

Chimie



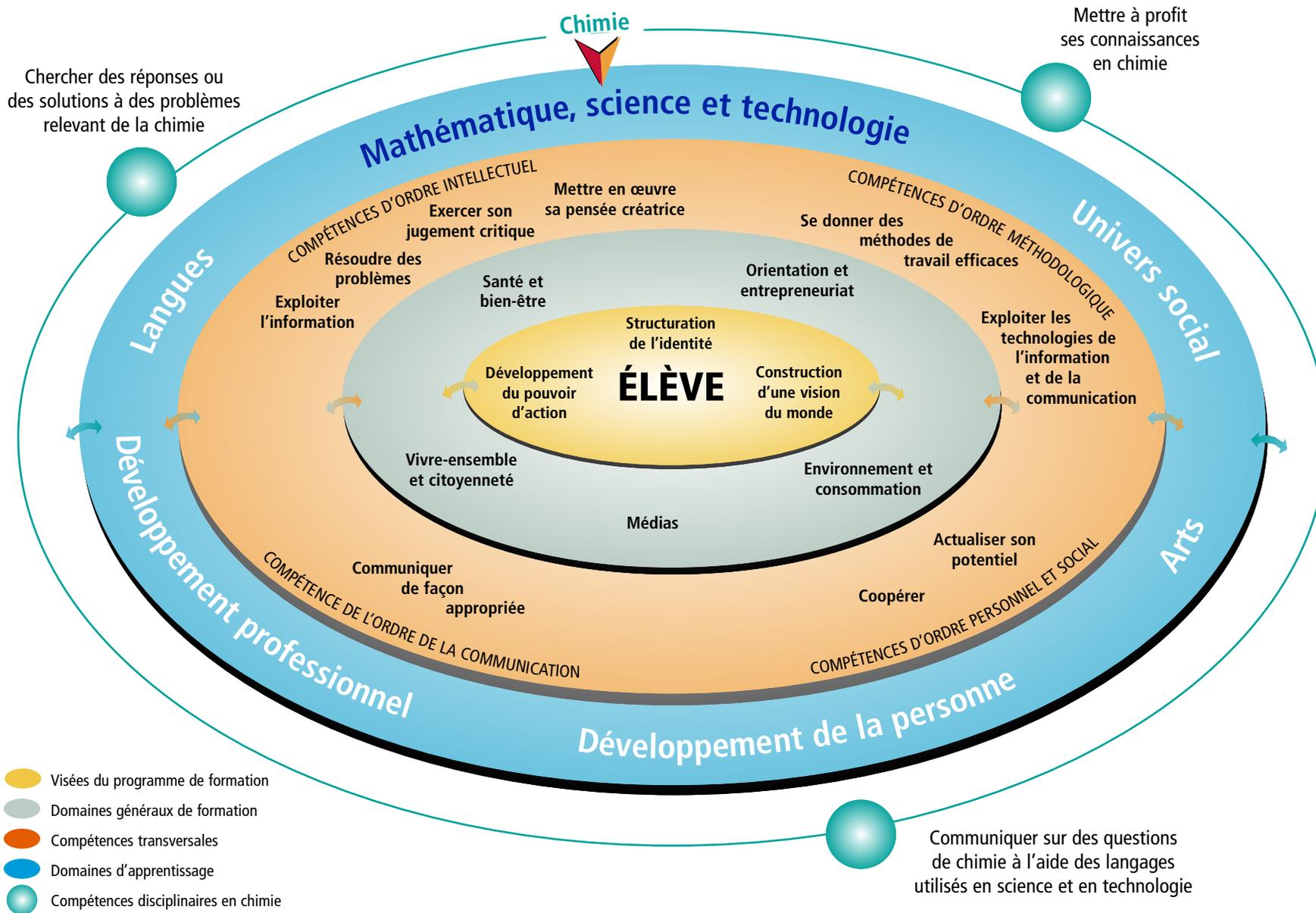
Table des matières

Chimie

Présentation de la discipline	1
La culture scientifique	1
Le programme	2
Relations entre le programme de chimie 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	11
Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie	12
Sens de la compétence	12
Compétence 1 et ses composantes	14
Critères d'évaluation	14
Attentes de fin de programme	14
Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances en chimie	15
Sens de la compétence	15
Compétence 2 et ses composantes	16
Critères d'évaluation	16
Attentes de fin de programme	16
Compétence 3 Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie ..	17
Sens de la compétence	17
Compétence 3 et ses composantes	19
Critères d'évaluation	19
Attentes de fin de programme	19

Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire ..	20
Concepts prescrits	20
Démarches, stratégies, attitudes et techniques	23
• Démarches	23
• Stratégies	25
• Attitudes	26
• Techniques	27
Annexes	
Annexe A – Contextualisation des apprentissages	28
Annexe B – Exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation	32
Annexe C – Répartition des concepts prescrits de l'univers matériel du premier et du deuxième cycle du secondaire	37
Bibliographie	45

Apport du programme de chimie au Programme de formation



Présentation de la discipline

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

La chimie est une science qui étudie la composition, les réactions et les propriétés de la matière. Elle est au carrefour de plusieurs disciplines.

La chimie étudie, entre autres, la composition, les réactions et les propriétés de la matière. Elle est au carrefour de plusieurs disciplines, telles la physique, la biologie et la science des matériaux. Elle a la particularité de créer de nouvelles substances aux propriétés spécifiques qu'elle caractérise et étudie. Elle utilise un langage fonctionnel pour décrire les espèces chimiques. Sa symbolique, de par sa force et sa portée, ne peut être ignorée.

Les inventions et les innovations qui appartiennent à la chimie, de même que celles qu'elle partage avec d'autres disciplines, sont des plus impressionnantes. Qu'il s'agisse de santé, d'alimentation, d'environnement, de nouveaux matériaux ou d'énergie, l'apport de la chimie dans la vie quotidienne est considérable.

L'émergence rapide des savoirs scientifiques, leur quantité, leur complexité et la prolifération de leurs applications¹ 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

1. Tel que présenté dans le programme d'applications technologiques et scientifiques, on entend par « application » une réalisation pratique, soit un objet technique, un système, un produit ou un procédé.

rapport aux acquis, de comprendre la portée et les limites du savoir et d'en saisir les retombées.

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. 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 à acquérir 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 les innovations 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 nous en avons. 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 notre 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.

Le programme

Le programme de chimie s'inscrit dans le prolongement des programmes du premier et du deuxième cycle du secondaire. Il vise à consolider et à enrichir la formation scientifique des élèves et constitue un préalable permettant d'accéder à plusieurs programmes préuniversitaires ou techniques offerts par les établissements d'enseignement collégial. Il se distingue par son contenu monodisciplinaire dont les concepts prescrits sont regroupés autour des concepts généraux suivants : les gaz, l'aspect énergétique des transformations, la vitesse de réaction et l'équilibre chimique. Le contenu de formation s'inscrit dans des contextes signifiants² qui peuvent nécessiter l'intégration de savoirs associés aux univers à l'étude dans les programmes de science et technologie antérieurs de même qu'à diverses disciplines, thématiques ou problématiques. À cet égard, une attention doit être portée au renforcement des liens entre la chimie et la mathématique.

Ce programme vise le développement des trois compétences suivantes :

- Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie;
- Mettre à profit ses connaissances en chimie;
- Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie.

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 notamment de la démarche expérimentale. Les élèves sont appelés à se poser des questions, à résoudre des problèmes et à trouver des solutions en observant, en modélisant, en mesurant ou en expérimentant.

2. L'annexe A présente, pour chacun des univers, certains concepts vus antérieurement ainsi que diverses pistes de contextualisation.

La deuxième compétence porte sur l'analyse de phénomènes ou d'applications. Les élèves sont ainsi amenés à examiner des phénomènes ou des applications et à s'approprier les concepts de chimie qui permettent de les comprendre et de les expliquer.

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

Les 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.

CONTRIBUTION DE L'APPRENTISSAGE DE LA CHIMIE À LA FORMATION DE L'ÉLÈVE

Aspect énergétique des transformations

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie

- Cerner un problème
- Élaborer un plan d'action
- Concrétiser le plan d'action
- Analyser les résultats

Mettre à profit ses connaissances en chimie

- Examiner un phénomène ou une application
- Comprendre des principes de chimie liés au phénomène ou à l'application
- Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la chimie

ÉLÈVE

Vision du monde Pouvoir d'action
Structuration de l'identité

Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

- Participer à des échanges d'information à caractère scientifique ou technologique
- Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique
- Produire et transmettre des messages à caractère scientifique ou technologique

Gaz
Équilibre chimique

Vitesse de réaction

De nombreuses relations peuvent être établies entre le programme de chimie 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, de même que le projet intégrateur.

Relations avec les domaines généraux de formation

Les divers contextes associés aux domaines généraux de formation trouvent un écho important dans les enjeux et les défis liés aux découvertes et aux inventions, plus particulièrement dans leurs répercussions sur la santé, le bien-être, l'environnement et l'économie.

Santé et bien-être

Les savoirs acquis en chimie aident à répondre à de nombreuses interrogations concernant le fonctionnement du corps, la santé, la sécurité ou le confort. L'étude des fondements théoriques de la chimie inorganique permet de se représenter certaines transformations qui se produisent dans la matière. La compréhension des réactions chimiques que peuvent provoquer dans le corps certains éléments de l'environnement avec lesquels il est mis en contact peut inciter à adopter un mode de vie sain et une alimentation équilibrée pour mieux répondre aux besoins de l'organisme. Lorsque cela s'avère nécessaire, cette connaissance est également utile pour l'adaptation de divers produits et molécules, tels des nettoyants corporels, des produits capillaires et certains traitements, aux spécificités biochimiques des individus.

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

Environnement et consommation

Les savoirs scientifiques et technologiques contribuent à sensibiliser les jeunes à des questions relatives à leur environnement, comme l'exploitation des ressources naturelles, les impacts de certaines réalisations humaines ou la gestion des déchets. Plusieurs avancées de la science ont entraîné des habitudes de consommation qui ont diverses conséquences environnementales. Une prise de conscience de ces effets nous amène à modifier nos comportements. L'emploi d'une solution d'acide acétique (vinaigre blanc) pour le nettoyage des vitres est un exemple parmi d'autres d'une utilisation responsable des ressources.

Médias

Que ce soit pour s'informer, apprendre ou communiquer, les élèves ont recours aux différents médias. 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. Les films, les journaux, la télévision et plusieurs médias électroniques traitent de sujets de nature scientifique ou technologique qui présentent de multiples liens possibles avec le quotidien des jeunes. Un solide bagage de connaissances scientifiques est souvent utile pour évaluer l'information. Ces ressources doivent être exploitées par l'enseignant. Il peut par ailleurs miser sur l'intérêt que portent les jeunes aux moyens de communication pour contextualiser les apprentissages et accroître leur motivation.

Orientation et entrepreneuriat

Les diverses activités que les élèves sont appelés à réaliser dans le cadre du programme de chimie sont autant d'occasions de les amener à mieux comprendre le travail qu'effectuent les personnes qui occupent un emploi dans ce secteur et à s'y intéresser pour leur orientation personnelle.

Les compétences propres à ce programme, de même que plusieurs des concepts, stratégies, techniques, attitudes et démarches qui les sous-tendent, s'avéreront utiles dans de nombreux secteurs d'emploi tels que les soins infirmiers, l'ingénierie et la criminologie. L'enseignant peut aider les élèves à en prendre conscience et mesurer leur intérêt pour ces secteurs et leur aptitude à s'engager dans des professions qui s'y rattachent. Une telle prise de conscience est particulièrement importante à la fin du secondaire, alors que les élèves sont appelés à préciser leur cheminement scolaire et professionnel.

Vivre-ensemble et citoyenneté

La culture scientifique et technologique que les élèves acquièrent graduellement se traduit par de nouvelles représentations de certains enjeux sociétaux, ce qui peut améliorer la qualité de leur participation à la vie de la classe, de l'école ou de la société dans son ensemble. Diverses activités, par exemple celles qui se rapportent à la manipulation sécuritaire des gaz, peuvent offrir des canevas de situations susceptibles de les aider à faire l'apprentissage d'une citoyenneté responsable.

Relations avec les compétences transversales

Les compétences disciplinaires offrent un ancrage privilégié pour le développement des compétences transversales et 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 chimie. Ainsi, la quête de réponses à des questions d'ordre scientifique exige des élèves qu'ils exploitent l'information de façon judicieuse et 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 réaliser un plan d'action pour résoudre un problème ou encore expliquer un phénomène ou une application représentent par ailleurs autant de façons de mettre en œuvre leur pensée créatrice.

La société actuelle n'est pas à l'abri 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 conventions associées à 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 la résolution de problèmes scientifiques et l'expérimentation favorise le développement de leur compétence à exploiter les technologies de l'information et de la communication.

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.

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

Avec le temps, ils apprennent à se faire confiance, ils tirent profit de leurs erreurs et ils explorent de nouveaux moyens d'actualiser leur potentiel.

La construction des savoirs scientifiques appelle par ailleurs à la coopération, puisqu'elle repose largement sur le partage d'idées ou de points de vue, sur la validation par les pairs ou par des experts et sur la collaboration à diverses activités de recherche et d'expérimentation ou de résolution de problèmes.

Compétence de l'ordre de la communication

L'appropriation de concepts et l'apprentissage des langages scientifiques et technologiques concourent à la capacité des élèves à communiquer de façon appropriée. Ils doivent non seulement découvrir graduellement les codes et les conventions propres à ces langages, mais aussi apprendre à les maîtriser et à en exploiter les divers usages.

La participation des élèves à une communauté virtuelle, par exemple le fait de se joindre à un forum de discussion ou à une visioconférence pour partager de l'information, échanger des données, consulter des experts en ligne, communiquer les résultats de leur démarche et les confronter à ceux de leurs pairs, constitue une façon de mettre à profit cette compétence.

Relations avec les autres disciplines

Dans une perspective de formation intégrée, il importe de ne pas dissocier les apprentissages réalisés en chimie de ceux qui sont effectués dans d'autres domaines d'apprentissage. Toute discipline se définit, en partie du moins, par le regard particulier qu'elle porte sur le monde. La chimie 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. D'une part, elle présente un ensemble de savoirs dans lequel la science puise abondamment. Ainsi, les élèves qui entreprennent une

démarche scientifique au cours de la cinquième année du secondaire ne sont plus seulement 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, mais également à élaborer des argumentations ou des démonstrations formelles. La mathématique est souvent d'une grande utilité dans l'élaboration ou la construction de modèles visant à rendre compte des relations qui existent entre certaines variables déterminantes. Elle est aussi utilisée dans la résolution de problèmes, tant sur le plan expérimental que sur le plan théorique. De plus, le vocabulaire, le graphisme, la notation et les symboles auxquels elle recourt constituent un langage rigoureux dont tire profit la science.

D'autre part, la mathématique fait appel à des compétences axées sur le raisonnement, la résolution de problèmes et la communication, lesquelles présentent une parenté avec les compétences qui sont au cœur du présent programme. Leur exercice conjoint ne peut que favoriser leur transfert et s'avère particulièrement propice au développement de la capacité d'abstraction et des stratégies de résolution de problèmes. La chimie contribue en outre à rendre concrets certains savoirs mathématiques, comme la notion de variable, les relations de proportionnalité et diverses fonctions.

Domaine des langues

Les disciplines du domaine des langues fournissent des outils essentiels au développement des compétences ciblées par ce programme. 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 essentielles pour interpréter des informations de manière pertinente, décrire ou expliquer un phénomène et justifier certains choix méthodologiques. De son côté, le vocabulaire scientifique, très varié et souvent inédit, contribue à l'enrichissement de la langue. Soulignons enfin l'étroite relation entre la capacité d'analyser ou de produire des textes, à l'oral ou à l'écrit, et la compétence *Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*.

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.

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

Domaine de l'univers social

L'étude des avancées de la science et de la technologie peut éclairer notre compréhension de certains enjeux du monde contemporain. Ceux-ci s'inscrivent dans un contexte historique et dans des réalités sociales particulières qui exigent parfois de recourir à des connaissances relevant de la chimie. En retour, la compréhension de ces enjeux remet en contexte les progrès de la chimie et les recherches actuelles. Pensons, par exemple, aux pressions économiques, politiques et environnementales qui peuvent orienter la recherche de nouveaux carburants.

Domaine des arts

La chimie tire notamment 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 programmes du domaine des arts. C'est le cas, entre autres, de la résolution de problèmes, qui fait appel à la créativité.

La chimie apporte en retour sa propre contribution à ces disciplines. Par exemple, l'amélioration des techniques d'utilisation des matériaux en arts plastiques découle d'une meilleure connaissance de leurs caractéristiques.

Domaine du développement de la personne

Certaines connaissances acquises dans le cours de chimie peuvent être réinvesties dans l'analyse de questions débattues en éthique et culture religieuse. Par exemple, la connaissance de la réactivité de certaines substances entre elles peut alimenter la prise de position quant à leur utilisation possible.

Des liens intéressants peuvent aussi être tissés avec le programme d'éducation physique et à la santé. Ainsi, les connaissances en chimie aident à mieux comprendre les effets de certaines molécules sur le corps et sur les performances sportives. Par ailleurs, certaines activités physiques, telle la plongée sous-marine, rendent significatifs les contenus relatifs aux propriétés des gaz.

Projet intégrateur

Tous les élèves de cinquième secondaire sont désormais invités à s'engager dans la réalisation d'un projet personnel permettant d'effectuer une intégration significative de certains des acquis accumulés au cours de leur cheminement scolaire. Des projets rattachés au domaine de la chimie, dont certains pourraient éventuellement être présentés dans le cadre d'une expo-sciences, constituent une occasion privilégiée pour un jeune de prolonger et d'approfondir une interrogation ayant suscité sa curiosité dans le cours de chimie.

Le présent programme 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 une meilleure prise sur les réalités du XXI^e siècle.

Contexte pédagogique

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

Rôle de l'enseignant

L'enseignant joue un rôle fondamental dans le développement des compétences chez les élèves. L'accompagnement qu'il leur offre doit porter sur les trois caractéristiques des compétences : la mobilisation en contexte, la disponibilité des ressources et le retour réflexif. Il doit leur proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation qui favorisent le développement des compétences visées, soutenir la progression de leurs apprentissages et évaluer le niveau qu'ils ont atteint dans le développement de ces compétences³.

Proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation qui favorisent le développement des compétences

Le développement de compétences par les élèves induit le recours à une *pédagogie des situations*. C'est en effet à travers des situations d'apprentissage et d'évaluation diversifiées et signifiantes, dont la complexité augmentera à mesure que progresseront leurs apprentissages, que les élèves seront amenés à établir des liens entre ce qu'ils savent et ce qu'il leur faut apprendre et qu'ils pourront développer leurs compétences.

3. À ce sujet, on lira avec profit la section *Des pratiques renouvelées* du chapitre 1 du Programme de formation de l'école québécoise, enseignement secondaire, deuxième cycle (p. 17 à 22).

4. L'annexe B présente des exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation. Ces situations permettent parfois d'établir des liens avec les intentions éducatives des domaines généraux de formation de même qu'avec des apprentissages visés par d'autres disciplines. Elles rendent également possible l'exercice de compétences aussi bien disciplinaires que transversales.

Des situations complexes et diversifiées⁴

Les compétences se manifestent et se développent dans des situations d'apprentissage et d'évaluation d'une certaine complexité. De telles situations sont caractérisées par le fait qu'elles sollicitent au moins une compétence dans son ensemble, qu'elles exigent la mobilisation de ressources internes et externes ainsi que l'acquisition de connaissances nouvelles, qu'elles donnent lieu à une production et qu'elles placent les élèves devant un problème ouvert et non résolu auparavant. Elles sont généralement constituées d'un ensemble d'activités variées, allant de la libre exploration à des tâches impliquant un but à atteindre ou des problèmes à résoudre qui obligent à surmonter des obstacles. Certaines activités peuvent inclure des exercices d'application ou de consolidation.

Dans les activités qu'il proposera, l'enseignant veillera à ce que l'expérimentation consiste le plus souvent à valider ou à invalider une hypothèse ou une proposition que les élèves auront eux-mêmes formulée. Cela leur permettra d'établir des liens entre leurs connaissances antérieures et ce qu'ils apprennent, de même qu'entre la théorie et la pratique. Il les amènera, dans la mesure du possible, à préparer eux-mêmes les expériences à effectuer, de façon à s'en faire un modèle qui débouche sur l'écriture d'un protocole expérimental. Dans certains cas, l'enseignant pourra réaliser lui-même une expérience à titre de démonstration.

La participation active des élèves est indispensable dans toute activité de résolution de problèmes. L'enseignant s'assurera de leur faire comprendre que la phase déterminante de la résolution d'un problème est toujours sa représentation. Celle-ci doit être effectuée par les élèves et se poursuivre tout au long de l'élaboration de la solution. Il s'agit de les amener à construire un modèle du problème, si rudimentaire soit-il, et à l'ajuster et le compléter jusqu'à ce que la solution apparaisse. L'élaboration de la solution est ainsi étroitement liée à la représentation.

Il est à noter que les situations d'apprentissage et d'évaluation favorisent davantage le développement des compétences lorsqu'elles sont ouvertes. Des situations ouvertes présentent des données de départ susceptibles de mener à différentes pistes de solution. Les données initiales, tout en étant parfois complètes, sont le plus souvent implicites et peuvent même faire défaut ou être superflues. Elles exigent donc de la part des élèves une recherche qui pourra déboucher sur de nouveaux apprentissages.

Quelle que soit l'activité prévue, le retour réflexif constitue un passage obligé, en particulier lors des activités de résolution de problèmes organisées autour de situations complexes. Une attention particulière sera portée au soutien que peut constituer, pour l'élève placé devant un défi, la prise de notes. Celles-ci lui permettent de marquer les étapes de sa réflexion et de sa progression vers la solution et d'utiliser des résultats partiels comme des données. Elles constituent des aide-mémoire irremplaçables pour la résolution des problèmes, indépendamment du fait qu'elles peuvent éventuellement servir à évaluer le développement des compétences.

Des situations signifiantes

Les situations d'apprentissage et d'évaluation doivent être porteuses de sens pour les élèves. Pour cela, elles doivent susciter leur intérêt et leur poser des défis à leur portée tout en leur permettant de percevoir l'utilité des savoirs en cause.

Le contexte dans lequel s'inscrit une situation peut découler des domaines généraux de formation, des repères culturels, des réalités concrètes de la vie des élèves, de questions tirées de l'actualité ou d'objets conceptuels et matériels associés à la science et à la technologie. De tels contextes sont susceptibles de réactiver des acquis (savoirs scientifiques, technologiques ou mathématiques et expériences antérieures). Dans ce programme, la contextualisation favorise la construction des concepts de chimie tout en permettant l'établissement de liens avec les univers étudiés antérieurement.

Les activités dont la situation est constituée, qu'il s'agisse de stratégies répétitives, d'exercices, de tâches finalisées, d'expérimentations ou de résolution de problèmes, sont fonction des intentions pédagogiques de

l'enseignant et de l'état de développement des compétences des élèves. Elles doivent s'inscrire dans un contexte qui donne du sens aux apprentissages visés. Il appartient à l'enseignant de s'assurer que le contexte demeure présent à l'esprit des élèves sans toutefois les submerger par une trop grande quantité d'informations.

Les ressources pouvant être mises à profit

En chimie comme dans toutes les autres disciplines, l'exercice des compétences repose sur la mobilisation de ressources internes ou externes de plusieurs types : personnelles, informationnelles, matérielles, institutionnelles et humaines. Les ressources personnelles correspondent aux connaissances, aux habiletés, aux stratégies, aux attitudes, aux techniques ou aux démarches. Certains éléments de contenu du programme de mathématique font partie intégrante des outils conceptuels indispensables à la construction des connaissances en chimie. Leur exploitation favorise le développement de la capacité d'abstraction nécessaire pour l'élaboration ou l'analyse de modèles formels issus notamment du travail du scientifique.

Les ressources informationnelles comprennent les manuels et documents divers ou tout autre élément pertinent pour la recherche d'information. La catégorie des ressources matérielles comporte notamment les instruments, les outils et les machines. Des 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, avec les techniciens en travaux pratiques, les ressources humaines les plus immédiatement accessibles aux élèves. Bien qu'ils assument des fonctions différentes, ils sont indispensables sur plusieurs plans, dont celui de la sécurité. Leur apport peut être complété par celui d'enseignants d'autres disciplines, de membres du personnel scolaire, de parents ou d'experts dans un secteur particulier désireux de contribuer aux apprentissages scolaires.

Dans ce programme, la contextualisation favorise la construction des concepts de chimie tout en permettant l'établissement de liens avec les univers étudiés antérieurement.

Soutenir la progression des apprentissages

Un autre aspect de la tâche de l'enseignant est de soutenir ses élèves dans le développement de leurs compétences et, par le fait même, dans l'acquisition de connaissances. Pour cela, il doit baliser leur cheminement en tenant compte de la compétence ou de la démarche auxquelles il veut les amener à travailler plus particulièrement (par exemple, la construction d'un modèle, la formulation d'une première explication, le recours au concept de variable, l'application de la notion de mesure, la représentation des résultats). Il peut également choisir de favoriser l'exercice des trois compétences en interrelation tout en mettant l'accent sur l'une ou l'autre d'entre elles.

Il importe que l'enseignant adapte la tâche au niveau de compétence des élèves, leur donne des explications au besoin, réponde à leurs questions, propose des pistes de solution, encadre de manière plus soutenue ceux qui sont moins autonomes et s'assure du respect des règles de sécurité en laboratoire ou en atelier. Il lui revient aussi d'interagir avec ses élèves et d'assurer une interaction entre eux. Il pourra à cette fin leur demander des explications ou des exemples et susciter leur questionnement en leur proposant des contre-exemples pour relancer la discussion. Différentes stratégies pédagogiques, telles que l'approche par problèmes, l'étude de cas, la controverse ou le projet, peuvent en outre favoriser l'adoption par les élèves d'une approche réflexive, dans la mesure où elles les amènent à se poser des questions et à prendre du recul par rapport à leur démarche.

L'enseignant doit offrir un encadrement souple aux élèves. Il s'assure qu'ils ne sont pas submergés par la quantité d'informations à traiter et les soutient autant dans la sélection de données pertinentes pour l'accomplissement de la tâche ou la résolution du problème que dans la recherche de nouvelles données. Il doit aussi les inciter à la rigueur ainsi que contrôler et valider leurs productions. Il veille à ce que ses interventions n'invalident pas leurs efforts. Il explique les causes des erreurs qu'il identifie et s'assure que chacun puisse apprendre à en tirer profit.

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 compétences

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 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 et d'évaluation nombreuses et variées, et leur présenter, pour chaque situation, des outils d'observation, d'évaluation ou de consignation. Lorsqu'il élabore ces situations et ces outils, il doit s'appuyer sur les critères d'évaluation énoncés pour la ou les compétences concernées. Il pourra ainsi se donner des indicateurs auxquels rattacher des comportements observables lui permettant 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 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, ce qui permet ensuite de faire le point sur les réussites et les difficultés de chacun, de revenir avec les élèves 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 le 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 fixées pour chacune des trois compétences. Il devra également utiliser les échelles des niveaux de compétence élaborées pour ce programme.

Rôle de l'élève

Bien que le dispositif pédagogique soit proposé par l'enseignant, il est important que les élèves s'y engagent pleinement. Eux seuls peuvent en effet établir les liens nécessaires entre leurs connaissances antérieures et les nouveaux concepts à intégrer. C'est à eux qu'il revient d'adapter leurs connaissances aux concepts à apprendre et les concepts à apprendre aux connaissances qu'ils utilisent déjà.

Seuls les élèves peuvent établir les liens nécessaires entre leurs connaissances antérieures et les nouveaux concepts à intégrer.

À l'aide de situations qui suscitent leur intérêt et confèrent à l'activité autonome un rôle déterminant, les élèves sont amenés à agir, à raisonner, à discuter et à faire appel à leur jugement critique. Cela exige d'eux qu'ils adoptent des attitudes telles que l'esprit d'initiative, la créativité, l'autonomie et la 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 et les musées leur permettent de s'ouvrir au monde extérieur et de considérer différents points de vue.

Il est important que les élèves soient en mesure de recourir aux techniques appropriées quand ils procèdent à des manipulations. S'ils utilisent des instruments de vérification ou de contrôle, ils doivent tenir compte des incertitudes liées aux mesures, qu'elles soient attribuables à l'instrument, à l'utilisateur ou à l'environnement. Ils doivent indiquer les mesures en utilisant un nombre adéquat de chiffres significatifs et analyser leurs résultats en s'appuyant sur les erreurs qui leur sont associées. En tout temps, ils doivent appliquer les normes de sécurité établies et faire preuve de prudence lors des manipulations. Dans le doute, ils feront 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.

Sens de la compétence

Tout comme les autres disciplines scientifiques, la chimie se caractérise par la rigueur de ses démarches de résolution de problèmes. Dans tous les cas, les problèmes comportent des données initiales, un but à atteindre ainsi que des spécifications servant à en préciser la nature, le sens et l'étendue. Le fait de chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie implique le recours à divers modes de raisonnement ainsi qu'aux démarches associées à cette discipline. Celles-ci font appel à des stratégies d'exploration ou d'analyse et nécessitent créativité, méthode et persévérance. Apprendre à recourir à ces démarches et à les articuler avec pertinence permet de mieux comprendre la nature de l'activité scientifique. Cette compétence suppose donc que l'on propose aux élèves des situations d'apprentissage et d'évaluation qui dépassent la simple application de formules connues.

Les programmes de base et les programmes optionnels de science et technologie des deux premières années du deuxième cycle du secondaire comportent des démarches à caractère scientifique ou technologique. Les élèves apprennent graduellement à intégrer plusieurs de ces démarches au sein d'une même recherche de réponses ou de solutions à des problèmes. On accorde une plus grande importance qu'auparavant aux aspects quantitatifs et au formalisme mathématique, qui s'ajoutent aux considérations qualitatives.

Au cours de la cinquième année du secondaire, la science est au cœur des préoccupations et seules les démarches à caractère scientifique sont retenues. La formalisation logique et mathématique prend une place de plus en plus importante. Rarement simples, ces problèmes soulèvent de nombreuses questions qui peuvent être regroupées en sous-problèmes, chacun renvoyant à des principes et à des démarches scientifiques.

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 développée, pourra exiger plusieurs ajustements ultérieurs. En effet, des apprentissages nouveaux, le recours à des informations ou à des connaissances antérieures qui n'avaient pas encore été prises en compte, des échanges d'idées avec les pairs ou l'enseignant, des résultats expérimentaux imprévus, une réorganisation des informations et des connaissances 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 juste soit élaborée dès le départ grâce à un solide bagage de connaissances spécifiques. Sur la base de la représentation du problème, des possibilités de résolution peuvent ensuite être envisagées. Après la sélection de l'une d'entre elles, un plan d'action est élaboré en tenant 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 d'action, on prend soin de consigner toutes les observations pouvant être utiles. Lorsqu'une mesure est effectuée, l'incertitude qui lui est associée est prise en compte. 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, qui a trait notamment à l'organisation, à la classification, à la sériation, à la comparaison et à l'interprétation des résultats obtenus au cours du processus de résolution du problème. Elle consiste à repérer les tendances et les relations significatives qui les caractérisent, les relations qui s'établissent entre les résultats, entre les résultats et les données initiales ou entre les résultats et les concepts scientifiques. Cette mise en relation permet de formaliser le problème, de valider ou d'invalider l'hypothèse et de tirer une conclusion.

La recherche de réponses ou de solutions à des problèmes relevant de la chimie repose sur un processus dynamique et non linéaire.

Au cours de l'analyse des résultats, il importe de tenir compte des incertitudes⁵ liées aux mesures. L'interprétation de l'erreur⁶ permet de juger de l'exactitude du résultat. S'il y a lieu, une recherche des sources probables d'erreurs peut ensuite être effectuée.

À tout moment du processus de résolution du problème, 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. Ce processus de résolution de problèmes, aussi rigoureux soit-il, implique une recherche et peut faire appel au tâtonnement. Il s'accompagne d'une prise de conscience et d'une réflexion sur les actions, de même que d'un questionnement visant à valider le travail en cours et à faire 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.

La recherche de réponses ou de solutions à des problèmes relevant de la chimie repose donc sur un processus dynamique et non linéaire. Cela exige de circuler entre les différentes phases de la résolution d'un problème et de mobiliser 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.

Cette compétence est indissociable des deux autres et ne saurait se développer isolément. Ainsi, la recherche de solutions à des problèmes relevant de la chimie 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 ne peut se développer sans la maîtrise de stratégies de l'ordre de la communication. En effet, la résolution de problèmes de chimie amène les élèves à participer à des échanges d'information, à interpréter, à produire et à transmettre des messages. Le processus de validation par les pairs est incontournable, tout comme la compréhension et l'utilisation d'un langage partagé par les membres de la communauté scientifique.

5. L'incertitude (absolue ou relative) est une plage de valeurs associée au résultat d'un mesurage.

6. L'erreur est la différence entre les valeurs observées et la valeur conventionnellement admise.

Cerner un problème

Considérer le contexte de la situation • Se donner une représentation du problème • Identifier les données initiales • Déterminer les éléments qui semblent pertinents et les relations qui les unissent • Reformuler le problème en faisant appel à des concepts de chimie • Formuler des questions, des explications ou des hypothèses

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 relevant de la chimie

Concrétiser le plan d'action

Mettre en œuvre les étapes planifiées • Faire appel aux ressources appropriées • Procéder aux manipulations ou aux opérations requises • Recueillir des données ou toute observation pouvant être utiles • Apporter, si 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, si cela est pertinent • Établir des liens entre les résultats et les concepts de chimie • Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée • S'interroger sur sa démarche • Proposer des améliorations, si nécessaire • Tirer des conclusions

Critères d'évaluation

- Représentation adéquate du problème
- Élaboration d'un plan d'action pertinent
- 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 chez 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 établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport pour la science et la technologie.

À la fin de ce programme, l'élève est en mesure de mettre en œuvre un processus de résolution de problèmes pratiques relevant de la chimie. Il s'approprie le problème à résoudre à partir des données initiales fournies dans la situation et les met en relation. Il dégage le but à atteindre ainsi que les conditions à respecter pour résoudre le problème. Il le reformule en faisant appel à des concepts de cette discipline. Il formule des questions, des explications ou des hypothèses vraisemblables, qu'il est en mesure de justifier.

L'élève propose une piste de résolution du problème. Il élabore son plan d'action en sélectionnant les démarches qui lui permettront d'atteindre son but. Il contrôle avec rigueur les variables importantes. Il choisit les outils conceptuels et le matériel pertinents.

Il concrétise son plan d'action en travaillant de façon sécuritaire et il l'ajuste au besoin. Il recueille des données en utilisant correctement le matériel choisi. Il tient compte de la précision des outils ou de l'équipement utilisés.

Il analyse les données recueillies et tire des conclusions ou des explications pertinentes. Lors de la présentation de ses résultats, il s'assure d'utiliser adéquatement les chiffres significatifs accompagnés de l'incertitude qui s'y rattache. S'il y a lieu, il juge de l'exactitude de son résultat en fonction de l'écart qu'il observe avec une valeur conventionnellement admise.

Il énonce, s'il y a lieu, de nouvelles hypothèses ou propose des améliorations à sa solution ou de nouvelles solutions. Il est en mesure d'expliquer les étapes de son cheminement et son utilisation des ressources. Il a recours, si cela est nécessaire, aux technologies de l'information et de la communication.

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

Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances en chimie

Sens de la compétence

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 cours des deux premières années du deuxième cycle, cette mise à profit se fait dans le cadre de problématiques (programmes *Science et technologie*, *Science et technologie de l'environnement* et *Science et environnement*) ou d'applications liées à des champs technologiques (programme *Applications technologiques et scientifiques*). Au cours de la cinquième année du secondaire, la mise à profit des connaissances scientifiques est orientée vers l'analyse de phénomènes ou d'applications.

Dans ce programme, les élèves sont invités à examiner, à comprendre et à expliquer des phénomènes ou des applications en faisant appel à des concepts de chimie. Il importe de préciser que, dans le cas d'une application, ils ne s'intéressent ni aux aspects ni aux concepts technologiques, mais bien aux principes scientifiques sous-jacents à son fonctionnement. Une analyse technologique sommaire peut être pertinente à la condition qu'elle mette en évidence et permette de comprendre les principes scientifiques liés à l'application.

Pour développer cette compétence, les élèves doivent d'abord situer un phénomène ou une application dans son contexte. Ils en considèrent les dimensions importantes (sociale, historique, environnementale, économique, politique, éthique ou technologique). Ce sera l'occasion pour eux de réactiver certains concepts scientifiques ou technologiques construits antérieurement. Afin de se donner une première représentation du phénomène ou de l'application qu'ils examinent, ils doivent rechercher les informations utiles et déterminer les éléments qui semblent les plus pertinents, ainsi que les relations que l'on peut établir entre eux.

Cette compétence implique que les élèves examinent, comprennent et expliquent des phénomènes ou des applications en faisant appel à des concepts de chimie.

Sous l'angle de la chimie, la compréhension d'un phénomène ou d'une application exige de reconnaître des principes qui se rapportent à cette discipline. Cette reconnaissance consiste en une description qualitative et souvent quantitative de ces principes qui mènera généralement à l'exploration et à la construction des divers concepts, lois ou modèles qui les sous-tendent. On ne saurait toutefois se limiter ici à la simple maîtrise d'un formalisme mathématique ou à l'exécution d'une recette. Il importe en effet que les élèves associent d'abord et maîtrisent ensuite les concepts fondamentaux nécessaires à la compréhension des principes qui permettent d'expliquer des phénomènes ou des applications sous un angle scientifique. Les démarches empirique, d'analyse, d'observation et de modélisation

constituent également des ressources dont ils peuvent tirer profit pour comprendre des principes de chimie. Comme un même principe peut intervenir dans plusieurs phénomènes ou applications, les élèves pourront aussi être appelés, si la situation le permet, à transposer l'explication proposée dans d'autres contextes.

Des retours réflexifs doivent être effectués à tout moment du processus d'explication du phénomène ou de l'application à l'étude, car ils favorisent une meilleure articulation des démarches et des stratégies mises en œuvre. De plus, il importe que ce travail métacognitif porte aussi sur l'utilisation et l'adaptation des ressources conceptuelles et des techniques aux exigences des différents contextes.

Cette compétence fait 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 des langages scientifiques et technologiques.

Examiner un phénomène ou une application

Considérer les éléments du contexte • Identifier les données initiales
• Déterminer les éléments qui semblent pertinents et les relations qui les unissent • Se donner une représentation du phénomène ou de l'application

Comprendre des principes de chimie liés au phénomène ou à l'application

Reconnaître des principes de chimie • 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 en chimie

Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la chimie

Associer au phénomène ou à l'application les principes mis en évidence
• Élaborer une explication • S'interroger sur sa démarche • Transposer l'explication proposée dans d'autres contextes, s'il y a lieu

Critères d'évaluation

- Formulation d'un questionnement approprié
- Utilisation pertinente des concepts, des lois et des modèles de la chimie
- Production d'explications pertinentes
- Justification adéquate des explications

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence chez 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 établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport pour la science et la technologie.

À la fin de ce programme, l'élève examine des applications ou des phénomènes courants à l'intérieur de leur contexte. Il est en mesure de les comprendre ou de les expliquer en faisant appel à des principes de chimie de même qu'aux démarches, aux techniques et aux stratégies appropriées.

Lorsque l'élève analyse une situation du point de vue de la chimie, il circonscrit le phénomène et en dégage les composantes scientifiques, de manière à s'en donner une première représentation qui tient compte des données initiales pertinentes.

Il émet des explications provisoires qu'il développe en prenant appui sur des concepts, des lois et des modèles de la science. Dans le cas d'une application, il peut la manipuler et la démonter au besoin afin d'en saisir les principaux sous-ensembles, de comprendre les interactions de ses constituantes et de mettre ainsi en évidence, à partir de son fonctionnement, les concepts ou principes scientifiques autour desquels elle s'articule.

L'élève produit une explication scientifique liée à un phénomène ou à une application. Il la justifie, entre autres à l'aide du formalisme mathématique. Lors de la présentation de ses résultats, il s'assure d'utiliser adéquatement les chiffres significatifs accompagnés de l'incertitude qui s'y rattache. Il est en mesure d'expliquer son cheminement ainsi que son utilisation des ressources. Il est aussi en mesure de transférer son explication à d'autres phénomènes ou applications qui font intervenir les mêmes principes de chimie.

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

Sens de la compétence

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

Dans ce programme, les élèves sont invités à communiquer sur des questions de chimie à l'aide du langage approprié. Ils doivent savoir recourir aux normes et aux conventions utilisées en science et en technologie lorsqu'ils participent à des échanges sur des questions d'ordre scientifique ou technologique ou qu'ils interprètent ou produisent des informations de cette nature. Il importe également qu'ils apprennent à respecter la propriété intellectuelle des personnes dont ils reprennent les idées ou les résultats. Une importance toute particulière doit être accordée à l'interprétation, sans négliger pour autant la participation à des échanges ou la production de messages.

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

rédaction d'une fiche technique. Particulièrement utiles pour aider les élèves à préciser leurs représentations et à valider un point de vue en le confrontant à ceux des autres, ces situations doivent aussi viser l'adoption d'une attitude d'ouverture et de réceptivité à l'égard de la diversité des connaissances, des points de vue et des approches. Une attention particulière doit être portée au fait que certains termes n'ont pas la même signification dans le langage courant et dans le langage spécifique de la science ou de la technologie. Le sens des concepts peut également différer selon le contexte disciplinaire dans lequel ils sont utilisés. La prise en compte du contexte de la situation de communication s'avère donc indispensable pour déterminer les enjeux de l'échange et adapter son comportement en conséquence.

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

L'interprétation, qui représente une autre composante importante de la compétence, intervient tout autant dans la lecture d'un article scientifique ou technique que dans l'écoute d'un exposé oral, dans la compréhension d'un rapport de laboratoire ou dans l'utilisation d'un cahier des charges, d'un dossier technique ou d'un plan. Toutes ces activités exigent des élèves qu'ils saisissent le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés et qu'ils donnent la signification exacte d'un graphique,

d'un schéma ou d'un dessin de détail. Ils doivent aussi établir des liens explicites entre les concepts comme tels et leur représentation graphique ou symbolique. Lorsqu'ils s'adonnent à une activité d'écoute ou qu'ils consultent des documents, il leur faut en outre vérifier la crédibilité des sources et sélectionner les informations qui leur semblent pertinentes.

En chimie, la production de messages à caractère scientifique ou technologique est également un aspect important de cette compétence puisque les situations peuvent exiger des élèves qu'ils élaborent un protocole de recherche, rédigent un rapport de laboratoire, préparent un dossier technique, résument un texte, représentent les détails d'une pièce ou fassent

un exposé. La prise en compte du destinataire ou des particularités du public ciblé constitue un passage obligé pour la délimitation du contexte de ces productions. Cela demande que les élèves déterminent un niveau d'élaboration accessible au public ciblé, structurent le message en conséquence et choisissent des formes et des modes de représentation appropriés à la communication. Le souci de bien utiliser les concepts, les formalismes, les symboles, les graphiques, les schémas et les dessins contribue à donner de la clarté, de la cohérence et de la rigueur au message. Dans ce type de communication, le recours aux technologies de l'information et de la communication peut s'avérer utile ou offrir un enrichissement substantiel.

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

Cette compétence ne saurait être mobilisée indépendamment des deux autres, dont elle vient renforcer le développement. La première compétence, axée sur la résolution de problèmes relevant de la chimie, fait appel à des normes et à des conventions, et ce, tant pour l'élaboration d'un protocole de recherche ou d'un scénario de réalisation que pour l'explication de lois et de principes ou la présentation de résultats expérimentaux. Tableaux, symboles, graphiques, schémas, dessins de détail ou d'ensemble, maquettes, équations mathématiques et modèles sont autant de modes de présentation qui peuvent soutenir la communication, mais qui nécessitent de respecter les règles d'usage propres à la science, à la technologie et à la mathématique.

La deuxième compétence, qui vise la mise à profit des concepts scientifiques de chimie, exige 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 ou aux applications qui les concrétisent.

Compétence 3 et ses composantes

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

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

Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique

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

Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Produire et transmettre des messages à caractère scientifique ou technologique

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

Critères d'évaluation

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

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence chez 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 établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport pour la science et la technologie.

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 ou technologique sur des questions de chimie.

Lorsqu'il interprète un message, il a recours au langage associé à cette discipline. 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 des mots, des concepts et des 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 pour une interprétation juste du message. L'élève 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 les outils nécessaires, dont les technologies de l'information et de la communication, qui l'aident à bien livrer son message. En tout temps, il adapte son message à ses interlocuteurs. Il est en mesure d'explicitement, en langage courant, le sens du message qu'il produit ou qu'il a interprété.

Quand la situation l'exige, l'élève confronte ses idées avec celles de ses interlocuteurs. Il défend alors ses idées, mais s'ajuste également 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.

Tout comme les autres programmes de science et technologie, le programme de chimie vise la consolidation et l'enrichissement de la culture scientifique et technologique des élèves. À cette intention s'ajoutent celle de former des utilisateurs de la science conscients de ses implications pour les individus, la société et l'environnement, et celle de préparer un certain nombre d'élèves à des carrières scientifiques et technologiques.

Les ressources à construire dans le cadre de ce programme s'ajoutent à celles des programmes de science et technologie antérieurs pour permettre une élaboration conceptuelle plus spécialisée dans des contextes toujours plus diversifiés associés aux univers matériel, vivant et technologique ainsi qu'à celui de la Terre et de l'espace. Les pistes de contextualisation présentées en annexe constituent des lieux d'intégration privilégiés pour le développement des compétences et la construction des ressources ciblées.

Les ressources sont présentées ici en deux parties. La première est consacrée aux concepts prescrits et la seconde, aux démarches, aux stratégies et aux attitudes à acquérir ainsi qu'aux 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 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 fondamental.

Il est à noter que, dans ce programme, le niveau attendu pour ce qui est de l'élaboration des concepts et du développement des compétences exige le recours à divers concepts de la mathématique, notamment les équations du premier et du second degré ainsi que les fonctions polynomiales, exponentielles et logarithmiques. Ces concepts sont abordés dans les programmes de mathématique des années antérieures ou dans chacune des séquences mathématiques.

Concepts prescrits⁷

Les concepts prescrits sont regroupés autour de concepts généraux se rapportant aux gaz, à l'aspect énergétique des transformations, à la vitesse de réaction et à l'équilibre chimique. Ils sont présentés dans un tableau à deux colonnes. Dans la première colonne figurent les concepts généraux ainsi que les orientations qui précisent et contextualisent 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 les limites à donner à leur étude. La deuxième colonne présente une liste non limitative des concepts prescrits. Il est en effet souhaitable que la richesse des situations d'apprentissage et d'évaluation permette de dépasser les exigences minimales.

Par la suite est présenté un tableau de repères culturels. 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, historique, 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.

7. L'annexe C présente un tableau synthèse de l'ensemble des concepts prescrits de l'univers matériel, de la première à la cinquième année du secondaire.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Gaz</p> <p>L'utilisation répandue des gaz dans de nombreux domaines de l'activité humaine justifie l'étude de la réactivité de certaines substances gazeuses. Cela nous renseigne, entre autres, sur leur utilisation possible et sur la manière de les manipuler en toute sécurité.</p> <p>Les similitudes observées dans le comportement des gaz (compressibilité, expansion, diffusion, forme et volume indéfinis, etc.) ont conduit à l'élaboration de la théorie cinétique moléculaire. Au début du deuxième cycle, l'étude des gaz portait sur la relation entre la pression et le volume. Elle se poursuit dans ce programme avec la loi générale des gaz et la loi des gaz parfaits. L'utilisation de la loi de Dalton, aussi appelée « loi des pressions partielles », s'avère pertinente dans l'étude des mélanges gazeux. L'emploi de ces lois suppose une maîtrise des opérations mathématiques relatives à la conversion d'unités de mesure et le traitement d'expressions algébriques à plusieurs variables.</p> <p>L'hypothèse d'Avogadro permet de comprendre les combinaisons volumétriques lors des réactions chimiques en phase gazeuse. Corollaire de cette hypothèse, le volume molaire simplifie les calculs relatifs aux quantités de gaz consommées ou produites. Les volumes molaires retenus sont ceux établis aux conditions de température et de pression normales (0 °C et 101,3 kPa) et aux conditions de température ambiante et de pression normale (25 °C et 101,3 kPa).</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Propriétés chimiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Réactivité – Propriétés physiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Théorie cinétique des gaz • Loi générale des gaz • Loi des gaz parfaits • Loi de Dalton • Hypothèse d'Avogadro • Volume molaire gazeux
<p>Aspect énergétique des transformations</p> <p>Le bilan énergétique d'une transformation peut être représenté sous la forme d'un diagramme d'énergie. La construction et l'interprétation d'un tel diagramme mettent en évidence la variation de l'enthalpie (énergie emmagasinée sous forme cinétique et potentielle) des substances impliquées et certains aspects de la cinétique chimique, comme l'énergie d'activation.</p> <p>L'additivité des chaleurs de réaction (loi de Hess) ou des enthalpies de liaison figure parmi les méthodes qui permettent d'évaluer la chaleur molaire des réactions. La calorimétrie permet, quant à elle, la détermination expérimentale des quantités de chaleur impliquées lors de certaines transformations.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Diagramme énergétique – Énergie d'activation – Variation d'enthalpie – Chaleur molaire de réaction
<p>Vitesse de réaction</p> <p>Le rythme auquel les réactifs se transforment en produits est soumis à l'influence de plusieurs facteurs (nature des réactifs, concentration, surface de contact, température, catalyseurs). Les possibilités d'intervention sont donc multiples lorsqu'il s'agit d'accélérer ou de ralentir les changements qui s'opèrent dans la matière.</p> <p>L'intérêt de la loi des vitesses de réaction réside dans l'écriture d'expressions algébriques qui permettent de comparer les vitesses de diverses réactions chimiques et, dans certains cas, d'en calculer la valeur numérique. Cette loi favorise une meilleure compréhension de la nature dynamique de l'équilibre et conduit à l'expression mathématique des constantes d'équilibre.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Facteurs qui influencent la vitesse de réaction <ul style="list-style-type: none"> • Nature des réactifs • Concentration • Surface de contact • Température • Catalyseurs – Loi des vitesses de réaction

Orientations		Concepts prescrits
<p>Équilibre chimique</p> <p>L'équilibre dynamique est un état qui caractérise de nombreux systèmes chimiques, physiques et biologiques. L'étude qualitative de l'état d'équilibre et des facteurs qui l'influencent est exigée. Le principe de Le Chatelier sert, entre autres, à prévoir l'évolution des systèmes dont les conditions ont été modifiées.</p> <p>Quel que soit le système considéré, l'interprétation et le calcul de l'expression de la constante d'équilibre (constante d'ionisation de l'eau, constantes d'acidité et de basicité, constante du produit de solubilité) permettent de traiter à la fois des aspects qualitatifs et quantitatifs de l'équilibre chimique. Lorsque cela est nécessaire, le recours aux équations du premier ou du deuxième degré est de rigueur.</p> <p>La constante d'ionisation de l'eau permet de comprendre l'interdépendance entre les concentrations molaires des ions hydronium et hydroxyde. La détermination de l'une ou l'autre de ces concentrations molaires permet, avec l'emploi des fonctions logarithmiques, le calcul du pH des solutions aqueuses. La maîtrise de la notation scientifique est requise.</p> <p>Note : Lors du traitement numérique des constantes d'équilibre, il est souhaitable que les systèmes étudiés se composent de substances simples, dont les formules moléculaires sont de type XY, XY₂ ou X₂Y.</p>		<ul style="list-style-type: none"> – Facteurs qui influencent l'état d'équilibre <ul style="list-style-type: none"> • Concentration • Température • Pression – Principe de Le Chatelier – Constante d'équilibre <ul style="list-style-type: none"> • Constante d'ionisation de l'eau • Constantes d'acidité et de basicité • Constante du produit de solubilité – Relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde
Repères culturels possibles		
Histoire	Ressources du milieu	Événement
<ul style="list-style-type: none"> – Amedeo Avogadro – Robert Boyle – Jacques Charles – Louis Joseph Gay-Lussac – Antoine Laurent Lavoisier – Henry Louis Le Chatelier – Edme Mariotte – Maud Leonora Menten – William Thomson 	<ul style="list-style-type: none"> Association francophone pour le savoir (ACFAS) Conseil de développement du loisir scientifique (CDLS) Conseil national de recherches Canada (CNRC) Institut de chimie du Canada (ICC) Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC) 	<ul style="list-style-type: none"> Expositions scientifiques Prix Nobel de chimie

Démarches, stratégies, attitudes et techniques

Cette section porte sur les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques ciblées par le programme. Bien que distincts des concepts, ces éléments contribuent tout autant au développement des compétences. Ils s'inscrivent dans une perspective de consolidation des éléments abordés au cours des deux premières années du deuxième cycle.

Démarches

Les démarches 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 des démarches et leur articulation constituent une manifestation de compétence.

Cinq démarches sont présentées ici : les démarches de modélisation, d'observation et d'analyse ainsi que les démarches expérimentale et empirique.

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 la démarche progresse, 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 faciliter la compréhension de la réalité, expliquer certaines propriétés de ce qu'il vise à représenter et permettre la prédiction 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 d'analyse

L'analyse d'un phénomène, d'un objet ou d'un système vise à reconnaître les éléments qui les déterminent ou les composent ainsi que les interactions entre ces éléments. Elle permet d'en identifier les composantes structurales et fonctionnelles, qui peuvent être analysées à leur tour, et de déterminer leurs liens hiérarchiques ou leurs liens d'interdépendance. Dans certains cas, cette démarche amène à tirer profit d'une connaissance plus globale du système pour déterminer la fonction des parties et les relations qu'elles entretiennent. Elle permet alors de mettre à jour la dynamique d'un système complexe et d'examiner son comportement dans la durée. Cet aspect de la démarche d'analyse se révélera particulièrement fécond dans l'étude de phénomènes ou d'applications.

Démarche expérimentale

La démarche expérimentale implique 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 dans lequel il reconnaîtra un certain nombre de variables en vue de les manipuler. Le but de ce protocole expérimental sera de faire émerger des éléments observables ou quantifiables, de les mettre en relation et de les confronter aux hypothèses émises. 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. L'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.

Stratégies

Certaines stratégies, mobilisées et utilisées dans un contexte scientifique, 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 de la résolution d'un problème– Diviser un problème complexe en sous-problèmes plus simples– Faire appel à divers modes de raisonnement (ex. inférer, induire, déduire, comparer, classier, sérier) pour traiter des informations– Reasonner par analogie pour traiter des informations et adapter ses connaissances scientifiques– Sélectionner des critères pertinents qui permettent de se situer 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 et le calcul – 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 sont prescrites, au même titre que les concepts.

Techniques liées aux manipulations

- Utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire ou d'atelier
- Utilisation d'instruments d'observation
- Préparation de solutions
- Collecte d'échantillons

Techniques liées aux mesures

- Vérification de la fidélité, de la justesse et de la sensibilité des instruments de mesure (étalonnage, ajustage)
- Utilisation d'instruments de mesure
- Interprétation des résultats de la mesure (chiffres significatifs, incertitudes liées aux mesures, erreurs)

Note : Lors d'opérations mathématiques sur les mesures, le calcul d'incertitude n'est pas exigé.

ANNEXE A – CONTEXTUALISATION DES APPRENTISSAGES

Cette annexe présente, pour chacun des concepts généraux du programme de chimie, un rappel des concepts prescrits qui s’y rapportent, diverses pistes de contextualisation ainsi que les concepts abordés dans les programmes de science et technologie antérieurs. Ceux-ci peuvent contribuer à l’appropriation des concepts qui sont prescrits dans le présent programme. Les pistes de contextualisation proposées évoquent des phénomènes et des applications susceptibles de réactiver des acquis. Véritables points de

convergence, ces pistes visent à favoriser le développement des trois compétences disciplinaires et l’élaboration des concepts ciblés. Proposées à titre indicatif afin de soutenir l’intervention pédagogique, elles offrent la possibilité d’intégrer des connaissances scientifiques, technologiques et mathématiques. D’autres contextes peuvent également être porteurs de sens et il revient aux enseignants de privilégier ceux qui sont les plus susceptibles de servir les intérêts des élèves.

Contextualisation des concepts de chimie et liens avec les concepts abordés antérieurement

Gaz				
Concepts prescrits	<ul style="list-style-type: none"> – Propriétés physiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Théorie cinétique des gaz • Loi générale des gaz • Loi des gaz parfaits • Loi de Dalton • Hypothèse d’Avogadro • Volume molaire gazeux – Propriétés chimiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Réactivité 			
Pistes de contextualisation	<ul style="list-style-type: none"> – Moteur à combustion interne – Montgolfière, dirigeable et ballon-sonde – Pompe à air – Manutention, utilisation et stockage des substances gazeuses – Plongée sous-marine – Maladies respiratoires – Utilisations médicales des gaz (anesthésie, réanimation, etc.) – Utilisations agroalimentaires des gaz (conservation, mûrissement, gazéification, etc.) – Gaz de l’atmosphère primitive – Éruption volcanique – Appareil fonctionnant au gaz – Couche d’ozone – Appareils de mesure et de réglage associés au gaz (manomètre, sphygmomanomètre, baromètre, etc.) – Filtres et masques à gaz 			
	Univers matériel	Univers vivant	Terre et espace	Univers technologique
Concepts abordés antérieurement	<ul style="list-style-type: none"> – États de la matière – Changement de phase – Pression, volume, température – Modèle particulière – Atome et molécule 	<ul style="list-style-type: none"> – Système respiratoire – Écotoxicologie (contaminant) – Transformation des aliments 	<ul style="list-style-type: none"> – Conditions favorables au développement de la vie – Contamination – Pergélisol – Grands épisodes de l’histoire du vivant 	<ul style="list-style-type: none"> – Matériaux (dégradation et protection) – Alliages à base de fer – Métaux et alliages non ferreux

Contextualisation des concepts de chimie et liens avec les concepts abordés antérieurement (Suite)

Aspect énergétique des transformations				
Concepts prescrits	<ul style="list-style-type: none"> – Diagramme énergétique – Énergie d'activation – Variation d'enthalpie – Chaleur molaire de réaction 			
Pistes de contextualisation	<ul style="list-style-type: none"> – Réfrigération et climatisation – Pochettes réfrigérantes ou chauffantes – Rendement énergétique des carburants – Choix alimentaire – Régulation de la chaleur dans la géosphère – Centrale solaire (panneau solaire) – Combustible fossile – Produits pétroliers et biocarburants 			
	Univers matériel	Univers vivant	Terre et espace	Univers technologique
Concepts abordés antérieurement	<ul style="list-style-type: none"> – Liaison chimique – Réactions endothermique et exothermique 	<ul style="list-style-type: none"> – Intrants et extrants – Valeur énergétique des aliments – Dynamique des écosystèmes – Flux de matière et d'énergie 	<ul style="list-style-type: none"> – Échelle des temps géologiques – Manifestations naturelles de l'énergie – Flux d'énergie émis par le soleil – Ressources énergétiques renouvelables et non renouvelables 	<ul style="list-style-type: none"> – Biotechnologies (biodégradation des polluants)

Contextualisation des concepts de chimie et liens avec les concepts abordés antérieurement (*Suite*)

Vitesse de réaction				
Concepts prescrits	<ul style="list-style-type: none"> – Facteurs qui influencent la vitesse de réaction <ul style="list-style-type: none"> • Nature des réactifs • Concentration • Surface de contact • Température • Catalyseurs – Loi des vitesses de réaction 			
Pistes de contextualisation	<ul style="list-style-type: none"> – Vitesse de combustion – Moyens de protection contre les incendies – Convertisseur catalytique – Catalyseur et inhibiteur – Additif alimentaire – Réaction enzymatique – Pharmacocinétique (action, élimination des médicaments) – Matière plastique biodégradable – Vitesse de dissolution des engrais – Traitement des surfaces (protection) 			
	Univers matériel	Univers vivant	Terre et espace	Univers technologique
Concepts abordés antérieurement	<ul style="list-style-type: none"> – Concentration – Température – Pression 	<ul style="list-style-type: none"> – Transformation des aliments – Dynamique des communautés (perturbation) – Empreinte écologique 	<ul style="list-style-type: none"> – Types de sols – Couches stratigraphiques 	<ul style="list-style-type: none"> – Biotechnologies (pasteurisation, biodégradation des polluants, traitement des eaux usées) – Alliages à base de fer – Métaux et alliages non ferreux – Bois et bois modifiés – Matières plastiques – Céramiques – Matériaux composites – Matériaux (dégradation et protection)

Contextualisation des concepts de chimie et liens avec les concepts abordés antérieurement (Suite)

Équilibre chimique				
Concepts prescrits	<ul style="list-style-type: none"> – Facteurs qui influencent l'état d'équilibre <ul style="list-style-type: none"> • Concentration • Température • Pression – Principe de Le Chatelier – Constante d'équilibre <ul style="list-style-type: none"> • Constante d'ionisation de l'eau • Constantes d'acidité et de basicité • Constante du produit de solubilité – Relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde 			
Pistes de contextualisation	<ul style="list-style-type: none"> – Produit d'entretien ménager – Procédé Haber – Aquariophilie – Produit d'entretien des piscines – Contrôle du pH sanguin – Contrôle de l'acidité gastrique – Impact de l'activité humaine sur les cycles biogéochimiques – Biocides (pesticide, insecticide, etc.) – Ozone stratosphérique – Dépollution physicochimique des sols 			
	Univers matériel	Univers vivant	Terre et espace	Univers technologique
Concepts abordés antérieurement	<ul style="list-style-type: none"> – Dissociation électrolytique – Échelle pH – Neutralisation acidobasique – Stœchiométrie 	<ul style="list-style-type: none"> – Photosynthèse et respiration – Maintien de l'équilibre sanguin – Adaptation physique et comportementale 	<ul style="list-style-type: none"> – Contamination – Cycle du carbone, de l'azote et du phosphore – Cycle de l'eau – Effet de serre 	<ul style="list-style-type: none"> – Biotechnologies (biodégradation des polluants, traitement des eaux usées) – Matériaux composites

ANNEXE B – EXEMPLES DE SITUATIONS D'APPRENTISSAGE ET D'ÉVALUATION

La production de l'hydrogène

1. Intention pédagogique

Cette activité vise le développement de la compétence disciplinaire 1 – *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie* – par la résolution d'un problème de nature pratique portant sur la vitesse de réaction.

2. Durée approximative

Le déroulement de l'activité nécessite deux périodes de 75 minutes.

3. Domaine général de formation touché et axe de développement

Environnement et consommation

– Construction d'un environnement sain dans une perspective de développement durable

Les travaux de recherche qui portent sur la revalorisation des matières résiduelles contribuent à améliorer la gestion de nos ressources.

4. Description de l'activité

Amorce

Durant la période estivale, votre travail dans une usine spécialisée dans la transformation du magnésium vous permet de constater que des résidus sont éliminés alors qu'ils contiennent encore du magnésium métallique. Vous suggérez à votre superviseur de traiter ces résidus avec une solution acide afin de produire du dihydrogène, un gaz pouvant servir de combustible. Votre superviseur pense qu'il serait possible de faire réagir ces résidus avec des solutions acides disponibles à l'usine. Il vous informe qu'il faudrait limiter le débit de la réaction pour qu'il se situe entre 1,2 et 1,5 litre de dihydrogène à l'heure. Il vous confie le mandat de déterminer la nature et la concentration de l'acide qui permet de produire le dihydrogène à ce rythme.

5. Production attendue

Les élèves doivent produire un rapport de laboratoire qui présente, entre autres :

- un protocole expérimental;
- les résultats expérimentaux;
- au moins deux suggestions de solutions acides à utiliser (nature et concentration à préciser) ainsi que la valeur expérimentale de la vitesse de réaction obtenue pour chaque solution;
- une justification des solutions proposées.

6. Compétences disciplinaires ciblées

Compétence 1 – *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie*

- Cerner un problème
 - Représentation initiale du problème (mesure du débit de formation du gaz)
 - Identification des données pertinentes (effet de la nature et de la concentration des solutions acides sur la vitesse de réaction)
 - Formulation d'hypothèses (choix d'un acide, d'une concentration, etc.)
- Élaborer un plan d'action
 - Détermination des ressources nécessaires (choix des instruments de mesure [burette, chronomètre], des substances à utiliser, etc.)
 - Planification des étapes du plan d'action (élaboration du protocole)
- Concrétiser le plan d'action
 - Réalisation des manipulations et des opérations requises (montage expérimental, mesures, etc.)
 - Collecte des données

- Analyser les résultats
 - Établissement de liens entre les résultats obtenus et les concepts scientifiques (calcul de la vitesse de réaction, interprétation)
 - Élaboration d'une conclusion pertinente en fonction des contraintes de départ (suggestions quant à la nature de l'acide, fourchette de concentration, etc.)

7. Compétences transversales ciblées

Résoudre des problèmes; Communiquer de façon appropriée

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

Concepts prescrits

Concepts prescrits de l'année en cours
<ul style="list-style-type: none"> – Facteurs qui influencent la vitesse de réaction <ul style="list-style-type: none"> • Nature des réactifs • Concentration – Propriétés physiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Loi générale des gaz • Loi des gaz parfaits • Volume molaire gazeux
Concepts abordés antérieurement
<ul style="list-style-type: none"> – Concentration (mol/L) – Stœchiométrie – Notion de mole

Démarches

- Démarche expérimentale et démarche d'analyse

Technique

- Interprétation des résultats de la mesure (chiffres significatifs)

9. Critères d'évaluation

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

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

L'aquariophilie

1. Intention pédagogique

Cette activité vise le développement des compétences disciplinaires 2 et 3 – *Mettre à profit ses connaissances en chimie* et *Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie* – à partir de l'examen d'un ensemble d'éléments de nature scientifique liés à l'aménagement d'un aquarium d'eau douce.

2. Durée approximative

Le déroulement des activités nécessite trois périodes de 75 minutes (excluant la recherche documentaire).

3. Domaine général de formation touché et axe de développement

Environnement et consommation

– Connaissance de l'environnement

Les concepts scientifiques sous-jacents aux interventions de l'aquariophile favorisent l'établissement de liens entre les divers éléments propres à un milieu.

4. Description de l'activité

Amorce

Vous possédez un aquarium d'eau douce déjà équilibré, abritant quelques plantes et habité par cinq guppys (*Poecilia reticulata*). Quelques-uns des paramètres actuels de l'aquarium sont décrits dans le tableau ci-dessous.

Paramètres	Conditions actuelles
Volume d'eau	40 L
Éclairage	11 heures/jour
Température	21 °C
pH	6,8
Dureté totale de l'eau	160 mg/L

Vous désirez introduire dans cet aquarium des poissons d'une autre espèce. Sur la base de leurs comportements et de certaines caractéristiques de leur environnement, quelques espèces sont susceptibles d'être choisies, par exemple *Xiphophorus maculatus* (platy), *Poecilia velifera* (molly voile) ou *Hemigrammus erythrozonus* (néon rose). Vous devez vous informer sur les particularités de l'espèce que vous avez sélectionnée afin de déterminer les conditions optimales requises pour la cohabitation avec les guppys.

Votre tâche consiste d'abord à trouver les modifications qu'il faut apporter à la composition chimique de l'eau de l'aquarium puis à proposer une façon adéquate de procéder à ces transformations.

Activités proposées

Les élèves choisissent une espèce de poisson d'eau douce pouvant cohabiter avec les guppys et s'informent sur les besoins particuliers de cette espèce.

Une première description chimique des milieux de vie des deux espèces est élaborée. Les élèves doivent déterminer les actions à entreprendre pour modifier l'état d'équilibre de l'eau de l'aquarium existant afin de permettre la cohabitation. Présentées clairement dans un document, ces informations doivent mettre en évidence les liens qui existent entre les divers paramètres.

Les élèves doivent aussi déterminer l'emplacement idéal de l'aquarium dans la pièce où il se trouve (proximité du système de chauffage, d'une fenêtre, etc.) et justifier leur choix à l'aide d'arguments de nature scientifique.

5. Production attendue

Les élèves doivent produire un document qui inclut :

- une description du milieu et des changements envisagés;
- une présentation des liens entre les facteurs externes et leurs effets (température, pH, luminosité, concentration). La justification doit décrire les changements apportés à l'état d'équilibre;
- une proposition d'actions à entreprendre pour adapter la composition chimique de la solution aqueuse de l'aquarium aux deux espèces (ajout ou retrait de produits, emplacement, etc.);
- une justification scientifique des solutions proposées.

6. Compétences disciplinaires ciblées

Compétence 2 – Mettre à profit ses connaissances en chimie

- Examiner un phénomène ou une application
 - Identification des données initiales (recherche de la composition chimique de l'eau requise pour les deux espèces)
 - Détermination des éléments pertinents et des relations qui les unissent (identification des paramètres qui doivent être modifiés)
 - Représentation du phénomène (substances présentes, interactions possibles, concentrations)
- Comprendre des principes de chimie liés au phénomène ou à l'application
 - Reconnaissance des principes et des concepts liés à l'équilibre chimique (facteurs qui influencent l'équilibre, constante d'équilibre, principe de Le Chatelier)
 - Construction et description de ces principes
 - Mise en relation de concepts et étude de l'influence de leur variation sur l'état d'équilibre de la solution aqueuse
- Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la chimie
 - Utilisation du principe de Le Chatelier et des constantes d'équilibre afin d'expliquer l'effet des modifications suggérées sur l'état d'équilibre favorisant la cohabitation des deux espèces de poissons

Compétence 3 – Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

- Participer à des échanges d'information à caractère scientifique ou technologique
 - Échanges sur les changements à apporter et sur la production du document
- Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique
 - Appropriation de l'information sur les deux espèces de poissons

- Produire et transmettre des messages à caractère scientifique ou technologique
 - Production du document

7. Compétences transversales ciblées

Exploiter l'information; Coopérer; Communiquer de façon appropriée

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

Concepts prescrits

Concepts prescrits de l'année en cours

- Facteurs qui influencent l'état d'équilibre
 - Concentration
 - Température
- Principe de Le Chatelier
- Constante d'équilibre
 - Constante d'ionisation de l'eau
- Relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde

Concepts abordés antérieurement

- Solubilité
- Règles de nomenclature et d'écriture
- Échelle pH
- Dynamique des communautés
- Perturbation

Démarches

- Démarche de modélisation et démarche d'analyse

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

9. Critères d'évaluation

Compétence 2

- Formulation d'un questionnement approprié
- Utilisation pertinente des concepts, des lois et des modèles de la chimie
- Production d'explications pertinentes
- Justification adéquate des explications

Compétence 3

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

ANNEXE C – RÉPARTITION DES CONCEPTS PRESCRITS DE L'UNIVERS MATÉRIEL DU PREMIER ET DU DEUXIÈME CYCLE DU SECONDAIRE⁸

Parcours de formation générale

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Chimie
Propriétés – Propriétés caractéristiques – Masse – Volume – Température – États de la matière – Acidité/basicité	Propriétés de la matière – Propriétés caractéristiques physiques <ul style="list-style-type: none"> • Point de fusion • Point d'ébullition • Masse volumique • Solubilité – Propriétés caractéristiques chimiques <ul style="list-style-type: none"> • Réaction à des indicateurs – Propriétés des solutions <ul style="list-style-type: none"> • Concentration (% , g/L) • Soluté • Solvant 	Propriétés physiques des solutions – Concentration (ppm) – Électrolytes – Échelle pH – Dissociation électrolytique – Ions – Conductibilité électrique	Propriétés physiques des solutions – Concentration (ppm, mole/L) – Force des électrolytes	Gaz – Propriétés chimiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Réactivité – Propriétés physiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Théorie cinétique des gaz • Loi générale des gaz • Loi des gaz parfaits • Loi de Dalton • Hypothèse d'Avogadro • Volume molaire gazeux

8. Pour obtenir la répartition complète des concepts prescrits des quatre univers du premier et du deuxième cycle du secondaire en ce qui concerne le parcours de formation générale, se référer à l'annexe D du programme *Science et technologie de l'environnement*. Pour le parcours de formation générale appliquée, cette même répartition se trouve à l'annexe D du programme *Science et environnement*.

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Chimie
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 <ul style="list-style-type: none"> • Dissolution • Dilution • Changement de phase – Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> • Décomposition et synthèse • Oxydation • Précipitation – Formes d'énergie (chimique, thermique, mécanique, rayonnante) – Modèle particulaire 	Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Photosynthèse et respiration – Réaction de neutralisation acidobasique – Balancement d'équations chimiques – Loi de conservation de la masse 	Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> – Formation des sels – Stœchiométrie – Nature de la liaison <ul style="list-style-type: none"> • Covalente • Ionique – Réactions endothermique et exothermique Transformations nucléaires <ul style="list-style-type: none"> – Stabilité nucléaire – Radioactivité – Fission et fusion 	Aspect énergétique des transformations <ul style="list-style-type: none"> – Diagramme énergétique – Énergie d'activation – Variation d'enthalpie – Chaleur molaire de réaction Vitesse de réaction <ul style="list-style-type: none"> – Facteurs qui influencent la vitesse de réaction <ul style="list-style-type: none"> • Nature des réactifs • Concentration • Surface de contact • Température • Catalyseurs – Loi des vitesses de réaction

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
	1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Chimie
Organisation <ul style="list-style-type: none"> – Atome – Élément – Tableau périodique – Molécule 	Organisation de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Substance pure (composé, élément) – Mélanges homogènes et hétérogènes 	Organisation de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Modèle atomique de Rutherford-Bohr – Notation de Lewis – Familles et périodes du tableau périodique 	Organisation de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Neutron – Modèle atomique simplifié – Règles de nomenclature et d'écriture – Ions polyatomiques – Notion de mole – Nombre d'Avogadro 	Équilibre chimique <ul style="list-style-type: none"> – Facteurs qui influencent l'état d'équilibre <ul style="list-style-type: none"> • Concentration • Température • Pression – Principe de Le Chatelier – Constante d'équilibre <ul style="list-style-type: none"> • Constante d'ionisation de l'eau • Constantes d'acidité et de basicité • Constante du produit de solubilité – Relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde
			Classification périodique <ul style="list-style-type: none"> – Masse atomique relative – Numéro atomique – Périodicité des propriétés – Isotopes 	

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Chimie
	Fluides <ul style="list-style-type: none"> – Fluide compressible et incompressible – Pression – Relation entre pression et volume 	Électricité et électromagnétisme <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 	Électricité et électromagnétisme <p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lois de Kirchhoff – Champ électrique – Loi de Coulomb <p>Électromagnétisme</p> <ul style="list-style-type: none"> – Champ magnétique d'un solénoïde 	
		Transformations de l'énergie <ul style="list-style-type: none"> – Loi de la conservation de l'énergie – Rendement énergétique – Distinction entre la chaleur et la température 	Transformations de l'énergie <ul style="list-style-type: none"> – Capacité thermique massique – Relation entre le travail, la force et le déplacement – Force efficace – Relation entre le travail et l'énergie – Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement – Masse et poids – Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse 	

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1^{re} et 2^e secondaire	3^e secondaire	4^e secondaire	4^e secondaire	5^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Chimie
	Ondes – Fréquence – Longueur d'onde – Amplitude – Échelle des décibels – Spectre électromagnétique – Déviation des ondes lumineuses – Foyer d'une lentille			

Parcours de formation générale appliquée

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement	Chimie
Propriétés <ul style="list-style-type: none"> – Propriétés caractéristiques – Masse – Volume – Température – États de la matière – Acidité/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 – 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 	Gaz <ul style="list-style-type: none"> – Propriétés chimiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Réactivité – Propriétés physiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Théorie cinétique des gaz • Loi générale des gaz • Loi des gaz parfaits • Loi de Dalton • Hypothèse d'Avogadro • Volume molaire gazeux
Transformations <ul style="list-style-type: none"> – Changement physique – Changement chimique – Conservation de la matière – Mélanges – Solutions – Séparation des mélanges 	Transformation 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 conservation de la masse – Stœchiométrie – Nature de la liaison <ul style="list-style-type: none"> • Covalente • Ionique – Réactions endothermique et exothermique 	Aspect énergétique des transformations <ul style="list-style-type: none"> – Diagramme énergétique – Énergie d'activation – Variation d'enthalpie – Chaleur molaire de réaction

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement	Chimie
			Transformations physiques – Dissolution – Dilution	
Organisation – Atome – Élément – Tableau périodique – Molécule	Organisation de la matière – Substance pure (composé, élément) – Mélanges homogènes et hétérogènes		Organisation de la matière – 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	Vitesse de réaction – Facteurs qui influencent la vitesse de réaction <ul style="list-style-type: none"> Nature des réactifs Concentration Surface de contact Température Catalyseurs – Loi des vitesses de réaction
	Fluides – Fluide compressible et incompressible – Pression – Relation entre la pression et le volume	Électricité et électromagnétisme Électricité – Charge électrique – Électricité statique – Loi d'Ohm – Circuits électriques – Relation entre la puissance et l'énergie électrique Électromagnétisme – Forces d'attraction et de répulsion – Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant électrique – Champ magnétique d'un solénoïde – Induction électromagnétique		Équilibre chimique – Facteurs qui influencent l'état d'équilibre <ul style="list-style-type: none"> Concentration Température Pression – Principe de Le Chatelier – Constante d'équilibre <ul style="list-style-type: none"> Constante d'ionisation de l'eau Constantes d'acidité et de basicité Constante du produit de solubilité – Relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement	Chimie
		Transformation de l'énergie <ul style="list-style-type: none"> – Loi de transformation de l'énergie – Rendement énergétique – Distinction entre la chaleur et la température 	Transformation de l'énergie <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 	
	Ondes <ul style="list-style-type: none"> – Fréquence – Longueur d'onde – Amplitude – Échelle des décibels – Spectre électromagnétique – Déviation des ondes lumineuses – Foyer d'une lentille 	Fluides <ul style="list-style-type: none"> – Principe d'Archimède – Principe de Pascal – Principe de Bernoulli Forces et mouvements <ul style="list-style-type: none"> – Force – Type de forces – Équilibre de deux forces – Relation entre la vitesse constante, la distance et le temps – Distinction entre la masse et le poids 		

Bibliographie

Culture scientifique et technologique

BINDI, Christophe. *Dictionnaire pratique de la métrologie : Mesure, essai et calculs d'incertitudes*, France, La Plaine Saint-Denis, AFNOR, 2006, 380 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.

ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE DE LA CONVENTION DU MÈTRE. *Le Système international d'unités*, France, BIPM, 8^e éd., 2006, 180 p.

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

POTVIN, Patrice, Martin Riopel et Steve Masson. *Regards multiples sur l'enseignement des sciences*, Québec, MultiMondes, 2007, 464 p.

QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Programmes d'études. Secondaire. Chimie 534*, Québec, gouvernement du Québec, 1992, 252 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.