d'abord par le développement des trois compétences disciplinaires. Cette activité contribue à son tour au développement de compétences plus générales, appelées « compétences transversales ». Ces dernières sont de divers ordres, soulignant ainsi différentes facettes du savoir-agir.

Compétences transversales d'ordre intellectuel

Les situations proposées dans ce programme d'études exigent de l'adulte qu'il *exploite l'information* de façon judicieuse et remette en question la fiabilité des sources consultées. La quête de réponses ou la recherche de solutions lui permettent d'acquérir des habiletés pour *résoudre des problèmes*, habiletés qu'il peut ensuite transposer dans d'autres contextes. L'adulte *met en œuvre sa pensée créatrice* et *exerce son jugement critique* lorsqu'il analyse des textes ou des exposés scientifiques ou encore lorsqu'il se préoccupe des retombées de la biologie.

Compétences transversales d'ordre méthodologique

Le souci de rigueur associé aux différentes démarches de la biologie amène l'adulte à *se donner des méthodes de travail efficaces*. De plus, ce dernier *exploite les technologies de l'information et de la communication*, ce qui lui donne accès à une plus grande diversité de sources de renseignements et de moyens d'action.

Compétences transversales d'ordre personnel et social

L'adulte qui passe de l'abstrait au concret, de la décision à l'exécution et qui accepte de prendre des risques *actualise son potentiel*. La construction des connaissances en biologie est favorisée par l'échange d'idées ou de points de vue ainsi que par leur validation par les pairs ou par des experts. Dans ces contextes, l'adulte est appelé à *coopérer*.

Compétence transversale de l'ordre de la communication

L'appropriation de nouveaux concepts et de leur représentation par l'entremise des langages mathématique, scientifique et technologique augmente la capacité de l'adulte à *communiquer de façon appropriée*. Ce dernier doit non seulement se familiariser avec un vocabulaire, des codes et des conventions propres à la biologie, mais aussi apprendre à les utiliser adéquatement.

1.3.3 Relations avec les autres domaines d'apprentissage

Chaque discipline aborde un objet d'étude à partir de son référentiel. Dans une perspective d'interdisciplinarité, il importe de relier les apprentissages réalisés en biologie à ceux effectués dans

d'autres disciplines. La biologie peut dès lors profiter de l'apport complémentaire de ces disciplines et contribuer à les enrichir à son tour.

Domaine de la mathématique, de la science et de la technologie

Les programmes d'études de mathématique, de science et technologie et d'informatique font partie du même domaine d'apprentissage. Ils visent le développement de compétences disciplinaires semblables en matière de résolution de problèmes, de raisonnement et de communication. La biologie bénéficie particulièrement de l'apport des disciplines provenant de ce domaine d'apprentissage.

Les progrès en physique et en chimie ont des retombées en biologie. En chimie, par exemple, la connaissance des gaz, et plus précisément de l'oxygène, nous a permis de comprendre le rôle de la respiration dans la combustion des nutriments. L'étude des réactions chimiques de dégradation et de synthèse éclaire quant à elle le fonctionnement des enzymes. Enfin, les outils d'observation dont se sert la biologie (microscopes) ont été mis au point grâce aux progrès de la physique.

La mathématique est, elle aussi, étroitement liée aux programmes d'études à caractère scientifique. En effet, la plupart des résultats expérimentaux sont reportés sous forme de graphiques et sont analysés à l'aide de statistiques. La simulation mathématique de la fréquence des allèles dans une population en vue de montrer son évolution ou l'analyse graphique du pourcentage d'individus porteurs ou atteints d'une maladie héréditaire dans une population donnée en sont des exemples. Le vocabulaire, les graphiques, la notation et les symboles auxquels la mathématique recourt constituent un langage rigoureux dont la biologie tire profit. La mathématique est fréquemment utilisée dans l'élaboration ou la construction de modèles ainsi que dans la collecte et le traitement de résultats de mesure. Les études statistiques et les corrélations qu'on peut en tirer permettent d'extraire des informations difficiles à obtenir autrement. Pour sa part, la biologie contribue à rendre concrets certains savoirs mathématiques, comme les variables, les relations de proportionnalité et diverses fonctions. Elle procure des contextes signifiants pour l'étude de la mesure ou des statistiques.

L'essor de l'informatique a accéléré le développement des savoirs en biologie en fournissant à cette science des outils plus performants pour la recherche d'informations, le traitement des données ainsi que la présentation et l'échange des résultats. La modélisation de l'évolution d'une population, la production de puces à ADN ou la rapidité avec laquelle se fait l'analyse des séquences d'ADN en sont des exemples. La biologie offre par ailleurs à l'informatique des contextes d'application qui stimulent la création et le développement de nouveaux produits tels que des médicaments, des tests diagnostiques ou des organismes génétiquement modifiés.

Domaine des langues

Les disciplines du domaine des langues fournissent des outils essentiels à l'expression des compétences scientifiques. En biologie, lorsque l'adulte interprète des informations, décrit ou explique un phénomène, il a recours aux compétences associées aux programmes d'études du domaine des langues. Inversement, ces derniers mettent à profit l'occasion d'utiliser un vocabulaire précis et de saisir l'importance d'une langue rigoureuse.

Comme la langue anglaise est très répandue dans les communications scientifiques à l'échelle internationale, l'adulte qui maîtrise cette seconde langue, voire une troisième, a accès à des sources d'information plus nombreuses et plus diversifiées.

Domaine de l'univers social

Les avancées scientifiques s'inscrivent dans des réalités historiques et sociales. La perspective historique permet de contextualiser ces progrès, d'en apprécier l'importance et d'en mesurer la portée. De même, la quantité de richesses et leur mode de répartition ont une influence à la fois sur le développement des sociétés et sur l'évolution des connaissances, dont celles en biologie.

Puisque les sociétés sont tributaires des outils et des moyens dont elles disposent, l'étude de la biologie peut projeter un éclairage différent sur leur histoire et leur évolution.

Domaine des arts

Les disciplines artistiques concourent largement au développement de la créativité. Le programme d'études de biologie tire profit de cette créativité pour la résolution de problèmes. En contrepartie, la biologie apporte une contribution aux disciplines artistiques. Par exemple, une bonne connaissance du corps humain permet aux artistes en danse ou en art dramatique d'améliorer leurs performances.

Domaine du développement de la personne

Le programme d'études de biologie s'appuie sur des réflexions liées au domaine du développement de la personne lorsqu'il aborde des questions d'ordre éthique, comme les enjeux liés à la recherche ou à la mise en œuvre de nouvelles techniques médicales. Par ailleurs, les connaissances sur les êtres vivants et les conditions nécessaires au maintien de la vie enrichissent le domaine du développement de la personne. En effet, ces connaissances peuvent contribuer à l'adoption de comportements plus responsables.

Domaine du développement professionnel

Les champs d'application de la biologie touchent de nombreux secteurs d'activité et peuvent être associés aux métiers ou aux professions propres à ces secteurs. Les situations d'apprentissage proposées dans le programme d'études constituent des moments privilégiés où l'adulte expérimente diverses fonctions de travail et s'intéresse aux métiers et aux professions qui y sont associés. En retour, les activités des programmes d'études du domaine du développement professionnel peuvent amener l'adulte à réfléchir à des problèmes d'ordre scientifique relevant de la biologie.

Chapitre 2



Contexte pédagogique

2.1 Situations d'apprentissage

Les situations d'apprentissage soutiennent la construction et la mobilisation des connaissances ainsi que le développement des compétences disciplinaires et transversales. Elles sont liées à un contexte et présentent un questionnement ou un problème à traiter. Elles comportent une ou plusieurs tâches donnant lieu à une production déterminée.

Généralement rattachées par leur contexte à un domaine général de formation, les situations d'apprentissage contribuent à la réalisation de l'intention éducative du domaine auquel elles sont associées. Des situations d'apprentissage *signifiantes*, *ouvertes* et *complexes* confèrent plus de sens aux apprentissages et favorisent l'intégration des contenus disciplinaires et des composantes des compétences. On qualifie de *signifiante* une situation d'apprentissage qui rejoint les centres d'intérêt de l'adulte en s'inspirant des questions de l'actualité, de grands enjeux de société ou des réalisations scientifiques et technologiques qui transforment le quotidien. Une situation d'apprentissage *ouverte* amène l'adulte à choisir sa démarche et conduit à différentes pistes de solution. Lorsqu'elle est *complexe*, la situation d'apprentissage donne à l'adulte l'occasion de développer et de mettre en œuvre plus d'une compétence et nécessite la mobilisation d'un plus grand nombre de ressources.

Bien que l'utilisation de situations d'apprentissage soit obligatoire, aucun des exemples donnés dans les cours n'est prescrit. Il en est de même des exemples de tâches. Le personnel enseignant conçoit ou choisit celles qu'il juge appropriées.

2.2 Familles de situations d'apprentissage

Des situations d'apprentissage qui se ressemblent par le type de tâches à accomplir constituent une famille. Quel que soit leur niveau de complexité, les situations d'une même famille favorisent le transfert des apprentissages. Le programme d'études *Biologie* compte deux familles de situations d'apprentissage : *Recherche* et *Expertise*.

Les situations d'apprentissage de ces deux familles permettent à l'adulte de construire des connaissances, de mobiliser des ressources, de mettre en œuvre des démarches d'investigation et de développer les compétences du programme d'études *Biologie* de 5^e secondaire.

Les familles de situations d'apprentissage sont prescrites. Chaque cours doit comporter des situations d'apprentissage issues des deux familles décrites ci-dessous.

Recherche

La famille *Recherche* couvre les situations d'apprentissage dans lesquelles les tâches réalisées visent la résolution d'un problème relevant de la biologie. De telles situations favorisent un apprentissage

actif, facilitant la compréhension des concepts ainsi que l'application des connaissances et des habiletés requises en biologie.

Les situations de cette famille font appel à la créativité, à la rigueur et à la précision. En suivant une démarche d'investigation, l'adulte cerne un problème, établit lui-même son plan d'action ou justifie celui qui lui est présenté. Il choisit les outils dont il a besoin et s'en sert pour résoudre le problème ou explique le choix des techniques utilisées. La présentation des résultats de ses travaux offre à l'adulte l'occasion d'affiner ses habiletés en recherche et de proposer, le cas échéant, de nouvelles hypothèses ou pistes de solution. Ces situations incluent la planification, la manipulation d'équipement scientifique ou de modèles, l'analyse ainsi que l'interprétation des données et, finalement, la communication des résultats.

Les situations de la famille *Recherche* privilégient les activités scientifiques telles que les expérimentations en laboratoire et sur le terrain, ce qui implique l'utilisation de matériel et de techniques propres à la biologie. Cela n'exclut pas la recherche documentaire ni la modélisation, mais invite plutôt l'adulte à utiliser diverses sources d'information pour résoudre un problème.

Expertise

Lorsqu'elles sont associées à la famille *Expertise*, les situations d'apprentissage de ce programme d'études comportent des tâches nécessitant l'analyse d'un phénomène biologique ou d'une application liée à la biologie. L'adulte relève les concepts scientifiques concernés, les met en relation et les explique. Pour y arriver, il tire profit de toute l'information accessible et fait appel à des concepts, à des lois, à des théories ou à des modèles relevant de la biologie. Les situations de cette famille amènent l'adulte à prendre une décision, à formuler une recommandation ou à établir une prévision à partir de l'analyse d'une application ou d'un phénomène liés à la biologie. Elles lui permettent de relier les concepts théoriques à des situations concrètes, mais, surtout, elles l'incitent à considérer divers points de vue, à exprimer son opinion et à être plus responsable.

2.3 Ressources éducatives

Pour développer ses compétences, l'adulte fait appel à différentes ressources groupées dans des catégories définies. Ces ressources peuvent être de nature personnelle, conceptuelle, informationnelle, matérielle, institutionnelle ou humaine.

Les ressources personnelles font référence aux connaissances, aux habiletés, aux stratégies, aux attitudes ou aux techniques déjà acquises par l'adulte. Les savoirs provenant des différentes disciplines constituent quant à eux les ressources conceptuelles. À ces deux types de ressources s'ajoutent celles de nature informationnelle, qui comprennent les manuels scolaires, les documents de référence ou tout autre matériel permettant la recherche d'information. Les instruments, les outils, les machines et les objets de toutes sortes font partie des ressources matérielles, alors que les ressources institutionnelles incluent les organismes publics ou parapublics, les industries et les

entreprises locales ou toute autre ressource communautaire. L'enseignante ou l'enseignant ainsi que les autres adultes en formation sont considérés comme les ressources humaines le plus immédiatement accessibles. Les techniciennes et les techniciens en travaux pratiques sont aussi de bonnes ressources en matière de sécurité au laboratoire et à l'atelier. Selon les besoins, l'adulte peut également faire appel au personnel enseignant d'autres disciplines ou à différents experts.

Chapitre 3



Compétences disciplinaires

3.1 Dynamique des compétences disciplinaires

Le programme de formation générale de base diversifiée définit la compétence comme un **savoir-agir fondé sur l'utilisation et la mobilisation d'un ensemble de ressources**. Cette compétence se révèle dans des contextes d'une certaine complexité et son degré de maîtrise peut augmenter tout au long du parcours scolaire et même tout au long de la vie. Le programme d'études *Biologie* de 5^e secondaire vise le développement de trois compétences disciplinaires. Celles-ci se rattachent à trois dimensions complémentaires de la science : la dimension pratique et méthodologique, la dimension théorique et celle relative à la communication.

La première compétence, *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la biologie*, est intimement liée à la famille *Recherche* et met l'accent sur la méthodologie utilisée en science pour résoudre des problèmes. Elle mise sur la mobilisation de techniques et de concepts relatifs à la biologie, notamment dans le contexte d'une démarche d'investigation qui se déroule souvent en laboratoire.

La deuxième compétence, *Mettre à profit ses connaissances en biologie*, est intimement liée à la famille *Expertise* et met l'accent sur la conceptualisation et sur le transfert des apprentissages, notamment dans l'analyse de phénomènes ou d'applications. Cette compétence implique une appropriation des concepts de biologie qui mène à la compréhension et à l'explication de ces phénomènes ou applications. Elle comporte aussi une réflexion sur la nature des savoirs scientifiques et technologiques, sur leur évolution et sur leurs répercussions sur le plan social, environnemental et économique.

La troisième compétence, *Communiquer sur des questions de biologie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*, met en évidence la connaissance et l'utilisation d'une terminologie et d'un symbolisme particuliers. Elle fait appel aux divers langages utilisés en biologie qui sont essentiels au partage de l'information de même qu'à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique.

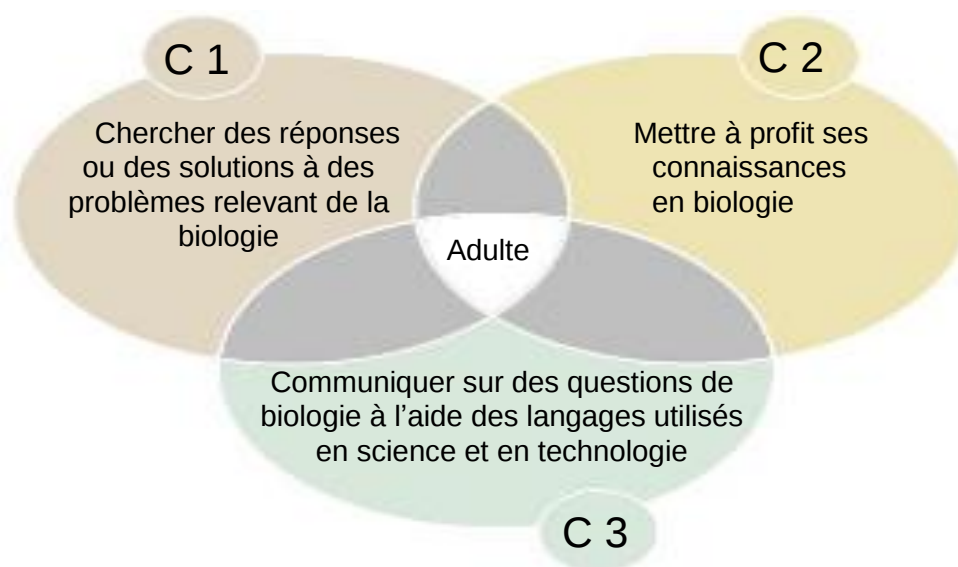


Schéma 1 – Interactions entre les compétences disciplinaires

Les trois compétences se recoupent de multiples façons et se développent en synergie. Ainsi, la recherche de solutions à des problèmes relevant de la biologie nécessite l'appropriation et la mise à profit de connaissances spécifiques, d'une part, et la maîtrise d'outils de communication, d'autre part. De même, l'exploitation des connaissances en biologie fait appel à l'utilisation d'un langage partagé par les membres de la communauté scientifique et est maintes fois réinvestie dans la résolution de problèmes.

Les trois aspects du développement d'une compétence

La compétence s'exprime dans l'action et se révèle par l'exécution adéquate de tâches dans un contexte donné. Son déploiement comporte trois aspects : la contextualisation, la mobilisation des ressources et le retour réflexif.

Dans un premier temps, l'exercice d'une compétence nécessite de la part de l'adulte une lecture judicieuse des caractéristiques du contexte : c'est la contextualisation. Dans un deuxième temps, l'adulte prend en compte les contraintes associées au contexte, planifie son action et agit en mobilisant un ensemble de ressources. Enfin, le fait d'être compétent renvoie à la capacité d'expliquer la façon dont on a pu mobiliser efficacement un ensemble approprié de ressources pour agir dans une situation donnée. Le concept de compétence implique donc la capacité à exposer le cheminement emprunté pour accomplir des tâches et résoudre des problèmes. C'est par cet exercice, le retour réflexif, que l'adulte peut mieux réguler ses actions et que le personnel enseignant est en mesure d'ajuster ses interventions.

Interactions entre les aspects du développement d'une compétence

Les trois aspects du développement d'une compétence ne sont pas simplement juxtaposés, mais interagissent de manière **dynamique** :

- l'interaction entre la contextualisation et la mobilisation des ressources se traduit par la réutilisation et la recombinaison des mêmes connaissances, et ce, de multiples façons selon les contextes;
- l'interaction entre le retour réflexif et la contextualisation permet de mieux déterminer les caractéristiques de la situation et de mieux tenir compte de ses contraintes;
- l'interaction entre le retour réflexif et la mobilisation des ressources porte notamment sur la réorganisation des connaissances. Elle fait aussi référence à toute forme d'analyse du cheminement emprunté qui permet d'en repérer les forces et les faiblesses.

Chacune de ces interactions contribue au transfert des apprentissages. Le schéma qui suit illustre le caractère dynamique du développement d'une compétence.

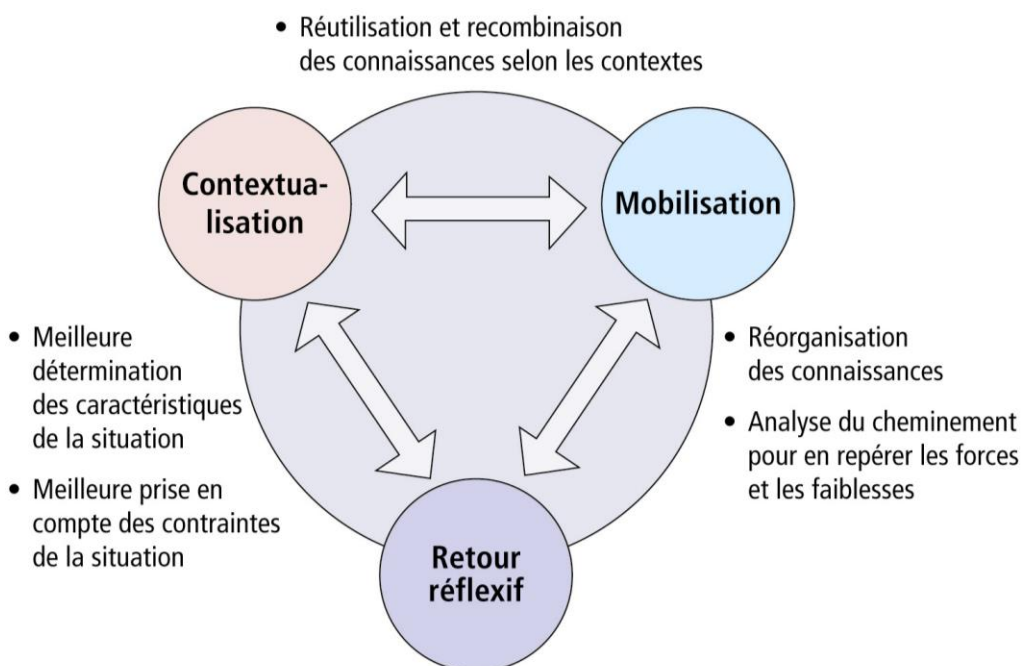


Schéma 2 – Interactions entre les aspects du déploiement d'une compétence

3.2 Compétence 1 : Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la biologie

3.2.1 Sens de la compétence

Tout comme les autres disciplines scientifiques, la biologie se caractérise par la rigueur dans la recherche de réponses ou de solutions à des problèmes relevant de son champ d'expertise. Le mode de raisonnement qu'elle privilégie repose sur des démarches d'investigation qui exigent la mobilisation de stratégies, de techniques et de concepts propres à la science. L'articulation de ces ressources suppose que l'adulte est en mesure de les choisir et de les adapter à une situation particulière. C'est par l'exploration de pistes variées, la mise à l'essai d'hypothèses, la rétroaction et le recadrage du problème que l'adulte parvient à construire une solution satisfaisante qui n'est pas pour autant la seule possible. De façon générale, en science, la compétence *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la biologie* fait appel à l'expérimentation et requiert l'utilisation de matériel spécialisé. Dans le programme d'études actuel de biologie, elle s'exerce surtout à l'aide de la modélisation et de la recherche documentaire.

Un premier aspect de cette compétence se manifeste lorsque l'adulte construit sa représentation d'un problème à partir d'indices significatifs et d'éléments qu'il juge pertinents. Cette première représentation peut exiger plusieurs ajustements ultérieurs.

La représentation du problème est suivie de la recherche de diverses possibilités de résolution. Une fois l'une d'elles sélectionnée, un plan d'action est élaboré. Ce plan tient compte, d'une part, des limites et des contraintes matérielles applicables et, d'autre part, des ressources disponibles pour la résolution du problème.

L'adulte concrétise ensuite le plan d'action en effectuant les manipulations ou les opérations planifiées et en prenant soin de consigner toutes les observations adéquates pouvant lui être utiles ultérieurement. Le besoin d'obtenir de nouvelles données peut impliquer une modification du plan de départ ou une recherche de pistes de solution plus appropriées.

Vient finalement l'analyse des données recueillies. L'adulte repère les tendances et les relations significatives, donne des explications pertinentes et tire des conclusions. S'il y a lieu, il juge de l'exactitude de son résultat en fonction de l'écart qu'il observe par rapport à une valeur conventionnellement admise. Ces mises en relation lui permettent de valider ou d'invalidier son hypothèse et de s'assurer de la pertinence de sa réponse.

3.2.2 Composantes et manifestations de la compétence

❖ Cerner un problème

- Repérer les éléments qui semblent pertinents.
- Déterminer les relations qui unissent les différents éléments.
- Reformuler le problème en faisant appel à des concepts de biologie.
- Proposer des hypothèses vraisemblables ou des solutions possibles.

❖ Élaborer un plan d'action

- Sélectionner une hypothèse ou une solution.
- Déterminer les ressources nécessaires.
- Planifier les étapes de la mise en œuvre du plan d'action.

❖ Concrétiser le plan d'action

- Procéder aux manipulations ou aux opérations planifiées.
- Recueillir des données ou noter toute observation pouvant être utile.
- Apporter, si nécessaire, des corrections à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action.

❖ Analyser les résultats

- Traiter les données recueillies ou les observations notées.
- Rechercher les tendances ou les relations significatives.
- Établir des liens entre les résultats et les concepts de biologie.
- Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée.
- Énoncer de nouvelles hypothèses ou solutions, s'il y a lieu.

3.2.3 Développement de la compétence

La biologie est une quête de réponses à des questions qui portent sur des phénomènes obéissant à des lois. Elle implique une activité scientifique qui génère des théories et des modèles permettant de comprendre ces phénomènes.

Pour favoriser le développement de la compétence *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la biologie*, l'enseignante ou l'enseignant propose à l'adulte des situations d'apprentissage qui font appel à une ou plusieurs démarches d'investigation et qui suscitent son engagement dans la résolution de problèmes. Pour concrétiser le plan d'action établi, la plupart des démarches mobilisées et articulées au cours du développement de cette compétence comportent un

certain nombre de tâches liées à la modélisation, à la recherche documentaire ou à l'expérimentation en laboratoire.

Les retours réflexifs effectués par l'adulte sur la démarche utilisée pour *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la biologie* favorisent une meilleure articulation des étapes de celle-ci. Ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles, les techniques et les stratégies employées tout au long de la recherche de solutions ou de réponses ainsi que sur leur adaptation aux exigences des différents contextes.

3.3 Compétence 2 : Mettre à profit ses connaissances en biologie

3.3.1 Sens de la compétence

La biologie se révèle indispensable à la compréhension d'un grand nombre d'enjeux de notre monde. L'adulte qui dispose de la capacité de mettre à profit ses connaissances en cette matière peut s'engager davantage dans la société et y exercer son rôle de citoyen de façon plus éclairée. Il a recours, pour ce faire, à des modes de raisonnement et à des démarches d'investigation dont il poursuit l'apprentissage dans ses cours de biologie.

La première composante de la compétence *Mettre à profit ses connaissances en biologie* se manifeste lorsque l'adulte se penche sur le contexte dans lequel se situe une problématique. Il définit d'abord les différents aspects de cette problématique et en dégage les enjeux éthiques. Puis, il identifie les applications ou les phénomènes qui sont liés à la biologie.

Lorsqu'il analyse un phénomène ou une application sous l'angle de la biologie, l'adulte les décrit de façon qualitative ou quantitative, en plus de reconnaître et d'expliquer les concepts, les lois, les théories ou les modèles de biologie qui y sont présents et les relations qui les unissent. Il peut être appelé à accomplir un certain nombre de tâches sur le terrain (ex. : collecte d'échantillons) ou au laboratoire (ex. : utilisation d'instruments d'observation).

En réinvestissant le résultat de son analyse, l'adulte est en mesure de formuler et de justifier une explication à la problématique. S'il y a lieu, il associe celle-ci à d'autres problématiques semblables.

Lorsque l'adulte doit se construire une opinion à l'égard de la problématique, il se documente sur les éléments qui lui semblent pertinents, compare les informations et les points de vue, puis exprime et justifie son opinion avec rigueur et cohérence en tenant compte de celle des autres.

3.3.2 Composantes et manifestations de la compétence

❖ Situer une problématique dans son contexte

- Définir les aspects contextuels de la problématique (contexte social, économique, environnemental, historique, etc.).
- Mettre en évidence des enjeux éthiques associés à la problématique.
- Dégager de la problématique les phénomènes ou les applications liés à la biologie.

❖ Analyser, sous l'angle de la biologie, un phénomène ou une application

- Décrire un phénomène ou une application de manière qualitative ou quantitative.
- Reconnaître les concepts, les lois, les théories, les principes ou les modèles de biologie qui sont en cause dans le phénomène ou l'application.
- Expliquer des concepts, des lois, des théories, des principes ou des modèles de biologie.
- Mettre en relation des concepts, des lois, des théories, des principes ou des modèles de biologie.

❖ Expliquer une problématique sous l'angle de la biologie

- Élaborer une explication en s'appuyant sur des concepts, des lois, des théories, des principes ou des modèles de biologie.
- Établir, s'il y a lieu, des liens avec d'autres problématiques qui font intervenir les mêmes éléments.
- Justifier une explication.

❖ Construire son opinion sur une problématique

- Déterminer les éléments qui peuvent aider à se construire une opinion.
- Se documenter sur ces éléments à partir de différentes ressources.
- Comparer différents points de vue.
- Justifier son opinion en s'appuyant sur les éléments considérés.
- Nuancer son opinion en tenant compte de celle des autres.

3.3.3 Développement de la compétence

Pour permettre à l'adulte de développer la compétence *Mettre à profit ses connaissances en biologie*, l'enseignante ou l'enseignant lui propose des situations d'apprentissage comportant l'analyse d'une ou de plusieurs problématiques liées à la biologie.

Le recours à la démarche d'investigation pour faire l'analyse de la problématique permet de dégager certains principes scientifiques qui y sont associés. Aussi, l'exercice de cette compétence suppose que l'adulte dispose des outils conceptuels nécessaires à la compréhension de ces principes. L'acquisition de nouvelles connaissances et leur mise en relation avec celles déjà acquises sont favorisées par le besoin de comprendre et d'expliquer une application ou un phénomène liés à la problématique. L'adulte réutilise toutes ces connaissances non seulement pour justifier l'opinion qu'il s'est construite à l'égard de la problématique, mais aussi pour débattre d'enjeux liés à la biologie.

Le travail métacognitif fait par l'adulte lors des retours réflexifs lui permet de se pencher sur la démarche utilisée pour mettre à profit ses connaissances en biologie. Cette réflexion favorise également l'organisation de ses ressources conceptuelles et leur adaptation aux exigences des différents contextes.

3.4 Compétence 3 : Communiquer sur des questions de biologie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

3.4.1 Sens de la compétence

La communication joue un rôle essentiel dans l'acquisition des connaissances scientifiques. En effet, celles-ci se construisent par le partage de significations, l'échange d'idées, de résultats et la négociation de points de vue. La compétence *Communiquer sur des questions de biologie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie* ne saurait être mobilisée indépendamment des deux autres compétences disciplinaires, dont elle vient par ailleurs renforcer le développement.

Dans ce programme d'études, l'adulte est invité à interpréter et à produire des messages portant sur des questions de biologie. Ces messages comportent, outre des tableaux, des graphiques, des schémas, des maquettes et des équations, un vocabulaire et des symboles propres à cette discipline. Certaines normes et conventions encadrent l'écriture de protocoles ou de rapports. L'adulte en tient compte lorsqu'il prend connaissance d'une tâche, recherche de l'information ou encore produit un plan d'action, rédige un rapport ou fournit une explication. Il s'assure aussi de la fiabilité des sources consultées et respecte les droits de propriété intellectuelle des personnes dont il reprend les idées ou les résultats.

3.4.2 Composantes et manifestations de la compétence

❖ Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique

- Situer le message dans son contexte.
- S'assurer de la fiabilité des sources.
- Repérer les éléments appropriés à l'interprétation du message.
- Saisir le sens précis des mots ou des énoncés.
- Établir des liens entre des concepts et leurs représentations graphiques ou symboliques.

❖ Produire des messages à caractère scientifique ou technologique

- Structurer son message.
- Utiliser un vocabulaire scientifique et technologique.
- Recourir aux langages symbolique et graphique associés à la science et à la technologie.
- Respecter les normes et les conventions établies pour les différents langages.
- Démontrer de la rigueur et de la cohérence.
- Respecter les droits de propriété intellectuelle.

3.4.3 Développement de la compétence

Afin de soutenir le développement de la compétence *Communiquer sur des questions de biologie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*, l'enseignante ou l'enseignant propose à l'adulte des situations d'apprentissage qui font appel à des modes de présentation variés, qui utilisent un vocabulaire scientifique et technologique précis et qui l'amènent à établir des liens entre diverses représentations des concepts.

Les situations d'apprentissage liées à la première ou à la deuxième compétence offrent généralement à l'adulte l'occasion de développer cette troisième compétence. En effet, l'étude d'un cas, l'écriture ou l'analyse d'un rapport, l'élaboration ou la compréhension d'un protocole, l'exécution d'un dessin d'observation ou encore la construction d'un modèle constituent des activités qui nécessitent la mise en œuvre de cette troisième compétence. Les situations où l'adulte partage le fruit d'un travail, recherche des réponses à un questionnement en ayant recours à un article scientifique, présente des résultats d'observation ou exprime son opinion sur une problématique en appuyant son argumentation favorisent le développement de ses habiletés à communiquer à l'aide d'un langage adapté à la biologie, dans le respect des conventions scientifiques et technologiques.

Les retours réflexifs effectués par l'adulte favorisent une meilleure articulation des stratégies d'interprétation et de production de messages scientifiques. Ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et les techniques associées à la communication, sur leur utilisation et sur leur adaptation aux exigences du contexte.

3.5 Démarches

Pour résoudre un problème de biologie ou étudier un phénomène ou une application, l'adulte adopte une démarche d'investigation. Le schéma suivant illustre des démarches d'investigation reconnues en science. Ces démarches sont utilisées autant pour la famille Recherche que la famille Expertise.

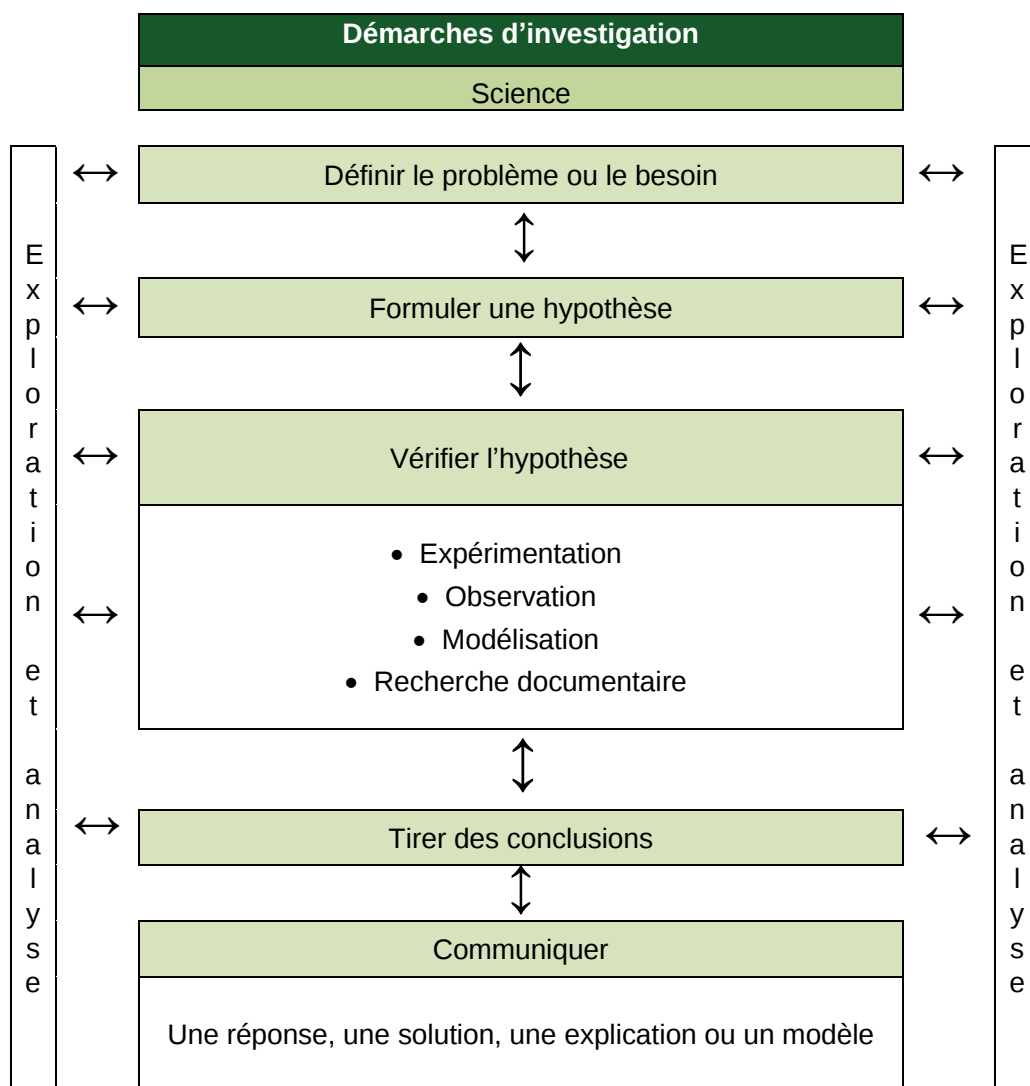


Schéma 3 – Démarches d'investigation

Comme le montrent les doubles flèches verticales, les démarches d'investigation sont rarement linéaires. Avant d'être en mesure de tirer ses conclusions et de communiquer sa solution, l'adulte peut revenir plusieurs fois à une étape antérieure. Les doubles flèches horizontales renvoient quant à elles aux stratégies d'exploration et d'analyse qu'emploie l'adulte pour progresser plus efficacement vers une conclusion. Des exemples pour chacune des stratégies et des étapes sont présentés aux annexes 1, 2 et 3.

L'appellation *démarches d'investigation* regroupe différentes démarches mentionnées dans les programmes d'études du deuxième cycle de l'enseignement secondaire. Cela comprend notamment les démarches expérimentale, de modélisation et d'observation ainsi que la recherche documentaire. Comme le démontre le schéma précédent, ces démarches ne se distinguent qu'à l'étape de la vérification de l'hypothèse. C'est pourquoi, dans le présent programme d'études, elles sont groupées sous l'appellation générale « démarches d'investigation ». Les tableaux de l'annexe 3 exposent le détail de chacune de ces différentes méthodes employées pour la vérification de l'hypothèse.

Le programme d'études de biologie donne l'occasion à l'adulte de mettre toutes ces méthodes en œuvre au cours du développement tant de la première compétence que de la seconde. Cependant, l'exercice de la première y fait explicitement appel. L'emploi des démarches expérimentales et d'observation permet de souligner, d'une part, les difficultés inhérentes à la recherche scientifique et, d'autre part, le travail accompli par les scientifiques qui ont su découvrir les différentes lois et théories de la biologie malgré le manque occasionnel de précision des instruments de mesure utilisés. Par ailleurs, lorsqu'il est difficile d'expérimenter avec du matériel vivant, l'emploi de la démarche de modélisation ou de la recherche documentaire sont particulièrement appropriées. La première vise à faciliter la compréhension d'une problématique, à représenter et à prédire certains phénomènes; tandis que la suivante permet la construction d'une argumentation solide basée sur des faits provenant de sources fiables.

Chapitre 4



Vue d'ensemble du contenu disciplinaire

4.1 Savoirs

Le programme d'études de biologie vise la consolidation et l'enrichissement d'une culture scientifique et technologique qui s'appuie sur le développement des compétences et repose sur la construction et la mobilisation de savoirs, démarches et stratégies avec l'appui de repères culturels. À cette intention s'ajoutent celles de former des utilisateurs de la biologie conscients de ses implications et de préparer un certain nombre d'adultes à entreprendre des carrières scientifiques et technologiques.

Ce programme d'études du nouveau curriculum n'est pas, contrairement aux programmes d'études de science et technologie, de chimie ou de physique, une adaptation des programmes d'études de la formation générale des jeunes approuvés par le ministre.

Les savoirs du programme d'études *Biologie* sont répartis en deux catégories, soit les concepts prescrits et les techniques. Le contenu du programme d'études s'inspire des enjeux contemporains en lien avec cette discipline ainsi que des programmes d'études de biologie actuels offerts dans les autres provinces canadiennes. Sont aussi intégrés les concepts de l'univers vivant qui ne sont pas couverts dans les programmes d'études de science et technologie de la formation de base diversifiée.

4.1.1 Concepts prescrits

Les concepts prescrits représentent le contenu spécifique et l'élément central de ce programme d'études. Ils sont regroupés en deux univers : l'*Univers vivant*, pour les concepts liés à la perpétuation des espèces, à la diversité de la vie ainsi qu'à son maintien, et l'*Univers technologique*, pour les concepts de biotechnologie.

Les concepts prescrits s'articulent autour de concepts généraux se rapportant aux problèmes et aux enjeux de la génétique et de ses applications ainsi qu'à ceux liés à la reproduction et au développement, tant chez l'humain que dans le monde animal et végétal. Au chapitre 6, on trouve des précisions sur la portée des concepts généraux ainsi qu'une liste détaillée des concepts prescrits et des connaissances à construire pour chaque cours.

Synthèse des concepts prescrits en <i>Biologie</i>	
Univers vivant	Univers technologique
Génétique • Héritéité • Chromosomes • Allèle • Caractère • Homozygote et hétérozygote • Dominance et récessivité • Génotype et phénotype • Lois de Mendel ○ Principe de dominance ○ Loi de la ségrégation ○ Loi de l'assortiment indépendant • Croisement ○ Héritéité liée aux autosomes ○ Héritéité liée au chromosome sexuel • Maladies héréditaires Biologie moléculaire • Génome • Réplication de l'ADN • Gène • Synthèse des protéines ○ Transcription ○ Traduction • Code génétique • Mutation Évolution • Évolution biologique • Diversité génétique • Patrimoine génétique • Mécanismes de la microévolution ○ Sélection naturelle ou artificielle ○ Flux génétique ○ Dérive génétique ○ Accouplement au hasard ○ Mutation • Adaptation • Interventions modifiant la génétique d'une espèce	Génie génétique • Outils de manipulation des gènes • Séquençage de l'ADN • Applications du génie génétique ○ Clonage ○ Transgénèse Biotechnologie • Diagnostic prénatal ○ Tests de dépistage de maladies héréditaires ○ Test diagnostique • Procréation médicalement assistée • Techniques d'intervention sur les mécanismes de reproduction

Division cellulaire • Cycle cellulaire ◦ Interphase ◦ Phase mitotique • Méiose • Mutation chromosomique • Cancer Reproduction chez l'humain • Système reproducteur ◦ Organes reproducteurs chez l'humain • Régulation hormonale • Gamétogenèse ◦ Spermatogenèse ◦ Ovogenèse • Fécondation • Fertilité • Contraception ◦ Hormonale ◦ Mécanique ◦ Chimique Développement • Développement embryonnaire • Croissance • Cellule souche • Différenciation cellulaire • Morphogenèse • Grossesse ◦ Période embryonnaire ◦ Période fœtale • Apoptose	
--	--

Tableau 1 – Synthèse des concepts prescrits en *Biologie*

4.1.2 Techniques

Les techniques renvoient à des procédés méthodiques qui balisent la mise en application de connaissances théoriques. Elles se répartissent en deux catégories : *Langage graphique* et *Manipulation*.

La compréhension de concepts généraux abordés lors de tâches complexes est facilitée par les activités de laboratoire. Au-delà de la démarche d'investigation, ces activités sont l'occasion de développer l'autonomie de raisonnement des adultes dans la mesure où ces derniers peuvent faire des choix lors des étapes de leur démarche.

Synthèse des techniques	
Langage graphique	
-	Dessin d'observation
Manipulation	
-	Utilisation du matériel de laboratoire
-	Utilisation d'instruments d'observation
-	Préparation d'échantillons

Tableau 2 – Synthèse des techniques

4.2 Repères culturels

Les repères culturels revêtent une signification particulière sur le plan de la culture scientifique. Ils contribuent à enrichir les situations d'apprentissage en les ancrant dans la réalité sociale et culturelle. Ce sont des objets techniques, des systèmes technologiques, des procédés, des produits, des hommes et des femmes de science, des ressources du milieu, des interventions humaines ou des événements en lien avec le contenu notionnel des cours. Une liste des repères culturels est donnée pour chaque cours, au chapitre 6.

Les repères culturels font partie du contenu disciplinaire à mobiliser dans les cours de ce programme d'études. Si leur utilisation est prescrite, ce n'est pas le cas des exemples, qui ne servent qu'à les illustrer. La liste établie n'est pas exhaustive.

Chapitre 5



**Structure des cours
du programme d'études**

Présentation des cours

Le contenu disciplinaire est réparti en deux cours de cinquante heures de formation, et cela, dans le but de mieux s'adapter aux besoins des adultes en formation continue.

Les deux cours de biologie

Les cours BIO-5070-2 et BIO-5071-2 constituent les éléments du programme d'études *Biologie*. Bien qu'ils entretiennent des liens entre eux et présentent différentes facettes d'une même réalité, ces deux cours sont indépendants l'un de l'autre et peuvent être suivis dans n'importe quel ordre.

Le cours BIO-5070-2 traite des enjeux et des problèmes liés au fonctionnement moléculaire de la cellule de même qu'à la génétique, à sa diversité et à l'évolution qui en résulte. À partir de problématiques impliquant des applications liées à la génétique, l'adulte traite des données non seulement pour chercher des réponses ou des solutions, mais aussi pour mettre à profit ses connaissances en biologie. Aucune technique de laboratoire n'est prescrite pour ce cours.

Le cours BIO-5071-2 traite des enjeux et des problèmes liés aux mécanismes de la division cellulaire ainsi qu'à la reproduction, à la croissance et au développement chez l'humain. À partir de problématiques impliquant des technologies de la reproduction ou portant sur la biologie du développement, l'adulte traite des données non seulement pour chercher des réponses ou des solutions, mais aussi pour mettre à profit ses connaissances en biologie. Des activités en laboratoire sont à prévoir.

Le tableau suivant présente le contenu des cours du programme d'études *Biologie*.

Cours du programme d'études <i>Biologie</i>		
Titre	Durée	Concepts généraux
BIO-5070-2 <i>La génétique et ses applications</i>	50 heures 2 unités	• Génétique • Biologie moléculaire • Évolution • Génie génétique
BIO-5071-2 <i>Reproduction et développement</i>	50 heures 2 unités	• Division cellulaire • Reproduction chez l'humain • Développement • Biotechnologie

Tableau 3 – Cours du programme d'études *Biologie*

Chapitre 6



Cours du programme d'études

Structure de présentation des cours

La présente section contient une description détaillée de chacun des cours du programme d'études de biologie. On y trouve, pour chaque cours, les rubriques suivantes, dans l'ordre :

Rubriques des cours
Présentation du cours
Compétences disciplinaires
Démarches
Compétences transversales
Contenu disciplinaire
Familles de situations d'apprentissage
Domaines généraux de formation
Exemples de situations d'apprentissage
Attentes de fin de cours
Critères d'évaluation des compétences visées par le cours

Cours
BIO-5070-2
La génétique
et ses applications

Biologie



BIO-5070-2

La génétique et ses applications

PRÉSENTATION DU COURS

Le but du cours intitulé *La génétique et ses applications* est de rendre l'adulte apte à traiter efficacement des situations des familles Recherche et Expertise portant sur la génétique, ses applications et leurs impacts.

Dans ce cours, l'adulte cherche des réponses à des problèmes ayant trait au fonctionnement moléculaire de la cellule de même qu'à la génétique, à sa diversité et à l'évolution qui en résulte. Il traite des données afin de résoudre des problèmes de croisements génétiques, de calculer des probabilités liées aux maladies héréditaires ou d'interpréter des tests d'analyse d'ADN. Il met à profit ses connaissances pour illustrer les effets d'une mutation de la séquence de l'ADN d'une cellule, pour comprendre la présence d'une maladie génétique ou pour expliquer la capacité d'une espèce à s'adapter à un changement survenant dans son environnement. Il prend des décisions éclairées à l'égard des enjeux sociaux, éthiques et environnementaux qui résultent de l'utilisation des technologies en biologie moléculaire, notamment du clonage de gènes et de la transgénèse, et évalue leurs répercussions sur les sociétés et les démographies. Finalement, il utilise divers moyens pour communiquer ses idées et les résultats de ses recherches scientifiques en lien avec les applications de la génétique.

Au terme de ce cours, dans des situations de *Recherche* et d'*Expertise*, l'adulte est en mesure :

- d'expliquer les mécanismes de transmission de caractères héréditaires à partir de croisements génétiques faisant appel aux lois de Mendel ou à l'hérédité liée au sexe;
- d'interpréter des informations portant sur la diversité des allèles d'une population (ex. : groupes sanguins des systèmes ABO et Rh);
- d'interpréter un arbre généalogique et des caryotypes humains dans le but de répondre à un questionnaire en lien avec l'hérédité;
- d'analyser un enjeu lié à une application du génie génétique;
- de justifier la production d'organismes génétiquement modifiés (OGM) en s'appuyant sur des aspects biotechniques, sociaux, éthiques et environnementaux;
- de motiver l'utilité de la diversité face à l'homogénéisation génétique des plantes cultivées ou des animaux d'élevage;
- de discuter de questions d'ordre éthique qui pourraient survenir lors du dépistage génétique de maladies héréditaires;
- d'exploiter des résultats provenant de biotechniques (par exemple, pour établir une empreinte génétique ou pour détecter une anomalie génétique lors d'un test diagnostique de maladies héréditaires);
- d'analyser, à partir d'un cas concret, certains mécanismes de la microévolution et leurs effets sur la biodiversité ou la survie d'une population.

COMPÉTENCES DISCIPLINAIRES

Le tableau qui suit énumère les composantes à prendre en compte pour chacune des compétences du présent cours. Les manifestations de ces composantes sont présentées à l'annexe 4.

Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la biologie	Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances en biologie	Compétence 3 Communiquer sur des questions de biologie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie
▪ Cerner un problème ▪ Élaborer un plan d'action ▪ Concrétiser le plan d'action ▪ Analyser les résultats	▪ Situer une problématique dans son contexte ▪ Analyser, sous l'angle de la biologie, un phénomène ou une application ▪ Expliquer une problématique sous l'angle de la biologie ▪ Construire son opinion sur une problématique	▪ Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique ▪ Produire des messages à caractère scientifique et technologique

DÉMARCHES

L'adulte est apte à traiter une problématique, à résoudre un problème ainsi qu'à étudier une application grâce aux démarches d'investigation. Voici un rappel des étapes de telles démarches :

- définir le problème ou le besoin;
- formuler une hypothèse;
- vérifier l'hypothèse;
- tirer des conclusions et communiquer.

Les démarches d'investigation les plus appropriées à ce cours sont : la modélisation, la recherche documentaire et l'observation. C'est à l'étape de la vérification de l'hypothèse que ces démarches se distinguent. La section 3.5 et les annexes 2 et 3 présentent des démarches d'investigation et leurs caractéristiques respectives.

COMPÉTENCES TRANSVERSALES

Les compétences transversales complètent les compétences disciplinaires, le développement des unes contribuant à celui des autres. Le cours BIO-5070-2 permet la mise en œuvre de l'ensemble des compétences transversales. Certaines d'entre elles, inscrites dans les cases grises du tableau ci-dessous, sont particulièrement visées dans les exemples de situations d'apprentissage présentés dans ce cours.

Compétences transversales			
Ordre intellectuel	Ordre de la communication	Ordre personnel et social	Ordre méthodologique
Exploiter l'information	Communiquer de façon appropriée	Actualiser son potentiel	Se donner des méthodes de travail efficaces
Résoudre des problèmes		Coopérer	Exploiter les technologies de l'information et de la communication
Exercer son jugement critique			
Mettre en œuvre sa pensée créatrice			

CONTENU DISCIPLINAIRE

A) SAVOIRS

Les concepts prescrits représentent les savoirs spécifiques de ce cours. Ils sont énumérés dans les tableaux de la section suivante.

1. Concepts

Les connaissances inscrites en italiques ont été construites dans les programmes d'études de science et technologie du programme de formation de l'école québécoise et doivent être à nouveau mobilisées dans ce cours.

Univers vivant	
Concept général : Génétique	
La génétique est l'étude de la transmission héréditaire des caractères et de la variation entre les individus. Les gènes, unités de base de l'hérédité, se trouvent à des endroits bien précis sur les chromosomes. Chaque gène de cellule eucaryote est composé de deux allèles qui subissent les phénomènes de ségrégation et d'assortiment indépendant lors de la formation des gamètes. L'application des lois de Mendel sur l'hérédité nécessite de considérer le phénotype d'un individu pour tenter de déterminer son génotype sous-jacent. L'échiquier de Punnett est quant à lui utilisé pour prédire les résultats de croisements contrôlés. Enfin, l'arbre généalogique représente les unions et les descendances pendant de nombreuses générations pour un caractère particulier. Il permet de prévoir les risques de transmission d'une maladie héréditaire. Une maladie autosomique dominante comme la maladie de Huntington nécessite une seule copie du gène mutant pour se manifester. De leur côté, les maladies héréditaires à transmission autosomique récessive, telles la mucoviscidose (fibrose kystique), l'anémie falciforme, la β-thalassémie, l'acidose lactique et la phénylcétonurie, s'expriment seulement chez les individus homozygotes. Les hétérozygotes qui portent un seul gène mutant ne sont habituellement pas touchés par ces maladies : on les appelle des porteurs sains. Les anomalies liées au sexe (ex. : daltonisme, hémophilie, myopathie de Duchenne) sont plus fréquentes chez les mâles que chez les femelles.	
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES CONSTRUITES ANTÉRIEUREMENT
Compatibilité des groupes sanguins	<i>Déterminer la compatibilité ou l'incompatibilité des groupes sanguins entre eux (ex. : un individu du groupe A ne peut recevoir du sang que de type O ou A).</i>
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Hérédité	Définir l'hérédité comme étant la transmission des caractères d'une génération à l'autre.
Chromosomes	Décrire le rôle des chromosomes comme porteurs de l'information génétique et responsables de la transmission d'informations héréditaires.
	Distinguer, à l'aide d'un caryotype, les chromosomes sexuels des autosomes.
	Établir la relation entre les chromosomes sexuels et la détermination du sexe chez l'humain.
Allèle	Définir un allèle comme étant l'une des formes que peut prendre un gène.

Caractère	Reconnaître des caractères héréditaires chez un individu ou dans une population (ex. : la couleur des yeux, les groupes sanguins, les maladies héréditaires).
Génétique (suite)	
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Homozygote et hétérozygote	Définir un individu homozygote pour un gène comme étant porteur de deux allèles identiques de ce gène.
	Définir un individu hétérozygote pour un gène comme étant porteur de deux allèles différents de ce gène.
Dominance et récessivité	Décrire les phénomènes de dominance et de récessivité des caractères.
Génotype et phénotype	Associer, pour un caractère héréditaire, le génotype à la combinaison des deux allèles du gène correspondant.
	Associer le phénotype aux caractères observables d'un individu.
	Distinguer, pour un ou plusieurs caractères, le génotype et le phénotype d'un individu à l'aide d'un tableau de croisement (échiquier de Punnett) ou d'un caryotype.
Lois de Mendel ○ Principe de dominance ○ Loi de la ségrégation ○ Loi de l'assortiment indépendant	Décrire les principaux mécanismes de l'hérédité proposés par Mendel en soulignant leur importance dans la compréhension de l'hérédité : principe de dominance, loi de la ségrégation et loi de l'assortiment indépendant.
	Illustrer comment l'assortiment indépendant augmente, par plusieurs combinaisons potentielles de chromosomes lors de la formation des gamètes, la variabilité génétique.
Croisement ○ Hérédité liée aux autosomes ○ Hérédité liée au chromosome sexuel	Déterminer les proportions des résultats de croisements monohybrides ou dihybrides à l'aide de règles de probabilité ou d'un échiquier de Punnett.
	Identifier, à l'aide d'un arbre généalogique, le mode de transmission d'un caractère héréditaire (transmission autosomique dominante, autosomique récessive ou liée au sexe).
Maladies héréditaires	Indiquer, à l'aide d'un arbre généalogique, la probabilité pour un couple donné d'avoir un enfant atteint d'une maladie héréditaire (ex. : la maladie de Huntington, la fibrose kystique, l'anémie falciforme, la phénylcétonurie, le daltonisme, l'hémophilie ou la myopathie de Duchenne).
	Déterminer, à l'aide d'un caryotype, si un individu est porteur ou atteint d'une maladie héréditaire.

Concept général : Biologie moléculaire	
La biologie moléculaire s'intéresse à l'étude des processus de réplication, de transcription et de traduction de l'ADN, support chimique de l'information génétique. La réplication de l'ADN se fait selon un modèle semi-conservateur qui suit un mécanisme très précis impliquant le principe de l'appariement des bases azotées formant les nucléotides. Elle permet de dupliquer le matériel génétique. Si des erreurs ont lieu lors de la réplication de l'ADN, des enzymes se chargent de réparer le brin endommagé. La transcription de l'ADN d'un gène en ARN permet quant à elle sa traduction en protéines. Dans le noyau, l'ADN est d'abord transcrit en ARN messager (ARNm). Ensuite, la traduction en chaîne d'acides aminés se déroule dans le cytoplasme, sur un ribosome, à l'aide de l'ARN de transfert (ARNt). Le code génétique établit la correspondance entre chaque codon d'ARNm et sa traduction en acide aminé. Un même gène peut produire différentes protéines. Cependant, une grande partie de l'ADN humain est composée de séquences non codantes. L'intégrité des molécules d'ADN et des processus de réplication, de transcription et de traduction est garante de la santé de l'organisme, car un infime changement dans la séquence des nucléotides peut entraîner la formation d'une protéine altérée, avoir des effets physiologiques négatifs ou conduire à un changement durable du phénotype. Les mutations sont des modifications de la séquence de l'ADN d'une cellule. Plusieurs mutations se produisent naturellement; elles sont dites spontanées. D'autres peuvent être provoquées par des agents mutagènes, par exemple des radiations, des produits chimiques ou des infections virales, bactériennes ou parasitaires. Certaines mutations de l'ADN peuvent provoquer des maladies héréditaires ou encore être à l'origine de nouveaux allèles. Elles participent aussi à créer la diversité génétique à la base de l'évolution.	
Concepts prescrits	CONNAISSANCES CONSTRUITES ANTÉRIEUREMENT
ADN	Décrire la forme de l'ADN (double hélice). Expliquer le rôle de l'ADN (molécule portant le code génétique d'un individu. Cette information est présente en totalité dans chacune des cellules du corps).
Concepts prescrits	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Génome	Définir le génome comme étant l'ensemble du matériel génétique, c'est-à-dire toutes les molécules d'ADN d'une cellule.
Réplication de l'ADN	Associer la réplication de l'ADN au dédoublement des gènes en vue de leur transmission aux deux cellules filles.
Gène	Définir un gène comme étant un segment d'ADN qui porte le code permettant la synthèse d'une ou de plusieurs protéines. Décrire la composition (bases azotées, sucre, phosphate) et la structure générale (appariement des bases sur la double hélice) d'une molécule d'ADN.
Synthèse des protéines ○ Transcription ○ Traduction	Associer la synthèse des protéines à la transcription d'un brin d'ADN en ARNm, puis à sa traduction en séquence d'acides aminés à l'aide de l'ARNt.
Code génétique	À l'aide d'un tableau indiquant le code génétique, déterminer, à l'aide d'un tableau indiquant le code génétique, les acides aminés correspondant à une suite de codons ou la séquence d'ADN codante pour une séquence
Mutation	Reconnaître les substitutions et les insertions ou délétions d'une paire de bases comme étant les deux principales catégories de mutations ponctuelles ayant lieu lors de la réplication de l'ADN. Identifier quelques causes de mutations : des erreurs lors de la réplication, la réparation ou la recombinaison de l'ADN et l'exposition à des agents mutagènes (tels que des radiations, des produits chimiques ou des infections). Expliquer comment une mutation peut être à l'origine d'une protéine différente ou de l'absence d'une protéine et avoir des conséquences sur l'apparition d'une maladie ou d'un cancer.

Concept général : Évolution	
L'évolution est un processus d'adaptation portant sur la transformation des espèces vivantes depuis l'apparition de la vie sur terre jusqu'à la diversité d'aujourd'hui. Elle explique à la fois la diversité et l'unité du vivant. Elle résulte de tout ce qui provoque un changement dans la composition génétique d'une population. À une échelle plus réduite, elle consiste dans la modification de la fréquence des allèles dans une population, au cours de générations successives. Les mécanismes favorisant la variation génétique ont des conséquences variables sur la survie des individus et des espèces : ils peuvent être bénéfiques, nuisibles ou neutres et, dans certains cas, ils sont susceptibles de mener à la spéciation. Les croisements de végétaux ou d'animaux permettent de favoriser l'émergence d'une caractéristique utile chez la majorité des individus d'une même espèce. Cette méthode, qualifiée de sélection artificielle, est largement utilisée dans le domaine de l'agronomie. Elle engendre des changements évolutifs beaucoup plus rapides que ceux de la sélection naturelle. L'utilisation d'antibiotiques augmente quant à elle la fréquence des bactéries résistantes par sélection naturelle. De la même manière, l'emploi de substances chimiques pour lutter contre des populations d'insectes ravageurs favorise l'émergence de populations d'insectes résistants. Les interventions modifiant la génétique d'une espèce, qui s'ajoutent aux multiples actions transformant l'environnement des êtres vivants, créent des enjeux et des problèmes liés au maintien de la biodiversité. L'apparition de nouvelles espèces ou, à l'inverse, l'extinction de certaines espèces font partie des enjeux sur lesquels la société doit se pencher.	
Concepts prescrits	CONNAISSANCES CONSTRUITES ANTÉRIEUREMENT
Diversité génétique	Associer la diversité génétique à la reproduction sexuée (la combinaison de gènes provenant de la mère et du père assure la diversité).
Concepts prescrits	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Évolution biologique	Décrire l'évolution biologique comme étant le processus observable par lequel les caractères héréditaires des organismes changent, depuis des générations successives, par des mécanismes favorisant la variation génétique.
Diversité génétique	Définir la diversité génétique sous l'angle de la variabilité des gènes au sein d'une même espèce.
	Reconnaître l'impact des activités humaines sur la répartition des êtres vivants et la biodiversité (ex. : la diversité génétique des espèces sauvages est plus élevée que celle des espèces domestiques qui ont subi un processus de sélection artificielle).
Patrimoine génétique	Définir le patrimoine génétique comme étant l'ensemble des gènes d'une population à un moment donné.
Mécanismes de la microévolution ○ Sélection naturelle ou artificielle ○ Flux génétique ○ Dérive génétique ○ Accouplement au hasard ○ Mutation	Décrire comment la sélection (naturelle ou artificielle), le flux génétique, la dérive génétique (effet fondateur et d'étranglement), l'accouplement au hasard et les mutations influent sur le patrimoine génétique d'une population, d'une génération à l'autre (ex. : la fréquence élevée des maladies héréditaires dans la population du Saguenay – Lac-Saint-Jean).
Adaptation	Illustrer le processus d'adaptation d'une population à son milieu par l'augmentation de la fréquence des formes résistantes par sélection naturelle (ex. : la résistance des bactéries aux antibiotiques ou la perte de sensibilité d'une population d'insectes à un insecticide).
Interventions modifiant la génétique d'une espèce	Décrire les effets sur la biodiversité des techniques modifiant la génétique d'une espèce (ex. : la sélection de semences, l'hybridation ou le clonage cellulaire).

Univers technologique	
Concept général : Génie génétique	
Presque tous les êtres vivants utilisent le même code génétique : un même codon correspond à un même acide aminé, que ce soit chez l'animal, le végétal ou la bactérie. Cette universalité du code génétique permet de manipuler des gènes et de les transposer d'un organisme à un autre. Les techniques de biologie moléculaire employées pour séquencer, recombiner, transférer et analyser les gènes des organismes vivants font partie du domaine du génie génétique. Le génie génétique peut ainsi, par l'ajout ou la modification de gènes, faire perdre ou acquérir des caractéristiques aux végétaux et aux animaux, et ce, dès la première génération. Le domaine du génie génétique est en évolution : de nouvelles techniques sont constamment mises au point. Par exemple, on peut déterminer l'empreinte génétique d'un individu par l'analyse de séquences spécifiques d'ADN, puisque certaines sont uniques à chacun. Les applications du génie génétique interviennent dans des champs d'activité aussi variés que l'agriculture, la médecine ou la criminologie et tendent à transformer notre société, et peut-être l'espèce humaine elle-même. Ces nouvelles techniques et leurs applications soulèvent plusieurs questions sociales, éthiques ou environnementales qui amènent la société à se pencher sur les enjeux qui en découlent.	
Concepts prescrits	CONNAISSANCES CONSTRUITES ANTÉRIEUREMENT
<i>Transformation génétique</i> Organismes génétiquement modifiés (OGM)	<i>Nommer les principaux avantages et inconvénients des transformations génétiques (traitement de cancers, plantes résistant à des insectes nuisibles et tolérant certains herbicides, enrichissement en vitamine ou modification de la nature de certains aliments, réglementation et contrôles).</i>
Concepts prescrits	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Outils de manipulation des gènes	Décrire le rôle des principaux outils utilisés pour manipuler les gènes (ex. : un enzyme de restriction coupe des séquences spécifiques de paires de bases sur les deux brins de l'ADN, un vecteur de clonage supporte l'insertion d'un fragment d'ADN et est capable de réplication autonome dans une cellule hôte, l'ADN recombinant est utilisé pour la production de protéines thérapeutiques).
Séquençage de l'ADN	Identifier un enjeu en lien avec l'établissement d'une empreinte génétique (ex. : l'eugénisme à la suite du dépistage d'une maladie héréditaire, le brevetage de gènes ou la divulgation de renseignements personnels).
Applications du génie génétique - Clonage - Transgénése	Définir le clonage comme étant un procédé qui permet de faire des copies identiques d'un gène, d'une cellule ou d'un organisme entier.
	Reconnaître l'utilité du clonage des gènes (ex. : la production de vaccins, la fabrication d'insuline, d'EPO, de somatotrophine pour la production laitière, de l'hormone de croissance).
	Définir la transgénése comme étant le moyen de produire un OGM par le transfert d'un ou de plusieurs gènes étrangers à une cellule afin d'en modifier le génome.
	Identifier un enjeu en lien avec une application du génie génétique (ex. : les risques pour la biodiversité de la production d'OGM, les lois interdisant le clonage d'êtres humains, le traitement de maladies génétiques à l'aide de la thérapie génique).

B) REPÈRES CULTURELS

Les repères culturels rendent les situations d'apprentissage plus signifiantes. Sans être exhaustif ni prescriptif, le tableau qui suit énumère des repères pouvant être associés à ce cours.

REPÈRES CULTURELS				
Objets techniques, systèmes technologiques, procédés et produits		Génétique - Tests génétiques (maladie héréditaire) Biologie moléculaire - Base de données d'ADN (système CODIS) - Prélèvement d'ADN (empreinte génétique) Évolution - Antibiotogramme - Sélection génomique (vaches laitières) Génie génétique - Agronomie : production de plantes transgéniques (maïs, soya) - GloFish (poisson zébré génétiquement modifié) - Oncosouris de Harvard - Production d'insuline humaine par des microorganismes - Riz doré		
Univers	Hommes et femmes de science	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Vivant	Charles Darwin Frederick Griffith Barbara McClintock Gregor Mendel Thomas Hunt Morgan Reginald Punnett	Association régionale de l'acidose lactique Banque nationale de données génétiques du Canada (BNDG) Banques d'information génétique Corporation de recherche et d'action sur les maladies héréditaires (CORAMH) Génome Québec Programme canadien des ressources génétiques animales Projet BALSAC Réserve mondiale de semences du Svalbard		Découverte de la structure hélicoïdale de l'ADN Projet Génome humain
Technologique	Stanley Cohen et Herbert Boyer Alec Jeffreys Kary Mullis Michael Smith James Watson et Francis Crick	Association de thérapie génique du Québec Commission de l'éthique en science et en technologie du Québec Musée Armand-Frappier www.ogm.gouv.qc.ca (source d'information sur les OGM) Réseau de médecine génétique appliquée	Loi sur l'identification par les empreintes génétiques (L. C. 1998, chap. 37) <i>Le Monsanto Protection Act</i>	Clonage de Starbuck Protocole de Carthagène

FAMILLES DE SITUATIONS D'APPRENTISSAGE

Dans ce cours, les situations d'apprentissage issues des familles *Recherche* et *Expertise* portent sur les applications liées à la génétique et leurs impacts sur les sociétés et la biodiversité. Ces situations englobent différents concepts généraux. Les paragraphes suivants présentent des exemples de tâches qui peuvent être confiées à l'adulte dans des situations d'apprentissage faisant appel à un ou plusieurs concepts généraux.

Une situation qui sollicite les concepts généraux « biologie moléculaire » et « génie génétique » peut conduire l'adulte à déterminer l'empreinte génétique d'un individu. L'adulte peut reconnaître et décrire des techniques de génie génétique permettant la manipulation de l'information héréditaire. Devant un cas de mutation, il est en mesure de démontrer qu'un changement dans une séquence spécifique d'ADN ou d'ARN peut entraîner une modification dans l'expression des gènes.

Une situation portant sur la biologie moléculaire peut amener l'adulte à se pencher sur l'origine d'une maladie génétique et à se questionner sur l'expression de l'information génétique, soit la relation entre l'ADN et la synthèse des protéines. Comme il est sensibilisé aux conséquences de l'exposition à des agents mutagènes, l'adulte peut juger de leurs effets. L'étude de la génétique lui permet de comprendre que les maladies génétiques ne sont pas forcément toutes héréditaires.

Dans une situation d'apprentissage qui aborde les concepts généraux « évolution » et « génétique », l'adulte peut traiter des données qualitatives ou quantitatives qui reflètent un changement dans la composition génétique d'une population au fil du temps. À l'aide des différents mécanismes de l'évolution, il peut justifier ces changements ou faire des prédictions portant sur le patrimoine génétique d'une population. L'étude du concept général « biologie moléculaire » lui permet d'exploiter des données pour établir des liens entre les séquences d'ADN et des caractères différents observés chez des individus.

Une situation portant sur le concept général « génétique » peut amener l'adulte à résoudre un problème lié à l'hérédité. L'adulte peut modéliser, à partir d'un modèle de caryotype, les processus qui assurent la transmission de l'information génétique. Il peut décrire le génotype et le phénotype liés à un allèle précis ou indiquer l'origine maternelle ou paternelle d'un chromosome. Il exploite ses connaissances pour expliquer comment un parent transmet certains de ses caractères à ses enfants. L'adulte fait appel au concept général « génie génétique » pour expliquer comment on peut analyser l'ADN et, ainsi, dépister la présence d'un gène défectueux.

Dans une situation portant sur le concept général « génie génétique », l'adulte peut justifier son opinion sur une technique du génie génétique, par exemple le clonage des gènes ou la transgénèse. Il peut décrire certaines manipulations du matériel génétique et reconnaître leurs applications thérapeutiques. À l'aide du concept général « évolution », l'adulte peut expliquer comment les interventions modifiant la génétique d'une espèce peuvent influencer sur le maintien de la biodiversité.

DOMAINES GÉNÉRAUX DE FORMATION

Les situations d'apprentissage sont plus signifiantes pour l'adulte lorsqu'elles sont liées par leur contexte aux domaines généraux de formation (DGF). Les domaines *Santé et bien-être*, *Environnement et consommation*, *Médias* et *Vivre-ensemble et citoyenneté* sont les plus susceptibles d'être exploités pour créer des situations d'apprentissage pour le cours BIO-5070-2. Les exemples qui suivent la présentation des familles de situations d'apprentissage pour ce cours rejoignent l'intention éducative des DGF *Environnement et consommation*, *Médias* ainsi que *Vivre-ensemble et citoyenneté*.

Domaines généraux de formation
Santé et bien-être
Orientation et entrepreneuriat
Environnement et consommation
Médias
Vivre-ensemble et citoyenneté

EXEMPLES DE SITUATIONS D'APPRENTISSAGE

Dans les exemples de situations d'apprentissage suivants, les principales tâches effectuées soutiennent le développement des trois compétences disciplinaires. Elles appartiennent donc aux familles *Recherche* et *Expertise*.

Famille *Recherche* : À la recherche d'un coupable

On a trouvé quelques cheveux sur la scène d'un crime. Les policiers suspectent deux individus et vous demandent de comparer l'ADN prélevé avec celui des suspects. Au laboratoire, on a établi l'empreinte génétique de l'ADN découvert sur la scène de crime et la technicienne vous remet les résultats de l'électrophorèse sur gel. De votre côté, en parcourant les dossiers des suspects, vous avez mis la main sur leurs profils d'ADN. Vous devez identifier le coupable.

Pour appuyer votre décision, votre dossier doit comprendre :

- une représentation du problème, appuyée d'une description de la structure de l'ADN et de sa réplication;
- une explication des principes scientifiques qui permettent de déterminer l'empreinte génétique d'un individu;
- une analyse de l'ADN des suspects à l'aide d'enzymes de restriction;

- une comparaison des résultats de l'électrophorèse sur gel avec l'analyse des profils d'ADN des suspects.

Famille *Expertise* : Des plantes transgéniques

Depuis plusieurs générations, la famille de Louis Verdure cultive le maïs et, récemment, une partie des terres de l'entreprise a été réservée à la culture du soya. Or, les variations importantes de précipitations et de température des dernières années forcent cette entreprise québécoise à revoir ses pratiques agricoles. En effet, les plantations de maïs sont trop souvent la cible d'insectes ravageurs, tandis que les plants de soya sont envahis par les mauvaises herbes de façon récurrente.

Depuis la dernière assemblée générale des producteurs de grains, Louis Verdure s'intéresse à de nouvelles semences transgéniques : le maïs-grain *Bt* est résistant aux insectes et le soya transgénique est tolérant aux herbicides. Est-ce qu'il serait avantageux pour Louis Verdure d'avoir recours aux OGM? Pourquoi? Quels sont les avantages et les risques?

Dans votre justification, prenez soin de fournir :

- une description de ce qu'est un OGM, accompagnée d'une explication du code génétique et de la synthèse des protéines;
- de l'information portant sur les mécanismes de transmission de caractères héréditaires;
- les facteurs influant sur les mécanismes de l'évolution, et les répercussions sociales et environnementales de la sélection artificielle à la suite de l'utilisation d'OGM;
- une justification des avantages et des inconvénients de l'utilisation d'OGM en agriculture.

ATTENTES DE FIN DE COURS

Le traitement de situations d'apprentissage suppose que l'adulte s'approprie une démarche d'investigation faisant appel à l'expérimentation, à la modélisation, à la recherche documentaire et à l'observation. Ces situations le conduisent, en biologie, à mettre en œuvre des habiletés de résolution de problèmes, à utiliser ses connaissances et à produire des messages.

L'adulte amené à résoudre un problème lié à la génétique, à ses applications et à leurs impacts s'en donne une représentation à la suite de la lecture ou de l'interprétation de messages à caractère scientifique. Il élabore un protocole expérimental ou un modèle adapté à l'une de ses hypothèses et exploite ainsi ses connaissances sur la génétique, la biologie moléculaire, l'évolution et le génie génétique. Il planifie les étapes de sa recherche et choisit, parmi les ressources disponibles, celles qui lui permettent de trouver des réponses aux questions soulevées. Il peut mettre en œuvre un plan d'action en réalisant les activités prévues ou décrire un plan d'action dont les activités ont déjà été accomplies. En laboratoire, il démontre des habiletés à préparer et à observer des échantillons. Au besoin, il utilise une démarche de modélisation pour résoudre le problème. L'adulte peut aussi apporter une solution à des problèmes génétiques de base à partir de collectes de données. Par exemple, il analyse les données recueillies à la suite d'un test d'ADN en s'appuyant sur sa compréhension des processus de réplication, de transcription et de traduction du matériel génétique. À l'aide de concepts

ou de lois, il explique le résultat de croisements génétiques et illustre ceux-ci par des modèles appropriés en respectant les conventions d'écriture en génétique. Si nécessaire, l'adulte apporte des corrections aux étapes planifiées, en faisant appel aux techniques qui conviennent. Dans un compte-rendu, il exploite les résultats obtenus en transformant parfois les données en tracés de courbes ou en graphiques. Il propose des explications en tenant compte des résultats et vérifie la concordance entre l'hypothèse et l'analyse de ceux-ci. Il reconnaît la relation existant entre la résolution de problèmes scientifiques et la mise au point de biotechnologies.

L'adulte qui étudie une problématique ou une application technologique liées à la génétique ou à la biologie moléculaire formule des questions rattachées à des enjeux sociaux, éthiques ou environnementaux. Il fait ressortir les caractéristiques de la problématique ou de l'application afin de comprendre les principes scientifiques qui y sont associés. Il justifie l'importance de la diversité génétique dans l'évolution d'une population et sa capacité à s'adapter à un changement survenant dans son environnement. Finalement, il défend une opinion sur les enjeux liés au progrès en biologie moléculaire ainsi que sur les applications qui en découlent. En s'appuyant sur ses connaissances de la génétique, il propose différentes explications ou solutions qui tiennent compte de l'ensemble de la problématique.

CRITÈRES D'ÉVALUATION DES COMPÉTENCES VISÉES PAR LE COURS

Critères d'évaluation de la compétence 1	Critères d'évaluation de la compétence 2	Critères d'évaluation de la compétence 3
1. Représentation adéquate de la situation 2. Élaboration d'un plan d'action pertinent 3. Mise en œuvre adéquate du plan d'action 4. Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes	1. Formulation d'un questionnement approprié 2. Utilisation pertinente des connaissances scientifiques 3. Production adéquate d'explications ou de solutions	1. Interprétation juste de messages à caractère scientifique 2. Production ou transmission adéquates de messages à caractère scientifique

Cours
BIO-5071-2
Reproduction
et développement

Biologie



BIO-5071-2**Reproduction et développement**

PRÉSENTATION DU COURS

Le but du cours *Reproduction et développement* est de rendre l'adulte apte à traiter des situations des familles *Recherche* et *Expertise* portant sur la reproduction, la croissance et le développement ainsi que sur les biotechnologies qui leur sont associées.

Dans ce cours, l'adulte cherche des réponses à des questions ayant trait à la reproduction, à la croissance et au développement de l'être humain. Il traite des données afin de résoudre des problèmes portant sur le mécanisme de la division cellulaire, sur la régulation des naissances, sur des cas d'infertilité et sur le développement de l'embryon lors de la grossesse. Il met à profit ses connaissances afin d'expliquer les processus associés à la reproduction et au développement ainsi que la régulation de ces processus par les hormones. Il décrit les techniques d'intervention sur les mécanismes de reproduction. Il étudie l'incidence de facteurs environnementaux sur le développement de l'embryon et du fœtus et décrit les principes scientifiques sur lesquels reposent les techniques de dépistage et de diagnostic prénatal. Il prend des décisions éclairées à l'égard des enjeux sociaux qui résultent de l'utilisation des biotechnologies de la reproduction, entre autres la procréation médicalement assistée, le clonage reproductif ou thérapeutique et la transgénése, et évalue leurs impacts sur les sociétés et les démographies. Finalement, il utilise divers moyens pour communiquer ses idées et les résultats de ses recherches scientifiques en lien avec le cycle biologique humain.

Au terme de ce cours, dans des situations de *Recherche* et d'*Expertise*, l'adulte est en mesure :

- de distinguer les processus cellulaires permettant la reproduction, le développement et la croissance d'un organisme;
- d'interpréter, à l'aide de modèles ou de schémas, des données provenant de l'observation des phases du cycle cellulaire d'une cellule animale ou végétale;
- déterminer, à partir d'un cas concret, les conséquences d'une mutation chromosomique lors de la méiose ou de la mitose (ex. : trisomie 21, cancer);
- d'expliquer les principes scientifiques sur lesquels reposent les technologies faisant appel aux mécanismes de la division cellulaire (ex. : recherche sur les cellules souches, implant cellulaire, clonage thérapeutique ou reproductif);
- d'expliquer comment la régulation hormonale agit sur les systèmes reproducteurs humains;
- de commenter une technologie utilisée en reproduction en soulignant les concepts scientifiques sur lesquels elle repose;
- de discuter des enjeux sociaux et éthiques soulevés par l'utilisation des technologies de la reproduction (ex. : interventions à l'aide de techniques de procréation médicalement assistée, diagnostic prénatal et prise de décision quant à une interruption de grossesse, nécessité de certains tests pour surveiller le développement fœtal).

COMPÉTENCES DISCIPLINAIRES

Le tableau qui suit énumère les composantes à prendre en compte pour chacune des compétences du présent cours. Les manifestations de ces composantes sont présentées à l'annexe 4.

Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la biologie	Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances en biologie	Compétence 3 Communiquer sur des questions de biologie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie
▪ Cerner un problème ▪ Élaborer un plan d'action ▪ Concrétiser le plan d'action ▪ Analyser les résultats	▪ Situer une problématique dans son contexte ▪ Analyser, sous l'angle de la biologie, un phénomène ou une application ▪ Expliquer une problématique sous l'angle de la biologie ▪ Construire son opinion sur une problématique	▪ Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique ▪ Produire des messages à caractère scientifique et technologique

DÉMARCHES

L'adulte est apte à traiter une problématique, à résoudre un problème ainsi qu'à étudier une application grâce aux démarches d'investigation. Voici un rappel des étapes de telles démarches :

- définir le problème ou le besoin;
- formuler une hypothèse;
- vérifier l'hypothèse;
- tirer des conclusions et communiquer.

Les démarches d'investigation les plus appropriées à ce cours sont : l'expérimentation, la modélisation, la recherche documentaire et l'observation. C'est à l'étape de la vérification de l'hypothèse que ces démarches se distinguent. La section 3.5 et les annexes 2 et 3 présentent des démarches d'investigation et leurs caractéristiques respectives.

COMPÉTENCES TRANSVERSALES

Les compétences transversales complètent les compétences disciplinaires, le développement des unes contribuant à celui des autres. Le cours BIO-5071-2 permet la mise en œuvre de l'ensemble des compétences transversales. Certaines d'entre elles, inscrites dans les cases grises du tableau ci-dessous, sont particulièrement visées dans les exemples de situations d'apprentissage présentés dans ce cours.

Compétences transversales			
Ordre intellectuel	Ordre de la communication	Ordre personnel et social	Ordre méthodologique
Exploiter l'information	Communiquer de façon appropriée	Actualiser son potentiel	Se donner des méthodes de travail efficaces
Résoudre des problèmes		Coopérer	Exploiter les technologies de l'information et de la communication
Exercer son jugement critique			
Mettre en œuvre sa pensée créatrice			

CONTENU DISCIPLINAIRE

A) SAVOIRS

Les concepts et les techniques prescrits sont énumérés dans les tableaux des deux sections suivantes.

1. Concepts

Les connaissances inscrites en italiques ont été construites dans les programmes d'études de science et technologie du programme de formation de l'école québécoise et doivent être à nouveau mobilisées dans ce cours.

Univers vivant	
Concept général : Division cellulaire	
La division cellulaire est le mode de reproduction des cellules. Chez les eucaryotes, il existe deux types de division cellulaire : la mitose pour les cellules somatiques et la méiose pour les cellules germinales. Toute division cellulaire est précédée d'un doublement de la quantité d'ADN. La mitose assure le développement, la croissance et la régénération des cellules, en plus de leur permettre de conserver leur patrimoine génétique. Elle s'inscrit dans un cycle cellulaire comprenant l'interphase et la phase mitotique. Un mécanisme de régulation du cycle cellulaire commande l'enchaînement des phases, bloquant le déroulement du cycle lorsqu'une anomalie est détectée. Les cellules tumorales ne répondent pas à ce mécanisme : elles se divisent anarchiquement et forment des tumeurs. La méiose se produit quant à elle dans les gonades et génère des cellules filles qui ont la moitié du nombre de chromosomes de la cellule mère. L'assortiment aléatoire des chromosomes et la recombinaison génétique à la suite d'échange de fragments se produisant entre chromosomes homologues augmentent la diversité génétique des cellules produites. Les anomalies chromosomiques sont des modifications dans le nombre de chromosomes et dans leur structure qui peuvent provenir d'erreurs ayant lieu durant l'enjambement ou de la non-disjonction des chromosomes. L'enjambement peut donner lieu à des délétions ou à des duplications. La non-disjonction des chromosomes lors de la méiose peut produire des gamètes qui ont trop de chromosomes ou, inversement, qui n'en ont pas assez (trisomie et monosomie). Des modifications du génome peuvent se produire dans les cellules somatiques (mutation somatique) et les gonades (mutation germinale). Les mutations peuvent être aléatoires et spontanées ou encore être attribuables à des facteurs environnementaux, tels que les produits chimiques, les rayons X et certains virus. Certaines mutations sont « silencieuses » et n'ont aucun effet sur un organisme, alors que d'autres entraînent des cancers ou peuvent provoquer des maladies génétiques transmissibles aux descendants.	
Concepts prescrits	CONNAISSANCES CONSTRUITES ANTÉRIEUREMENT
Cellules - Composants de la cellule - Membrane cellulaire - Noyau - Chromosomes, gènes	<i>Reconnaître les principaux constituants cellulaires visibles au microscope (membrane cellulaire, cytoplasme, noyau, vacuoles).</i>
	<i>Décrire le rôle des principaux constituants cellulaires visibles au microscope.</i>
Mitose	<i>Décrire les fonctions de la mitose (reproduction, croissance et régénération).</i>
Fonctions de la division cellulaire	<i>Distinguer la mitose de la méiose par leurs fonctions respectives.</i>
Méiose et cycle de développement sexué : méiose, fécondation	<i>Décrire la fonction de la méiose (produire des gamètes).</i>
	<i>Indiquer des avantages du cycle de développement sexué (ex. : le mélange des gènes provenant des parents, la différence entre les descendants et leurs parents).</i>

Concepts prescrits	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Cycle cellulaire ○ Interphase ○ Phase mitotique	Décrire l'interphase comme étant une succession de trois phases (deux phases de croissance où s'effectue la synthèse des protéines et de l'ARN, entre lesquelles s'intercale une phase où se déroule en plus la réplication de l'ADN).
	Caractériser les quatre étapes de la mitose : prophase, métaphase, anaphase et télophase.
	Expliquer la nécessité du maintien du nombre de chromosomes lors de la mitose pour que toutes les caractéristiques du matériel génétique d'une cellule soient conservées.
Méiose	Caractériser les phases de la méiose I (division réductionnelle) et de la méiose II (division équationnelle).
	Expliquer la nécessité de la réduction du nombre de chromosomes au cours de la spermatogénèse ou de l'ovogenèse.
	Illustrer comment l'enjambement et l'assortiment indépendant ayant lieu lors de la méiose peuvent être une source de diversité génétique pour les individus d'une même espèce.
	Distinguer la mitose et la méiose quant à leurs phases, au nombre de cellules produites et de chromosomes, et à l'échange de matériel génétique.
Mutation chromosomique	Décrire une mutation comme étant une modification irréversible de l'information génétique pouvant causer une anomalie dans le nombre de chromosomes ou dans la structure d'un chromosome.
	Distinguer la mutation germinale de la mutation somatique selon le lieu où elles se produisent et leurs conséquences possibles (ex. : une mutation germinale est héréditaire, une mutation somatique peut être à l'origine d'une maladie génétique ou d'un processus de cancérisation, ou être simplement silencieuse).
	Sur un caryotype, identifier une anomalie autosomique (ex. : syndrome de Down ou trisomie 21, syndrome d'Edwards ou trisomie 18, syndrome de Patau ou trisomie 13) ou une anomalie des gonosomes (ex. : syndrome de Turner [X0], syndrome de Klinefelter [XXY], syndrome de Jacob [XYY]).
Cancer	Associer le cancer à un ensemble de maladies dans lesquelles les cellules tumorales ne répondent pas au mécanisme normal de régulation du cycle cellulaire ou à la fonction normale d'apoptose.

Concept général : Reproduction chez l'humain	
La reproduction est dite sexuée lorsque chacun des deux parents produit, dans ses gonades, des gamètes (cellules sexuelles) qui, éventuellement, s'uniront pour former un zygote. Elle est une source majeure de diversité génétique pour une population. Chez l'humain, le fonctionnement de l'appareil reproducteur ainsi que les processus de production et de maturation des gamètes sont contrôlés par des hormones sécrétées par l'hypothalamus, l'hypophyse et les gonades. Cependant, certains facteurs liés au mode de vie ou des événements extérieurs générant du stress ou de fortes émotions peuvent perturber le fonctionnement de l'appareil reproducteur, allant même parfois jusqu'à arrêter les cycles sexuels. La compréhension des mécanismes hormonaux impliqués dans la reproduction rend possible la maîtrise de la procréation, de la contraception et de l'aide médicale en cas d'infertilité. Certaines méthodes de contraception empêchent la rencontre des gamètes soit mécaniquement (préservatifs), soit chimiquement (contraception chimique). D'autres font obstacle à la nidation soit mécaniquement (stérilet), soit de façon hormonale (contraceptif d'urgence). Quant à la contraception hormonale féminine, elle repose sur les mécanismes de la régulation hormonale pour empêcher l'ovulation.	
Concepts prescrits	CONNAISSANCES CONSTRUITES ANTÉRIEUREMENT
Diversité génétique	Associer la diversité génétique à la reproduction sexuée (la combinaison de gènes provenant de la mère et du père assure la diversité).
Concepts prescrits	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Système reproducteur o Organes reproducteurs chez l'humain	Comparer les différences anatomiques et physiologiques des systèmes reproducteurs masculin et féminin (structures, fonctions, fonctionnement cyclique, contrôle hormonal).
	Distinguer le spermatozoïde et l'ovule par leurs dimensions, leur contenu et leur structure.
	Reconnaître la double fonction des gonades (ovaires et testicules) comme étant, d'une part, une fonction exocrine consistant dans la formation des gamètes et rendant ainsi possible la fécondation et, d'autre part, une fonction endocrine caractérisée par la production d'hormones.
Régulation hormonale	Définir une hormone comme étant un messager chimique sécrété par une glande et transporté par le sang pour agir sur des cellules cibles.
	Décrire le rôle de la gonadolibérine (GnRH) et des hormones (folliculostimuline [FSH], hormone lutéinisante [LH], œstrogène, progestérone, testostérone) dans le développement des organes génitaux ainsi que dans l'apparition et le maintien des caractères sexuels secondaires chez l'homme et la femme.
	Expliquer l'interaction entre les principales hormones de reproduction chez la femme (œstrogène, progestérone, hormone lutéinisante [LH], folliculostimuline [FSH] et gonadolibérine [GnRH]) dans le maintien du cycle menstruel (ex. : rétrocontrôle ovarien sur l'hypothalamus et l'hypophyse, synchronisation des cycles ovarien et utérin).
	Expliquer l'interaction entre les principales hormones de reproduction chez l'homme (testostérone, hormone lutéinisante [LH], folliculostimuline [FSH] et gonadolibérine [GnRH]) dans le contrôle de l'activité testiculaire (ex. : production constante de testostérone, rétrocontrôle testiculaire sur l'hypothalamus et l'hypophyse).

Concepts prescrits	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Gamétogenèse ○ Spermatogenèse ○ Ovogenèse	Comparer les processus de formation des gamètes chez l'homme et la femme en matière de lieu, de rythme et de période de production ainsi que selon le nombre et le type de gamètes produits.
Fécondation	Définir la fécondation comme étant le processus permettant la formation d'un zygote.
Fertilité	Expliquer des causes d'une baisse de fertilité chez la femme (ex. : anomalies de l'ovulation, des trompes, de la glaire cervicale; endométriose) et chez l'homme (ex. : oligospermie, azoospermie, asthénospermie).
Contraception ○ Hormonale ○ Mécanique ○ Chimique	Décrire le mode d'action de différentes méthodes de contraception (ex. : la pilule contraceptive combinée fait disparaître le pic ovulatoire de LH et de FSH et, donc, l'ovulation; le préservatif empêche les spermatozoïdes d'atteindre l'ovule).
Concept général : Développement	
Le développement d'un organisme multicellulaire englobe toutes les modifications qui se déroulent de sa conception jusqu'à sa mort. Cela comprend, en plus de la période embryonnaire, la croissance après la naissance, caractérisée par l'augmentation de la taille et du nombre de cellules, ainsi que la régénération et les réparations des tissus assurant le maintien de l'organisme. Le développement poursuit deux objectifs : engendrer des cellules diversifiées et assurer la pérennité de la vie d'une génération à l'autre. Chaque animal passe par des stades similaires du développement embryonnaire : morula, blastula, gastrula. Les divers organes se développent de manière programmée à partir de couches cellulaires distinctes (ectoderme, mésoderme, endoderme) appelées « feuillets embryonnaires ». Le développement embryonnaire comprend à la fois un processus de croissance, de différenciation cellulaire et de morphogenèse résultant de divisions cellulaires asymétriques. Certains agents tératogènes (médicaments, virus, irradiations...) peuvent perturber le développement normal d'un embryon ou d'un fœtus et causer des anomalies congénitales occasionnant des malformations structurales. La surveillance médicale de la grossesse exploite différentes techniques pour observer avec attention le déroulement de celle-ci et prévenir des pathologies maternelles et fœtales. Une interruption volontaire de grossesse peut être proposée à la suite du diagnostic d'une anomalie chromosomique ou développementale détectée par l'examen du caryotype du fœtus. Les cellules souches ne sont pas spécialisées et jouent un rôle important dans le développement. On les trouve non seulement dans les embryons, mais aussi sur divers tissus adultes. La différenciation des cellules souches est un mécanisme qui permet à l'être humain de renouveler ses cellules ou de réparer des tissus endommagés. L'apoptose est un processus capital pour la morphogenèse. Cette mort cellulaire programmée est nécessaire à la survie des organismes. La fonction d'apoptose fait défaut chez les cellules cancéreuses. L'excès d'apoptose conduit quant à lui à des maladies dégénératives (ex. : Parkinson, Alzheimer, sida).	
Concepts prescrits	CONNAISSANCES CONSTRUITES ANTÉRIEUREMENT
Tissus	Définir un tissu comme étant un ensemble de cellules, identiques ou non, qui concourent à une même fonction dans un organisme.
Organes	Définir un organe comme étant une partie différenciée d'un organisme, qui remplit une ou plusieurs fonctions spécifiques.
Systèmes	Définir un système biologique comme étant un ensemble de cellules, de tissus ou d'organes qui effectuent une ou des fonctions communes.
	Décrire les principales fonctions assurées par le corps humain (nutrition, relation et reproduction).

Concepts prescrits	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Développement embryonnaire	Décrire les principaux phénomènes physiologiques ayant lieu durant des stades du développement embryonnaire et fœtal à partir de la constitution du zygote : segmentation (formation d'une morula), blastulation, gastrulation (formation des feuillets embryonnaires) et organogénèse.
Croissance	Reconnaître le rôle de l'hormone de croissance (GH) dans la stimulation de la croissance des os et du cartilage.
Cellule souche	Définir une cellule souche comme une cellule indifférenciée ayant la capacité de se renouveler, de se diviser indéfiniment et de produire des cellules différenciées.
Différenciation cellulaire	Reconnaître la différenciation cellulaire comme étant la formation de divers types de cellules à partir d'une cellule souche, à la suite d'une division cellulaire asymétrique.
Morphogenèse	Définir la morphogenèse comme étant un processus assurant la création de formes ordonnées, organisées en un ensemble de tissus et d'organes.
Grossesse ○ Période embryonnaire ○ Période fœtale	Associer certains changements métaboliques et physiologiques se produisant pendant la grossesse à la sécrétion de diverses hormones : progestérone, œstrogène, gonadotrophine chorionique humaine (HCG), ocytocine.
	Décrire le principe sous-jacent aux tests de grossesse : détection de l'hormone gonadotrophine chorionique humaine (HCG) produite par l'embryon ou le placenta.
	Expliquer pourquoi, durant la grossesse, certaines substances présentent des risques pour le développement normal de l'embryon ou du fœtus et peuvent causer des anomalies congénitales (ex. : phocomélie ou ectromélie causées par la thalidomide, malformations cardiaques ou problèmes oculaires et auditifs causés par la rubéole).
Apoptose	Reconnaître la mort cellulaire programmée (apoptose) comme un processus crucial pour la formation et le maintien de nombreux tissus.

Univers technologique	
Concept général : Biotechnologie	
L'évolution de plusieurs technologies, notamment en ce qui concerne la recherche sur la croissance des cellules, les cellules souches, le clonage ainsi que le traitement de certaines maladies telles que les cancers ou les lésions de la moelle épinière, résultent de la compréhension scientifique des mécanismes de la division cellulaire, de la reproduction et du développement. Les techniques d'intervention sur les mécanismes de reproduction permettent des actes médicaux autrefois jugés impensables et soulèvent des questions d'ordre éthique sur lesquelles la société doit se pencher. Chez l'humain, le service de procréation assistée permet de remédier à certains problèmes d'infertilité. Les traitements reposent sur des techniques reproduisant en laboratoire une partie des processus naturels de la fécondation et du développement embryonnaire. Ces pratiques en plein essor amènent de multiples questionnements sur le plan éthique et social. Le don de gamètes et d'embryons, la congélation de ces derniers, la gestation pour autrui ou le diagnostic préimplantatoire sont des exemples de sujets amenant leur lot de préoccupations. Les tests génétiques prénataux servent à détecter des anomalies génétiques chez un fœtus. Certains sont non invasifs, comme l'échographie, et d'autres le sont, comme l'amniocentèse et le prélèvement de villosités chorales. Les cellules embryonnaires prélevées lors de ces tests permettent d'établir leur caryotype. La possibilité de poser un diagnostic avant la naissance permet d'envisager une interruption de grossesse ou de prévoir des traitements si le fœtus est jugé anormal, ce qui soulève une question de bioéthique : qu'est-ce que la normalité?	
Concepts prescrits	CONNAISSANCES CONSTRUITES ANTÉRIEUREMENT
Culture cellulaire	Nommer des paramètres à maîtriser dans le cas des cellules cultivées (sources des cellules mères, croissance, comportement, conservation, caractéristiques des milieux de culture, paramètres physicochimiques et normes éthiques).
Concepts prescrits	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Diagnostic prénatal ○ Tests de dépistage de maladies héréditaires ○ Test diagnostique	Distinguer les tests de dépistage (indiquant la probabilité qu'un fœtus soit atteint d'une anomalie chromosomique) des tests diagnostiques prénataux (permettant de connaître l'état du fœtus avant sa naissance).
	Analyser des techniques de dépistage et de diagnostic prénatal (ex. : prise de sang maternel, échographie, amniocentèse, prélèvement de villosités chorales).
Procréation médicalement assistée	Décrire les fondements physiologiques et mécaniques de différentes techniques de procréation médicalement assistée, comme l'insémination artificielle, le transfert d'embryons ou la fécondation <i>in vitro</i> (stimulation ovarienne, prélèvement d'ovules, injection intracytoplasmique).
Techniques d'intervention sur les mécanismes de reproduction	Discuter d'un enjeu en lien avec une technique d'intervention sur les mécanismes de reproduction (ex. : renversement de la stérilisation, don d'ovules, congélation d'embryons surnuméraires, clonage d'embryons, eugénisme, sexage d'embryons, reproduction sélective des bovins).

2. Techniques

Les techniques présentées ici sont réparties en deux catégories : *Langage graphique* et *Manipulation*. Certaines de ces techniques requièrent l'utilisation d'instruments et d'outils ou la manipulation de produits chimiques. La sécurité et l'utilisation de l'équipement de sécurité dans les laboratoires doivent demeurer une préoccupation constante pour les utilisateurs.

AU LABORATOIRE	
TECHNIQUES	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Langage graphique - Dessin d'observation	• Représenter tous les éléments qui caractérisent l'objet observé. • Respecter les proportions et la conformité avec la réalité lors de la réalisation d'un dessin d'observation. • Inscrire sur un dessin d'observation toutes les informations nécessaires à son interprétation (grossissement, légende, titre).
Manipulation - Utilisation du matériel de laboratoire - Utilisation d'instruments d'observation - Préparation d'échantillons	• Manipuler le matériel de laboratoire de façon sécuritaire (ex. : couper à l'aide d'un scalpel, déposer une lamelle sur une lame, broyer avec une baguette de verre, hacher au moyen d'un rasoir). • Utiliser les méthodes appropriées pour manipuler le matériel de laboratoire (ex. : prélever un produit à l'aide d'un compte-gouttes). • Employer correctement les instruments d'observation sciemment choisis (ex. : microscope, binoculaire, loupe). • Effectuer les manipulations permettant l'observation et l'analyse d'un échantillon (ex. : se servir de pinces stériles, laver les surfaces de travail à l'aide d'un désinfectant, réaliser une préparation microscopique, ajouter du colorant).

B) REPÈRES CULTURELS

Les repères culturels rendent les situations d'apprentissage plus significatives. Sans être exhaustif ni prescriptif, le tableau qui suit énumère des repères pouvant être associés à ce cours.

REPÈRES CULTURELS				
Objets techniques, systèmes technologiques, procédés et produits		Division cellulaire - Microscope Reproduction chez l'humain - Pilule contraceptive - Contraceptif d'urgence - Test de fertilité Développement - Test de grossesse - Greffe de moelle osseuse Biotechnologie - Échographie - Micro-injection - Banques de sperme		
Univers	Hommes et femmes de science	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Vivant	Walther Flemming Gregory Pincus et John Rock Édouard Van Beneden Karl Ernst von Baer	Association canadienne des victimes de la thalidomide Association québécoise des personnes de petite taille Société canadienne du cancer Les maisons des naissances		Célébrité des jumeaux siamois Chang et Eng Bunker (jumeaux fusionnés) Commercialisation de la pilule contraceptive Découverte de la trisomie 21 Histoire des quintuplées Dionne
Technologique	Robert Edwards	Commission de l'éthique en science et en technologie du Québec Programme québécois de dépistage prénatal Programme québécois de procréation assistée	Loi sur la procréation assistée (L. C. 2004, chap. 2)	Naissance de la brebis Dolly Naissance de Louise Brown (conçue par fécondation <i>in vitro</i> – FIV)

FAMILLES DE SITUATIONS D'APPRENTISSAGE

Dans ce cours, les situations d'apprentissage issues des familles *Recherche* et *Expertise* portent sur les processus associés à la reproduction, au développement et à la croissance de l'être humain ainsi que sur leur régulation par les hormones.

Ces situations englobent différents concepts généraux. Les paragraphes suivants donnent des exemples de tâches qui peuvent être confiées à l'adulte dans des situations d'apprentissage faisant appel à divers regroupements de concepts généraux.

Dans une situation portant sur les concepts généraux « reproduction chez l'humain » et « biotechnologie », l'adulte peut démontrer que les connaissances acquises sur la régulation hormonale rendent possible la mise au point de méthodes permettant d'assurer une certaine maîtrise de la reproduction humaine. Il peut justifier des traitements pour contrer l'infertilité en les comparant au déroulement naturel de la conception d'un enfant et mettre en évidence les enjeux que la procréation médicalement assistée suscite dans la société et dans le couple.

Une situation d'apprentissage traitant de la grossesse peut conduire l'adulte à exploiter les connaissances provenant du concept général « développement » et à les mettre en lien avec le concept de « reproduction chez l'humain ». L'adulte peut, par exemple, analyser des données provenant de tests de grossesse fictifs ou établir la chronologie des étapes de l'embryogenèse, ou encore discuter des effets de l'abus de substances chimiques et de drogues sur le développement du fœtus. L'étude du concept général « biotechnologie » peut l'amener à évaluer la nécessité d'utiliser des tests diagnostiques pour surveiller le développement fœtal.

Dans une situation d'apprentissage portant sur le concept de « division cellulaire », l'adulte peut être appelé à comparer le cycle cellulaire d'une cellule saine avec celui d'une cellule cancéreuse et à discuter de la régulation de la croissance, de la division et de la mort cellulaires. Les connaissances du concept général de « reproduction chez l'humain » lui permettent alors de décrire les conséquences sur la division cellulaire et la gamétogénèse de traitements médicaux contre le cancer tels que la chimiothérapie. Une fois les notions portant sur le concept de « développement » acquises, l'adulte peut justifier le recours aux cellules souches pour le remplacement des cellules endommagées et, ainsi, le traitement de nombreuses maladies.

Dans une situation d'apprentissage mobilisant les concepts de « développement » et de « biotechnologie », l'adulte peut décrire comment le clonage peut servir les recherches portant sur le développement d'un embryon ou la différenciation cellulaire et ses dérèglements. Il peut ensuite démontrer pourquoi les applications en génie du développement permettent actuellement d'espérer la résolution de plusieurs problèmes de santé.

DOMAINES GÉNÉRAUX DE FORMATION

Les situations d'apprentissage sont plus signifiantes pour l'adulte lorsqu'elles sont liées par leur contexte aux domaines généraux de formation (DGF). Les domaines *Santé et bien-être*, *Environnement et consommation*, *Médias* et *Vivre-ensemble et citoyenneté* sont les plus susceptibles d'être exploités pour créer des situations d'apprentissage pour le cours BIO-5071-2. Les exemples qui suivent la présentation des familles de situations d'apprentissage pour ce cours rejoignent l'intention éducative des DGF *Santé et bien-être* ainsi que *Vivre-ensemble et citoyenneté*.

Domaines généraux de formation
Santé et bien-être
Orientation et entrepreneuriat
Environnement et consommation
Médias
Vivre-ensemble et citoyenneté

EXEMPLES DE SITUATIONS D'APPRENTISSAGE

Dans les exemples de situations d'apprentissage suivants, les principales tâches effectuées soutiennent le développement des trois compétences disciplinaires. Elles appartiennent donc aux familles *Recherche* et *Expertise*.

Famille *Recherche* : Un bébé espéré

L'infertilité des couples peut résulter de causes variées. Heureusement, plusieurs techniques permettent d'aider les couples infertiles à satisfaire leur désir d'avoir un enfant.

Vous faites partie de l'équipe de procréation médicalement assistée de votre hôpital. Vous venez de recevoir les résultats des examens qu'ont passés madame X et monsieur Y pour comprendre les causes de leur infertilité. Vous en prenez connaissance afin de les analyser, puisque vous les présenterez au médecin de ces patients, qui pourra leur proposer une solution adaptée à leur situation.

Votre dossier doit comprendre :

- une représentation du problème incluant une description de la structure des organes reproducteurs chez l'humain et de la formation des gamètes ainsi qu'une explication de la régulation de la reproduction par les systèmes neuroendocriniens;
- une hypothèse sur les causes de l'infertilité de ce couple;
- une analyse du spermogramme et des spermatozoïdes de monsieur Y ainsi que des dosages hormonaux (LH, FSH et progestérone) de madame X;
- une comparaison, du point de vue de la fonctionnalité, entre les organes reproducteurs de monsieur Y et madame X et ceux d'un couple fertile;
- une description de certaines techniques de procréation médicalement assistée;
- une proposition de solution adaptée au couple XY.

Famille *Expertise* : Une décision à prendre

Ça y est! Après de nombreuses tentatives infructueuses, votre grande sœur est finalement enceinte! Puisqu'elle bénéficie d'un suivi médical serré, elle a passé plusieurs tests, dont celui du dépistage de la trisomie 21. Les résultats de ce test indiquent une probabilité élevée qu'elle ait un enfant trisomique. Elle doit maintenant prendre la décision de passer ou non le test diagnostique (amniocentèse avec analyse des chromosomes du bébé).

Afin de prendre une décision éclairée, votre sœur vient vous consulter. Pour l'aider, vous devez lui expliquer la problématique.

Les renseignements fournis doivent inclure :

- une description de ce qu'est la trisomie 21, accompagnée d'un exemple de caryotype illustrant cette anomalie chromosomique;
- une illustration des différentes phases de la méiose, accompagnée d'explications portant sur son déroulement ainsi que sur la réduction nécessaire du nombre de chromosomes lors de l'ovogenèse;
- une description de quelques caractéristiques du développement d'un enfant trisomique;
- une argumentation portant sur les problèmes éthiques que certains tests diagnostiques prénataux peuvent poser.

ATTENTES DE FIN DE COURS

Le traitement de situations d'apprentissage suppose que l'adulte s'approprié une démarche d'investigation faisant appel à l'expérimentation, à la modélisation, à la recherche documentaire et à l'observation. Ces situations le conduisent, en biologie, à mettre en œuvre des habiletés de résolution de problèmes, à utiliser ses connaissances et à produire des messages.

L'adulte amené à résoudre un problème lié à la reproduction et au développement s'en donne une représentation à la suite de la lecture ou de l'interprétation de messages à caractère scientifique. Il

élabore un protocole expérimental ou un modèle adapté à l'une de ses hypothèses et exploite ainsi ses connaissances sur la division cellulaire, la reproduction chez l'humain et le développement. Il planifie les étapes de sa recherche et choisit, parmi les ressources disponibles, celles qui lui permettent de trouver des réponses aux questions soulevées. Il met en œuvre un plan d'action en réalisant les activités prévues. En laboratoire, il démontre des habiletés à préparer et à observer des échantillons. Il utilise différents instruments et, au besoin, produit des dessins d'observation. L'adulte peut aussi résoudre des problèmes liés au développement à partir de collectes de données. Si nécessaire, il apporte des corrections aux étapes planifiées, en faisant appel aux techniques appropriées. Dans un compte-rendu, il exploite les résultats obtenus en transformant parfois les données en tracés de courbes ou en graphiques. Il propose des explications en tenant compte des résultats et vérifie la concordance entre l'hypothèse et l'analyse de ceux-ci. Il reconnaît la relation existant entre la résolution de problèmes scientifiques et la mise au point de biotechnologies.

L'adulte qui étudie une problématique ou une application technologique liées à la reproduction et au développement formule des questions rattachées à des enjeux sociaux, éthiques ou environnementaux. Il fait ressortir les caractéristiques de la problématique ou de l'application afin de comprendre les principes scientifiques qui y sont associés. Par exemple, il analyse différentes technologies de reproduction en s'appuyant sur ses connaissances du système reproducteur et du développement embryonnaire. À l'aide de concepts ou de modèles, il explique un enjeu lié au diagnostic prénatal, illustre des processus associés au développement de l'être humain et fait appel aux mécanismes hormonaux qui s'y rattachent. À partir de ses connaissances sur la division cellulaire, il justifie une application du génie du développement. Finalement, il défend une opinion au sujet des enjeux liés aux techniques d'intervention sur les mécanismes de reproduction ainsi qu'à leurs retombées éthiques et sociales. En s'appuyant sur ses connaissances sur la reproduction et le développement, il propose différentes explications ou solutions qui tiennent compte de l'ensemble de la problématique.

CRITÈRES D'ÉVALUATION DES COMPÉTENCES VISÉES PAR LE COURS

Critères d'évaluation de la compétence 1	Critères d'évaluation de la compétence 2	Critères d'évaluation de la compétence 3
▪ Représentation adéquate de la situation ▪ Élaboration d'un plan d'action pertinent ▪ Mise en œuvre adéquate du plan d'action ▪ Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes	▪ Formulation d'un questionnement approprié ▪ Utilisation pertinente des connaissances scientifiques ▪ Production adéquate d'explications ou de solutions	▪ Interprétation juste de messages à caractère scientifique ▪ Production ou transmission adéquates de messages à caractère scientifique

Annexes



Annexe 1

Les stratégies d'exploration et d'analyse permettent de progresser plus efficacement vers une réponse ou une solution lors de la démarche d'investigation.

Stratégies d'exploration

- Inventorier le plus grand nombre possible d'informations scientifiques, technologiques et contextuelles éventuellement utiles pour cerner un problème ou prévoir des tendances.
- Évoquer des problèmes similaires déjà résolus.
- Généraliser à partir de plusieurs cas particuliers structurellement semblables.
- Anticiper les résultats d'une démarche.
- Élaborer divers scénarios possibles.
- Explorer diverses pistes de solution.
- Envisager divers points de vue liés aux problématiques scientifiques.

Stratégies d'analyse

- Déterminer les contraintes et les éléments importants pour la résolution d'un problème.
- Diviser un problème complexe en sous-problèmes plus simples.
- Faire appel à divers modes de raisonnement (ex. : inférer, induire, déduire, comparer, classier, sérier) pour traiter des informations.
- Reasonner par analogie pour traiter des informations et adapter des connaissances en biologie.
- Sélectionner des critères pertinents qui permettent de se situer au regard d'une problématique en biologie.

Annexe 2

Le tableau qui suit illustre les tâches accomplies à chacune des étapes de la démarche d'investigation.

Démarche d'investigation en science	
Étapes	Exemples
Définir le problème	Circonscrire les informations appropriées. Relever les notions en cause. Recourir à des connaissances théoriques personnelles, à des savoirs théoriques tirés de documents, à des expériences antérieures, à des situations vécues ou à la logique.
Formuler une hypothèse	Élaborer un questionnement à partir de différents faits. Créer des analogies ou essayer de prédire des résultats. Établir des relations causales. Proposer un modèle.
Vérifier l'hypothèse	Préparer et faire des observations. Réaliser une expérimentation. Mettre au point un modèle ou faire une recherche documentaire pour confirmer ou infirmer l'hypothèse de départ.
Tirer des conclusions	Exprimer sa compréhension des faits. Produire une explication, un nouveau modèle ou une nouvelle théorie.
Communiquer	Produire une réponse, une solution, une explication, un modèle ou une opinion.

Annexe 3

Méthodes scientifiques pour vérifier l'hypothèse

L'expérimentation	
L'expérimentation implique l'élaboration d'un protocole qui inclut la définition d'un certain nombre de variables. Le but du protocole est de faire émerger des éléments observables ou quantifiables, de les mettre en relation et de les confronter aux hypothèses. Les interactions entre les diverses étapes de la méthode expérimentale permettent de soulever de nouveaux questionnements, de formuler d'autres hypothèses, d'apporter des ajustements à sa mise en œuvre et de prendre en compte les limites de l'expérimentation.	
Étapes	Exemples
1. Planifier une expérience	- Déterminer les variables possibles. - Déterminer la variable à mesurer. - Articuler les étapes de l'expérimentation.
2. Réaliser l'expérience	- Réaliser un montage expérimental. - Effectuer un ensemble de manipulations. - Recueillir des observations ou des mesures.
3. Interpréter les résultats	- Traiter les données recueillies. - Établir des relations. - Discuter des erreurs possibles.

L'observation	
L'observation, sous l'angle de la science, permet d'interpréter des faits selon des critères déterminés et à partir d'éléments qui font consensus dans un cadre disciplinaire donné. À la lumière des informations recueillies, l'observateur arrive à une nouvelle compréhension des faits qui demeure toutefois tributaire du contexte de l'observation. En raison de sa manière d'interpréter et d'organiser les informations, l'observateur fait une relecture du monde en tenant compte de ses connaissances antérieures et des schémas conceptuels qu'il applique aux faits observés.	
Étapes	Exemples
1. Planifier l'observation	- Déterminer des critères d'observation. - Préparer une grille d'observation.
2. Recueillir les informations	- Recueillir les informations en se référant aux critères d'observation.
3. Interpréter les informations	- Organiser les informations dans le but d'expliquer le phénomène ou la situation. - Établir des relations avec les données recueillies.

La modélisation	
La modélisation consiste à construire une représentation concrète d'une situation abstraite, difficilement accessible ou carrément invisible. Elle doit faciliter la compréhension de la réalité, expliquer certaines propriétés de ce qu'elle vise à représenter et permettre de prédire de nouveaux phénomènes. Le modèle élaboré peut prendre diverses formes : texte, dessin, formule, équation (mathématique ou chimique), programme informatique ou maquette.	
Étapes	Exemples
1. Élaborer un modèle	- Déterminer les composantes et les relations. - Choisir le mode de représentation.
2. Réaliser le modèle	- Faire une maquette, un schéma. - Élaborer une formule.
3. Valider le modèle	- Repérer les contradictions et les incohérences possibles. - Vérifier la validité. - Apporter des modifications ou revenir aux étapes précédentes, si nécessaire.

Recherche documentaire	
La recherche documentaire implique une procédure méthodique de collecte et d'interprétation de l'information. Elle exige la définition du but du travail ainsi que la connaissance du type de documents recherchés, de leur localisation et de la méthode retenue pour leur sélection. Elle vise la construction d'une argumentation solide basée sur des faits provenant de sources fiables.	
Étapes	Exemples
1. Planifier la recherche	- Choisir les sources à consulter. - Décider du type de documents à rechercher, des mots clés et des outils de repérage à utiliser. - Dresser une liste de mots qui caractérisent la recherche et l'étendre aux termes apparentés.
2. Consulter la documentation	- Trouver la documentation. - Juger de sa valeur et de sa pertinence compte tenu du but à atteindre. - Recueillir des informations précises. - Établir un plan provisoire de rédaction.
3. Établir un plan définitif de rédaction	- Étoffer le plan provisoire à l'aide des informations. - Écrire l'énoncé du thème, l'hypothèse ainsi que les idées principales et secondaires du travail.

Annexe 4

Composantes et manifestations des compétences

Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la biologie	Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances en biologie	Compétence 3 Communiquer sur des questions de biologie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie
Cerner un problème - Repérer les éléments qui semblent pertinents. - Déterminer les relations qui unissent les différents éléments. - Reformuler le problème en faisant appel à des concepts de biologie. - Proposer des hypothèses vraisemblables ou des solutions possibles. Élaborer un plan d'action - Sélectionner une hypothèse ou une solution. - Déterminer les ressources nécessaires. - Planifier les étapes de la mise en œuvre du plan d'action. Concrétiser le plan d'action - Procéder aux manipulations ou aux opérations planifiées. - Recueillir des données ou noter des observations pouvant être utiles. - Apporter, si nécessaire, des corrections à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action. Analyser les résultats - Traiter les données recueillies ou les observations notées. - Rechercher les tendances ou les relations significatives. - Établir des liens entre les résultats et les concepts de biologie. - Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée. - Énoncer de nouvelles hypothèses ou solutions, s'il y a lieu.	Situer une problématique dans son contexte - Définir les aspects contextuels de la problématique (contexte social, économique, environnemental, historique, etc.). - Mettre en évidence des enjeux éthiques associés à la problématique. - Dégager de la problématique les phénomènes ou les applications liés à la biologie. Analyser, sous l'angle de la biologie, un phénomène ou une application - Décrire un phénomène ou une application de manière qualitative ou quantitative. - Reconnaître les concepts, les lois, les théories, les principes ou les modèles de biologie qui sont en cause dans le phénomène ou l'application. - Expliquer des concepts, des lois, des théories, des principes ou des modèles de biologie. - Mettre en relation des concepts, des lois, des théories, des principes ou des modèles de biologie. Expliquer une problématique sous l'angle de la biologie - Élaborer une explication en s'appuyant sur des concepts, des lois, des théories, des principes ou des modèles de biologie. - Établir, s'il y a lieu, des liens avec d'autres problématiques qui font intervenir les mêmes éléments. - Justifier une explication. Construire son opinion sur une problématique - Déterminer les éléments qui peuvent aider à se construire une opinion. - Se documenter sur ces éléments à partir de différentes ressources. - Comparer différents points de vue. - Justifier son opinion en s'appuyant sur les éléments considérés. - Nuancer son opinion en tenant compte de celle des autres.	Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique - Situer le message dans son contexte. - S'assurer de la fiabilité des sources. - Repérer les éléments appropriés à l'interprétation du message. - Saisir le sens précis des mots ou des énoncés. - Établir des liens entre des concepts et leurs représentations graphiques ou symboliques. Produire des messages à caractère scientifique et technologique - Structurer son message. - Utiliser un vocabulaire scientifique et technologique. - Recourir aux langages symbolique et graphique associés à la science et à la technologie. - Respecter les normes et les conventions établies pour les différents langages. - Démontrer de la rigueur et de la cohérence. - Respecter les droits de propriété intellectuelle.

Références bibliographiques

CAMPBELL, Neil A., et Jane B. REECE. *Biologie*, 2^e éd., Saint-Laurent, ERPI, 2004, 1 400 p.

DEPOTTE, Christel, et collab. *Mathématique & biologie : une expérience pluridisciplinaire*, Bruxelles, De Boeck, 2003, 207 p.

GILBERT, Scott F. *Biologie du développement*, 2^e éd., Bruxelles, De Boeck, 2004, 836 p.

LODISH, Harvey, et collab. *Biologie moléculaire de la cellule*, 3^e éd., Bruxelles, De Boeck, 2005, 1 088 p.

MADER, Sylvia S. *Biologie humaine*, 10^e éd., Montréal, Chenelière Éducation, 2009, 467 p.

RAVEN, Peter, et collab. *Biologie*, 3^e éd., Bruxelles, De Boeck, 2007, 733 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, et collab. *Next Generation Science Standards*, [En ligne], 2013.
<http://www.nextgenscience.org/>.

THOUIN, Marcel. *Notions de culture scientifique et technique : concepts de base, percées historiques et conceptions fréquentes*, Québec, Éditions MultiMondes, 2001, 418 p.

THOUIN, Marcel. *Tester et enrichir sa culture scientifique et technologique*, Québec, Éditions MultiMondes, 2008, 504 p.

