

Science et technologie

(2^e année du 2^e cycle du secondaire)

Science et technologie de l'environnement



Note au lecteur

Ce document présente le programme de base de science et technologie et le programme optionnel de science et technologie de l'environnement, offerts dans le cadre du parcours de formation générale pour la deuxième année du deuxième cycle du secondaire. Le programme optionnel de science et technologie de l'environnement donne accès aux programmes optionnels offerts en science et technologie à la dernière année du secondaire. Ce document est destiné à ceux et celles qui enseignent un de ces programmes ou les deux. Le texte non souligné désigne les éléments communs aux deux programmes alors le texte souligné présente les éléments propres au programme optionnel.

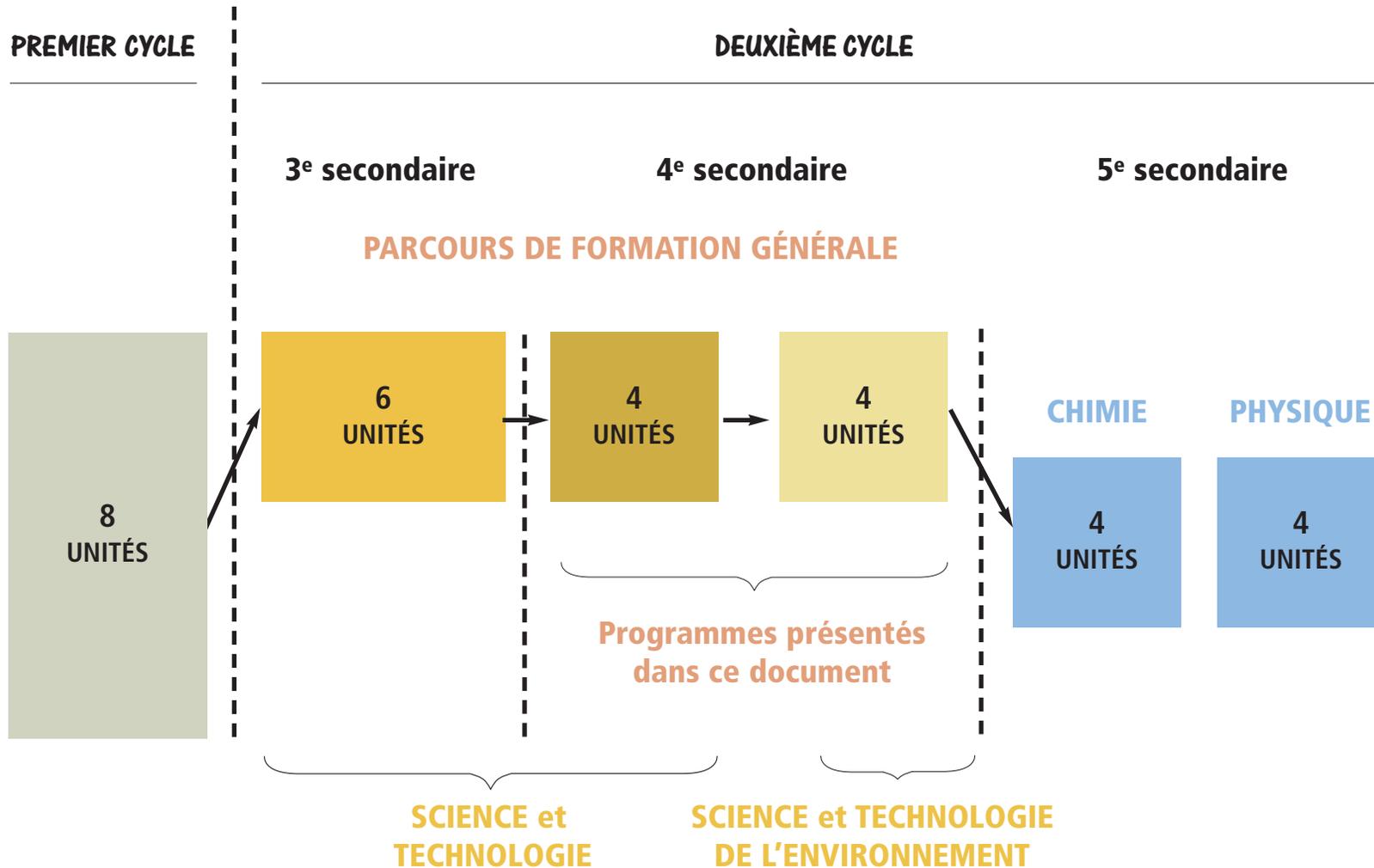


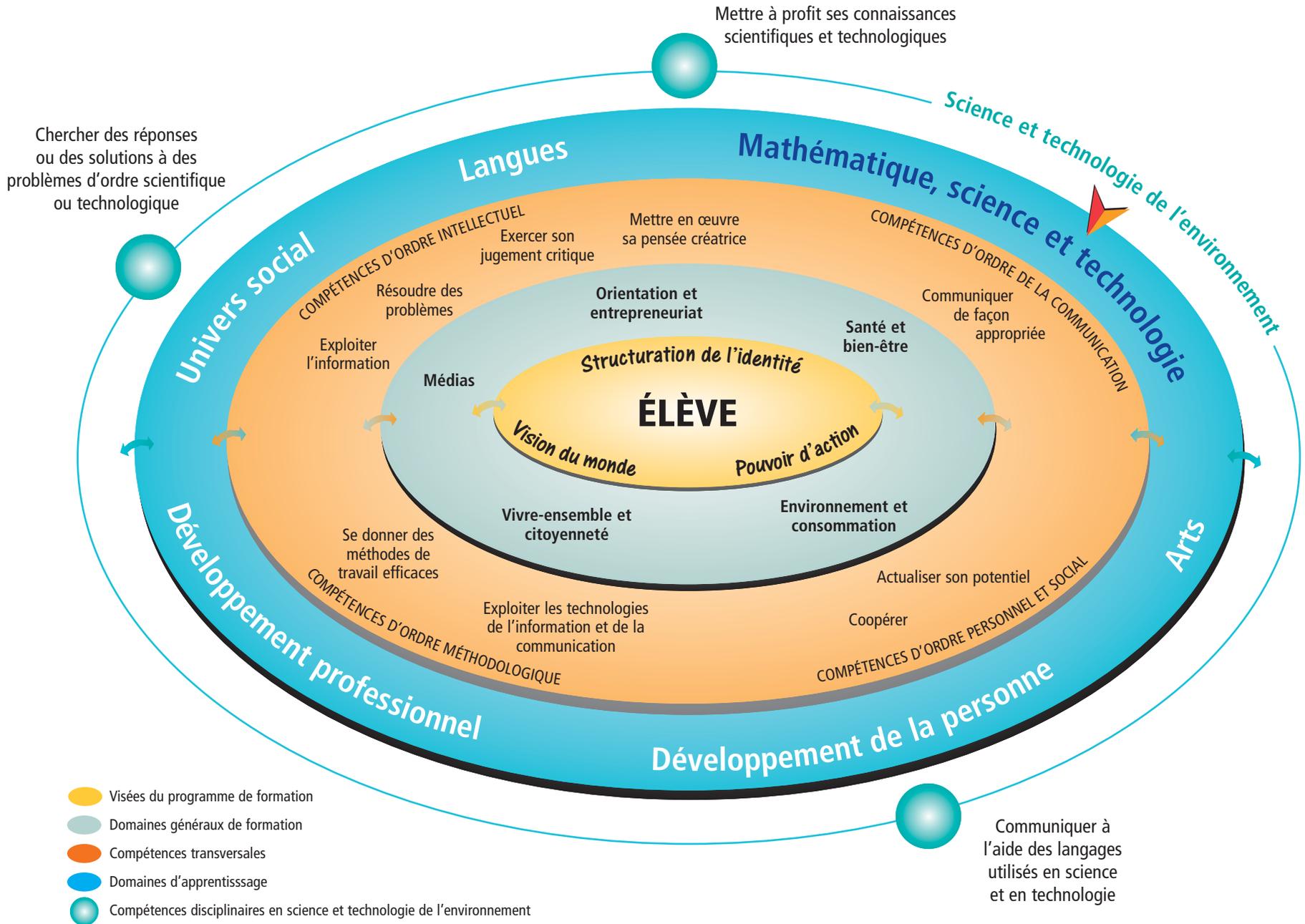
Table des matières

Présentation de la discipline	1
La vision de la science et de la technologie	1
La notion d'environnement	2
La culture scientifique et technologique	2
Les programmes	3
Relations entre les programmes de science et technologie et les autres éléments du Programme de formation	5
Relations avec les domaines généraux de formation	5
Relations avec les compétences transversales	6
Relations avec les autres disciplines	7
Contexte pédagogique	9
Rôle de l'enseignant	9
Rôle de l'élève	13
Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique	14
Sens de la compétence	14
Compétence 1 et ses composantes	16
Critères d'évaluation	16
Attentes de fin de programme	16
Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques	17
Sens de la compétence	17
Compétence 2 et ses composantes	19
Critères d'évaluation	19
Attentes de fin de programme	19
Compétence 3 Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	20
Sens de la compétence	20
Compétence 3 et ses composantes	22
Critères d'évaluation	22
Attentes de fin de programme	22

Science et technologie de l'environnement

Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire ..	23
Concepts prescrits	23
Démarches, stratégies, attitudes et techniques	43
• Démarches	43
• Stratégies	45
• Attitudes	46
• Techniques	47
Annexes	
Annexe A – Problématiques environnementales et réseaux conceptuels	48
Annexe B – Exemples d'applications liées aux problématiques environnementales	60
Annexe C – Exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation	63
Annexe D – Répartition des concepts prescrits du premier et du deuxième cycle du secondaire	68
Bibliographie	77

Apport du programme de science et technologie de l'environnement au Programme de formation



Présentation de la discipline

La science et la technologie jouent un rôle sans cesse grandissant dans nos vies et elles contribuent d'une façon déterminante à la transformation des sociétés. Leur influence est manifeste dans une multitude de réalisations omniprésentes dans notre environnement, et les méthodologies qui les caractérisent, aussi bien que les connaissances qu'elles ont permis de générer, s'appliquent à de nombreuses sphères de l'activité humaine.

Les activités scientifiques et technologiques s'inscrivent dans un contexte social et culturel et elles sont le fruit du travail d'une communauté qui construit de manière collective de nouveaux savoirs. En science et en technologie tout comme dans les autres domaines d'activité, l'évolution des connaissances ne se fait pas de façon linéaire et additive. Fortement marquées par les contextes sociétal et environnemental dans lesquels elles s'inscrivent, les connaissances scientifiques et technologiques avancent tantôt à petits pas, par approximations successives, tantôt par bonds. Elles connaissent parfois des périodes de stagnation auxquelles peuvent succéder des progressions spectaculaires.

L'émergence rapide des savoirs scientifiques et technologiques, leur quantité, leur complexité et la prolifération de leurs applications exigent des individus qu'ils disposent non seulement d'un bagage de connaissances spécifiques de ces domaines, mais aussi de stratégies qui leur permettent de s'adapter aux contraintes du changement. Une telle adaptation nécessite de prendre du recul par rapport aux acquis, de comprendre la portée et les limites du savoir et d'en saisir les retombées. Cela suppose en outre la capacité à prendre une position critique à l'égard des questions d'ordre éthique soulevées par ces retombées.

1. Des exemples d'objets, de systèmes, de produits ou de procédés liés aux problématiques environnementales sont présentés à l'annexe B.

La vision de la science et de la technologie

La science offre une grille d'analyse du monde qui nous entoure. Elle vise à décrire et à expliquer certains aspects de notre univers. Constituée d'un ensemble de théories, de connaissances, d'observations et de démarches, elle se caractérise notamment par la recherche de modèles intelligibles, les plus simples possible, pour rendre compte de la complexité du monde. Ces modèles peuvent par la suite être combinés à des modèles existants qui deviennent de plus en plus englobants. Les théories et les modèles sont ainsi constamment mis à l'épreuve, modifiés et réorganisés au fur et à mesure que de nouvelles connaissances se construisent.

Quant à la technologie, elle est plus particulièrement orientée vers l'action et l'intervention. Elle vise à soutenir l'activité humaine exercée sur l'environnement, dont l'être humain est lui-même partie intégrante. Ses champs d'application couvrent toutes les sphères d'activité. Le terme *technologie* désigne de fait une grande diversité de réalisations, qui vont des plus simples aux plus sophistiquées. Parmi celles-ci, on compte aussi bien des techniques et des procédés que des outils, des machines et des matériaux¹.

La technologie tend vers la plus grande rigueur possible dans ses réalisations et elle s'alimente des principes et des concepts élaborés par la science ou de ceux d'autres disciplines, selon les besoins auxquels elle cherche à répondre. Elle repose néanmoins sur des savoirs et des pratiques qui lui sont propres. Les préoccupations pragmatiques qui la caractérisent conduisent à la conception et à l'adoption de démarches spécifiques.

La science offre une grille d'analyse du monde qui nous entoure. Elle vise à décrire et à expliquer certains aspects de notre univers.

La technologie, plus particulièrement orientée vers l'action et l'intervention, vise à soutenir l'activité humaine exercée sur l'environnement, dont l'être humain est lui-même partie intégrante.

La science et la technologie sont de plus en plus marquées par leur interdépendance, au point que, dans un grand nombre de situations, on distingue difficilement la frontière qui les sépare.

La science et la technologie sont de plus en plus marquées par leur interdépendance, au point que, dans un grand nombre de situations, on distingue difficilement la frontière qui les sépare. Dans son effort pour comprendre le monde qui nous entoure, la science s'appuie fréquemment sur les développements de la technologie et sur ses réalisations concrètes. Réciproquement, lorsque la technologie s'efforce de répondre à un besoin par la réalisation d'objets techniques², de systèmes³ et de produits⁴ ou encore par l'élaboration de procédés⁵, elle tire profit des principes, des lois et des théories scientifiques, tout en leur offrant un champ d'application.

Il arrive aussi que les avancées technologiques précèdent les théories scientifiques qui en expliquent le fondement. On fabriquait depuis longtemps des boussoles quand parut la première étude moderne sur le magnétisme. Les premiers moteurs à explosion ont fonctionné sans l'aide de la thermodynamique tout comme les premiers avions ont volé sans l'aide de l'aérodynamique. La technologie devient même, dans ce cas, un champ extrêmement fécond d'exploration et de questionnement qui relance la théorisation. Cette complémentarité entre la science et la technologie existe également dans leurs manières respectives d'aborder le monde physique, tant du point de vue conceptuel que du point de vue pratique.

2. Par « objet technique », on entend un objet fabriqué par opposition à un objet naturel. Il s'agit d'un objet de construction simple qui a un but utilitaire. Par exemple : un marteau ou une pince à épiler.
3. Par « système », on entend, au sens technique, un ensemble d'éléments plus ou moins complexes, ordonnés et en interaction. Le système permet de répondre à un besoin déterminé. Par exemple : une bicyclette, un lave-vaisselle ou un système de chauffage et de ventilation.
4. Par « produit », on entend une substance qui résulte de transformations dues à des opérations humaines. Par exemple : un produit alimentaire ou un produit de beauté.
5. Par « procédé », on entend les moyens et les méthodes utilisés pour faire quelque chose, pour obtenir un résultat. Par exemple : des procédés techniques, industriels ou de fabrication.
6. Lucie SAUVÉ, *Pour une éducation relative à l'environnement : Éléments de design pédagogique*, guide de développement professionnel à l'intention des éducateurs, Montréal, Guérin, 1997, p. 45.
7. *Ibid.*, p. 46.

La notion d'environnement

Dans les présents programmes, la notion d'environnement fait référence à « l'ensemble dynamique des composantes d'un milieu qui interagissent avec les êtres vivants de ce dernier⁶ ». On peut donc dire qu'il n'existe pas un mais plusieurs environnements, selon les composantes du milieu, ses limites spatiales et temporelles, la spécificité des organismes vivants qui s'y trouvent, les types d'interrelations en présence, etc. L'environnement est « en étroite interrelation avec toutes les autres dimensions de l'environnement humain global : environnement politique, économique, culturel, technologique, etc.⁷ ». Ce programme vise donc ce qui concerne particulièrement l'être humain, qui occupe une place centrale dans les problématiques à l'étude.

Produits et formes de l'activité humaine, la science et la technologie sont en constante relation avec les différents environnements, qu'elles contribuent parfois à modifier et dont elles peuvent aussi constituer un objet d'étude. La science, notamment, s'intéresse notamment à diverses composantes de l'environnement. C'est le cas des sciences de l'environnement, qui regroupent plusieurs champs disciplinaires et considèrent à la fois les aspects biophysiques, interactionnels ou humains de l'environnement. De son côté, la technologie, qui est surtout axée sur l'action et l'intervention, peut avoir l'environnement comme contexte de réalisation; elle permet aussi d'intervenir sur les milieux, les vivants et leurs interactions.

Par ailleurs, l'activité scientifique et les applications qui en découlent peuvent avoir sur l'environnement d'importantes répercussions, tant positives que négatives, dont il faut apprendre à tenir compte.

La culture scientifique et technologique

Parties intégrantes des sociétés qu'elles ont contribué à façonner, la science et la technologie occupent une part importante de l'héritage culturel et constituent un facteur déterminant de développement des sociétés. Aussi

La notion d'environnement fait référence à l'ensemble dynamique des composantes d'un milieu qui interagissent avec les êtres vivants de ce dernier.

Parties intégrantes des sociétés qu'elles ont contribué à façonner, la science et la technologie occupent une part importante de l'héritage culturel et constituent un facteur déterminant de développement des sociétés.

importe-t-il d'amener les élèves à élargir graduellement leur culture scientifique et technologique, de leur faire prendre conscience du rôle qu'une telle culture peut jouer dans leur capacité à prendre des décisions éclairées et de leur faire découvrir le plaisir que l'on peut retirer de la science et de la technologie.

Les activités scientifiques et technologiques sollicitent la curiosité, l'imagination, le désir d'explorer, le plaisir d'expérimenter et de découvrir tout autant que les connaissances et le besoin de comprendre, d'expliquer et de créer. À ce titre, la science et la technologie ne sont pas l'apanage de quelques initiés. La curiosité à l'égard des phénomènes qui nous entourent ainsi que la fascination pour les inventions et l'innovation en science et en technologie nous interpellent tous à des degrés divers.

L'histoire de la science et de la technologie est partie prenante de cette culture et doit être mise à contribution. Elle permet de mettre en perspective les découvertes scientifiques de même que les innovations technologiques et d'enrichir la compréhension que l'on en a.

Diverses ressources peuvent être mises à profit. Les musées, les centres de recherche, les firmes d'ingénieurs, le milieu médical, les industries et entreprises locales ainsi que plusieurs autres ressources communautaires constituent autant de sources où puiser pour accroître et enrichir sa culture scientifique et technologique.

Les programmes

Au deuxième cycle du secondaire, les programmes *Science et technologie* et *Science et technologie de l'environnement* préconisent un enseignement où la science et la technologie sont abordées selon quatre perspectives :

8. Sylvie BARMA et Louise GUILBERT. « Différentes visions de la culture scientifique et technologique : Défis et contraintes pour les enseignants », dans HASNI, Abdelkrim, Yves LENOIR et Joël LEBEAUME (dir.). *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire dans le contexte des réformes par compétences*, Québec, Presses de l'Université du Québec, 2006, p. 11-39.

perspective technocratique, qui met l'accent sur l'expertise scientifique; la perspective démocratique, davantage tournée vers l'expertise citoyenne; la perspective humaniste, orientée vers le développement du potentiel intellectuel; et la perspective utilitariste, qui s'intéresse à l'utilisation de la science et de la technologie au quotidien⁸. Alors que le programme de science et technologie s'inscrit dans ces quatre perspectives sans nécessairement en privilégier une, le programme de science et technologie de l'environnement met davantage l'accent sur les expertises citoyenne et scientifique. Tout comme le programme de base, il accorde une importance particulière au développement de l'esprit critique des élèves. Il vise à consolider leur formation scientifique et technologique et constitue un préalable pour accéder aux programmes optionnels de science et technologie offerts en cinquième secondaire.

Ces programmes regroupent en une seule discipline plusieurs champs disciplinaires, à savoir l'astronomie, la biologie, la chimie, la géologie, la physique et la technologie. Ce regroupement est notamment motivé par la nécessité de faire fréquemment appel au contenu et aux méthodes propres à plusieurs de ces champs pour résoudre divers problèmes ou pour construire son opinion au regard de grandes problématiques scientifiques et technologiques.

Les programmes s'inscrivent dans le prolongement des programmes précédents et ciblent le développement des trois mêmes compétences :

- Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique;
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques;
- Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie.

Étroitement liées, ces compétences se rattachent à des dimensions complémentaires de la science et de la technologie : les aspects pratiques et méthodologiques; les aspects théoriques, sociohistoriques et environnementaux; et les aspects relatifs à la communication. Bien que les intentions éducatives poursuivies soient sensiblement les mêmes qu'au primaire et au premier cycle du secondaire, les exigences relatives à leur

Les trois compétences se développent en interaction et non de manière isolée et séquentielle. Cependant, l'évaluation peut porter sur une seule compétence.

développement sont de plus en plus élevées, en raison notamment de la complexité des concepts prescrits.

La première compétence met l'accent sur la méthodologie utilisée en science et en technologie pour résoudre des problèmes. Elle est axée sur l'appropriation de concepts et de stratégies au moyen de démarches où la manipulation occupe une place centrale.

Les élèves sont appelés à se poser des questions, à résoudre des problèmes et à trouver des solutions en observant, en manipulant, en mesurant, en expérimentant et en construisant, que ce soit dans un laboratoire, dans un atelier ou sur le terrain.

La deuxième compétence met l'accent sur la conceptualisation et sur le transfert des apprentissages, notamment dans la vie quotidienne. Les élèves sont ainsi amenés à s'approprier les concepts qui permettent de comprendre des principes scientifiques liés à diverses problématiques et d'analyser le fonctionnement d'objets et de systèmes technologiques. Ces concepts sont abordés en tant qu'éléments utiles pour tenter de comprendre le monde et construire son opinion.

La troisième compétence fait appel aux divers langages propres à la discipline et essentiels au partage d'information, de même qu'à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique ou technologique. Elle postule non seulement la connaissance d'une terminologie et d'un symbolisme spécialisés, mais aussi leur utilisation judicieuse, notamment par l'adaptation du discours aux interlocuteurs ciblés.

Les élèves sont invités à participer activement à des échanges en ayant recours aux langages propres à la science et à la technologie, conformément aux règles et aux conventions établies.

Les trois compétences se développent en interaction et non de manière isolée et séquentielle. L'appropriation des démarches utilisées en science et en technologie demande en effet que l'on connaisse et mobilise les concepts et les langages qui y correspondent. Elle s'effectue dans divers contextes qui contribuent à leur donner sens et portée. L'évaluation peut cependant porter sur une seule compétence.

Ces compétences sont indissociables des objets d'étude privilégiés par ces programmes. Pour en assurer le développement, des ressources sont présentées dans la section *Contenu de formation*. C'est le cas, entre autres, des concepts prescrits de ces programmes. Ils proviennent de divers champs disciplinaires et sont regroupés en quatre univers : l'univers vivant; l'univers matériel; la Terre et l'espace; et l'univers technologique.

Relations entre les programmes de science et technologie et les autres éléments du Programme de formation

De nombreuses relations peuvent être établies entre les programmes de science et technologie de la deuxième année du deuxième cycle du secondaire et les autres éléments du Programme de formation, à savoir les domaines généraux de formation, les compétences transversales, le programme de mathématique et les autres domaines d'apprentissage.

Relations avec les domaines généraux de formation

Les problématiques associées aux domaines généraux de formation trouvent un écho important dans les enjeux et les défis liés aux découvertes et aux réalisations d'ordre scientifique ou technologique, plus particulièrement dans leurs répercussions sur la santé, le bien-être, l'environnement et l'économie.

Santé et bien-être

Les savoirs acquis en science et technologie aident à répondre à de nombreuses interrogations liées à la santé et contribuent de façon significative à l'exploitation de ce domaine général de formation. Certains savoirs d'ordre scientifique permettent aux élèves, par exemple, de mieux comprendre les interactions entre leur corps et le milieu ambiant, ce qui peut les inciter à adopter de saines habitudes de vie. Songeons notamment aux rejets de contaminants qui risquent de s'accumuler dans la chaîne alimentaire. Les applications technologiques dans le domaine de la santé et de l'environnement sont par ailleurs nombreuses et diversifiées; elles constituent autant de sujets susceptibles d'alimenter des situations d'apprentissage et d'évaluation.

Les domaines généraux de formation nomment les grands enjeux contemporains. Par leur manière spécifique d'aborder la réalité, les disciplines scolaires apportent un éclairage particulier sur ces enjeux, supportant ainsi le développement d'une vision du monde élargie.

Environnement et consommation

Les savoirs scientifiques et technologiques contribuent à sensibiliser les jeunes à des questions liées à leur environnement, comme l'exploitation des ressources naturelles, les impacts de certaines réalisations humaines, la gestion des déchets, la richesse des différents milieux de vie, la mondialisation du secteur de l'alimentation ou les enjeux éthiques associés aux biotechnologies. Plusieurs avancées de la science et de la technologie ont entraîné des habitudes de consommation qui ont des conséquences diverses sur l'environnement. L'élaboration ou l'analyse d'un bilan écologique permet d'en faire ressortir les retombées d'ordre social, éthique, économique ou environnemental. Le bilan écologique permet aussi d'amener les élèves à s'interroger sur leurs propres habitudes de consommation et à adopter un comportement responsable à cet égard.

Médias

Que ce soit pour s'informer, apprendre ou communiquer, les élèves ont recours aux différents médias qui sont déjà très présents dans leur quotidien. Dans leur quête d'information, il importe qu'ils apprennent à devenir critiques à l'égard des renseignements qu'ils obtiennent. Ils doivent s'appropriier le matériel et les codes de communication médiatiques, et constater l'influence grandissante des médias dans leur vie quotidienne et dans la société. Ces ressources devraient être largement exploitées par l'enseignant. Les films, les journaux et la télévision traitent de sujets de nature scientifique ou technologique qui présentent de multiples liens possibles avec le quotidien des jeunes. Par ailleurs, l'intérêt, voire l'engouement, pour plusieurs appareils permettant la diffusion de l'information, tels que la radio, la télévision, l'ordinateur, le téléphone

cellulaire ou encore les satellites de communication, peut être exploité pour contextualiser les apprentissages et accroître la motivation des élèves.

Orientation et entrepreneuriat

Les diverses activités que les élèves sont appelés à réaliser dans le cadre de ces programmes sont autant d'occasions de les amener à mieux comprendre le travail du scientifique ou du technologue et à s'y intéresser pour leur orientation personnelle.

Plusieurs savoirs de nature scientifique ou technologique s'avéreront utiles dans de nombreux secteurs d'emploi. L'enseignant peut aider les élèves à en prendre conscience et à mesurer leur intérêt pour ces secteurs et leur aptitude à s'engager dans des professions qui s'y rattachent. De telles prises de conscience sont particulièrement importantes au deuxième cycle du secondaire, puisque les élèves y sont appelés à préciser leur cheminement scolaire et professionnel.

Vivre-ensemble et citoyenneté

La culture scientifique et technologique que les élèves acquièrent graduellement se traduit par de nouvelles représentations de certains enjeux sociétaux, ce qui peut améliorer la qualité de leur participation à la vie de la classe, de l'école ou de la société dans son ensemble. Diverses activités se rapportant à l'environnement, telle l'organisation d'une campagne axée sur la gestion des matières résiduelles de l'école, peuvent offrir des canevas de situations susceptibles de les aider à faire l'apprentissage d'une citoyenneté responsable.

Relations avec les compétences transversales

L'appropriation et l'approfondissement d'une culture scientifique et technologique, telle qu'elle est proposée dans ces programmes, s'opèrent par le développement des compétences disciplinaires, qui offrent un ancrage privilégié pour le développement des compétences transversales. Celles-ci contribuent en retour à élargir considérablement le rayon d'action des compétences disciplinaires.

Compétences d'ordre intellectuel

Les compétences d'ordre intellectuel jouent un rôle de premier plan en science et en technologie. Ainsi, la quête de réponses à des questions d'ordre scientifique ou la recherche de solutions à des problèmes d'ordre technologique exigent des élèves qu'ils exploitent l'information de façon judicieuse et qu'ils se questionnent quant à la crédibilité des sources. Cela les amène aussi à acquérir de nouvelles habiletés en matière de résolution de problèmes et à les adapter à la nature particulière de contextes divers. Considérer plus d'une manière de concevoir et de réaliser un objet technique ou un système, élaborer et mettre en œuvre un plan d'action pour résoudre un problème, tenir compte de positions divergentes au regard d'une problématique scientifique ou technologique représentent autant de façons de mettre en œuvre leur pensée créatrice.

Les compétences transversales ne se construisent pas dans l'abstrait; elles prennent racine dans des contextes d'apprentissage spécifiques, le plus souvent disciplinaires.

La société actuelle n'est pas à l'abri de la présence des pseudo-sciences. Les élèves doivent donc apprendre à exercer leur jugement critique, entre autres lorsqu'ils analysent certaines publicités, certains discours à prétention scientifique ou certaines retombées de la science et de la technologie. Il leur faut conserver une distance critique à l'égard des influences médiatiques, des pressions sociales de même que des idées reçues, et faire la part des choses, notamment entre ce qui est validé par la communauté scientifique et technologique et ce qui ne l'est pas.

Compétences d'ordre méthodologique

Le souci de rigueur associé aux démarches propres à ces programmes contraint les élèves à se donner des méthodes de travail efficaces. Ils apprennent aussi à respecter les normes et les conventions que nécessitent certaines de ces démarches.

L'essor des technologies de l'information et de la communication a largement contribué aux récentes avancées dans le monde de la science et de la technologie. Le fait que les élèves aient à recourir à divers outils technologiques (sondes connectées à des interfaces d'acquisition de données, dessin assisté par ordinateur, logiciels de simulation, etc.) dans l'expérimentation et la résolution de problèmes scientifiques ou

technologiques favorise le développement de leur compétence à exploiter les technologies de l'information et de la communication. La participation à une communauté virtuelle, en se joignant par exemple à un forum de discussion ou à une visioconférence, pour partager de l'information, échanger des données, recourir à des experts en ligne, communiquer les résultats de leur démarche et les confronter à ceux de leurs pairs, constitue une autre façon de mettre cette compétence à profit et de la développer.

Compétences d'ordre personnel et social

Lorsqu'ils considèrent des hypothèses ou des solutions, qu'ils passent de l'abstrait au concret ou de la décision à l'exécution, les élèves s'ouvrent à l'étendue des possibilités qui accompagnent l'action humaine. Ils envisagent une plus grande diversité d'options et acceptent de prendre des risques. Avec le temps, ils apprennent à se faire confiance, ils tirent profit de leurs erreurs et ils explorent de nouveaux moyens d'actualiser leur potentiel.

Le développement des savoirs scientifiques et technologiques appelle par ailleurs à la coopération, puisqu'il repose largement sur le partage d'idées ou de points de vue, sur la validation par les pairs ou par des experts et sur la collaboration à diverses activités de recherche et d'expérimentation ou encore de conception et de fabrication.

Compétence de l'ordre de la communication

L'appropriation de concepts et celle, indissociable, des langages propres à la science et à la technologie concourent à la capacité des élèves à communiquer de façon appropriée. Ils doivent non seulement découvrir graduellement les codes et les conventions de ces langages, mais également apprendre à en exploiter les divers usages.

Relations avec les autres disciplines

Dans une perspective de formation intégrée, il importe de ne pas dissocier les apprentissages réalisés en science et en technologie de ceux qui sont réalisés dans d'autres domaines d'apprentissage. Toute discipline se définit,

en partie du moins, par le regard particulier qu'elle porte sur le monde. Elle peut dès lors s'enrichir de l'apport complémentaire d'autres disciplines et contribuer à les enrichir à son tour.

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

La mathématique est étroitement liée aux programmes à caractère scientifique et technologique. Elle présente un ensemble de connaissances dans lequel la science et la technologie puisent abondamment. Ainsi, les élèves qui entreprennent une démarche scientifique ou technologique sont souvent amenés à mesurer, à dénombrer, à calculer des moyennes, à appliquer des notions de géométrie, à visualiser dans l'espace et à choisir divers modes de représentation. La mathématique leur est également utile lorsqu'ils sont appelés à élaborer et à analyser un bilan écologique, lequel nécessite des calculs et des conversions d'unités de mesure. On y fait fréquemment appel dans la conception d'objets techniques ou de systèmes

technologiques, notamment pour aider à modéliser les relations qui existent entre certaines variables déterminantes. De plus, le vocabulaire, le graphisme, la notation et les symboles auxquels la mathématique recourt forment un langage rigoureux dont peuvent tirer profit la science et la technologie.

D'autre part, la mathématique fait appel à des compétences axées sur le raisonnement, la résolution de problèmes et la communication, qui présentent une parenté avec celles qui sont au cœur des programmes de science et technologie. Leur exercice conjoint ne peut que favoriser leur transfert et s'avère particulièrement propice au développement des compétences transversales, notamment celles d'ordre intellectuel. La science et la technologie contribuent en outre à rendre concrets certains savoirs mathématiques, comme la notion de variable, les relations de proportionnalité, les principes de la géométrie ou les concepts associés aux statistiques.

Domaine des langues

Les disciplines du domaine des langues fournissent aux élèves des outils essentiels au développement de leurs compétences scientifiques et

La réalité se laisse rarement cerner selon des logiques disciplinaires tranchées. C'est en reliant les divers champs de connaissance qu'on peut en saisir les multiples facettes.

technologiques. Qu'il s'agisse de lire ou d'écrire des textes variés ou encore de communiquer oralement, les compétences acquises dans le cours de français sont nécessaires pour interpréter des informations de manière pertinente, pour décrire ou expliquer un phénomène et pour justifier certains choix méthodologiques. Par sa diversité et sa spécificité, le vocabulaire scientifique et technologique contribue de son côté à l'enrichissement du langage. Soulignons enfin l'étroite association entre la capacité d'analyser ou de produire des textes à l'oral ou à l'écrit et la compétence *Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*.

La langue anglaise est très répandue dans les communications scientifiques et technologiques à l'échelle internationale. La connaître constitue un atout. L'atteinte d'un niveau minimal de compétence en anglais s'avère donc indispensable, tant pour comprendre les consignes d'assemblage de certains objets techniques que pour participer à une communauté virtuelle ou à des activités pancanadiennes ou internationales, telle une expo-sciences. De plus, les élèves qui maîtrisent cette langue ont accès à des sources de renseignements beaucoup plus nombreuses et diversifiées.

Domaine de l'univers social

L'étude des avancées scientifiques et des développements technologiques peut éclairer notre compréhension de l'évolution des sociétés, puisque les problématiques auxquelles ces contributions visaient à répondre à divers moments de l'histoire étaient inscrites dans des réalités sociales particulières, souvent complexes et diversifiées. En retour, la perspective historique permet de remettre en contexte ces avancées et d'en mesurer l'ampleur. Se tourner vers le passé peut également apporter des réponses à des questions portant sur l'origine de certaines explications scientifiques ou réalisations technologiques.

Domaine des arts

La science et la technologie tirent profit de l'exercice de la créativité, à laquelle les disciplines artistiques concourent largement. Certaines démarches particulières à ces programmes présentent en effet des liens avec la dynamique de création commune aux quatre disciplines du domaine des arts, soit l'art dramatique, les arts plastiques, la danse et la musique. C'est le cas notamment des stratégies d'observation, qui exigent parfois que l'on

fasse preuve d'ingéniosité pour obtenir les données requises, de la formulation d'hypothèses, qui demande souvent une certaine audace, ou encore de la conception d'objets technologiques, qui fait largement appel au sens esthétique. La créativité est en tout temps sollicitée.

La science et la technologie apportent en retour une contribution à ces disciplines. Par exemple, la prise de conscience des impacts possibles de certains produits sur l'environnement pourra influencer les artistes lors de leurs choix de matériaux. De son côté, la capacité de transmettre et de produire des messages à caractère scientifique et technologique peut être mise à profit dans la création d'images médiatiques en arts plastiques.

Domaine du développement de la personne

En raison des multiples questions d'ordre éthique qui y sont abordées, ces programmes bénéficient des réflexions menées dans le cours d'éthique et culture religieuse. L'exploitation de certaines ressources énergétiques, les conséquences de leur transformation ou encore les enjeux liés à la production de déchets créés par la surconsommation en sont des exemples.

Des liens intéressants peuvent aussi être tissés avec le programme d'éducation physique et à la santé. Ainsi, les notions de saine alimentation, de gestion de l'énergie, de besoin énergétique corporel, ou de santé et sécurité renvoient à des préoccupations communes à ces programmes.

Les programmes de science et technologie se prêtent donc fort bien à la mise en œuvre d'activités interdisciplinaires. C'est en effet du regard croisé des différents domaines d'apprentissage qui composent le Programme de formation de l'école québécoise que peut émerger la formation la plus complète, la plus adéquate et la plus susceptible d'offrir aux jeunes des moyens de s'adapter aux réalités du XXI^e siècle.

Contexte pédagogique

Cette section présente le contexte pédagogique favorable à la construction des compétences et des connaissances scientifiques et technologiques. Le rôle de l'enseignant et celui de l'élève y sont successivement abordés.

Rôle de l'enseignant

Le rôle de l'enseignant est considéré ici sous quatre aspects : la construction ou l'adaptation de situations d'apprentissage et d'évaluation; l'accompagnement des élèves dans le développement de leurs compétences; l'évaluation du niveau de développement des compétences; et l'utilisation de certains modes d'intervention dans le contexte de l'éducation relative à l'environnement.

Construire ou adapter des situations d'apprentissage et d'évaluation significatives⁹

Un des premiers rôles de l'enseignant consiste à proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation stimulantes et à planifier ses interventions dans une perspective de différenciation des apprentissages. Il s'inspirera aussi souvent que possible de questions d'actualité associées à un ou plusieurs axes de développement d'un domaine général de formation. Dans le cadre de ces programmes, les situations proposées font référence à des problématiques environnementales.

Un des premiers rôles de l'enseignant consiste à proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation stimulantes et à planifier ses interventions dans une perspective de différenciation des apprentissages.

9. L'annexe C présente des exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation qui illustrent la façon dont on peut exploiter en classe les problématiques proposées pour aider les élèves à donner un sens à leurs apprentissages et à s'approprier des concepts dans un contexte où leur usage s'avère pertinent. Les situations d'apprentissage et d'évaluation permettent d'établir plusieurs liens avec les intentions éducatives des domaines généraux de formation de même qu'avec les apprentissages visés par d'autres disciplines. Elles rendent également possible l'exercice de compétences aussi bien disciplinaires que transversales.

Cette section présente les qualités que doivent posséder les situations d'apprentissage et d'évaluation, le type de situations à privilégier pour chacune des compétences et les ressources qui peuvent être mises à profit dans ces situations.

Des situations contextualisées, ouvertes et intégratives

Pour conférer plus de sens aux apprentissages et favoriser l'intégration des savoirs, des savoir-faire et des savoir-être, il convient d'avoir recours à des situations d'apprentissage et d'évaluation contextualisées, ouvertes et intégratives.

Une situation est contextualisée dans la mesure où elle donne du sens aux concepts en les intégrant à un contexte dans lequel leur usage s'avère pertinent. À cette fin, elle traite de questions tirées de l'actualité, de réalisations scientifiques et technologiques liées aux réalités concrètes de la vie des élèves, ou encore de certains des grands enjeux de l'heure.

Une situation est ouverte lorsqu'elle présente des données de départ susceptibles de mener à différentes pistes de solution. Elle doit permettre d'aborder le problème de plusieurs façons et donner lieu à des activités variées. Les données initiales peuvent être complètes, implicites ou superflues.

Certaines peuvent faire défaut et nécessiter une recherche qui débouchera sur de nouveaux apprentissages.

Une situation intégrative renvoie à des savoirs théoriques et pratiques de diverse nature ainsi qu'à des concepts provenant de plus d'un des univers à l'étude : l'univers vivant, l'univers matériel, la Terre et l'espace, et l'univers technologique. Elle doit en outre permettre d'établir des liens avec les intentions éducatives d'un ou de plusieurs domaines généraux de formation et, le plus souvent possible, avec d'autres disciplines.

Des situations complexes qui permettent de développer des compétences

L'exercice des compétences disciplinaires passe par la maîtrise des concepts prescrits par ces programmes et les programmes de science et technologie antérieurs. Les situations d'apprentissage et d'évaluation doivent ainsi favoriser l'acquisition de ces concepts tout en permettant de travailler les différents aspects des compétences visées. Elles doivent aussi inciter les élèves à s'engager dans des démarches pratiques comme l'expérimentation et la conception, à construire leur opinion ou à s'exprimer sur les problématiques abordées.

Pour favoriser le développement de la compétence *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique*, l'enseignant doit proposer des situations qui suscitent l'engagement dans la résolution de problèmes faisant appel à une démarche expérimentale ou de conception. Ces situations doivent donc comporter des manipulations. En raison des dangers que présente l'utilisation de certains instruments et substances, il importe que des personnes compétentes, comme les techniciens en travaux pratiques, puissent intervenir en cas de besoin. Certaines situations peuvent aussi nécessiter le recours à des démarches de modélisation et d'observation ou à une démarche empirique.

Pour amener les élèves à développer la compétence *Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques*, l'enseignant leur proposera des situations qui leur demandent de construire leur opinion sur des problématiques environnementales variées et complexes. L'étude de ces problématiques leur permettra de développer leur esprit critique et d'apprendre à nuancer leur argumentation.

Finalement, la compétence *Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie* s'exerce dans des situations qui demandent de choisir un mode de présentation approprié, d'utiliser un vocabulaire scientifique et technologique adéquat à l'oral comme à l'écrit, et d'établir des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques. À tout moment, l'enseignant doit mettre l'accent sur la qualité de la langue, que ce soit lors d'une présentation orale, de la schématisation d'un objet technique ou d'un système, de la rédaction d'un rapport technique ou de laboratoire ou encore d'une réflexion sur les impacts de la science et de la technologie.

L'enseignant peut choisir de travailler les trois compétences en interrelation tout en mettant l'accent sur l'une ou l'autre d'entre elles. Il devra, par ailleurs, avoir recours à différentes stratégies pédagogiques (l'approche par problème, l'étude de cas, la controverse ou le projet, etc.) qui favorisent l'adoption par les élèves d'une approche réflexive, dans la mesure où elles permettent de les amener à se poser des questions et à prendre du recul par rapport à leur démarche.

Ressources pouvant être mises à profit

L'exercice des compétences en science et technologie repose sur la mobilisation de ressources internes ou externes de plusieurs types : ressources personnelles, informationnelles, matérielles, institutionnelles et humaines. Les ressources personnelles correspondent aux connaissances, aux habiletés, aux stratégies, aux attitudes ou aux techniques. On parle aussi de « ressources conceptuelles » pour désigner spécifiquement les connaissances provenant de disciplines variées. Les ressources informationnelles comprennent les manuels et documents divers ou tout autre élément pertinent pour la recherche d'informations. La catégorie des ressources matérielles comporte notamment les instruments, les outils et les machines. Les objets usuels de toutes sortes en font également partie. Quant aux ressources institutionnelles, elles incluent les organismes publics ou parapublics tels que les musées, les centres de recherche, les firmes d'ingénieurs, le milieu médical, les industries et entreprises locales ou toute autre ressource communautaire. Ce sont des richesses à exploiter pour amener les élèves à élargir leur culture scientifique et technologique.

Les enseignants constituent les ressources humaines les plus immédiatement accessibles. Tout comme les techniciens en travaux pratiques, ils sont indispensables sur plusieurs plans, notamment celui de la sécurité au laboratoire et à l'atelier. Leur apport peut être complété par celui d'enseignants d'autres disciplines ou de différents experts.

Accompagner les élèves dans le développement de leurs compétences

Un deuxième aspect de la tâche de l'enseignant est de soutenir ses élèves dans le développement de leurs compétences. Pour cela, il doit baliser leur cheminement en tenant compte des aspects de la démarche sur lesquels il veut les amener à travailler plus particulièrement (par exemple, la

construction d'un modèle, la conception d'un prototype¹⁰, la formulation d'une première explication, le concept de variable, la notion de mesure, la représentation des résultats). Ouvertes quant aux moyens à prendre, les situations d'apprentissage et d'évaluation n'en doivent pas moins constituer un cadre rigoureux qui prévoit une tâche à réaliser, un but à atteindre, certaines ressources à mobiliser et l'aménagement de moments pour l'exercice du recul réflexif. Pour la conception d'un prototype, l'enseignant fournit toujours le cahier des charges; il peut également, pour gagner du temps, fournir certaines gammes de fabrication. Des gabarits préparés à l'avance pourraient aussi faciliter certaines opérations d'usinage.

Il importe que l'enseignant adapte la tâche au niveau de compétence des élèves, donne des explications au besoin, réponde à leurs questions, propose des pistes de solution, encadre de manière plus soutenue ceux qui sont moins autonomes et s'assure du respect des règles de sécurité en laboratoire ou en atelier. Chacun doit apprendre à tirer profit de ses erreurs en comprenant qu'elles sont rarement dues au hasard.

L'enseignant doit offrir un encadrement souple aux élèves, mais il doit aussi les inciter à la rigueur. Il lui faut s'assurer qu'ils ne sont pas submergés par la quantité d'informations à traiter et les soutenir autant dans la sélection de données pertinentes pour la tâche ou la résolution du problème que dans la recherche de nouvelles données.

L'enseignant demeure toujours une référence importante pour les élèves. C'est particulièrement vrai en ce qui a trait à la régulation des apprentissages et aux interventions collectives en classe. Ces dernières peuvent devenir des temps forts au cours desquels il recadre les apprentissages notionnels et fait ressortir les liens entre leurs acquis récents et leurs connaissances antérieures. Il est également convié à jouer un rôle actif au moment d'effectuer des retours réflexifs ou d'élaborer une synthèse avec l'ensemble de la classe.

10. Par « prototype », on entend ici tout objet ou appareil construit pouvant constituer le premier exemplaire d'une éventuelle production en série. Il peut s'agir d'un prototype de conception, de fabrication, de production, d'expérimentation ou d'essai.

11. Se référer à la Politique d'évaluation des apprentissages : *Formation générale des jeunes, formation générale des adultes, formation professionnelle* et au *Cadre de référence en évaluation des apprentissages au secondaire*. Le Cadre fournit des informations utiles sur les caractéristiques d'une situation d'apprentissage et d'évaluation, la différenciation pédagogique, l'évaluation des compétences transversales, la notation, les échelles des niveaux de compétence, la communication des résultats et la planification de l'évaluation.

Évaluer le niveau de développement des compétences¹¹

L'évaluation du niveau de développement des compétences constitue un autre aspect important du rôle de l'enseignant. Conformément à la Politique d'évaluation des apprentissages, l'évaluation en science et technologie revêt une double fonction : l'aide à l'apprentissage et la reconnaissance des compétences.

L'aide à l'apprentissage

Il importe que l'enseignant observe régulièrement ses élèves afin de les aider à réajuster leur démarche et à mobiliser plus efficacement leurs ressources. Il lui faut à cette fin leur proposer des situations d'apprentissage nombreuses et variées, et préparer pour chaque situation des outils d'observation, d'évaluation ou de consignation qu'il leur présentera. Lorsqu'il élabore ces situations et ces outils, il doit s'appuyer sur les critères d'évaluation énoncés pour la ou les compétences concernées. Cela lui permet de se donner des indicateurs auxquels il pourra rattacher des comportements observables qui lui permettront d'en évaluer le niveau de développement. Il aura également intérêt à se référer aux attentes de fin de programme et aux échelles des niveaux de compétence.

Dans tous les cas, les interventions de l'enseignant doivent avoir pour objectif de permettre aux élèves de prendre conscience de leurs difficultés et d'y remédier, ou encore de consolider des acquis. Ses observations peuvent se faire pendant qu'ils travaillent : elles appellent alors des interventions immédiates de sa part. Elles peuvent aussi être notées dans des outils de consignation qui lui permettront ensuite de faire le point sur les réussites et les difficultés de chacun, de revenir avec eux sur les stratégies utilisées et les apprentissages réalisés, et d'ajuster son enseignement au besoin.

Soulignons enfin que, dans sa fonction d'aide à l'apprentissage, l'évaluation relève aussi de la responsabilité de chaque élève. L'enseignant pourra donc favoriser des pratiques d'autoévaluation, de coévaluation ou d'évaluation par les pairs, et proposer aux élèves des outils à cette fin.

La reconnaissance des compétences

Pour attester du niveau de développement des compétences atteint par chaque élève, l'enseignant doit disposer d'un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il pourra fonder son jugement. Pour s'assurer

de la validité de ce jugement, il se référera aux critères d'évaluation et aux attentes de fin de programme fixés pour chacune des trois compétences. Il devra également utiliser les échelles des niveaux de compétence élaborées pour ce programme.

Intervenir dans le contexte de l'éducation relative à l'environnement¹²

L'étude de réalités environnementales permet non seulement de contextualiser l'apprentissage des concepts scientifiques et technologiques, mais aussi d'aborder les aspects sociaux, politiques et éthiques de nombreuses découvertes et innovations issues de la science et de la technologie, et d'en saisir ainsi la signification et la portée.

Au delà de la simple transmission de connaissances concernant l'environnement et les problématiques qui y sont associées, l'éducation relative à l'environnement privilégie la construction, dans une perspective critique, de savoirs susceptibles d'accroître le pouvoir d'action des individus. Elle fait appel à une éthique environnementale et vise l'adoption d'attitudes, de valeurs et de conduites imprégnées de cette éthique.

L'éducation relative à l'environnement peut être abordée sous divers angles. On parlera d'éducation **au sujet de** l'environnement lorsque l'enseignement est axé sur le contenu et a pour objectif de susciter l'acquisition de connaissances relatives à l'environnement. Si l'environnement est plutôt perçu comme une ressource pédagogique (un contexte) pour l'enseignement de la science et de la technologie, on se situe dans une perspective d'éducation **par** l'environnement. L'éducation **pour** l'environnement est quant à elle axée sur la résolution et la prévention des problèmes environnementaux. Enfin, pour concrétiser les apprentissages, une éducation **dans** l'environnement exploite le milieu extérieur à l'école (pédagogie de terrain) ou encore le contexte biophysique ou social dans lequel on vit.

12. La conception de l'éducation relative à l'environnement présentée ici est inspirée de l'ouvrage de la chercheuse Lucie Sauvé : *Pour une éducation relative à l'environnement : Éléments de design pédagogique*, guide de développement professionnel à l'intention des éducateurs, Montréal, Guérin, 1997, 361 p.

13. Lucie SAUVÉ, « Environnement et consommation : Stimuler l'engagement et construire l'espoir », *Spectre*, vol. 36, no 3, octobre 2006, p. 11.

L'environnement lui-même peut être considéré sous différents angles, dont l'enseignant devra tenir compte pour intervenir de manière appropriée. On peut l'assimiler à la nature qui nous entoure et qu'il faut apprendre à apprécier, à respecter et à préserver, ou encore y voir un milieu de vie à connaître ou à aménager, ce milieu pouvant s'étendre à la biosphère et toucher alors le vivre-ensemble à long terme. On peut également l'envisager comme un espace où abondent les problèmes à prévenir ou à résoudre, ou encore comme un système à comprendre pour être en mesure de prendre des décisions éclairées. Enfin, l'environnement peut être perçu comme une ressource à gérer et à partager et comme l'occasion de se donner un projet communautaire dans lequel s'engager. « C'est donc à travers un ensemble de dimensions interreliées et complémentaires que se déploie la relation à l'environnement. Une éducation relative à l'environnement limitée à l'une ou l'autre de ces dimensions reste donc incomplète et entretient une vision biaisée du rapport au monde¹³ ». Évidemment, il n'est pas possible d'aborder toutes ces dimensions dans une seule situation d'apprentissage et d'évaluation. Il importe néanmoins d'en couvrir un éventail aussi large que possible au cours de l'année en misant sur les multiples contextes offerts par la diversité des enjeux environnementaux.

L'élaboration ou l'analyse d'un bilan écologique et l'analyse des valeurs associées à des problématiques environnementales

Certaines stratégies pédagogiques élaborées dans le champ de l'éducation relative à l'environnement sont particulièrement bien adaptées à l'enseignement de la science et de la technologie. L'élaboration ou l'analyse d'un bilan écologique ainsi que l'analyse des valeurs associées à des problématiques environnementales font partie de ces stratégies.

L'élaboration et l'analyse d'un bilan écologique permettent d'évaluer les impacts environnementaux de l'ensemble des opérations se rapportant à un objet technique, à un système, à un produit ou à un procédé. Ces stratégies peuvent également s'appliquer à un individu, à un groupe d'individus, à un écosystème, à un pays, etc. Le bilan écologique consiste en une quantification des flux de matière et d'énergie entrants et sortants qui peuvent être associés au sujet soumis à l'étude. Dans le cas d'un produit, cela fait référence aux ressources énergétiques requises pour l'extraction des matières premières, à la transformation de ces matières en composants utilisables, à

la fabrication des produits intermédiaires et des produits finis, au transport des matériaux vers chaque phase de transformation, à la fabrication du produit étudié, à sa distribution, à son utilisation finale et à son élimination (recyclage, réutilisation, incinération ou mise aux rebuts).

Le bilan écologique doit prendre en compte plusieurs paramètres. Il oblige à raisonner, à émettre des hypothèses, à faire des déductions et à proposer des solutions. Il aide à caractériser l’empreinte écologique d’un groupe individus (ou d’un écosystème, d’un produit, d’un procédé, etc.), à en considérer les impacts sur l’environnement et à trouver une façon d’agir en conséquence.

D’un autre côté, étant donné que les problématiques environnementales sont basées sur des conflits de valeurs entre différents protagonistes, il importe de souligner que le recours à ces problématiques dans l’enseignement de la science et de la technologie implique nécessairement des discussions à caractère éthique. L’analyse des valeurs permet de mieux comprendre la dimension affective et morale d’une problématique environnementale. Elle consiste à identifier et à évaluer celles qui sous-tendent les positions des divers acteurs impliqués dans une situation controversée. Elle est axée sur la compréhension de la dimension affective des conflits, mais se situe à un niveau d’analyse qui se veut le plus objectif possible. Parallèlement, l’élève pourra clarifier et situer ses propres valeurs par rapport à celles qui viennent d’être analysées. Cette comparaison sera très utile au moment de construire son opinion.

Il importe cependant de mettre l’enseignant en garde contre les dérives possibles vers une forme d’endoctrinement des élèves. Il pourrait en effet, de manière plus ou moins consciente, ne favoriser que certains points de vue ou certaines idées. Or, sur le plan pédagogique, l’étude d’une problématique est pertinente lorsqu’on amène les élèves à explorer divers aspects et points de vue de manière à ce qu’ils développent eux-mêmes leur opinion.

Rôle de l’élève

Les élèves doivent s’engager activement dans leurs apprentissages, à l’aide de situations qui suscitent leur participation active, font appel à leur jugement critique et exigent d’eux qu’ils fassent preuve d’initiative, de créativité, d’autonomie et de rigueur intellectuelle. Pour ce faire, ils doivent construire et utiliser de multiples ressources internes (connaissances et techniques, habiletés, démarches, stratégies et attitudes). Si cela est nécessaire, ils cherchent des informations variées, sélectionnent les ressources matérielles utiles à leur démarche d’apprentissage ou recourent à des ressources humaines de leur environnement immédiat. Dans certains cas, il peut être intéressant pour eux de sortir du cadre familial ou scolaire. Leur milieu, les industries, les experts, les musées leur permettent de s’ouvrir au monde extérieur et de considérer d’autres points de vue.

Il est important que les élèves soient en mesure de recourir aux techniques appropriées lorsqu’ils exécutent leur plan d’action. S’ils utilisent des instruments de vérification ou de contrôle, ils doivent tenir compte des erreurs liées aux mesures, qu’elles soient attribuables à l’instrument, à l’opérateur ou à l’environnement. Ils doivent donc indiquer les mesures en utilisant un nombre adéquat de chiffres significatifs. De plus, il leur faut appliquer les normes de sécurité et faire preuve de prudence lors des manipulations en laboratoire et en atelier. Dans le doute, ils doivent faire appel à leur enseignant ou au technicien en travaux pratiques afin de s’assurer que leurs interventions sont sécuritaires ou qu’ils utilisent correctement le matériel mis à leur disposition.

En tout temps, il importe qu’ils se soucient de la qualité de la langue orale et écrite, que ce soit lors d’une présentation orale, de la rédaction d’un rapport de laboratoire, d’un article scientifique, d’une fiche technique ou encore d’une réflexion sur les impacts de la science et de la technologie.

Chaque élève est responsable de ses apprentissages et doit s’engager activement dans le développement des compétences en mobilisant de multiples ressources.

COMPÉTENCE 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique

Sens de la compétence

La science et la technologie se caractérisent notamment par la rigueur de leurs démarches de résolution de problèmes. Dans tous les cas, les problèmes comportent des données initiales, un but à atteindre ainsi que des spécifications servant à en préciser la nature, le sens et l'étendue. Le fait de chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique implique le recours à divers modes de raisonnement ainsi qu'à différentes démarches associées à ces disciplines, telles les démarches de modélisation, d'observation, expérimentale, empirique ou les démarches technologiques de conception et d'analyse. Ces démarches mobilisent des stratégies d'exploration ou d'analyse et nécessitent créativité, méthode et persévérance. Apprendre à y recourir et à les articuler avec pertinence permet de mieux comprendre la nature de l'activité scientifique et technologique.

Bien qu'elles reposent sur des procédés rigoureux, ces démarches ne sont pas à l'abri des erreurs et peuvent faire appel au tâtonnement. Aussi s'accompagnent-elles d'un questionnement visant à valider le travail en cours et à effectuer les ajustements nécessaires en fonction des buts fixés ou des choix effectués. Le résultat atteint soulevant parfois de nouveaux problèmes, les acquis sont toujours considérés comme provisoires et s'inscrivent dans un processus continu de recherche et d'élaboration de nouveaux savoirs.

Au deuxième cycle du secondaire comme au premier, un élève compétent dans la recherche de réponses ou de solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique doit savoir mettre en œuvre plusieurs de ces démarches pour résoudre des problèmes qui, dans certains cas, sont relativement complexes. Au premier cycle, les élèves apprennent à distinguer la démarche expérimentale de la démarche technologique de conception : l'accent est mis sur leurs spécificités respectives, sur les objectifs distincts qu'elles poursuivent, mais aussi sur leur complémentarité. Au deuxième cycle

s'ajoutent de manière plus explicite la démarche d'observation, la démarche de modélisation et la démarche empirique. On vise alors, pour toutes ces démarches, une intégration à plus ou moins long terme au sein d'une même recherche de réponses ou de solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique.

Rarement simples, les problèmes de départ sont généralement abordés sous l'angle scientifique. Ils soulèvent de nombreuses questions plus spécifiques qui peuvent être regroupées en sous-problèmes, chacun renvoyant à des principes scientifiques ou à des procédés technologiques particuliers.

La première compétence est axée sur l'appropriation de concepts et de stratégies au moyen de démarches où la manipulation occupe une place centrale.

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'un ordre ou de l'autre repose sur un **processus dynamique et non linéaire**. Cela demande de circuler entre les différentes phases de la résolution d'un problème et de mobiliser les démarches, stratégies, techniques, principes et concepts appropriés. L'articulation de ces ressources suppose que l'on soit aussi en mesure de les adapter en tenant compte de la situation et de son contexte.

La résolution d'un problème commence toujours par la construction de sa représentation à partir d'indices significatifs et d'éléments jugés pertinents. Cette première représentation, parfois peu élaborée, pourra exiger plusieurs ajustements ultérieurs. En effet, la réalisation de nouveaux apprentissages, le recours à des informations ou à des connaissances antérieures qui n'avaient pas encore été prises en compte, les échanges d'idées avec les pairs ou l'enseignant, ou encore l'obtention de résultats expérimentaux imprévus donnent souvent lieu à des reformulations plus précises et plus proches du but à atteindre. La représentation initiale d'un problème peut donc être modifiée tout au long du processus. Il arrive aussi qu'une représentation adéquate soit élaborée dès le départ grâce à un solide bagage de connaissances spécifiques.

Une exploration de diverses possibilités de résolution doit ensuite être effectuée à partir de la représentation du problème. Après avoir sélectionné l'une d'elles, l'élève doit élaborer un plan d'action qui tient compte, d'une part, des limites et des contraintes matérielles imposées par le milieu et, d'autre part, des ressources dont il dispose pour résoudre le problème.

Lors de la mise en œuvre du plan, l'élève en exécute les étapes en prenant soin de consigner toutes les observations pouvant être utiles ultérieurement. De plus, s'il prend une mesure, il importe qu'il tienne compte des erreurs qui peuvent y être associées. De nouvelles données peuvent exiger une reformulation de la représentation du problème, l'adaptation du plan de départ ou la recherche de pistes de solution plus appropriées.

Vient ensuite l'analyse des résultats, qui a trait à l'organisation, à la classification, à la comparaison et à l'interprétation des résultats obtenus au cours du processus de résolution du problème. Elle consiste à repérer les tendances et les relations significatives qui les caractérisent, les relations qui s'établissent entre les résultats ou encore entre les résultats et les données initiales. Cette mise en relation permet de formaliser le problème, de valider ou d'invalider l'hypothèse, et de tirer une conclusion.

À tout moment du processus, des retours réflexifs doivent être effectués pour favoriser un meilleur contrôle de l'articulation des démarches et des stratégies. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques utilisées et sur leur adaptation aux exigences des différents contextes.

La plupart des démarches sur lesquelles repose cette compétence ne peuvent être mises en œuvre qu'au laboratoire ou en atelier. Les élèves doivent respecter les directives, travailler avec rigueur et avoir un souci d'efficacité et d'efficience. La sécurité doit être une préoccupation constante.

Cette compétence est indissociable des deux autres et ne saurait se développer isolément. Ainsi, la recherche de solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique ne peut se faire indépendamment de l'appropriation et de la mise à profit de connaissances spécifiques. Les lois, les principes et les concepts propres à la discipline sont utilisés pour cerner un problème et pour le formuler en des termes qui le rapprochent d'une réponse ou d'une solution. Cette compétence exige également la maîtrise de stratégies de l'ordre de la communication. En effet, le processus de validation par les pairs est incontournable en science et en technologie, tout comme la compréhension et l'utilisation d'un langage partagé par les membres de la communauté scientifique ou technologique.

Attentes de fin de programme

À la fin de ces programmes, l'élève est en mesure de mettre en œuvre un processus de résolution de problèmes. Il s'approprie le problème à partir des données initiales et dégage le but à atteindre ou le besoin à cerner ainsi que les conditions à respecter. Il reformule le problème en faisant appel à des concepts scientifiques et technologiques. Il propose des hypothèses vraisemblables ou des solutions possibles qu'il est en mesure de justifier.

Il élabore sa planification en sélectionnant les démarches qui lui permettront d'atteindre son but. Il contrôle avec rigueur les variables importantes. Dans l'élaboration de son plan d'action, il choisit les outils conceptuels et matériels pertinents.

Il concrétise son plan d'action en travaillant de façon sécuritaire et l'ajuste au besoin. Il recueille des données en utilisant correctement le matériel choisi. Il tient compte de la précision des outils ou des équipements. En tout temps, il se préoccupe des erreurs liées aux mesures. En science, il analyse les données recueillies et en tire des conclusions ou des explications pertinentes. S'il y a lieu, il énonce de nouvelles hypothèses ou propose des améliorations à sa solution ou de nouvelles solutions. En technologie, il procède à la mise à l'essai de sa solution en s'assurant qu'elle répond au besoin ciblé ou aux exigences du cahier des charges. Il a recours, si cela est nécessaire, aux technologies de l'information et de la communication.

Tout au long du processus, l'élève inscrit au programme optionnel fait preuve de rigueur et recourt aux explications qualitatives et au formalisme mathématique requis pour appuyer son raisonnement.

Compétence 1 et ses composantes

Cerner un problème

Considérer le contexte de la situation • S'en donner une représentation • Identifier les données initiales • Identifier les éléments qui semblent pertinents et les relations qui les unissent • Reformuler le problème en faisant appel à des concepts scientifiques et technologiques • Proposer des explications ou des solutions possibles

Élaborer un plan d'action

Explorer quelques-unes des explications ou des solutions provisoires • Sélectionner une explication ou une solution • Déterminer les ressources nécessaires • Planifier les étapes de sa mise en œuvre

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique

Concrétiser le plan d'action

Mettre en œuvre les étapes planifiées • Faire appel aux techniques et aux autres ressources appropriées • Procéder à des essais, s'il y a lieu • Recueillir des données ou noter des observations pouvant être utiles • Apporter, si cela est nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action • Mener à terme le plan d'action

Analyser les résultats

Rechercher les tendances ou les relations significatives • Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée • Établir des liens entre les résultats et les concepts scientifiques et technologiques • Proposer des améliorations, si cela est nécessaire • Tirer des conclusions

Critères d'évaluation

- Représentation adéquate de la situation
- Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation
- Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence atteint par l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence en science et technologie établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.

COMPÉTENCE 2 Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

Sens de la compétence

La science et la technologie ont des répercussions sur notre vie. Certaines sont positives et contribuent de façon notable à en améliorer la qualité. D'autres, par contre, soulèvent des enjeux d'ordre éthique à l'égard desquels il faut se situer. Toutes les sphères de l'activité humaine, qu'elles soient d'ordre personnel, social ou professionnel, sont touchées à des degrés divers, de telle sorte que la science et la technologie apparaissent aujourd'hui comme des outils indispensables pour comprendre le monde dans lequel nous vivons et pour nous y adapter. Afin de s'intégrer à la société et d'y exercer son rôle de citoyen de façon éclairée, l'individu doit donc disposer d'une solide culture scientifique et technologique impliquant la capacité de mettre à profit ses connaissances dans le domaine, quel que soit le contexte.

Au premier cycle du secondaire, les élèves ont appris à mettre à profit leurs connaissances scientifiques et technologiques en tentant de dégager des retombées de la science et de la technologie et de comprendre des phénomènes naturels de même que le fonctionnement de quelques objets techniques. Au deuxième cycle, cette réflexion se poursuit, mais le niveau des exigences est plus élevé. D'une part, les élèves sont confrontés à diverses problématiques sur lesquelles ils sont progressivement appelés à se construire une opinion, plusieurs questions étant alors soulevées et examinées selon différentes perspectives (aspects, points de vue, retombées, etc.). D'autre part, bien qu'ils soient amenés à exploiter les ressources conceptuelles qu'ils ont accumulées jusqu'alors, ils sont aussi forcés d'en acquérir de nouvelles pour en compenser les lacunes.

Au cours du deuxième cycle, les élèves sont ainsi appelés à situer les problématiques dans leur contexte. Cet exercice suppose qu'ils s'en construisent une représentation systémique qui prend en compte différents aspects (sociaux, historiques, économiques, technologiques, etc.) et les divers

points de vue sur le sujet (environnementalistes, syndicats, politiciens, etc.). Cette représentation leur permettra d'en dégager les enjeux éthiques, s'il y a lieu, et d'envisager des solutions dont ils pourront examiner certaines retombées à court et à long terme.

L'analyse d'une problématique exige de dégager certains principes scientifiques qui s'y rapportent. L'exercice de cette compétence suppose donc que les élèves se soient appropriés les concepts fondamentaux nécessaires à la compréhension de ces principes. Cette appropriation ne saurait toutefois se limiter à la simple maîtrise d'un formalisme mathématique ou à

l'application d'une recette. Comprendre un principe ou un phénomène consiste à s'en donner une représentation qualitative, et dans certains cas quantitative, qui permet de l'expliquer à l'aide de lois et de modèles, de le décrire, d'en saisir les relations, et parfois de prédire de nouveaux phénomènes. Les démarches empiriques, d'observation et de modélisation, entre autres, constituent donc des ressources dont les élèves peuvent tirer profit pour comprendre des principes scientifiques.

Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques en cernant une problématique exige fréquemment d'analyser certains objets, systèmes, produits ou procédés qui y sont rattachés. Cette analyse consiste à en déterminer la fonction globale, à en comprendre le fonctionnement en reconnaissant ses diverses composantes et leurs fonctions respectives, à prendre en considération les caractéristiques techniques et les principes scientifiques sous-jacents, et enfin à se pencher sur les solutions adoptées pour les construire.

Cette compétence implique que l'élève situe une problématique dans son contexte, qu'il dégager des principes scientifiques et technologiques qui y sont liés et qu'il construise son opinion.

Par ailleurs, la mobilisation des connaissances scientifiques et technologiques ne serait pas complète sans l'exercice de la pensée critique. L'analyse systématique d'une problématique doit conduire les élèves à se forger graduellement une opinion à son égard. En ayant consulté différentes ressources qui présentent divers aspects et points de vue, ils pourront hiérarchiser les éléments d'information et en privilégier certains de manière à construire leur opinion. Ils seront alors capables de justifier ou de nuancer cette opinion en tenant compte d'informations nouvelles qui pourraient leur être présentées.

Des retours réflexifs doivent être effectués à tout moment du processus de résolution des problèmes associés à la problématique à l'étude pour favoriser une meilleure articulation des démarches et des stratégies. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et les techniques liées à la problématique, sur leur utilisation et sur leur adaptation aux exigences des différents contextes.

Cette compétence fait également appel à des éléments de communication liés à la production, à l'interprétation et à la transmission de messages à caractère scientifique ou technologique ainsi qu'à l'utilisation des langages propres à la science et à la technologie.

Compétence 2 et ses composantes

Situer une problématique scientifique ou technologique dans son contexte

Identifier des aspects du contexte (social, environnemental, historique, etc.) • Établir des liens entre ces divers aspects • Dégager, s'il y a lieu, des enjeux éthiques liés à la problématique • Anticiper des retombées à long terme

Comprendre des principes scientifiques liés à la problématique

Reconnaître des principes scientifiques • Décrire ces principes de manière qualitative ou quantitative • Mettre en relation ces principes en s'appuyant sur des concepts, des lois ou des modèles

Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

Comprendre des principes technologiques liés à la problématique

Cerner la fonction globale d'un objet, d'un système, d'un produit ou d'un procédé • En identifier les diverses composantes et déterminer leurs fonctions respectives • En décrire des principes de fonctionnement et de construction • Mettre en relation ces principes en s'appuyant sur des concepts, des lois ou des modèles • Représenter schématiquement des principes de fonctionnement et de construction

Construire son opinion sur la problématique à l'étude

Chercher diverses ressources et considérer différents points de vue • Déterminer les éléments qui peuvent aider à construire son opinion • Justifier son opinion en s'appuyant sur les éléments considérés • Nuancer son opinion en prenant en considération celle des autres

Critères d'évaluation

- Formulation d'un questionnement approprié
- Utilisation pertinente des concepts, des lois, des modèles et des théories de la science et de la technologie
- Production d'explications ou de solutions pertinentes
- Justification adéquate des explications, des solutions, des décisions ou des opinions

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence atteint par l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence en science et technologie établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.

Attentes de fin de programme

À la fin de ces programmes, l'élève est en mesure d'analyser des situations ou de réagir à des questionnements liés à de grandes problématiques tirées du quotidien, de l'actualité, etc. Il les aborde sous l'angle de la science et de la technologie. Il circonscrit la problématique en explorant divers aspects (sociaux, environnementaux, économiques, politiques, technologiques, etc.) et en dégage, s'il y a lieu, les principaux enjeux éthiques. Quand cela est pertinent, il est à même d'évaluer les retombées à long terme liées aux enjeux soulevés.

Lorsque l'élève analyse un problème sous l'angle de la science, il tente de reconnaître les principes en cause. Au regard de ces principes, il formule une explication ou une solution provisoire qu'il valide en s'appuyant sur les concepts, les lois, les théories et les modèles pertinents. Il est en mesure de décrire de manière qualitative ces principes scientifiques et il peut recourir au formalisme mathématique pour justifier son explication. L'élève inscrit au programme optionnel doit recourir au formalisme mathématique, lorsque la situation l'exige.

Lorsque l'élève analyse un problème sous l'angle de la technologie, il en détermine la fonction globale. Il examine l'objet, le système technologique ou le produit afin d'en observer les principaux éléments constitutifs. Il manipule l'objet ou le système et le démonte au besoin afin d'en comprendre les principaux sous-systèmes et mécanismes. L'élève inscrit au programme optionnel est en mesure de décrire de manière qualitative les principes de fonctionnement en s'appuyant sur les concepts, les lois et les modèles pertinents. Il justifie les solutions retenues lors de la conception ou de la construction de l'objet technique ou du système technologique en recourant, lorsque la situation le permet, au formalisme mathématique.

Après avoir exploré divers aspects (sociaux, environnementaux, économiques, politiques, technologiques, etc.) ou divers enjeux éthiques liés à une problématique, l'élève effectue une recherche pour connaître différents points de vue sur la question. Il donne priorité aux informations qu'il juge importantes tout en s'assurant de la crédibilité des sources. Il se forge ainsi une opinion fondée en s'appuyant entre autres sur des principes scientifiques et technologiques. Il est en mesure de justifier son opinion et de la reconsidérer en fonction de nouvelles informations. L'élève inscrit au programme optionnel justifie son opinion à l'aide d'une argumentation riche et variée.

Sens de la compétence

La communication joue un rôle essentiel dans la construction des savoirs scientifiques et technologiques. Dans la mesure où ils sont socialement élaborés et institués, ils ne se construisent que dans le partage de significations, l'échange d'idées et la négociation de points de vue. Cela exige l'emploi d'un langage standardisé, c'est-à-dire d'un code qui délimite le sens des signes linguistiques et graphiques en fonction de l'usage qu'en fait la communauté technoscientifique. La diffusion des savoirs obéit aussi à des règles. Les résultats de recherche doivent en effet être soumis à un processus de validation par les pairs avant d'être largement diffusés dans la communauté et le grand public. La communication peut donc revêtir diverses formes selon qu'elle s'adresse aux membres de cette communauté ou qu'elle vise à informer un public non initié.

Au deuxième cycle du secondaire comme au premier, les élèves doivent être aptes à communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie et doivent savoir recourir aux normes et aux conventions propres à ces disciplines lorsqu'ils participent à des échanges sur des questions d'ordre scientifique ou technologique ou qu'ils interprètent ou produisent des informations de cette nature. Il importe également qu'ils apprennent à respecter la propriété intellectuelle des personnes dont ils reprennent les idées ou les résultats. Une importance toute particulière doit être accordée à l'interprétation, sans négliger pour autant la participation à des échanges ou la production de messages.

Cette compétence se développe dans des situations qui sollicitent la participation de l'élève à des échanges d'information, à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique ou technologique.

Cette compétence se développe dans des situations qui sollicitent la participation des élèves à des échanges d'information à caractère scientifique ou technologique, qu'il s'agisse de partager le fruit d'un travail avec des pairs, de rechercher auprès d'experts des réponses à un questionnement ou encore de contribuer à des activités telles que l'analyse ou la conception d'objets, de systèmes ou de produits, la présentation d'un projet ou la rédaction d'une fiche technique. Particulièrement utiles pour aider les élèves

à préciser leurs représentations et à valider un point de vue en le confrontant à celui des autres, ces situations doivent aussi viser l'adoption d'une attitude d'ouverture et de réceptivité à l'égard de la diversité des connaissances, des points de vue et des approches. Une attention particulière doit être portée au fait que certains termes n'ont pas la même signification dans le langage courant et dans le langage spécifique de la science ou de la technologie.

Le sens des concepts peut également différer selon le contexte disciplinaire dans lequel ils sont utilisés. Il est donc indispensable que les élèves prennent en compte le contexte de la situation de communication pour déterminer les enjeux de l'échange et adapter leur comportement en conséquence.

L'interprétation, qui représente une autre composante importante de la compétence, intervient tout autant dans la lecture d'un article scientifique ou technique que dans l'écoute d'un exposé oral, dans la compréhension d'un rapport de laboratoire ou dans l'utilisation d'un cahier des charges, d'un dossier technique ou d'un plan. Toutes ces activités exigent des élèves qu'ils saisissent le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés et qu'ils donnent la signification exacte d'un graphique, d'un schéma ou d'un dessin de détail. Ils doivent aussi établir des liens explicites entre les concepts comme tels et leur représentation graphique ou symbolique. Lorsqu'ils s'adonnent à une activité d'écoute ou qu'ils consultent des documents, il leur faut en outre vérifier la crédibilité des sources et sélectionner les informations qui leur semblent pertinentes.

La production de messages à caractère scientifique ou technologique est également un aspect important de cette compétence puisque les situations peuvent exiger des élèves qu'ils élaborent un protocole de recherche, rédigent un rapport de laboratoire, préparent un dossier technique, conçoivent un prototype, résument un texte, représentent les détails d'une pièce ou fassent un exposé sur une question d'ordre scientifique ou technologique. La prise en compte du destinataire ou des particularités du public ciblé constitue un passage obligé pour la délimitation du contexte de ces productions. Cela demande que les élèves déterminent un niveau d'élaboration accessible au public ciblé, structurent le message en conséquence et choisissent des formes et des modes de représentation appropriés à la communication. Le souci de bien utiliser les concepts, les formalismes, les symboles, les graphiques, les schémas et les dessins contribue à donner de la clarté, de la cohérence et de la rigueur au message. Dans ce type de communication, le recours aux technologies de l'information et de la communication peut s'avérer utile ou offrir un enrichissement substantiel.

Au cours de leur participation à un échange, les élèves doivent effectuer des retours réflexifs pour favoriser une meilleure articulation des stratégies de production et d'interprétation. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques associées à la communication, sur leur utilisation et sur leur adaptation aux exigences du contexte de l'échange.

Cette compétence ne saurait être mobilisée indépendamment des deux autres, dont elle vient renforcer le développement. Tout en contribuant de manière significative à leur donner toute leur étendue, elle s'enrichit de la compréhension accrue qui résulte des recherches et des réalisations qui les caractérisent. La première compétence, axée sur la résolution de problèmes d'ordre scientifique ou technologique, fait appel à des normes et à des conventions, et ce, tant pour l'élaboration d'un protocole de recherche ou d'un scénario de réalisation que pour l'explication de lois et de principes ou la présentation de résultats expérimentaux. Tableaux, symboles, graphiques, schémas, dessins de détail ou d'ensemble, maquettes, équations mathématiques et modèles sont autant de modes de présentation qui peuvent soutenir la communication, mais qui nécessitent de respecter les règles d'usage propres à la science, à la technologie et à la mathématique.

L'appropriation des concepts scientifiques et technologiques de même que leur mise à profit, qui font l'objet de la deuxième compétence, exigent un langage et un type de discours appropriés. Par exemple, les lois scientifiques, qui sont une façon de modéliser les phénomènes, s'expriment généralement par des définitions ou des formalismes mathématiques. Les comprendre, c'est pouvoir les relier aux phénomènes qu'ils ont pour objectif de représenter.

Compétence 3 et ses composantes

Participer à des échanges d'information à caractère scientifique et technologique

Faire preuve d'ouverture • Valider son point de vue ou sa solution en les confrontant avec ceux d'autres personnes • Intégrer à sa langue orale et écrite un vocabulaire scientifique et technologique approprié

Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique

Faire preuve de vigilance quant à la crédibilité des sources • Repérer des informations pertinentes • Saisir le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés • Établir des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques • Sélectionner les éléments significatifs

Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Produire et transmettre des messages à caractère scientifique et technologique

Tenir compte du destinataire et du contexte • Structurer son message • Utiliser les formes de langage appropriées dans le respect des normes et des conventions établies • Recourir aux formes de présentation appropriées • Démontrer de la rigueur et de la cohérence

Critères d'évaluation

- Interprétation juste de messages à caractère scientifique ou technologique
- Production ou transmission adéquate de messages à caractère scientifique ou technologique
- Respect de la terminologie, des règles et des conventions propres à la science et à la technologie

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence atteint par l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence en science et technologie établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.

Programme de formation de l'école québécoise

Attentes de fin de programme

› 22
Chapitre 6

À la fin de ces programmes, l'élève interprète et produit, sous une forme orale, écrite ou visuelle, des messages à caractère scientifique ou technologique.

Lorsqu'il interprète un message, il a recours aux langages associés à la science et à la technologie. Selon la situation, il utilise avec rigueur tant le langage scientifique, technologique, mathématique ou symbolique que le langage courant. Il tient compte de la crédibilité de la source d'information. Lorsque cela est nécessaire, il définit les mots, les concepts et les expressions en s'appuyant sur des sources crédibles. Parmi toute l'information consultée, il repère et utilise les éléments qu'il juge pertinents et nécessaires à l'interprétation juste du message.

Il produit des messages structurés et clairs et les formule avec rigueur. Il respecte les conventions tout en utilisant des modes de représentation appropriés. Il choisit et utilise adéquatement des outils, dont les technologies de l'information et de la communication, qui l'aident à bien livrer son message. S'il y a lieu, il adapte son message à ses interlocuteurs. Il est en mesure d'explicitier, en langage courant, le sens du message qu'il produit ou qu'il a interprété. Quand la situation l'exige, il confronte ses idées avec celles de ses interlocuteurs. Il défend alors ses idées, mais s'ajuste quand les arguments d'autrui lui permettent de mieux préciser sa pensée. En tout temps, il respecte la propriété intellectuelle dans la production de son message.

Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire

Les programmes de science et technologie visent la consolidation et l'enrichissement par les élèves de leur culture scientifique et technologique. À cette intention s'ajoute celle de former des utilisateurs de la science et de la technologie conscients de l'importance de considérer les impacts environnementaux à court, à moyen et à long terme. S'ajoute également l'intention de préparer un certain nombre d'élèves à s'orienter vers des carrières leur permettant d'assumer un rôle de surveillance et d'évaluation de ces impacts dans la communauté.

Le programme optionnel de science et technologie de l'environnement privilégie les mêmes ressources que celles du programme obligatoire de science et technologie. Plusieurs concepts et d'autres ressources ont cependant été ajoutés. Leur appropriation rend les élèves du parcours de formation générale aptes à accéder aux programmes optionnels offerts en cinquième secondaire.

Les ressources à construire dans le cadre du programme optionnel s'ajoutent à celles du programme de base pour permettre une élaboration conceptuelle plus approfondie dans le contexte des problématiques environnementales décrites à l'annexe A. Aux problématiques suggérées dans le programme de base, soit les changements climatiques, le défi énergétique de l'humanité, l'eau potable et la déforestation, s'ajoutent pour le programme optionnel celles de l'énergie¹⁴, des matières résiduelles et de la production alimentaire. Ces problématiques constituent des lieux d'intégration privilégiés pour le développement des compétences disciplinaires et l'appropriation des concepts.

Les ressources sont présentées en deux parties. La première est consacrée aux concepts prescrits, et la seconde porte sur les démarches, les stratégies et les attitudes à acquérir ainsi que les techniques prescrites. Les démarches correspondent essentiellement aux façons de faire dans un contexte de résolution de problèmes en science et technologie. Les stratégies sont mises en œuvre lors de l'exercice des compétences en vue de l'articulation des

14. Dans ce programme optionnel, la problématique de l'énergie s'inscrit dans le prolongement de la problématique du défi énergétique de l'humanité présentée à la deuxième année du programme de science et technologie.

démarches. Les attitudes, qu'elles soient liées au savoir ou au savoir-agir, engagent et responsabilisent les élèves. Enfin, les techniques renvoient à des procédés méthodiques fréquemment utilisés en science et en technologie. Leur rôle dans le développement des compétences s'avère fondamental.

Concepts prescrits

Les concepts prescrits sont regroupés dans quatre univers : l'univers vivant; l'univers matériel; la Terre et l'espace; et l'univers technologique. Comme ces univers sont interreliés, ils ne doivent pas être abordés séparément ni de manière séquentielle. Il en est de même des concepts, qui ne doivent pas non plus être abordés selon une séquence chronologique prédéterminée, mais au moyen de situations d'apprentissage et d'évaluation intégratives.

Chaque univers est présenté dans un tableau à deux colonnes. Dans la première figurent les concepts généraux ainsi que les orientations qui élaborent, contextualisent et précisent les assises conceptuelles, tout en laissant une certaine latitude à l'enseignant. À l'occasion, des notes fournissent des précisions supplémentaires sur la portée des concepts et sur les limites à donner à leur étude. La deuxième colonne présente la liste, non limitative, des concepts prescrits. Il est en effet souhaitable que la richesse des situations d'apprentissage et d'évaluation permette d'aller au delà des exigences minimales.

Un tableau de repères culturels figure à la fin de la présentation de chaque univers. Destinés à enrichir les situations d'apprentissage et d'évaluation, ces repères contribuent à donner un caractère intégratif aux activités pédagogiques en les ancrant dans la réalité sociale, culturelle ou quotidienne des élèves. Ils permettent souvent d'établir des liens avec les domaines généraux de formation et avec d'autres domaines d'apprentissage.

Cette section se termine par un tableau synthèse qui offre une vue d'ensemble des concepts prescrits de ces programmes.

Univers vivant

L'étude des problématiques environnementales proposées dans ces programmes s'articule autour de cinq concepts d'écologie et des concepts de base de la génétique mendélienne. D'une part, l'appropriation des concepts de population, de dynamique des communautés, de dynamique des écosystèmes, d'empreinte écologique et d'écotoxicologie permet de comprendre les niveaux d'organisation des vivants, leur relation à leur

environnement et certains effets de l'activité humaine sur ces vivants. D'autre part, une connaissance des concepts de base de la génétique mendélienne s'impose pour saisir les défis associés à la conservation de la biodiversité ainsi que les enjeux liés à cette capacité qu'a l'humain de modifier la nature même des vivants qui l'entourent.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Écologie</p> <p>Plusieurs individus de la même espèce qui occupent le même territoire forment une population. Chaque population est caractérisée par la façon dont elle est distribuée sur un territoire ainsi que par sa densité. L'influence des facteurs abiotiques et biotiques est déterminante dans l'étude de la dynamique des populations. Plusieurs de ces facteurs tels que la natalité, la mortalité, l'immigration et l'émigration jouent un rôle important dans les cycles biologiques d'une population. Par ailleurs, la reproduction et la survie des individus sont étroitement liées à l'accessibilité aux ressources du milieu.</p> <p>Une population n'est jamais seule à occuper un territoire. Plusieurs types d'interactions biotiques se produisent entre plusieurs populations, qui constituent alors une communauté. Chaque communauté se caractérise par une structure trophique et une abondance relative des espèces qui la composent (biodiversité). La structure trophique, définie par les relations entre les organismes qui forment des réseaux alimentaires, est déterminante pour expliquer la dynamique des communautés. Ces réseaux alimentaires sont influencés à la fois par les nutriments disponibles à la base de la chaîne alimentaire et par les grands prédateurs à son sommet. Des modifications dans la structure et la composition des communautés surviennent lorsque des perturbations provoquent un déséquilibre. Dès lors, une série de changements s'opèrent progressivement afin de rétablir l'équilibre dans la communauté : on parle alors de successions écologiques. L'action des humains et les catastrophes naturelles sont les principaux agents de perturbation au sein des communautés.</p> <p>Un autre facteur peut jouer un rôle important dans la perturbation des relations au sein des communautés. Il s'agit de la présence de microorganismes pathogènes dans l'environnement (bactéries, virus, champignons, parasites). Certains de ces agents peuvent avoir un effet allergisant, toxique ou même mortel dans certains cas.</p> <p>Quant aux écosystèmes, ils se caractérisent tous par les relations qu'entretiennent les organismes d'une communauté avec les facteurs abiotiques du milieu. Grâce à l'action des organismes autotrophes, l'énergie entre dans l'écosystème et est transformée en matière organique. Cette productivité primaire (biomasse) a une influence sur la quantité d'énergie totale de l'écosystème. L'énergie solaire qui est convertie en énergie chimique est transmise d'un niveau trophique à un autre par l'intermédiaire de la nourriture et dissipée sous forme de chaleur. À tous les niveaux trophiques, des processus biologiques et géologiques rendent possible la remise en circulation des divers nutriments : on parle alors de recyclage chimique. L'action des micro-organismes et des décomposeurs est cruciale dans le processus de décomposition organique qui permet la remise en circulation des divers éléments inorganiques.</p> <p>L'étude des changements climatiques et celle du défi énergétique de l'humanité sont particulièrement pertinentes pour comprendre la circulation de l'énergie et le recyclage de la matière au sein des écosystèmes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Étude des populations (densité, cycles biologiques) – Dynamique des communautés <ul style="list-style-type: none"> • Biodiversité • Perturbations – Dynamique des écosystèmes <ul style="list-style-type: none"> • Relations trophiques • Productivité primaire • Flux de matière et d'énergie • Recyclage chimique – <u>Empreinte écologique</u> – <u>Écotoxicologie</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Contaminant</u> • <u>Bioconcentration</u> • <u>Bioaccumulation</u> • <u>Seuil de toxicité</u>

Univers vivant (Suite)

Orientations	Concepts prescrits
<p>L’empreinte écologique vise à évaluer concrètement l’impact des activités humaines sur les écosystèmes, afin d’envisager une gestion équilibrée des ressources. Elle correspond à la surface biologiquement productive de la Terre qui est nécessaire pour assurer le niveau de vie et l’élimination des déchets d’un individu ou d’une population.</p> <p>L’écotoxicologie concerne les effets à long terme de certaines pollutions récurrentes sur les écosystèmes. Alors que des contaminants peuvent être dégradés par des processus naturels, d’autres s’accumulent dans les écosystèmes ou dans les organismes vivants, dans les cours d’eau, les lacs et les étangs. C’est le cas des phosphates et du mercure. Ainsi, l’exposition prolongée d’un réseau trophique aux substances toxiques explique que l’on retrouve parfois ces polluants dans les organismes aquatiques à une concentration supérieure à celle que l’on mesure dans l’eau dans laquelle ils vivent.</p> <p>La toxicité de chaque contaminant dépend notamment de sa concentration, des caractéristiques du milieu dans lequel il est rejeté, de la nature des organismes avec lesquels il est en contact et de la durée de l’exposition. Afin d’évaluer les effets d’un type de polluant sur les organismes, plusieurs données sont disponibles. Parmi celles-ci, on retiendra le seuil de toxicité, soit la quantité minimale de contaminant (en mg par kg de masse de l’organisme) qui produit un effet néfaste notable sur un organisme.</p> <p>Note : Dans le cadre du programme optionnel, les élèves ne devront faire qu’une évaluation qualitative de la toxicité du milieu à l’étude, basée sur des données qui leur seront fournies.</p>	
<p>Génétique</p> <p>Les croisements végétaux et animaux permettent de favoriser l’émergence d’une caractéristique utile chez la majorité des individus d’une espèce. Le génie génétique peut, par l’ajout ou la modification de gènes, faire perdre ou acquérir de nouvelles caractéristiques aux végétaux et aux animaux, et ce, dès la première génération. En effet, le gène, unité de base de l’hérédité, détermine la transmission d’un caractère particulier. Chaque gène de cellule eucaryote est composé de deux allèles qui peuvent exister en plusieurs variantes. La transmission, et par le fait même l’expression, des gènes n’est pas toujours assurée. Ainsi, lorsque les parents ont fourni deux allèles identiques d’un gène particulier, l’individu est homozygote pour ce gène et le trait porté par les allèles est exprimé. Par contre, s’il possède deux allèles différents, on le dit hétérozygote pour ce gène et plusieurs possibilités sont envisageables, dont la dominance, qui est observée lorsqu’un allèle dominant s’exprime au détriment de l’allèle récessif. Ceci implique qu’en modifiant le génotype d’un vivant, on modifie généralement des caractéristiques anatomiques, morphologiques et physiologiques observables, c’est-à-dire son phénotype.</p> <p>De plus, le code génétique d’un individu porte les instructions pour la synthèse des protéines nécessaires au fonctionnement optimal de son organisme. Chaque gène, ou segment d’ADN, contient les instructions pour la production d’une chaîne polypeptidique particulière. La transcription de l’ADN en ARN messager se déroule dans le noyau, alors que la traduction en chaîne d’acides aminés à l’aide de l’ARN de transfert se déroule sur un ribosome, dans le cytoplasme. L’intégrité des molécules d’ADN et de ces processus est garante de la santé de l’organisme, car une infime erreur peut entraîner la formation d’une protéine inadéquate et avoir des effets physiologiques négatifs. Certaines substances présentes dans l’environnement ont un effet cellulaire qui peut dérégler la synthèse de protéines ou modifier la molécule d’ADN.</p> <p>Note : Dans ce programme ainsi que dans celui de science et technologie de la première année du deuxième cycle, on retrouvera les concepts de biotechnologie parmi les concepts appartenant à l’univers technologique.</p>	<ul style="list-style-type: none">– Hérité– Gène– Allèle– Caractère– Génotype et phénotype– Homozygote et hétérozygote– Dominance et récessivité– Synthèse des protéines– Croisement

Repères culturels			
Histoire	Ressources du milieu	Inventions humaines	Événements
Charles Darwin Alfred Wallace Hermann Müller Alfred Hershey Martha Chase René Truhaut Mathis Wackernagel William Rees	Aires protégées Jardins zoologiques Réserves mondiales de l'UNESCO Groupes environnementaux Musées de science et de technologie Sociétés de conservation Chaires, centres et instituts de recherche en éducation relative à l'environnement Biosphère d'Environnement Canada Conseils régionaux de l'environnement	Activités de dépollution Protection de l'environnement Développement durable	Découverte de la structure de l'ADN Sommets de la Terre Protocole de Kyoto Forum mondial de l'eau

Univers matériel

Les concepts prescrits en ce qui a trait à l'univers matériel sont regroupés autour de sept concepts généraux : les propriétés physiques des solutions; les transformations chimiques; l'organisation de la matière; la classification périodique; les transformations nucléaires; l'électricité et l'électromagnétisme;

et les transformations de l'énergie mécanique. Ils ont été retenus en raison de leur importance pour l'étude de diverses problématiques environnementales.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Propriétés physiques des solutions</p> <p>Dans l'environnement, la matière est généralement présente sous la forme de mélanges dont plusieurs sont des solutions aqueuses. La propriété de l'eau de dissoudre de nombreuses substances est essentielle à la compréhension de nombreux phénomènes vitaux et environnementaux. Une attention particulière sera portée aux propriétés des solutions aqueuses d'acides, de bases et de sels. Ces solutions se définissent par leurs propriétés mesurables et observables.</p> <p>Les propriétés physiques des solutions aqueuses varient selon les constituants et leurs proportions. La solubilité d'un solide ou d'un gaz s'exprime en grammes de soluté pour un volume donné de solvant. Elle varie notamment selon la température. La concentration s'exprime en parties par million (ppm), en pourcentage, en grammes <u>ou en moles</u> de soluté par litre de solution. Au cours du cycle naturel de l'eau, la dissolution, la dilution et l'évaporation causent des variations de concentration des substances dissoutes.</p> <p>Certaines substances en solution dans l'eau permettent le passage du courant. Ce sont les électrolytes. Ils sont dits forts ou faibles selon leur conductibilité électrique lorsqu'ils sont dissous dans l'eau. La transformation physique qui s'opère lors de la mise en solution dans l'eau et la conductibilité électrique des solutions d'électrolytes s'expliquent par la dissociation des molécules d'électrolytes en ions.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Concentration (ppm, <u>mole/L</u>) – Électrolytes – <u>Force des électrolytes</u> – Échelle pH – Dissociation électrolytique – Ions – Conductibilité électrique
<p>Transformations chimiques</p> <p>Les propriétés chimiques d'une substance ou d'un groupe de substances sont en rapport avec leurs transformations chimiques particulières au contact l'une de l'autre. Les produits de ces transformations étant différents des réactifs, ils seront caractérisés par d'autres propriétés. Le nombre d'atomes de chaque élément et leur masse se conservent toutefois. Sur cette base, des équations chimiques sont balancées. <u>Des calculs sur les quantités (en moles et en grammes) de matière qui participent à une réaction chimique sont effectués. Ils permettent également de prévoir la quantité d'énergie produite ou absorbée.</u></p> <p>Diverses réactions chimiques, en rapport avec chacun des thèmes, sont examinées. Elles mettent en évidence le fait que les atomes de différents éléments et les ions ont un pouvoir combinatoire déterminé en relation avec leur structure. <u>La tendance des atomes à acquérir la structure électronique périphérique du gaz inerte voisin, par gain, par perte ou par mise en commun d'électrons, est déterminée par le nombre et la disposition des électrons dans les atomes.</u></p> <p>Note : Les calculs stœchiométriques sont effectués en supposant que les réactions chimiques sont complètes. Lors de l'étude des liaisons, les éléments de transition ne sont pas considérés.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Combustion – <u>Oxydation</u> – Photosynthèse et respiration – Réaction de neutralisation acidobasique – <u>Sels</u> – Balancement d'équations chimiques – Loi de la conservation de la masse – <u>Stœchiométrie</u> – <u>Nature de la liaison</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Covalente</u> • <u>Ionique</u> – <u>Réactions endothermique et exothermique</u>

Orientations	Concepts prescrits
<p>Organisation de la matière</p> <p>Au cours de l'histoire, différents modèles d'organisation de la matière ont été proposés pour expliquer ses propriétés et ses transformations. Le modèle atomique de Rutherford-Bohr rend compte de l'existence de deux types de particules (protons et électrons) et de leur organisation : le noyau est constitué, entre autres, de protons, et les électrons, en nombre égal à celui des protons, circulent autour du noyau <u>sur des couches électroniques qui correspondent à différents niveaux énergétiques. Quant au modèle atomique simplifié, il intègre une seconde particule nucléaire (le neutron) dont l'existence a été confirmée et prend en compte trois types de particules.</u></p> <p><u>La matière s'organise également au niveau moléculaire et ionique. La nomenclature et l'écriture des formules de divers composés usuels, y compris ceux formés à l'aide des ions polyatomiques les plus fréquents, s'appuient sur les règles en usage.</u></p> <p><u>La notion de mole et le nombre d'Avogadro sont abordés pour permettre les calculs qui déterminent les relations quantitatives entre les réactifs et les produits au cours des réactions chimiques.</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Modèle atomique de Rutherford-Bohr – Notation de Lewis – <u>Modèle atomique simplifié</u> – <u>Neutron</u> – <u>Règles de nomenclature et d'écriture</u> – <u>Ions polyatomiques</u> – <u>Notion de mole</u> – <u>Nombre d'Avogadro</u>
<p>Classification périodique</p> <p>Le tableau de la classification périodique des éléments recèle une foule d'informations. Certaines sont utilisées pour expliquer des propriétés des métaux, des non-métaux et des métalloïdes, et pour prévoir des comportements en mettant en relation la structure atomique, les propriétés des éléments <u>et le type de liaison qui unit les atomes.</u></p> <p><u>Tous les éléments sont classés par ordre croissant de numéro atomique. Ce numéro désigne le nombre de protons contenus dans le noyau et permet de différencier les éléments. Cette classification met en évidence (avec quelques irrégularités) la croissance des masses atomiques, la structuration par famille d'éléments ayant des propriétés chimiques semblables et la périodicité de certaines propriétés physiques et chimiques des éléments.</u></p> <p><u>Certains atomes d'un même élément diffèrent cependant les uns des autres par leur nombre de neutrons et donc par leur masse atomique. Ce sont les isotopes. Ils occupent la même position dans le tableau de classification périodique parce qu'ils ont le même numéro atomique et les mêmes propriétés chimiques. Les isotopes sont naturellement présents, mais ils peuvent aussi être produits en laboratoire ou par l'industrie.</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Familles et périodes du tableau périodique – <u>Masse atomique relative</u> – <u>Numéro atomique</u> – <u>Périodicité des propriétés</u> – <u>Isotopes</u>
<p>Transformations nucléaires</p> <p><u>Les transformations de la matière sont dites « nucléaires » lorsqu'elles se produisent dans le noyau d'un atome. Au cours de ces transformations, les forces de liaison des nucléons s'avèrent insuffisantes pour maintenir la stabilité du noyau. De nouveaux noyaux sont engendrés (plus lourds lors de la fusion et plus légers lors de la fission), des particules se déplacent à grande vitesse (énergie cinétique) et d'importantes quantités d'énergie se dégagent sous forme de rayonnement.</u></p> <p><u>Le potentiel énergétique du nucléaire est énorme. Cependant, si l'utilisation des substances radioactives présente des avantages indéniables, elle n'est pas sans conséquences environnementales.</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – <u>Stabilité nucléaire</u> – <u>Radioactivité</u> – <u>Fission et fusion</u>

Univers matériel (Suite)

Orientations	Concepts prescrits
<p>Électricité</p> <p>La connaissance de la matière présente dans l’environnement passe aussi par l’exploration de ses propriétés électriques. En effet, des charges électriques peuvent apparaître sur certaines matières neutres à la suite de leur frottement avec un objet constitué d’une autre matière. Ces charges subissent une force d’attraction lorsqu’elles sont de signes contraires et une force de répulsion lorsqu’elles sont de mêmes signes. <u>Cette force est directement proportionnelle au produit de deux charges et inversement proportionnelle au carré de la distance entre elles. L’intensité du champ électrique produit par une charge en un point est directement proportionnelle à cette charge et inversement proportionnelle au carré de la distance du point à la charge.</u> L’apparition de charges électriques s’explique par la mobilité des charges négatives (les électrons) et par leur accumulation à la surface de certaines substances. L’affinité de différents matériaux pour les électrons permet d’expliquer plusieurs phénomènes électriques observés dans la vie quotidienne.</p> <p>Certains éléments et matériaux sont de bons conducteurs d’électricité. Ils sont utilisés pour transmettre le mouvement des électrons dans des circuits électriques. Les circuits électriques examinés peuvent être constitués de divers éléments reliés en série ou en parallèle. La loi d’Ohm établit la relation entre la tension, la résistance et l’intensité du courant dans un circuit. À ces grandeurs sont associées des unités de mesure. <u>Les lois de Kirchhoff s’ajoutent à la loi d’Ohm pour déterminer l’intensité et la tension aux bornes des différents éléments d’un circuit. Indirectement, elles permettent le calcul des résistances équivalentes d’un circuit.</u></p> <p>Certains éléments des circuits transforment également une partie de l’énergie électrique en une autre forme d’énergie. Des relations sont établies entre l’énergie électrique consommée et la tension du circuit, l’intensité du courant et le temps. Quant à la puissance électrique d’un appareil, elle est déterminée par sa consommation d’énergie par unité de temps. À ces grandeurs sont associées des unités de mesure.</p> <p>Note : En électricité, le travail sur des circuits mixtes n’est pas exigé. <u>L’étude de la loi de Coulomb s’effectue de manière qualitative et quantitative. La force électrique est mesurée entre deux charges.</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Charge électrique – Électricité statique – Loi d’Ohm – Circuits électriques – Lois de Kirchhoff – Relation entre puissance et énergie électrique – Champ électrique – Loi de Coulomb
<p>Électromagnétisme</p> <p>La connaissance de la matière passe également par l’exploration de ses propriétés magnétiques. Certaines matières ont la propriété de créer un champ magnétique. Des pôles de mêmes noms se repoussent alors que des pôles de noms différents s’attirent.</p> <p>Un courant électrique engendre aussi un champ magnétique, <u>que le fil soit droit ou enroulé.</u> Par convention, les lignes du champ magnétique engendrées par un aimant, qu’il soit naturel ou artificiel, sont déterminées par l’orientation (direction et sens) du pôle Nord de l’aiguille d’une boussole placée dans le même champ. L’identification rapide du sens des lignes de champs magnétiques peut être effectuée en appliquant les règles de la main droite ou de la main gauche, selon que l’on choisit de considérer le sens conventionnel du courant ou le sens réel du mouvement des électrons.</p> <p>Note : En électromagnétisme, seuls les aspects qualitatifs sont abordés.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Forces d’attraction et de répulsion – Champ magnétique d’un fil parcouru par un courant – <u>Champ magnétique d’un solénoïde</u>

Orientations		Concepts prescrits	
<p>Transformations de l'énergie mécanique</p> <p>L'énergie est présente dans l'environnement sous diverses formes. Quelle que soit cette forme, elle correspond au travail qu'un système est susceptible de produire. Ce travail implique une force et un déplacement. La relation entre le travail, la force et le déplacement sera examinée selon que le point d'application de la force se déplace dans la même direction que la force ou dans une direction différente.</p> <p>Avec des moyens appropriés, il est possible de convertir une forme d'énergie en une autre. Dans un système isolé, l'énergie totale est conservée au cours de ces transformations. Si le système n'est pas isolé, il perd une certaine quantité d'énergie qui est récupérée par le milieu et les systèmes extérieurs avoisinants. L'énergie transformée correspond au travail fourni. Les transformations de l'énergie cinétique à l'énergie potentielle, et inversement, sont considérées.</p> <p>Un corps chaud a une capacité d'action particulière : en se refroidissant, il provoque le réchauffement d'un corps plus froid avec lequel il est en contact. Quoique chaleur et température soient souvent utilisées comme des synonymes dans la vie courante, une distinction entre les deux est nécessaire, en particulier pour aborder les problématiques relatives aux changements climatiques. La relation entre la quantité d'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température sera examinée.</p> <p>Note : Les aspects qualitatifs et <u>quantitatifs</u> des transformations d'énergie sont traités.</p>		<ul style="list-style-type: none"> – Loi de la conservation de l'énergie – Rendement énergétique – Distinction entre chaleur et température – <u>Relation entre le travail, la force et le déplacement</u> – <u>Relation entre la masse et le poids</u> – <u>Force efficace</u> – <u>Relation entre le travail et l'énergie</u> – <u>Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement</u> – <u>Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse</u> – <u>Relation entre l'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température</u> 	
Repères culturels			
Histoire	Ressources du milieu	Inventions humaines	Événements
Svante Arrhenius Thomas Edison Blaise Pascal Isaac Newton Hans Oersted Joseph Henry Michael Faraday James Watt Ernest Rutherford Niels Bohr Gilbert Lewis Wilhelm Homberg Germain Hess James Chadwick Amedeo Avogadro Joseph John Thomson Julius von Mayer	Facultés des sciences et de génie Musées de science et de technologie <u>Groupes environnementaux</u> <u>Commission géologique du Canada</u> <u>Agence de l'efficacité énergétique du Québec</u>	Moyens de transport Systèmes d'épuration des eaux Développement du réseau électrique	<u>Construction des complexes hydroélectriques</u> <u>Construction des parcs d'éoliennes</u>

Terre et espace

En plus de fournir l'occasion d'étudier les interactions qui surviennent dans la biosphère, les concepts associés aux sciences de la Terre et de l'espace retenus pour le programme optionnel permettent d'approfondir certains impacts de l'activité humaine sur les écosystèmes. À l'intérieur de certaines limites, divers cycles biogéochimiques, comme celui du phosphore, assurent la pérennité des écosystèmes. Ce pouvoir de régulation est cependant

perturbé par l'activité humaine. Certains modèles de développement socioéconomique et les moyens mis en œuvre pour les appliquer affectent plus que jamais certains biomes. La connaissance des divers systèmes terrestres permet de mieux comprendre l'équilibre de la géosphère. Les concepts retenus relativement à l'espace sont pour leur part abordés dans le cadre de la problématique de l'énergie.

Orientations	Concepts prescrits
Terre	
<p>Cycles biogéochimiques</p> <p>Un cycle biogéochimique correspond au processus naturel au cours duquel un élément chimique circule à l'état organique ou minéral dans la biosphère. Le cycle du carbone est régulé par l'interaction entre les plaques continentales, l'atmosphère, les océans et les organismes vivants. Par la photosynthèse, les végétaux fixent le carbone sous des formes non volatiles, mais ce sont les roches carbonatées, précipitées ou construites par les êtres vivants qui constituent le plus grand réservoir de CO₂. Bien que ce gaz soit libéré au cours d'éruptions volcaniques, les émissions anthropogéniques en modifient l'équilibre naturel. Certaines biotechnologies appliquées à l'environnement permettent d'accentuer le recyclage chimique du carbone.</p> <p>Bien qu'abondant, l'azote atmosphérique peut être assimilé par les végétaux uniquement par l'action de certaines bactéries. Le métabolisme des organismes vivants ou leurs cadavres produisent des déchets qui ramènent l'azote à l'état minéral et le cycle recommence. Des variations importantes du taux d'humidité, de la température ou du pH des sols affectent la régulation de ce cycle. Les végétaux constituent la seule source d'azote assimilable par les animaux, ce qui constitue une bonne raison de conserver la flore mondiale.</p> <p>Le phosphore est principalement présent dans les roches et les processus naturels d'érosion en permettent l'introduction dans les systèmes biologiques. Après la décomposition des déchets biologiques, il peut s'accumuler en grandes quantités dans les sols et les sédiments. L'activité humaine interagit avec chacun de ces cycles par le rejet de quantités excessives de matières organiques et minérales. Les cycles de l'azote et du phosphore sont affectés par l'épandage d'engrais et de fertilisants, mais également par les divers effluents domestiques et industriels contenant des détergents et des lessives phosphatés.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Cycle du carbone – Cycle de l'azote – <u>Cycle du phosphore</u>
<p>Régions climatiques</p> <p>La répartition des biomes est fonction de la latitude géographique et d'autres facteurs tels que l'altitude, la température et le type de sol. Leur composition varie d'un biome à l'autre, car les conditions d'habitat influent sur la distribution des espèces végétales ou animales.</p> <p>Les biomes aquatiques sont à la base d'une imposante chaîne alimentaire; leur état de santé revêt donc une grande importance pour les humains. Dans un biome terrestre, les végétaux adaptés conditionnent les espèces animales qui y vivent. Tout déséquilibre causé par la destruction ou la contamination d'un habitat a des répercussions sur les écosystèmes et finalement sur un grand nombre d'activités humaines.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Facteurs influençant la distribution des biomes – Biomes aquatiques – Biomes terrestres

Orientations	Concepts prescrits
<p>Lithosphère</p> <p>Qu'il s'agisse de métaux, de minéraux industriels ou de matériaux de construction, la lithosphère renferme une grande variété de ressources minérales essentielles au développement des sociétés. L'exploitation et la transformation des minéraux ne sont cependant pas sans conséquences sur l'environnement. De plus, ces ressources sont présentes en quantités limitées, d'où l'intérêt croissant pour la revalorisation des matières résiduelles et pour le recyclage en général.</p> <p>Les pergélisols sont sensibles aux changements climatiques en raison de l'instabilité des masses de glace souterraines qu'ils contiennent. Leur réchauffement peut engendrer des glissements de terrain et causer des dommages aux infrastructures, en plus d'altérer le paysage et les écosystèmes <u>et de libérer du méthane.</u></p> <p>Les combustibles fossiles constituent des sources d'énergie épuisables, tout comme les minerais radioactifs exploités dans les centrales nucléaires. La recherche de nouvelles sources d'énergie et l'utilisation de ressources renouvelables constituent deux des préoccupations actuelles des sociétés.</p> <p>Les couches que l'on peut observer dans une coupe du sol, appelées <i>horizons</i>, diffèrent sur le plan de la structure et de la composition. L'étude du profil d'un sol permet de mieux comprendre la circulation des éléments chimiques dans ce sol et de prévoir son évolution. En effet, l'humidité, le pH et la teneur en minéraux sont des facteurs qui régissent l'activité biologique des sols, essentielle à la nutrition des êtres vivants.</p> <p><u>Certaines pratiques en agriculture ou en exploitation forestière réduisent la capacité des sols à favoriser la croissance d'une végétation saine. Des coupes abusives exposent davantage les sols aux facteurs d'érosion et appauvrissent la couche arable en minéraux et en micro-organismes indispensables au maintien du sol.</u></p> <p><u>La capacité tampon d'un sol exprime son potentiel à limiter les variations de pH et lui permet de différer dans le temps les conséquences d'une contamination. Sa mesure fournit un indice de la fertilité du sol.</u></p> <p><u>La contamination par les composés organiques persistants ou les métaux lourds est susceptible de modifier les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols et d'avoir des conséquences sur leur fertilité. La pollution des sols tient également compte des apports atmosphériques engendrés par les activités industrielles et agricoles. Par exemple, l'acidification graduelle des sols, subséquente aux précipitations acides, réduit progressivement leur capacité tampon et entraîne la mise en circulation de nutriments ou de métaux lourds.</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Minéraux – Pergélisol – Ressources énergétiques – Horizons du sol (profil) – <u>Épuisement des sols</u> – <u>Capacité tampon du sol</u> – <u>Contamination</u>

Orientations	Concepts prescrits
<p>Hydrosphère</p> <p>Un bassin versant est un territoire délimité par les lignes de crête (géomorphologie) entourant un réseau de cours d'eau, dans lequel s'écoulent les eaux souterraines et de ruissellement. L'ensemble des activités humaines menées sur un bassin donné peut perturber les écosystèmes, par exemple la création d'un réservoir en amont du barrage d'une centrale hydroélectrique.</p> <p>Par leur capacité à absorber la chaleur, les océans jouent un rôle essentiel dans la régulation du climat en uniformisant la température globale de la planète. Deux types de courants marins sont interconnectés. Les courants de surface, générés par les vents, amènent une circulation horizontale à grande échelle. Les courants profonds, mis en mouvement par des différences de température ou de salinité, sont la cause d'une circulation verticale et en profondeur entre les différentes couches de l'océan. Ces courants verticaux sont très sensibles à des petites variations locales de température. L'élévation du niveau marin, due à la fonte accélérée des glaciers et des banquises, est par ailleurs préoccupante pour les populations côtières.</p> <p>Qu'il s'agisse des courants marins ou des marées, le déplacement des masses d'eau implique de grandes quantités d'énergie. Les centrales marémotrices, notamment, tirent profit de la force des marées pour produire de l'énergie électrique.</p> <p><u>Les lacs, les cours d'eau et les milieux humides sont des systèmes dynamiques qui abritent diverses espèces vivantes dont la croissance dépend de facteurs tels que la température, l'oxygénation et la composition chimique de l'eau. À l'intérieur de certaines limites, un écosystème est capable de transformer les matières organiques biodégradables qu'il reçoit pour maintenir un état d'équilibre. Un milieu aquatique devient pollué lorsque son équilibre a été modifié de façon durable soit par l'apport en quantités importantes de substances toxiques, soit par l'élévation de la température des eaux. Lorsque les polluants s'accumulent, ils provoquent la raréfaction des espèces fragiles, altèrent leurs capacités physiologiques ou encore détériorent la qualité de l'eau au point de la rendre impropre à la consommation. D'autres agents polluants, comme les plastiques, les métaux et certains pesticides, ne sont pas biodégradables ou le sont très peu; ces substances nuisent aux espèces vivantes qui les ingèrent. Les effets des divers polluants sur les milieux aquatiques dépendent de la nature et de la concentration du polluant, ainsi que des caractéristiques de l'écosystème aquatique. Par exemple, une concentration excessive de phosphates ou de nitrates peut entraîner la prolifération des cyanobactéries. Dans certains cas, cela conduit à la libération de neurotoxines nuisibles aux êtres vivants.</u></p> <p><u>L'eutrophisation constitue une étape du processus naturel d'évolution d'un plan d'eau. Ce processus tend à s'accroître à la suite d'un apport excessif en nutriments, notamment des composés d'azote et de phosphore, qui accélère la croissance d'algues et d'autres formes de vie végétale. Cet accroissement de la biomasse, combiné à une température élevée des eaux, fait diminuer la quantité d'oxygène dissous et limite la capacité d'autoépuration du plan d'eau. Cette forme de dégradation des plans d'eau est liée aux activités humaines, en particulier aux activités agricoles, résidentielles et industrielles (effluents d'élevage, lessivage des terres agricoles, eaux usées, etc.).</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Bassin versant – Circulation océanique – Salinité – Glacier et banquise – Ressources énergétiques – <u>Contamination</u> – <u>Eutrophisation</u>

Orientations	Concepts prescrits
<p>Atmosphère</p> <p>La Terre réfléchit vers l'espace une partie de la chaleur issue du rayonnement solaire. Certains gaz présents dans l'atmosphère absorbent cette chaleur et provoquent une élévation de la température: c'est l'effet de serre. Le dioxyde de carbone est actuellement le gaz à effet de serre le plus abondant. Sa proportion a augmenté au cours du dernier siècle en raison de l'exploitation des combustibles fossiles et de la fabrication du ciment. Le méthane et d'autres gaz contribuent aussi à l'augmentation de l'effet de serre. <u>De plus, les vents dominants favorisent la mise en circulation des contaminants introduits dans l'atmosphère. La contamination d'un biome situé à une grande distance du lieu d'émission des rejets peut donc survenir.</u></p> <p>Les différents types de masses d'air se distinguent notamment par leur température et leur taux d'humidité. Ces masses d'air se déplacent autour du globe au gré des vents, des mouvements de convection et de l'effet de la rotation de la Terre. Des systèmes de nuages naissent de la rencontre de masses d'air de caractéristiques différentes.</p> <p>Un cyclone est un système dépressionnaire. Même si toute dépression peut être appelée « cyclone », le terme fait souvent référence à certains types particuliers de systèmes (ouragans ou typhons) qui se forment au-dessus des mers tropicales et qui déversent d'abondantes précipitations, accompagnées de forts vents aux effets généralement dévastateurs. La circulation atmosphérique est engendrée par les variations de pression inhérentes aux zones cycloniques et anticycloniques.</p> <p>La force du vent offre aussi des avantages. Que ce soit pour se déplacer, effectuer un travail mécanique ou produire de l'énergie électrique, l'homme exploite l'énergie liée au vent au moyen de voiles et de pales dont les formes, les matériaux et les dimensions varient selon les besoins. L'énergie éolienne constitue une source d'énergie douce et abondante.</p> <p><u>Les différentes substances qui se dégagent de la combustion des carburants fossiles produisent des effets néfastes à l'échelle locale, régionale et mondiale. Les oxydes de soufre, de carbone et d'azote sont des gaz précurseurs d'acides; ils contribuent à l'acidification des précipitations. L'air peut également être contaminé par des particules solides et liquides en suspension (poussières, pollen, suie, fumée, gouttelettes, etc.) qui affectent les voies respiratoires.</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Effet de serre – Circulation atmosphérique <ul style="list-style-type: none"> • <u>Vents dominants</u> – Masse d'air – Cyclone et anticyclone – Ressources énergétiques – <u>Contamination</u>
Espace	
<p>Espace</p> <p>Le Soleil émet une quantité phénoménale d'énergie dans tous les domaines du spectre électromagnétique. Depuis longtemps, l'homme utilise la chaleur associée au rayonnement solaire pour répondre à ses besoins. Les capteurs photovoltaïques des panneaux solaires transforment l'énergie rayonnante en énergie électrique.</p> <p>L'influence gravitationnelle de la Lune sur les masses d'eau présentes à la surface de la Terre est en grande partie à l'origine du phénomène des marées. La force engendrée par les mouvements de l'eau est exploitée dans les centrales marémotrices. Ces dernières s'ajoutent à la liste des moyens dont l'homme dispose pour répondre à ses besoins énergétiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Flux d'énergie émis par le Soleil – Système Terre-Lune (effet gravitationnel)

Terre et espace (Suite)

Repères culturels			
Histoire	Ressources du milieu	Inventions humaines	Événements
<u>Gro Harlem Brundtland</u>	Commission géologique du Canada Agence de l'efficacité énergétique du Québec Ressources naturelles Canada Consortium Ouranos Organisation Greenpeace <u>Groupes environnementaux</u> <u>Recyc-Québec</u> <u>Environnement Canada</u> <u>Sociétés de conservation</u> <u>Conseils régionaux de l'environnement</u>	Satellites d'observation Systèmes de positionnement global <u>Activités de dépollution</u> <u>Protection de l'environnement</u> <u>Systèmes d'épuration des eaux</u> <u>Développement durable</u>	Sommets de la Terre Protocole de Kyoto Phénomènes météorologiques <u>Catastrophes environnementales</u>

Univers technologique

Regroupant différents savoirs liés à l'utilisation, à la compréhension et à la réalisation d'objets et de systèmes techniques, les concepts généraux associés à l'univers technologique se rapportent au langage des lignes, à l'ingénierie, aux matériaux, à la fabrication et à la biotechnologie. Certains des aspects relatifs à la fabrication sont également présentés dans la section consacrée aux techniques. Les concepts à l'étude doivent être traités de manière exhaustive en raison de la diversité croissante des problèmes à résoudre et de leur degré de difficulté de plus en plus élevé. Afin de favoriser l'émergence d'une grande diversité de solutions à un problème de conception ou d'analyse, certaines dimensions ont été introduites. Il s'agit des liaisons mécaniques, des fonctions électriques incluant des composantes types et de l'étude de nouveaux matériaux comme les plastiques, les céramiques et les matériaux composites.

L'univers technologique est aussi abordé par l'intermédiaire des objets, des systèmes, des produits et des procédés. Ils sont tous rattachés aux diverses thématiques environnementales. Ils présentent également tous des liens avec des savoirs et des pratiques spécifiques et sont le reflet des possibilités et des contraintes scientifiques, techniques, sociales, environnementales, éthiques, etc. L'approfondissement de la connaissance des concepts technologiques de même que les réalisations retenues dans ces programmes devraient conduire à une démythification des objets, des machines et des systèmes en général, et plus particulièrement de ceux qui se rattachent à l'environnement.

Orientations	Concepts prescrits
<p><u>Langage des lignes</u></p> <p><u>La figuration des formes en vue éclatée permet de visualiser avec facilité chacune des pièces qui composent un objet. La théorie de la projection orthogonale permet le dessin de détail, le dessin d'ensemble et la représentation isométrique. Le dessin d'ensemble consiste en une représentation à leur position exacte des différentes pièces constituant un objet technique ou un système. Il permet, avant toute étape de fabrication, la validation de solutions technologiques (problèmes de montage, encombrement, interférences, etc.). C'est à partir du dessin d'ensemble que sont extraits les dessins de détail (définition) de chaque pièce. L'imperfection des machines, des instruments de mesure ou autres oblige à fixer des limites (tolérances) entre lesquelles une cote doit être réalisée. Cela permet, par exemple dans le cas d'un mécanisme, de remplacer des pièces défectueuses par des pièces neuves (interchangeabilité).</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Projection axonométrique : vue éclatée (lecture) – Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble) – Tolérances dimensionnelles

Univers technologique (Suite)

Orientations	Concepts prescrits
<p>Ingénierie</p> <p>La conception ou l'analyse d'un objet technique ou d'un système repose sur l'acquisition de concepts fondamentaux liés à la mécanique et à l'électricité ainsi que sur des pratiques de conception et d'analyse propres à l'ingénierie.</p> <p>En mécanique, ces concepts font référence à l'adhérence entre les pièces, aux liaisons et aux mouvements indépendants encore possibles quand des pièces sont liées mécaniquement, aux fonctions mécaniques les plus typiques, de même qu'à la transmission et à la transformation du mouvement traitées de manière détaillée. Une étude formelle permet d'envisager des solutions à partir de modèles spécifiques de liaisons, de guidages et de mécanismes permettant un mouvement de rotation ou de translation.</p> <p>En électricité, les concepts prescrits sont liés aux diverses composantes et à leurs fonctions (alimentation, conduction, isolation, protection, commande, transformation). La maîtrise de ces concepts permet de choisir les bonnes composantes et de les agencer de manière appropriée.</p> <p>Dans la conception et l'analyse d'un objet ou d'un système, un tel bagage technique permet de déterminer ou de justifier l'utilisation de formes et de matériaux, de trouver ou d'expliquer des principes de fonctionnement et d'adopter ou de faire ressortir des solutions de construction.</p> <p>Nombreux sont les objets, les systèmes et les équipements liés à l'environnement qui comportent certains des éléments caractéristiques mentionnés ci-dessus. C'est le cas du pluviomètre, de la turbine, de la pompe, etc.</p> <p>Note : L'étude comme telle des principes de fonctionnement des diverses composantes électriques n'est pas exigée.</p>	<p>Mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques – <u>Adhérence et frottement entre les pièces</u> – <u>Degrés de liberté d'une pièce</u> – Fonction de guidage – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin) – Changements de vitesse – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, <u>excentriques</u>, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère) <p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fonction d'alimentation – Fonction de conduction, d'isolation et de protection (<u>résistance et codification, circuit imprimé</u>) – Fonctions de commande types (<u>levier, poussoir, bascule, unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel</u>) – Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme) – <u>Autres fonctions (condensateur, diode)</u>

Orientations	Concepts prescrits
<p>Matériaux</p> <p>Le fait qu’il est possible d’agir sur les propriétés des matériaux s’avère un important incitatif pour en faire l’exploration et l’exploitation. Le choix rationnel d’un matériau se fait en fonction de ses propriétés, de ses avantages et de ses limites. Cela implique d’en connaître les caractéristiques fonctionnelles et la structure afin de bien en comprendre le comportement quand il est utilisé.</p> <p><u>Les traitements thermiques, comme la trempe et le revenu, permettent d’améliorer les propriétés mécaniques des aciers. Par exemple, la trempe augmente non seulement la dureté, mais aussi la fragilité, et le revenu améliore la ténacité tout en diminuant la limite élastique. Par ailleurs, le recuit permet de restaurer les propriétés premières d’un matériau. Les trois éléments caractéristiques des traitements thermiques des métaux sont l’échauffement jusqu’au point critique, le maintien d’une température uniforme et le refroidissement plus ou moins rapide.</u></p> <p>Les concepts qui se rattachent aux matières plastiques, aux céramiques et aux matériaux composites renseignent sur leur composition et leurs propriétés de même que sur leur utilisation et leur classification.</p> <p>L’apparition des matières plastiques a été une véritable révolution. D’excellentes propriétés physiques et de nombreuses qualités, comme leur résistance, leur durabilité ou encore la possibilité de les usiner avec une très grande précision, expliquent leur emploi sans cesse croissant.</p> <p>Les céramiques englobent une gamme très vaste de matériaux. Leur utilisation touche des secteurs traditionnels comme la construction et les biens de consommation, mais aussi d’autres secteurs comme l’électrotechnique, la construction mécanique, etc.</p> <p>Chaque type de matériau composite possède ses propres propriétés et caractéristiques. Les propriétés mécaniques élevées de ces matériaux et leur faible masse volumique les rendent particulièrement attrayants. On les trouve dans plusieurs applications de la technologie moderne.</p> <p>Tous les matériaux se dégradent à une vitesse plus ou moins grande. Les réactions qui se produisent entre un matériau et son milieu sont de trois types : réactions chimiques (plastiques, céramiques), corrosion et oxydation (métaux). Parmi les moyens utilisés pour lutter contre cette dégradation, il faut citer la protection électrochimique et la protection par revêtement et traitement des surfaces.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Contraintes (flexion, cisaillement) – Caractérisation des propriétés mécaniques – <u>Traitements thermiques</u> – Types et propriétés <ul style="list-style-type: none"> • Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables) • Céramiques • Matériaux composites – Modification des propriétés (dégradation, protection)
<p>Fabrication</p> <p><u>Les concepts associés à la fabrication constituent des préalables importants. Ils servent de repères au moment d’exécuter une ou des techniques. Les machines et l’outillage donnent une idée juste de ce qu’est le façonnage.</u></p> <p><u>Le traçage se situe en amont de plusieurs opérations d’usinage puisqu’il permet la configuration des pièces; il importe donc d’en connaître les particularités les plus significatives. Le perçage ou le filetage correspondent à différentes formes de fabrication parmi les plus fréquentes. Matériaux, vitesses de rotation et angles de coupe de l’outil (foret) sont autant d’éléments caractéristiques rattachés au perçage. Le choix du profil des filets et de leur nombre au pouce (pas) permet entre autres de déterminer le diamètre de perçage avant taraudage.</u></p> <p><u>Les opérations relatives aux mesures des pièces nécessitent l’utilisation d’instruments comme le pied à coulisse et favorisent une plus grande précision d’exécution lors de l’usinage. En conséquence, les principes qui leur sont associés doivent être acquis.</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – <u>Façonnage</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Machines et outillage</u> – <u>Fabrication</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage</u> – <u>Mesures</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Mesure directe (pied à coulisse)</u>

Univers technologique (Suite)

Orientations	Concepts prescrits
<p>Biotechnologie</p> <p><u>Le clonage désigne généralement le mode de reproduction permettant la copie identique soit d'un individu, soit d'un tissu cellulaire, d'une cellule ou même d'un gène. Les plantes se reproduisent par la voie sexuée par l'intermédiaire des graines, mais certaines d'entre elles utilisent aussi une autre voie, celle de la multiplication végétative. La particularité de ce type de reproduction est que les plantes filles qui en sont issues sont identiques génétiquement à la plante mère : c'est le clonage végétal ou « multiplication conforme ». Ce phénomène naturel est exploité depuis des siècles, entre autres par les horticulteurs. Les cultures végétales <i>in vitro</i> assurent ce type de reproduction et permettent de créer des lignées pures ou d'introduire une caractéristique recherchée, comme la résistance à un pesticide, l'élimination de virus, etc.</u></p> <p><u>Dans le domaine animal, plusieurs techniques de clonage sont utilisées et ses applications possibles sont multiples. En recherche fondamentale, le clonage aide à mieux comprendre le fonctionnement du génome de même que les processus de développement embryonnaire. En agronomie, clonage et transgénèse offrent de nombreuses perspectives (animaux performants, résistants à certaines maladies, etc.). Le clonage thérapeutique quant à lui conduit à des avancées dans le traitement des maladies dégénératives, à la greffe d'organes, etc. Au-delà de la prouesse technique et des applications multiples du clonage chez l'animal se pose la question du clonage humain et des nombreux aspects éthiques en jeu.</u></p> <p><u>La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. Tous ces traitements sont caractérisés par des opérations comme la filtration, la décantation, le lagunage, le recours à des cultures bactériennes, les installations à boues activées, etc. Ils visent à débarrasser les eaux usées des polluants solides les plus grossiers, à éliminer une forte proportion de matières minérales ou organiques en suspension de même qu'à faire disparaître les matières polluantes solubles, soit le carbone, l'azote et le phosphore. Dans certains cas, d'autres traitements sont nécessaires, notamment lorsque l'eau épurée doit être rejetée en milieu particulièrement sensible (ajout d'un réactif désinfectant, utilisation des ultraviolets, etc.).</u></p> <p><u>À la fois économiques et écologiques, les traitements biologiques de dépollution des sols sont en plein développement. Ils utilisent des végétaux ou des micro-organismes pour dégrader divers polluants. Certaines bactéries ont le pouvoir de dégrader des molécules complexes et d'en tirer l'énergie dont elles ont besoin pour vivre. La phytoremédiation est l'utilisation des plantes pour la dépollution des sols, l'épuration des eaux usées ou l'assainissement de l'air intérieur. On l'utilise pour éliminer biologiquement les métaux, les pesticides, les solvants, le pétrole et autres contaminants. Les principales caractéristiques d'un agent de dépollution efficace comprennent l'aptitude à transformer une large gamme de composés chimiques, une forte sensibilité aux polluants et une grande tolérance aux composés toxiques. Il y a lieu de retenir qu'aucun traitement ne permet de dépolluer complètement les sols contaminés par des années de rejets de toutes sortes.</u></p>	<ul style="list-style-type: none">- Clonage- Traitement des eaux usées- Biodégradation des polluants

Repères culturels			
Histoire	Ressources du milieu	Inventions humaines	Événements
Alexandro Volta Léonard de Vinci Joseph Brown et Lucian Sharp Le Corbusier Alfred Nobel Rudolph Diesel Henry Ford Frederic Winslow Taylor	Office de la propriété intellectuelle du Canada Base de données sur les brevets canadiens Ordre des ingénieurs du Québec	Chaîne de production Interchangeabilité des pièces Ordinateur Domotique Robotique Télédétection Éclairage public Vêtements, <u>textiles</u> Réfrigération, <u>chauffage</u> <u>Stockage de l'énergie électrique</u> <u>Biocarburants</u> <u>Décontamination et réhabilitation des sols et des sites pollués</u> <u>Traitement des déchets dangereux</u>	Révolution industrielle Établissement de normes du travail Mondialisation <u>Consortium international sur le projet de séquençage du génome humain</u>

TABLEAU SYNTHÈSE DES CONCEPTS PRESCRITS

Univers vivant	Univers matériel	Terre et espace	Univers technologique
<p>Écologie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Étude des populations (densité, cycles biologiques) – Dynamique des communautés <ul style="list-style-type: none"> • Biodiversité • Perturbations – Dynamique des écosystèmes <ul style="list-style-type: none"> • Relations trophiques • Productivité primaire • Flux de matière et d'énergie • Recyclage chimique – Empreinte écologique – <u>Écotoxicologie</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Contaminant</u> • <u>Bioconcentration</u> • <u>Bioaccumulation</u> • <u>Seuil de toxicité</u> <p>Génétique</p> <ul style="list-style-type: none"> – <u>Hérédité</u> – <u>Gène</u> – <u>Allèle</u> – <u>Caractère</u> – <u>Génotype et phénotype</u> – <u>Homozygote et hétérozygote</u> – <u>Dominance et récessivité</u> – <u>Synthèse des protéines</u> – <u>Croisement</u> 	<p>Propriétés physiques des solutions</p> <ul style="list-style-type: none"> – Concentration (ppm, mole/L) – Électrolytes – <u>Force des électrolytes</u> – Échelle pH – Dissociation électrolytique – Ions – Conductibilité électrique <p>Transformations chimiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Oxydation – Photosynthèse et respiration – Réaction de neutralisation acidobasique – <u>Sels</u> – Balancement d'équations chimiques – Loi de la conservation de la masse – <u>Stoechiométrie</u> – <u>Nature de la liaison</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Covalente</u> • <u>Ionique</u> – <u>Réactions endothermique et exothermique</u> <p>Organisation de la matière</p> <ul style="list-style-type: none"> – Modèle atomique de Rutherford-Bohr – Notation de Lewis – <u>Modèle atomique simplifié</u> – <u>Neutron</u> – <u>Règles de nomenclature et d'écriture</u> – <u>Ions polyatomiques</u> – <u>Notion de mole</u> – <u>Nombre d'Avogadro</u> <p>Classification périodique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Familles et périodes du tableau périodique – <u>Masse atomique relative</u> – <u>Numéro atomique</u> – <u>Périodicité des propriétés</u> – <u>Isotopes</u> 	<p>Cycles biogéochimiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Cycle du carbone – Cycle de l'azote – <u>Cycle du phosphore</u> <p>Régions climatiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Facteurs influençant la distribution des biomes – Biomes aquatiques – Biomes terrestres <p>Lithosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Minéraux – Pergélisol – Ressources énergétiques – Horizons du sol (profil) – <u>Épuisement des sols</u> – <u>Capacité tampon du sol</u> – <u>Contamination</u> <p>Hydrosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bassin versant – Circulation océanique – Salinité – Glacier et banquise – Ressources énergétiques – <u>Contamination</u> – <u>Eutrophisation</u> <p>Atmosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Effet de serre – Circulation atmosphérique <ul style="list-style-type: none"> • <u>Vents dominants</u> – Masse d'air – Cyclone et anticyclone – Ressources énergétiques – <u>Contamination</u> <p>Espace</p> <ul style="list-style-type: none"> – Flux d'énergie émis par le Soleil – Système Terre-Lune (effet gravitationnel) 	<p>Langage des lignes</p> <ul style="list-style-type: none"> – <u>Projection axonométrique : vue éclatée (lecture)</u> – <u>Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble)</u> – <u>Tolérances dimensionnelles</u> <p>Ingénierie mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques – <u>Adhérence et frottement entre les pièces</u> – <u>Degrés de liberté d'une pièce</u> – Fonction de guidage – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin) – Changements de vitesse – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, <u>excentriques</u>, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère) <p>Ingénierie électrique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fonction d'alimentation – Fonction de conduction, d'isolation et de protection (<u>résistance et codification, circuit imprimé</u>) – Fonctions de commande types (<u>levier, poussoir, bascule, unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel</u>) – Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme) – <u>Autres fonctions (condensateur, diode)</u>

Transformations nucléaires

- Stabilité nucléaire
- Radioactivité
- Fission et fusion

Électricité et électromagnétisme**Électricité**

- Charge électrique
- Électricité statique
- Loi d'Ohm
- Circuits électriques
- Lois de Kirchhoff
- Relation entre puissance et énergie électrique
- Champ électrique
- Loi de Coulomb

Électromagnétisme

- Forces d'attraction et de répulsion
- Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant
- Champ magnétique d'un solénoïde

Transformations de l'énergie mécanique

- Loi de la conservation de l'énergie
- Rendement énergétique
- Distinction entre chaleur et température
- Relation entre le travail, la force et le déplacement
- Relation entre la masse et le poids
- Force efficace
- Relation entre le travail et l'énergie
- Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement
- Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse
- Relation entre l'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température

Matériaux

- Contraintes (flexion, cisaillement)
- Caractérisation des propriétés mécaniques
- Traitements thermiques
- Types et propriétés
 - Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables)
 - Céramiques
 - Matériaux composites
- Modifications des propriétés (dégradation, protection)

Fabrication

- Façonnage
 - Machines et outillage
- Fabrication
 - Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage
- Mesures
 - Mesure directe (pied à coulisse)

Biotechnologie

- Clonage
- Traitement des eaux usées
- Biodégradation des polluants

Démarches, stratégies, attitudes et techniques

Cette section porte sur les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques ciblées par les programmes. Bien qu'ils se distinguent des concepts, ces éléments contribuent tout autant au développement des compétences. Ils s'inscrivent en continuité avec les éléments de la première année du deuxième cycle.

Démarches

Quoique que distinctes des concepts, les démarches contribuent tout autant au développement des compétences et méritent une attention particulière. Elles ne doivent pas être mises en œuvre isolément, mais dans des situations d'apprentissage et d'évaluation qui font appel à plusieurs d'entre elles. L'utilisation cohérente de ces démarches et leur articulation constituent une manifestation de compétence.

Sept démarches sont présentées ici : les démarches de modélisation, d'observation, expérimentale, empirique, de construction d'opinion ainsi que les démarches technologiques de conception et d'analyse.

Démarche de modélisation

La démarche de modélisation consiste à construire une représentation destinée à concrétiser une situation abstraite, difficilement accessible ou carrément invisible. Le modèle élaboré peut prendre diverses formes : texte, dessin, formule mathématique, équation chimique, programme informatique ou maquette. Au fur et à mesure que progresse la démarche, le modèle se raffine et se complexifie. Il peut être valide pendant un certain temps et dans un contexte spécifique, mais, dans plusieurs cas, il est appelé à être modifié ou rejeté. Il importe également de considérer le contexte dans lequel il a été construit. Il doit posséder certaines caractéristiques, entre autres celles de faciliter la compréhension de la réalité, d'expliquer certaines propriétés de ce qu'il vise à représenter et de prédire de nouveaux phénomènes observables.

Démarche d'observation

La démarche d'observation est un processus actif qui permet d'interpréter des faits selon des critères déterminés par l'observateur ainsi que par ce qui fait consensus dans un cadre disciplinaire donné. À la lumière des informations recueillies, les élèves doivent en arriver à une nouvelle compréhension des faits qui reste toutefois tributaire du contexte dans lequel s'effectue l'observation. Par sa manière d'interpréter et d'organiser les informations, l'observateur fait une relecture du monde physique en tenant compte de ses présupposés et des schémas conceptuels qui font partie intégrante de la grille qu'il applique aux faits observés. Ainsi, toute observation repose déjà sur l'établissement d'un modèle théorique provenant de celui qui observe.

Démarche expérimentale

La démarche expérimentale implique tout d'abord la formulation de premières explications. Elle permet d'amorcer une tentative de réponse et de définir le cadre dans lequel se fera l'expérimentation. L'expérimentateur doit ensuite s'engager dans l'élaboration d'un protocole expérimental dans lequel il reconnaîtra un certain nombre de variables en vue de les manipuler. Le but du protocole sera de faire émerger des éléments observables ou quantifiables, de les mettre en relation et de les confronter aux hypothèses. Les interactions entre les diverses phases de la démarche expérimentale permettent de soulever de nouveaux questionnements, de formuler de nouvelles hypothèses, d'apporter des ajustements à sa mise en œuvre et de prendre en compte les limites de l'expérimentation.

Démarche empirique

La démarche empirique est une recherche de terrain sans manipulation de variables. Cette absence de manipulation n'enlève rien à sa validité méthodologique; un sondage, par exemple, est une démarche empirique qui n'a rien d'aléatoire. Les modèles intuitifs sont bien souvent à l'origine de cette démarche. Elle peut se révéler adéquate dans certaines situations puisqu'elle permet d'explorer et de se représenter les éléments d'un problème. Souvent, elle génère plusieurs idées et permet d'émettre des hypothèses et de concevoir des théories provisoires. Elle permet également de mettre au point des techniques et d'explorer des avenues possibles pour d'autres recherches.

Démarche de construction d'opinion

Lorsqu'ils sont appelés à construire leur opinion et à bâtir une argumentation relative à une problématique scientifique ou technologique, les élèves doivent d'abord prendre conscience de la façon dont leurs connaissances, leurs croyances et leurs valeurs peuvent influencer leur jugement. Il importe qu'ils réalisent aussi comment l'acquisition et l'utilisation de connaissances (disciplinaires, épistémologiques et contextuelles) et d'habiletés générales peuvent contribuer à la construction d'une opinion éclairée. Comme d'autres démarches, celle-ci fait appel à l'interprétation des informations, à leur mise en relation, à la reconnaissance des idées préconçues et des présupposés, à des modes de raisonnement analogique et à la prise en compte de faits apparemment contradictoires. Elle favorise la construction d'une argumentation solide et la justification d'une conclusion. Elle permet enfin de découvrir que la recherche de plusieurs sources d'information est déterminante, que la contradiction entre plusieurs sources d'information est fréquente et mérite d'être interprétée, et que le choix d'une solution peut dépendre de plusieurs facteurs.

Démarche technologique de conception

La démarche de conception suppose d'abord la détermination d'un besoin. L'étude du problème technologique qui s'ensuit doit tenir compte des diverses conditions et contraintes à respecter (cahier des charges). S'amorce alors le travail véritable de conception : recherche de solutions au regard du fonctionnement et de la construction, précision des formes, des matériaux et dessin des pièces.

La fabrication du prototype, les essais et la validation complètent l'exercice. C'est par un examen approfondi du prototype qu'il a conçu et sa mise à l'essai que l'élève peut évaluer la solution qu'il préconise et vérifier si elle est conforme aux exigences du cahier des charges. La démarche de conception, qui fait appel à la logique, à la rigueur, à l'abstraction et à l'exécution, devrait lui permettre de passer du raisonnement à la pratique. Des retours réflexifs, en cours et en fin de processus, devraient lui fournir l'occasion d'analyser son cheminement, de valider ses choix et de proposer, le cas échéant, des améliorations à la solution retenue.

Démarche technologique d'analyse

L'analyse d'un objet technique ou d'un système technologique implique la reconnaissance de sa fonction globale, de façon à cerner le besoin auquel il répond. L'examen des diverses composantes d'un objet ou d'un système s'avère également nécessaire pour déterminer leurs fonctions respectives. L'un ou l'autre pourra éventuellement être démonté pour mieux comprendre les principes mis en cause dans son fonctionnement et sa construction. Cette forme d'analyse permet de réaliser comment l'objet ou le système constitue l'assemblage concret et tangible des diverses solutions retenues pour répondre à un besoin.

STRATÉGIES

Certaines stratégies, mobilisées et utilisées dans le contexte spécifique de la science et de la technologie, soutiennent le développement des trois compétences de la discipline.

STRATÉGIES D'EXPLORATION	STRATÉGIES D'ANALYSE
<ul style="list-style-type: none">– 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 ou technologiques	<ul style="list-style-type: none">– 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 les informations– Reasonner par analogie pour traiter des informations et adapter ses connaissances scientifiques et technologiques– Sélectionner des critères pertinents qui permettent de se situer au regard d'une problématique scientifique ou technologique

ATTITUDES

L'adoption de diverses attitudes facilite l'engagement des élèves dans les démarches utilisées et leur responsabilisation par rapport à eux-mêmes et à la société. Les attitudes constituent ainsi un facteur important dans le développement des compétences.

ATTITUDES INTELLECTUELLES	ATTITUDES COMPORTEMENTALES
<ul style="list-style-type: none"> - Curiosité - Sens de l'initiative - Goût du risque intellectuel - Intérêt pour la confrontation des idées - Considération de solutions originales - Rigueur intellectuelle - Objectivité - Sens du travail méthodique - <u>Souci de précision dans la mesure</u> - Souci d'une langue juste et précise 	<ul style="list-style-type: none"> - Discipline personnelle - Autonomie - <u>Souci d'efficacité</u> - <u>Souci d'efficience</u> - Persévérance - Sens du travail soigné - Sens des responsabilités - Sens de l'effort - Coopération efficace - Souci de la santé et de la sécurité - Respect de la vie et de l'environnement - Écoute - Respect de soi et des autres - Esprit d'équipe - Solidarité internationale à l'égard des grands problèmes de l'heure

TECHNIQUES

Souvent incontournables, les techniques renvoient à des procédés méthodiques qui balisent la mise en pratique de connaissances théoriques. Les techniques énumérées ci-dessous revêtent un caractère prescrit, au même titre que les concepts prescrits.

TECHNOLOGIE		SCIENCE
Langage graphique	Fabrication	Manipulations
<p>Techniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Utilisation d'échelles – Représentation graphique à l'aide d'instruments (projection orthogonale à vues multiples, isométrie, perspective) – Schématisation 	<p>Techniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Utilisation sécuritaire des machines et des outils (scie à ruban, perceuse, ponceuse, marteau, tournevis, pinces, etc.) – Mesurage et traçage – Usinage (sciage, perçage, limage, dénudage et épissures, soudure à l'étain ou au plomb, etc.) – Finition – Vérification et contrôle – Montage et démontage – Fabrication d'une pièce 	<p>Techniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire – Utilisation d'instruments d'observation – Préparation de solutions – Collecte d'échantillons
TECHNIQUES COMMUNES À LA SCIENCE ET À LA TECHNOLOGIE		
<p>Techniques de mesure :</p> <ul style="list-style-type: none"> – <u>Vérification de la fidélité, de la justesse et de la sensibilité des instruments de mesure</u> – <u>Utilisation des instruments de mesure</u> 		<ul style="list-style-type: none"> – <u>Interprétation des résultats de la mesure (chiffres significatifs, erreurs liées aux mesures)</u>

La présente section décrit les problématiques environnementales proposées dans ces programmes. Elles constituent des enjeux sociaux dont les aspects scientifiques et technologiques se prêtent bien au développement des trois compétences disciplinaires et à l'appropriation des concepts. Comme ces problématiques ne sont pas prescrites, l'enseignant peut en choisir d'autres pour mobiliser les mêmes concepts. La description de chacune d'elles est suivie d'une représentation schématique des réseaux de concepts pouvant leur être associés.

Changements climatiques

La problématique environnementale des changements climatiques constitue un des défis majeurs pour l'avenir de l'humanité. Les changements climatiques se manifestent notamment par une élévation de la température moyenne de la Terre. Plusieurs théories tentent d'en expliquer les causes, mais l'amplification de l'effet de serre est pour l'instant la plus acceptée dans la communauté scientifique.

L'effet de serre est d'abord un phénomène naturel. La lumière du Soleil passe à travers l'atmosphère terrestre, réchauffe la surface du globe qui émet en retour de la chaleur vers l'espace. Ce rayonnement infrarouge est en partie absorbé par certains gaz et la vapeur d'eau présents dans l'atmosphère, ce qui le retient au voisinage de la Terre. En l'absence de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane et oxyde nitreux), la plus grande partie de la chaleur pénétrant dans l'atmosphère terrestre serait rapidement retournée dans l'espace, et la température moyenne de la Terre serait de -18 °C au lieu de 15 °C.

La concentration des gaz à effet de serre a varié au cours de l'histoire de la Terre. Toutefois, il semble que la quantité de dioxyde de carbone et de méthane n'aurait jamais été aussi élevée depuis 420 000 ans et celle d'oxyde nitreux, depuis au moins un millénaire. Les concentrations de ces gaz ont augmenté rapidement depuis le début de l'industrialisation, caractérisée par une hausse de la demande en énergie, par une certaine croissance démographique et par des changements dans l'utilisation du territoire. En brûlant d'énormes quantités de combustibles fossiles (charbon, pétrole et

gaz naturel) qui génèrent une importante quantité de CO₂ et en poursuivant la déforestation qui réduit les processus naturels de transformation du CO₂, on accentue l'effet de serre naturel et on observe une hausse de la température moyenne à la surface du globe.

Ce réchauffement planétaire, vraisemblablement lié à une augmentation de l'effet de serre, cause des changements dans l'ensemble des paramètres du climat puisqu'il déclenche des modifications de la circulation atmosphérique et océanique. Les conséquences anticipées ou déjà observables des changements climatiques sont multiples. Mentionnons, à titre d'exemples, la modification du régime des précipitations, l'augmentation de la prévalence de certains phénomènes météorologiques extrêmes et le dégel du pergélisol. On anticipe également une accélération de la fonte des glaciers et des banquises qui provoquerait l'augmentation du niveau des océans. Cette hausse de niveau entraînerait des inondations et favoriserait l'érosion des côtes, ce qui impliquerait le déplacement de certaines populations ou un aménagement différent du territoire. Ces changements environnementaux ont inévitablement une grande influence sur les activités socioéconomiques de toutes les sociétés. La foresterie, les pêches, la gestion de l'eau, le tourisme, la production et la consommation d'énergie sont particulièrement touchés.

Au Québec, les changements climatiques pourraient se manifester, entre autres, par une diminution de la qualité de l'eau, ce qui est susceptible d'influer sur la santé humaine et sur l'équilibre des écosystèmes, ainsi que par des fluctuations du niveau des Grands Lacs et du débit du fleuve Saint-Laurent. Ces fluctuations auraient des conséquences diverses dans l'industrie du transport sur la Voie maritime du Saint-Laurent. Elles provoqueraient aussi des perturbations dans divers écosystèmes, comme la perte d'habitats ou la détérioration des conditions de vie de certaines espèces de poissons. La variation des quantités de précipitations influencerait certainement la productivité agricole et la biodiversité au Québec. De plus, l'érosion des côtes et l'alternance accrue des périodes de gel et de dégel auraient des impacts sur le réseau de transport routier. Enfin, la fonte du pergélisol pourrait rendre instables les sols du Grand Nord, entraînant des conséquences pour les populations vivant sur ces territoires.

Univers vivant

Écologie

- Étude des populations (densité, cycles biologiques)
- Dynamique des communautés
 - Biodiversité
 - Perturbations
- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique
- Écotoxicologie
 - Contaminant

Univers technologique

Langage des lignes

- Projection axonométrique : vue élatée (lecture)
- Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble)
- Tolérances dimensionnelles

Ingénierie mécanique

- Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques
- Adhérence et frottement entre les pièces
- Degrés de liberté d'une pièce
- Fonction de guidage
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin)
- Changements de vitesse
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, excentriques, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère)

Ingénierie électrique

- Fonction d'alimentation
- Fonction de conduction, d'isolation et de protection (résistance et codification, circuit imprimé)
- Fonctions de commande types (levier, poussoir, bascule, unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel)
- Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme)
- Autres fonctions (condensateur, diode)

Fabrication

- Façonnage
 - Machines et outillage
- Fabrication
 - Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage
- Mesures
 - Mesure directe (pied à coulisse)

Matériaux

- Contraintes (flexion, cisaillement)
- Caractérisation des propriétés mécaniques
- Traitements thermiques
- Types et propriétés
 - Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables)
 - Céramiques
 - Matériaux composites
- Modifications des propriétés (dégradation, protection)

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Terre et espace

Cycles biogéochimiques

- Cycle du carbone
- Cycle de l'azote

Régions climatiques

- Facteurs influençant la distribution des biomes
- Biomes aquatiques
- Biomes terrestres

Lithosphère

- Pergélisol

Hydrosphère

- Bassin versant
- Circulation océanique
- Salinité
- Glacier et banquise

Atmosphère

- Effet de serre
- Circulation atmosphérique
- Masse d'air
- Cyclone et anticyclone
- Contamination

Espace

- Flux d'énergie émis par le Soleil

Univers matériel

Transformations chimiques

- Combustion
- Photosynthèse et respiration
- Balancement d'équations chimiques
- Stœchiométrie
- Réactions endothermique et exothermique

Organisation de la matière

- Modèle atomique de Rutherford-Bohr
- Modèle atomique simplifié
- Notation de Lewis
- Règles de nomenclature et d'écriture
- Ions polyatomiques
- Notion de mole
- Nombre d'Avogadro

Classification périodique

- Familles et périodes du tableau périodique
- Masse atomique relative
- Numéro atomique
- Périodicité des propriétés

Transformations de l'énergie mécanique

- Distinction entre chaleur et température
- Relation entre l'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température
- Relation entre le travail, la force et le déplacement
- Relation entre le travail et l'énergie
- Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement
- Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse

Eau potable

L'eau est une substance de base et une ressource naturelle très précieuse, dont les usages domestiques, agricoles, industriels, urbains et dans le domaine des loisirs sont considérables. En raison de son importance vitale, l'Organisation des Nations unies a décrété que l'accès à l'eau potable est un droit humain fondamental.

Même si notre planète est parfois surnommée la planète bleue parce que l'eau y est très répandue, une très faible proportion de cette eau est facilement accessible aux humains. L'eau salée est impropre à la consommation, voire toxique, si elle est consommée avec excès. Ne reste alors que l'eau naturellement douce, en beaucoup plus faible quantité, inégalement distribuée à la surface de la Terre et souvent difficile d'accès, qu'elle soit emprisonnée dans les glaciers continentaux ou dans les nappes phréatiques.

L'eau douce est une ressource rare et sa rareté est d'autant plus préoccupante qu'elle est combinée aux problématiques de pollution et de gaspillage. Un léger déséquilibre dans ses caractéristiques suffit à la rendre impropre à la consommation. La présence d'une carcasse d'animal en décomposition, la faible variation de son pH ou la contamination par quelques parties par million de métaux lourds peuvent la rendre nocive. De nos jours, malgré les lois et règlements en vigueur, plusieurs sources d'eau douce sont mondialement polluées par différents rejets chimiques toxiques qui souvent provoquent une prolifération de micro-organismes néfastes pour la santé.

Combiné à la contamination, le gaspillage de l'eau douce constitue un autre enjeu important dans la problématique de l'eau potable. En effet, un Nord-Américain consomme en moyenne quelques centaines de milliers de litres d'eau par an, dont plus de la moitié est gaspillée, alors qu'un être humain n'a vraiment besoin que d'une dizaine de milliers de litres d'eau par an pour vivre.

Le Québec comporte un réseau hydrographique important qui est considéré comme une réserve mondiale en eau potable. Une politique gouvernementale vise à protéger et à mettre en valeur ce patrimoine hydrique.

Univers vivant

Écologie

- Étude des populations (densité, cycles biologiques)
- Dynamique des communautés
 - Biodiversité
 - Perturbations
- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique
- Écotoxicologie
 - Contaminant
 - Bioconcentration
 - Bioaccumulation
 - Seuil de toxicité

Univers technologique

Langage des lignes

- Projection axonométrique : vue éclatée (lecture)
- Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble)
- Tolérances dimensionnelles

Ingénierie mécanique

- Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques
- Adhérence et frottement entre les pièces
- Degrés de liberté d'une pièce
- Fonction de guidage
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin)
- Changements de vitesse
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, excentriques, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère)

Ingénierie électrique

- Fonction d'alimentation
- Fonction de conduction, d'isolation et de protection (résistance et codification, circuit imprimé)
- Fonctions de commande types (levier, poussoir, bascule, unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel)
- Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme)
- Autres fonctions (condensateur, diode)

Matériaux

- Contraintes (flexion, cisaillement)
- Caractérisation des propriétés mécaniques
- Traitements thermiques
- Types et propriétés
 - Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables)
 - Céramiques
 - Matériaux composites
- Modifications des propriétés (dégradation, protection)

Fabrication

- Façonnage
 - Machines et outillage
- Fabrication
 - Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage
- Mesures
 - Mesure directe (ped à coulisse)

Biotechnologie

- Traitement des eaux usées
- Biodégradation des polluants

EAU POTABLE

Terre et espace

Régions climatiques

- Biomes aquatiques
- Biomes terrestres

Hydrosphère

- Bassin versant
- Circulation océanique
- Salinité
- Glacier et banquise
- Contamination
- Eutrophisation

Atmosphère

- Circulation atmosphérique
 - Vents dominants
- Contamination

Univers matériel

Propriétés physiques des solutions

- Concentration (ppm, mole/L)
- Électrolytes
- Force des électrolytes
- Échelle pH
- Dissociation électrolytique
- Ions
- Conductibilité électrique

Transformations chimiques

- Réaction de neutralisation acidobasique
- Balancement d'équations chimiques
- Stoechiométrie
- Nature de la liaison
 - Covalente
 - Ionique

Organisation de la matière

- Modèle atomique de Rutherford-Bohr
- Modèle atomique simplifié
- Notation de Lewis
- Familles et périodes du tableau périodique
- Règles de nomenclature et d'écriture
- Ions polyatomiques
- Notion de mole
- Nombre d'Avogadro

La déforestation

Les forêts sont des trésors naturels de la Terre. Elles font partie du paysage planétaire depuis des milliers d'années et contribuent aux processus écologiques et climatiques dont la biodiversité et la vie humaine dépendent.

Sur tous les continents, de grandes superficies forestières ont été déboisées au fil des siècles pour répondre aux besoins alimentaires des communautés et pour leur expansion urbaine comme les développements de quartiers résidentiels et industriels. La réduction des surfaces couvertes de forêt et le remplacement permanent de celle-ci pour un autre usage est ce qu'on appelle « déforestation ».

D'autre part, de grandes superficies forestières conservent leur vocation originelle malgré des transformations temporaires qu'apportent la récolte forestière ou les perturbations naturelles.

Au fil des ans, le couvert forestier mondial subit diverses perturbations naturelles, comme les feux, les insectes défoliateurs et le verglas. De tels événements font partie intégrante de la dynamique de régénération des forêts et contribue, avec la récolte forestière, à rajeunir la forêt et à assurer sa viabilité.

La déforestation observée dans certains pays d'Amérique du Sud, d'Asie ou d'Afrique a des conséquences considérables sur l'environnement et sur les sociétés. Elle a d'abord des effets négatifs sur la biodiversité, puisque les forêts abritent la majorité des plantes et des animaux de la planète. Elle a également un impact majeur sur les changements climatiques, car les arbres en pleine croissance fixent le carbone en eux et libèrent l'oxygène. Les arbres transformés en matériaux conservent en eux ce carbone (puits de carbone) et les arbres qui meurent et se décomposent ou brûlent vont plutôt le libérer (carbone neutre).

Par ailleurs, les forêts règlent le débit des cours d'eau en absorbant l'excès des eaux de pluie, qui est graduellement libéré par la suite. Enfin, elles réduisent la force des vents qui dessèchent et érodent les sols, ce qui a pour conséquence, outre une perte de fertilité, l'aggravation des dégâts causés par les catastrophes naturelles. Dans certains milieux, la déforestation constitue, pour cette raison, un premier pas vers la désertification.

La déforestation touche directement des centaines de millions de personnes dans le monde qui vivent en forêt ou à l'orée de celles-ci. Les forêts permettent à ces populations de satisfaire leurs besoins primaires en leur fournissant de la nourriture et du bois pour la construction et le chauffage.

Au Québec, la forêt est une ressource importante. Divers moyens sont mis en place pour la protéger. Son aménagement forestier durable et la création d'aires protégées permettent de tenir compte des autres ressources de la forêt comme la faune, l'eau et les paysages.

Univers vivant

Écologie

- Étude des populations (densité, cycles biologiques)
- Dynamique des communautés
 - Biodiversité
 - Perturbations
- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique
- Empreinte écologique

Génétique

- Hérédité
- Gène
- Allèle
- Caractère
- Génotype et phénotype
- Homozygote et hétérozygote
- Dominance et récessivité
- Synthèse des protéines
- Croisement

Univers technologique

Langage des lignes

- Projection axonométrique : vue éclatée (lecture)
- Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble)
- Tolérances dimensionnelles

Ingénierie mécanique

- Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques
- Adhérence et frottement entre les pièces
- Degrés de liberté d'une pièce
- Fonction de guidage
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin)
- Changements de vitesse
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, excentriques, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère)

Ingénierie électrique

- Fonction d'alimentation
- Fonction de conduction, d'isolation et de protection (résistance et codification, circuit imprimé)
- Fonctions de commande types (levier, poussoir, bascule, unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel)
- Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme)
- Autres fonctions (condensateur, diode)

Matériaux

- Contraintes (flexion, cisaillement)
- Caractérisation des propriétés mécaniques
- Traitements thermiques
- Types et propriétés
 - Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables)
 - Céramiques
 - Matériaux composites
- Modifications des propriétés (dégradation, protection)

Fabrication

- Façonnage
 - Machines et outillage
- Fabrication
 - Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage
- Mesures
 - Mesure directe (pied à coulisse)

Biotechnologie

- Traitement des eaux usées
- Biodégradation des polluants

DÉFORESTATION

Terre et espace

Cycles biogéochimiques

- Cycle du carbone
- Cycle de l'azote
- Cycle du phosphore

Régions climatiques

- Facteurs influençant la distribution des biomes
- Biomes aquatiques
- Biomes terrestres

Lithosphère

- Minéraux
- Ressources énergétiques
- Épuisement des sols
- Capacité tampon du sol
- Contamination

Hydrosphère

- Bassin versant
- Circulation océanique
- Contamination
- Eutrophisation

Atmosphère

- Effet de serre
- Circulation atmosphérique

Espace

- Flux d'énergie émis par le Soleil

Univers matériel

Transformations chimiques

- Combustion
- Oxydation
- Photosynthèse et respiration
- Balancement d'équations chimiques

Organisation de la matière

- Modèle atomique de Rutherford-Bohr
- Notation de Lewis

Classification périodique

- Familles et périodes du tableau périodique

Transformations de l'énergie mécanique

- Distinction entre chaleur et température
- Loi de la conservation de l'énergie

Énergie

La maîtrise de l'énergie a été un facteur important dans le développement de l'humanité. Elle a permis à l'homme d'étendre son emprise sur la Terre entière et de partir à la découverte de l'espace. L'histoire des siècles passés se caractérise notamment par la façon dont il a relevé divers défis énergétiques.

À la problématique du défi énergétique présentée à la deuxième année du programme de science et technologie s'ajoute, dans le programme optionnel, la problématique de l'énergie proprement dite. Elle est abordée principalement sous l'angle des transformations. L'énergie est présente dans l'environnement sous diverses formes dont l'exploitation implique des transformations qui ne sont pas sans conséquences sur les écosystèmes.

Alors que la transformation de certaines ressources énergétiques entraîne la production de rejets difficiles à gérer, d'autres sources d'énergie moins polluantes génèrent de faibles rendements énergétiques. L'étude de la production, de la distribution et de l'utilisation de l'énergie permet donc d'orienter les choix individuels ou collectifs au regard des formes d'énergie à privilégier.

Au Québec, cette problématique est notamment alimentée par les enjeux locaux et régionaux liés au développement de l'hydroélectricité, au déploiement de parcs éoliens, à la poursuite ou non de la filière nucléaire et au développement de sources d'énergie nouvelles telles que l'énergie de la biomasse, l'énergie solaire, géothermique, marémotrice, etc.

Univers vivant

Écologie

- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique

Univers technologique

Ingénierie mécanique

- Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques
- Adhérence et frottement entre les pièces
- Degrés de liberté d'une pièce
- Fonction de guidage
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin)
- Changements de vitesse
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, excentriques, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère)

Ingénierie électrique

- Fonction d'alimentation
 - Fonction de conduction, d'isolation et de protection (résistance et codification, circuit imprimé)
- Fonctions de commande types (levier, poussoir, bascule, unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel)
- Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme)
- Autres fonctions (condensateur, diode)

Matériaux

- Contraintes (flexion, cisaillement)
- Caractérisation des propriétés mécaniques
- Traitements thermiques
- Types et propriétés
 - Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables)
 - Céramiques
 - Matériaux composites
- Modifications des propriétés (dégradation, protection)

Langage des lignes

- Projection axonométrique : vue éclatée (lecture)
- Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble)
- Tolérances dimensionnelles

Fabrication

- Façonnage
 - Machines et outillage
- Fabrication
 - Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage
- Mesures
 - Mesure directe (pied à coulisse)

ÉNERGIE

Terre et espace

Cycles biogéochimiques

- Cycle du carbone
- Cycle de l'azote

Régions climatiques

- Facteurs influençant la distribution des biomes
- Biomes aquatiques
- Biomes terrestres

Lithosphère

- Minéraux
- Ressources énergétiques

Hydrosphère

- Bassin versant
- Circulation océanique
- Ressources énergétiques

Atmosphère

- Effet de serre
- Circulation atmosphérique
 - Vents dominants
- Masse d'air
- Cyclone et anticyclone
- Ressources énergétiques

Espace

- Flux d'énergie émis par le Soleil
- Système Terre-Lune (effet gravitationnel)

Univers matériel

Organisation de la matière

- Notation de Lewis
- Neutron
- Modèle atomique simplifié
- Règles de nomenclature et d'écriture
- Notion de mole
- Ions polyatomiques
- Nombre d'Avogadro

Classification périodique

- Familles et périodes du tableau périodique
- Masse atomique relative
- Numéro atomique
- Périodicité des propriétés
- Isotopes

Transformations chimiques

- Combustion
- Réactions endothermique et exothermique

Transformations de l'énergie mécanique

- Loi de la conservation de l'énergie
- Rendement énergétique
- Distinction entre chaleur et température
- Relation entre le travail, la force et le déplacement
- Force efficace
- Relation entre le travail et l'énergie
- Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement
- Relation entre la masse et le poids
- Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse
- Relation entre l'énergie thermique, la masse, la capacité thermique massique et la température

Transformations nucléaires

- Stabilité nucléaire
- Radioactivité
- Fission et fusion

Électricité et électromagnétisme

Électricité

- Charge électrique
- Électricité statique
- Loi d'Ohm
- Lois de Kirchhoff
- Circuits électriques
- Relation entre la puissance et l'énergie électrique
- Champ électrique
- Loi de Coulomb

Électromagnétisme

- Forces d'attraction et de répulsion
- Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant
- Champ magnétique d'un solénoïde

Matières résiduelles

Dans les différentes sociétés du monde, plusieurs choses ont une valeur marchande qui s'estime ou se négocie. Les sociétés les mieux nanties consomment beaucoup. Et plus elles consomment, plus elles produisent de rejets dans l'environnement. La production de rejets par habitant est même directement proportionnelle au niveau de développement économique des pays.

Trop souvent, de vastes quantités de rejets sont gérées de façon inadéquate, dans des décharges dépourvues de mesures de sécurité à l'égard de l'environnement. Ces pratiques compromettent la santé publique et menacent l'équilibre des écosystèmes. Ainsi, les rejets dans l'environnement sont à l'origine de diverses problématiques comme le smog, l'effet de serre, les pluies acides, la contamination des sols, la bioaccumulation de contaminants, la contamination des sources d'eau potable, etc.

Les matières résiduelles ne constituent pas nécessairement des déchets dont il faut se débarrasser, mais plutôt des rejets à gérer de manière efficace. Les considérer sous cet angle conduit à une prise de conscience de la nécessité de transformer les pratiques et les habitudes actuelles dans ce domaine. Plutôt que de jeter ou de polluer, diverses solutions de rechange s'offrent à nous : réduire, réparer, recycler, réutiliser, récupérer, valoriser, éduquer (concept des « RVE »). Ces solutions sont toutes orientées vers des changements de comportements et l'utilisation de technologies appropriées.

Au Québec, plusieurs politiques ont été mises en place pour gérer les matières résiduelles. Parmi elles, la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles a notamment pour objectif de valoriser plus de 65 % des rejets produits collectivement. Pour ce faire, toutes les municipalités du Québec ont dû se doter d'un plan de gestion des matières résiduelles de manière à atteindre cet objectif.

Univers vivant

Écologie

- Écotoxicologie
 - Contaminant
 - Bioconcentration
 - Bioaccumulation
 - Seuil de toxicité
- Étude des populations (densité, cycles biologiques)
- Dynamique des communautés
 - Biodiversité
 - Perturbations
- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique

Univers technologique

Ingénierie mécanique

- Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques
- Adhérence et frottement entre les pièces
- Degrés de liberté d'une pièce
- Fonction de guidage
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin)
- Changements de vitesses
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, excentriques, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère)

Ingénierie électrique

- Fonction d'alimentation
- Fonction de conduction, d'isolation et de protection (résistance et codification, circuit imprimé)
- Fonctions de commande types (levier, poussoir, bascule, unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel)

- Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme)
- Autres fonctions (condensateur, diode)

Matériaux

- Contraintes (flexion, cisaillement)
- Caractérisation des propriétés mécaniques
- Traitements thermiques
- Types et propriétés
 - Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables)
 - Céramiques
 - Matériaux composites
- Modifications des propriétés (dégradation, protection)

Langage des lignes

- Projection axonométrique : vue éclatée (lecture)
- Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble)
- Tolérances dimensionnelles

Fabrication

- Façonnage
 - Machines et outillage
- Fabrication
 - Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage
- Mesures
 - Mesure directe (pied à coulisse)

Biotechnologie

- Traitement des eaux usées
- Biodégradation des polluants

MATIÈRES RÉSIDUELLES

Terre et espace

Lithosphère

- Capacité tampon du milieu
- Épuisement des sols
- Contamination

Hydrosphère

- Contamination
- Eutrophisation

Atmosphère

- Effet de serre
- Circulation atmosphérique
 - Vents dominants
- Contamination

Cycles biogéochimiques

- Cycle du carbone
- Cycle de l'azote
- Cycle du phosphore

Univers matériel

Propriétés physiques des solutions

- Concentration (ppm, mole/L)
- Électrolytes
- Dissociation électrolytique
- Force des électrolytes
- Échelle pH

Transformations chimiques

- Combustion
- Oxydation
- Réaction de neutralisation acidobasique
- Photosynthèse et respiration
- Balancement d'équations chimiques
- Loi de la conservation de la masse
- Sels
- Stoechiométrie
- Nature de la liaison
 - Covalente
 - Ionique
- Réactions endothermique et exothermique

Transformations nucléaires

- Stabilité nucléaire
- Radioactivité
- Fission et fusion

Organisation de la matière

- Neutron
- Modèle atomique simplifié
- Notation de Lewis
- Règles de nomenclature et d'écriture
- Notion de mole
- Ions polyatomiques
- Nombre d'Avogadro

Classification périodique

- Familles et périodes du tableau périodique
- Masse atomique relative
- Numéro atomique
- Périodicité des propriétés
- Isotopes

Production alimentaire

Comptant plus de six milliards d'individus, la planète subit les conséquences des choix alimentaires des uns et des autres. Le repas de chacun de ces individus est lié à la terre, mais aussi à des millions de personnes qui ont cultivé, récolté, transformé, emballé, distribué et transporté les aliments. Si on devait nourrir la planète selon les habitudes alimentaires nord-américaines, il faudrait y consacrer la grande majorité de la consommation mondiale d'énergie.

L'image traditionnelle de l'agriculteur vivant au rythme de la nature et vendant sa production au marché n'est plus conforme à la réalité occidentale. De nos jours, c'est de plus en plus la production industrielle qui régit le monde agricole. Pour faire des économies d'échelle, on recourt à des machines spécialisées qui consomment plus d'énergie qu'auparavant. Malgré des pratiques agricoles alternatives en émergence (par exemple, l'agriculture biologique), les mécanismes de la production alimentaire mondiale tendent à se concentrer entre les mains des grandes entreprises internationales, ce qui a souvent pour conséquence d'uniformiser l'alimentation et de conditionner les habitudes des consommateurs. Notamment orientées par des impératifs de rentabilité, les pratiques agricoles industrielles se traduisent souvent par la diminution de la diversité des cultures. Vu la complexité des réseaux de distribution, la production de masse oblige à l'utilisation d'agents de conservation pour éviter la détérioration des produits pendant leur transport.

La quantité d'énergie requise par les processus de production et de distribution industrielle des aliments menace la santé environnementale. En effet, la valeur énergétique des aliments est souvent moindre que la quantité des ressources énergétiques nécessaire pour les produire et les distribuer. Par exemple, dans le cas de la plupart des cultures végétales, il faut dépenser beaucoup plus de kilojoules en pétrole que le rendement énergétique obtenu en valeur alimentaire.

L'alimentation qui caractérise les sociétés occidentales est diversifiée et répond à des critères esthétiques qui ne sont pas sans conséquences sur la santé environnementale. Pour obtenir des aliments d'une apparence parfaite, il faut les préserver des attaques externes et en assurer la conservation pendant leur

transport et leur entreposage. En les transportant des lieux de production à nos tables, il faut déployer toute une série de moyens technologiques qui sont souvent énergivores et polluants. De plus, la prolifération d'emballages et l'utilisation de produits raffinés, colorés ou enrichis occasionnent des rejets qui sont souvent très dommageables pour la biosphère.

À cette problématique de la production alimentaire s'ajoutent les enjeux liés aux avancées récentes du génie génétique. Les semences génétiquement modifiées offrent de nouveaux moyens d'augmenter la rentabilité des productions. Ces biotechnologies permettent d'agir sur des caractères ciblés et d'élargir l'éventail des combinaisons génétiques entre les espèces. Il est donc possible de créer un soja tolérant à l'herbicide, un maïs résistant aux insectes ou des tomates résistantes aux virus. La production d'organismes génétiquement modifiés permet d'envisager la possibilité de résoudre divers problèmes d'approvisionnement chez des populations vivant dans des écosystèmes pauvres en ressources alimentaires. Mais elle suscite aussi l'appât du gain à l'égard des marchés lucratifs découlant du contrôle des droits des brevets pour de nouvelles semences, ce qui n'est pas sans soulever la controverse.

Les choix quotidiens et individuels de consommation pourraient avoir un impact considérable sur le bilan énergétique et environnemental lié aux aliments consommés. Inspiré du principe des « RVE », appliqué à la problématique des matières résiduelles, le principe des « NJ », associé à l'achat d'aliments nus (sans emballage), naturels (non transformés), non loin (provenant du marché local) ou justes (qui n'encouragent pas l'exploitation de la main-d'œuvre)¹⁵, constitue une piste de solution orientée vers le changement des comportements individuels de consommation.

Au Québec, la problématique de la production alimentaire est une préoccupation bien actuelle. Elle touche notamment la gestion du territoire, alors que l'étendue déjà très limitée des terres arables tend à diminuer et que divers changements, aux conséquences parfois inquiétantes, s'opèrent dans les techniques agricoles modernes. Néanmoins, certaines tendances récentes, comme l'importance grandissante du commerce d'aliments biologiques et équitables ou l'introduction de mesures visant la promotion d'une saine alimentation à l'école, constituent quelques-unes des solutions concrètes à cette problématique.

15. Laure WARIDEL, *L'envers de l'assiette : Quelques idées pour la remettre à l'endroit*, Montréal, Écosociété et Environnement Jeunesse, 2003, 172 p.

Univers matériel

Transformations chimiques

- Photosynthèse et respiration

Transformations de l'énergie mécanique

- Loi de la conservation de l'énergie
- Rendement énergétique
- Relation entre le travail et l'énergie

Univers technologique

Ingénierie mécanique

- Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques
- Adhérence et frottement entre les pièces
- Degrés de liberté d'une pièce
- Fonction de guidage
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin)
- Changements de vitesse
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, excentriques, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère)

Ingénierie électrique

- Fonction d'alimentation
- Fonction de conduction, d'isolation et de protection (résistance et codification, circuit imprimé)
- Fonctions de commande types (levier, poussoir, bascule, unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel)
- Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme)
- Autres fonctions (condensateur, diode)

Matériaux

- Contraintes (flexion, cisaillement)
- Caractérisation des propriétés mécaniques
- Traitements thermiques
- Types et propriétés
 - Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables)
 - Céramiques
 - Matériaux composites
- Modifications des propriétés (dégradation, protection)

Langage des lignes

- Projection axonométrique : vue éclatée (lecture)
- Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble)
- Tolérances dimensionnelles

Fabrication

- Façonnage
 - Machines et outillage
- Fabrication
 - Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage
- Mesures
 - Mesure directe (pied à coulisse)

Biotechnologie

- Clonage

PRODUCTION ALIMENTAIRE

Terre et espace

Cycles biogéochimiques

- Cycle du carbone
- Cycle de l'azote
- Cycle du phosphore

Lithosphère

- Minéraux
- Épuisement des sols
- Contamination

Hydrosphère

- Contamination
- Eutrophisation

Atmosphère

- Contamination

Univers vivant

Écologie

- Étude des populations (densité, cycles biologiques)
- Dynamique des communautés
 - Biodiversité
 - Perturbations
- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique
- Empreinte écologique
- Écotoxicologie
 - Contaminant
 - Bioconcentration
 - Bioaccumulation
 - Seuil de toxicité

Génétique

- Hérédité
- Gène
- Croisement
- Allèle
- Caractère
- Génotype et phénotype
- Homozygote et hétérozygote
- Dominance et récessivité
- Synthèse des protéines

ANNEXE B – EXEMPLES D’APPLICATIONS LIÉES AUX PROBLÉMATIQUES ENVIRONNEMENTALES

Tout comme pour les problématiques environnementales, les exemples d’objets, de systèmes, de produits et de procédés présentés ci-dessous ne sont pas des éléments prescrits du programme. Ils peuvent servir à contextualiser les situations d’apprentissage et d’évaluation.

Exemples d’objets, de systèmes, de produits et de procédés liés aux changements climatiques

Cartes et photographies aériennes
Pluviomètre, thermomètre, baromètre, anémomètre, hygromètre
Sondes
Radar, sonar

Satellites de communication
Équipement de collecte et de traitement des déchets (verre, plastique, pneus, etc.)
Système antipollution des gaz d’échappement d’un véhicule motorisé (convertisseur catalytique)

Exemples d’objets, de systèmes, de produits et de procédés liés à l’eau potable

Usine de traitement de l’eau potable
Usine de traitement de l’eau salée
Station de traitement des eaux usées
Alimentation en eau : réseau de circulation et de distribution
Puits artésien, moulin hydraulique
Château d’eau, bassin
Camion-citerne
Appareils hydrauliques

Pompe, vanne
Arrosoir
Compteur (consommation d’eau)
Équipements et procédés d’embouteillage
Contenants : bonbonne, bouteille, canette, etc.
Systèmes d’irrigation des sols
Aqueduc
Écluse, digue

Exemples d’objets, de systèmes, de produits et de procédés liés à la déforestation

Barrage
Route, autoroute
Pont, tunnel
Signalisation routière

Éclairage public
Machinerie forestière
Scierie

Exemples d'objets, de systèmes, de produits et de procédés liés à l'énergie

Production

Centrale nucléaire, centrale thermique, centrale hydraulique
Éolienne, hydrolienne
Panneau photovoltaïque
Usine marémotrice, système maréthermique
Procédé géothermique
Pile à combustible
Batteries et accumulateurs
Génératrice, alternateur

Moteurs, machines, etc.

Moteur électrique
Moteur à combustion interne, machine à vapeur, turbine
Système de cogénération
Pétrole : puits, plateforme, procédés de raffinage

Utilisation (applications)

Appareils de radiographie, d'imagerie par résonance magnétique, d'électrothérapie, de radiothérapie, etc.
Prothèses électriques
Appareils de télécommunication (satellite, télévision, téléphone cellulaire, etc.)
Ordinateurs, systèmes informatiques
Automates programmables
Aéronef, navire, véhicule
Machines-outils
Fours
Procédés de protection des surfaces
Appareils domestiques (aspirateur, fer à repasser, coussin chauffant, séchoir à cheveux, four à micro-ondes, grille-pain, réfrigérateur, lave-vaisselle, laveuse, sécheuse, etc.)
Appareils d'éclairage, appareils électroniques
Systèmes de chauffage et de climatisation
Ascenseurs
Domotique (portes automatiques, système d'alarme et de signalisation, système de sécurité incendie, etc.)

Exemples d'objets, de systèmes, de produits et de procédés liés aux matières résiduelles

Air

Analyseurs de certains polluants : tube à diffusion passive, microbalance à quartz, sonde à rayons bêta
Procédé de mesure par photométrie UV, procédé de mesure par corrélation infrarouge
Chromatographe
Gravimètre, baromètre, hygromètre, anémomètre
Appareils de ventilation (renouvellement de l'air intérieur)
Humidificateur, déshumidificateur
Procédés d'obtention des biocarburants (oléagineux, éthyliques, gazeux, solides)
Filtre à particules, système antipollution des gaz d'échappement d'un véhicule motorisé
Véhicules électriques, véhicules hybrides

Eau

Système d'évacuation des eaux usées
Station de traitement des eaux usées, procédés d'épuration des eaux usées (par lagunage ou filtration naturelle par des micro-organismes)
Usine de traitement de l'eau potable, procédés de purification des eaux potables (par filtration, ébullition, distillation, photo-oxydation, etc.)

Pluviomètre

Cartes du réseau de collecteurs de précipitations

Canal, écluse, barrage, digue, aqueduc

Moulin à eau, château d'eau

Pompe, canons d'arrosage, arroseurs automoteurs, robinet, adoucisseur d'eau, compteur d'eau

Moyens de lutte contre la pollution par les hydrocarbures : télédétection par radar mobile (des nappes d'hydrocarbures flottant à la surface de l'eau), système de pompage, système de nettoyage à haute pression, barrages absorbants, récupérateur à brosse circulaire, récupérateur à brosses oléophiles, rouleaux oléophiles mécaniques (plage), cribleuse tractée (sable), ratisseuse (terrain)

Sols

Dépollution physico-chimique (dissolution des polluants) : procédé d'extraction par aspiration, procédé d'extraction par injection, procédé de traitement des polluants par flottaison, etc.

Dépollution biologique : procédés utilisant des bactéries

Phytoréstauration : procédé de bioremédiation par les plantes

Exemples d'objets, de systèmes, de produits et de procédés liés à la production alimentaire

Alimentation

Machines agricoles : charrue, machine à bêcher, moissonneuse-batteuse, faucheuse, pulvérisateur, machine à traire, semoir, broyeur, chargeur hydraulique, etc.

Système de drainage, système d'irrigation

Engrais

Pesticides : insecticides, herbicides, fongicides, etc.

Antibiotiques

Organismes génétiquement modifiés (OGM)

Procédés de transformation des aliments, procédés de conservation des aliments

Additifs alimentaires : amidons, sucres et édulcorants, colorants, substances pour la conservation, produits aromatisants, etc.

Enzymes alimentaires

Sauces industrielles

Aliments biologiques

Emballages alimentaires

Matériaux d'emballage : papier et carton, plastique, métal, verre, bois

Formes d'emballage : sacs, sachets, bouteilles, flacons, boîtes, pots, etc.

Types d'emballage : emballage sous vide, emballage sous atmosphère modifiée, emballage actif, etc.

Déchets

Matériel et installations de recyclage

Procédés thermiques de dégradation des déchets, procédés biologiques de dégradation des déchets

Procédés de régénération des plastiques, procédés de recyclage (verre, papier, etc.)

ANNEXE C – EXEMPLES DE SITUATIONS D’APPRENTISSAGE ET D’ÉVALUATION

Une centrale pour l’île Beaumont

1. Intention pédagogique

Cette activité vise le développement des compétences 2 et 3, *Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques* et *Communiquer à l’aide des langages utilisés en science et en technologie*, par l’analyse technologique des principes de fonctionnement de trois centrales électriques distinctes et par la présentation d’une étude sur les impacts environnementaux associés à ces modes de production d’énergie.

2. Clientèle visée

Élèves inscrits au programme de science et technologie (deuxième année du deuxième cycle du secondaire).

3. Domaine général de formation touché et axes de développement

Environnement et consommation

- Connaissance de l’environnement (par l’étude d’impacts environnementaux)
- Consommation et utilisation responsable de biens et de services (par l’analyse technologique des centrales électriques)
- Conscience des aspects sociaux, économiques et éthiques du monde de la consommation (par l’étude des besoins énergétiques de la population)
- Construction d’un environnement sain dans une perspective de développement durable (par l’étude d’impacts environnementaux)

4. Description de la tâche

Amorce

Le conseil municipal de l’île Beaumont doit remplacer sa centrale électrique (centrale thermique au charbon) devenue désuète et jugée trop polluante. La population s’est déjà prononcée contre l’implantation de centrales qui utiliseraient l’énergie nucléaire, en raison des risques potentiels pour la santé

et l’environnement. L’île Beaumont, accessible seulement par bateau, est reconnue pour sa production maraîchère et fruitière.

Trois firmes d’ingénieurs sont invitées à présenter des projets de centrales. L’une de ces firmes propose la construction d’un parc d’éoliennes, une autre préconise une centrale exploitant l’énergie de la biomasse et la troisième suggère d’adapter la centrale existante pour exploiter le gaz naturel.

Proposition d’activités

Sous la forme d’un jeu de rôle, les élèves sont invités à faire connaître les principes de fonctionnement et les impacts associés à ces différents projets dans le cadre d’un appel d’offres public. Au préalable, chaque firme d’ingénieurs doit produire un document d’information – dépliant ou rapport écrit – qui explique de façon simplifiée le principe de fonctionnement du type de centrale qu’elle propose. Lors de la présentation, trois équipes présentent le point de vue de chacune des firmes d’ingénieurs. Une autre équipe représente le conseil municipal dont le rôle est de questionner les firmes d’ingénieurs dans le but de choisir une centrale adaptée au contexte de l’île.

Pour bien jouer leur rôle, les élèves doivent comparer des impacts environnementaux associés à chacun des modes de production. L’enseignant peut fournir certaines ressources (médiatiques, informatiques, etc.) relatives aux différents types de centrales.

5. Productions attendues

- Document d’information (ex. dépliant, affiche ou rapport écrit)
- Présentation orale sous forme de jeu de rôle

6. Compétences disciplinaires ciblées

Compétence 2 – *Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques*

- Situer une problématique scientifique ou technologique dans son contexte
 - Considération des divers aspects de problématiques environnementales lors des études d'impacts
- Comprendre des principes scientifiques liés à la problématique
 - Utilisation des concepts de conservation de l'énergie, d'efficacité énergétique et de réaction chimique
- Comprendre des principes technologiques liés à la problématique
 - Utilisation des concepts de fonctionnement des systèmes, de contraintes et d'innovations
- Construire son opinion sur la problématique à l'étude
 - Considération des différents aspects et des arguments présentés

Compétence 3 – *Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*

- Participer à des échanges d'information à caractère scientifique et technologique
 - Mise en commun de l'information en vue de la production du document d'information
- Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique
 - Lecture et analyse de la documentation
- Produire et transmettre des messages à caractère scientifique et technologique
 - Production du document d'information et présentation orale

7. Compétences transversales

Exploiter l'information; Coopérer; Communiquer de façon appropriée; Exercer son jugement critique

8. Ressources (prévues dans le contenu de formation)*

Concepts prescrits

Univers matériel	Terre et espace
<ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Formes d'énergie – Rendement énergétique – Loi de la conservation de l'énergie 	<ul style="list-style-type: none"> – Cycle du carbone – Ressources énergétiques – Biomes aquatiques – Biomes terrestres – Effet de serre – Circulation atmosphérique
Univers vivant	Univers technologique
<ul style="list-style-type: none"> – Étude des populations – Dynamique des communautés – Dynamique des écosystèmes 	<ul style="list-style-type: none"> – Fonction de transformation de l'énergie (électricité et magnétisme) – Systèmes de transmission du mouvement – Projections orthogonales – Standards et représentations (schémas)

Démarches

- Démarche technologique d'analyse (principe de fonctionnement des centrales)
- Démarche de construction d'opinion (considération de points de vue différents, choix des critères, structuration de l'interprétation des ressources documentaires)

9. Durée approximative

- Huit périodes de 75 minutes (excluant la recherche documentaire)

10. Pistes d'évaluation

- Évaluation du document d'information (enseignant)
- Évaluation conjointe de la présentation orale (élèves, enseignant)
- Grille d'autoévaluation des apprentissages (une par élève)

* D'autres ressources présentées dans le contenu de formation peuvent être prises en considération : stratégies, attitudes, techniques, etc.

Histoire de pêche

1. Intention pédagogique

Cette activité vise le développement des compétences 1 et 3, *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique* et *Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*, par l'élaboration d'un plan de remédiation pour diminuer l'acidité d'un lac.

2. Clientèle visée

Élèves inscrits au programme de science et technologie de l'environnement.

3. Domaine général de formation touché et axes de développement

Environnement et consommation

- Connaissance de l'environnement (par l'étude d'impacts environnementaux)
- Construction d'un environnement sain dans une perspective de développement durable (par la résolution d'un problème environnemental)

4. Description de la tâche

Amorce

Votre oncle possède deux pourvoiries. La première est située en Abitibi, sur la rive du lac Long, à une vingtaine de kilomètres d'une usine de transformation minière. La seconde s'étend aux abords du lac Court, en Montérégie, à une cinquantaine de kilomètres de Montréal.

Votre oncle remarque que, depuis 1988, les poissons se font de plus en plus rares en Abitibi. Il fait alors appel à vos connaissances en sciences de l'environnement pour déterminer le problème du lac Long et le résoudre afin de rétablir les populations de poissons qui faisaient sa renommée.

Le tableau ci-contre présente quelques caractéristiques de ces deux lacs :

Caractéristiques	Lac Long	Lac Court
Région	Abitibi	Montérégie
Volume d'eau	1,24 x 108 m ³	1,21 x 108 m ³
Précipitations annuelles	914 mm	975 mm
Aménagement des berges	Naturel (aucun)	Naturel (aucun)
Nombre de pêcheurs par an	970	1360
pH de l'eau en 1988	6,5	6,6
pH de l'eau en 2008	5,5	6,5

On vous demande :

- d'agir à titre de spécialiste en vue de déterminer expérimentalement l'un des facteurs qui explique cette situation;
- d'utiliser vos résultats expérimentaux pour proposer, à court terme, un plan de décontamination du lac Long.

Cette solution doit minimiser les impacts négatifs possibles sur la faune et la flore du lac.

Proposition d'activités

Dans un premier temps, les élèves doivent déterminer expérimentalement l'un des facteurs qui permet aux lacs de conserver une acidité normale. Pour ce faire, ils cernent leurs variables, élaborent un protocole et le réalisent.

Dans un deuxième temps, ils s'appuient sur leurs résultats pour élaborer, qualitativement et quantitativement, un plan qui vise à neutraliser l'acidité du lac ciblé. Ils transposent le traitement choisi à l'échelle du lac et évaluent globalement (théoriquement) la toxicité de la solution retenue.

Quelques capsules d'enseignement peuvent être nécessaires pour aider les élèves à mieux comprendre et intégrer les concepts mobilisés.

De plus, une étude comparative de la solution ponctuelle retenue et des solutions envisageables à long terme peut être réalisée et même suivie d'une prise de position. Cette proposition vise le développement de la compétence *Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques*.

5. Productions attendues

- Un rapport de laboratoire partiel (manipulations, résultats et interprétation des résultats)
- Un rapport de laboratoire complet, un bilan sommaire de toxicité et un plan de remédiation

6. Compétences disciplinaires ciblées

Compétence 1 – *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique*

- Cerner un problème
 - Utilisation ou mise en relation des concepts; formulation d'hypothèses
- Élaborer un plan d'action
 - Sélection et contrôle des variables choisies; choix de la démarche, des produits et des outils nécessaires
- Concrétiser le plan d'action
 - Étude expérimentale de l'effet d'une solution acide sur les types de sols; vérification et mesure de l'effet d'une base choisie sur une solution acide
- Analyser les résultats
 - Traitement des données; passage de l'échelle expérimentale à l'échelle concrète; évaluation de la faisabilité de la solution proposée

Compétence 3 – *Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*

- Participer à des échanges d'information à caractère scientifique et technologique
 - Échanges afin de proposer des plans d'action; mise en commun de l'information en vue de la production des différents rapports

- Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique
 - Lecture et analyse de la documentation
- Produire et transmettre des messages à caractère scientifique et technologique
 - Production des rapports de laboratoire, du bilan de toxicité ainsi que du plan de remédiation

7. Compétences transversales

Exercer son jugement critique; Exploiter l'information; Communiquer de façon appropriée; Coopérer

8. Ressources (prévues dans le contenu de formation)*

Concepts prescrits

Univers matériel	Terre et espace
<ul style="list-style-type: none"> – Concentration (mole/L) – Électrolytes – Échelle pH – Dissociation électrolytique – Ions – Réaction de neutralisation acidobasique – Sels – Balancement d'équations chimiques – Loi de la conservation de la masse – Stœchiométrie – Nature de la liaison <ul style="list-style-type: none"> • Ionique – Règles de nomenclature et d'écriture – Ions polyatomiques – Notion de mole 	<ul style="list-style-type: none"> – Biomes aquatiques – Capacité tampon du sol – Contamination (hydrosphère) – Circulation atmosphérique <ul style="list-style-type: none"> • Vents dominants
	Univers vivant
	<ul style="list-style-type: none"> – Dynamique des communautés <ul style="list-style-type: none"> • Biodiversité • Perturbations – Écotoxicologie <ul style="list-style-type: none"> • Contaminant

Démarche

- Démarche expérimentale (sélection et contrôle des variables choisies)

* D'autres ressources présentées dans le contenu de formation peuvent être prises en considération : stratégies, attitudes, techniques, etc.

9. Durée approximative

- Huit périodes de 75 minutes (excluant la recherche documentaire)

10. Pistes d'évaluation

- Évaluation du rapport partiel (enseignant)
- Évaluation du rapport complet (enseignant)
- Grille d'autoévaluation des apprentissages (une par élève)

ANNEXE D – RÉPARTITION DES CONCEPTS PRESCRITS DU PREMIER ET DU DEUXIÈME CYCLE DU SECONDAIRE

Parcours de formation générale UNIVERS MATÉRIEL

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement
<p>Propriétés</p> <ul style="list-style-type: none"> – Propriétés caractéristiques – Masse – Volume – Température – États de la matière – Acidité et basicité 	<p>Propriétés de la matière</p> <ul style="list-style-type: none"> – Propriétés caractéristiques physiques <ul style="list-style-type: none"> • Point de fusion • Point d'ébullition • Masse volumique • Solubilité – Propriétés caractéristiques chimiques <ul style="list-style-type: none"> • Réaction à des indicateurs – Propriétés des solutions <ul style="list-style-type: none"> • Concentration (% , g/L) • Soluté • Solvant 	<p>Propriétés physiques des solutions</p> <ul style="list-style-type: none"> – Concentration (ppm) – Électrolytes – Échelle pH – Dissociation électrolytique – Ions – Conductibilité électrique 	<p>Propriétés physiques des solutions</p> <ul style="list-style-type: none"> – Concentration (ppm, mole/L) – Force des électrolytes
<p>Transformations</p> <ul style="list-style-type: none"> – Changement physique – Changement chimique – Conservation de la matière – Mélanges – Solutions – Séparation des mélanges 	<p>Transformations de la matière</p> <ul style="list-style-type: none"> – Transformations physiques <ul style="list-style-type: none"> • Dissolution • Dilution • Changement de phase – Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> • Décomposition et synthèse • Oxydation • Précipitation – Formes d'énergie (chimique, thermique, mécanique, rayonnante) – Modèle particulaire 	<p>Transformations chimiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Photosynthèse et respiration – Réaction de neutralisation acido-basique – Balancement d'équations chimiques – Loi de la conservation de la masse 	<p>Transformations chimiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Formation des sels – Stœchiométrie – Nature de la liaison <ul style="list-style-type: none"> • Covalente • Ionique – Réactions endothermique et exothermique
			<p>Transformations nucléaires</p> <ul style="list-style-type: none"> – Stabilité nucléaire – Radioactivité – Fission et fusion

UNIVERS MATÉRIEL (SUITE)

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement
Organisation – Atome – Élément – Tableau périodique – Molécule	Organisation de la matière – Substance pure (composé, élément) – Mélanges homogènes et hétérogènes		Organisation de la matière – Modèle atomique de Rutherford-Bohr – Notation de Lewis – Familles et périodes du tableau périodique
			Organisation de la matière – Neutron – Modèle atomique simplifié – Règles de nomenclature et d'écriture – Ions polyatomiques – Notion de mole – Nombre d'Avogadro
			Classification périodique – Masse atomique relative – Numéro atomique – Périodicité des propriétés – Isotopes
	Fluides – Fluide compressible et incompressible – Pression – Relation entre pression et volume	Électricité et électromagnétisme Électricité – Charge électrique – Électricité statique – Loi d'Ohm – Circuits électriques – Relation entre la puissance et l'énergie électrique Électromagnétisme – Forces d'attraction et de répulsion – Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant électrique	Électricité et électromagnétisme Électricité – Lois de Kirchhoff – Champ électrique – Loi de Coulomb Électromagnétisme – Champ magnétique d'un solénoïde
		Transformations de l'énergie – Loi de la conservation de l'énergie – Rendement énergétique – Distinction entre la chaleur et la température	Transformations de l'énergie – Capacité thermique massique – Relation entre le travail, la force et le déplacement – Force efficace – Relation entre le travail et l'énergie – Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement – Masse et poids – Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse

UNIVERS MATÉRIEL (SUITE)

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement
	<p>Ondes</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fréquence – Longueur d'onde – Amplitude – Échelle des décibels – Spectre électromagnétique – Déviation des ondes lumineuses – Foyer d'une lentille 		

UNIVERS VIVANT

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement
<p>Diversité de la vie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Habitat – Niche écologique – Espèce – Population – Adaptations physiques et comportementales – Évolution – Taxonomie – Gènes et chromosomes 	<p>Division cellulaire</p> <ul style="list-style-type: none"> – ADN – Mitose – Fonctions de la division cellulaire (reproduction, croissance, régénération) – Méiose et cycle de développement sexué (méiose-fécondation) – Diversité génétique 		<p>Écologie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Étude des populations (densité, cycles biologiques) – Dynamique des communautés <ul style="list-style-type: none"> • Biodiversité • Perturbations – Dynamique des écosystèmes <ul style="list-style-type: none"> • Relations trophiques • Productivité primaire • Flux de matière et d'énergie • Recyclage chimique
<p>Perpétuation des espèces</p> <ul style="list-style-type: none"> – Reproduction asexuée ou sexuée – Modes de reproduction chez les végétaux – Modes de reproduction chez les animaux – Organes reproducteurs – Gamètes – Fécondation – Grossesse – Stades du développement humain – Contraception – Moyens empêchant la fixation du zygote dans l'utérus – Maladies transmises sexuellement 	<p>Tissus, organes et systèmes</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tissus – Organes – Systèmes 		<p>Génétique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Héritéité – Gène – Allèle – Caractère – Génotype et phénotype – Homozygote et hétérozygote – Dominance et récessivité – Synthèse des protéines – Croisement
<p>Maintien de la vie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Caractéristiques du vivant – Cellules végétales et animales – Photosynthèse et respiration – Constituants cellulaires visibles au microscope – Intrants et extrants (énergie, nutriments, déchets) – Osmose et diffusion 	<p style="text-align: center;">SYSTÈMES FONCTION DE NUTRITION</p> <p>Système digestif</p> <ul style="list-style-type: none"> – Types d'aliments (eau, protides, glucides, lipides, vitamines, minéraux) – Valeur énergétique des aliments – Tube digestif (bouche, œsophage, estomac, intestin grêle, gros intestin, anus) – Transformations des aliments (mécaniques, chimiques) – Glandes digestives (glandes salivaires, glandes gastriques, pancréas, foie, glandes intestinales) 		

UNIVERS VIVANT (SUITE)

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement
	<p>Systèmes circulatoire et respiratoire</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système respiratoire (fosses nasales, pharynx, trachée, bronches et poumons) – Fonctions des constituants du sang (plasma et éléments figurés) – Compatibilité des groupes sanguins – Système circulatoire (voies de circulation et types de vaisseaux) – Système lymphatique (lymphe, anticorps) <p>Système excréteur</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système urinaire (reins, uretère, vessie, urètre) – Composants de l'urine (eau, sels minéraux, urée) – Maintien de l'équilibre sanguin (reins, poumons et glandes sudoripares) 		
	<p style="text-align: center;">FONCTION DE RELATION</p> <p>Système nerveux et musculosquelettique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système nerveux central (encéphale, moelle épinière) – Système nerveux périphérique (nerfs) <ul style="list-style-type: none"> • Neurone (synapse, axone, dendrites) • Influx nerveux (acte volontaire, arc réflexe) – Récepteurs sensoriels (œil, oreille, peau, langue, nez) <p>Système musculosquelettique (os, articulations, muscles)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fonction des os, articulations et muscles • Types de muscles • Types de mouvement articulaire 		
	<p style="text-align: center;">FONCTION DE REPRODUCTION</p> <p>Système reproducteur</p> <ul style="list-style-type: none"> – Puberté (fille et garçon) – Régulation hormonale chez l'homme <ul style="list-style-type: none"> • Spermatogenèse • Érection • Éjaculation – Régulation hormonale chez la femme <ul style="list-style-type: none"> • Ovogenèse • Cycle ovarien • Cycle menstruel 		

TERRE ET ESPACE

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement
<p>Caractéristiques générales de la Terre</p> <ul style="list-style-type: none"> – Structure interne de la Terre – Lithosphère – Hydrosphère – Atmosphère – Types de roches (minéraux de base) – Couches de l'atmosphère – Eau (répartition) – Air (composition) – Types de sols – Relief 	<p>Science de la Terre</p> <ul style="list-style-type: none"> – Échelle de temps géologiques – Grands épisodes de l'histoire du vivant – Extinctions d'espèces – Fossiles – Couches stratigraphiques 		<p>Science de la Terre</p> <p>Cycles biogéochimiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Cycle du carbone – Cycle de l'azote
	<p>Régions climatiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Facteurs influençant la distribution des biomes – Biomes aquatiques – Biomes terrestres 		
<p>Phénomènes géologiques et géophysiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Plaque tectonique – Volcan – Tremblement de terre – Orogenèse – Érosion – Manifestations naturelles de l'énergie – Vents – Cycle de l'eau – Ressources énergétiques renouvelables et non renouvelables 	<p>Lithosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Minéraux – Horizons du sol (profil) – Pergélisol – Ressources énergétiques 		<p>Lithosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Épuisement des sols – <u>Capacité tampon du sol</u> – <u>Contamination</u>
	<p>Hydrosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bassin versant – Circulation océanique – Glacier et banquise – Salinité – Ressources énergétiques 		<p>Hydrosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – <u>Contamination</u> – <u>Eutrophisation</u>
	<p>Atmosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Effet de serre – Circulation atmosphérique – Masse d'air – Cyclone et anticyclone – Ressources énergétiques 		<p>Atmosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – <u>Circulation atmosphérique</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Vents dominants</u> – <u>Contamination</u> – <u>Ozone</u>

TERRE ET ESPACE (SUITE)

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement
<p>Phénomènes astronomiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Gravitation universelle (étude qualitative) – Système solaire – Lumière (propriétés) – Cycle du jour et de la nuit – Phases de la Lune – Éclipses – Saisons – Comètes – Aurores boréales – Impacts météoritiques 	<p>Sciences de l'espace</p> <ul style="list-style-type: none"> – Échelle de l'univers <ul style="list-style-type: none"> • Unité astronomique • Année-lumière • Situation de la Terre dans l'univers – Conditions favorables au développement de la vie 		<p>Espace</p> <ul style="list-style-type: none"> – Flux d'énergie émis par le Soleil – Système Terre-Lune (effet gravitationnel)

UNIVERS TECHNOLOGIQUE (SUITE)

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement
			<p>Fabrication</p> <ul style="list-style-type: none"> – Façonnage <ul style="list-style-type: none"> • Machines et outillage – Fabrication <ul style="list-style-type: none"> • Caractéristique du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage – Mesure et contrôle <ul style="list-style-type: none"> • Mesure directe (pied à coulisse)
	<p>Biotechnologie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Procédés <ul style="list-style-type: none"> • Pasteurisation • Fabrication du vaccin • Procréation médicalement assistée • Culture cellulaire • Transformation génétique (OGM) 		<p>Biotechnologie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Clonage – Traitement des eaux usées – Biodégradation des polluants

Bibliographie

Culture scientifique et technologique

BARMA, Sylvie et Louise GUILBERT. « Différentes visions de la culture scientifique et technologique : Défis et contraintes pour les enseignants », dans HASNI, Abdelkrim, Yves LENOIR et Joël LEBEAUME (dir.). *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire dans le contexte des réformes par compétences*, Québec, Presses de l'Université du Québec, 2006, 278 p.

CONSEIL DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE. *La culture scientifique et technique au Québec : Un bilan, rapport de conjoncture*, Québec, gouvernement du Québec, 2002, 215 p.

HASNI, Abdelkrim. *La culture scientifique et technologique à l'école : De quelle culture s'agit-il et quelles conditions mettre en place pour la développer?*, communication présentée au 70^e Congrès de l'ACFAS, Québec, Université Laval, 2002, 25 p.

THOUIN, Marcel. *Notions de culture scientifique et technologique : Concepts de base, percées historiques et conceptions fréquentes*, Québec, MultiMondes, 2001, 480 p.

Didactique de la science

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Science for All Americans, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 272 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Benchmarks for Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 420 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Atlas of Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 165 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Designs for Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 300 p.

ASTOLFI, Jean-Pierre et autres. *Pratiques de formation en didactique des sciences*, Bruxelles, De Boeck, 1997, 498 p.

CANADA, CONSEIL DES MINISTRES DE L'ÉDUCATION. *Cadre commun de résultats d'apprentissage en sciences de la nature*, Toronto, gouvernement du Canada, 1997, 261 p.

DE SERRES, Margot et autres. *Intervenir sur les langages en mathématiques et en sciences*, Montréal, Modulo, 2003, 390 p.

FOUREZ, Gérard. *Alphabétisation scientifique et technique : Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*, Bruxelles, De Boeck Université, 1994, 219 p.

GIORDAN, André. *Une didactique pour les sciences expérimentales*, Paris, Belin, 1999, 239 p.

GUILBERT, Louise. « La pensée critique en science : Présentation d'un modèle iconique en vue d'une définition opérationnelle », *The Journal of Educational Thought*, vol. 24, n° 3, décembre 1990, p. 195-218.

Didactique de la technologie

INTERNATIONAL TECHNOLOGY EDUCATION ASSOCIATION. *Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology*, Reston, ITEA, 2000, 248 p.

LEBEAUME, Joël. *L'éducation technologique : Histoires et méthodes*, Paris, ESF, 2000, 121 p.

NORMAN, Eddie et autres. *Advanced Design and Technology*, London, Longman Group Limited, 3^e éd., 2000, 872 p.

Éducation relative à l'environnement

BARLOW, Maude et Tony CLARKE. *L'or bleu : L'eau, nouvel enjeu stratégique et commercial*, Paris, Hachette pluriel, 2007, 394 p.

HADE, André. *Nos lacs : Les connaître pour mieux les protéger*, Montréal, Fides, 2003, 360 p.

SAUVÉ, Lucie. *Pour une éducation relative à l'environnement : Éléments de design pédagogique, guide de développement professionnel à l'intention des éducateurs*, Montréal, Guérin, 1997, 361 p.

SAUVÉ, Lucie. *Éducation et environnement à l'école secondaire : Modèles d'intervention en éducation relative à l'environnement*, Montréal, Logiques, 2001, 311 p.

VILLENEUVE, Claude et Suzanne LAMBERT. *La biosphère dans notre assiette*, Montréal, Environnement Jeunesse, 1989, 201 p.

VILLENEUVE, Claude et François RICHARD. *Vivre les changements climatiques : réagir pour l'avenir*, Montréal, Multimondes, 2007, 400 p.

WARIDEL, Laure. *Acheter, c'est voter*, Montréal, Écosociété, 2005, 176 p.

WARIDEL, Laure. *L'envers de l'assiette et quelques idées pour la remettre à l'endroit*, Montréal, Écosociété et Environnement Jeunesse, 2003, 172 p.