

# INTRODUCTION GÉNÉRALE





## 1. INTRODUCTION

### Historique

*Chimie, 11<sup>e</sup> année : programme d'études : document de mise en œuvre* présente des résultats d'apprentissage, des stratégies d'enseignement, des stratégies d'évaluation et des ressources pour le cours de Chimie, 11<sup>e</sup> année. Les résultats d'apprentissage sont les mêmes pour les programmes français, anglais et d'immersion française, et découlent d'un partenariat entre la Division des Programmes scolaires et la Division du Bureau de l'éducation française d'Éducation et Enseignement supérieur Manitoba.

« On entend par résultats d'apprentissage une description concise des connaissances, des habiletés [et des attitudes] que les élèves sont censés acquérir pendant un cours ou une année d'études ou dans une matière donnée. » (*Les bases de l'excellence*, 1995)

Les résultats d'apprentissage pour le cours de Chimie, 11<sup>e</sup> année s'inspirent de ceux du *Cadre commun de résultats d'apprentissage en sciences de la nature M à 12* (Conseil des ministres de l'Éducation [Canada], 1997) et de ceux développés pour le programme d'études transitoire du Manitoba (1999). Le cadre commun, couramment appelé le « Cadre pancanadien en sciences de la nature », est issu d'un projet découlant du Protocole pancanadien pour la collaboration en matière de programmes scolaires (1995) et a été élaboré par des éducatrices et éducateurs du Manitoba, de la Saskatchewan, de l'Alberta, de la Colombie-Britannique, des Territoires du Nord-Ouest, du Territoire du Yukon, de l'Ontario et des provinces de l'Atlantique.

### Vision pour une culture scientifique

L'interdépendance mondiale, l'évolution rapide de la technologie et des sciences, la nécessité d'avoir un environnement, une économie et une société durables, et le rôle de plus en plus grand des sciences et de la technologie dans la vie de tous les jours renforcent l'importance d'une culture scientifique. Les personnes qui détiennent une culture scientifique peuvent plus efficacement interpréter l'information, résoudre des problèmes, prendre des décisions éclairées, s'adapter au changement et générer de nouvelles connaissances. L'enseignement des sciences constitue un élément clé dans le développement d'une culture scientifique et la préparation d'un avenir solide pour la jeunesse canadienne.

*Chimie, 11<sup>e</sup> année : programme d'études : document de mise en œuvre*, tout comme le « Cadre pancanadien en sciences de la nature », vient appuyer et promouvoir la vision d'une **culture scientifique**.

Le [« Cadre pancanadien en sciences de la nature »] s'inspire de la vision que tout élève du Canada, quels que soient son sexe et son origine culturelle, aura la possibilité de développer une culture scientifique. Constituée d'un ensemble évolutif d'attitudes, d'habiletés et de connaissances en sciences, cette culture permet à l'élève de développer ses aptitudes liées à la recherche scientifique, de résoudre des problèmes, de prendre des décisions, d'avoir le goût d'apprendre sa vie durant et de maintenir un sens d'émerveillement du monde qui l'entoure.



Diverses expériences d'apprentissage inspirées de [ce « Cadre pancanadien en sciences de la nature »] fourniront à l'élève de multiples occasions d'explorer, d'analyser, d'évaluer, de synthétiser, d'apprécier et de comprendre les interactions entre les sciences, la technologie, la société et l'environnement, lesquelles auront des conséquences sur sa vie personnelle, sa carrière et son avenir. (*Conseil des ministres de l'Éducation [Canada], 1997*)

## Buts pancanadiens de la formation scientifique

Afin de promouvoir la culture scientifique, les buts suivants ont été définis dans le « Cadre pancanadien en sciences de la nature » pour l'enseignement des sciences au Canada. Les programmes d'études en sciences de la nature du Manitoba s'en inspirent.

L'enseignement des sciences :

- encouragera l'élève à développer un sentiment d'émerveillement et de curiosité, accompagné d'un sens critique à l'égard de l'activité scientifique et technologique;
- amènera l'élève à se servir des sciences et de la technologie pour construire de nouvelles connaissances et résoudre des problèmes, lui permettant d'améliorer sa qualité de vie et celle des autres;
- préparera l'élève à aborder de façon critique des enjeux d'ordre social, économique, éthique ou environnemental liés aux sciences;
- donnera à l'élève une compétence solide en sciences lui offrant la possibilité de poursuivre des études supérieures, de se préparer à une carrière liée aux sciences et d'entreprendre des loisirs à caractère scientifique convenant à ses intérêts et aptitudes;
- développera chez l'élève dont les aptitudes et les intérêts varient une sensibilisation à une vaste gamme de métiers liés aux sciences, à la technologie et à l'environnement.

## Convictions au sujet de l'apprentissage, de l'enseignement et de l'évaluation des sciences

Afin de promouvoir une culture scientifique parmi les citoyennes et citoyens de l'avenir, il est crucial de reconnaître comment l'élève apprend, comment les sciences peuvent être enseignées à leur meilleur et comment l'apprentissage peut être évalué. L'élève est actif et curieux, et ses intérêts, ses habiletés et ses besoins sont uniques. À son entrée à l'école, elle ou il possède déjà un riche bagage de connaissances, d'expériences personnelles et culturelles qui sous-tendent un éventail d'attitudes et de convictions au sujet des sciences et de la vie.

L'élève apprend mieux lorsque son étude des sciences est enracinée dans des activités concrètes, lorsqu'elle s'inscrit dans une situation ou un contexte particulier et lorsqu'elle est mise en application dans la vie de tous les jours. Les idées et la compréhension de l'élève devraient être progressivement étendues et reconstruites au fur et à mesure que l'élève accroît ses expériences et ses habiletés à conceptualiser. L'apprentissage de l'élève exige la formation de liens entre ses nouvelles connaissances et ses connaissances antérieures ainsi que l'ajout de nouveaux contextes et de nouvelles expériences à ses compréhensions actuelles.



## 2. LES PRINCIPES DE BASE MANITOBAINS DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE

La culture scientifique de l'élève passe par des expériences d'apprentissage qui intègrent les aspects essentiels des sciences et de ses applications. Ces aspects essentiels constituent les principes de base de la culture scientifique. Tirés du « Cadre pancanadien en sciences de la nature », ces principes de base ont été adaptés afin de mieux répondre aux besoins des élèves manitobains. Les programmes d'études en sciences sont construits à partir des cinq principes de base manitobains de la culture scientifique que voici :

- A. Nature des sciences et de la technologie;
- B. Sciences, technologie, société et environnement (STSE);
- C. Habiletés et attitudes scientifiques et technologiques;
- D. Connaissances scientifiques essentielles;
- E. Concepts unificateurs.

Une description de chaque principe de base manitobain ainsi que des résultats d'apprentissage généraux qui s'y rapportent se trouvent dans les pages qui suivent.

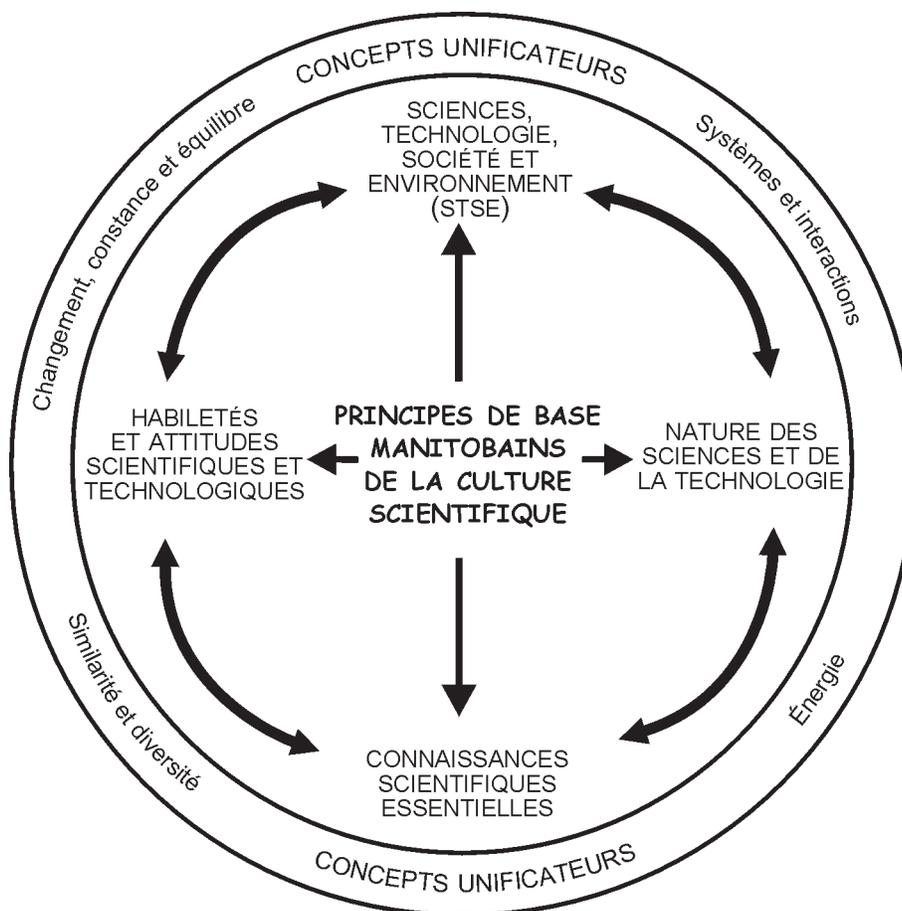


Fig. 1 – Principes de base manitobains de la culture scientifique

## A – La nature des sciences et de la technologie

Les sciences et la technologie constituent une sphère d'activités humaines et sociales unique ayant une longue histoire tissée par de nombreux hommes et femmes issus de sociétés diverses. Les **sciences** constituent une façon de connaître l'Univers et de répondre à des questions sur les phénomènes qui nous entourent. Cette interrogation repose sur la curiosité, la créativité, l'imagination, l'intuition, l'exploration, l'observation, la capacité de reproduire des expériences, l'interprétation des données et les débats qui en découlent. L'activité scientifique comprend la prédiction, l'interprétation et l'explication de phénomènes naturels et de conception humaine. Bon nombre de personnes expertes en histoire, en sociologie et en philosophie des sciences affirment qu'il y a plus d'une méthode permettant de mener une étude scientifique. Elles croient que les sciences reposent sur un ensemble de théories, de connaissances, d'observations, d'expériences, d'intuitions et de processus ancrés dans le monde physique.

Les connaissances et les théories scientifiques sont constamment mises à l'épreuve, modifiées et perfectionnées au fur et à mesure que de nouvelles connaissances et théories les précisent. À travers l'histoire, plusieurs intervenantes et intervenants d'origines et de formations diverses ont débattu chaque nouvelle observation et hypothèse, remettant ainsi en question des connaissances scientifiques jusqu'alors acceptées.

« La production du savoir scientifique est une entreprise essentiellement collective : il n'y a pas de science idiosyncrasique. Les modèles et les solutions proposés sont soumis à l'évaluation des pairs qui en apprécient la pertinence logique et expérimentale par rapport au savoir établi. » (M. Larochelle et J. Désautels, 1992)

Ce débat scientifique se poursuit encore aujourd'hui, selon un jeu très élaboré de discussions théoriques, d'expériences, de pressions sociales, culturelles, économiques et politiques, d'opinions personnelles et de besoins de reconnaissance et d'acceptation par des pairs. L'élève se rendra compte que bien qu'il puisse y avoir des changements majeurs dans notre compréhension du monde lors de découvertes scientifiques révolutionnaires, une grande partie de cette compréhension est plutôt le fruit de l'accumulation constante et progressive de connaissances.

La **technologie** se préoccupe principalement de proposer des solutions à des problèmes soulevés lorsque les humains cherchent à s'adapter à l'environnement. Il faut bien saisir que la technologie comprend beaucoup plus que les connaissances et les habiletés liées aux ordinateurs et à leurs applications. La technologie est à la fois une forme de savoir qui exploite les concepts et les habiletés des autres disciplines, y compris les sciences. Mais c'est aussi l'application de ces connaissances pour satisfaire un besoin ou pour résoudre un problème à l'aide de matériaux, d'énergie et d'outils de toutes sortes.

« On peut considérer la technologie comme : un outil ou une machine; un procédé, un système, un environnement, une épistémologie, une éthique; l'application systématique de connaissances, de matériel, d'outils et d'aptitudes pour étendre les capacités humaines. » (Ministère de l'Éducation et de la Formation professionnelle Manitoba, 1998a)



La technologie a des répercussions sur les procédés et les systèmes, sur la société et sur la façon dont les gens pensent, perçoivent et définissent leur monde.

Le cours de Chimie 11<sup>e</sup> année souligne à la fois les distinctions et les relations entre les sciences et la technologie. La figure 2 illustre comment les sciences et la technologie diffèrent dans leur but, leur procédé et leurs produits, bien qu'en même temps elles interagissent entre elles.

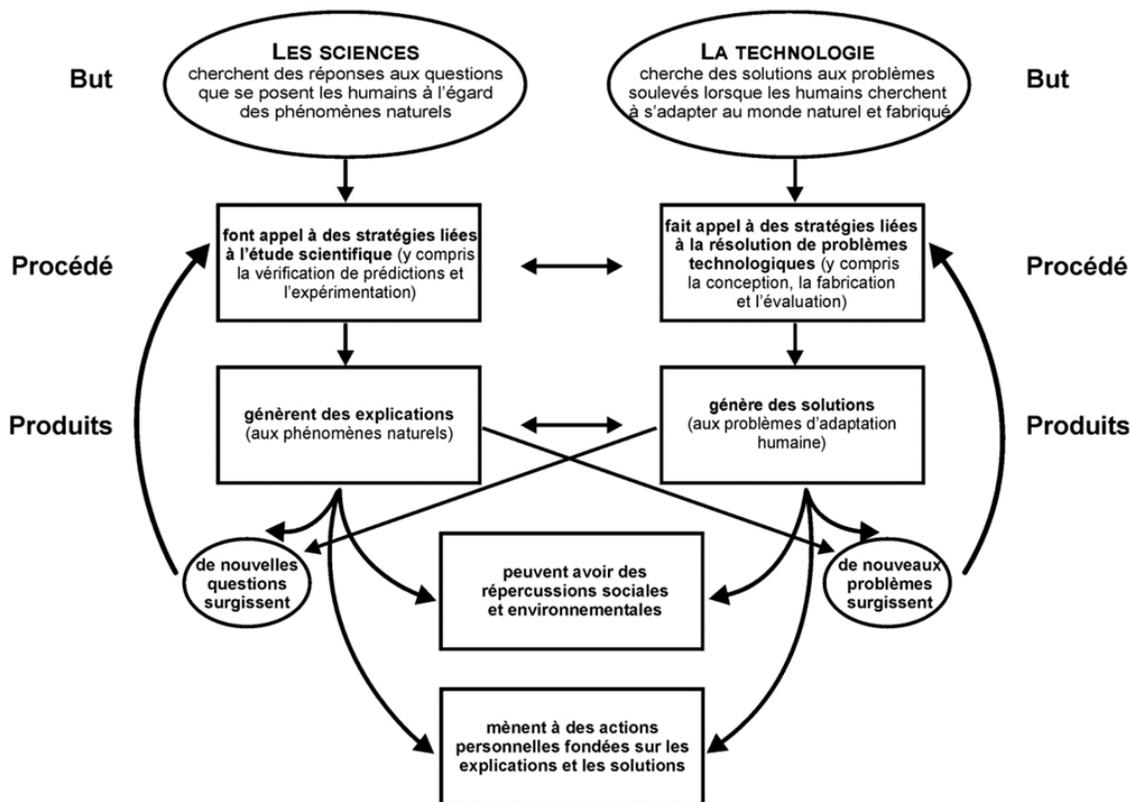


Fig. 2 – Les sciences et la technologie : Leur nature et leurs interactions

Tiré de *Science and Technology Education for the Elementary Years : Frameworks for Curriculum and Instruction*, par Bybee, Rodger W., ©The Network, Inc. (adaptation autorisée).

*Les résultats d'apprentissage généraux (RAG) suivants définissent les attentes liées à ce premier principe de base.*

## Résultats d'apprentissage généraux – Nature des sciences et de la technologie

Une fois sa formation scientifique au primaire, à l'intermédiaire et au secondaire complétée, l'élève sera apte à :

- A1** reconnaître à la fois les capacités et les limites des sciences comme moyen de répondre à des questions sur notre monde et d'expliquer des phénomènes naturels;
- A2** reconnaître que les connaissances scientifiques se fondent sur des données, des modèles et des explications et évoluent à la lumière de nouvelles données et de nouvelles conceptualisations;
- A3** distinguer de façon critique les sciences de la technologie, en fonction de leurs contextes, de leurs buts, de leurs méthodes, de leurs produits et de leurs valeurs;
- A4** identifier et apprécier les contributions qu'ont apportées des femmes et des hommes issus de diverses sociétés et cultures à la compréhension de notre monde et à la réalisation d'innovations technologiques;
- A5** reconnaître que les sciences et la technologie interagissent et progressent mutuellement.

## B – Sciences, technologie, société et environnement (STSE)

Une compréhension des interactions STSE est essentielle à la culture scientifique. En fait, en étudiant le contexte historique, l'élève en vient à apprécier comment les traditions culturelles et intellectuelles ont influencé les questions et les méthodologies scientifiques et comment, en retour, les sciences et la technologie ont influencé le domaine plus large des idées.

De nos jours, la majorité des scientifiques travaillent dans le secteur privé. Leurs projets sont plus souvent poussés par des besoins sociétaux et environnementaux que par la recherche pure. Pourtant, plusieurs solutions technologiques ont donné lieu à des problèmes sociaux et environnementaux. L'élève, en tant que citoyenne ou citoyen de l'avenir, doit reconnaître le potentiel que représente la culture scientifique pour habiliter les personnes, les communautés et la société démocratique dans son ensemble à prendre des décisions.

« Il n'existe pas de plus grande contribution ou d'élément plus essentiel pour les stratégies environnementales à long terme pour un développement durable, respectueux de l'environnement [...], que l'éducation des générations suivantes en matière d'environnement. » (UNESCO, 1988)

Les connaissances scientifiques sont nécessaires, mais elles ne suffisent pas par elles-mêmes à faire comprendre les interactions entre les sciences, la technologie, la société et l'environnement.



Pour saisir ces interactions, il est essentiel que l'élève comprenne les valeurs liées aux sciences, à la technologie, à la société et à l'environnement.

Pour parvenir à cette culture scientifique, l'élève doit reconnaître l'importance du développement durable. Le développement durable est un modèle de prise de décisions qui considère les besoins des générations présentes et futures, et qui tient compte à la fois de *l'environnement*, de *la santé et du bien-être humains*, et de *l'activité économique*. Il vise un équilibre harmonieux entre ces trois sphères.

- *Santé et bien-être durable des humains* : cela signifie que les gens coexistent dans l'harmonie au sein de leur communauté locale, nationale et mondiale, et avec la nature. Une société viable est une société qui est saine sur les plans physique, psychologique, spirituel et social, et qui accorde une importance primordiale au bien-être des particuliers, des familles et des collectivités.
- *Environnement durable* : il s'agit d'un environnement où les processus essentiels au maintien de la vie et les ressources naturelles de la Terre sont préservés et régénérés.
- *Économie durable* : c'est une économie qui permet un accès équitable aux ressources et qui offre des débouchés à tous. Elle se caractérise par des décisions, des politiques et des pratiques de développement qui respectent les réalités et les différences culturelles et qui ménagent les ressources de la planète. Une économie durable se remarque à la mise en œuvre de décisions, de politiques et de pratiques de façon à limiter au maximum leurs effets sur les ressources et à maximiser la régénération de l'environnement naturel.

Les décisions ou changements se rapportant à l'un ou l'autre de ces trois éléments - santé et bien-être des humains, environnement et économie - ont de grandes répercussions sur les deux autres et donc, sur notre *qualité de vie*. La prise de décisions doit tenir compte des trois éléments de façon à assurer une qualité de vie équitable, raisonnable et durable pour tous.

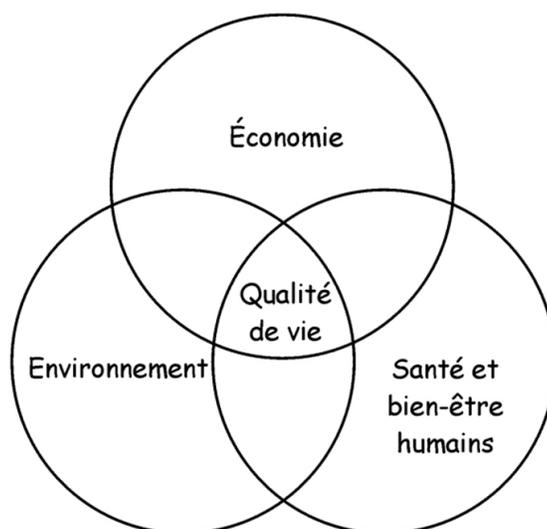


Fig. 3 - Le développement durable



Nous encourageons les enseignantes et enseignants à consulter *L'éducation pour un avenir viable* (Éducation, Formation professionnelle et Jeunesse Manitoba, 2001). Ce document présente des façons d'incorporer des préceptes, principes et pratiques favorisant un environnement d'apprentissage menant les élèves vers un avenir engagé à l'égard de la viabilité de la planète.

Le développement durable va de pair avec les principes de responsabilité sociale et d'équité. Williams (1994) estime que le concept d'équité est essentiel à la réalisation de la durabilité. Cela sous-entend l'équité entre les nations, au sein des nations, entre les humains et les autres espèces ainsi qu'entre les générations actuelles et à venir.

Le développement durable est également un processus de prise de décisions, une façon de penser, une philosophie et une éthique. La notion de compromis est une idée importante qui sous-tend la prise de décisions dans le contexte du développement durable. Pour atteindre l'équilibre nécessaire entre la santé et le bien-être humains, l'environnement et l'économie, il faudra recourir à certains compromis.

Au fur et à mesure que l'élève avance dans sa scolarité, elle ou il reconnaît et cerne diverses interactions STSE et applique ses habiletés de prise de décisions dans des contextes de plus en plus exigeants, tels qu'illustrés ci-après :

- **La complexité de la compréhension** – passer d'idées concrètes et simples à des concepts abstraits; passer d'une connaissance limitée des sciences à une connaissance plus profonde et plus large des sciences et du monde;
- **Les applications en contexte** – passer de contextes locaux et personnels à des contextes sociétaux et planétaires;
- **La considération de variables et de perspectives** – passer d'une ou de deux variables ou perspectives simples à un grand nombre d'entre elles à complexité croissante;
- **Le jugement critique** – passer de jugements simples sur le vrai ou le faux de quelque chose à des évaluations complexes;
- **La prise de décisions** – passer de décisions prises à partir de connaissances limitées et avec l'aide d'une enseignante ou d'un enseignant, à des décisions basées sur des recherches approfondies comportant un jugement personnel et prises de façon indépendante.

« Il est essentiel que le public se familiarise avec le concept du développement durable et ses pratiques dans le but de les comprendre. Si nous voulons changer notre style de vie, nous devons former les générations présentes et futures, et les munir des connaissances nécessaires pour assurer la mise en application du développement durable. » (Sustainability Manitoba, 1994) [traduction libre]



*Les résultats d'apprentissage généraux (RAG) suivants définissent les attentes liées à ce deuxième principe de base.*

## Résultats d'apprentissage généraux – Sciences, technologie, société et environnement (STSE)

Une fois sa formation scientifique au primaire, à l'intermédiaire et au secondaire complétée, l'élève sera apte à :

- B1** décrire des innovations scientifiques et technologiques, d'hier et d'aujourd'hui, et reconnaître leur importance pour les personnes, les sociétés et l'environnement à l'échelle locale et mondiale;
- B2** reconnaître que les poursuites scientifiques et technologiques ont été et continuent d'être influencées par les besoins des humains et le contexte social de l'époque;
- B3** identifier des facteurs qui influent sur la santé et expliquer des liens qui existent entre les habitudes personnelles, les choix de style de vie et la santé humaine aux niveaux personnel et social;
- B4** démontrer une connaissance et un intérêt personnel pour une gamme d'enjeux, de passe-temps et de métiers liés aux sciences et à la technologie;
- B5** identifier et démontrer des actions qui favorisent la durabilité de l'environnement, de la société et de l'économie à l'échelle locale et mondiale.



C – Habiletés et attitudes scientifiques et technologiques

Une culture scientifique qui découle d'une formation scientifique doit amener l'élève à répondre à des questions dans le cadre d'une étude scientifique, à résoudre des problèmes technologiques et à prendre des décisions. On se réfère à ces processus comme étant l'étude scientifique, la résolution de problèmes technologiques et la prise de décisions (voir la fig. 4). Bien que les habiletés et les attitudes comprises dans ces processus ne soient pas l'apanage exclusif des sciences, elles jouent un rôle important dans l'évolution d'une compréhension des sciences et dans l'application des sciences et de la technologie à des situations nouvelles.

	Étude scientifique	Résolution de problèmes technologiques (processus de design)	Prise de décisions
<b>But :</b>	Satisfaire sa curiosité à l'égard des événements et des phénomènes dans le monde naturel et fabriqué.	Composer avec la vie de tous les jours, les pratiques et les besoins des humains.	Identifier divers points de vue ou perspectives à partir de renseignements différents ou semblables.
<b>Procédé :</b>	Que savons-nous? Que voulons-nous savoir?	Comment pouvons-nous y arriver? La solution fonctionnera-t-elle?	Existe-t-il des solutions de rechange ou des conséquences? Quel est le meilleur choix en ce moment?
<b>Produit :</b>	Une compréhension des événements et des phénomènes dans le monde naturel et fabriqué.	Un moyen efficace d'accomplir une tâche ou de satisfaire un besoin.	Une décision avisée compte tenu des circonstances.
	Question scientifique	Problème technologique	Enjeu STSE
<b>Exemples :</b>	Pourquoi mon café refroidit-il si vite?  <i>Une réponse possible :</i> L'énergie calorifique est transférée par conduction, convection et rayonnement.	Quel matériau permet de ralentir le refroidissement de mon café?  <i>Une solution possible :</i> Le polystyrène (tasse) ralentit le refroidissement des liquides chauds.	Devrions-nous choisir des tasses en polystyrène ou en verre pour notre réunion?  <i>Une décision possible :</i> La décision éventuelle doit tenir compte de ce que dit la recherche scientifique et technologique à ce sujet ainsi que des facteurs tels que la santé, l'environnement, et le coût et la disponibilité des matériaux.

Fig. 4 – Les processus de la formation scientifique

Adaptation autorisée par le Minister of Learning de la province de l'Alberta (Canada), 2001.



- **Étude scientifique**

L'étude scientifique est une façon de comprendre un peu plus l'Univers. Cette étude exige la recherche d'explications de phénomènes. Il n'existe pas à proprement parler une seule méthode scientifique ni une seule séquence d'étapes à suivre pour réaliser une étude scientifique. C'est plutôt une approche systématique et critique qui caractérise l'ensemble du travail scientifique. L'élève doit apprendre les habiletés fondamentales à l'étude scientifique telles que le questionnement, l'observation, l'inférence, la prédiction, la mesure, l'hypothèse, la classification, la conception d'expériences, la collecte, l'analyse et l'interprétation de données; l'élève doit également développer des attitudes telles que la curiosité, le scepticisme et la créativité. Ces habiletés et attitudes sont souvent représentées comme un cycle qui comporte une phase de questionnement, la génération d'explications possibles et la collecte de données dans le but de déterminer l'explication la plus utile et la plus précise pour comprendre le phénomène à l'étude. En règle générale, de nouvelles questions peuvent surgir pour relancer le cycle.

- **Résolution de problèmes technologiques**

La résolution de problèmes technologiques amène l'élève à chercher des solutions aux problèmes qui se présentent lorsque les humains cherchent à s'adapter à l'environnement. De la maternelle à la 8<sup>e</sup> année, les élèves ont développé les habiletés et les attitudes nécessaires à la résolution de problèmes par l'entremise d'un cycle appelé le **processus de design**. Le processus de design comprend diverses étapes telles que la conception, la fabrication la mise à l'essai et l'évaluation d'un dispositif, d'un appareil, d'un système ou d'un procédé dans le but d'obtenir une solution optimale à un problème donné. Dans les années secondaires, les habiletés liées à la résolution de problèmes technologiques sont incorporées dans le processus de prise de décisions.

- **Enjeux STSE et prise de décisions**

L'élève, personnellement et en tant que citoyenne et citoyen du monde, doit être en mesure de prendre des décisions. Le processus de prise de décisions est un moyen d'analyser des questions et de faire un choix parmi différentes mesures. Les questions sont souvent complexes et ne donnent pas lieu à une réponse unique. Elles peuvent aussi susciter de la controverse lorsqu'elles portent sur des valeurs individuelles et collectives. Pour prendre une décision informée, les élèves doivent maîtriser les concepts scientifiques liés à la question et aussi être sensibilisés aux valeurs à l'origine d'une décision. Le processus de prise de décisions comprend une série d'étapes dont :

- cerner et clarifier la question;
- connaître les différents points de vue et/ou les personnes concernées par la question;
- évaluer d'un regard critique l'information disponible;
- déterminer les options possibles ou les positions adoptées sur le sujet;
- évaluer les répercussions liées aux options possibles ou aux positions adoptées sur le sujet;
- être sensibilisé aux valeurs pouvant orienter une décision;
- prendre une décision réfléchie et fournir des justifications;



- donner suite à une décision;
- réfléchir au processus.

Tout au long de sa formation en sciences, l'élève devrait prendre une part active dans des situations de prise de décisions. Celles-ci ne sont pas seulement importantes par elles-mêmes, mais elles fournissent également un contexte pertinent pour l'étude scientifique, la résolution de problèmes technologiques et l'étude des interactions STSE (voir la fig. 5).

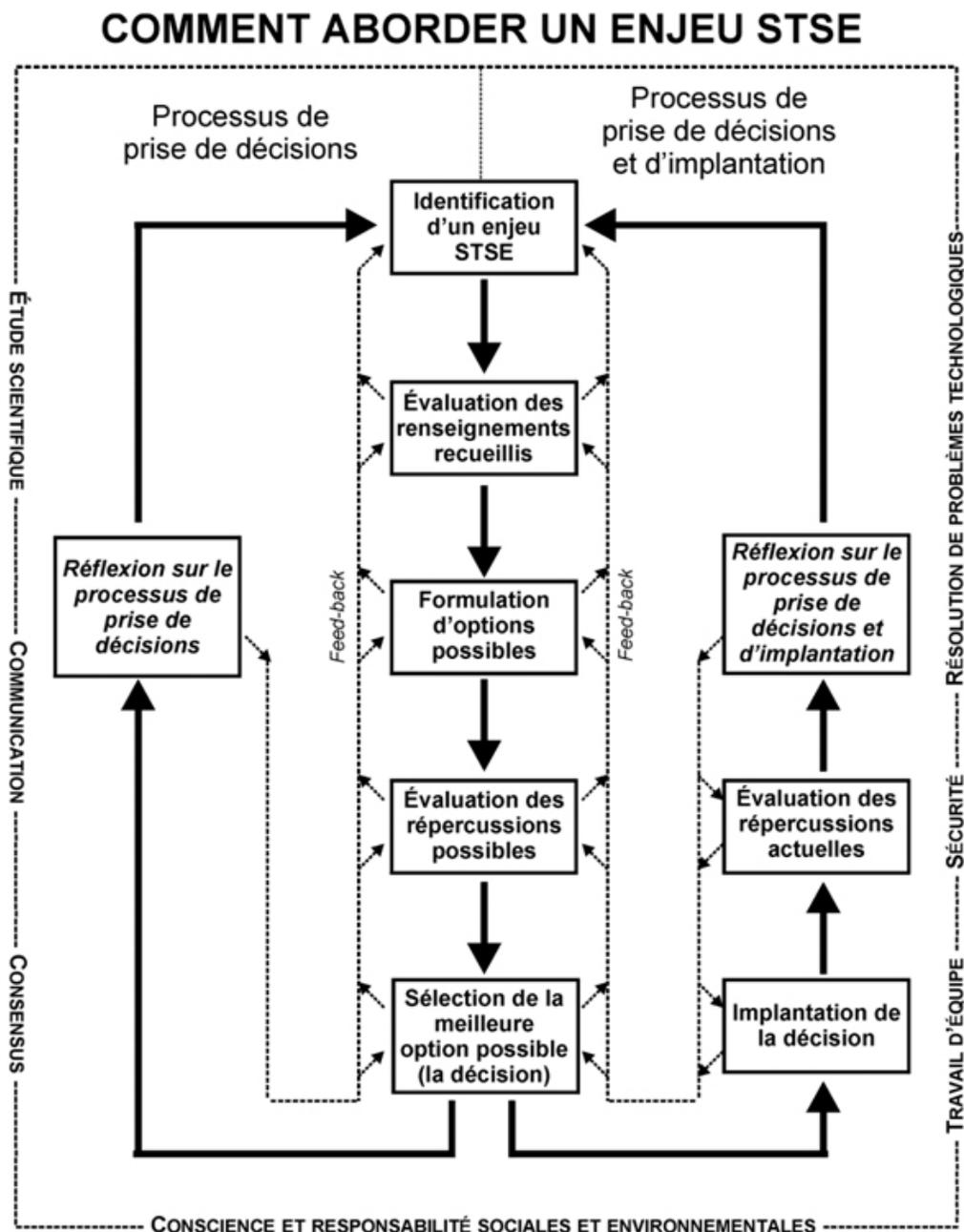


Fig. 5 – Étapes du processus de prise de décisions liées aux enjeux STSE



- **Attitudes**

L'étude scientifique, la résolution de problèmes technologiques et la prise de décisions dépendent toutes des attitudes. Ces attitudes ne s'acquièrent pas de la même façon que les habiletés et les connaissances. Elles sont mises en évidence par des manifestations non sollicitées au fil du temps. Le développement des attitudes est un processus permanent auquel participent le foyer, l'école, la communauté et la société en général. Le développement d'attitudes positives joue un rôle important dans l'épanouissement de l'élève.

*Les résultats d'apprentissage généraux (RAG) suivants définissent les attentes liées à ce troisième principe de base.*

### Résultats d'apprentissage généraux – Habiletés et attitudes scientifiques et technologiques

Une fois sa formation scientifique au primaire, à l'intermédiaire et au secondaire complétée, l'élève sera apte à :

- C1 reconnaître les symboles et les pratiques liés à la sécurité lors d'activités scientifiques et technologiques ou dans sa vie de tous les jours, et utiliser ces connaissances dans des situations appropriées;
- C2 démontrer des habiletés appropriées lorsqu'elle ou il entreprend une étude scientifique;
- C3 démontrer des habiletés appropriées lorsqu'elle ou il s'engage dans la résolution de problèmes technologiques;
- C4 démontrer des habiletés de prise de décisions et de pensée critique lorsqu'elle ou il adopte un plan d'action fondé sur de l'information scientifique et technologique;
- C5 démontrer de la curiosité, du scepticisme, de la créativité, de l'ouverture d'esprit, de l'exactitude, de la précision, de l'honnêteté et de la persistance, et apprécier l'importance de ces qualités en tant qu'états d'esprit scientifiques et technologiques;
- C6 utiliser des habiletés de communication efficaces et des technologies de l'information afin de recueillir et de partager des idées et des données scientifiques et technologiques;
- C7 travailler en collaboration et valoriser les idées et les contributions d'autrui lors de ses activités scientifiques et technologiques;
- C8 évaluer, d'une perspective scientifique, les idées et les renseignements rencontrés au cours de ses études et dans la vie de tous les jours.



## D – Les connaissances scientifiques essentielles

Le contenu notionnel des sciences comprend notamment des théories, des modèles, des concepts, des principes et des faits essentiels à la compréhension des sciences de la vie, des sciences physiques et des sciences de la Terre et de l'espace.

- **Les sciences de la vie** se préoccupent de la croissance et des interactions des êtres vivants dans leur environnement, de façon à refléter leur caractère unique, leur diversité, leur continuité génétique et leur nature changeante. Les sciences de la vie comprennent l'étude des organismes (dont les humains), des écosystèmes, de la biodiversité, de la cellule, de la biochimie et de la biotechnologie.
- **Les sciences physiques**, qui englobent la chimie et la physique, se préoccupent de la matière, de l'énergie et des forces. La matière a une structure, et des interactions multiples existent entre ses composantes. L'énergie relie la matière aux forces gravitationnelle, électromagnétique et nucléaire de l'Univers. Les sciences physiques traitent des lois de la conservation de la masse et de l'énergie, de la quantité de mouvement et de la charge.
- **Les sciences de la Terre et de l'espace** fournissent à l'élève des perspectives mondiales et universelles sur ses connaissances. La Terre a une forme, une structure et des régularités de changement, tout comme le système solaire qui l'entoure et l'Univers physique au-delà de celui-ci. Les sciences de la Terre et de l'espace comprennent des domaines d'études comme la pédologie, la géologie, la météorologie, l'hydrologie et l'astronomie.

*Les résultats d'apprentissage généraux (RAG) suivants définissent les attentes liées à ce quatrième principe de base.*

### Résultats d'apprentissage généraux – Connaissances scientifiques essentielles

Une fois sa formation scientifique au primaire, à l'intermédiaire et au secondaire complétée, l'élève sera apte à :

- D1** comprendre les structures et les fonctions vitales qui sont essentielles et qui se rapportent à une grande variété d'organismes, dont les humains;
- D2** comprendre diverses composantes biotiques et abiotiques, ainsi que leurs interactions et leur interdépendance au sein d'écosystèmes y compris la biosphère en entier;
- D3** comprendre les propriétés et les structures de la matière ainsi que diverses manifestations et applications communes des actions et des interactions de la matière;
- D4** comprendre comment la stabilité, le mouvement, les forces ainsi que les transferts et les transformations d'énergie jouent un rôle dans un grand nombre de contextes naturels et fabriqués;



- D5** comprendre la composition de l'atmosphère, de l'hydrosphère et de la lithosphère ainsi que des processus présents à l'intérieur de chacune d'elles et entre elles;
- D6** comprendre la composition de l'Univers et les interactions en son sein ainsi que l'impact des efforts continus de l'humanité pour comprendre et explorer l'Univers.

### E – Les concepts unificateurs

Les concepts unificateurs permettent d'établir des liens à l'intérieur des disciplines scientifiques et entre elles. Ce sont des idées clés qui sous-tendent et relient entre elles toutes les connaissances scientifiques. De plus, les concepts unificateurs s'étendent dans des disciplines telles que les mathématiques et les sciences humaines. En conséquence, les concepts unificateurs aident l'élève à se construire une compréhension plus globale des sciences et de leur rôle dans la société. Les quatre concepts unificateurs qui suivent ont servi à l'élaboration de ce document de mise en œuvre de Chimie 11<sup>e</sup> année.

- **Similarité et diversité**

Les concepts de similarité et de diversité fournissent des outils permettant d'organiser nos expériences avec le monde. En commençant par des expériences non structurées, l'élève apprend à reconnaître divers attributs d'objets, de substances, de matériaux, d'organismes et d'événements, ce qui lui permet de faire des distinctions utiles entre ces attributs et parmi eux. Au fur et à mesure que s'élargissent ses connaissances, elle ou il apprend à se servir de procédures et de protocoles couramment acceptés pour décrire et classer des substances, des organismes et des événements qu'elle ou il rencontre, ce qui l'aide à mieux partager ses idées avec autrui et à réfléchir à ses expériences.

- **Systèmes et interactions**

Concevoir le tout en fonction de ses parties et, inversement, comprendre les parties en fonction du tout sont deux aspects importants de la compréhension et de l'interprétation du monde. Un système est un ensemble d'éléments qui interagissent les uns avec les autres; l'effet global de ces interactions est souvent plus grand que celui des parties individuelles du système, et cela même quand on additionne simplement l'effet de chacune des parties. L'élève a l'occasion d'étudier à la fois les systèmes naturels et technologiques.

- **Changement, constance et équilibre**

Les concepts de constance et de changement sous-tendent la plupart des connaissances sur le monde naturel et fabriqué. Grâce à l'observation, l'élève apprend que certains attributs d'objets, de substances, de matériaux, d'organismes et de systèmes demeurent constants au fil du temps, tandis que d'autres changent. Au cours de ses études scientifiques, l'élève apprend à comprendre le déroulement de divers processus ainsi que les conditions nécessaires au changement, à la constance et à l'équilibre.



- **Énergie**

La notion d'énergie est un outil conceptuel qui rassemble plusieurs connaissances liées aux phénomènes naturels, aux objets, aux substances, aux matériaux et aux processus de changement. L'énergie – qu'elle soit transmise ou transformée – permet à la fois le mouvement et le changement. L'élève apprend à décrire l'énergie par ses effets et ses manifestations, et à acquérir au fil du temps un concept de l'énergie comme élément inhérent des interactions des substances, des fonctions vitales et du fonctionnement des systèmes.

*Les résultats d'apprentissage généraux (RAG) suivants définissent les attentes liées à ce cinquième principe de base.*

### Résultats d'apprentissage généraux – Concepts unificateurs

Une fois sa formation scientifique au primaire, à l'intermédiaire et au secondaire complétée, l'élève sera apte à :

- E1 décrire et apprécier les similarités et les différences parmi les formes, les fonctions et les régularités du monde naturel et fabriqué;
- E2 démontrer et apprécier comment le monde naturel et fabriqué est composé de systèmes et comment des interactions ont lieu au sein de ces systèmes et entre eux;
- E3 reconnaître que des caractéristiques propres aux matériaux et aux systèmes peuvent demeurer constantes ou changer avec le temps et décrire les conditions et les processus en cause;
- E4 reconnaître que l'énergie, transmise ou transformée, permet à la fois le mouvement et le changement, et est intrinsèque aux matériaux et à leurs interactions.

### 3. L'APPRENTISSAGE EN SCIENCES DE LA NATURE

#### Des principes découlant de la psychologie cognitive

L'apprentissage des sciences s'inscrit dans l'évolution personnelle de l'élève qui doit se responsabiliser graduellement par rapport à la construction de ses savoirs scientifiques et à leur utilisation dans des contextes de plus en plus variés et complexes. Tout apprentissage est un cheminement dans lequel l'élève élargit progressivement son champ d'autonomie. Les recherches dans le domaine de la psychologie cognitive ont permis de dégager des principes d'apprentissage qui permettent de porter un regard nouveau sur les actes pédagogiques les plus susceptibles de favoriser l'acquisition, l'intégration et la réutilisation des connaissances.



- L'apprentissage est plus efficace et plus durable lorsque l'élève est actif dans la construction de son savoir : l'acquisition de connaissances ou l'intériorisation de l'information est un processus personnel et progressif qui exige une activité mentale continue.
  - L'apprentissage est plus efficace lorsque l'élève réussit à établir des liens entre les nouvelles connaissances et les connaissances antérieures.
- « Pour apprendre quelque chose aux gens, il faut mélanger ce qu'ils connaissent avec ce qu'ils ignorent. » (Pablo Picasso)
- L'organisation des connaissances en réseaux favorise chez l'élève l'intégration et la réutilisation fonctionnelle des connaissances : plus les connaissances sont organisées sous forme de schémas ou de réseaux, plus il est facile pour l'élève de les retenir et de les récupérer de sa mémoire.
  - L'acquisition des stratégies cognitives (qui portent sur le traitement de l'information) et métacognitives (qui se caractérisent par une réflexion sur l'acte cognitif lui-même ou sur le processus d'apprentissage) permet à l'élève de réaliser le plus efficacement possible ses projets de communication et, plus globalement, son projet d'apprentissage.
  - La motivation scolaire repose sur les perceptions qu'a l'élève de ses habiletés, de ses capacités d'apprentissage, de la valeur et des difficultés de la tâche et, enfin, de ses chances de réussite. La motivation scolaire détermine le niveau de son engagement, le degré de sa participation et la persévérance qu'elle ou il apportera à la tâche.

#### D'autres considérations liées à l'apprentissage

L'apprentissage est plus efficace lorsque le caractère unique de l'élève est mis en ligne de compte. Pour cette raison, différentes situations d'apprentissage doivent être offertes aux élèves afin de respecter leurs intelligences, leurs différences cognitives, sociales, culturelles ainsi que leur rythme d'apprentissage. L'apprentissage est plus efficace aussi lorsque les activités proposées en classe sont signifiantes, pertinentes, intéressantes, réalisables, axées sur des expériences concrètes d'apprentissage et liées à des situations de la vie de tous les jours. Enfin, l'apprentissage est plus efficace lorsque les élèves se sentent acceptés par l'enseignante ou l'enseignant et par leurs camarades de classe. Plus le climat d'apprentissage est sécurisant, plus les élèves sont en mesure de prendre des risques et de poser des questions qui mènent à une meilleure compréhension.

#### L'élève de la 11<sup>e</sup> année et le milieu d'apprentissage des sciences

La compréhension qu'ont les enseignants des qualités uniques de chaque élève et de leurs façons d'apprendre va les aider à prendre des décisions concernant le contenu du cours, les ressources et documents pédagogiques, ainsi que les méthodes d'évaluation et d'enseignement. Au cours des dernières décennies, la psychologie cognitive, la technologie de l'imagerie cérébrale et la théorie des intelligences multiples ont transformé notre compréhension de l'apprentissage. Le perfectionnement professionnel continu est important pour les enseignants étant donné qu'ils cherchent à mettre à jour leur connaissance du processus de l'apprentissage.



Les élèves que les enseignants rencontrent aujourd'hui sont différents à de nombreux égards des élèves de la génération précédente. Les élèves sont plus susceptibles de vivre dans une famille monoparentale ou dans une famille reconstituée. Un plus grand nombre occupent un emploi à temps partiel. Les élèves sont plus avancés dans leurs connaissances et leur utilisation de la technologie de l'information, et une grande partie de leur compréhension du monde vient de la télévision. Les classes sont plus susceptibles d'être variées sur le plan ethnique. Les relations familiales, les expériences de culture générale et de la vie, la personnalité, les intérêts, les méthodes d'apprentissage, le statut socio-économique et le rythme du développement influent tous sur la capacité qu'a un élève d'apprendre.

### **Caractéristiques des apprenants de la 11<sup>e</sup> année**

Pour un grand nombre des élèves, la 11<sup>e</sup> année est une année stable et productive. De nombreux élèves de 11<sup>e</sup> année ont acquis un degré de sécurité au sein de leur groupe affinitaire ainsi qu'un sentiment d'appartenance à l'école. Ils font preuve d'une maturité de plus en plus grande par rapport aux libertés et responsabilités de la fin de l'adolescence : relations romantiques, emplois à temps partiel, permis de conduire. En 11<sup>e</sup> année, la plupart des élèves ont beaucoup d'énergie et une plus grande capacité sur le plan de la pensée abstraite et de la pensée critique. Un grand nombre d'entre eux sont prêts à s'exprimer avec confiance et à prendre des risques créateurs et intellectuels. Les pressions et préoccupations ou les préparatifs liés à la remise des diplômes, les études postsecondaires ou les emplois à temps plein ne viendront que dans un an. Pour de nombreux élèves, la 11<sup>e</sup> année est peut-être l'année scolaire la plus profitable de leur secondaire.

Bien qu'un grand nombre des élèves de la 11<sup>e</sup> année s'acquittent de nouvelles responsabilités et gèrent leur temps avec facilité, d'autres ont par contre de la difficulté. Les intérêts externes peuvent sembler plus importants que l'école. En raison de leur autonomie accrue, les élèves qui avaient auparavant des problèmes à gérer leur comportement à l'école peuvent maintenant exprimer leurs difficultés par une piètre assiduité, la consommation d'alcool ou de drogues ou d'autres comportements qui le mettent à risque. Les élèves qui ont de la difficulté à contrôler leur vie et leurs situations peuvent faire des choix qui semblent aux enseignants contraires à leurs meilleurs intérêts. La communication avec les parents et la sensibilisation à ce que vivent leurs élèves en dehors de l'école continuent d'être des aspects importants pour les enseignants de la 11<sup>e</sup> année. Bien que l'écart au plan du développement qui est évident dans les années précédentes ait diminué, les élèves de la 11<sup>e</sup> année peuvent quand même changer beaucoup dans l'espace d'un an, ou même d'un semestre. Les enseignants doivent être sensibles à l'ambiance dynamique en salle de classe et savoir reconnaître les changements au niveau des intérêts, des capacités et des besoins lorsqu'ils se produisent de façon à pouvoir adapter les expériences d'apprentissage de leurs élèves.



Le tableau des pages suivantes énumère certaines caractéristiques de la fin de l'adolescence observées dans des études pédagogiques (Glatthorn, 1993; Maxwell et Meiser, 1997; Probst, 1988) et par les enseignants du Manitoba, et traite des répercussions de ces caractéristiques pour les enseignants.

<b>Apprenants de la 11<sup>e</sup> année : Répercussions pour les enseignants</b>	
<b>Caractéristiques des apprenants de la 11<sup>e</sup> année</b>	<b>Importance pour les enseignants de la 11<sup>e</sup> année</b>
<b>Caractéristiques cognitives</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La plupart des apprenants de la 11<sup>e</sup> année peuvent faire preuve d'une pensée abstraite et sont en train de réviser leur raisonnement concret et de le transformer en une compréhension plus intégrale de principes.</li> <li>▪ Les élèves sont moins absolus dans leur raisonnement, plus en mesure de tenir compte de divers points de vue. Ils reconnaissent que les connaissances peuvent être apparentées au contexte.</li> <li>▪ De nombreux processus d'apprentissage de base sont devenus automatiques en 11<sup>e</sup> année, ce qui libère les élèves et leur permet de se concentrer sur l'apprentissage complexe.</li> <li>▪ Les élèves ont une compréhension de soi plus nette et ont acquis une expertise et des intérêts spécialisés. Ils ont besoin de faire le lien entre ce qu'ils apprennent et tout ce qui est extérieur à l'école.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Enseigner en fonction de la vue d'ensemble. Aider les élèves à créer des liens entre ce qu'ils savent déjà et ce qu'ils apprennent. Être au courant des différences individuelles et construire des ponts pour les élèves qui font preuve d'un raisonnement concret.</li> <li>▪ Mettre l'accent sur l'acquisition d'habiletés en matière de résolution de problèmes et de pensée critique, plus particulièrement les habiletés reliées à la prise de décisions et à la STSE.</li> <li>▪ Cerner les connaissances, habiletés et stratégies que les élèves possèdent déjà et monter le cours autour de nouveaux défis. Au moyen d'une évaluation, identifier les élèves qui n'ont pas maîtrisé les processus d'apprentissage en 11<sup>e</sup> année et leur donner un soutien et une aide supplémentaires</li> <li>▪ Utiliser des stratégies qui améliorent la métacognition des élèves. Encourager les élèves à acquérir des habiletés scientifiques par l'exploration de domaines d'intérêt. Mettre l'accent sur les spécialistes en classe et inviter les élèves qui ont des intérêts personnels à enrichir l'expérience d'apprentissage de l'ensemble de la classe.</li> </ul>
<b>Caractéristiques psychologiques et affectives</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Il est important pour les élèves de la 11<sup>e</sup> année de constater que leur autonomie et nouvelle indépendance sont respectées. Ils ont besoin d'exercer un certain contrôle sur ce qui leur arrive à l'école.</li> <li>▪ Les élèves se préparent à assumer des rôles de direction au sein de l'école et peuvent avoir des liens plus grands avec les dirigeants de leurs collectivités.</li> <li>▪ Les élèves doivent comprendre l'objet et la pertinence des pratiques, politiques et processus. Ils peuvent exprimer leur indépendance accrue par un cynisme généralisé au sujet de l'autorité et des institutions.</li> <li>▪ Les élèves de la 11<sup>e</sup> année ont un sens plus net de l'identité qu'auparavant et sont en mesure d'être plus réfléchis et plus conscients de soi. Certains élèves sont davantage prêts à s'exprimer et à communiquer leurs pensées et idées.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Donner un choix. Permettre aux élèves de choisir un grand nombre des ressources qu'ils examineront et des formes qu'ils utiliseront pour faire la démonstration de leur apprentissage. Collaborer avec les élèves à l'évaluation. Enseigner aux élèves à être des apprenants indépendants. Donner graduellement plus de responsabilités aux élèves.</li> <li>▪ Donner aux élèves des occasions d'assumer une direction au sein de la classe et leur donner un forum pour qu'ils mettent en pratique l'art de parler en public et l'animation de groupe.</li> <li>▪ Utiliser la tendance qu'ont les élèves à remettre en question les mœurs sociales pour les aider à acquérir une pensée critique. Négocier des politiques et faire preuve d'une volonté de faire des compromis. Utiliser les questions des élèves pour alimenter l'interrogation en salle de classe.</li> <li>▪ Donner des occasions facultatives et graduelles de révélation de soi. Inviter les élèves à explorer et à s'exprimer par leur travail. Célébrer les différences entre les élèves.</li> </ul>



Caractéristiques physiques	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Un grand nombre des élèves de la 11<sup>e</sup> année ont atteint leur apparence physique adulte. D'autres, en particulier les garçons, sont encore à une étape d'une croissance extrêmement rapide et font l'expérience d'une image corporelle changeante et de la conscience de soi.</li> <li>Dès la 11<sup>e</sup> année, les élèves sont en mesure de rester assis et de se concentrer sur une tâche d'apprentissage pendant des périodes plus longues qu'auparavant, mais ils ont encore besoin d'interaction et de variété. Ils ont beaucoup d'énergie.</li> <li>Les élèves de la 11<sup>e</sup> année ont encore plus besoin d'heures de sommeil que les adultes, et peuvent se présenter à l'école fatigués en raison d'emplois à temps partiel ou d'une surcharge d'activités.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Être sensibles au risque que les élèves peuvent ressentir dans des prestations publiques et accroître graduellement les attentes. Donner aux élèves des renseignements positifs à leur sujet.</li> <li>Mettre l'énergie physique au service de l'apprentissage actif au lieu d'essayer de la contenir. Donner de la variété; modifier le rythme fréquemment; utiliser des expériences d'apprentissage kinesthésiques.</li> <li>Savoir que l'inertie et l'indifférence peuvent être le résultat de la fatigue. Collaborer avec les élèves pour établir des objectifs et planifier des activités de façon réaliste afin que le travail scolaire ait une priorité plus élevée.</li> </ul>
Caractéristiques morales et éthiques	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Les élèves de la 11<sup>e</sup> année s'emploient à acquérir une éthique personnelle au lieu de suivre un ensemble de valeurs attribué et un code de comportement.</li> <li>Les élèves sont sensibles à l'injustice personnelle ou systémique, mais sont de plus en plus réalistes quant aux facteurs qui ont une incidence sur le changement social.</li> <li>Les élèves font la transition entre un point de vue égocentrique du monde et un point de vue axé sur les rapports et la collectivité. Ils sont en mesure de reconnaître différents points de vue et de s'adapter à des situations difficiles.</li> <li>Les élèves deviennent réalistes quant à la complexité des responsabilités à l'âge adulte, mais résistent à l'autorité arbitraire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Explorer la signification sur le plan de l'éthique de situations de la vie dans des contextes de vie et des contextes scientifiques. Donner aux élèves des occasions de révéler leurs pensées dans la discussion, la rédaction ou la représentation.</li> <li>Explorer de quelles façons les activités relatives à la prise de décisions peuvent influencer sur le changement social, et faire un lien avec le continuum des sciences, de la technologie, de la société et de l'environnement.</li> <li>Donner aux élèves des occasions de prendre des engagements et d'y donner suite, en plus de peaufiner leurs habiletés interactives.</li> <li>Expliquer la raison d'être de chaque expérience d'apprentissage. Obtenir la collaboration des élèves dans l'élaboration des politiques s'appliquant à la salle de classe. Chercher l'uniformité.</li> </ul>
Caractéristiques sociales	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dès la 11<sup>e</sup> année, certaines personnes vont prendre des risques en assumant une identité individuelle. Cependant, de nombreux élèves continuent de se préoccuper énormément de ce que pensent leurs pairs, comment ils jugent leur apparence et leur comportement. Une grande partie de leur sentiment de soi provient des pairs, avec lesquels ils peuvent adopter une « conscience collective » au lieu de prendre des décisions de façon autonome.</li> <li>Les adolescents expriment fréquemment leur identification à des groupes de pairs par l'emploi du jargon, leurs choix musicaux, leur habillement, leurs décorations corporelles et leur comportement.</li> <li>Les peines d'amour, les crises d'amitié et une préoccupation au sujet des rapports peuvent distraire les élèves de leurs travaux scolaires.</li> <li>Les élèves commencent à reconnaître les enseignants comme des personnes et apprécient une relation personnelle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Veiller à ce que la salle de classe offre un climat d'acceptation. Modéliser le respect pour chaque élève. Utiliser les expériences d'apprentissage qui favorisent l'autoréflexion et la compréhension de soi chez les élèves. Mettre les élèves au défi de porter des jugements personnels sur des situations de la vie et de leur environnement naturel.</li> <li>Favoriser une culture et une identité de classe. Veiller à ce que chaque élève soit inclus et valorisé. Structurer l'apprentissage de façon à ce que les élèves puissent interagir avec leurs pairs et enseigner des stratégies pour une interaction efficace.</li> <li>Ouvrir la porte aux élèves pour étudier les relations dans les sciences, par exemple, par des biographies de scientifiques. Respecter la confidentialité, sauf si la sécurité de l'élève est à risque.</li> <li>Entretenir et profiter des rapports avec chaque élève. Essayer de découvrir des points d'intérêt communs avec chaque élève. Répondre avec ouverture, empathie et chaleur.</li> </ul>

Fig. 6 – *Caractéristiques des apprenants de la 11<sup>e</sup> année*. Traduit et adapte d'Éducation et Formation professionnelle Manitoba, *Senior 3 English Language Arts : A Foundation for Implementation* (Winnipeg, MB : Education et Formation professionnelle Manitoba, 1999) Sections 1-4 a 1-5.



**Créer un environnement d'apprentissage stimulant**

Une classe de sciences vitale émerge d'un environnement physique stimulant et invitant, et s'y reflète. Bien que les ressources et les réalités physiques des salles de classe varient, une salle de classe de sciences bien équipée offre ou contient un éventail de ressources qui aident à stimuler l'apprentissage. Il est utile de faire participer les élèves à la conception de la salle de classe.

Les façons de créer un environnement d'apprentissage stimulant comprennent ce qui suit :

- **Disposition souple des places** : Utiliser des tables ou des pupitres mobiles pour aménager des dispositions qui reflètent une doctrine axée sur l'élève et qui permettent aux élèves d'interagir dans diverses configurations.
- **Un environnement médiatique** : Avoir en salle de classe une bibliothèque pour les lectures auto sélectionnées. La bibliothèque dans la salle de classe peut comprendre des magazines scientifiques, des articles de journaux, des bulletins de nouvelles, des articles parus sur Internet, des ouvrages de science-fiction et des travaux publiés par les élèves. Les ouvrages de référence en salle de classe pourraient comprendre des dictionnaires et des encyclopédies des sciences, des livres de faits, des logiciels et des titres sur CD-ROM, des applications sur tablettes, des examens antérieurs réunis dans des reliures et des manuels.
- **Accès au matériel électronique** : Donner l'accès à un ordinateur ou tablette, un téléviseur, un lecteur DVD et un enregistreur vidéo, si possible.
- **Panneaux synoptiques** : Poser des affiches, créer un panthéon de la renommée, accrocher des murales et des banderoles qui célèbrent les réalisations des élèves. Les changer fréquemment de façon à refléter les intérêts des élèves et leur participation active à la classe de sciences.
- **Exposer des objets et des artefacts** : avoir des modèles, des photos, des reproductions artisanales, des cartes, des articles de magazines et de journaux, etc., dans votre salle de classe pour stimuler l'interrogation et exprimer le lien entre la salle de classe et le monde extérieur.
- **Communication** : Afficher des listes de contrôle, des processus et des stratégies pour faciliter et encourager l'apprentissage indépendant par les élèves. Fournir un babillard pour les annonces administratives et les horaires.
- **Laboratoire bien équipé et sécuritaire** : L'accès régulier à un laboratoire de sciences bien équipé et sécuritaire encourage le développement d'habiletés de laboratoire importantes.



#### 4. DES CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES EN SCIENCES

##### La langue

De par leur nature, les sciences constituent un terrain fertile à l'apprentissage d'une langue seconde ou de la langue maternelle. L'étude scientifique, la résolution de problèmes technologiques et la prise de décisions STSE, par exemple, nécessitent des activités structurées, des interactions sociales et des réflexions abstraites faisant toutes appel à la communication orale ou écrite. Parallèlement, la langue est un outil indispensable à l'acquisition et à la transmission des savoirs scientifiques et technologiques. L'élève utilise la langue française pour donner du sens à ses apprentissages, pour se construire des savoirs, pour réfléchir à ses apprentissages, pour s'approprier des démarches d'apprentissage, pour nourrir sa pratique de la langue elle-même et pour élargir et affiner sa compréhension de la réalité qui l'entoure. Enfin, les sciences sont en quelque sorte une langue, spécialisée certes, qui exige des mécanismes d'apprentissage semblables à ceux déployés pour l'acquisition d'une langue.

La qualité du français parlé et écrit à l'école est une responsabilité partagée par tous les enseignants et ne relève pas uniquement des enseignants de langue. Dans cette optique, les programmes d'études en sciences de la nature favorisent l'emploi d'un vocabulaire précis et d'un style propre aux sciences. Une pédagogie qui valorise les fonctions de la langue dans l'apprentissage des sciences de la nature permet à l'élève d'acquérir des compétences langagières et disciplinaires, de s'approprier les nuances propres à la langue, d'être métacognitif en français et de développer un rapport positif à la langue.

##### Les sciences pour tous

Les programmes d'études manitobains visent à promouvoir l'apprentissage des sciences et la possibilité d'une carrière scientifique ou technologique pour tout élève, fille ou garçon. Les sciences ne sont plus un domaine réservé aux hommes, et il faut encourager autant les filles que les garçons à élargir leurs intérêts et à développer leurs talents par l'entremise de situations et de défis captivants et pertinents pour tous.

Dans le même ordre d'idée, les sciences intéressent et appartiennent à l'humanité entière dans toute sa diversité, que ce soit au niveau culturel, économique, personnel ou physique. Il faut à la fois respecter et promouvoir la diversité humaine à l'origine même des sciences et de la technologie, et s'assurer que toute personne intéressée par les sciences et la technologie peut les étudier et réaliser son potentiel.

##### L'éthique

L'étude des concepts scientifiques peut mener les élèves comme les enseignants à discuter de questions d'éthique. Par exemple, l'étude de la production de polymères synthétiques peut donner lieu à des discussions sur un déséquilibre potentiel entre l'activité économique et le respect de l'environnement et des cultures.



En effet, nombreux sont les enjeux soulevés en classe de sciences qui comporteront des conséquences environnementales, sociales ou morales. Comme ces enjeux tirent leur origine de l'étude scientifique, l'enseignement devrait en tenir compte. Il faut préciser cependant que les sciences ne fournissent qu'une toile de fond permettant la prise de décisions personnelles et collectives plus éclairées. Il incombe de gérer les discussions avec sensibilité et sans détour.

### La sécurité

Au fur et à mesure de leur scolarisation, les élèves sont appelés à être de plus en plus responsables lors d'activités scientifiques. En effet, la sécurité est une composante essentielle de la culture scientifique. L'observation des élèves au cours d'une activité menée dans la classe ou lors d'une excursion scolaire permet à l'enseignante ou à l'enseignant de déceler s'ils manifestent les habiletés et les attitudes de sécurité requises. Le document d'appui *La sécurité en sciences de la nature* (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur Manitoba, 2015) fournit de nombreuses précisions à ce sujet.

Généralement, les élèves du secondaire réalisent leurs expériences scientifiques ou observent une démonstration scientifique dans un laboratoire proprement dit. À mesure que les expériences ou les démonstrations faites en classes comportent un plus grand risque, l'enseignante ou l'enseignant doit s'assurer de disposer d'un local ou d'installations qui répondent aux exigences en matière de sécurité en sciences. Ces exigences sont décrites dans *La sécurité en sciences de la nature*.

Tout en exigeant un apprentissage en français de la sécurité en sciences, l'enseignante ou l'enseignant doit tenir compte des compétences langagières de chacun de ses élèves, et doit faire en sorte qu'aucun élève ne soit mis à risque simplement parce qu'elle ou il ne maîtrise pas suffisamment le français.



## 5. L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE

### La démarche à trois temps

L'apprentissage de l'élève est facilité, appuyé et encadré par une démarche pédagogique gérée par l'enseignante ou l'enseignant. Par mesure de cohérence, cette démarche doit s'inspirer des principes d'apprentissage mentionnés ci-contre. La figure 7 explique la démarche pédagogique à trois temps, qui comprend la préactivité, l'activiste proprement dite, et la postactivité.

APPRENTISSAGE DE L'ÉLÈVE	DÉMARCHE PÉDAGOGIQUE	
	OPÉRATIONNALISATION	ÉVALUATION FORMATIVE INTERACTIVE
<b>1<sup>er</sup> temps : Préparation de la situation d'apprentissage (la préactivité)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ L'élève se rappelle la situation d'apprentissage précédente ou des résultats de situations précédentes qu'elle ou il a vécues.</li> <li>■ L'élève formule ou s'approprie des objectifs d'apprentissage, les relie à son vécu et anticipe d'en tirer profit (d'où sa participation et son intérêt). L'élève considère aussi ses acquis en rapport avec les objectifs proposés.</li> <li>■ L'élève propose ou choisit une situation d'apprentissage et formule des questions et des réactions en rapport avec cette situation. L'élève cherche à se doter de ressources et d'outils et à créer un milieu propice à l'apprentissage, seul ou avec ses pairs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ L'enseignante ou l'enseignant facilite le retour de l'élève sur la situation d'apprentissage précédente ou sur les résultats d'expériences antérieures.</li> <li>■ L'enseignante ou l'enseignant présente les objectifs d'apprentissage, les rend significatifs et accessibles, les relie au vécu de l'élève et facilite la relation entre les acquis et les objectifs proposés.</li> <li>■ L'enseignante ou l'enseignant propose des situations d'apprentissage significatives et sécurise l'élève face au choix d'une situation, en précisant les attentes. Elle ou il facilite l'organisation des groupes et du milieu d'apprentissage (ressources et outils disponibles).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ L'enseignante ou l'enseignant observe les significations que l'élève dégage de ses expériences antérieures (attitudes, habiletés, connaissances).</li> <li>■ L'enseignante ou l'enseignant vérifie la compréhension par l'élève des objectifs. Elle ou il vérifie si les objectifs semblent être signifiants et pertinents et si l'élève a les acquis nécessaires pour poursuivre les objectifs proposés.</li> <li>■ L'enseignante ou l'enseignant vérifie que l'élève a compris les situations d'apprentissage et qu'elle ou il peut en dégager les significations. L'enseignante ou l'enseignant vérifie aussi si l'élève est à l'aise et de quelles façons elle ou il se prépare.</li> </ul>
<b>2<sup>e</sup> temps : Réalisation de la situation d'apprentissage (l'activité)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ L'élève traite du contenu d'apprentissage en explorant et en étudiant des phénomènes, des informations ou des sources de données (observation, interrogation, recherche, analyse, description, prédiction, formulation d'hypothèse, etc.).</li> <li>■ Elle ou il choisit et organise l'information (traitement de données, schématisation, synthèse, critique, etc.) pour la présenter à la fin (extrapolation, déduction, évaluation, conclusion, application).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ L'enseignante ou l'enseignant incite et guide l'élève dans sa recherche ou son expérimentation, en proposant des éléments de source ou de solution et en conscientisant l'élève aux techniques nécessaires pour puiser de l'information.</li> <li>■ L'enseignante ou l'enseignant guide aussi l'élève dans l'organisation et la présentation de son information et de ses résultats, lui proposant des pistes diverses et appropriées tout en lui aidant à prendre conscience de la démarche utilisée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ L'enseignante ou l'enseignant observe la démarche et les stratégies de l'élève dans son étude ou sa résolution de problèmes, tout en vérifiant son intérêt au niveau de la collecte de données, de l'organisation de l'information et de la présentation de ses résultats.</li> </ul>
<b>3<sup>e</sup> temps : Intégration de la situation d'apprentissage (la postactivité)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ L'élève effectue un retour (une réflexion) sur la situation d'apprentissage, en objective sa démarche et son produit, tire des conclusions, dégage des règles et principes, ou applique les résultats à une situation d'apprentissage analogue.</li> <li>■ L'élève intègre la situation d'apprentissage en y dégageant des significations personnelles, tout en agrandissant son répertoire d'attitudes, d'habiletés et de connaissances et en témoignant de la confiance. Elle ou il est capable de réinvestir ce nouveau savoir dans une autre situation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ L'enseignante ou l'enseignant facilite le retour sur la situation d'apprentissage, guide l'élève dans l'objectivation, l'aide à tirer des conclusions et à appliquer les résultats dans une situation analogue.</li> <li>■ L'enseignante ou l'enseignant aide l'élève à dégager des significations personnelles reliées à une situation d'apprentissage, fournit de la rétroaction sur les résultats de la situation, et facilite l'expression et la manifestation de la confiance qu'a l'élève en elle-même ou lui-même, en lui proposant des situations de réinvestissement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ L'enseignante ou l'enseignant observe la participation de l'élève dans le retour sur la situation d'apprentissage. Elle ou il observe chez l'élève son objectivation, sa démarche pour en arriver à des conclusions, et son application des résultats dans une situation analogue.</li> <li>■ L'enseignante ou l'enseignant vérifie la pertinence des significations personnelles reliées à la situation d'apprentissage, évalue la démarche suivie par l'élève et son apprentissage, observe l'image qu'a l'élève d'elle-même ou de lui-même, et vérifie le degré de participation de l'élève dans le réinvestissement.</li> </ul>
<p><i>Il y a interdépendance dans les différents éléments de la démarche pédagogique; leur déroulement n'est pas forcément linéaire et il varie d'une ou un élève à l'autre.</i></p>		

Fig. 7 – Démarche d'apprentissage. Tiré et adapté du Dictionnaire actuel de l'éducation, 2<sup>e</sup> éd. De Renald Legendre.



**La promotion de la culture scientifique**

Tout en suivant une démarche pédagogique axée sur l'élève, l'enseignante ou l'enseignant en sciences de la nature doit, dans la mesure du possible, ne pas perdre de vue son rôle dans la promotion de la culture scientifique. L'enseignante ou l'enseignant doit :

« On ne peut rien enseigner à autrui. On ne peut que l'aider à découvrir. » (Galileo Galilée)

- encourager l'élève à développer un sentiment d'émerveillement et de curiosité, accompagné d'un sens critique à l'égard de l'activité scientifique et technologique;
- amener l'élève à se servir des sciences et de la technologie pour construire de nouvelles connaissances et résoudre des problèmes, lui permettant d'améliorer sa qualité de vie et celle des autres;
- préparer l'élève à aborder de façon critique des enjeux d'ordre social, économique, éthique ou environnemental liés aux sciences;
- offrir à l'élève une formation solide en sciences lui offrant la possibilité de poursuivre des études supérieures, de se préparer à une carrière liée aux sciences et d'entreprendre des loisirs à caractère scientifique convenant à ses intérêts et aptitudes;
- développer chez l'élève dont les aptitudes et les intérêts varient une sensibilisation à une vaste gamme de métiers liés aux sciences, à la technologie et à l'environnement.

L'expérimentation par l'élève est au centre de l'apprentissage et de l'enseignement des sciences de la nature. L'accent n'est plus mis sur la mémorisation des faits et des théories scientifiques isolées du monde réel. Les élèves apprennent à apprendre, à penser, à évaluer de façon critique l'information recueillie et à prendre des décisions éclairées. La figure 8 dresse un portrait de ce que doivent être l'apprentissage et l'enseignement des sciences au début du XXI<sup>e</sup> siècle.

« J'entends et j'oublie. Je vois et je me souviens. Je fais et je comprends. » (Proverbe chinois)

Dans la salle de classe en sciences de la nature, l'enseignante ou l'enseignant doit être à la fois :

- un pédagogue;
- un modèle en ce qui a trait aux attitudes et aux habiletés scientifiques et technologiques;
- un passionné des sciences et de la technologie.



<b>L'apprentissage des sciences aujourd'hui.</b>	
<b>Insister moins sur :</b>	<b>Privilégier plutôt :</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ la connaissance de faits et de données scientifiques</li> <li>■ l'étude de chaque discipline en soi (sciences de la vie, sciences chimiques et physiques, sciences de la Terre et de l'espace)</li> <li>■ la distinction entre les connaissances scientifiques et la démarche scientifique</li> <li>■ le survol de nombreux sujets scientifiques</li> <li>■ l'exécution d'une étude scientifique au moyen d'un ensemble prescrit de procédés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ la compréhension de concepts scientifiques et le développement d'habiletés pour la recherche scientifique</li> <li>■ l'apprentissage du contenu disciplinaire abordé dans divers contextes, afin de comprendre des perspectives personnelles et sociales liées aux sciences et à la technologie ainsi que l'histoire et la nature des sciences</li> <li>■ l'intégration de tous les savoirs (attitudes, habiletés, connaissances) à l'étude scientifique</li> <li>■ l'étude de quelques concepts scientifiques fondamentaux</li> <li>■ l'étude scientifique comme un apprentissage continu de stratégies, d'habiletés et de concepts</li> </ul>
<b>Changement de priorités pédagogiques pour favoriser l'étude scientifique.</b>	
<b>Insister moins sur :</b>	<b>Privilégier plutôt :</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ les activités de démonstration et de vérification des connaissances scientifiques</li> <li>■ la recherche ou l'expérience effectuée sur une seule période de classe</li> <li>■ l'application des habiletés scientifiques hors contexte</li> <li>■ l'application d'une seule habileté isolément, telle que l'observation ou l'inférence</li> <li>■ l'obtention d'une réponse</li> <li>■ les sciences à titre d'exploration et d'expérience</li> <li>■ la livraison de réponses aux questions sur des connaissances scientifiques</li> <li>■ l'analyse et la synthèse des données, individuellement ou collectivement, sans affirmer ni justifier une conclusion</li> <li>■ l'étude d'une grande quantité de connaissances au détriment du nombre de recherches ou d'expériences</li> <li>■ la conclusion d'une étude scientifique aussitôt que les résultats d'une expérience sont obtenus</li> <li>■ la gestion du matériel et de l'équipement</li> <li>■ la communication des idées et des conclusions de l'élève à l'enseignante ou l'enseignant seulement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ les activités de recherche et d'analyse liées à des questions scientifiques</li> <li>■ la recherche ou l'expérience effectuée sur une période de temps prolongée</li> <li>■ l'application des habiletés scientifiques dans un contexte réel</li> <li>■ l'application de multiples habiletés intégrées, faisant appel à la manipulation, la cognition et le traitement</li> <li>■ l'exploitation des données et des stratégies pour développer ou réviser une explication</li> <li>■ les sciences à titre d'argument et d'explication</li> <li>■ la communication d'explications scientifiques</li> <li>■ l'analyse et la synthèse fréquente de données par des groupes d'élèves <b>après</b> qu'ils ont affirmé et justifié leurs conclusions</li> <li>■ de nombreuses recherches et expériences pour développer une compréhension de l'étude scientifique et pour apprendre des attitudes, des habiletés et des connaissances scientifiques</li> <li>■ l'application des résultats d'une expérience à des arguments et à des explications scientifiques</li> <li>■ la gestion des idées et de l'information</li> <li>■ la communication ouverte des idées et du travail de l'élève à toute la classe</li> </ul>

Fig. 8 – *Changement de priorités dans l'apprentissage et l'enseignement des sciences de la nature.* Traduction d'un extrait du document National Science Education Standards, p. 113, publié par la National Academy of Sciences.



## 6. L'ÉVALUATION EN SCIENCES DE LA NATURE

L'évaluation en salle de classe fait partie intégrante de l'enseignement des sciences. L'évaluation est le « processus systématique de cueillette de l'information au sujet de ce qu'un élève sait, peut faire et apprend à faire ». L'objet premier de l'évaluation en salle de classe n'est pas d'évaluer et de classer les élèves, mais bien d'informer l'enseignant et d'améliorer l'apprentissage et de suivre la progression des élèves vers l'atteinte des objectifs d'apprentissage en fin d'année.

Au lieu de mettre l'accent sur la mémorisation de « faits » précis, détaillés et non reliés, [l'évaluation en sciences] devrait accorder plus de poids à une évaluation d'une compréhension holistique des principales idées scientifiques et une compréhension critique des sciences et du raisonnement scientifique (Millar et Osborne, 1998 : 25).

On définit grosso modo l'évaluation en salle de classe comme une activité ou une expérience qui donne de l'information sur l'apprentissage des élèves. Les enseignants en apprennent sur la progression des élèves non seulement par l'entremise de projets, d'examens et de tests formels, mais aussi par l'observation suivie des élèves à l'œuvre. Ils procèdent souvent à l'évaluation par des activités d'enseignement.

La plus grande partie de l'apprentissage des élèves est interne. Pour évaluer les connaissances, habiletés et stratégies des élèves en sciences, ainsi que les attitudes, les enseignants ont besoin d'un éventail d'outils et d'approches. Ils posent des questions, observent les élèves qui exécutent un éventail de processus et d'activités d'apprentissage, et examinent le travail des élèves en cours. Ils soumettent également les élèves à une évaluation par les pairs et à des activités d'auto-évaluation. Les renseignements que les enseignants et les élèves retirent des activités d'évaluation informent et façonnent ce qui se passe dans la salle de classe; l'évaluation sous-entend toujours qu'une action suivra. Pour déterminer si les objectifs d'apprentissage des élèves ont été atteints, l'évaluation des élèves doit faire partie intégrante de l'enseignement et de l'apprentissage. L'évaluation de l'apprentissage des élèves fait intervenir une planification minutieuse et une mise en œuvre systématique.

### Buts de l'évaluation

Il y a trois buts distincts mais interdépendants pour l'évaluation en classe : l'évaluation au service de l'apprentissage, l'évaluation en tant qu'apprentissage et l'évaluation de l'apprentissage.

- **L'évaluation au service de l'apprentissage** vise à fournir des données aux enseignants pour qu'ils modifient et différencient leurs activités d'enseignement et d'apprentissage. Elle part du principe que les élèves apprennent de façon personnelle, mais aussi que bon nombre d'entre eux suivent des stades et des cheminements prévisibles. Elle exige une planification de la part des enseignants de façon qu'ils se servent des données recueillies pour déterminer non seulement ce que les élèves savent, mais également s'ils mettent ce savoir en application, comment ils le font et quand. Les enseignants peuvent aussi se servir de ces renseignements pour simplifier et orienter l'enseignement et les ressources, ainsi que pour fournir des commentaires aux élèves afin de les aider à progresser dans leur apprentissage.



- **L'évaluation en tant qu'apprentissage** est un processus qui vise à développer et à favoriser la métacognition chez les élèves. Elle met l'accent sur le rôle de l'élève comme agent premier dans l'établissement des liens entre l'évaluation et l'apprentissage. Quand les élèves agissent comme évaluateurs actifs, engagés et critiques, ils donnent un sens aux contenus d'apprentissage, les relient à ce qu'ils connaissent déjà et s'en servent pour apprendre davantage. Il y a métacognition lorsque les élèves veillent eux-mêmes à leur apprentissage et qu'ils se servent des rétroactions ainsi recueillies pour faire des ajustements, des adaptations et même des changements importants à ce qu'ils comprennent. Cela exige que les enseignants aident les élèves à développer et à pratiquer la réflexion, mais aussi à se sentir plus à l'aise avec cette posture réflexive, et à analyser leur apprentissage de façon critique.
- **L'évaluation de l'apprentissage** est de nature sommative et sert à confirmer ce que les élèves savent et savent faire, à montrer s'ils ont atteint les résultats d'apprentissage prévus. L'évaluation devrait se fonder sur un éventail de renseignements relatifs à l'évaluation. L'évaluation de l'apprentissage sert principalement à mesurer les réalisations de l'élève, à faire rapport aux parents ou aux tuteurs, aux élèves et à d'autres parties intéressées ou à mesurer l'efficacité de la programmation de l'enseignement.

### Planification de l'évaluation

On devrait élaborer les objectifs, approches et outils d'évaluation en même temps que les approches d'enseignement au cours de la planification du module. Au moment d'élaborer les méthodes et tâches d'évaluation, les enseignants déterminent :

- ce qu'ils évaluent;
- pourquoi ils l'évaluent;
- comment ils utiliseront les renseignements découlant de l'évaluation;
- qui recevra les renseignements découlant de l'évaluation;
- quelles activités ou tâches d'évaluation permettront aux élèves de faire une démonstration de leur apprentissage de façons authentiques.

### Caractéristiques d'une évaluation efficace

Une évaluation efficace aide à concentrer l'effort sur la mise en œuvre de stratégies visant à faciliter l'apprentissage tant dans la salle de classe qu'à l'extérieur, et est :

- conforme à l'enseignement et en fait partie intégrante;
- continue et permanente;
- fondée sur des tâches authentiques ainsi que des contextes et processus d'apprentissage des sciences significatifs;
- fondée sur des critères que les élèves connaissent et comprennent, faisant appel à leurs points forts;
- un processus de collaboration faisant intervenir les élèves;
- multidimensionnelle et a recours à un vaste éventail d'outils et de méthodes;
- axée sur ce que les élèves ont appris et peuvent faire.

Une discussion de ces sept caractéristiques de l'évaluation efficace suit.



**L'évaluation efficace est conforme à l'enseignement et en fait partie intégrante**

L'évaluation exige des enseignants d'être continuellement au courant de l'objectif de l'enseignement : qu'est-ce que je veux que mes élèves apprennent? Que peuvent-ils faire pour montrer qu'ils l'ont appris? La façon qu'utilisent les enseignants pour évaluer dépend de ce qu'ils évaluent – à savoir s'ils évaluent des connaissances déclaratives, des connaissances procédurales ou des attitudes et des habitudes intellectuelles.

- **Connaissance déclarative** : La connaissance déclarative est la dimension de l'apprentissage la plus simple à mesurer à l'aide d'outils traditionnels si les enseignants veulent mesurer une mémorisation de faits. Cependant, la raison pour laquelle on favorise la culture scientifique n'est pas satisfaite si les élèves se contentent de mémoriser la connaissance déclarative en rapport aux sciences; ce qui est plus important, c'est de savoir si les élèves comprennent et sont en mesure de mettre ces connaissances en application. Par exemple, il est plus important qu'ils comprennent la raison d'être et les enjeux de la chimie organique, qu'ils réagissent à ce que signifie la chimie organique pour eux personnellement et pour l'environnement, qu'ils interprètent cette signification de la chimie organique, et qu'ils utilisent avec aisance la terminologie de façon à enrichir leurs aptitudes en matière de communications scientifiques, et représentent plutôt que reproduisent une définition de la chimie organique. Le défi pour les enseignants est de concevoir des outils qui vérifient l'application de la connaissance déclarative.
- **Connaissance procédurale** : Les outils qui sont conçus pour vérifier la connaissance déclarative ne peuvent pas évaluer efficacement les processus et habiletés. Par exemple, au lieu d'essayer de déduire les processus utilisés par les élèves en examinant le produit final, les enseignants évaluent la connaissance procédurale en observant les élèves à l'œuvre, en discutant de leurs stratégies avec eux dans le cadre de conférences et d'entrevues et en recueillant des données sur la réflexion des élèves, notamment dans les journaux.
- **Attitudes et habitudes intellectuelles** : On ne peut pas évaluer directement les attitudes et habitudes intellectuelles. Elles sont implicites dans ce que disent et font les élèves. Habituellement, les outils d'évaluation décrivent les comportements qui sont un reflet des attitudes et habitudes de personnes cultivées. Ils identifient les attitudes et habitudes intellectuelles qui améliorent l'utilisation et l'apprentissage du langage lié aux sciences et donnent aux élèves les moyens de penser à leurs propres processus internes. Par exemple, au lieu d'attribuer des notes globales pour la participation en classe, les enseignants évaluent les objectifs d'apprentissage reliés à l'apport réel des élèves au sein des groupes, grands et petits.

L'évaluation vise à informer les élèves des points importants de la programmation et à les aider à se concentrer sur les aspects importants de l'apprentissage. Si les enseignants évaluent uniquement les éléments les plus faciles à mesurer, les élèves pourraient se concentrer uniquement sur ces aspects. Par exemple, si les cours de sciences accordent une grande importance à la collaboration, à la créativité et au raisonnement divergent (des objectifs d'apprentissage qui peuvent être plus difficiles à mesurer), alors les processus et outils d'évaluation doivent refléter ces valeurs. Les façons qu'utilisent les enseignants pour évaluer (quoi et comment) informent les élèves de ce qui est jugé important dans l'apprentissage.



## **L'évaluation efficace est continue et permanente**

L'évaluation qui fait partie intégrante de l'enseignement quotidien donne aux élèves des occasions fréquentes d'avoir une rétroaction, de modifier leurs méthodes et approches d'apprentissage et d'observer leurs progrès. Les enseignants donnent une évaluation informelle en posant des questions aux élèves et en leur faisant des observations. Ils procèdent également à des évaluations formelles à diverses étapes d'un projet ou d'une unité d'étude. L'évaluation continue crée continuellement des occasions pour les enseignants d'examiner et de réviser l'enseignement, le contenu, les points importants du processus et les ressources pédagogiques.

## **L'évaluation efficace est fondée sur des tâches authentiques ainsi que des contextes et processus d'apprentissage des sciences significatifs**

En sciences, les tâches devraient être authentiques et significatives : des tâches qui méritent d'être maîtrisées en soi plutôt que des tâches conçues tout simplement pour démontrer la compétence de l'élève vis-à-vis des enseignants et des autres. Grâce à l'évaluation, les enseignants découvrent si les élèves peuvent utiliser les connaissances, les processus et les ressources de façon efficace pour atteindre des objectifs utiles. Par conséquent, les enseignants conçoivent des tâches qui reproduisent le contexte dans lequel les connaissances seront appliquées à l'extérieur de la salle de classe.

Par exemple, des tâches authentiques de rédaction scientifique emploient les formules utilisées par un grand éventail de personnes (par exemple, scientifiques, journalistes, cinéastes, poètes, romanciers, publicistes, conférenciers, rédacteurs techniques, ingénieurs et universitaires). Le plus souvent possible, les élèves écrivent, parlent ou représentent leurs idées pour des auditoires réels et à des fins réelles. Au moment d'élaborer les tâches d'évaluation, les enseignants peuvent envisager de fournir aux élèves les ressources que les gens utilisent lorsqu'ils exécutent les mêmes tâches dans des situations réelles en rapport à des problèmes en sciences.

Les tâches d'évaluation authentiques ne sont pas seulement des vérifications de l'information que les élèves possèdent, mais aussi de la façon dont leur compréhension d'une matière s'est approfondie et de leur capacité de mettre en application l'apprentissage. Elles démontrent aux élèves la pertinence et l'importance de l'apprentissage. Les tests axés sur le rendement sont également une façon de consolider l'apprentissage des élèves. Le problème éternel qu'ont les enseignants avec « l'enseignement en fonction du test » est moins préoccupant si les tests sont des évaluations authentiques des connaissances, habiletés et stratégies des élèves, ainsi que des attitudes.

## **L'évaluation efficace est fondée sur des critères que les élèves connaissent et comprennent, faisant appel à leurs points forts**

Les critères d'évaluation doivent être clairement établis et être explicités aux élèves avant un travail ou un test de sorte que les élèves peuvent se concentrer sur leurs efforts. En outre, dans toute la mesure du possible, les élèves doivent participer à l'élaboration des critères d'évaluation.



Les élèves devraient également comprendre parfaitement à quoi ressemble la réalisation de chaque tâche proposée. Des modèles de travaux effectués par les élèves au cours d'années précédentes et d'autres exemplaires de référence aident les élèves à élaborer des objectifs personnels d'apprentissage.

Chaque tâche d'évaluation devrait vérifier uniquement les objectifs d'apprentissage mentionnés aux élèves. Par exemple, cela signifie que les tests sur les aptitudes en laboratoire doivent être conçus et annotés de façon à recueillir des données sur les aptitudes en laboratoire des élèves, et non sur leur capacité d'exprimer efficacement des idées par écrit dans un rapport de laboratoire.

### **L'évaluation efficace est un processus de collaboration faisant intervenir les élèves**

L'objet final de l'évaluation est de permettre aux élèves de s'évaluer eux-mêmes. L'augmentation graduelle de la responsabilité des élèves en ce qui concerne l'évaluation vise à développer l'autonomie des élèves en tant qu'apprenants permanents. L'évaluation devrait faire diminuer, au lieu de la favoriser, la dépendance des élèves vis-à-vis des commentaires des enseignants qui donnent une orientation de l'apprentissage et des notes pour valider leurs réalisations.

L'évaluation améliore la métacognition des élèves. Elle les aide à porter des jugements sur leur propre apprentissage, et leur fournit l'information nécessaire pour fixer des objectifs et veiller eux-mêmes à leur apprentissage.

Les enseignants augmentent les responsabilités des élèves au plan de l'évaluation en :

- exigeant des élèves qu'ils choisissent les produits et performances permettant de démontrer leur apprentissage;
- faisant participer les élèves à l'élaboration des critères d'évaluation dans toute la mesure du possible (Cela clarifie les objectifs d'une tâche donnée et donne aux élèves le vocabulaire nécessaire pour discuter de leur propre travail.);
- soumettant les élèves à une évaluation par les pairs, de façon informelle par le biais de conférences avec leurs pairs, et de façon formelle en utilisant des listes de contrôle;
- demandant aux élèves d'utiliser des outils de réflexion et d'auto-évaluation à toutes les occasions possibles (par exemple, listes de contrôle d'auto-évaluation, journaux, détermination et choix des objectifs, et auto-évaluation d'éléments du portefeuille);
- établissant un protocole pour les élèves qui veulent contester une note attribuée par un enseignant (les appels formels sont des exercices précieux en rédaction persuasive et donnent aux élèves des occasions d'examiner leur rendement en fonction des critères d'évaluation).

### **L'évaluation efficace est multidimensionnelle et a recours à un vaste éventail d'outils et de méthodes**

L'évaluation en sciences doit reconnaître la complexité et la nature holistique de l'apprentissage en ce qui concerne la culture scientifique. Pour compiler un profil complet des progrès de chaque élève, les enseignants recueillent des données en utilisant de nombreux mécanismes en de nombreuses occasions. Les profils des élèves peuvent faire intervenir à la fois les élèves et les enseignants dans l'évaluation et la collecte de données. Le tableau qui suit cerne les domaines à évaluer et présente quelques instruments, outils et méthodes d'évaluation.



Profil de la cueillette de données	
<p><b>Observation des processus</b></p> <p>Enseignant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Listes de contrôle</li> <li>Conférences et entrevues</li> <li>Dossiers et commentaires anecdotiques</li> <li>Examens des ébauches et révisions</li> <li>Présentations orales</li> <li>Rubriques et barèmes de notation</li> </ul> <p>Élèves :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>journaux</li> <li>outils et instruments d'auto-évaluation (p. ex., listes de contrôle, échelles de cotation, graphiques d'avancement)</li> <li>outils et instruments d'auto-évaluation (p. ex., dossiers des conférences avec les pairs, échelles de notation)</li> </ul>	<p><b>Observation des produits et performances</b></p> <p>Enseignant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>travaux écrits</li> <li>démonstrations</li> <li>présentations</li> <li>séminaires</li> <li>projets</li> <li>portefeuilles</li> <li>carnets et journaux des élèves</li> <li>listes de contrôle</li> <li>rubriques et barèmes de notation</li> </ul> <p>Élèves :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>journaux</li> <li>outils et instruments d'auto-évaluation</li> <li>outils et instruments d'évaluation par les pairs</li> <li>analyse de portefeuille</li> </ul>
<p><b>Tests en salle de classe</b></p> <p>Enseignant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>tests papier et crayon (p. ex., tests conçus par l'enseignant, tests de module, tests à réponse élaborée)</li> <li>tests de rendement et simulation</li> <li>rubriques et barèmes de notation</li> </ul> <p>Élèves :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>journaux</li> <li>outils et instruments d'auto-évaluation</li> </ul>	<p><b>Tests des divisions et des normes provinciales</b></p> <p>Enseignant noteur :</p> <p>Rubriques et barèmes de notation</p>

Fig. 9 – *Caractéristiques d'une évaluation efficace*. Traduit et adapté du document d'Éducation et Formation professionnelle Manitoba, *Senior 3 English Language Arts : A Foundation for Implementation* (Winnipeg (Manitoba) : Éducation et Formation professionnelle Manitoba, 1999) 2-10 – 2-14.

### L'évaluation efficace est axée sur ce que les élèves ont appris et peuvent faire

L'évaluation doit être équitable; elle doit donner des occasions de réussite à chaque élève. L'évaluation efficace fait la démonstration des connaissances, habiletés et attitudes, ainsi que des stratégies de chaque élève et des progrès que fait l'élève, au lieu de tout simplement relever les lacunes au niveau de l'apprentissage.



Pour évaluer ce que les élèves ont appris et peuvent faire, les enseignants doivent recourir à un éventail de stratégies et d'approches, notamment :

- Utiliser un vaste éventail d'instruments pour évaluer les expressions multidimensionnelles de l'apprentissage de chaque élève, en évitant de se fier à la mémorisation des notes.
- Donner aux élèves des occasions d'apprendre à partir de la rétroaction et à peaufiner leur travail, en reconnaissant que ce n'est pas chaque projet qui sera un succès, ni que cela fera partie d'une évaluation sommative.
- Examiner plusieurs éléments du travail de l'élève en évaluant un objectif d'apprentissage donné afin de s'assurer que les données recueillies sont des bases valables pour faire des généralisations au sujet de l'apprentissage de l'élève.
- Élaborer des profils complets de l'élève en utilisant l'information obtenue à la fois d'une évaluation par rapport à un objectif d'apprentissage, qui compare la performance d'un élève à des critères déterminés à l'avance, et d'une évaluation qui compare la performance d'un élève à sa performance antérieure.
- Éviter d'utiliser l'évaluation à des fins disciplinaires ou de contrôle. Ryan, Connell et Deci (1985) ont constaté que l'évaluation qui est perçue comme un outil de contrôle du comportement des élèves, qui sert à l'attribution de récompenses et de punitions au lieu de donner une rétroaction sur l'apprentissage de l'élève, fait diminuer la motivation de l'élève. Des élèves reçoivent parfois une note de zéro pour un travail incomplet. Cependant, attribuer une note de zéro à l'élève signifie que la note ne communique plus de renseignements précis sur l'atteinte par l'élève des objectifs d'apprentissage en sciences. Des travaux non terminés sont une indication de problèmes personnels ou de motivation qu'il faut régler de la façon appropriée.
- Permettre aux élèves, lorsque cela convient et lorsque c'est possible, de choisir de quelle façon ils feront démonstration de leur compétence.
- Utiliser des outils d'évaluation appropriés pour évaluer des performances, processus et produits individuels et uniques.

### Gérer l'évaluation en salle de classe

L'évaluation est l'un des plus grands défis auxquels est confronté l'enseignant en sciences. Les pratiques qui rendent les classes de sciences vitales et efficaces – promouvoir le choix par les élèves, évaluer les processus et évaluer l'aspect subjectif de l'apprentissage – font que l'évaluation est une chose complexe.

Les systèmes et soutiens qui peuvent aider les enseignants à gérer l'évaluation comprennent :

- se défaire des moyens inefficaces d'évaluation;
- utiliser des approches qui font gagner du temps;
- partager la charge;
- tirer parti de la technologie;
- mettre en place des systèmes pour consigner les renseignements découlant de l'évaluation.

On discute de ces suggestions de façon plus détaillée dans la section suivante.



## Se défaire des moyens inefficaces d'évaluation

Les enseignants doivent remettre en question l'efficacité, par exemple, de la rédaction de longs commentaires sur l'évaluation sommative des projets des élèves. Des observations détaillées sont préférables :

- si elles sont données en tant qu'évaluation formative, lorsque les élèves peuvent se servir immédiatement de la rétroaction;
- si elles sont communiquées verbalement lors de conférences, ce qui donne des occasions de discussions entre l'enseignant et l'élève.

Le temps consacré à l'évaluation doit être un temps d'apprentissage, tant pour l'enseignant que l'élève.

## Utiliser des approches qui font gagner du temps

De nombreux outils d'évaluation efficaces permettent de gagner du temps. L'élaboration de listes de contrôle et de rubriques prend beaucoup de temps; cependant, des rubriques bien rédigées peuvent éliminer la nécessité de rédiger des commentaires exhaustifs et peuvent signifier que les performances de l'élève peuvent être évaluées en grande partie pendant le temps de classe.

## Partager la charge

Bien que la responsabilité ultime en ce qui concerne l'évaluation revient à l'enseignant, l'auto-évaluation par l'élève fournit également une mine de renseignements. Collaborer avec les élèves pour produire des critères d'évaluation fait partie d'un enseignement efficace. Les élèves de 11<sup>e</sup> année peuvent élaborer des listes de contrôle et garder des exemplaires de leurs propres objectifs dans une reliure pour des conférences périodiques. Des élèves pourraient être prêts à fournir des échantillons de travail qui serviraient de modèles dans d'autres classes.

La collaboration avec d'autres enseignants pour la création d'outils d'évaluation permet de gagner du temps et donne des occasions de discuter des critères d'évaluation.

## Tirer parti de la technologie

Les outils électroniques (par exemple, les bandes audio, les bandes vidéo et les fichiers informatiques) peuvent aider les enseignants à formuler et consigner des observations. Le traitement de texte permet aux enseignants d'enregistrer, de modifier et de réutiliser des rubriques et des listes de contrôle propres aux tâches.

## Mettre en place des systèmes pour consigner les renseignements découlant de l'évaluation

Recueillir des données des observations des élèves est particulièrement compliqué pour les enseignants des dernières années du secondaire, qui peuvent enseigner à plusieurs classes d'élèves au cours d'un semestre ou d'une session. Les enseignants pourraient vouloir identifier un groupe d'élèves dans chaque classe qui ferait l'objet d'une observation chaque semaine. Des reliures, des fiches, des bases de données électroniques sont des outils utiles pour consigner des données, tout comme les notes auto-collantes consignant de brèves observations sur les dossiers des élèves, que l'on peut par la suite transformer en rapports anecdotiques.



Les enseignants pourraient également vouloir mettre au point des formulaires complets pour inscrire les objectifs d'apprentissage prescrits et pour consigner les données.

Cette façon de voir l'évaluation efficace en sciences au Manitoba est un reflet des changements survenus dans les points importants de l'enseignement des sciences au niveau national et est conforme aux changements survenus à l'échelle internationale dans l'enseignement des sciences. Le tableau qui suit résume un certain nombre des changements survenus dans le domaine de l'évaluation.

### Aspects importants changeants dans l'évaluation de l'apprentissage des élèves

Les normes <i>National Science Education Standards</i> tiennent compte des changements dans tous les systèmes. Les normes d'évaluation englobent les changements suivants dans les aspects importants :	
MOINS D'IMPORTANCE SUR	PLUS D'IMPORTANCE SUR
Évaluer ce qui est facilement mesuré	Évaluer ce qui a le plus de valeur
Évaluer la connaissance discrète	Évaluer la connaissance riche, bien structurée
Évaluer la connaissance scientifique	Évaluer le raisonnement et la compréhension scientifique
Évaluer pour apprendre ce que les élèves ne savent pas	Évaluer pour apprendre ce que les élèves comprennent
Évaluer seulement les réalisations	Évaluer les réalisations et les occasions d'apprendre
Évaluations de fin de session par les enseignants	Les élèves participent à une évaluation continue de leur travail et de celui des autres
Élaboration d'évaluations externes par des spécialistes de la mesure seulement	Les enseignants participent à l'élaboration des évaluations externes

Fig. 10 – *Aspects importants changeants dans l'évaluation de l'apprentissage des élèves*. Traduction d'un extrait du *National Science Education Standards*, p. 100, publié par la National Academy of Sciences.



## 7. MISE EN ŒUVRE DE CHIMIE, 11<sup>e</sup> ANNÉE

### Les objectifs du programme d'études de chimie, 11<sup>e</sup> année

Demandez à vos élèves de répondre en une seule phrase à la question suivante : « Qu'est-ce que la chimie? » Les élèves ont tendance à répondre par la description d'expériences vécues qui ont un rapport avec la chimie : « la chimie, c'est le mouvement des molécules », « la chimie est l'étude de l'énergie et de la matière », « la chimie c'est comme la physique avec beaucoup de mathématiques » ou, de la perspective d'un enseignant, « la chimie c'est comprendre des représentations particulières qui ne sont pas visibles ». D'autres auront une réponse plus générale, comme « la chimie est l'étude des composants de l'univers » ou encore « la chimie est la science de toutes choses ».

Les relations entre les mathématiques et la chimie sont prédominantes et les remarques suivantes sont fréquentes : « la chimie, c'est des mathématiques » ou « la chimie, c'est expliquer les choses simples du quotidien par des formules mathématiques complexes ». Ces réponses indiquent que certains élèves voient les mathématiques comme l'instrument de la chimie. Sans trop savoir ce qu'est la chimie, plusieurs considèrent qu'elle est déterminante pour leur avenir.

Qu'est-ce que la chimie? Bien qu'il puisse y avoir plusieurs réponses, un thème commun ressort lorsqu'on examine les différentes branches de la chimie et les principes sous-jacents. La chimie est l'étude de la composition, des propriétés et du comportement de la matière. Elle comprend donc l'étude des relations dans le monde qui nous entoure. Nous envisageons une « chose intéressante », puis nous construisons des modèles afin d'en définir les caractéristiques fondamentales et de décrire comment celles-ci s'influencent mutuellement ou interagissent. Ces relations nous permettent de prévoir le comportement d'autres « choses intéressantes » dont les paramètres sont identiques ou semblables. L'étude des relations constitue une part très importante de la chimie. La difficulté que représente pour plusieurs l'étude de la chimie est que ces relations peuvent être représentées de différentes façons, mais dans un cours de chimie, on utilise souvent uniquement le mode symbolique mathématique pour représenter ces relations.

Il est important de bien comprendre ces modes et leurs relations afin de contribuer efficacement à l'enseignement et à l'apprentissage.

### Les modes de représentation

#### *Le mode macroscopique (visuel)*

Prenons un exemple de l'étude des propriétés physiques des gaz lorsqu'ils sont soumis à des variations de pression pour illustrer les modes de représentation. Un livre est placé sur un dispositif à seringue tel qu'illustré à la figure 11. Si l'on ajoute des livres, on peut voir la relation entre la pression sur la seringue et la compression du gaz dans la seringue. C'est ce que l'on appelle le mode de représentation macroscopique (visuel) d'une relation. Son fondement se trouve dans le monde réel et dans la perception que l'on a de ce monde.



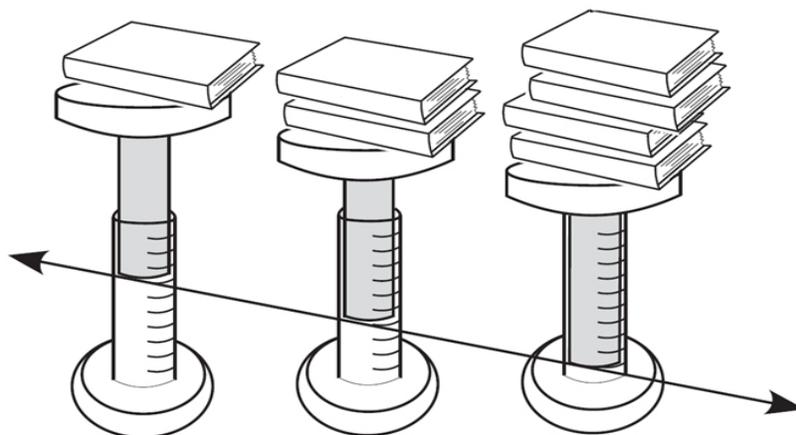


Fig. 11 – Mode de représentation macroscopique

La représentation macroscopique (visuelle) consiste à établir une relation entre deux variables et à vérifier l'hypothèse par l'observation et l'expérimentation. Dans le cas présent, à mesure que la force sur la seringue augmente avec l'ajout de livres, le piston de la seringue se déplace vers le bas. Il est même possible parfois d'établir la relation exacte. Pour ce cas, on peut placer une ligne droite hypothétique le long des seringues pour représenter la relation.

La représentation visuelle n'englobe pas uniquement la conjecture et l'observation; elle comprend aussi l'esprit critique et la pensée créative à mesure que l'on construit et modifie les modèles naturels à la base des observations. Plus la pression exercée est grande, plus le volume diminue. La conceptualisation du monde « réel » repose sur un ensemble d'hypothèses que l'on croit fondées. On peut intérioriser un modèle pour faciliter cette conceptualisation, puis effectuer différentes expériences pour en vérifier l'exactitude. Le modèle efficace est celui qui permet à la fois d'expliquer et de prévoir un phénomène. Un modèle peut entraîner des événements contradictoires qui obligent à le reconsidérer et à le modifier, ou un modèle peut être faussé et doit alors être abandonné en faveur de l'élaboration d'un autre, plus complet et plus précis. Par exemple, le modèle de la charge électrique sous-tend l'étude des phénomènes électriques. Le modèle par fluide et particules de la charge électrique a toujours été vérifié par l'observation expérimentale. Cependant, à mesure que les idées sur la structure de la matière évoluent, on constate que le modèle fondé sur les particules permet des prévisions et des explications plus fiables.

Bien que l'on puisse formuler une description générale des relations (plus la pression exercée est grande, plus le volume diminue), on ne peut pas toujours établir une relation exacte par la représentation macroscopique. Il faut donc quantifier les caractéristiques et comparer les chiffres. C'est ce que l'on appelle le mode de représentation numérique.

### *Le mode numérique*

Le mode de représentation numérique consiste à formuler une définition fonctionnelle des propriétés fondamentales, et à effectuer des mesures afin de recueillir des données. Dans le cas présent, la pression exercée sur le gaz est définie de façon pratique comme « la variation de la position du piston de la seringue » et est quelque chose qu'on peut facilement observer. S'il n'y a aucune pression, il n'y a aucun changement dans la position du piston. Une augmentation de la force cause une augmentation de la pression exercée sur le gaz dans la seringue.

On peut ensuite étudier ces données et établir une relation exacte. L'utilisation du mode numérique nécessite une bonne compréhension des rapports de proportion et des modèles numériques (par exemple si la pression [P] double, le volume [V] est réduit de moitié, et si P triple, V est réduit à un tiers de sa valeur originale; nous avons donc un rapport de proportion direct permettant d'énoncer une loi.). Dans la plupart des cas, cependant, la cueillette de données entraîne des erreurs. Il peut être très difficile d'établir la relation en étudiant uniquement les données. Par contre, une image vaut mille chiffres. La représentation graphique des données permet habituellement de mieux établir la relation.

Le tableau de données ci-dessous est un exemple d'une représentation numérique, dans ce cas, la relation inverse entre la pression exercée sur un gaz et le volume de ce dernier.

Le volume d'un gaz en fonction de la pression exercée sur lui	
volume (mL)	Pression (atm)
16	1
8	2
4	4
3	8
2	16

Fig. 12 – Mode de représentation numérique

### *Le mode graphique*

Le mode de représentation graphique constitue une image mathématique de la relation. Heureusement, il suffit de connaître un nombre limité de figures pour établir les relations. En fait, au secondaire, on a besoin de connaître uniquement trois représentations graphiques, soit la ligne droite, la courbe de puissance et la courbe inversée. En ajustant les données pour « redresser la courbe », on peut établir la relation exacte et formuler une loi que l'on peut représenter de façon symbolique.



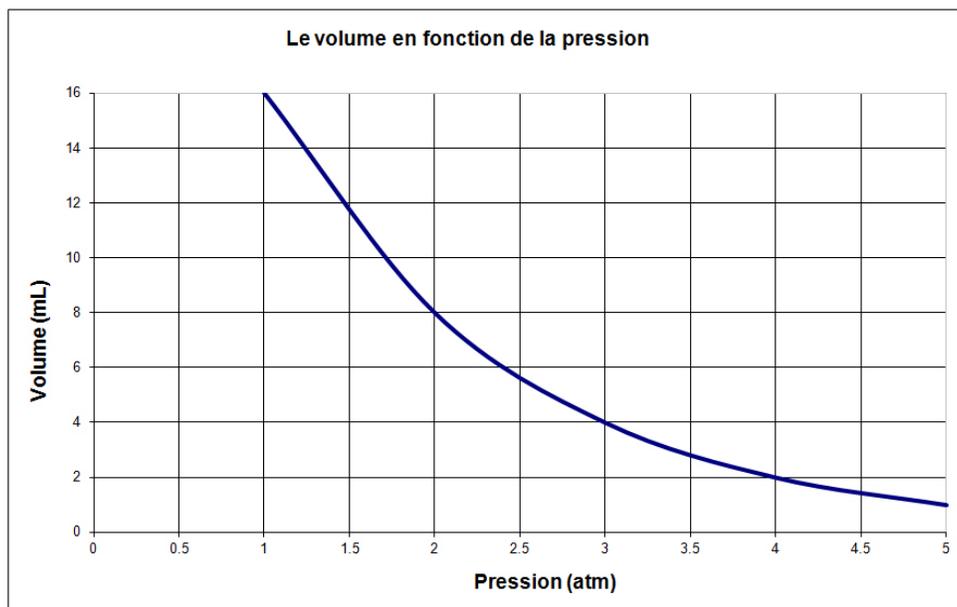


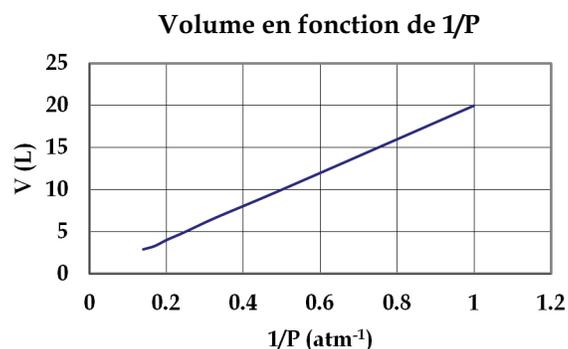
Fig. 13 – Mode de représentation graphique

En chimie, un bon exemple de la puissance du mode graphique est la relation entre le volume d'un gaz et la pression qu'il exerce sur les parois d'un contenant. Nous appelons cette relation la loi de Boyle-Mariotte.

On remarque deux choses lorsqu'on examine cette « image ». Premièrement, la relation entre le volume et la pression est inverse (à mesure qu'une des variables augmente, l'autre diminue). Deuxièmement, cette relation inverse n'est pas directe; c'est-à-dire qu'il ne s'agit pas d'une relation linéaire. On ne peut pas s'attendre à ce que le volume ou la pression peut augmenter ou diminuer indéfiniment. En « redressant » la courbe, on peut déterminer la loi physique qui explique ce comportement des gaz sous pression. Cette technique relie les modes de représentation *graphique* et *symbolique*.

La forme de la courbe indique qu'il s'agit d'une relation inverse, c'est-à-dire que si la pression du gaz augmente, son volume diminue ( $V \propto 1/P^n$ ). Si nous donnons une valeur de 1 à « n », voici le tableau de données et le graphique qui vont en résulter.

P (atm)	1/P (atm <sup>-1</sup> )	V (L)
1	1	20
2	0,5	10
3	0,33	6,7
4	0,25	5
5	0,2	4
6	0,17	3,3
7	0,14	2,9

Fig. 14 – Volume d'un gaz  
en fonction de la pression

La courbe résultante est une droite donc on peut conclure que la relation inversement proportionnelle est la suivante :

$$V \propto 1/P$$

### *Le mode symbolique*

Enfin, le mode de représentation symbolique consiste à exprimer la relation par une formule algébrique pouvant s'appliquer à d'autres phénomènes physiques de nature semblable. Si l'on continue avec notre exemple utilisant la loi de Boyle-Mariotte, une fois qu'on a identifié la relation de proportionnalité, on peut la transformer en équation mathématique représentant la loi de Boyle. On remplace le symbole de proportionnalité ( $\propto$ ) par un signe d'égalité (=) et un coefficient de proportionnalité constant qu'on définit habituellement par la lettre k. Pour une relation directe,  $y \propto x$  deviendrait  $y = kx$ . Pour notre relation inversement proportionnelle,  $V \propto 1/P$  deviendrait

$$V = k 1/P$$

On peut déterminer la valeur numérique du coefficient de proportionnalité en calculant la pente de la droite.

### *Le mode particulière*

En chimie, on utilise un 5<sup>e</sup> mode de représentation, le mode *particulière*. Les élèves devraient modéliser des phénomènes chimiques de façon régulière. Ceci peut inclure des modèles moléculaires avec sphères colorées et bâtonnets ou ressorts, des simulations sur ordinateur ou des dessins pour représenter des événements qui ne peuvent pas être observés. Par exemple, on pourrait représenter un échantillon de gaz qui subit une augmentation de pression de cette façon.

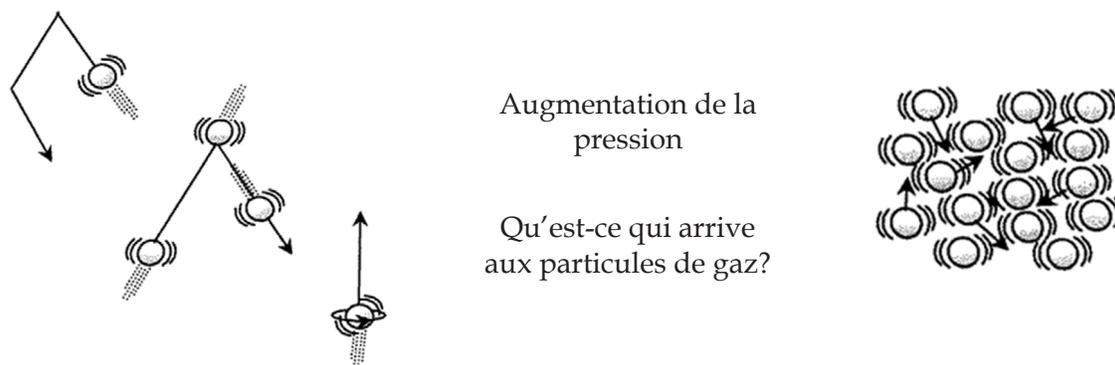


Fig. 15 - Mode de représentation particulière

### **L'importance des modes de représentation**

Il est facile de se limiter à un seul mode de représentation, surtout le mode symbolique. Les élèves se plaignent souvent du nombre de calculs qu'ils doivent faire dans leur classe de chimie, ou s'interrogent sur leur utilité. Ils mémorisent consciencieusement les équations et les notations, apprennent à substituer les variables, et arrivent à des solutions numériques.



Élèves et enseignants sont facilement pris au piège de la représentation symbolique. L'enseignement par le mode symbolique est facile, car il ne nécessite aucune préparation, sinon très peu. L'enseignant versé en mathématiques n'a qu'à effectuer des dérivations algébriques des équations.

Ce traitement « hors contexte » des relations entre variables physiques (mode macroscopique) et mode symbolique pose des difficultés énormes pour certains élèves, y compris ceux qui semblent forts en mathématiques.

Il est difficile de faire hors contexte des liens significatifs entre le mode de représentation symbolique et le mode de représentation physique et conceptuel. Il est probable que la formation en chimie qu'ont reçue les enseignants ait été fondée principalement sur le mode symbolique, et que ces derniers n'aient jamais vraiment surmonté leurs propres difficultés de conceptualisation. Les élèves à qui l'on a enseigné la chimie par le mode de représentation symbolique sont en mesure de formuler des réponses toutes faites, mais il est rare qu'ils comprennent la chimie ou qu'ils en retiennent les concepts. En fait, leurs difficultés relèvent rarement de la chimie comme telle; la confusion émerge des notations, des types d'équations semblables, des différentes représentations algébriques des formules et des calculs. Les taux de réussite diminuent dès qu'il faut faire appel à des concepts physiques, comme dans le cas des problèmes sous forme d'énoncés plus complexes. Des recherches effectuées dans le domaine de l'enseignement de la chimie indiquent que même les élèves avancés ne peuvent fonctionner avec le mode physique et conceptuel. Cela n'a évidemment rien d'étonnant si l'enseignement est axé presque exclusivement sur le mode symbolique.

L'enseignant et l'élève doivent acquérir une compréhension plus complète des relations et améliorer leurs compétences dans chaque mode de représentation. L'élève devrait pouvoir passer facilement d'un mode à l'autre, sans qu'il le fasse dans un ordre précis. Un « vrai scientifique » peut commencer ses recherches dans un mode de représentation quelconque et poursuivre en combinant ce mode à d'autres. L'élève qui démontre une compréhension complète des relations physiques et conceptuelles devrait être en mesure de passer d'un mode à l'autre, quel qu'en soit l'ordre.

Bien que l'aptitude à utiliser les différents modes de représentation constitue une base solide pour l'apprentissage des sciences de la nature, elle ne suffit pas à elle seule à décrire la nature de l'activité scientifique. Au moment de l'élaboration de sa théorie de la relativité, Einstein a conceptualisé une hypothèse puis, à partir de présomptions fondamentales sur le temps et l'espace, il en a déduit une série de lois représentées en mode symbolique. Il a laissé à d'autres le soin de faire les observations pour confirmer ou infirmer ses propositions. Le recul historique et une compréhension de l'essence même des sciences de la nature mèneront à une philosophie mieux adaptée à l'enseignement de la chimie.



Sommaire des modes de représentation pour les enseignants de chimie

**Macroscopique (visuel)** : encourager les élèves à discuter de ce qu'ils voient et vivent.

**Numérique** : utiliser des données recueillies par les élèves – toujours dans un contexte d'activité.

**Graphique** : demander aux élèves de construire des graphiques et clarifier qu'il s'agit d'une « image des données », et non une « image réelle ».

**Symbolique** : mettre l'accent sur la compréhension du concept et ensuite présenter les équations sous forme de définitions. Ensuite, résoudre des problèmes « type » à l'aide des équations mathématiques.

**Particulaire** : utiliser régulièrement des modèles physiques qui expliquent ou illustrent le monde des structures, des propriétés et des comportements des molécules, qui est invisible à l'œil nu. Tenter de faire les liens entre les observations au niveau macroscopique et ce qui se déroule au niveau particulaire.

### Vers une philosophie d'enseignement en chimie

Enseigner *Chimie, 11<sup>e</sup> année* en se concentrant sur des concepts ainsi que des processus devrait naturellement prévoir l'utilisation d'un éventail de stratégies pédagogiques, notamment la collecte et l'analyse de données de travaux faits en laboratoire et sur le terrain; l'enseignement collectif et individuel; un éventail de techniques de questionnement; des activités liées à la prise de décisions et à la résolution de problèmes; ainsi qu'une approche de l'apprentissage fondée sur les ressources. La programmation en sciences au secondaire devrait favoriser les habiletés en matière de pensée critique et promouvoir l'intégration des connaissances et l'application des faits à des situations réelles. Des notions scientifiques provenant d'autres cours de sciences au secondaire peuvent devenir partie intégrante de la matière à mesure que se développe le cours de *Chimie, 11<sup>e</sup> année*. Il s'agit d'un moyen utile et précieux de renforcer et de valider ces notions comme ayant des applications pertinentes et contextuelles.

En général, on devrait enseigner la chimie comme une façon de penser qui comporte des règles pour juger de la validité des réponses applicables à la vie de tous les jours. On devrait présenter la science comme une activité humaine intense, remplie d'essais et d'erreurs, qui subit l'influence des perspectives et priorités culturelles. Le mythe de l'objectivité totale qui s'insinue souvent dans le dialogue doit également être exposé. Dans les sciences de la nature, on ne considère plus la vérité comme une réalité objective attendant d'être découverte; on la place plutôt dans le contexte de quelque chose que l'on doit toujours rechercher. Compte tenu de la nature provisoire des connaissances actuelles, la « vérité scientifique » n'est pas un objectif que l'on peut atteindre de façon absolue.



On devrait encourager les élèves à faire des distinctions entre ce qui est observable et vérifiable, ainsi qu'entre les déductions abstraites, les modèles et les thèmes qui découlent de l'évolution de la pensée et de la recherche scientifique.

Il faut également intégrer les connaissances conceptuelles en sciences aux principes d'autres disciplines. Les répercussions sociales, historiques et politiques doivent être incluses et les élèves doivent avoir l'occasion d'acquérir une facilité de communiquer efficacement les idées de vive voix et par écrit. Enfin, on devrait donner aux élèves l'occasion de se sensibiliser aux options qui leur sont offertes en fait de carrières et de professions dans la vaste diversité des sciences.

*Chimie, 11<sup>e</sup> année*, en tant qu'une composante de toute l'expérience pédagogique des jeunes, les préparera à une existence complète et comblée dans le monde du XXI<sup>e</sup> siècle. Ce cours maintiendra et suscitera la curiosité des jeunes envers le monde naturel qui les entoure et leur donnera confiance dans leur capacité d'en examiner le comportement, maintenant et à l'avenir. Le cours cherche à favoriser un sentiment d'émerveillement, d'enthousiasme et d'intérêt dans les sciences de façon à ce que les jeunes s'estiment confiants et compétents de s'impliquer dans des solutions et des applications technologiques et scientifiques de tous les jours.

À mesure que les élèves étudieront un éventail de sujets grâce à divers thèmes en chimie, ils acquerront une compréhension vaste et générale des idées importantes et des cadres explicatifs de cette matière, ainsi que des procédures de l'enquête scientifique, qui ont eu une incidence importante sur notre environnement matériel et notre culture. Ils sauront pourquoi ces idées sont valorisées et connaîtront la justification qui sous-tend les décisions qu'ils pourraient vouloir prendre ou se faire conseiller de prendre dans des contextes quotidiens, tant maintenant que plus tard. Ils seront également en mesure de comprendre les rapports dans les médias sur des questions comportant une composante scientifique, et aussi de réagir de façon critique. Ils se sentiront habilités à avoir et à exprimer un point de vue personnel sur des questions comportant une composante scientifique qui fait l'objet de débats publics, et peut-être de s'impliquer activement dans certaines de ces questions (Millar et Osborne, 2008).



## Les résultats d'apprentissage spécifiques (RAS)

Les résultats d'apprentissage spécifiques découlent des résultats généraux et se veulent des descripteurs concis et précis de l'apprentissage scientifique de chaque élève. On distingue deux types de RAS en sciences, soit les RAS transversaux et les RAS thématiques. Ces deux catégories de RAS sont d'importance égale.

**Les RAS transversaux** sont des énoncés qui décrivent surtout des habiletés et des attitudes à acquérir au cours de l'année scolaire. Chaque RAS transversal est énoncé de façon à pouvoir être enseigné dans un ou plusieurs contextes tout au long de l'année.

### Les catégories de RAS transversaux

- |                                      |                       |
|--------------------------------------|-----------------------|
| 1. Démonstration de la compréhension | 4. Travail en groupe  |
| 2. Étude scientifique                | 5. Prise de décisions |
| 3. Recherche et communication        | 6. Attitudes          |

**Les RAS thématiques** sont des énoncés qui décrivent en grande partie des connaissances scientifiques, quoiqu'ils touchent aussi à de nombreuses habiletés et attitudes contextuelles. Les RAS s'agencent autour de thèmes particuliers. L'ordre de présentation qui est offert dans le *Document de mise en œuvre* n'est pas obligatoire, mais il constitue une progression logique de la construction des savoirs de l'élève dans le cours de chimie.

En *Chimie 11<sup>e</sup> année*, cinq grands thèmes appelés regroupements thématiques servent à orienter l'enseignement; chaque regroupement est constitué d'un ensemble de RAS thématiques. Pour ce qui est des RAS transversaux, ils sont présentés dans le regroupement transversal (dont le numéro est 0). La figure 16 permet de voir d'un coup d'œil tous les regroupements de la maternelle à la 10<sup>e</sup> année.



	Regroupement 0	Regroupement 1	Regroupement 2	Regroupement 3	Regroupement 4
maternelle		Les arbres	Les couleurs	Le papier	---
1 <sup>re</sup> année	<b>Habiletés et attitudes</b> (à intégrer aux regroupements 1 à 4)	Les caractéristiques et les besoins des êtres vivants	Les sens	Les caractéristiques des objets et des matériaux	Les changements quotidiens et saisonniers
2 <sup>e</sup> année		La croissance et les changements chez les animaux	Les propriétés des solides, des liquides et des gaz	La position et le mouvement	L'air et l'eau dans l'environnement
3 <sup>e</sup> année		La croissance et les changements chez les plantes	Les matériaux et les structures	Les forces qui attirent ou repoussent	Les sols dans l'environnement
4 <sup>e</sup> année		Les habitats et les communautés	La lumière	Le son	Les roches, les minéraux et l'érosion
5 <sup>e</sup> année		Le maintien d'un corps en bonne santé	Les propriétés et les changements des substances	Les forces et les machines simples	Le temps qu'il fait
6 <sup>e</sup> année		La diversité des êtres vivants	Le vol	L'électricité	L'exploration du système solaire
7 <sup>e</sup> année		Les interactions au sein des écosystèmes	La théorie particulaire de la matière	Les forces et les structures	La croûte terrestre
8 <sup>e</sup> année		Des cellules aux systèmes	L'optique	Les fluides	Les systèmes hydrographiques
9 <sup>e</sup> année		La reproduction	Les atomes et les éléments	La nature de l'électricité	L'exploration de l'Univers
10 <sup>e</sup> année		La dynamique d'un écosystème	Les réactions chimiques	Le mouvement et l'automobile	La dynamique des phénomènes météorologiques

Fig. 16 – Regroupements thématiques de la maternelle à la 10<sup>e</sup> année



## Les précisions qui accompagnent les RAS

Il arrive que l'énoncé d'un RAS transversal ou thématique ne soit pas suffisamment détaillé et que des précisions supplémentaires s'imposent. Un contenu notionnel obligatoire est alors précédé par la mention entre autres dans le RAS. L'inclusion d'un « entre autres » ne limite pas l'apprentissage à ce contenu notionnel, mais elle en précise le minimum (ou le contenu notionnel commun) obligatoire d'un RAS. Par ailleurs, la mention par exemple précise également la nature du contenu notionnel et permet à l'enseignante ou à l'enseignant de mieux cerner l'intention du RAS, sans toutefois exiger que ce soit les exemples fournis qui doivent être enseignés.

Alors que les « entre autres » sont écrits dans le même style que l'énoncé principal des RAS, les « par exemple » sont en italique pour bien souligner le fait qu'ils n'ont pas le statut obligatoire de l'énoncé principal.

Un renvoi figure sous chacun des RAS transversaux et thématiques qui les relie aux résultats d'apprentissage généraux (RAG) dont ils s'inspirent. Une enseignante ou un enseignant peut davantage cerner l'esprit dans lequel a été rédigé un RAS en consultant les RAG visés par le renvoi.

## La codification des RAS

En sciences de la nature, chaque RAS transversal est codifié selon :

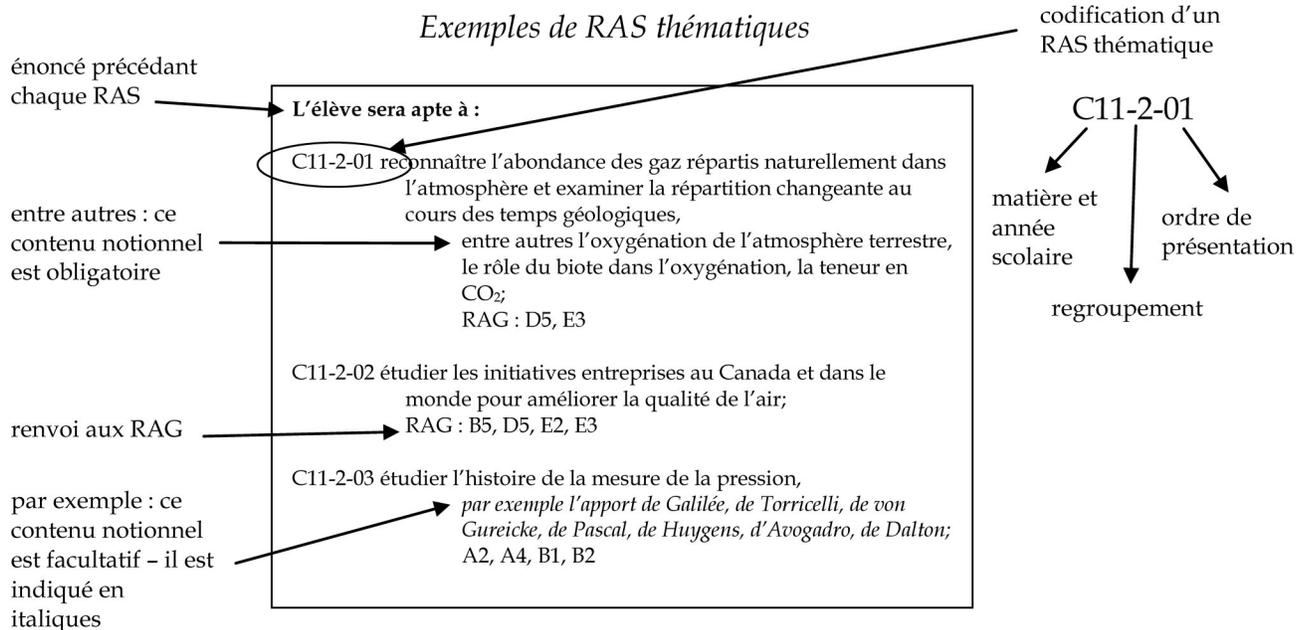
- l'année scolaire;
- le regroupement (tous les RAS transversaux appartiennent au regroupement 0);
- la catégorie;
- l'ordre de présentation du RAS (cet ordre est facultatif).

Les RAS thématiques sont eux aussi codifiés selon :

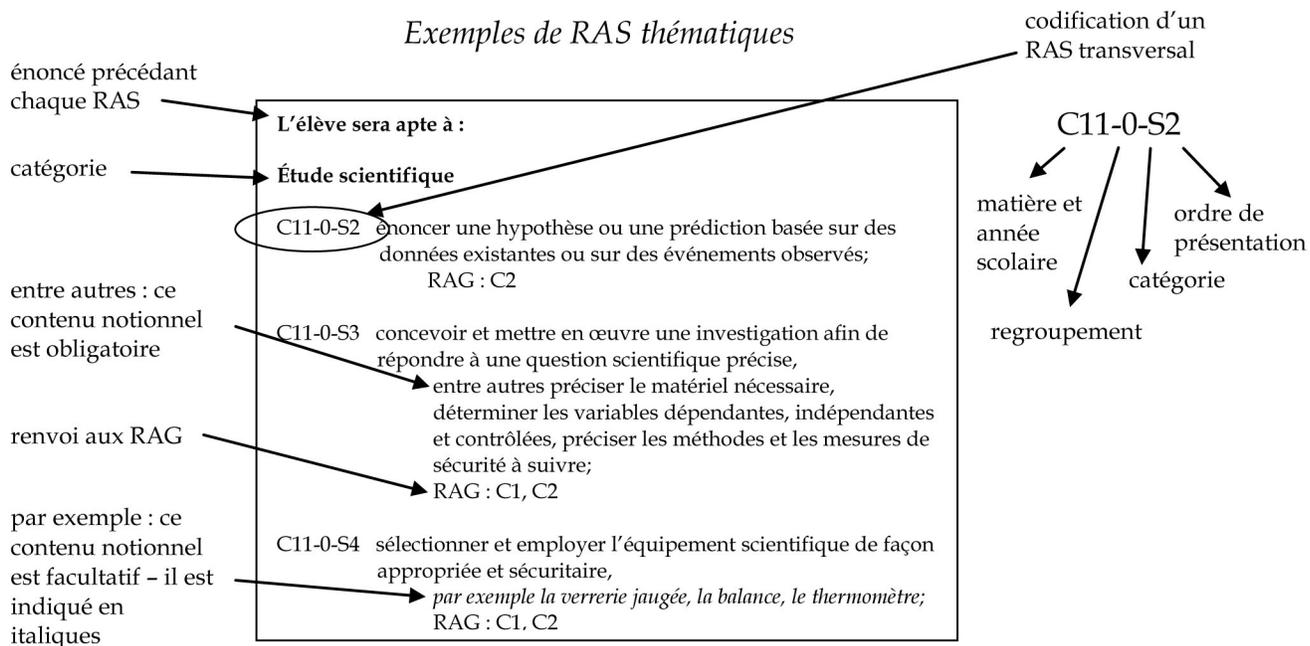
- l'année scolaire;
- le regroupement thématique (1, 2, 3, 4 ou 5);
- l'ordre de présentation du RAS (cet ordre est facultatif).



## Mode d'emploi pour la lecture des RAS thématiques



## Mode d'emploi pour la lecture des RAS transversaux



## Organisation générale du document

Le présent document comprend, outre la section d'**Introduction générale**, cinq modules qui correspondent aux cinq regroupements (thèmes) ciblés en chimie 11<sup>e</sup> année :

- **Les propriétés physiques de la matière;**
- **Les gaz et l'atmosphère;**
- **Les réactions chimiques;**
- **Les solutions;**
- **La chimie organique.**

Ces modules peuvent être utilisés indépendamment des autres et l'ordre dans lequel ils sont présentés est facultatif. De nombreux indices servent à reconnaître les modules :

- Le numéro et le titre du regroupement thématique sont indiqués au haut de chaque page;
- Le premier chiffre de la pagination correspond au numéro du regroupement;
- L'icône particulière au regroupement figure en bas de chaque page.

## Contenu d'un module thématique

Chaque module thématique comprend les éléments suivants :

- un aperçu du regroupement thématique;
- des conseils d'ordre général qui portent sur des considérations pratiques dont l'enseignante ou l'enseignant devra tenir compte dans la planification de son cours;
- un tableau des blocs d'enseignement ainsi qu'une suggestion du temps à accorder à chacun des blocs;
- une liste des ressources éducatives pour l'enseignant, notamment des livres, divers imprimés, des vidéocassettes et DVD et des sites Web;
- une liste des résultats d'apprentissage spécifiques pour le regroupement thématique;
- une liste des résultats d'apprentissage spécifiques transversaux;
- des stratégies d'enseignement et d'évaluation suggérées pour chaque bloc d'enseignement;
- des annexes reproductibles à l'intention de l'enseignante ou de l'enseignant et des élèves.

## Les blocs d'enseignement

Les blocs d'enseignement sont des ensembles de RAS, parmi lesquels on retrouve des RAS thématiques propres au regroupement dont il est question ainsi que des RAS transversaux qui y sont jumelés. Pour chaque bloc d'enseignement, au moins une stratégie d'enseignement et au moins une stratégie d'évaluation sont suggérées.



## Les stratégies d'enseignement suggérées

Chaque bloc d'enseignement comprend une section :

- **En tête** : suggestions pour mettre en contexte les apprentissages visés, activer les connaissances antérieures des élèves ou stimuler l'intérêt des élèves.
- **En quête** : suggestions qui visent l'acquisition d'attitudes, d'habiletés et de connaissances que représentent les RAS du bloc d'enseignement.
- **En fin** : suggestions qui encouragent l'objectivation, la réflexion, la métacognition ou le réinvestissement.

Une stratégie d'enseignement peut aussi comprendre une section :

- **En plus** : suggestions qui dépassent l'intention des RAS de ce niveau, mais qui peuvent néanmoins enrichir l'apprentissage des élèves et stimuler de nouvelles réflexions.

### Les encadrés

Divers encadrés accompagnent les stratégies d'enseignement. Ils offrent :

- des précisions quant aux notions scientifiques à enseigner;
- des avis de nature plutôt pédagogique;
- des renvois à des annexes ou à des ressources éducatives utiles;
- d'autres renseignements ou mises en garde susceptibles d'intéresser l'enseignant.

## Les stratégies d'évaluation suggérées

Les stratégies d'évaluation sont placées après les stratégies d'enseignement.

## La planification en sciences

Le Ministère a conçu le programme d'études en Chimie 11<sup>e</sup> année en fonction de 110 heures d'enseignement. Selon les diverses modalités scolaires, le cours s'échelonne sur cinq ou dix mois.



## Mode d'emploi pour la lecture des stratégies suggérées

La lettre du bloc indique son ordre dans le module. Chaque bloc a aussi un titre qui porte sur les notions visées. Les blocs d'enseignement sont offerts à titre de suggestions.

La matière et l'année scolaire sont indiquées au haut de la page.

**LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE LA MATIÈRE** **Chimie**  
11<sup>e</sup> année

---

**Bloc B : Les propriétés des gaz**

**L'élève sera apte à :**

Les RAS thématiques et transversaux du bloc sont toujours disposés en haut. → **C11-1-02** expliquer des propriétés des gaz au moyen de la théorie cinétique moléculaire, entre autres le mouvement aléatoire, les forces intermoléculaires, les collisions parfaitement élastiques, l'énergie cinétique moyenne et la température; RAG : C8, D3

Pour chaque RAS il y a un renvoi aux RAG. → **C11-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en chimie, *par exemple, les analogies, les cadres de concepts, les organigrammes, les manipulatifs, les représentations particulières, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de tri et de prédiction, les cycles de mots;* RAG : D3

Un encadré fournit des précisions notionnelles, pédagogiques ou autres. → **C11-0-C2** démontrer une compréhension des concepts en chimie, *par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, comparer, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, créer une analogie, utiliser des manipulatifs.* RAG : D3

Les stratégies d'enseignement suggérées sont conçues pour l'atteinte des RAS. → **Stratégies d'enseignement suggérées**

La section « En tête » correspond à la préactivité. → **En tête**

L'icône du regroupement thématique. → Déterminer les conceptions des élèves sur la nature particulière de la matière en leur posant des questions telles que :

- On vaporise du parfum au centre d'une salle hermétiquement fermée.
  - a) Quel diagramme représente le mieux la disposition des particules de parfum quelques secondes après avoir vaporisé le parfum? (A)
  - b) Quel diagramme représente le mieux la disposition des particules de parfum quelques heures plus tard? (E)

Dans la pagination, le chiffre avant le point indique le numéro du regroupement thématique. → **page 1.19**



## Mode d'emploi pour la lecture des stratégies suggérées

Le titre du module correspond au titre du regroupement thématique. Toutefois, le module traite aussi des habiletés et des attitudes du regroupement 0.

### LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE LA MATIÈRE

Chimie  
11<sup>e</sup> année

**En quête** ←

**Enseignement direct – la théorie cinétique moléculaire**  
 Utiliser des diagrammes, des vidéos ou une animation par ordinateur pour présenter la théorie cinétique moléculaire. On peut utiliser la stratégie des cadres de notes (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.32) ou celle du cahier divisé (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.16 et 13.17) pour aider les élèves à suivre la matière.

Des renseignements pour l'enseignant sur la théorie cinétique des molécules figurent à l'annexe 6.

**Recherche – la théorie cinétique moléculaire**  
 Inviter les élèves à se renseigner sur les trois principaux scientifiques dont les travaux ont abouti à la formulation de la théorie cinétique moléculaire : Rudolf Clausius, James Clerk Maxwell et Ludwig Boltzmann. Cela pourrait être fait à l'aide de la stratégie « Jigsaw » (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 3.21).

← **En fin**

Inviter les élèves à écrire une lettre que Clausius, Maxwell ou Ludwig aurait pu s'écrire au sujet de leurs recherches.

**Stratégies d'évaluation suggérées**

**1**  
 Inviter les élèves à compléter un cadre de concept (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.37) afin d'expliquer les propriétés observables des gaz à l'aide du modèle cinétique moléculaire.

**2**  
 Inviter les élèves à donner des exemples de situations où des événements macroscopiques ressemblent à des collisions élastiques (p. ex., billard, hockey, jeu de hockey sur coussin d'air, jeux informatiques, etc.).

**3** ←  
 Inviter les élèves à présenter les postulats de la théorie cinétique moléculaire sous des formes graphiques, par exemple :

- diagrammes;
- affiches;
- tableaux;
- tableau d'information.

page  
1.21

La section « En quête » correspond à l'activité.

La section « En fin » correspond à la postactivité. La numérotation à l'intérieur de la section indique des options : une seule option suffit pour compléter la stratégie d'enseignement. Pour la section « En plus », la numérotation indique aussi des options mais celles-ci vont au-delà des RAS du bloc.

Les stratégies d'évaluation sont numérotées. Une seule stratégie ne suffit pas nécessairement à l'évaluation de tous les RAS du bloc.



