

Science et environnement



Note au lecteur

Ce document présente le programme optionnel de science et environnement. Ce programme, offert à la deuxième année du parcours de formation générale appliquée, est un complément au programme d'applications technologiques et scientifiques. Il donne accès aux programmes optionnels offerts en science et technologie à la dernière année du secondaire. Il se caractérise par la nature de son contenu, constitué uniquement de concepts d'ordre scientifique.

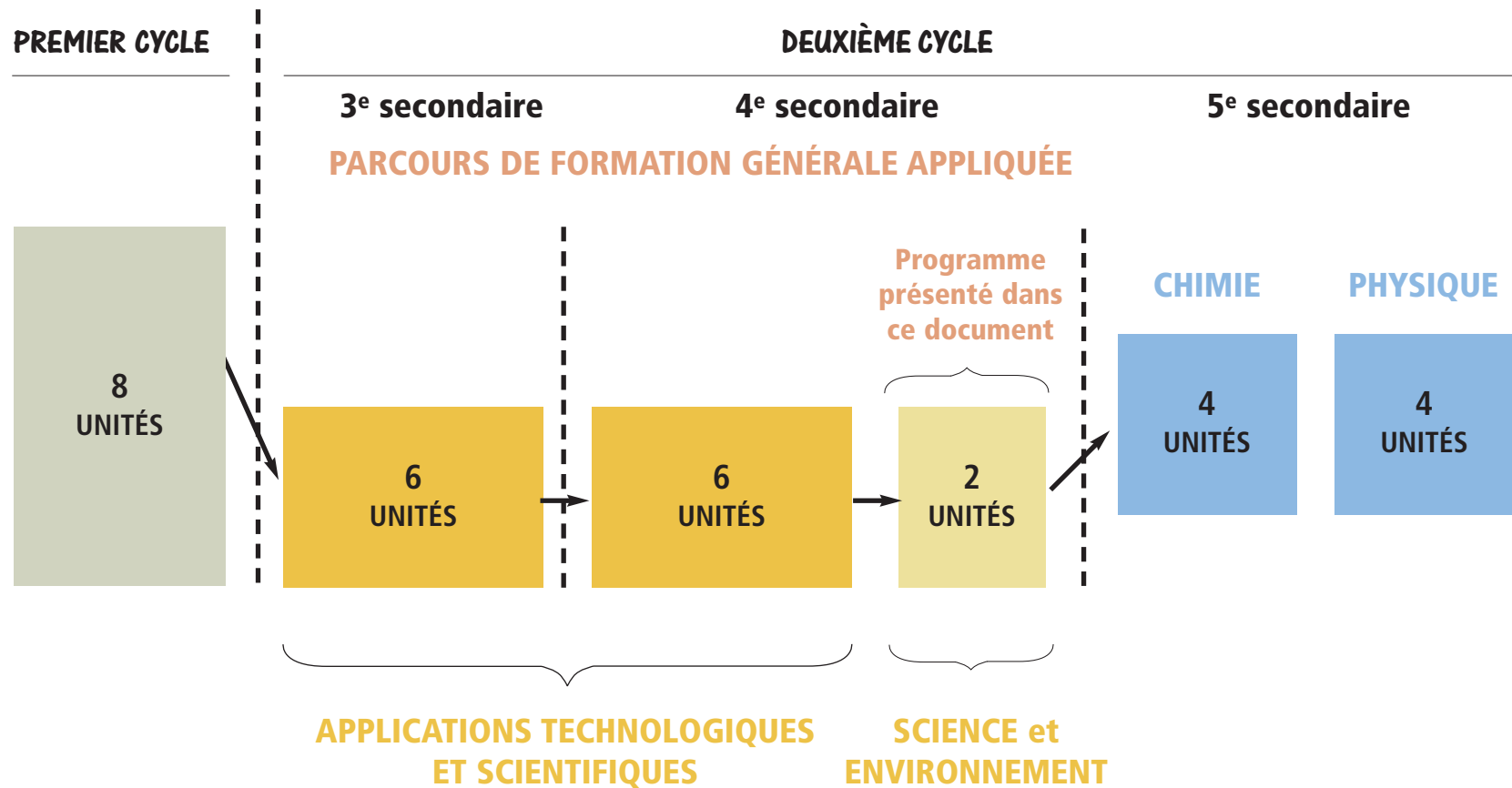


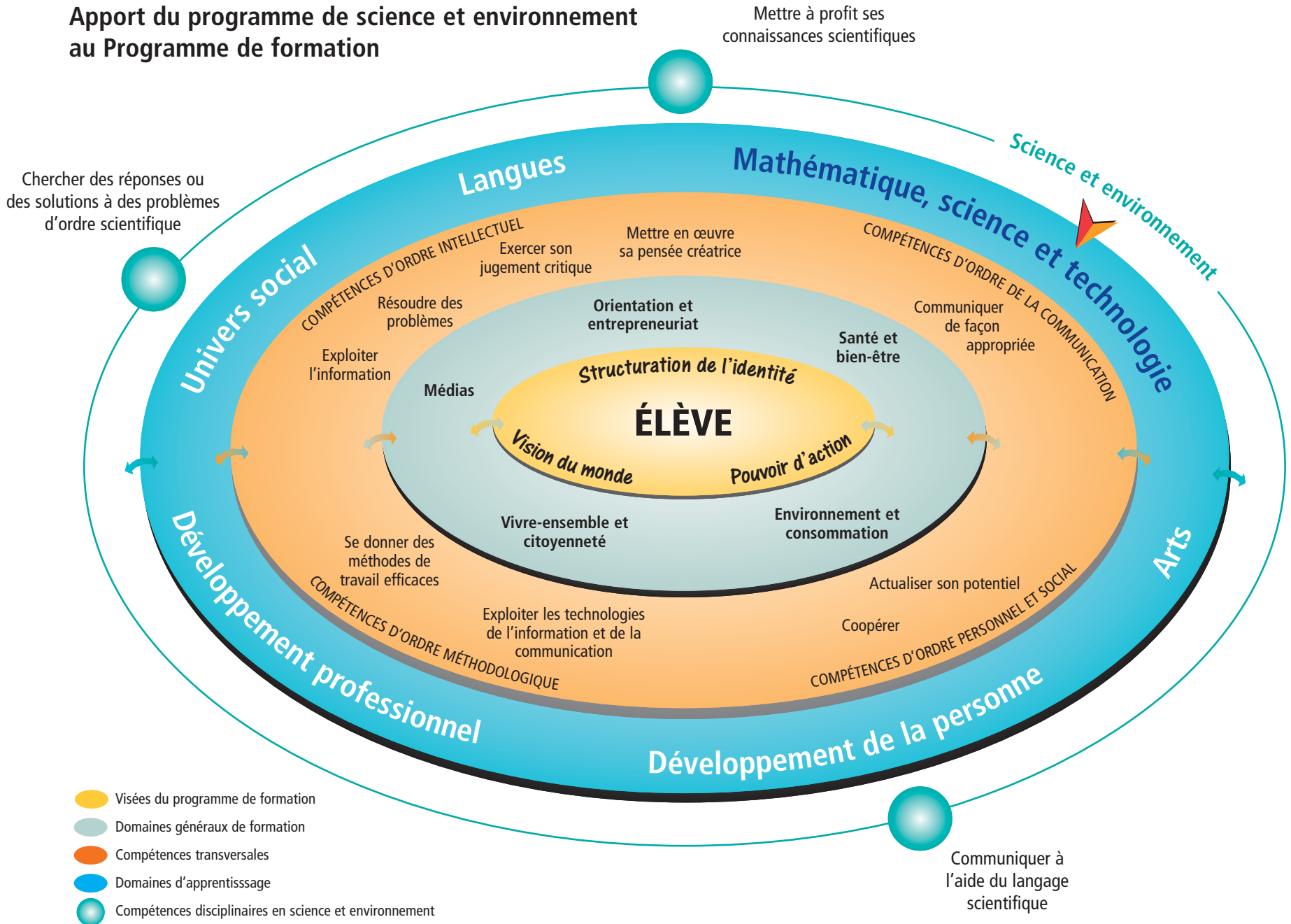
Table des matières

Science et environnement

Présentation de la discipline	1
La vision de la science	1
La notion d'environnement	1
La culture scientifique	2
Le programme	2
Relations entre le programme de science et environnement et les autres éléments du Programme de formation	4
Relations avec les domaines généraux de formation	4
Relations avec les compétences transversales	5
Relations avec les autres disciplines	6
Contexte pédagogique	8
Rôle de l'enseignant	8
Rôle de l'élève	12
Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique	13
Sens de la compétence	13
Compétence 1 et ses composantes	15
Critères d'évaluation	15
Attentes de fin de programme	15
Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances scientifiques ..	16
Sens de la compétence	16
Compétence 2 et ses composantes	18
Critères d'évaluation	18
Attentes de fin de programme	18
Compétence 3 Communiquer à l'aide du langage scientifique ..	19
Sens de la compétence	19
Compétence 3 et ses composantes	21
Critères d'évaluation	21
Attentes de fin de programme	21

Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire. ..	22
Concepts prescrits	22
Démarches, stratégies, attitudes et techniques	30
• Démarches	30
• Stratégies	32
• Attitudes	33
• Techniques	34
Annexes	
Annexe A – Problématiques environnementales et réseaux conceptuels	36
Annexe B – Exemples d'applications liées aux problématiques environnementales	40
Annexe C – Exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation	42
Annexe D – Répartition des concepts prescrits du premier et du deuxième cycle du secondaire	45
Bibliographie	47

Apport du programme de science et environnement au Programme de formation



- Visées du programme de formation
- Domaines généraux de formation
- Compétences transversales
- Domaines d'apprentissage
- Compétences disciplinaires en science et environnement

Présentation de la discipline

L'influence de la science est manifeste dans une multitude de réalisations omniprésentes dans notre environnement, et les méthodologies qui la caractérisent, aussi bien que les connaissances qu'elle a permis de générer, s'appliquent à de nombreuses sphères de l'activité humaine.

Les activités scientifiques 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, comme en technologie ou dans tout autre domaine 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 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, 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 ce domaine, 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.

La vision de la science

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,

1. 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.

2. *Ibid.*, p. 46.

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.

La notion d'environnement

Dans le présent programme, la notion d'environnement fait référence à « l'ensemble dynamique des composantes d'un milieu qui interagissent avec les êtres vivants de ce dernier¹ ». 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.² ». Ce programme vise donc ce qui concerne particulièrement l'être humain, qui occupe une place centrale dans les problématiques à l'étude.

Produit et forme de l'activité humaine, la science est en constante relation avec les différents environnements, qu'elle contribue parfois à modifier et dont elle peut aussi constituer un objet d'étude. La science 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.

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

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

Partie intégrante des sociétés qu'elle a contribué à façonner, la science occupe une part importante de l'héritage culturel et constitue un facteur déterminant de développement des sociétés. Aussi importe-t-il d'amener les élèves à élargir leur culture scientifique, 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 au contact de l'activité scientifique.

Une telle activité sollicite en effet 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 n'est 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 nous interpellent tous à des degrés divers.

L'histoire de la science est partie prenante de cette culture et doit être mise à contribution. Elle permet de mettre en perspective les découvertes scientifiques 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.

3. 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.

Le programme

Alors que le programme d'applications technologiques et scientifiques s'inscrit plus particulièrement dans les perspectives utilitariste et technocratique³, le programme de science et environnement met davantage l'accent sur les expertises citoyenne et scientifique. Tout comme le programme de science et technologie, il accorde une importance particulière au développement de l'esprit critique des élèves. Il vise à consolider leur formation scientifique et constitue un préalable pour accéder aux programmes optionnels de science et technologie offerts en cinquième secondaire.

Ce programme se caractérise surtout par la nature de son contenu, entièrement constitué de concepts d'ordre scientifique. Il regroupe en une seule discipline plusieurs champs disciplinaires, à savoir la biologie, la chimie, la géologie et la physique. 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 de nombreux problèmes ou pour construire son opinion au regard de grandes problématiques environnementales.

Le programme vise le développement des trois compétences suivantes :

- Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique;
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques;
- Communiquer à l'aide du langage scientifique.

Étroitement liées, ces compétences se rattachent à des dimensions complémentaires de la science : les aspects pratiques et méthodologiques; les aspects théoriques, sociohistoriques et environnementaux; et les aspects relatifs à la communication. Les exigences relatives à leur développement sont élevées, en raison notamment de la complexité des concepts prescrits.

La première compétence met l'accent sur la méthodologie utilisée en science pour résoudre des problèmes. Elle est axée sur l'appropriation de concepts et de stratégies au moyen de démarches, y compris la démarche expérimentale.

Les élèves sont appelés à se poser des questions, à résoudre des problèmes et à trouver des solutions en observant, en manipulant, en mesurant et en expérimentant, que ce soit dans un laboratoire 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 diverses problématiques. Ces concepts sont abordés en tant qu'éléments utiles pour 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. 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 trois compétences se développent en interaction et non de manière isolée et séquentielle. Cependant, l'évaluation peut porter sur une seule compétence.

Les élèves sont invités à participer activement à des échanges en ayant recours aux langages propres à la science, 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 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 le programme. Provenant de divers champs disciplinaires, les concepts prescrits sont regroupés en trois univers : l'univers vivant; l'univers matériel; et l'univers de la Terre.

Relations entre le programme de science et environnement et les autres éléments du Programme de formation

De nombreuses relations peuvent être établies entre le programme de science et environnement 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, 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 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 comportant certains contaminants qui risquent de s'accumuler dans la chaîne alimentaire.

Environnement et consommation

Les savoirs scientifiques 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 et les enjeux éthiques associés à leur contamination. 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'approprier 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.

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.

Orientation et entrepreneuriat

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

Plusieurs savoirs de nature scientifique 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 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, telle qu'elle est proposée dans ce programme, 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. Ainsi, la quête de réponses ou de solutions à des questions d'ordre

scientifique exige 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. Élaborer et mettre en œuvre un plan d'action pour résoudre un problème ou tenir compte de positions divergentes au regard d'une problématique scientifique représentent autant de façons de faire appel à leur pensée créatrice.

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 ce programme 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 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.

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

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 en tirant profit de leurs erreurs et en explorant de nouveaux moyens d'actualiser leur potentiel.

Le développement des savoirs scientifiques 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.

Compétence de l'ordre de la communication

L'appropriation de concepts et celle, indissociable, des langages propres à la science concourent au développement de la compétence 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 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, comme c'est le cas ici, 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. L'élaboration ou encore l'analyse d'un bilan écologique demande, par exemple, de faire des calculs et des conversions d'unités de mesure. De plus, le vocabulaire, le graphisme, la notation et les symboles auxquels la mathématique recourt forment un langage rigoureux dont la science peut tirer profit.

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 du programme de science et environnement. 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 contribue 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. 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 du langage scientifique*.

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

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.

indispensable, notamment 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.

Domaine des arts

La science tire profit de l'exercice de la créativité, à laquelle les disciplines artistiques concourent largement. Certaines démarches particulières à ce programme 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 apporte en retour une importante contribution à ces disciplines. Par exemple, la prise de conscience des impacts possibles de certains produits sur l'environnement pourra influencer les artistes dans leurs choix de matériaux. De son côté, la capacité de transmettre et de produire des messages à caractère scientifique 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, ce programme bénéficie également 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, d'endurance cardiovasculaire ou de santé et sécurité renvoient à des préoccupations communes aux deux programmes.

Le programme de science et environnement se prête 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. 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 significatives⁴

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 ce programme, 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.

4. 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 et l'univers de la Terre. 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 ce programme 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, 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*, l'enseignant doit proposer des situations qui suscitent l'engagement dans la résolution de problèmes faisant appel à une démarche expérimentale. 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*, 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 du langage scientifique* s'exerce dans des situations qui demandent de choisir un mode de présentation approprié, d'utiliser un vocabulaire scientifique 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 rédaction d'un rapport de laboratoire ou encore d'une réflexion sur les impacts de la science.

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 scientifiques 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.

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. Leur apport peut être complété par celui d'enseignants d'autres disciplines ou de différents experts.

Dans le cadre de ce programme, l'enseignant peut s'appuyer, quand cela est pertinent, sur des applications conçues ou analysées dans le cours

L'enseignant peut s'appuyer, quand cela est pertinent, sur des applications conçues ou analysées dans le cours d'applications technologiques et scientifiques. Elles constituent en effet un point d'ancrage dans les connaissances antérieures qui peut être exploité pour la construction de concepts scientifiques.

d'applications technologiques et scientifiques. Elles constituent en effet un point d'ancrage dans les connaissances antérieures qui peut être exploité pour la construction de concepts scientifiques. Des exemples d'objets, de systèmes, de produits ou de procédés qui se rapportent à chacune des problématiques suggérées sont présentés à l'annexe B.

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 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.

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. 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.

5. 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.

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.

Évaluer le niveau de développement des compétences⁵

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 revêt ici 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 afin 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 en contexte d'éducation relative à l'environnement⁶

L'étude des réalités environnementales permet non seulement de contextualiser l'apprentissage des concepts scientifiques, mais aussi d'aborder les aspects sociaux, politiques et éthiques de nombreuses découvertes et innovations que l'on doit à la science, 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

6. 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.

7. Lucie SAUVÉ, « Environnement et consommation : Stimuler l'engagement et construire l'espoir », *Spectre*, vol. 36, n° 3, octobre 2006, p. 11.

connaissances relatives à l'environnement. Si l'environnement est plutôt perçu comme une ressource pédagogique (un contexte) pour l'enseignement de la science, 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.

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 monde⁷ ». 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. 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 d'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 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 mesure 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. 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 ou encore d'une réflexion sur les impacts de la science.

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

Sens de la compétence

La science se caractérise notamment par la rigueur de la démarche 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 à des problèmes d'ordre scientifique implique le recours à divers modes de raisonnement ainsi qu'à différentes démarches associées aux disciplines scientifiques, telles les démarches de modélisation, d'observation, expérimentale et empirique. 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.

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'une réflexion sur les actions de même que 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.

Dans le cadre du programme de science et environnement, un élève compétent dans la recherche de réponses ou de solutions à des problèmes d'ordre scientifique 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.

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

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

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

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 on 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 ces résultats ou encore entre ces 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. 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 réponses à des problèmes d'ordre scientifique 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, tout comme la compréhension et l'utilisation d'un langage partagé par les membres de la communauté scientifique.

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 • 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

Concrétiser le plan d'action

Mettre en œuvre les étapes planifiées • Faire appel aux techniques et aux autres ressources appropriées
• 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 • 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.

Attentes de fin de programme

À la fin de ce programme, 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 ainsi que les conditions à respecter. Il reformule le problème en faisant appel à des concepts scientifiques. 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. 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. Il a recours, si cela est nécessaire, aux technologies de l'information et de la communication.

Tout au long du processus, il fait preuve de rigueur et il recourt aux explications qualitatives et au formalisme mathématique requis pour appuyer son raisonnement.

COMPÉTENCE 2 Mettre à profit ses connaissances scientifiques

Sens de la compétence

La science a 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 apparaît aujourd'hui comme un outil indispensable pour comprendre le monde dans lequel nous vivons et 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 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. Dans le programme de science et environnement, elle porte de manière spécifique sur des questions scientifiques. Par exemple, si l'on s'interroge sur une application technologique, on cherchera à dégager les principes scientifiques sous-jacents à ses caractéristiques. 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.

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

Pour mettre à profit leurs connaissances scientifiques, les élèves doivent d'abord apprendre à situer les problématiques dans leur contexte. Cet exercice suppose qu'ils s'en construisent une représentation systémique qui prend en compte différents aspects (social, historique, économique, 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 approprié 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.

Par ailleurs, la mobilisation des connaissances scientifiques 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 ainsi qu'à l'utilisation du langage propre à la science.

Compétence 2 et ses composantes

Situer une problématique scientifique 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

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
- 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.

Programme de formation de l'école québécoise

Attentes de fin de programme

› 18
Chapitre 6

À la fin de ce programme, 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. 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 doit recourir au formalisme mathématique pour justifier son explication, lorsque la situation l'exige.

Après avoir exploré divers aspects (sociaux, environnementaux, économiques, politiques, 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. Il est en mesure de justifier son opinion en s'appuyant sur une argumentation riche et de la reconsidérer en fonction de nouvelles informations.

COMPÉTENCE 3 Communiquer à l'aide du langage scientifique

Sens de la compétence

La communication joue un rôle essentiel dans la construction des savoirs scientifiques. 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 scientifique. 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.

En science et environnement, les élèves doivent être aptes à communiquer à l'aide du langage utilisé en science et doivent savoir recourir aux normes et aux conventions propres à cette discipline lorsqu'ils participent à des échanges sur des questions d'ordre scientifique 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 des élèves à des échanges d'information à caractère scientifique, 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 la présentation d'un projet ou la rédaction d'un article scientifique. 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 propre à la science. 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.

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

L'interprétation, qui représente une autre composante importante de la compétence, intervient tout autant dans la lecture d'un article scientifique ou l'écoute d'un exposé oral que dans la compréhension d'un rapport de laboratoire. 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 ou d'un schéma. 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 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, résument un texte ou fassent un exposé sur une question d'ordre scientifique. 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 et les schémas 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, fait appel à des normes et à des conventions, et ce, tant pour l'élaboration d'un protocole de recherche que pour l'explication de lois et de principes ou la présentation de résultats expérimentaux. Tableaux, symboles, graphiques, schémas, 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 et à la mathématique.

L'appropriation des concepts scientifiques 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

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 approprié

Interpréter des messages à caractère scientifique

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 du langage scientifique

Produire et transmettre des messages à caractère scientifique

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

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 ce programme, l'élève interprète et produit, sous une forme orale, écrite ou visuelle, des messages à caractère scientifique.

Lorsqu'il interprète un message, il a recours au langage associé à la science. 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.

Le programme de science et environnement vise la consolidation et l'enrichissement de la culture scientifique des élèves. À cette intention s'ajoute celle de former des utilisateurs de la science 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.

Les ressources du programme de science et environnement constituent un complément aux savoirs acquis dans le cadre du programme d'applications technologiques et scientifiques. Leur appropriation rend les élèves du parcours de formation générale appliquée aptes à accéder aux programmes optionnels offerts en cinquième secondaire.

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 sur les techniques prescrites. Les démarches correspondent essentiellement aux façons de faire dans un contexte de résolution de problèmes en science. Les stratégies sont mises en œuvre lors de l'exercice des compétences en vue de l'articulation des 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. Leur rôle dans le développement des compétences s'avère ainsi fondamental.

Les concepts prescrits de même que les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques ciblées dans ce programme constituent des ressources pour le développement des compétences.

Concepts prescrits

Les concepts prescrits sont regroupés dans trois univers : l'univers vivant; l'univers matériel; et l'univers de la Terre. 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 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 de tous les concepts prescrits de ce programme.

Univers vivant

L'étude des problématiques environnementales proposées dans ce programme s'articule autour du concept général d'écologie. L'apprentissage du concept d'écotoxicologie, en relation avec les concepts de population, de dynamique des communautés et de dynamique des écosystèmes (à l'étude

dans le programme de base), permet de comprendre les niveaux d'organisation des vivants et leur relation à leur environnement ainsi que les effets de l'activité humaine sur ces vivants.

Orientations		Concepts prescrits	
<p>Écologie</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 de ce programme, 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>– Écotoxicologie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contaminant • Bioconcentration • Bioaccumulation • Seuil de toxicité 	
Repères culturels			
Histoire	Ressources du milieu	Inventions humaines	Événements
René Truhaut	Musées des sciences naturelles Aires protégées Jardins zoologiques Réserves mondiales de l'UNESCO Groupes environnementaux Sociétés de conservation Chaires, centres et instituts de recherche en éducation relative à l'environnement Biosphère d'Environnement Canada Conseils régionaux de l'environnement	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 cinq concepts généraux : les propriétés physiques des solutions; les transformations physiques; les transformations chimiques; l'organisation

de la matière; 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, en pourcentage, en grammes ou en moles 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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Solubilité – Concentration (g/L, ppm, %, mole/L) – Électrolytes – Échelle pH – Ions – Conductibilité électrique
<p>Transformations physiques</p> <p>La préparation de solutions par dissolution et la modification de la concentration à la suite d'une dilution sont des opérations courantes dans la vie quotidienne. Il importe d'amener les élèves à les maîtriser et à les mettre en pratique de façon rigoureuse.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Dissolution – Dilution
<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. 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.</p> <p>Diverses réactions chimiques, en rapport avec chacune des problématiques, 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. 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.</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"> – Précipitation – Décomposition et synthèse – Photosynthèse et respiration – 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"> • Covalente • Ionique – Réactions endothermique et exothermique

Univers matériel (Suite)

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 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. Le tableau périodique des éléments fournit les informations nécessaires à la configuration des atomes.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Notation de Lewis – Particules élémentaires (proton, électron, neutron) – Modèle atomique simplifié – Masse atomique relative et isotopes – Règles de nomenclature et d’écriture – Ions polyatomiques – Notion de mole
<p>Transformations de l’énergie</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 la problématique de l’énergie. 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 quantitatifs des transformations d’énergie sont traités.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – 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 l’énergie cinétique, la masse et la vitesse – Relation entre l’énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température

Repères culturels			
Histoire	Ressources du milieu	Inventions humaines	Événements
Svante Arrhenius Thomas Edison Isaac Newton James Watt Ernest Rutherford Niels Bohr Gilbert Lewis Wilhelm Homberg James Chadwick Joseph John Thomson Julius von Mayer	Facultés des sciences et de génie Musées à caractère scientifique Groupes environnementaux Agence de l'efficacité énergétique du Québec Ressources naturelles Canada	Systèmes d'épuration des eaux Développement du réseau électrique	Construction des complexes hydroélectriques Construction de parcs d'éoliennes

Univers de la Terre

En plus de fournir l'occasion d'étudier les interactions qui surviennent dans la biosphère, les concepts retenus pour ce programme permettent d'approfondir certains impacts de l'activité humaine sur les écosystèmes. La

connaissance des divers systèmes terrestres permet de mieux comprendre l'équilibre de la géosphère.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Lithosphère</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>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.</p> <p>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 dépôts 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.</p>	<ul style="list-style-type: none">– Horizons du sol (profil)– Capacité tampon du sol– Contamination
<p>Hydrosphère</p> <p>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.</p> <p>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.).</p>	<ul style="list-style-type: none">– Contamination– Eutrophisation

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. 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.</p> <p>Les différentes substances qui se dégagent de la combustion des carburants fossiles produisent des effets néfastes à l'échelle locale, régionale, voire 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.</p>		<ul style="list-style-type: none"> – Effet de serre – Circulation atmosphérique <ul style="list-style-type: none"> • Vents dominants – Contamination 	
Repères culturels			
Histoire	Ressources du milieu	Inventions humaines	Événements
Gro Harlem Brundtland	Commission géologique du Canada Agence de l'efficacité énergétique du Québec Ressources naturelles Canada Groupes environnementaux Recyc-Québec Environnement Canada Sociétés de conservation Conseils régionaux de l'environnement	Satellites d'observation Systèmes de positionnement global Activités de dépollution Protection de l'environnement Systèmes d'épuration des eaux Développement durable	Sommets de la Terre Protocole de Kyoto Phénomènes météorologiques Catastrophes environnementales

TABLEAU SYNTHÈSE DES CONCEPTS PRESCRITS

Univers vivant	Univers matériel	Univers de la Terre
<p>Écologie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Écotoxicologie <ul style="list-style-type: none"> • Contaminant • Bioconcentration • Bioaccumulation • Seuil de toxicité 	<p>Propriétés physiques des solutions</p> <ul style="list-style-type: none"> – Solubilité – Concentration (g/L, ppm, %, mole/L) – Électrolytes – Échelle pH – Ions – Conductibilité électrique <p>Transformations physiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Dissolution – Dilution <p>Transformations chimiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Précipitation – Décomposition et synthèse – Photosynthèse et respiration – 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"> • Covalente • Ionique – Réactions endothermique et exothermique <p>Organisation de la matière</p> <ul style="list-style-type: none"> – Notation de Lewis – Particules élémentaires (proton, électron, neutron) – Modèle atomique simplifié – Masse atomique relative et isotopes – Règles de nomenclature et d'écriture – Ions polyatomiques – Notion de mole <p>Transformations de l'énergie</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 l'énergie cinétique, la masse et la vitesse – Relation entre l'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température 	<p>Lithosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Horizons du sol (profil) – Capacité tampon du sol – Contamination <p>Hydrosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Contamination – Eutrophisation <p>Atmosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Effet de serre – Circulation atmosphérique <ul style="list-style-type: none"> • Vents dominants – Contamination

Démarches, stratégies, attitudes et techniques

Cette section porte sur les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques ciblées par le programme. 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 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.

Cinq démarches sont présentées : les démarches de modélisation, d'observation, expérimentale, empirique et de construction d'opinion. Celles qui sont propres à la technologie n'ont pas été retenues dans le contexte particulier de l'apprentissage de la science qui nous préoccupe ici.

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, 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.

STRATÉGIES

Certaines stratégies, mobilisées et utilisées dans le contexte spécifique de la science, 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 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	<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– Raisonner par analogie pour traiter des informations et adapter ses connaissances scientifiques– Sélectionner des critères pertinents qui permettent de se positionner au regard d'une problématique scientifique

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– Souci de précision dans la mesure– Souci d'une langue juste et précise	<ul style="list-style-type: none">– Discipline personnelle– Autonomie– Souci d'efficacité– Souci d'efficience– 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.

TECHNIQUES LIÉES AUX MANIPULATIONS	TECHNIQUES DE MESURE
<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire - Utilisation d'instruments d'observation - Préparation de solutions - Collecte d'échantillons 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification de la fidélité, de la justesse et de la sensibilité des instruments de mesure (étalonnage, ajustage) - Utilisation des instruments de mesure - Interprétation des résultats de la mesure (chiffres significatifs, erreurs liées aux mesures)

ANNEXE A – PROBLÉMATIQUES ENVIRONNEMENTALES ET RÉSEAUX CONCEPTUELS

La présente section décrit les problématiques environnementales proposées dans ce programme. Elles constituent des enjeux sociaux dont les aspects scientifiques 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.

Énergie

La problématique de l'énergie 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 ou encore l'énergie solaire, géothermique, marémotrice, etc.

Univers vivant

Écologie

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

ÉNERGIE

Univers de la Terre

Lithosphère

- Ressources énergétiques

Hydrosphère

- Ressources énergétiques

Atmosphère

- Ressources énergétiques

Univers matériel

Transformations chimiques

- Photosynthèse et respiration
- Réactions endothermique et exothermique

Organisation de la matière

- Particules élémentaires (proton, électron, neutron)
- Modèle atomique simplifié
- Règles de nomenclature et d'écriture
- Ions polyatomiques
- Notion de mole

Transformations de l'énergie

- 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 l'énergie cinétique, la masse et la vitesse
- Relation entre l'énergie thermique, la masse, la capacité thermique massique et la température

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

- Étude des populations (densité, cycles biologiques)
- Écotoxicologie
 - Contaminant
 - Bioconcentration
 - Bioaccumulation
 - Seuil de toxicité

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

MATIÈRES RÉSIDUELLES

Univers de la Terre

Lithosphère

- Capacité tampon du milieu
- Épuisement des sols
- Contamination

Hydrosphère

- Contamination
- Eutrophisation

Atmosphère

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

Univers matériel

Transformations chimiques

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

Propriétés physiques des solutions

- Solubilité
- Concentration (ppm, mole/L)

Transformations physiques

- Dissolution
- Dilution

Organisation de la matière

- Particules élémentaires (proton, électron, neutron)
- Modèle atomique simplifié
- Règles de nomenclature et d'écriture
- Ions polyatomiques
- Notion de mole

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. Lorsque la situation s’y prête, ils peuvent servir à contextualiser les situations d’apprentissage et d’évaluation.

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

Production

Centrale thermique, centrale hydraulique
Éolienne, hydrolienne
Panneau photovoltaïque
Usine marémotrice, système maréthermique

Procédé géothermique
Pile à combustible
Batteries et accumulateurs
Génératrice, alternateur

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, sècheuse, etc.)
Appareils d’éclairage, appareils électroniques
Systèmes de chauffage et de climatisation
Ascenseur
Domotique (portes automatiques, système d’alarme et de signalisation, système de sécurité incendie, etc.)

Moteurs, machines, etc.

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

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, par ébullition, par distillation, par 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
 Phytorestauration (procédé de bioremédiation par les plantes)

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

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 scientifiques* et *Communiquer à l’aide du langage scientifique*, 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 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 une pourvoirie située en Abitibi, sur la rive du lac Long, à une vingtaine de kilomètres d’une usine de transformation minière. Il remarque que, depuis 1998, les poissons s’y font de plus en plus rares.

Après avoir consulté des spécialistes en matière d’environnement, il apprend que son lac s’est acidifié à la suite d’apports atmosphériques en SO_2 . Parmi les actions possibles qui lui sont suggérées pour améliorer la situation, il choisit la neutralisation afin de remédier temporairement au problème.

Votre oncle fait appel à vos connaissances scientifiques pour déterminer la quantité exacte de réactif qui sera nécessaire pour amener le pH du lac à la même valeur qu’en 1988.

Le tableau ci-dessous présente quelques caractéristiques du lac :

Caractéristiques	Lac Long
Volume d’eau	1,24 x 108 m ³
Aménagement des berges	Aucun (naturel)
pH de l’eau en 1988	6,5
pH de l’eau en 2008	5,5

On vous demande :

- de déterminer expérimentalement la quantité de réactif nécessaire pour obtenir la neutralisation désirée;
- d’utiliser l’équation de la réaction chimique effectuée pour calculer la masse exacte de base à épandre dans le lac;
- d’évaluer les risques environnementaux engendrés par ce traitement.

Proposition d’activités

Dans un premier temps, les élèves déterminent expérimentalement la quantité de base nécessaire pour faire varier le pH d’une solution acide de 5,5 à 6,5.

Dans un deuxième temps, ils s’appuient sur leurs résultats pour calculer la masse de réactif qui pourra neutraliser l’acidité du lac ciblé. Pour ce faire, ils transposent les résultats obtenus à l’échelle du lac, au moyen de calculs stœchiométriques.

Ils évaluent ensuite sommairement 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.

5. Production attendue

Un plan de remédiation comprenant une évaluation sommaire des risques environnementaux potentiels.

6. Compétences disciplinaires ciblées

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

- 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
 - 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 du langage scientifique*

- Participer à des échanges d'information à caractère scientifique
 - Échanges afin de proposer des plans d'action; mise en commun de l'information en vue de la production du document exigé
- Produire et transmettre des messages à caractère scientifique
 - Production du plan de remédiation (y compris l'évaluation sommaire des risques de toxicité)

7. Compétences transversales

Exercer son jugement critique; Communiquer de façon appropriée; Coopérer

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

Concepts prescrits

Univers matériel	Univers de la terre
<ul style="list-style-type: none"> – Concentration (mole/L) – Électrolytes – Échelle pH – 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 	Hydrosphère <ul style="list-style-type: none"> – Contamination
	Univers vivant
	<ul style="list-style-type: none"> – Écotoxicologie <ul style="list-style-type: none"> • Contaminant

Démarche

- Démarche expérimentale (sélection et contrôle des variables choisies)

9. Durée approximative

- Trois périodes de 75 minutes (excluant la rédaction du plan de remédiation)

10. Pistes d'évaluation

- Évaluation du plan de remédiation (enseignant)
- Évaluation conjointe du travail des coéquipiers

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

Le poisson, une question de choix

1. Intention pédagogique

Cette activité, qui vise le développement de la compétence *Mettre à profit ses connaissances scientifiques*, amène les élèves à choisir les espèces de poissons les plus propices à leur alimentation.

2. Clientèle visée

Élèves inscrits au programme de science et environnement.

3. Domaine général de formation touché et axes de développement

Santé et bien-être

- Connaissance des conséquences de ses choix personnels sur sa santé et son bien-être (par la sélection d'aliments sains et nutritifs)

Environnement et consommation

- Connaissance de l'environnement (par la conscience de l'interdépendance de la qualité des cours d'eau et de certaines activités humaines)
- Construction d'un environnement viable dans une perspective de développement durable (par la connaissance des impacts des activités humaines sur la santé et l'équilibre des populations de poissons)

4. Description de la tâche

Amorce

Le Guide alimentaire canadien suggère à tous de manger au moins 150 g de poisson par semaine⁸. Toutefois, choisir les meilleures espèces à consommer n'est pas si simple.

Afin de faire des choix de consommation éclairés, vous devez :

- identifier les espèces de poissons commercialisées au Québec et vous informer sur leur provenance et leur habitat;

- associer, si tel est le cas, certains enjeux environnementaux pouvant être liés de près ou de loin aux espèces ciblées (contamination, espèce protégée, impact sur la biodiversité, etc.);
- présenter, dans un court article, deux espèces de poissons à privilégier pour la consommation, en apportant pour chacune trois justifications dont deux seront de nature scientifique.

Pour aider les élèves dans leur tâche, l'enseignant pourra avoir préparé des documents de référence qui présentent divers enjeux environnementaux associés à certaines espèces de poissons : bioaccumulation des contaminants, pathologies humaines liées à la consommation de poissons contaminés, diminution des populations de morues, utilisation de filets pour la pêche au thon dans lesquels se prennent les dauphins, etc.

Proposition d'activités

En premier lieu, l'enseignant apporte des circulaires, des emballages de poisson préparés ou des extraits de films, de reportages ou d'émissions de télévision afin de familiariser les élèves avec les espèces les plus consommées au Québec.

Les élèves recueillent des informations au sujet du régime alimentaire de chacune des espèces sélectionnées, de leur habitat ainsi que des sources de contamination associées à ces deux facteurs. Ils déterminent également d'autres enjeux environnementaux liés aux espèces sélectionnées.

Au cours de ce travail, ils prennent également connaissance des conseils les plus récents des différents ministères relativement à la consommation sécuritaire de poisson⁹.

En équipes de quatre, les élèves prennent connaissance des informations disponibles, déterminent les variables qui guideront le choix du poisson à consommer et sélectionnent les espèces qu'ils conseillent d'acheter.

5. Production attendue

Un court article dans lequel l'élève suggère deux espèces de poissons à privilégier pour la consommation et fournit trois justifications de ces choix dont deux sont de nature scientifique.

8. Santé Canada, *Bien manger avec le Guide alimentaire canadien* (consulté en juin 2007). http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/food-guide-aliment/index_f.html

9. Voir la section *Ressources*.

6. Compétences disciplinaires ciblées

Compétence 2 – Mettre à profit ses connaissances scientifiques

- Situer une problématique scientifique dans son contexte
 - Recherche et compréhension des enjeux et des points de vue liés à la problématique de la contamination des aliments (poissons destinés à la consommation humaine)
- Comprendre des principes scientifiques liés à la problématique
 - Identification et compréhension des principes scientifiques liés à la bioaccumulation ainsi qu'aux conséquences de certains types de pêche sur les populations de poissons
- Construire son opinion sur la problématique à l'étude
 - Prise en compte de plusieurs ressources et de différents points de vue afin de construire et de justifier son opinion sur les espèces à privilégier pour la consommation de poisson

7. Compétences transversales

Exercer son jugement critique; Coopérer; Communiquer de façon appropriée

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

Concepts prescrits

Univers matériel	Univers vivant
Propriétés physiques des solutions <ul style="list-style-type: none"> – Solubilité – Concentration (g/L, ppm, %, mole/L) – Ions Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> – Décomposition et synthèse Transformations physiques <ul style="list-style-type: none"> – Dissolution – Dilution Organisation de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Règles de nomenclature et d'écriture 	Écologie <ul style="list-style-type: none"> – Contaminant – Bioconcentration – Bioaccumulation – Seuil de toxicité

Programme de formation de l'école québécoise

Démarche

Démarche de construction d'opinion

Sources d'information utiles

Agence canadienne d'inspection des aliments
<http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/fssaf.shtml>

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
<http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Consommation/Services/guideconsommation/>

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec
<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/guide/index.htm>

Santé Canada
http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/index_f.html

9. Durée approximative

- Deux périodes de 75 minutes (excluant la rédaction de l'article)

10. Pistes d'évaluation

- Évaluation de l'article (enseignant)
- Évaluation conjointe du travail des coéquipiers

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

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

Parcours de formation générale appliquée 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	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement
Propriétés <ul style="list-style-type: none"> – Propriétés caractéristiques – Masse – Volume – Température – États de la matière – Acidité et basicité 	Propriétés de la matière <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 		Propriétés physiques des solutions <ul style="list-style-type: none"> – Solubilité – Concentration (g/L, ppm, %, mole/L) – Électrolytes – Échelle pH – Ions – Conductibilité électrique
Transformations <ul style="list-style-type: none"> – Changement physique – Changement chimique – Conservation de la matière – Mélanges – Solutions – Séparation des mélanges 	Transformations de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Transformations physiques – Transformations chimiques – Formes d'énergie – Modèle particulaire 	Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Oxydation 	Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> – Précipitation – Décomposition et synthèse – Photosynthèse et respiration – 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"> • Covalente • Ionique – Réactions endothermique et exothermique
			Transformations physiques <ul style="list-style-type: none"> – Dissolution – Dilution

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	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement
<p>Organisation</p> <ul style="list-style-type: none"> – Atome – Élément – Tableau périodique – Molécule 	<p>Organisation de la matière</p> <ul style="list-style-type: none"> – Substance pure (composé, élément) – Mélanges homogènes et hétérogènes 		<p>Organisation de la matière</p> <ul style="list-style-type: none"> – Notation de Lewis – Particules élémentaires (proton, électron, neutron) – Modèle atomique simplifié – Masse atomique relative et isotopes – Règles de nomenclature et d'écriture – Ions polyatomiques – Notion de mole
	<p>Fluides</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fluide compressible et incompressible – Pression – Relation entre pression et volume 	<p>Électricité et électromagnétisme</p> <p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> – Charge électrique – Électricité statique – Loi d'Ohm – Circuits électriques – Relation entre la puissance et l'énergie électrique <p>Électromagnétisme</p> <ul style="list-style-type: none"> – Forces d'attraction et de répulsion – Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant électrique – Champ magnétique d'un solénoïde – Induction électromagnétique 	
		<p>Transformations de l'énergie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Loi de la conservation de l'énergie – Rendement énergétique – Distinction entre la chaleur et la température 	<p>Transformations de l'énergie</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 l'énergie cinétique, la masse et la vitesse – Relation entre l'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la température

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	Applications technologiques et scientifiques		Science et 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 	<p>Fluides</p> <ul style="list-style-type: none"> – Principe d'Archimède – Principe de Pascal – Principe de Bernoulli <p>Forces et mouvements</p> <ul style="list-style-type: none"> – Force – Types de forces – Équilibre de deux forces – Relation entre la vitesse constante, la distance et le temps – Distinction entre la masse et le poids 	

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	Applications technologiques et scientifiques		Science et 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>Dynamique des écosystèmes</p> <ul style="list-style-type: none"> – Perturbations – Relations trophiques – Productivité primaire – Flux de matière et d'énergie – Recyclage chimique – Facteurs influençant la distribution des biomes – Écosystèmes 		<p>Écologie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Écotoxicologie <ul style="list-style-type: none"> • Contaminant • Bioconcentration • Bioaccumulation • Seuil de toxicité
<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) <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) 		

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	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement
	<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) – Système musculosquelettique (os, articulations, muscles) <ul style="list-style-type: none"> • Fonction des os, articulations et muscles • Types de muscles • Types de mouvements articulaires 		
<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 style="text-align: center;">FONCTION DE REPRODUCTION</p> <p>Système reproducteur</p> <ul style="list-style-type: none"> – Division cellulaire <ul style="list-style-type: none"> • Mitose • Méiose – Diversité génétique – 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	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement
Caractéristiques générales de la Terre <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 	Lithosphère <ul style="list-style-type: none"> – Minéraux – Ressources énergétiques 		Lithosphère <ul style="list-style-type: none"> – Horizons du sol (profil) – Capacité tampon du sol – Contamination
Phénomènes géologiques et géophysiques <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 	Hydrosphère <ul style="list-style-type: none"> – Bassin versant – Ressources énergétiques 		Hydrosphère <ul style="list-style-type: none"> – Contamination – Eutrophisation
	Atmosphère <ul style="list-style-type: none"> – Masse d’air – Cyclone et anticyclone – Ressources énergétiques 		Atmosphère <ul style="list-style-type: none"> – Effet de serre – Circulation atmosphérique <ul style="list-style-type: none"> • Vents dominants – Contamination
Phénomènes astronomiques <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 	Sciences de l’espace <ul style="list-style-type: none"> – Flux d’énergie émis par le Soleil – Système Terre-Lune (effet gravitationnel) 		

UNIVERS TECHNOLOGIQUE

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	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement
	<p>Langage des lignes</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tracés géométriques – Formes de représentation (croquis, perspective et projection oblique) – Lignes de base – Échelles – Projections orthogonales (vues multiples et isométrie) – Projections axonométriques : vue éclatée (lecture) – Coupes et sections – Cotation et tolérances – Standards et représentations (schémas et symboles) 	<p>Langage des lignes</p> <ul style="list-style-type: none"> – Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble) – Cotation fonctionnelle – Développements (prisme, cylindre, pyramide, cône) – Standards et représentations (schémas, symboles) 	
<p>Ingénierie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Cahier des charges – Schéma de principe – Schéma de construction – Gamme de fabrication – Matière première – Matériau – Matériel 	<p>Ingénierie mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Liaisons types des pièces mécaniques – Fonctions types – Fonction, composantes et utilisation des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roues et vis sans fin) – Changements de vitesse – Fonction, composantes et utilisation des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère) 	<p>Ingénierie mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Adhérence et frottement entre les pièces – Liaisons des pièces mécaniques (degré 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, couple résistant, couple moteur – 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) 	
<p>Systèmes technologiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système (fonction globale, intrants, procédés, extrants, contrôle) – Composantes d'un système – Fonctions mécaniques élémentaires (liaison, guidage) – Transformations de l'énergie 	<p>Ingénierie électrique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fonction d'alimentation – Fonction de conduction, d'isolation et de protection – Fonctions de commandes types (levier, poussoir, bascule, commande magnétique) 	<p>Ingénierie électrique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fonction d'alimentation – Fonction de conduction, d'isolation et de protection (résistance et codification, circuit imprimé) – Fonctions de commandes types (unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel) – Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme) – Autres fonctions (condensateur, diode, transistor, relais semi-conducteur) 	

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	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement
<p>Forces et mouvements</p> <ul style="list-style-type: none"> – Types de mouvements – Effets d'une force – Machines simples – Mécanismes de transmission du mouvement – Mécanismes de transformation du mouvement 	<p>Matériaux</p> <ul style="list-style-type: none"> – Contraintes (traction, compression, torsion) – Propriétés mécaniques – Types et propriétés <ul style="list-style-type: none"> • Alliages à base de fer • Métaux et alliages non ferreux • Matières plastiques (thermoplastiques) • Bois et bois modifiés – Cellule (composantes de la cellule, membrane cellulaire, noyau, chromosomes, gènes) 		<p>Matériaux</p> <ul style="list-style-type: none"> – Contraintes (flexion, cisaillement) – Caractérisation des propriétés mécaniques – Traitements thermiques – Types et propriétés <ul style="list-style-type: none"> • Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables) • Céramiques • Matériaux composites – Modification des propriétés (dégradation, protection)
	<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"> • Ébauchage et finition • Caractéristiques du traçage – Mesures <ul style="list-style-type: none"> • Mesure directe (règle) 		<p>Fabrication</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fabrication <ul style="list-style-type: none"> • Caractéristiques du perçage, du taraudage et du filetage – Mesure et contrôle <ul style="list-style-type: none"> • Mesure directe (pied à coulisse) • Contrôle, forme et position (plan, section, angle)
	<p>Biotechnologie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Procédés <ul style="list-style-type: none"> • Pasteurisation • Fabrication du vaccin • Insémination artificielle • Culture cellulaire 		

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 science*, 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^o 3, décembre 1990, p. 195-218.

Éducation relative à l'environnement

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.

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

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