

TROUSSE D'ENSEIGNEMENT COLLÉGIAL D'UN COURS DE CHIMIE  
ORGANIQUE INTÉGRANT L'ENVIRONNEMENT

Par  
Marie-Eve Guérin

Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement  
en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, août 2010

## IDENTIFICATION SIGNALÉTIQUE

### TROUSSE D'ENSEIGNEMENT COLLÉGIAL D'UN COURS DE CHIMIE ORGANIQUE INTÉGRANT L'ENVIRONNEMENT

Marie-Eve Guérin

Essai effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.)

Sous la direction de Ghislain Samson, Ph. D. (Université du Québec à Trois-Rivières)

Université de Sherbrooke  
Août 2010

Mots clés : Enseignement, Outils pédagogiques, chimie organique, Science-Technologie-Société (STS), Science-Technologie-Société-Environnement (STSE), Chimie verte, Questions scientifiques sociales vives (QSSV), Alphabétisation scientifique, Capsules.

Cet essai propose une trousse d'enseignement pour un cours de chimie organique intégrant l'environnement au niveau collégial. Une exploration des concepts théoriques de différentes disciplines : l'enseignement au collégial, les courants pédagogiques et programmes, la chimie verte, les questions scientifiques sociales vives, l'alphabétisation scientifique et les efforts environnementaux dans les institutions, permet de concevoir une trousse fonctionnelle. La trousse se veut un outil adaptable selon les besoins de ses utilisateurs pour aider les nouveaux professeurs à intégrer des concepts environnementaux dans un cours existant.

## SOMMAIRE

Avec tous les déséquilibres environnementaux que vit la planète, les défis à relever sont de plus en plus nombreux. Notre société doit agir de façon responsable, de manière à ne pas compromettre les générations futures. De plus, l'environnement est un sujet d'actualité qui préoccupe quotidiennement les Canadiens, menant à un *momentum* favorable à cette cause. Par ailleurs, il en est de même pour les élèves et les étudiants. Cette préoccupation est au cœur même du présent ouvrage puisque l'auteure s'est questionnée sur l'existence d'outils concrets pour les professeurs qui désirent inclure un volet environnemental à un cours existant. Or, tous les nouveaux professeurs au collégial ne disposent pas nécessairement des ressources temporelles requises pour cette tâche. Le faible niveau de culture scientifique et environnementale des étudiants restreint la portée de leurs actions sur l'environnement. Ainsi, l'institution scolaire constitue l'endroit tout désigné pour améliorer cette culture qui devient un outil de premier ordre pour lutter contre des problèmes locaux et planétaires. La prise de décisions éclairée, l'exercice d'un jugement critique et la responsabilisation des citoyens deviennent donc primordiaux dans la société actuelle. L'école québécoise inclut l'environnement dans ses programmes de niveau secondaire et il devrait en être de même au niveau collégial. Ces jeunes représentent la société de demain : ils doivent être conscients de leurs responsabilités citoyennes. De plus, de nouveaux profils en lien avec l'environnement ont fait leur apparition dans divers cégeps depuis quelques années. Ces profils sont propulsés par la volonté et par l'expérience des professeurs qui apprécieraient disposer d'outils clef en main.

L'objectif principal de cet essai était d'élaborer une trousse d'enseignement pour un nouveau professeur de chimie organique intégrant l'environnement au niveau collégial. Cet outil est construit en puisant dans divers concepts théoriques : l'enseignement au collégial, les courants pédagogiques et programmes, la chimie verte, les questions scientifiques sociales vives, l'alphabétisation scientifique et les efforts environnementaux dans les institutions. L'éducation relative à l'environnement est indispensable au sein de la formation puisqu'elle favorise une compréhension globale du monde de demain. Une revue de la littérature a permis d'élaborer la trousse comprenant un plan de cours, des capsules et des évaluations qui s'appuient sur ces concepts théoriques. Ces différents outils ont ensuite été validés par une professeure au collégial. Le manque de temps et

l'ampleur du travail réalisé a fait en sorte que la trousse, dans l'ensemble, n'a pas été validée en classe auprès d'étudiants.

En somme, cette trousse d'enseignement au collégial, adaptable selon les besoins des professeurs, se veut un outil complémentaire pour les aider à préparer un cours de chimie organique intégrant l'environnement dans un contexte où le développement durable devient essentiel à intégrer au quotidien.

## REMERCIEMENTS

Je désire remercier sincèrement toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de cet ouvrage.

Un merci plus particulier à mon directeur d'essai, M. Ghislain Samson, pour la confiance et l'autonomie qu'il m'a accordées dans la réalisation de cet essai, ainsi que pour ses précieux commentaires et conseils. Merci de sa patience, son dynamisme et sa passion.

Merci aux gens du milieu qui ont eu la gentillesse de répondre à toutes mes questions : M. Frédéric Benz (Cégep du Vieux-Montréal), Mme Johanne Deslandes (Collège Édouard-Montpetit), Mme Francine Goyette (Collège Édouard-Montpetit), M. Marcel Lafleur (Cégep de Limoilou), M. Bernard Legault (Cégep André-Laurendeau), M. Robert Litzler (AQPERE), M. Jean Loiselle (Université du Québec à Trois-Rivières), M. Frédéric Parrot (Cégep de Sainte-Foy) et Mme Camille Turcotte (APSQ).

Je ne peux passer sous silence le soutien inconditionnel de ma famille lors des moments difficiles où leur aide ainsi que leur soutien moral furent des plus appréciés.

Merci à Etienne Archambault et à Caroline Bureau pour leur correction hors pair et leur sens aiguisé du détail. Merci pour les mots d'encouragement et la disponibilité.

Mille fois merci à Dominique Bélanger qui a validé tous les outils élaborés en donnant de précieux commentaires qui ont contribué à faire de cet essai un outil, qui, à mon sens, est très pertinent.

## TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION .....	1
1 PREMIER CHAPITRE : PROBLÉMATIQUE .....	4
1.1 Faible niveau de culture scientifique .....	4
1.2 L'école québécoise .....	6
1.3 Nouveaux profils au collégial .....	7
1.4 Outils pour les professeurs .....	8
2 DEUXIÈME CHAPITRE : CADRE CONCEPTUEL .....	10
2.1 Sur l'enseignement des sciences et de la chimie au collégial .....	10
2.2 Courants et programmes .....	11
2.2.1 Science-Technologie-Société (STS) .....	12
2.2.2 Science-Technologie-Société-Environnement (STSE) .....	14
2.2.3 Chemistry in the Community (ChemCom) .....	16
2.2.4 Chemistry in Context (CiC) .....	19
2.2.5 Chimie verte .....	20
2.2.6 Questions scientifiques sociales vives (QSSV) .....	23
2.3 L'alphabétisation scientifique .....	25
2.4 Efforts environnementaux dans les institutions .....	28
3 TROISIÈME CHAPITRE : MÉTHODOLOGIE .....	30
3.1 Recherche développement .....	30
3.1.1 Étapes .....	30
3.1.2 Validation .....	32
3.1.3 Avantages et limites .....	32
4 QUATRIÈME CHAPITRE : TROUSSE D'ENSEIGNEMENT .....	34
4.1 Plan de cours .....	34
4.2 Capsules environnement .....	38
4.3 Évaluations .....	41
CONCLUSION .....	44

RÉFÉRENCES .....	46
ANNEXE 1 : BIBLIOGRAPHIE .....	56
ANNEXE 2 : PLAN DE COURS .....	64
ANNEXE 3 : CAPSULES ENVIRONNEMENT .....	85
ANNEXE 4 : ÉVALUATIONS .....	120

## LISTE DES FIGURES

FIGURE 2.1	SCIENCE-TECHNOLOGIE-SOCIÉTÉ-ENVIRONNEMENT (STSE) .....	15
FIGURE 2.2	LES HUIT PROBLÉMATIQUES DE LA CHEMCOM.....	17
FIGURE 2.3	LES PRINCIPES DE LA CHIMIE VERTE .....	21
FIGURE 2.4	LIENS ENTRE LES DIFFÉRENTS CONCEPTS QUI ONT INSPIRÉ LA TROUSSE D'ENSEIGNEMENT (LES COURANTS STS ET STSE, LES PROGRAMMES CHEMCOM ET CIC, LA CHIMIE VERTE, L'ÈRE, LES QSSV ET L'ALPHABÉTISATION SCIENTIFIQUE). .....	27
FIGURE 3.1	MODÈLE DE RECHERCHE DÉVELOPPEMENT .....	31
FIGURE 4.1	SCHÉMA INTÉGRATEUR - COURS DE CHIMIE ORGANIQUE AXÉ SUR L'ENVIRONNEMENT .....	37
FIGURE 4.2	MODÈLES DE PLANIFICATION D'UNE LEÇON .....	39



## LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGNES UTILISÉS DANS L'ESSAI

ADN	Acide désoxyribonucléique
AQPERE	Association québécoise pour la promotion de l'éducation relative à l'environnement
BPC	Biphényle polychloré
BTX	Benzène, Toluène, Xylène
CFC	Chlorofluorocarbures
ChemCom	Chemistry in the Community (Chimie dans la communauté)
CiC	Chemistry in Context (Chimie en contexte)
COVs	Composés organiques volatils
CSQ	Centrale des syndicats du Québec
DF	Dioxines et furanes
ÉRE	Éducation relative à l'environnement
GES	Gaz à effet de serre
HAP	Hydrocarbures polycycliques aromatiques
LCPE	Loi canadienne sur la protection de l'environnement
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
QSSV	Questions scientifiques sociales vives
SisCon	Science in Society and Science in a Social Context (Science dans la société et Science dans un contexte social)
STS	Science-Technologie-Société
STSE	Science-Technologie-Société-Environnement

**LE PLUS LONG DES VOYAGES  
COMMENCE PAR UN PETIT PAS**

- Proverbe chinois

## INTRODUCTION

Il est d'ores et déjà reconnu que notre planète vit un avatar profond au regard de l'environnement. Les exemples de désordres sont nombreux. Les changements climatiques perturbent les températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, menant à la fonte des glaciers qui modifie le niveau des mers (GIEC, 2007). La dégradation de la couche d'ozone (Environnement Canada, 2007), l'épuisement des bassins d'eaux douces, la destruction de divers écosystèmes, la déforestation et la dégradation des sols représentent d'autres références de ces bouleversements environnementaux. À ce jour, plusieurs manifestations anthropiques sont ciblées comme étant la cause de ces déséquilibres, notamment l'intensification de la globalisation des marchés et l'augmentation de la population (Godbout, 2008) qui entraînent une demande accrue pour les transports (Transport Québec, 2007) et l'utilisation de ressources non renouvelables (Bergeron, 2009). Bref, selon Watkins, du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD),

« l'homme vit au-dessus de ses moyens du point de vue de l'environnement et accumule des dettes écologiques que les générations à venir ne seront pas en mesure de rembourser » (Watkins, 2008, p.22).

Avec tous les déséquilibres environnementaux, les défis à relever sont de plus en plus nombreux. Il est essentiel que notre société puisse agir de façon responsable en ne compromettant pas les générations futures. Par conséquent, la « green revolution » (Kirchhoff, 2010, p.121) (révolution verte) permettrait aux citoyens de contribuer au développement durable de notre planète. Comme il s'agit de problématiques émergentes, l'environnement représente un immense défi pour le 21<sup>e</sup> siècle. L'ampleur de la problématique se mesure au nombre de personnalités publiques reconnues mondialement, dont Bill Clinton, Al Gore et David Suzuki qui embrassent la cause environnementaliste afin de sensibiliser la population et d'inciter une modification des habits.

Tous ces aboutissants se retrouvent au cœur des décisions des dirigeants politiques. Par exemple, au Québec, les cibles de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) sont, aux dires du gouvernement du Québec, agressives, ce qui en fait un leader dans la lutte aux changements climatiques (Gouvernement du Québec, 2009). On retrouve également des stratégies énergétiques pour diminuer la dépendance aux ressources non-

renouvelables et miser sur une « utilisation efficace de toutes les formes d'énergie » (Gouvernement du Québec, 2008, p.13). La *Politique de protection de l'eau et de sa gestion dans une perspective de développement durable* en est une autre manifestation (Gouvernement du Québec, 2002). Les Québécois semblent vouloir agir. L'environnement est une préoccupation pour les Canadiens (Léger Marketing, 2006). En effet, en 2008, 29 % des répondants d'un sondage mené par Environics croyaient que l'environnement « constitue l'enjeu planétaire numéro un » (Lévesque, 2008, p.A2). Cet élan populaire est d'autant plus stimulé par de nombreuses personnalités québécoises et canadiennes telles que Steven Guilbault, Laure Waridel, Élisabeth May ou Bruce Cockburn qui mènent des batailles pour protéger la planète sur la scène locale et internationale.

Ainsi, comme l'environnement est un sujet d'actualité qui préoccupe chaque jour un plus grand nombre d'individus, l'intérêt populaire s'accroît, créant un *momentum* favorable pour cette cause. Malgré toute la bonne volonté dont ils font preuve, nombreux sont ceux qui ne savent plus à quel saint se vouer pour avoir un réel impact positif sur l'environnement. Cette réalité se reflète chez la population estudiantine de niveau secondaire particulièrement en science et technologie. Ces dernières années, l'auteure a pu dénoter une curiosité grandissante concernant l'environnement (comités, implication des jeunes, projets innovateurs, etc.) et l'actualité scientifique. Ainsi, cet essai se veut un amalgame de champs d'intérêt de l'auteure qui a complété un baccalauréat en chimie pharmaceutique et un autre en enseignement au secondaire (science et technologie, profil chimie). Depuis quelques années, l'auteure enseigne à l'ordre d'enseignement secondaire et tente de transmettre sa passion des sciences, de la technologie et de l'environnement à ses élèves. Cette occupation l'a menée à se questionner sur la place de l'environnement dans les programmes collégiaux. En fait, pour assurer un travail de transition avec le collégial, elle s'est demandée si des outils étaient disponibles pour un nouveau professeur qui souhaite enseigner des concepts environnementaux dans le cadre d'un cours de chimie organique, et, plus spécifiquement, comment il serait possible de développer de tels outils qui pourraient être utilisés par les nouveaux professeurs.

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'objectif général de cet essai : élaborer une trousse pédagogique destinée au nouveau professeur qui souhaite aborder l'enseignement de la chimie organique au collégial intégrant l'environnement.

Pour la mise au point de cette trousse d'enseignement, les problématiques en lien avec la culture scientifique, les profils environnement dans les cégeps et le manque d'outils pour les nouveaux professeurs sont abordés dans la problématique (chapitre 1). Par la suite, l'exploration exhaustive de l'enseignement de la chimie au collégial, des courants pédagogiques et programmes, des outils disponibles ainsi que des efforts environnementaux dans les institutions définit les besoins des professeurs (chapitre 2). Puis, à partir de la méthodologie utilisée dans le cadre de cet essai (chapitre 3), les outils élaborés permettent de tisser des liens entre la chimie organique et l'environnement : plan de cours, capsules et évaluations (chapitre 4). Une brève conclusion complète l'essai.

En somme, cette trousse d'enseignement au collégial, adaptable selon les besoins des nouveaux professeurs, se veut un outil complémentaire pour les aider à préparer un cours de chimie organique intégrant l'environnement dans un contexte où le développement durable devient important à intégrer au quotidien.

Il est à noter que le masculin est utilisé sans aucune forme de discrimination dans le présent ouvrage.

## **1 PREMIER CHAPITRE : PROBLÉMATIQUE**

Le niveau de culture scientifique des Québécois étant faible, il restreint la portée des actions sur l'environnement (Conseil de la science et de la technologie, 2002). Le rehaussement de cette culture, par le biais de l'école, permettrait de former des citoyens avertis. Cette section présente donc l'état de la culture scientifique, l'école québécoise qui intègre l'environnement à ses programmes au niveau du secondaire, les nouveaux profils axés sur l'environnement dans les cégeps et le nombre insuffisant d'outils pour un nouveau professeur qui souhaite aborder l'environnement dans un cours disciplinaire au collégial.

### **1.1 Faible niveau de culture scientifique**

Malgré un intérêt grandissant pour l'environnement, le constat d'une culture appauvrie en connaissances scientifiques et environnementales (Conseil de la science et de la technologie, 2002) fait en sorte que les individus ne sont pas en mesure d'apprécier les implications de leurs actions quotidiennes, aussi désastreuses peuvent-elles être. Armés d'une culture scientifique et environnementale plus raffinée, les citoyens pourraient mener des actions davantage ciblées qui auraient un impact sur la faune, la flore et l'environnement.

Le développement de cette culture, aussi nommé l'alphabétisation scientifique par Fouriez par exemple, revêt une grande importance dont les raisons ont été énoncées par Laugksch (2000). Tout d'abord, l'alphabétisation scientifique permet de rendre accessible la science. De plus, elle influence la perception des gens envers celle-ci. D'un point de vue personnel, l'alphabétisation scientifique permet de prendre des décisions éclairées (cigarettes, régimes, pseudoscience, etc.). Viser le développement de l'alphabétisation scientifique pourrait engendrer « a complete reorder of what is taught, with the possibility of an application-led structure to maintain interest » (Une réorganisation de la matière enseignée afin de maintenir un intérêt de la part des étudiants) (Johnstone, 2010, p. 28).

Ainsi, cette culture scientifique devient un outil de premier ordre pour lutter contre des problèmes aussi bien locaux (je ne jette pas ma gomme par terre) que planétaires (je ne laisse pas tourner le moteur de ma voiture inutilement). Pour améliorer la culture scientifique et pour changer le comportement des citoyens, il existe plusieurs moyens

(Champagne St-Arnaud, 2009). Parmi ces possibilités, on retrouve notamment les campagnes de sensibilisation, les activités de démonstration et la production de matériel éducatif (Steg et Vlek, 2008). Ainsi, il serait possible d'améliorer cette culture et citoyenneté au travers la formation en sciences. En fait, l'« alphabétisation scientifique vise une formation générale de base afin de s'assurer que le citoyen de demain ait une meilleure compréhension du monde qui l'entoure » (Charland, 2003, p. 2). Dans le cadre de cet essai, la chimie organique est plus particulièrement ciblée puisqu'elle représente un intérêt pour l'auteure. Ce cours vise entre autres le développement de cette alphabétisation scientifique chez les étudiants.

Il s'agirait d'intégrer une forme d'éducation relative à l'environnement (ÉRE) dans un cours de chimie organique. L'ÉRE est indispensable au sein de la formation puisqu'elle favorise une compréhension globale du monde de demain. L'intégration de l'environnement dans un cours de chimie organique permet la prise de décisions éclairées, l'exercice du jugement critique et la responsabilisation du citoyen alors que l'approche par compétences devrait rendre l'étudiant compétent, rationnel et conscient des enjeux environnementaux. Pour ces raisons, nous croyons que l'environnement joue un rôle primordial dans l'enseignement au collégial.

De plus, les étudiants réclament le « vert » : chimie verte, laboratoires, contenus. Des liens entre l'environnement et la chimie ont déjà été établis par différents auteurs, dont Anastas and Beach (2009), Kerr and Brown (2009), Kirchhoff (2009) ainsi que Klingshirn and Spessard (2009). Ces auteurs mentionnent entre autres les impacts de la chimie sur l'environnement. Une tendance populaire, qui se reflète dans plusieurs manuels, est à rendre la chimie plus « verte », c'est-à-dire réaliser les impacts de certaines molécules sur la faune, la flore et sur la santé humaine (Kerr and Brown, 2009, p. 24). Ainsi, une conscience environnementale peut être développée au travers les cours de chimie, et plus particulièrement dans un cours de chimie organique, puisque de nombreuses molécules ont un impact direct sur l'environnement.

En somme, l'alphabétisation scientifique, par le biais d'une « révolution verte » d'un cours de chimie organique au collégial, permettrait de rendre les étudiants davantage conscients de la portée de leurs actions sur le monde qui les entoure. Ainsi, les « attitudes quotidiennes destructrices pour la planète et productrices de déchets [pourraient évoluer]

dans un avenir proche vers des comportements responsables et respectueux vis-à-vis de l'environnement » (Jamart, Bodiguel et Brosse, 2009, p. 594). L'étudiant d'aujourd'hui se doit d'acquérir de solides connaissances de base pour devenir un citoyen éclairé parce que demain, notre société se retrouvera entre ses mains.

## **1.2 L'école québécoise**

L'endroit tout désigné pour développer la culture scientifique demeure bien évidemment l'école (Conseil de la science et de la technologie, 2003). Les programmes québécois élaborés au primaire et au secondaire intègrent assez bien des liens entre les concepts à aborder et l'environnement, ce qui pourrait se poursuivre dans un contexte collégial. En effet, on retrouve tout au long de ces programmes de grands enjeux contemporains, nommés domaines généraux de formation (DGF), dont l'environnement et consommation. Selon le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (2007), l'intention éducative de ce domaine est d'amener l'élève à maintenir un rapport dynamique avec son milieu tout en observant un jugement critique à l'égard de l'environnement et de la consommation.

« Il importe que les jeunes deviennent conscients de l'influence de leurs propres actions sur la préservation de leur milieu, dont sont largement tributaires leurs conditions de vie, et qu'ils soient sensibilisés aux effets à long terme de l'utilisation incontrôlée ou de l'exploitation abusive des ressources naturelles » (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, 2007, p. 9).

De plus, on retrouve en quatrième secondaire un cours optionnel intitulé Science et technologie de l'environnement. Ce cours met l'accent sur l'expertise citoyenne et scientifique et vise le développement du jugement critique (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, s. d). Les savoirs scientifiques et technologiques, de par leur émergence et leur complexité, font en sorte que les élèves doivent disposer d'un bagage de connaissances suffisant pour leur compréhension. On leur demande également de développer des stratégies et de s'adapter aux nombreux changements. Ainsi, les élèves doivent « comprendre la portée et les limites du savoir et [en] saisir les retombées » (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, s. d., p. 1). Le Conseil de la science et de la technologie mentionnait, en 2003, que les enfants de moins de dix ans sont plus conscientisés par rapport aux problèmes environnementaux que le reste de la société, et ce, grâce à l'école. Aujourd'hui, ces adolescents arrivent ou sont près d'arriver dans les institutions collégiales.



La réforme amorcée il y a quelques années par le gouvernement québécois incorpore l'environnement dans ses programmes et dans certains cours. La suite logique serait de faire de même au niveau suivant, soit l'ordre collégial. Litzler (2008) mentionne qu'il est maintenant essentiel d'incorporer des concepts de protection de l'environnement dans plusieurs cours au niveau collégial, comme ailleurs. Malgré tout, il ne s'agit pas d'une pratique courante pour l'instant, même si elle semble souhaitée par plusieurs professeurs (Guérin, 2010a; 2010b; 2010c). Enfin, l'ajout d'une contextualisation environnementale dans les cours au niveau collégial semble vouloir se dessiner dans différentes institutions d'enseignement. Par exemple, plusieurs collèges ont récemment ajouté de nouveaux programmes qui intègrent l'environnement (Guérin, 2010a, 2010b; 2010c).

### **1.3 Nouveaux profils au collégial**

Depuis 2006, plusieurs nouveaux profils environnement ont fait leur apparition au collégial (Guérin, 2010a), notamment au Cégep de Sainte-Foy, au Collège Édouard-Montpetit et au Cégep du Vieux-Montréal. Dans tous ces cégeps, les professeurs et les membres de la direction ont voulu agrémenter leur programme de Sciences de la nature ou de Sciences humaines en y ajoutant une « saveur » environnementale. Cette tendance reflète, selon Litzler (2008), une certaine réforme de l'intérieur, possiblement pour faire suite aux nouveaux programmes au secondaire.

Cette orientation a fait son apparition peu après l'introduction de politiques environnementales, de missions et d'engagements sur le plan stratégique dans certains cégeps (Guérin, 2010a). Ainsi, selon Benz (Guérin, 2010c), le marché de l'emploi en pleine croissance et le grand potentiel de développement ont incité les professeurs à vouloir suivre la vague. De plus, comme il s'agissait d'une volonté, d'un intérêt marqué et de l'expertise de certains professeurs, de nouveaux programmes ont été élaborés.

Les acteurs du milieu consultés ont mentionné que le volet environnemental ajouté aux programmes donne une valeur ajoutée, car elle rend le programme plus attrayant (Guérin, 2010a; 2010d). Malgré tout, plusieurs de ces nouveaux programmes se sont difficilement mis en œuvre. En effet, le nombre limité d'inscription a mis sur la glace certains de ces programmes (Guérin, 2010a; 2010b; 2010c). Par contre, le programme Sciences de la nature, profil environnement, vie et santé de Cégep de Sainte-Foy fonctionne très bien depuis 2007. En effet, jusqu'à présent, deux cohortes ont complété le programme où l'on

retrouve des thématiques trimestrielles communes à chaque cours. De plus, les projets multidisciplinaires inspirés de l'approche orientante rendent les étudiants actifs. Les thématiques ont été élaborées par un comité qui a été mandaté pour réfléchir à des balises afin de repenser la grille de cours (tisser des liens entre les cours, le thème de la session et l'approche orientante) reliées à l'ÉRE.

Somme toute, les ajouts en lien avec l'environnement dans divers programmes sont propulsés par la volonté et l'expertise des professeurs. Par conséquent, il s'agit d'adapter le cours afin d'axer les contenus en fonction des thématiques environnementales. Il y aurait donc de la « place pour des trousseaux d'enseignement pour intégrer l'environnement » (Guérin, 2010c).

#### **1.4 Outils pour les professeurs**

Pour faciliter la tâche d'un nouveau professeur, il est essentiel que les professeurs du collégial soient bien outillés. Malheureusement, ce n'est pas toujours le cas. Les professeurs, parfois peu formés en pédagogie (Conseil supérieur de l'éducation, 2000; Garnier, 2000) et en didactique, doivent concevoir et planifier un cours, et ce, dans des délais souvent difficiles à respecter. Comme mentionné précédemment, l'environnement est un sujet en émergence qui en est à ses balbutiements dans des cours de niveau collégial (à l'exception, bien entendu, des techniques spécialisées), il est donc nécessaire d'outiller un professeur qui souhaite établir des liens entre sa discipline et l'environnement.

Il est possible de retrouver des activités dispersées cadrant avec ce contexte environnemental dans des cours existants ou des idées provenant de la chimie verte (Anastas and Beach, 2009). Par contre, aucune planification globale du cours, c'est-à-dire une vue d'ensemble du début à la fin de la session n'existe, à notre connaissance, pour faciliter la tâche du professeur, à l'exception du Cégep de Sainte-Foy (Guérin, 2010a; 2010b; 2010c; 2010d). Les professeurs ont souvent accès à des plans ou à des notes de cours de leurs collègues. Ceux qui désirent s'inspirer des contextes environnementaux le font par intérêt et par goût. Ainsi, ils consultent des outils existants tel le site Internet du Saut quantique (Guérin, 2010d). Le Centre d'innovation pédagogique en sciences au collégial met à la disposition des professeurs un site rempli d'exemples formateurs. Le Saut quantique permet entre autres de « favoriser les échanges d'activités pédagogiques entre les professeurs de sciences du réseau collégial » (Le Saut quantique, 2009; Cégep

de Sainte-Foy, 2005). Ainsi, il est possible d'y retrouver des activités pédagogiques qui peuvent être adaptées et réalisées en classe. On y retrouve notamment des activités d'enseignement et d'apprentissages de la chimie en lien avec l'environnement (Pouliot, s. d.; D'Amours, Arseneau et Bélanger, 2003). Les professeurs peuvent consulter le site de l'Association québécoise pour la promotion de l'éducation relative à l'environnement (AQPERE), et plus particulièrement le document de Thibeault et Bernard (2010) afin de trouver des idées de cours qui intègrent l'environnement. Ce recueil permet notamment de s'intéresser à l'autre en y puisant des idées pour son propre cours. Les professeurs peuvent également faire appel aux médiateurs du projet Réseau Complices pour concevoir des activités d'apprentissage et à les arrimer avec le milieu (Union Saint-Laurent Grands-Lacs, s. d.). Par contre, toutes ces démarches sont parfois longues et laborieuses. Au risque de se répéter, les nouveaux professeurs n'ont pas toujours les ressources temporelles pour effectuer ces recherches.

En somme, quelques ressources existent, mais celles-ci sont souvent mal adaptées aux besoins réels des nouveaux professeurs. Ceux-ci se retrouvent avec peu d'outils concrets lorsque vient le temps de préparer un cours au niveau collégial. Le fait qu'il n'existe aucun outil facilement adaptable pour les professeurs demeure un défi de taille, qui s'avère d'autant plus important chez les moins expérimentés.

La problématique ayant été présentée dans ce qui précède nous conduit à poser nos questions de recherches.

Question de recherche :

Quels sont les outils disponibles pour un nouveau professeur souhaitant enseigner des concepts environnementaux dans le cadre d'un cours de chimie organique au niveau collégial?

Questions spécifiques de recherche :

- Comment développer une trousse d'enseignement permettant de tisser des liens entre la chimie organique et l'environnement?
- Quels sont les éléments essentiels d'une telle trousse?

## **2 DEUXIÈME CHAPITRE : CADRE CONCEPTUEL**

Ce chapitre est essentiel pour comprendre les fondements des décisions qui ont été prises dans l'élaboration de la trousse d'enseignement d'un cours de chimie organique intégrant l'environnement. Seront abordés l'enseignement des sciences et de la chimie organique au collégial, les programmes et courants qui ont inspiré l'auteure de la trousse, l'alphabétisation scientifique et les efforts environnementaux dans les institutions au niveau collégial.

### **2.1 Sur l'enseignement des sciences et de la chimie au collégial**

Bien que pour certains, l'apprentissage des sciences au collégial ne soit rien de plus qu'un passage obligé vers les études universitaires (Désautels, 1999), il favorise sans conteste le développement d'un regard critique chez l'apprenant. En ce sens, l'enseignement collégial doit mettre à profit cette période dans l'évolution de l'esprit scientifique des étudiants. On

« se doit de rappeler que c'est à l'ordre collégial que les scientifiques de demain auront, probablement pour la dernière fois au cours de leur scolarité, l'occasion de mettre en forme et en question leurs représentations des technosciences pour forger les instruments qui leur permettront de devenir des acteurs et des actrices critiques et avertis » (Désautels, 1999, p. 7).

Ainsi, une connaissance élargie des divers domaines scientifiques permet d'exercer un jugement critique au travers les aléas du quotidien et représente bien plus que simplement un moment de transition obligé.

Tandis que certains considèrent le programme de science au secondaire comme un vecteur privilégié pour l'ÉRE, d'autres rapportent qu'ils sont incompatibles (Bader, 1998-1999; Robottom, 1983 et 1984; Maher, 1986 et Ashley, 2000 *In* Charland, 2003). S'appuyant sur ces travaux au secondaire, on pourrait dire la même chose au collégial. Selon Charland (2003), l'ÉRE favoriserait le développement de valeurs et le changement de comportement à l'égard de l'environnement tandis que la vision conventionnelle de l'éducation scientifique aurait pour objectif la rigueur, l'objectivité, la rationalité, la validité et la reproductibilité. Du coup, viser le développement des compétences dans les domaines de la chimie et de l'environnement simultanément peut sembler hasardeux. Plutôt que d'aborder la question d'un point de vue dichotomique, il est possible de voir la complémentarité des concepts (valeurs par rapport aux faits scientifiques) et la synergie résultante. D'un côté, les modèles scientifiques permettent de comprendre et prévoir et de

l'autre, les valeurs de l'ÉRE introduisent une sensibilité au regard d'une réalité changeante, ce qui favorise la résolution de problèmes environnementaux.

L'enseignement des sciences ne devrait pas être vu comme étant un « catalogue de vérités éternelles qu'on apprend pour réussir à l'école » (Forcier, 1998, p. 28). En effet, pour que les étudiants intègrent les apprentissages, les professeurs doivent porter une « attention particulière à ce qu'ils enseignent, à la manière dont ils le font et surtout, à ce que les étudiants apprennent » (Van Scotter, Bybee and Dougherty, 2000, p. 25). Les approches pédagogiques utilisées par les professeurs doivent tenir compte des étudiants et du rythme effréné de l'évolution des connaissances scientifiques et techniques incluant celles de l'environnement.

C'est dans ce contexte difficile que l'enseignement des sciences et de la chimie en particulier cherche à s'épanouir à l'aube du 21<sup>e</sup> siècle (Kerr and Runquist, 2005). De façon générale, les citoyens souhaitent aborder des sujets qui les touchent directement dans leur vie. Il s'agirait, selon le Conseil de la science et de la technologie (2003), d'une des voies porteuses de l'appropriation de la culture scientifique et technique. Ainsi, le développement d'une conscience environnementale dans un cours de chimie organique passerait par l'éducation relative à l'environnement.

## **2.2 Courants et programmes**

Plusieurs courants ont influencé ces dernières années l'enseignement de la chimie. Des programmes aux États-Unis ont été élaborés afin de motiver les étudiants (de niveau préuniversitaire et universitaire) : le programme « Chemistry in the Community » (ChemCom) (chimie dans la communauté) et Chemistry in Context (CiC) (chimie en contexte), qui sont inspirés d'un courant éducatif qui étudie les interactions Science-Technologie-Société (STS) et les interactions Science-Technologie-Société-Environnement (STSE). Ces programmes s'appuient sur la contextualisation des apprentissages et sur les applications concrètes (Bennett, 2005). Ces contextes peuvent être autant sociaux, économiques, environnementaux, technologiques et industriels : ils sont sélectionnés selon leur pertinence dans la vie réelle des étudiants. Par conséquent, les contextes sont utilisés comme amorce pour faire apprendre aux étudiants divers courants. La trousse d'enseignement élaborée dans cet essai s'appuie sur ces différents concepts, ainsi que sur la chimie verte, qui seront détaillés dans les sections suivantes.

### **2.2.1 Science-Technologie-Société (STS)**

Depuis plus d'une vingtaine d'années, de nouveaux courants pédagogiques ont vu le jour. Le courant Science-Technologie-Société (STS), terme original de John Ziman dans son livre *Teaching and learning About Science and Society* paru en 1980, est un courant qui met l'emphase sur les problématiques. Selon Yager (1993), ces problématiques devraient être réelles et contextualisées dans le but de permettre un apprentissage intégré. Le courant STS a été développé en Europe (Science in Society et Science in a Social Context – SisCon) avant de l'être aux États-Unis (STS) et au Canada (SciencePlus). Cette approche s'est immiscée dans plusieurs institutions d'enseignement primaire, secondaire et universitaire depuis lors (Bennett, Lubben and Hogarth, 2006). En Amérique du Nord, on utilise les termes STS alors qu'en Europe, l'expression *Context-based* sont largement utilisés (Bennett, 2005; Bennett et al., 2006).

Le courant STS est en fait de la science qui va « beyond the limits of the textbooks and into the real world » (traduction de Kumar and Fritzer, 1998, p. 14) (au-delà des livres pour entrer dans le vrai monde). En d'autres mots, il s'agit d'un courant qui utilise les interactions entre la science, la technologie et la société permettant notamment le développement de la culture scientifique (alphabétisation) et le développement du jugement critique. Dans un cours s'inspirant des problématiques reliées au courant STS, Lopez (2000) mentionne que les apprentissages devraient être contextualisés, authentiques et faire appel à des exemples de la vie courante pour faciliter l'assimilation des concepts abstraits. Dans l'optique du courant STS, Sanger and Greenbowe (1996) puis Solbes and Vilches (1997) énoncent quelques exemples de sujets qui démontrent l'utilisation de l'environnement comme amorce pour aborder des concepts scientifiques tels les changements climatiques, le recyclage et l'amincissement de la couche d'ozone.

L'enseignement des sciences suivant les principes du courant STS comporte plusieurs différences comparativement à un enseignement traditionnel :

- le contexte d'apprentissage (personnel, authentique, vrai);
- la compréhension (et non seulement l'acceptation aveugle des concepts);
- la manière dont on perçoit la science (il s'agit d'un processus d'apprentissage) (Sanger and Greenbowe, 1996).

Selon Kumar and Fritzer (1998), le but du courant STS est de permettre aux individus de comprendre comment la science, la technologie et la société peuvent influencer son entourage et sa prise de décision. De plus, il s'agit de vouloir préparer les étudiants à utiliser la science dans la résolution de problèmes personnels ou à l'échelle de la société (Yager, 1993; Bennett et al., 2006), de motiver les étudiants et finalement, de favoriser une attitude positive à l'égard de la science (Yager, 1993; Solbes and Vilches, 1997; Bodzin and Mamlok, 2000; Bennett et al., 2006). Autrement dit, il s'agit de favoriser le développement d'une culture scientifique et technique (alphabétisation, voir section 2.3) dans le but de former des citoyens capables de participer activement à la résolution de problématiques actuelles et futures. Selon Bybee (1997), le courant STS est un mécanisme reconnu pour que les étudiants amorcent le développement de leur culture scientifique. Par le biais d'activités comme le tri des ordures ménagères, la préservation de certaines espèces animales, végétales ou des ressources en eau, l'apprentissage des sciences contribue à former des citoyens qui seront, selon Lopez (2000), des citoyens avertis au regard du monde qui les entoure.

D'un point de vue pédagogique et didactique, le courant STS devrait favoriser l'utilisation d'un grand nombre de stratégies. Bennett (2005) en énonce quelques-unes, dont les discussions en petit groupe, les jeux de rôles et les présentations des étudiants. Ainsi, utiliser des problématiques contextualisées en environnement tout en variant ses approches pédagogiques pourrait favoriser la motivation, l'intérêt et la curiosité à l'égard de la culture scientifique et technique (Conseil de la science et de la technologie, 2003) et mener à l'intégration de citoyens conscients de leurs responsabilités sociales.

Certaines études considérées dans le cadre de cet essai (Bennett et al., 2006; Yager, 1993) ont démontré que le développement de la compréhension des sciences était meilleur en utilisant le courant STS plutôt qu'une approche traditionnelle et qu'il favorise une attitude positive au regard des cours de sciences. Également, ces auteurs ont révélé d'autres répercussions positives : créativité scientifique accrue, utilisation des informations scientifiques facilitée, ancrage à plus long terme des apprentissages et une meilleure perception de la science. En somme, un large consensus concernant le bien-fondé de l'utilisation du courant STS dans un cours de science se dessine parmi les auteurs analysés.

Depuis plusieurs années, le courant STS a été intégré dans des cours de chimie en Chine, en Espagne et aux États-Unis. Des études (Solbes and Vilches, 1997; Yong, 1994) révèlent qu'il est possible de transformer les activités traditionnelles afin de permettre aux étudiants de construire et d'approfondir leurs connaissances scientifiques et de rendre les cours plus intéressants. Enfin, des auteurs (Cordingley, 2000; Ratcliffe, 2003 cité *In* Bennett, 2005) énoncent que le courant STS a fait ses preuves dans certains contextes et qu'on peut l'inclure dans un cours de science. Ils ajoutent qu'il serait essentiel que des outils soient mis à la disposition des professeurs. S'appuyant sur ces études et en considérant que la trousse élaborée dans le cadre de cet essai s'inspire du courant STS, nous ne pouvons que nous réjouir de l'appui scientifique justifiant notre démarche de recherche.

### **2.2.2 Science-Technologie-Société-Environnement (STSE)**

Le courant Science-Technologie-Société-Environnement (STSE), selon Pedretti, Bencze, Hewitt, Romkey and Jivraj (2008), met l'accent sur la prise de décision, l'éthique, l'action, la transformation et le pouvoir d'action. Ce courant permet également de développer des valeurs, des attitudes et des conduites comme celles véhiculées par l'éducation relative à l'environnement (ÉRE). Ainsi, pour maîtriser en profondeur un concept, il ne suffit pas de le connaître, mais bien de pouvoir l'utiliser dans des contextes divers. Il s'agit donc, pour les professeurs, d'enseigner un contenu scientifique dans un contexte de technologie, de société et d'environnement (Aikenhead, 1988). Selon ce dernier, s'inscrire dans le courant STSE permettrait de préparer les étudiants à affronter les problématiques liées à ces thématiques. La relation entre la science, la technologie, la société et l'environnement est exposée à la figure 2.1. Le courant STSE a mené à des débats éthiques sur différentes problématiques sociocientifiques, ce qui aide les étudiants à prendre des décisions éclairées et à participer à la vie de la société moderne (Sadler and Zeidler, 2004 *In* Kim and Roth, 2008).

« Given that scientific knowledge and collective decision-making could have a great impact on health and the environment, it becomes necessary for students as future citizens to understand the complexity of STSE and human ethical relationships in their everyday life" (Kim and Roth, 2008, p. 517). (Traduction libre : Puisque le savoir scientifique et la prise de décisions des collectivités pourraient avoir un impact sur la santé et l'environnement, il devient donc nécessaire pour les citoyens de demain de comprendre la complexité des relations STSE et éthiques dans leur vie de tous les jours).



Aikenhead (1988) illustre clairement ce que représente le courant STSE à l'aide d'un exemple révélateur. Celui-ci explique qu'au moment d'étudier le concept de concentration, on demande aux étudiants universitaires de calculer la teneur en biphénylpolychlorés (BPC) dans des organismes aquatiques. On les interroge ensuite sur leur position par rapport à la question suivante : devrait-on détruire toute la prise de poissons, sachant qu'ils sont contaminés et que la population locale n'a rien à se mettre sous la dent? Pour leur part, Pedretti, Bencze, Hewitt, Romkey and Jivraj (2008) démontrent un exemple en lien avec le protocole de Kyoto. Ainsi, un contexte authentique et significatif peut faire appel à des situations de la vie courante et mener à l'ancrage des apprentissages à plus long terme (Yörük, Morgil and Seçken, 2009 ; DeBoer, 2000 *In* Kim and Roth, 2008).

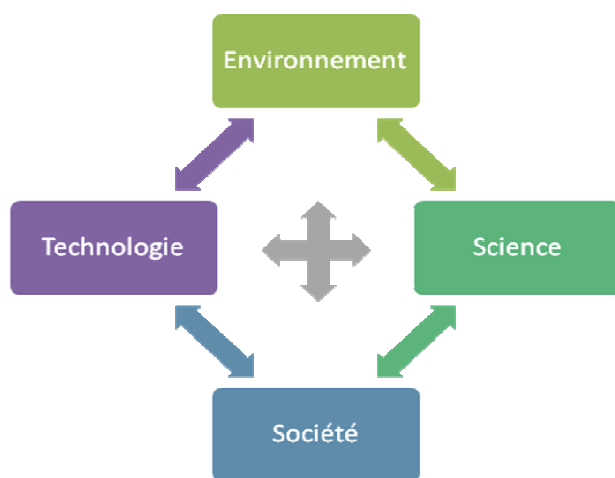


Figure 2.1 Science-Technologie-Société-Environnement (STSE)  
(Tiré de Bencze, 2008, s. p.)

L'enseignement des sciences, véhiculé par le courant STSE, a pour objectifs de viser un changement d'attitudes à l'égard de scientifiques et d'augmenter la motivation et le pouvoir d'agir des étudiants (Aikenhead, 2005 *In* Yörük et al., 2009). La formation de citoyens responsables qui peuvent changer leur monde est un autre objectif énoncé par Roth and Désautels (2004) cité dans Kim and Roth (2008).

Le courant STSE, malgré une popularité grandissante au cours des dernières années, demeure peu mis en pratique en classe au niveau secondaire et universitaire. Pedrett et al. (2008) signalent qu'il n'est pas surprenant que les nouveaux professeurs soient réticents à s'inspirer du courant STSE dans leur enseignement. En effet, ces auteurs indiquent qu'il peut être complexe d'enseigner la science lorsque le professeur doit faire

appel à des connaissances interdisciplinaires tout en favorisant le développement du jugement critique dans des situations où le doute et la dimension éthique sont omniprésents.

Déjà en 1988, Aikenhead décrivait plusieurs façons d'enseigner en visant une logique de courant STSE, notamment les discussions de groupe, les simulations et les débats. Cette manière d'aborder la science permet, selon Zoller (1992), de développer l'alphabetisation scientifique et technique (voir section 2.3). Le courant STSE trouve aussi sa place dans les programmes gouvernementaux. Par exemple, au Manitoba, on indique que la compréhension des interactions STSE est essentielle à la culture scientifique. Pour l'étudiant, il ne s'agit pas de vouloir résoudre tous les problèmes de la Terre, mais de prendre position relativement aux enjeux à partir d'une analyse approfondie, de leurs attitudes et de leurs valeurs (Zoller, 1992). Selon ce dernier, au début des années 1990, l'impact du courant STSE au Canada était limité puisqu'aucun changement positif n'était observé dans l'attitude des étudiants. Toutefois, notons que les travaux publiés par Zoller en 1992 ont été réalisés dans un contexte sensiblement différent (langue, époque) et dans des conditions bien peu représentatives de la situation québécoise actuelle. Il serait donc pertinent, en considérant la génération actuelle d'étudiants, de mener des études pour valider les effets du courant STSE sur le changement de valeurs et d'attitude. Pour ce faire, une étude des changements comportementaux pourrait être effectuée (voir Champagne St-Arnaud, 2009).

### **2.2.3 Chemistry in the Community (ChemCom)**

Un cours de chimie au secondaire qui suit les traces des courants STS et STSE se nomme la *Chemistry in Community* (Chimie dans la communauté) (ChemCom). Le programme ChemCom a débuté dans les années 1980 aux États-Unis et s'est propagé dans divers milieux, dont au Canada anglais (Lopez, 2000). Depuis, bon nombre d'institutions scolaires au niveau secondaire l'ont adopté. À la base, le programme ChemCom vise à ce que les jeunes personnes puissent comprendre la science et la technologie afin de prendre des décisions éclairées en lien avec des problèmes environnementaux. Winther and Volk (1994) énoncent quelques exemples de ces problématiques : ressources fossiles, hausse de la demande en énergie, couche d'ozone, changements climatiques.

Le programme ChemCom est un cours d'un an bâti autour de huit problématiques sociétales qui mettent l'emphasis sur, selon Sanger and Greenbowe (1996), le développement et l'utilisation de stratégies pour développer l'esprit critique et le pouvoir d'agir. Ces huit problématiques sont indiquées à la figure 2.2. Selon certains, le cours tiré du programme ChemCom est moins chargé (Sanger and Greenbowe, 1996) et plus efficace (Winther and Volk, 1994) que le cours de chimie traditionnel.

- 1- L'eau : Explorer les besoins et les solutions
- 2- La conservation des ressources chimiques
- 3- Le pétrole: créer des liens chimiques
- 4- Comprendre l'alimentation
- 5- Le nucléaire dans notre monde
- 6- Le climat, l'air et la chimie
- 7- La chimie et la santé
- 8- L'industrie chimique: défis et promesses

Figure 2.2 Les huit problématiques de la ChemCom

(Traduction et adaptation de American Chemical Society (s. d.), de Schwartz, Bunce, Silberman, Stanitski, Stratton and Zipp, 1994, p. 1041 et de Winther and Volk, 1994, p. 502).

Dans le programme ChemCom, en plus d'effectuer des expériences au laboratoire et de résoudre des problèmes en chimie, les élèves doivent engager des discussions, prendre position lors de débats et participer à des jeux de rôles (Schwartz, Bunce, Silberman, Stanitski, Stratton and Zipp, 1994). Le programme ChemCom permet donc de contextualiser les apprentissages en chimie. Les situations de la vie quotidienne, dont celles en lien avec l'environnement, deviennent un prétexte pour aborder divers concepts en lien avec la chimie.

L'objectif premier du programme ChemCom est de motiver les élèves à apprendre la chimie au travers plusieurs problématiques contemporaines, personnelles et sociétales (Sutman and Bruce, 1992) et de développer l'esprit critique. Comme le démontre l'étude de Robelia, McNeill, Wammer and Lawrenz (2010), il peut en découler un changement d'attitude envers la chimie.

Selon Sutman and Bruce (1992), onze (11) sous-objectifs étayent le programme ChemCom :

- apprendre la chimie;
- comprendre les problématiques sociétales grâce aux connaissances en chimie;
- permettre l'interprétation de l'information scientifique;
- rendre accessible l'information pour les élèves;
- résoudre des problématiques personnelles à l'aide de la chimie;
- prendre des décisions éclairées basées sur les connaissances scientifiques;
- faire reconnaître à l'étudiant que chaque problématique complexe peut en produire d'autres;
- réaliser qu'il y a toujours des solutions alternatives;
- interpréter les informations scientifiques;
- comprendre la portée et les limites des technologies;
- se familiariser avec les problématiques en lien avec le courant STS.

Enfin, d'autres programmes de chimie s'inspirant de la STS sont apparus dans différents pays depuis les vingt dernières années. Selon Robelia, McNeill, Wammer and Lawrenz (2010), ces programmes intègrent plusieurs problématiques en lien avec l'environnement : *Chemistry modules* (Europe) et *Salters Advanced Chemistry* (Royaume-Unis). Ces auteurs mentionnent également que dans les cours où on retrouve des concepts environnementaux, les étudiants ne semblaient pas avoir significativement plus de connaissances en chimie que dans un cours de chimie traditionnel. Par contre, les étudiants ont développé des attitudes pro-environnementales, dans le sens de l'ÉRE, c'est-à-dire des attitudes qui démontrent qu'ils ont conscience de l'impact de leurs actions et gestes sur l'environnement. L'étude de Robelia et al. (2010) menée auprès de jeunes adultes de 18 à 21 ans, montre quelques contextes qu'il est possible d'aborder en classe : utilisation de l'arsenic III et de l'arsenic V dans la résolution d'un crime et d'un mystère environnemental, le pH des nettoyeurs domestiques, celui de la pluie et des eaux usées et finalement, différents composés organiques présents dans la nourriture et dans l'environnement biophysique. Ainsi, il a été démontré que des problématiques environnementales peuvent être introduites auprès d'une population estudiantine âgée de 18 et 21 ans (soit l'âge des étudiants du cégep) dans un cours de chimie.

En somme, le programme ChemCom vise à permettre à un élève du secondaire de se familiariser avec des concepts scientifiques (et chimiques) pour comprendre les enjeux sociétaux (et environnementaux). Ce programme, tout comme les outils élaborés dans le cadre de cet essai, s'est donc inspiré du courant STS et STSE pour favoriser un

apprentissage contextualisé de la chimie au travers des problématiques réelles et authentiques.

#### **2.2.4 Chemistry in Context (CiC)**

Selon Schwartz, Bunce, Silberman, Stanitski, Stratton and Zipp (1994), Chemistry in Context (chimie en contexte) (CiC) est un cours de chimie inspiré des courants STS et STSE et du programme ChemCom qui cible les étudiants universitaires américains. Les mêmes auteurs mentionnent que le manuel de CiC comporte treize chapitres, dont sept sont directement en lien avec l'environnement (air, protection de la couche d'ozone, changements climatiques, énergie, l'eau, les pluies acides et l'énergie solaire).

Le but de CiC serait, tout comme le programme ChemCom, de motiver les étudiants à apprendre la chimie. Il vise à développer chez les étudiants des habiletés d'analyse, un jugement critique ainsi qu'à développer l'habileté à évaluer les coûts et bénéfices d'une situation. L'étude de Schwartz et al. (1994) a démontré que ce programme aurait poussé certains étudiants à poursuivre leurs études en science. Les différences entre les programmes ChemCom et CiC sont au niveau du contenu, du niveau de jugement critique et de la profondeur des informations.

L'utilisation du programme ChemCom et CiC permettrait d'introduire, selon Kirkkhoff (2009) des concepts de chimie verte (section 2.2.5) dans les cours de chimie. Ainsi, la compréhension par les étudiants de la chimie verte et du développement durable serait facilitée.

En somme, le courant STS a inspiré des cours de chimie destinés aux élèves préuniversitaires (ChemCom) et aux étudiants universitaires (CiC). Ces approches visent le développement du jugement critique ainsi que l'apprentissage des divers concepts qui pourraient mener à des prises de décisions éclairées quant aux différentes problématiques que peuvent vivre les étudiants au niveau technique, social et environnemental. Braun, Charney, Clarens, Farrugia, Kitchens, Lisowski, Naistat and O'Neil (2006) indiquent qu'il importe de faire réaliser aux apprenants que la chimie que nous pratiquons a un impact social et environnemental et qu'ils sont en mesure d'apporter maints changements dans leurs pratiques. De plus, en introduisant des concepts de chimie verte, l'étudiant pourrait

potentiellement résoudre des situations réelles qui mettent en jeu des connaissances scientifiques, techniques, environnementales et sociales.

À première vue, ces programmes, soient ChemCom et CiC, pourraient être traduits et implantés pour remplacer les programmes actuels de chimie au secondaire, au collégial et à l'université. Or, ce faisant, il faudrait réformer ces programmes complètement, ce qui engendrerait des coûts et une demande accrue en ressources humaines. L'intégration de concepts environnementaux pourrait être représentée par la métaphore de l'éléphant (Gron, 2009, p.109) : il faut le manger une bouchée à la fois. Ainsi, il serait donc beaucoup plus facile d'amorcer cette réforme graduellement puisque chaque voyage commence par un petit pas. Quelques cégeps ont déjà entamé une modification de leurs programmes de Sciences de la Nature et Sciences Humaines (Guérin, 2010a ; 2010b). Les cours offerts ont maintenant une saveur environnementale.

La trousse élaborée dans le cadre de cet essai représente donc un compromis entre la traduction de programmes complets et ne rien faire. Elle comprend trois éléments : le plan de cours, les capsules et les évaluations. Éventuellement, il serait possible d'inclure un quatrième élément, soit l'adaptation des laboratoires. De plus, cette trousse pourrait se transférer en chimie des solutions. Cet enseignement formel de la chimie et de l'environnement pourrait se poursuivre dans les milieux communautaires, dans les entreprises, dans les musées ou les centres d'interprétation (Chaire de recherche du Canada en éducation relative à l'environnement, 2002).

### **2.2.5 Chimie verte**

La démarche d'inclure un volet environnemental à un cours de chimie organique viserait à comprendre les problématiques et enjeux environnementaux et à décroisonner les apprentissages. À cet effet, plusieurs auteurs (Klingshirn and Spessard, 2009; Kirchhoff, 2010) mentionnent que la chimie verte pourrait jouer un rôle important puisqu'il est possible de modifier plusieurs de nos habitudes pour avoir une vision globale de nos actions quotidiennes. Ainsi, selon nous, la chimie verte s'inscrit dans la logique de l'ÉRE puisqu'elle veut inculquer des valeurs et attitudes respectueuses de l'environnement auprès des apprenants. L'ÉRE devient donc une valeur ajoutée à un simple cours de chimie verte. Par ailleurs, il existerait un lien entre prise de conscience et action pour l'environnement (Urgelli, 2007, p. 82). Connaître les problématiques est une condition

nécessaire à l'apparition d'un comportement adéquat, mais ne serait pas suffisant. En effet, pour que la prise de conscience soit suivie d'effets, il faut que l'individu ait des alternatives prenant en compte ses contraintes individuelles (Urgelli, 2007). La chimie verte démontre quelques-unes de ces alternatives.

La chimie verte représente une des clefs vers un monde responsable au regard de l'environnement (Braun, Charney, Clarens, Farrugia, Kitchens, Lisowski, Naistat and O'Neil, 2006; Klingshirn and Spessard, 2009; Kirchhoff, 2010). La chimie verte, plus « respectueuse de l'environnement et de l'expérimentateur » (Jamart, Bodiguel et Brosse, 2009, p.594), suit douze principes qui ont été énoncés par Anastas and Warner (1998). La figure 2.3 précise ces principes. Leur incorporation dans les outils pédagogiques représente un grand défi (Braun et al., 2006). Les mêmes auteurs mentionnent qu'en plus des expériences au laboratoire intégrant la chimie verte, on peut introduire les principes de la chimie verte dans des projets ou des activités qui permettent à l'étudiant de relier la chimie aux problèmes sociétaux et à ses actions quotidiennes. Gron (2009) suggère même que la chimie verte soit ajoutée graduellement dans un cours puisqu'elle aurait un impact certain sur les apprentissages.



Figure 2. 3 Les principes de la chimie verte  
(Adaptation de Jamart, Bodiguel et Brosse, 2009, p. 594-595)

L'introduction de la chimie verte comporte de nombreux avantages significatifs qui ont été démontrés à plusieurs ordres d'enseignement, soit du primaire jusqu'à l'université. Également, selon Braun et al. (2006), les étudiants de toutes disciplines pourraient comprendre plus que jamais les liens entre la chimie et leur quotidien.

L'objectif de la chimie verte est d'offrir des solutions aux problèmes environnementaux actuels, de tendre vers une société respectueuse de l'environnement (Klingshirn and Spessard, 2009, p.79) et de combler les écarts entre la classe et le quotidien aux prises avec des problématiques environnementales (Braun, Charney, Clarens, Farrugia, Kitchens, Lisowski, Naisat and O'Neil, 2006). De nos jours, selon Hjeresen, Anastas, Ware and Kirchhoff (2001), il importe de ne pas sacrifier la qualité environnementale pour la production de biens et services. Ainsi, la chimie verte permettrait ultimement de développer les connaissances nécessaires et la conscience populaire pour atteindre un objectif louable : un monde durable.

Selon Anastas and Beach (2009) ainsi que Klingshirn and Spessard (2009), l'intégration de la chimie verte dans les cours de chimie existant en est à ses tous débuts et ce, même si elle existe depuis une vingtaine d'années. Quelques auteurs l'incorporent à leurs volumes et textes. Par exemple, le livre d'enseignement de la chimie organique au collégial de Jamart, Bodiguel et Brosse (2009) contient un chapitre entier voué à la chimie verte. Anastas and Beach (2009) mentionnent que des cours de chimie verte et de développement durable sont introduits depuis quelques années dans un nombre grandissant d'institutions d'enseignement, et ce, un peu partout sur la planète.

Par ailleurs, la chimie verte et la chimie organique sont très fortement reliées. En effet, la chimie organique utilise bon nombre de réactifs et solvants qui peuvent avoir un impact négatif sur l'environnement et la santé humaine. Plusieurs impacts environnementaux sont attribuables, selon Hjeresen, Anastas, Ware and Kirchhoff (2001), aux processus ou aux produits chimiques (perte de biodiversité, diminution de la couche d'ozone, pollution provenant de l'agriculture, introduction de composés organiques persistants, changements climatiques, diminution des ressources non renouvelables). Une prise de conscience de ces différents aspects de la part des étudiants par le biais d'activités en classe permettrait éventuellement une protection accrue des ressources existantes.



Il existe donc des outils dans le domaine de la chimie verte qu'il est possible de consulter. Ils sont énumérés par Kerr and Brown (2009) : livres, références, monographies, manuels de laboratoire, sites Internet, vidéos et articles de journaux. Plusieurs autres projets d'adaptation de matériel didactique seraient, selon Anastas and Beach (2009), en voie d'être publiés en anglais sur Internet. Ainsi, selon les besoins des professeurs, il sera possible de consulter différentes ressources pour intégrer la chimie verte dans un cours de chimie. Par exemple, les laboratoires pourraient être retravaillés à la lumière de ces projets.

Enfin, la chimie verte pourrait être introduite dans des cours de chimie, inspirés par les courants STS et STSE, d'où découlent les programmes ChemCom et CiC. Cela permettrait éventuellement de rendre accessible une ÉRE, favorisant ainsi la conscientisation des étudiants au regard des problématiques sociétales et environnementales.

Somme toute, intégrer une éducation faisant appel au développement durable, à la chimie verte et à la contextualisation des apprentissages permettrait à un plus grand nombre d'étudiants de comprendre, pensons-nous, les différents enjeux sociétaux et environnementaux. Ainsi, il serait possible de suivre la tendance énoncée par les Nations Unies qui ont déclaré que 2005-2014 serait la décennie pour l'éducation au développement durable (Kirchhoff, 2010).

### **2.2.6 Questions scientifiques sociales vives (QSSV)**

Tout au long de leur vie, les étudiants devront faire face à des situations problématiques relatives aux questions socioscientifiques telles que l'alimentation, les biotechnologies, les choix énergétiques, l'économie, l'environnement, l'éthique, la mondialisation et la politique (Girault, Langer, Fortin-Debart, Delalande-Simonneaux et Lebaume, 2007). Ces thèmes, qui se traduisent en questions scientifiques sociales vives, placent « l'incertitude et le risque au coeur des processus d'enseignement apprentissage » (Albe et Simonneaux, 2002, p.131-132). Toutes ces questions « jouent un rôle primordial en didactique du développement durable » (Girault et al., 2007, p. 125). En effet, les questions scientifiques sociales vives cristallisent des questions d'actualité en lien avec la science, la technologie, la société et l'environnement. Le traitement de ces questions, avec une approche inspirée des courants STS et STSE, pourrait mener, selon Simonneaux et Simonneaux (2005), au

développement de la compréhension de l'interdépendance entre ces divers sujets. Ainsi, l'étude des QSSV par des étudiants constitue une voie prometteuse « dans la perspective d'une alphabétisation technoscientifique » (Simonneaux, 2008, p. 88) et pour les professeurs au collégial (Legardez et Simonneaux, 2005).

Les questions scientifiques sociales vives, aussi appelées *socioscientific issues* par des didacticiens anglo-saxons, sont des questions « à propos desquelles les opinions divergent et qui ont des implications [sur le quotidien] » (Simonneaux et Simonneaux, 2005, p. 82). Alors que la résolution des QSSV fait régulièrement l'objet de controverses, l'enseignement traditionnel s'intéresse principalement aux faits scientifiques qui font consensus. Selon Simonneaux et Simonneaux (2005), l'enjeu éducatif est de donner l'occasion aux étudiants de développer un jugement critique, et une opinion informée, d'intégrer les savoirs particuliers, d'affronter des problèmes fondamentaux, de faire des choix et d'être capables d'en débattre, ce que permettent entre autres les QSSV. Ces questions peuvent alors favoriser l'éducation relative à l'environnement puisque le développement de valeurs, de connaissances et du jugement critique y est encouragé. Ce type d'apprentissage, aussi qualifié d'alphabétisation scientifique (voir section 2.3), n'est pas simple puisque la plupart des problèmes réels, qui surviennent dans la vie de tous les jours, exigent la prise en compte des dimensions scientifiques et sociales pour leur résolution (Sadler et al., 2004; Zeidler et al., 2002 *In* Simonneaux et Simonneaux, 2005). Selon Albe et Simonneaux (2002), ces questions scientifiques sociales sont qualifiées de vives parce que:

- elles suscitent des débats dans la production des savoirs savants de référence;
- elles sont prégnantes dans l'environnement social et médiatique et que nul ne peut y échapper;
- en classe, les professeurs se sentent souvent démunis pour les aborder.

La meilleure stratégie didactique pour appréhender les QSSV serait, selon plusieurs auteurs, dont Gayford (2002), Kolsto (2000) et Simonneaux (2001), l'utilisation d'une démarche de construction d'opinions comme dans le programme de formation de l'école québécoise au secondaire. Cet exercice argumentaire constitue une forme d'articulation des savoirs et de leurs enjeux que certains professeurs n'hésitent pas à favoriser dans leur enseignement (Urgelli, 2007). Les QSSV ont pour fonction d'alphabétiser et de viser le développement d'une compétence citoyenne auprès des étudiants (Simonneaux et Simonneaux, 2005). En effet, les étudiants ne doivent pas simplement être en mesure

d'assimiler les concepts scientifiques, mais également de pouvoir prendre part aux débats d'idées entourant les questions socioscientifiques et techniques qui traversent notre société.

Les savoirs impliqués dans ces questions constituent, selon Fourez (1997 *In* Simonneaux et Simonneaux, 2005) des îlots de rationalités interdisciplinaires. L'îlot de rationalité est une représentation qu'on se fait d'une situation authentique qui implique un contexte et un projet qui lui donne son sens (Urgelli, 2007 ; Simonneaux, 2008). Ces îlots de rationalités étant interdisciplinaires, ils constituent donc une difficulté pour les professeurs qui doivent intégrer des concepts qui sortent parfois de leur champ d'expertise. D'autres difficultés ont été soulevées par Urgelli (2007), soient l'organisation des temps pédagogiques, défavorables à la mise en place d'un travail interdisciplinaire, le cloisonnement des disciplines (Giordan et Souchon, 1991 *In* Urgelli, 2007) et le manque de formation et d'expérience chez les professeurs.

Ainsi, les QSSV renferment un potentiel intéressant pour stimuler l'apprentissage et c'est pourquoi plusieurs de celles-ci se retrouvent dans la trousse d'enseignement proposée. En effet, chaque capsule comporte quelques questions de manière à stimuler la réflexion critique afin que les étudiants puissent développer cette aptitude à pouvoir débattre de questions scientifiques sociales vives. Ces questions sont abordées à la fin de plusieurs capsules dans le but de mettre en lumière les opinions divergentes des étudiants.

### **2.3 L'alphabétisation scientifique**

La *scientific literacy*, l'éducation citoyenne aux sciences (Desautels, 1998), la culture scientifique ou l'alphabétisation scientifique a été définie par Bennett (2005) et par Barron (2005) dans le cadre de leurs recherches. Le terme alphabétisation scientifique est retenu dans le cadre de cet essai parce qu'il fait état d'une acquisition de connaissances et de compétences au regard de la science. Il s'agit en fait des connaissances scientifiques de base que tous devraient acquérir « *to think and act appropriately on scientific matters that may affect their lives and the lives of [...] members of [their] communities* » (Bennett, 2005, p. 3) (pour penser et agir de façon appropriée au regard des problématiques scientifiques qui peuvent affecter leur vie et celles de leur entourage). Barron (2005), en citant Shamos (1993), rajoute que l'alphabétisation scientifique relève du développement d'attitudes, de l'utilisation d'aptitudes et de savoirs afin de prendre des décisions rationnelles en lien avec

les problématiques scientifiques et techniques. Selon Laugksch (2000), les citoyens pourraient être mis à contribution dans les décisions en lien avec la santé, l'énergie, les ressources naturelles, l'alimentation et l'environnement. Ainsi, de solides connaissances de base sont requises pour la compréhension globale des phénomènes qui nous entourent pour s'y intégrer et s'y épanouir.

Par ailleurs, ces connaissances de base en lien avec la science et la technologie occupent une « part importante de l'héritage culturel et constituent un facteur déterminant du développement des sociétés » (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, s. d., p. 2). Ainsi, plusieurs concepteurs de curriculums de divers pays sont parvenus, selon Desautels (1998), à un consensus sur la nécessité d'avoir le plus grand nombre de personnes alphabétisées sur le plan scientifique et technique. Désormais, on se préoccupe davantage de la formation de citoyens capables de s'engager dans une société recelant des enjeux socioscientifiques et techniques, plutôt que l'apprentissage des disciplines scientifiques. Pour ce faire, des outils en lien avec le jugement critique et le développement de valeurs devront être fournis aux étudiants. Ces outils leur serviront à prendre part aux décisions de la société.

Plusieurs caractéristiques d'une personne ayant une culture scientifique élaborée ont été énoncées par Yager (1993) et nous paraissent encore d'actualité :

- savoir utiliser la science, la technologie et les valeurs éthiques dans la résolution de problèmes quotidiens et dans la prise de décisions;
- analyser les interactions entre la science, la technologie et la société;
- se responsabiliser quant aux actions personnelles et civiques;
- argumenter rationnellement;
- démontrer de la curiosité en lien avec le monde naturel et artificiel;
- appliquer un raisonnement rigoureux et douter des informations colportées par les médias;
- démontrer de l'ouverture d'esprit au regard des nouveautés scientifiques et technologiques;
- reconnaître que la science et la technologie sont le fruit d'efforts humains;
- peser le pour et le contre en lien avec le développement technologique;
- reconnaître les forces et les limites de la science et de la technologie dans l'évolution humaine;

- faire des liens entre les différentes disciplines (histoire, mathématiques, sciences humaines, etc.);
- offrir des explications aux phénomènes naturels.

Puisque l’alphabétisation scientifique est reliée aux courants STS et STSE, un professeur peut s’en inspirer afin d’amener ses étudiants à observer les différentes problématiques qui pourraient les toucher dans leur quotidien (Desautels, 1998; Barron, 2005). Par conséquent, l’ÉRE permettrait le développement d’une alphabétisation scientifique élargie par le biais de capsules et d’évaluations élaborées dans la trousse d’enseignement. Bref, la compréhension et l’intégration des savoirs favoriseraient la prise de position dans la résolution de problèmes scientificotechniques réels. La figure 2.4 démontre les liens entre les différents concepts vus précédemment.

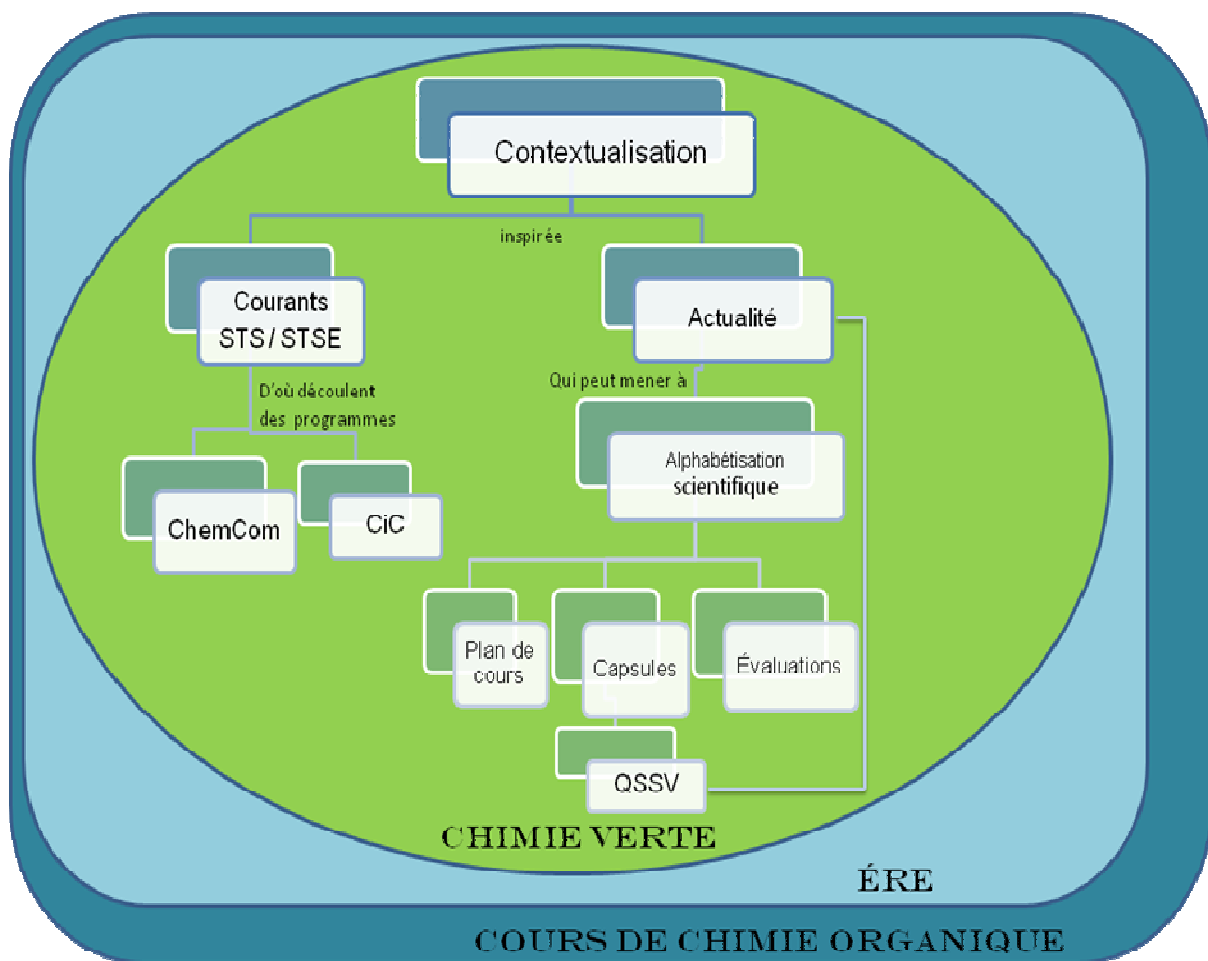


Figure 2.4 Liens entre les différents concepts qui ont inspiré la trousse d’enseignement (les courants STS et STSE, les programmes ChemCom et CiC, la chimie verte, l’ÉRE, les QSSV et l’alphabétisation scientifique).

## 2.4 Efforts environnementaux dans les institutions

Les institutions post-secondaires, c'est-à-dire les cégeps et les universités, accueilleront les jeunes de la réforme, et ce, dès l'automne 2010. Depuis quelques années, elles se préparent à les recevoir, car elles sont « conscientes qu'elles [les] accueilleront [...] et que la continuité avec la réforme de l'éducation de base s'impose » (Litzler, 2008, p. 2). Plusieurs éléments de contexte vont influencer cette transition entre le secondaire et le collégial et le réseau collégial devra effectuer les ajustements nécessaires pour s'harmoniser (Conseil de l'éducation, 2010, p. 28). Ainsi, on retrouve, dans certaines de ces institutions, des politiques environnementales qui se mettent au diapason avec celles de l'école secondaire québécoise. En effet, plusieurs écoles secondaires font de louables efforts en ce qui concerne l'environnement. La Centrale des syndicats du Québec (CSQ), par le biais des Établissements verts Brundtland, émet une reconnaissance depuis 1993 (CSQ, 2005a) aux établissements qui favorisent un avenir viable en posant des gestes

« concrets et continus en faveur des 6R [réduire la consommation des ressources, réutiliser les biens, recycler, repenser nos systèmes de valeurs, restructurer nos systèmes économiques et redistribuer les richesses], afin de contribuer à créer un monde écologique, pacifique, solidaire et démocratique » (CSQ, 2005b, s. p.).

Cette reconnaissance permet l'engagement des élèves du niveau secondaire dans leur communauté tout en posant des gestes responsables au regard de l'environnement et du monde qui les entoure.

Au niveau collégial, plusieurs étudiants, travailleurs et dirigeants ont pris conscience de l'importance de l'environnement dans leur milieu de vie et ont décidé d'instaurer une politique environnementale (Litzler, 2008). Selon le même auteur, il faut souligner les efforts du groupe Environnement Jeunesse qui a contribué à l'écodéveloppement des collèges du Québec avec l'avènement de la certification « Cégep vert ». Le développement d'une culture environnementale est souhaité par ces institutions. « Elles prennent également conscience que l'intégration de l'environnement dans les curriculums des étudiants est la voie la plus sûre pour créer une culture environnementale au sein de l'institution » (Litzler, 2008, p. 2). L'Association québécoise pour la promotion de l'éducation relative à l'environnement (AQPERE) a même élaboré un guide pour aider les cégeps et les universités à soumettre des projets de développement institutionnel. On retrouve également sur le site Internet de l'AQPERE un document permettant de s'informer sur les pratiques en ÉRE qui ont lieu dans les cégeps (voir Thibeault et

Bernard, 2010). Les professeurs peuvent s'inspirer des pratiques pédagogiques de la communauté collégiale et ultimement, en voir les bénéfices auprès de leurs étudiants s'ils souhaitent intégrer de telles activités dans leurs classes. Les cours qui sont en lien avec l'environnement, notamment au cours desquels la chimie verte est abordée, permettraient le développement d'une culture environnementale et la formation de citoyen averti.

Dans ce contexte, l'objectif général de cet essai est de produire une trousse pour l'enseignement « clef en main » d'un cours de chimie organique intégrant l'environnement au niveau collégial. Plus précisément, il s'agit de mettre au point des outils pertinents fondés sur des concepts environnementaux qui seront réellement utiles à de nouveaux professeurs au collégial.

Les objectifs spécifiques de cet essai sont :

- d'élaborer divers outils permettant d'intégrer les concepts environnementaux dans la mise en œuvre d'un cours de chimie organique déjà au programme (plan de cours, modalités d'évaluation, capsules « environnement ») et expliquer leur pertinence;
- de démontrer des liens existant entre la chimie organique et l'environnement.

Considérant la problématique identifiée et les objectifs de recherche, il apparaît opportun de recourir à la recherche développement comme méthodologie.

### **3 TROISIÈME CHAPITRE : MÉTHODOLOGIE**

Une recherche méthodique dans la littérature a permis de constater que cet essai s'inscrit dans le paradigme de la recherche développement. Même si ce type de recherche est « moins documenté que la recherche-action ou l'étude de cas » (Loiselle et Harvey, 2007, p. 41), il constitue tout de même un apport important aux pratiques éducatives, ici la trousse pédagogique. La présente section présente la définition de la recherche développement, ses étapes, la validation des outils et finalement, les avantages et les limites de la recherche développement.

#### **3.1 Recherche développement**

La création de produits occupe, selon Loiselle et Harvey (2007), une place prépondérante dans l'activité éducative. Dans la création et l'élaboration d'outils pédagogiques, il est possible « soit de situer un problème à résoudre, ou de laisser émerger une idée particulière » (Nonnon, 1993, *In* Loiselle et Harvey, 2007, p.50). Il s'agit, dans le cas de la présente trousse, d'une adaptation des méthodes quant aux « nécessités qui émergent du " terrain " » (Guillemette, 2009, p. 2).

La recherche développement se définit comme étant une

« analyse systématique du processus de développement d'objets (matériel pédagogique, stratégies, modèles, programmes) incluant la conception, la réalisation et les mises à l'essai de l'objet en tenant compte des données recueillies à chacune des phases de la démarche de recherche » (Loiselle et Harvey, 2007, p. 44).

À la suite d'une analyse réflexive de ses pratiques, le chercheur-développeur doit prendre des décisions qui le mènent à l'élaboration d'objets qui sont adaptés aux besoins de son milieu.

##### **3.1.1 Étapes**

On retrouve plusieurs étapes dans une démarche de recherche développement. Celles-ci sont résumées à la figure 3.1. Dans cet essai, l'origine de la recherche se trouve à être un questionnement, c'est-à-dire quels sont les outils disponibles pour un nouveau professeur qui souhaite intégrer des concepts en lien avec l'environnement dans un cours de chimie organique? Ainsi, puisque la trousse s'appuie sur un cadre conceptuel exhaustif (enseignement des sciences et de la chimie, programmes et courants qui ont inspiré la



trousse, alphabétisation scientifique et certifications environnementales existantes au niveau collégial), il ne s'agit pas simplement du simple développement de produit.

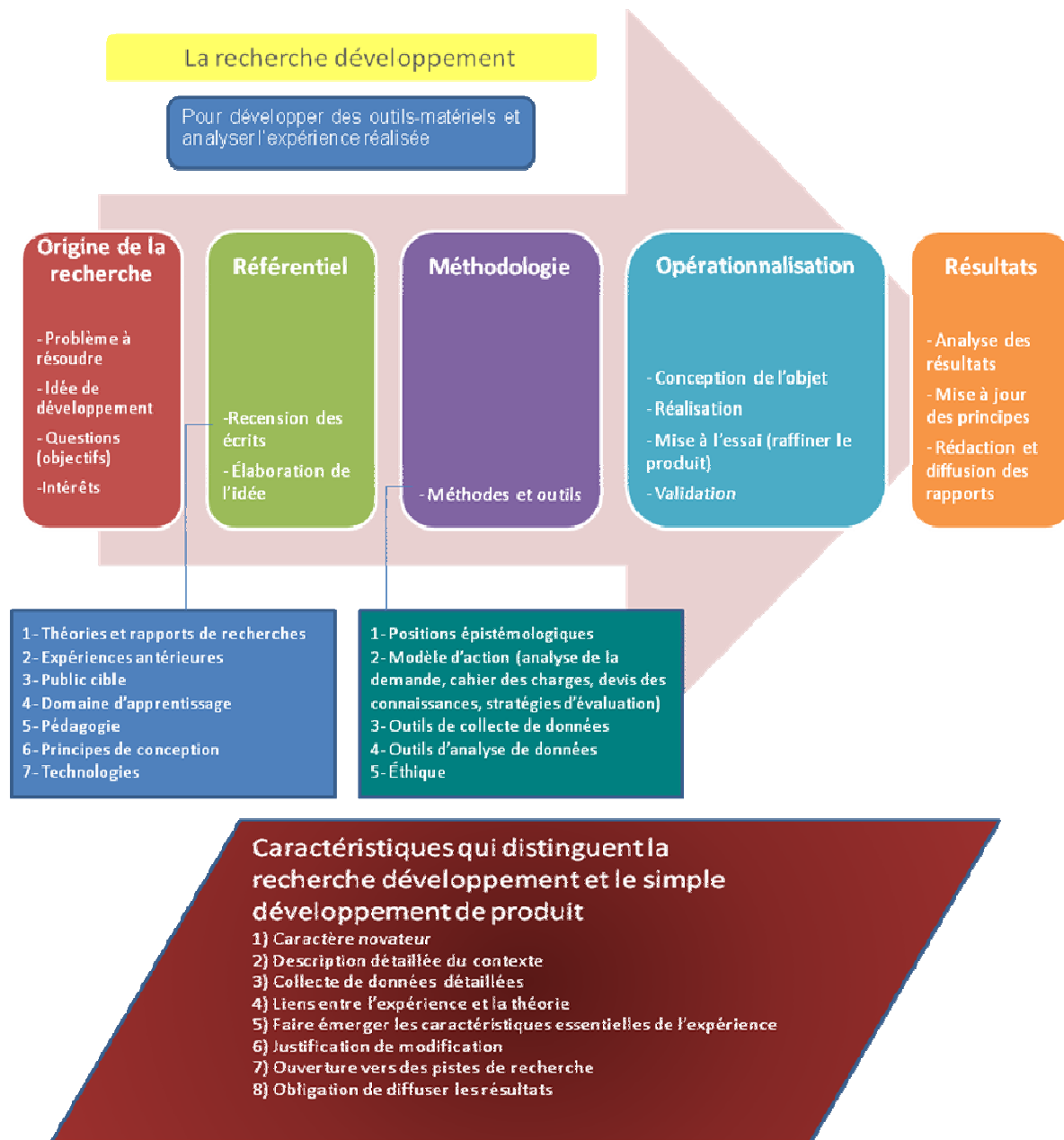


Figure 3.1 Modèle de recherche développement  
(Adapté de Harvey et Loisselle, 2009, p. 106-107)

Le cadre conceptuel n'est pas restrictif et il doit « renforcer ou relativiser les données recueillies durant l'expérience et [il] sera pris en compte pour déterminer l'évolution future du produit » (Loisselle et Harvey, 2007, p. 51). Dans cette approche inductive, le référentiel

est un élément important dans la prise de décisions concernant l'élaboration d'outils pour des activités pédagogiques. Plusieurs auteurs ont été consultés, dont Bellochi (2004), Gron (2009), Legardez et Simonneaux (2005), Litzler (2008) et Olivier (2002) afin d'éclairer la prise de décisions et de trouver des informations relatives à la pédagogie, à la didactique et à l'environnement. De plus, le travail de rédaction est déterminé par la qualité et la pertinence des sources d'information. Un examen critique de ces sources, pour la recherche documentaire, est essentiel pour s'assurer de la validité de l'essai. En effet, plusieurs critères d'évaluation, notamment l'ampleur et la matière traitée, la compétence, la fiabilité et l'exhaustivité, la conception et la facilité d'utilisation (Infosphère - Sciences, 2009) ont été étudiés pour toutes ces sources d'information. Finalement, afin d'élaborer une trousse d'enseignement aussi pertinente que possible, bon nombre d'acteurs du milieu collégial furent contactés (professeurs et conseillers pédagogiques).

### **3.1.2 Validation**

Il est important de mentionner que dans le cadre de cet essai, il s'agit des premières étapes d'une recherche développement puisqu'aucune mise à l'essai n'est prévue avant la remise finale. Les capsules et les évaluations ont été validées par une professeure de chimie au collégial, mais aucune mise à l'essai n'est prévue pour le moment en raison du manque de temps. En s'appuyant sur de solides référentiels, des outils ont été élaborés. Ils devront par contre être raffinés par les futurs utilisateurs et adaptés selon des besoins plus spécifiques.

### **3.1.3 Avantages et limites**

Comme dans plusieurs types de recherche, il existe des limites à la démarche de recherche développement (Loiselle et Harvey, 2007). Tout d'abord, cette recherche a un caractère local, c'est-à-dire que les outils sont « développés de manière spécifique à une discipline particulière ou à certains apprentissages propres à cette discipline » (Depover et Marchand, 2002, *In* Harvey et Loiselle, 2009, p. 97). Par exemple, la trousse élaborée dans le cadre de cet essai cible particulièrement un cours de chimie organique de niveau collégial et un contexte québécois. Comme il s'agit d'une trousse répondant surtout à certains besoins des nouveaux professeurs de chimie organique, il n'est pas possible de généraliser les résultats qui seront obtenus à la suite de la mise en œuvre des outils pédagogiques liés à la trousse. Une seconde limite serait la subjectivité du chercheur-développeur puisque son « bagage théorique et son expérience viendront sans doute

teinter la prise de décisions et l'analyse de données » (Loiselle et Harvey, 2007, p. 55). Enfin, une dernière limite serait le caractère évolutif des informations relatives à l'environnement : le contenu des capsules s'appuie sur des faits scientifiques reconnus à ce jour.

Malgré ces limites, les avantages d'une recherche développement sont nombreux. En effet, les outils élaborés peuvent être directement utilisables et la production d'objets matériels s'appuie sur des expériences empiriques, des connaissances théoriques et des pratiques issues des recherches antérieures. Qui plus est, il s'agit d'un processus de développement, donc il est perfectible selon les besoins fluctuants des usagers.

En résumé, la recherche développement peut contribuer à « l'amélioration de la pratique [enseignante], mais le développement du produit demeure au cœur de la démarche » (Loiselle et Harvey, 2007, p. 52). Selon Loiselle et Harvey (2007), il est possible de collaborer avec les gens du milieu (les professeurs au collégial dans le cas présent) afin d'obtenir une meilleure adéquation entre les outils et les besoins ou attentes du milieu. Cette collaboration a été réalisée dans le cadre de cet essai afin de s'assurer de la pertinence du matériel élaboré et de son utilisation possible auprès des étudiants.

#### **4 QUATRIÈME CHAPITRE : TROUSSE D'ENSEIGNEMENT**

On retrouve trois principaux éléments dans la trousse d'enseignement. Tout d'abord, le plan de cours, ensuite, les capsules environnement et finalement, les évaluations. Ces outils ont été validés par une professeure au collégial. Il serait possible d'ajouter éventuellement un quatrième élément, soit les laboratoires.

##### **4.1 Plan de cours**

Le premier outil élaboré pour cette trousse est le plan de cours. Cet outil est essentiel au bon fonctionnement du cours. Grâce à celui-ci, le professeur annonce ses couleurs; il indique le but du cours, la matière qui sera présentée et le contenu à apprendre. Cet outil, introduit généralement lors de la première leçon, comprend ce qui est attendu des étudiants et ce qui sera évalué. Dans le cadre de la trousse proposée, le plan qui a été élaboré pour un cours de chimie organique intégrant l'environnement présente les concepts en chimie et en environnement qui sont abordés. De plus, on y retrouve un schéma intégrant tous ces concepts pour bien illustrer les liens entre ces derniers.

Puisque la planification représente une étape déterminante dans l'acte d'enseigner, il est pertinent de s'y attarder quelques instants. Tout d'abord, cet exercice de planification permet, selon Hensler et Therriault (1997), de choisir les moyens, d'anticiper le déroulement et les résultats souhaités ainsi que de clarifier l'intention pédagogique. Planifier, c'est aussi faire des choix et en assumer les conséquences. La planification s'inspire nécessairement des fondements conceptuels, car ils constituent la base de l'enseignement au collégial. La planification doit tenir compte du contexte, de la matière, des étudiants, du niveau de difficulté et des obstacles anticipés. Elle représente un outil pour « progresser dans la maîtrise des compétences et pour augmenter ses chances d'atteindre les objectifs fixés » (Hensler et Therriault, 1997, p. 8). La planification donne au professeur de l'assurance et de la crédibilité afin de poser des gestes cohérents et significatifs en ciblant ses interventions. Ainsi, dans le développement de cette trousse clef en main, la planification permet d'extraire et de mettre à profit les concepts environnementaux, souvent tirés ou inspirés de problématiques environnementales réelles pour y harnacher les concepts usuellement repris dans les cours de chimie. Aussi, les étudiants peuvent anticiper l'évaluation finale, qui leur demandera de démontrer leur compréhension des phénomènes environnementaux.

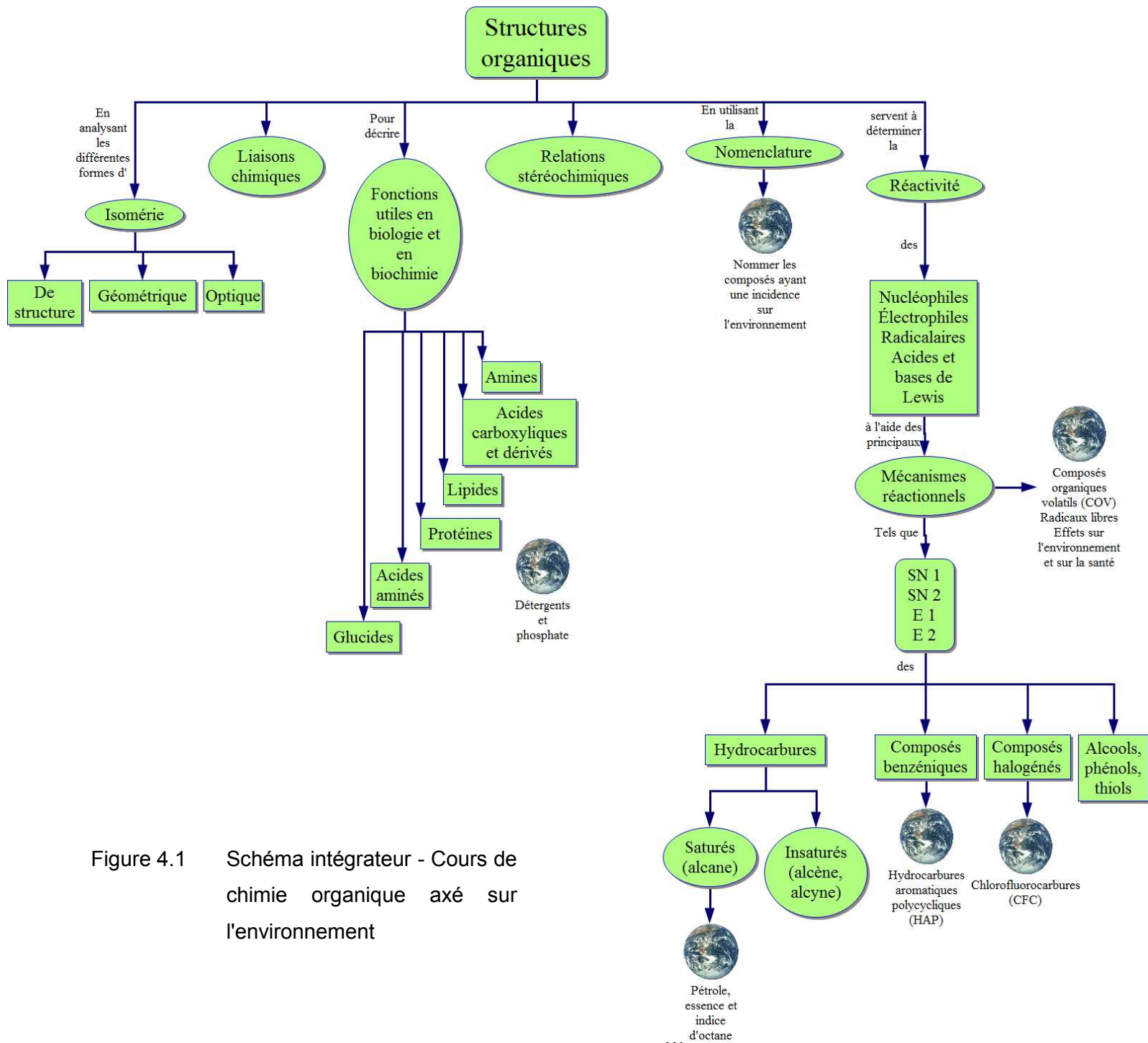
De plus, comme le rapportent certains auteurs, dont Hensler et Therriault (1997), quelques stratégies de planification permettent l'atteinte des objectifs fixés. Selon Raymond (2006), il est essentiel de prévoir des modalités pour que les étudiants puissent construire leurs savoirs et développer les compétences visées. Il importe d'accorder une attention particulière au mode d'évaluation : il influencera les stratégies d'apprentissage, stratégies d'étude et, pour le professeur, la planification. Comme professeur, il faut également insister sur la valeur des apprentissages, autant en chimie qu'en environnement, et fixer des périodes où l'établissement de liens explicites permettra l'intégration des divers concepts. Cette intégration et cette structuration des concepts en chimie et en environnement seront faites par l'entremise des capsules (2<sup>e</sup> élément) et des devoirs ainsi que dans les évaluations (3<sup>e</sup> élément) en cours de session.

Enfin, le plan de cours est bâti en tenant compte des exigences de l'établissement scolaire dans lequel il est utilisé. Il est inspiré du plan-cadre, document qui « reflète les décisions des comités de programme quant aux différents fondements ayant permis de circonscrire l'objet du cours, les contenus jugés essentiels, leurs justifications et leur importance dans le cours » (Bizier, 2008, p. 13). Ainsi, un plan de cours pourrait présenter des différences majeures selon l'établissement où le cours est donné.

La plupart des cégeps exigent en premier lieu, une section « Objectifs et standards », qui est fortement influencée par l'approche par compétences puisqu'on y mentionne le but global visé par le cours, les éléments de compétences et les critères de performance. Ensuite, une section dédiée au contexte de réalisation viendra définir le cadre dans lequel la compétence devra s'acquérir. Cette partie du plan respecte les conditions de l'approche par compétence et permet une meilleure vue d'ensemble au regard de la place du cours dans le programme. Plus loin, la section « Stratégie de développement de la compétence » permet d'indiquer les moyens et les méthodes qui seront utilisés pour atteindre les objectifs fixés, c'est-à-dire les choix du professeur pour faciliter le développement de la compétence ciblée. La section « Agencement du contenu » annonce les concepts qui sont abordés dans le cours, les capsules ayant pour sujet l'environnement (pollution, toxicologie, droit, etc.), les dates et les remises de travaux qui permettent de voir la séquence d'enseignement qui sera proposée aux étudiants. On retrouve le schéma intégrateur du cours de chimie organique intégrant l'environnement à

la figure 4.1. Il s'agit d'un schéma qui permet au professeur de clarifier les contenus pertinents à la mise en œuvre de la compétence. Ce schéma facilite la visualisation de la structure des connaissances essentielles et rend plus explicite la progression des apprentissages. Il peut également être utilisé par les étudiants comme outil pour anticiper et réviser les apprentissages à réaliser. La structuration et l'organisation de la matière permettent à l'apprenant d'acquérir graduellement des concepts tout en créant des liens entre les diverses parties. Grâce à cette structuration, il est possible pour les étudiants de comprendre certains événements quotidiens qui font appel à la chimie organique et à l'environnement. La section « Activités d'enseignement et d'apprentissage » indique les grands courants pédagogiques utilisés (influencés par les approches pédagogiques telles que le cognitivisme, le constructivisme et le socioconstructivisme). Enfin, les modalités d'évaluations font également partie intégrante du plan de cours puisqu'elles influencent grandement toutes les activités en chimie et en environnement et l'orientation qu'on leur donne.

Il est à noter que le plan de cours à l'annexe 2 a été conçu dans le but de pouvoir être utilisé tel quel au même cégep. En effet, Mme Dominique Bélanger, professeure de chimie au Cégep de Saint-Félicien, a généreusement partagé plusieurs documents essentiels à l'élaboration d'un plan de cours, notamment le plan de cours de chimie organique, Plan-cadre du Cégep de Saint-Félicien. Par conséquent, ses commentaires ont permis d'enrichir le contenu de cette trousse. Cet outil a été adapté à partir de celui de la professeure Bélanger. Plusieurs modifications ont été apportées, notamment l'intégration de l'ÉRE, la planification horizontale, les capsules en environnement, les modalités d'évaluation, les devoirs, le schéma intégrateur de la chimie organique et de l'environnement ainsi que la contextualisation de la situation problème finale.



## TECHNIQUES D'ÉTUDE ET D'APRENTISSAGE

- Mémorisation
- Schématisation
- Rapport de laboratoire
- Travail en équipe

## VALEURS ET ATTITUDES

- Discipliné
- Organisé
- Rigoureux
- Autonome
- Curieux

Figure 4.1 Schéma intégrateur - Cours de chimie organique axé sur l'environnement

## 4.2 Capsules environnement

Le choix d'effectuer des capsules environnementales s'est imposé naturellement. En effet, les impacts positifs que peut avoir cet outil d'enseignement au secondaire suggèrent un potentiel intéressant au collégial.

L'étude de la littérature permet d'établir une certaine concordance entre la définition des termes « capsule » (employé dans le présent essai) et « vignette ». Selon Jeffries and Maeder (2005; 2009), une vignette est une petite histoire descriptive qui situe le contenu du cours et stimule la discussion par rapport à des problématiques contextualisées. Cette histoire permet donc d'entamer une discussion afin de trouver des solutions.

L'utilisation d'une vignette vise plusieurs objectifs (Bellochi, 2004). Tout d'abord, inciter les apprenants à amorcer des discussions permettant la résolution de problèmes. Ensuite, la vignette rend la science concrète et finalement, permet aux apprenants une familiarisation avec le langage scientifique. Ces vignettes favorisent la discussion à propos de sujets variés la plupart du temps banals, mais parfois délicats. Elles peuvent être utilisées pour faire du modelage, pour enseigner et pour comprendre. Les problèmes environnementaux se prêtent à ces capsules puisqu'ils sont complexes et authentiques.

Selon divers auteurs (Jeffries and Maeder, 2005; Angelides, Leigh and Gibbs, 2004), les vignettes permettent le transfert des apprentissages dans des contextes variés ainsi que l'intégration des savoirs, aptitudes et habiletés pour résoudre de nouvelles situations de la vie réelle. Ces vignettes visent donc à développer le jugement critique et la capacité de réflexion chez les apprenants.

Selon nous, les capsules sont de courts moments captivants qui sont utilisés comme élément déclencheur, comme source de conflit cognitif ou comme moment de transition. La figure 4.2 illustre deux exemples de modèle de planification d'une leçon. Les capsules, « éphémères et adaptables » (Violette, 1999, p. 7) incluses dans ces exemples, devraient permettre la compréhension de phénomènes environnementaux reliés à la chimie organique tout en favorisant une discussion constructive sur la résolution de problèmes contextualisés.



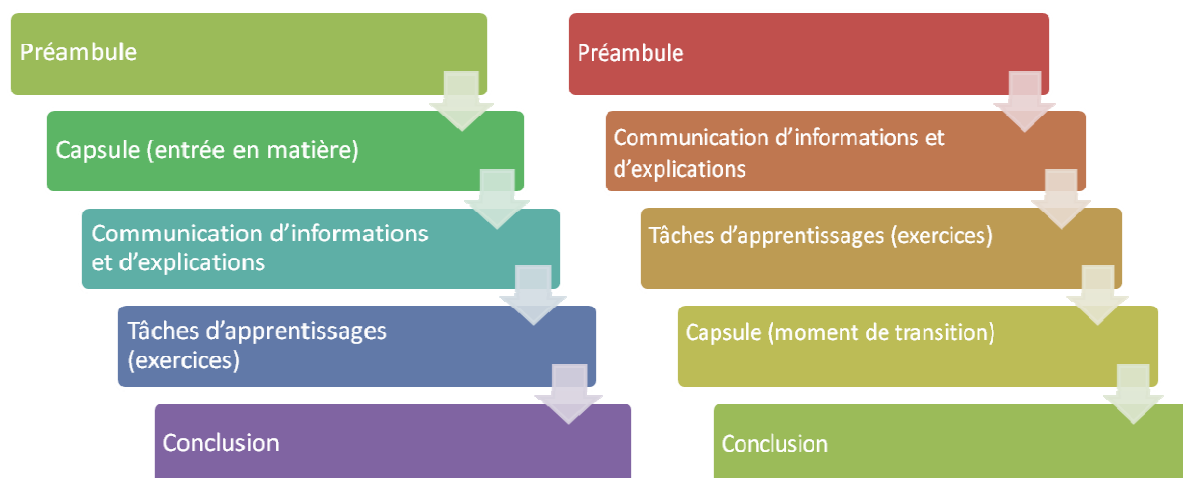


Figure 4.2 Modèles de planification d'une leçon  
(Adapté de Hensler et Therriault, 1997, p. 45-46)

Multiplier ce type d'activités fait en sorte que les apprenants baignent dans cette culture et peuvent davantage s'en imprégner (Conseil de la science et de la technologie, 2003). On « retient toute la vie ce qu'on a vécu intensément, ce dans quoi on a immergé. Comme Obélix dans la potion magique » (Archambault, 2000, p. 48). Le professeur doit donc offrir des opportunités d'apprentissage aux étudiants qui favorisent l'insertion dans une société en constante évolution (Gayford, 2002). Ces occasions, favorisées ici par l'utilisation de capsules, permettront la structuration des connaissances en rendant l'étudiant actif dans son apprentissage. Elles inciteront à la compréhension plutôt qu'à la mémorisation (Chessin and Moore, 2004, p. 47). Les capsules établissent des liens entre la science, l'actualité, la société, la technologie et l'environnement par le biais de questions scientifiques socialement vives.

Malgré tout, de nombreuses situations relatées dans la littérature ont démontré que l'insertion de vignettes dans un cours traditionnel avait peu d'impact sur la compréhension de la nature de la science et de la technologie (Barron, 2005), alors que notre expérience personnelle a démontré une motivation et un intérêt accrus pour les cours de sciences. Par conséquent, bien que les capsules élaborées dans le cadre de cet essai se veulent un outil pédagogique pertinent qui font la promotion de la compréhension au même titre que d'autres activités en classe, elles visent particulièrement le développement du jugement critique au regard de situations contextualisées. Ces capsules d'une vingtaine de minutes

auraient pour objectif de faire réaliser aux étudiants les liens entre la chimie organique, l'environnement et leur quotidien tout en les encourageant à devenir des citoyens avertis. Ces liens permettraient de piquer la curiosité, qui se définit comme étant un « sentiment indiquant que le besoin de comprendre est éveillé, agréablement titillée par l'activité » (Archambault, 2000, p. 54) et de provoquer un intérêt au regard de la matière enseignée. De plus, les « gens sont motivés à faire les choses qui les intéressent... La curiosité à propos de quelque chose excite aussi notre intérêt » (Bennett and Rolheiser, 2006, p. 86). Rendre curieux les étudiants devient un objectif pour le professeur qui souhaite leur transmettre sa passion. La nouveauté, le caractère attrayant et la variété permettent d'augmenter cet intérêt, soutiennent les mêmes auteurs. L'intégration des apprentissages, ancrée à long terme, dépend d'abord de l'implication émotive personnelle de l'étudiant, de sa motivation intrinsèque. Les capsules pourraient donc à la fois intéresser, motiver, faire apprendre et développer le jugement critique chez les étudiants.

Pour plusieurs, dont Chailley (2004 *In* Urgelli, 2007), l'environnement constitue un vecteur de choix pour l'apprentissage de la science. Ce vecteur favorise les discussions, l'enrichissement de la culture scientifique, la compréhension globale et finalement, la compétence (Gayford, 2002, p. 1195). L'environnement devient accessible et à la portée de tous. Certains auteurs, dont Smith and Bitner (1993), ont même émis l'idée que la science est maintenant trop spécialisée, trop abstraite, trop peu reliée aux expériences de vie de la majorité des étudiants. Cette observation démontre que l'accessibilité de la science, par différents moyens, est maintenant incontournable. Les capsules favoriseraient donc la contextualisation et l'intégration de phénomènes ayant cours dans l'actualité scientifique et environnementale. En effet, les capsules permettent de faire des liens entre le quotidien et le contenu du cours, ce qui rend la science plus tangible. On retrouve les capsules de la trousse reliées à l'environnement à l'annexe 3 traitant de l'environnement au Québec et au Canada, des biphénylpolychlorés (BPC), de l'essence et du plomb, de composés organiques volatils (COV), de radicaux libres, du portrait chimique chez les individus, des hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP), de chlorofluorocarbones (CFC), de dioxines et furanes (DF) ainsi que des phosphates.

### 4.3 Évaluations

L'évaluation est une étape importante de l'acte d'enseigner puisqu'elle sanctionne la réussite des apprentissages. En effet, le professeur doit inférer sur une ou des compétence à évaluer, et ce, en évitant de porter un jugement subjectif. Ainsi, « la meilleure façon d'assurer une bonne validité à la démarche d'évaluation, qu'elle soit formelle ou informelle, est de bien la planifier » (Louis, 2004, p. 124). Pour compléter la trousse d'enseignement, il était essentiel de prévoir les évaluations. C'est d'ailleurs pour cette raison que les principales modalités de l'évaluation ont été précisées dans le plan de cours.

Le but poursuivi par cette démarche consiste à « mettre en place un ensemble de conditions nécessaires à la réalisation [...] des apprentissages jugés essentiels, par une société donnée, à la formation du futur citoyen » (Louis, 2004, p. 29). Les travaux de Louis (2004) s'appuient sur des recherches effectuées au niveau secondaire, mais la démarche serait la même au collégial. L'approche que l'on retrouve à ce niveau est celle des compétences. Ces dernières, constituées de savoir agir complexes prenant appui sur la mobilisation et l'utilisation efficaces d'un grand nombre de ressources, doivent être évaluées par le professeur. Par conséquent, « l'évaluation doit concourir à démontrer non seulement les ressources internes que les étudiantes et les étudiants peuvent mobiliser, mais également les ressources externes qu'ils sont en mesure d'exploiter d'une manière judicieuse » (Tardif, 2004, p. 22). Les changements durables souhaités chez les étudiants orientent toutes les actions du professeur.

Ainsi, on retrouve dans la trousse pédagogique des évaluations en cours de session ainsi que la situation-problème finale à l'annexe 4 qui permettent de « tenter de dégager la progression d'un individu en ce qui a trait à sa capacité à mobiliser diverses ressources » (Scallon, 2004, p. 223). Ces évaluations permettent de « photographier » l'étudiant à un moment précis au regard des apprentissages et des compétences.

En premier lieu, les évaluations de mi-session, au nombre de trois, ont pour objectif principal de mobiliser les ressources chez l'étudiant dans des contextes variés (Scallon, 2004). De plus, les connaissances sont mises de l'avant dans cette démarche d'évaluation, car elles sont des ressources cognitives « souvent essentielles dans la

constitution d'une compétence » (Perrenoud, 1995, p. 21). Le but visé par ces évaluations est de préparer l'étudiant à la situation-problème finale en l'interrogeant sur des apprentissages factuels, sur des exercices pratiques ainsi que sur des mises en contexte en lien avec l'environnement. Le choix d'administrer trois évaluations s'appuie sur la planification existante que l'on retrouve au Cégep de Saint-Félicien. Par ailleurs, les « exercices sont alors considérés comme l'instrument de mesure qui [permet au professeur] de recueillir les informations sur l'apprentissage réalisé par les [étudiants] de sa classe » (Louis, 2004, p. 170). Enfin, au niveau des questions à réponses élaborées teintées d'environnement qui se retrouvent dans chacune des évaluations, l'étudiant est amené à poser un jugement critique et à élaborer sa propre réponse. Ces évaluations permettront au professeur de faire le suivi auprès des étudiants et de s'ajuster au besoin, selon les difficultés rencontrées. Les trois évaluations de mi-session de la trousse comportent des questions précises en lien avec la chimie organique afin de vérifier les acquis des étudiants, mais comportent des questions établissant des liens entre la chimie organique et l'environnement. Les capsules sont sujettes à évaluation, car elles ont été conçues pour permettre le développement du jugement critique, ce qui est justement observé dans le cadre de cette démarche d'évaluation.

En second lieu, l'évaluation en fin de session est une situation-problème qui fait appel à un bon nombre de ressources cognitives et affectives, « allant des savoirs aux savoir-être, en passant par les savoir-faire et les stratégies » (Scallon, 2004, p. 149). Les étudiants font face à un contexte authentique et signifiant (Goubeaud, 2010). La tâche complexe se veut réaliste et elle apparaît significative pour l'étudiant. La situation présentée aux étudiants exprime une situation tirée de la vie quotidienne (contamination d'un cours d'eau par des composés organiques toxiques) développée dans le but de motiver l'étudiant puisqu'elle représente un défi à relever et permet de résoudre un problème souvent rencontré dans la vie extrascolaire (Louis, 2004). L'étudiant doit démontrer une intégration des connaissances acquises dans des contextes relativement nouveaux et démontrer qu'il est compétent au regard de la tâche complexe, nouvelle et authentique. La réponse élaborée informe le professeur par rapport à la vision de l'étudiant sur la « nature of science, level of scientific literacy, and ability to interpret scientific evidence » (Goubeaud, 2010, p. 238) (nature de la science, le niveau d'alphabétisation scientifique et l'habileté à interpréter les faits scientifiques). Les capsules environnement font donc partie de la démarche d'évaluation puisqu'elles contribueraient, selon nous, à rehausser le niveau de culture

scientifique et permis le développement d'une réflexion posée. La compétence de l'étudiant s'évalue donc à sa capacité à faire face à des situations réalistes en mobilisant ses ressources cognitives qui donnent leur sens aux apprentissages. La situation-problème permet à l'étudiant de démontrer les compétences qu'il a acquises tout au long de la session. Enfin, cette situation-problème finale requiert des habiletés, des attitudes et des valeurs qui permettent de résoudre efficacement une situation de contamination à laquelle font face les autorités gouvernementales lors de catastrophes naturelles ou anthropiques.

## CONCLUSION

Si l'intégration de l'environnement dans des cours existants a fait son apparition dans les cégeps depuis quelques années, la pertinence de l'élaboration d'outils concrets pour les professeurs devient plus que jamais significative dans une perspective de formation de citoyens responsables. Les étudiants ont maintenant plus de choix en ce qui concerne les nouveaux programmes et cours à saveur environnementale. Malgré la difficulté de recruter les étudiants en science et technologie dans diverses institutions collégiales, certains cégeps se démarquent quant à leur programme comportant un volet environnemental. Ainsi, puisque la tendance est à l'intégration de l'environnement dans différents cours, il est maintenant nécessaire d'outiller les professeurs. Cet essai se veut donc une contribution à l'essor d'une culture scientifique et environnementale chez les étudiants en proposant des outils destinés aux nouveaux professeurs. L'objectif était de puiser dans la littérature des informations en lien avec des courants et des programmes pour concevoir un plan de cours, des capsules en lien avec l'environnement ainsi que des évaluations pour un cours de chimie organique de niveau collégial.

De tels outils permettront aux nouveaux professeurs de faire des liens avec l'environnement et contribueront très certainement à faciliter la planification « horizontale » du cours. L'élaboration de la trousse résulte d'une démarche en trois étapes. Tout d'abord, une exploration des concepts reliés à l'enseignement au collégial, aux courants et programmes, à l'alphabétisation scientifique et aux efforts environnementaux dans les institutions a permis de proposer une réflexion sur les raisons poussant un nouveau professeur à favoriser des liens avec l'environnement dans son cours. Par la suite, les outils, adaptables selon les besoins des utilisateurs, ont été élaborés en s'appuyant sur ces divers concepts. Troisièmement, les outils ont été validés par une professeure au collégial. Ainsi, si des adaptations ultérieures devaient être apportées, la trousse pourrait bénéficier d'un processus de validation auprès d'étudiants de niveau collégial dans un cours de chimie organique. De plus, un nouveau volet pourrait être introduit, soit les laboratoires « verts ».

Finalement, considérant la nécessité de former des citoyens responsables et avertis dans un monde en constante évolution, il est maintenant nécessaire que les professeurs puissent mettre la main à la pâte pour tenter d'alphabétiser scientifiquement et sur le plan

environnemental les étudiants. Pour ce faire, les professeurs peuvent poser des actions pédagogiques menant à une éducation relative à l'environnement. Une attention particulière a été portée aux capsules pour qu'elles permettent aux étudiants d'amorcer une discussion et de se positionner quant aux actions anthropiques qui sont posées quotidiennement.

En somme, cette trousse constitue un outil pour les professeurs, en particulier les nouveaux, dans l'intégration de l'environnement dans un cours de chimie organique. Quiconque souhaite poursuivre le travail amorcé dans cette trousse en adaptant les laboratoires ou en transférant dans un autre cours de chimie (générale ou des solutions) est invité à le faire.

## RÉFÉRENCES

- Aikenhead, G. S. (1988). *Teaching Science through a Science-Technology-Society-Environment Approach: An Instruction Guide*. Published by the Saskatchewan Instructional Development and Research Unit, 91p.
- Albe, V. et Simonneaux, L. (2002). L'enseignement des questions socialement vives dans l'enseignement agricole : quelles sont les intentions des enseignants ? *Aster, n° 34, Sciences, techniques et pratiques professionnelles*, INRP, p. 131- 156.
- American Chemical Society (s. d.). *Chemistry in the Community*, [En ligne]. <http://www.whfreeman.com/ChemCom/content.htm#> (Page consultée le 7 mars 2010).
- Anastas, P. T. and Beach, E. S. (2009). Chapter 1 : Changing the Course of Chemistry *In American Chemical Society, Green Chemistry Education : Changing the course of Chemistry* (p.1-18), Editors : Anastas, P. T., Irvin, J. L. And Parent, K. E. Washington DC (États-Unis).
- Anastas, P. T. and Warner, J. C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press. New York, 135p.
- Angelides, P., Leigh, J. and Gibbs, P. (2004). Analyzing Practice for Improving Schools: The study of Vignettes. *School Effectiveness and School Improvement*, vol. 15, n° 3-4, p. 467-485.
- Archambault, G. (2000). *47 façons pratiques de conjuguer enseigner avec apprendre*. 2<sup>ème</sup> édition. Saint-Nicholas (Québec), Presse de l'Université Laval, 109 p.
- Assemblée nationale du Québec (2009). *Line Beauchamp*, [En ligne]. <http://www.assnat.qc.ca/FRA/Membres/notices/b/beal2.shtml> (Page consultée le 8 novembre 2009).
- Barron, P. E. (2005). *The Impact of a Dedicated Science-Technology-Society (STS) Course on Student Knowledge of STS Content*, Thèse de doctorat, Syracuse University.
- Bellochi, A. (2004). Designing and Using Historical Vignettes in Science Teaching: A Personal Account, *Teaching Science*, vol. 50, n° 2, p.14-17.
- Bencze, J. L. (2008). *STSE Education. Developing Expertise and Motivation to Address STSE Issues*, [En ligne]. <http://webpace.oise.utoronto.ca/~benczela/STSEEd.html> (Page consultée le 3 avril 2010).
- Bennett, J. (2005). *Bringing science to life : the research evidence on teaching science in context*. The University of York. 24 p.
- Bennett, B. et Rolheiser, C. (2006). *L'art d'enseigner. Pour une intégration créative des concepts d'apprentissage*. Saint-Laurent (Québec), Chenelière Éducation, 410 p.



- Bennett, J., Lubben, F. and Hogarth, S. (2006). Bringing Science to Life : A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching. *Science Education*, vol. X, N° C, p. 347-370.
- Bergeron, J.-M. (2009). L'efficacité énergétique avant tout, *Le Droit*. p.13.
- Bérubé, N. (2010). Le dossier noir de BP, *La Presse*, samedi le 22 mai 2010, p. A37.
- Bizier, N. (2008). Choisir des contenus reconnus et pertinent: un geste professionnel didactique majeur. *Pédagogie collégiale*, vol. 21, n° 2, p. 13-18.
- Braun, B., Charney, R., Clarens, A., Farrugia, J., Kitchens, C., Lisowski, C., Naistat, D. and O'Neil, A. (2006). Completing Our Education. Green Chemistry in the Curriculum. *Journal of Chemical Education*, vol. 83, n° 8, p. 1126-1129.
- Bodzin, A. M and Mamlok, R. (2000). STS simulations. *The Science Teacher*, vol. 67, n° 9, p. 36-39.
- Cabinet du Premier Ministre (2008). *L'Honorable Jim Prentice, Ministre de l'environnement*, [En ligne]. <http://www.pm.qc.ca/fra/bio.asp?id=58> (Page consultée le 8 novembre 2009).
- Cégep de Saint-Félicien (2003). *Règlements, Politiques et Procédures*, [En ligne]. [http://www.cstfelicien.qc.ca/docs\\_publics/rpp/de/Politique%20institutionnelle%20d'evaluation%20des%20apprentissages%20étudiants%20au%20Cégep%20de%20Saint-Félicien%20\(EDU013\).pdf](http://www.cstfelicien.qc.ca/docs_publics/rpp/de/Politique%20institutionnelle%20d'evaluation%20des%20apprentissages%20étudiants%20au%20Cégep%20de%20Saint-Félicien%20(EDU013).pdf) (Page consultée le 25 mai 2010).
- Cégep de Sainte-Foy (s. d.). *Profil Environnement, vie et santé*, [En ligne]. <http://www.cegep-ste-foy.qc.ca/freesite/index.php?id=13303#> (Page consultée le 6 mai 2010).
- Chaire de recherche du Canada en éducation relative à l'environnement (2002). *Pour un développement professionnel en éducation relative à l'environnement*, [En ligne]. <http://www.unites.uqam.ca/ERE-UQAM/progcourt.htm> (Page consultée le 25 mai 2010).
- Champagne St-Arnaud, V. (2009). *Conception d'une grille d'évaluation des changements comportementaux en matière de développement durable*. Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement, Université de Sherbrooke, 86 p.
- Charland, P. (2003). L'éducation relative à l'environnement et l'enseignement des sciences : d'une problématique théorique et pratique dans une perspective québécoise, *VertigO*, vol. 4, n° 2, p. 1-7.
- Conseil de la science et de la technologie (2003). *La culture scientifique et technique au Québec. Synthèse des consultations*, [En ligne]. <http://www.cst.gouv.qc.ca/IMG/pdf/SynthesedeConsultationCultScientTechCST.pdf>. (Page consultée le 2 mai 2010).
- Conseil supérieur de l'éducation (2000). *La formation du personnel enseignant du collégial : un projet collectif enraciné dans le milieu*, [En ligne].

[http://www.cse.gouv.qc.ca/fichiers/documents/publications/form\\_col.pdf](http://www.cse.gouv.qc.ca/fichiers/documents/publications/form_col.pdf) (Page consultée le 19 janvier 2010).

Conseil supérieur de l'éducation (2010). *Regards renouvelés sur la transition entre le secondaire et le collégial. Avis à la ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sport*, [En ligne]. <http://www.cse.gouv.qc.ca/fichiers/documents/publications/Avis/50-0471-01.pdf> (Page consultée le 27 juillet 2010).

Croteau, M. (2009). Décontamination de l'ancien Technoparc. « Un problème plus complexe que prévu », *La Presse*, lundi le 10 août 2009, p. A10.

CSQ (2005a). *Histoire du mouvement*, [En ligne]. <http://www.evb.csq.qc.net/index.cfm/2,0,1666,9543,1962,0.html> (Page consultée le 16 janvier 2010).

CSQ (2005b). *Buts et mandats du mouvement*, [En ligne]. <http://www.evb.csq.qc.net/index.cfm/2,0,1666,9543,1963,0.html> (Page consultée le 16 janvier 2010).

D'Amours, L., Arseneau, M. et Bélanger, L.-F. (2003). Activité d'intégration chimie-biologie. *Étincelles pédagogiques en sciences au collégial*, vol. 2, [En ligne]. [http://www.apsq.org/sautquantique/activites\\_2004/5-Activite\\_chimie-bio.pdf](http://www.apsq.org/sautquantique/activites_2004/5-Activite_chimie-bio.pdf) (Page consultée le 1er mars 2010).

Desautels, J. (1998). Une éducation aux technosciences pour l'action sociale In *La recherche en didactique au service de l'enseignement* (p. 9-27). Journées internationales de didactique des sciences de Marrakech, Marrakech (Maroc) : Université Cady Ayyad, Faculté des sciences Semlalia, [En ligne]. [http://www.apsq.org/sautquantique/telechargement/Desautels\\_action\\_sociale.pdf](http://www.apsq.org/sautquantique/telechargement/Desautels_action_sociale.pdf) (Page consultée le 3 avril 2010).

Environnement Canada (2002). *Composés chimiques dans la région atlantique du Canada – le plomb*, [En ligne]. <http://www.atl.ec.gc.ca/epb/envfacts/leadfr.html> (Page consultée le 8 novembre 2009).

Environnement Canada (2006). [En ligne]. *La gestion des BPC au Canada*, <http://www.ec.gc.ca/drgd-wrmd/default.asp?lang=Fr&n=A03139C6-1> (Page consultée le 2 février 2010).

Environnement Canada (2007). *Rapport d'étape quinquennal. Standards pancanadiens relatifs aux particules et à l'ozone*, [En ligne]. [http://epe.lac-bac.gc.ca/100/200/301/environment\\_can/gov\\_can\\_4yr\\_prog\\_rep\\_particulate\\_matter-f/En4-74-2006F.pdf](http://epe.lac-bac.gc.ca/100/200/301/environment_can/gov_can_4yr_prog_rep_particulate_matter-f/En4-74-2006F.pdf) (Page consultée le 19 février 2010).

Environnement Canada (2008). Les diamantoïdes : *De nouveaux outils pour élucider le mystère environnemental des déversements de pétrole*, [En ligne]. [http://www.ec.gc.ca/scitech/4B40916E-16D3-4357-97EB-A6DF7005D1B3/EnvTech\\_Diamondoids\\_Story\\_8.5x11FR.pdf](http://www.ec.gc.ca/scitech/4B40916E-16D3-4357-97EB-A6DF7005D1B3/EnvTech_Diamondoids_Story_8.5x11FR.pdf) (Page consultée le 12 novembre 2009).

- Environnement Canada (2009). *Les biphényles chlorés*, [En ligne]. [http://www.ec.gc.ca/TOXICS/FR/detail.cfm?par\\_substanceID=134&par\\_actn=s1](http://www.ec.gc.ca/TOXICS/FR/detail.cfm?par_substanceID=134&par_actn=s1) (Page consultée le 1<sup>er</sup> novembre 2009).
- Forcier, P. (1998). Enseigner les sciences de la nature au collégial. *Pédagogie collégiale*, vol. 1, n<sup>o</sup> 3, p. 24-29.
- Garnier, F. (2000). Enquête sur les besoins d'actualisation des professeurs de science du collégial. *Spectre*, vol. 30, n<sup>o</sup> 3, p. 37-40.
- Gayford, C. (2002). Controversial environmental issues: a case study for the professional development of science teachers. *International Journal of Science Education*, vol. 24, n<sup>o</sup> 11, p. 1191-1200.
- GIEC (2007). *Changements climatiques 2007 : Rapport de synthèse*, [En ligne]. [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_fr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf) (Page consultée le 1<sup>er</sup> mars 2010).
- Girault, Y., Lange, J.-M., Fortin-Debart, C., Delalande-Simonneaux, L. et Lebaume, J. (2007). La formation des enseignants dans le cadre de l'éducation à l'environnement : pour un développement durable : problèmes didactiques. *Éducation relative à l'environnement*, vol. 6, p. 119-136.
- Godbout, S. (2008). *Problématiques environnementales émergentes en production animale*. Colloque en agroenvironnement. Le respect de l'environnement : tout simplement essentiel, [En ligne]. [http://www.agrireseau.qc.ca/agriculturebiologique/documents/Godbout\\_Stephane\\_A\\_R.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/agriculturebiologique/documents/Godbout_Stephane_A_R.pdf) (Page consultée le 19 février 2010).
- Goubeaud, K. (2010). How is Science Learning Assessed at the Postsecondary Level? Assessment and Grading Practices in College Biology, Chemistry and Physics. *Journal of Science Education and Technology*, vol. 17, n<sup>o</sup> 3, p. 237- 245.
- Gouvernement du Canada (2008). *Gazette du Canada. Partie I*. Ottawa 26 avril, vol. 142, n<sup>o</sup> 7, [En ligne]. <http://canadagazette.gc.ca/rp-pr/p1/2008/2008-04-26/pdf/g1-14217.pdf#page=33> (Page consultée le 9 juin 2010).
- Gouvernement du Québec (2002). *L'eau, la vie, l'avenir*. Politique nationale de l'eau, [En ligne]. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/politique/politique-integral.pdf> (Page consultée le 1er mars 2010).
- Gouvernement du Québec (2008). *Plan d'action 2006-2012 : Le Québec et les changements climatiques, un défi pour l'avenir*, [En ligne]. [http://www.mddep.gouv.qc.ca/changements/plan\\_action/2006-2012\\_fr.pdf](http://www.mddep.gouv.qc.ca/changements/plan_action/2006-2012_fr.pdf) (Page consultée le 1er mars 2010).
- Gouvernement du Québec (2009). *Cible de réduction des émissions de GES avec une cible de -20% pour 2020, le Québec est un leader dans la lutte aux changements climatiques*, [En ligne]. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/infuseur/communiqu.asp?No=1591> (Page consultée le 19 février 2010).

- Gron, L. U. (2009). Chapter 7: Green Analytical Chemistry Application and Education, *In American Chemical Society, Green Chemistry Education : Changing the course of Chemistry* (p.103-116), Editors : Anastas, P. T., Irvin, J. L. And Parent, K. E. Washington DC (États-Unis).
- Guérin, M.-E. (2010a). Discussion sur le programme Sciences de la Nature, profil environnement. Communication orale. *Entrevue téléphonique avec M. Marcel Lafleur, conseiller pédagogique, Cégep Limoilou*, 6 mai 2010, Cantley, Québec.
- Guérin, M.-E. (2010b). Discussion sur les outils disponibles pour les professeurs au collégial et sur le programme Sciences de la Nature, profil environnement. Communication orale. *Entrevue téléphonique avec Mme Johanne Deslandes, responsable du département des sciences et professeure de physique, Collège Édouard-Montpetit*, 7 mai 2010, Cantley, Québec.
- Guérin, M.-E. (2010c). Discussion sur les outils disponibles pour les professeurs au collégial et sur le programme Sciences de la Nature, profil environnement. Communication orale. *Entrevue téléphonique avec M. Frédéric Benz, responsable du département des sciences et professeur de biologie, Cégep du Vieux-Montréal*, 9 mai 2010, Cantley, Québec.
- Guérin, M.-E. (2010d). Discussion sur les outils disponibles pour les professeurs au collégial et sur le programme Sciences de la Nature, profil Gaïa, santé et environnement. Communication orale. *Entrevue téléphonique avec M. Bernard Legault, conseiller pédagogique, Cégep André-Laurendeau*, 11 mai 2010, Cantley, Québec.
- Guérin, M.-E. (2010e). Discussion sur le profil environnement, vie et santé du Cégep de Sainte-Foy. Communication orale. *Entrevue téléphonique avec M. Frédéric Parrot, responsable du département des sciences et professeur, Cégep de Sainte-Foy*, 13 mai 2010, Aylmer, Québec.
- Guillemette, F. (2009). Approches inductive II. *Recherches qualitatives*, vol. 28, n° 2, p. 1-3.
- Hart, H., Craine L. E., Hart, D. J. et Hadad, C. M. (2008). *Chimie organique 1*. Montréal (Québec), Chenelière Éducation, 478 p.
- Harvey, S. et Loiselle, J. (2009). Proposition d'un modèle de recherche développement. *Recherches qualitatives*, vol. 28, n° 2, p. 95-117.
- Hensler, H. et Therriault, A. (1997). *Guide de planification d'une leçon*. Sherbrooke (Québec), Éditions du CRP, 52 p.
- Hjeresen, D. I., Anastas, P., Ware, S. and Kirchoff, M. (2001). Green Chemistry Progress & Challenges. *Environmental science & technology*, p.114A-119A.
- Hornback, J. M. (1998). *Organic Chemistry*. Denver (États-Unis), Brooks/Cole Publishing Compagny, 1256 p.

- Huot, R. et Roy, G.-H. (1996). *Chimie organique – Notions fondamentales*. Ancienne-Lorette (Québec), Les Éditions Carcajou, 629 p.
- Infosphère - Sciences (2009). 7. *Évaluer et citer ses sources*, [En ligne]. <http://www.bibliotheques.ugam.ca/InfoSphere/sciences/module7/index.html> (Page consultée le 18 décembre 2009).
- Jamart, B., Bodiguel, J. et Brosse, N. (2009). *Chimie organique. Cours avec 350 questions et exercices corrigés*. 18<sup>ème</sup> édition. Éditions Dunod. Paris. 714 p.
- Jeffries, C. and Maeder, D. W. (2005). Using Vignettes To Build and Assess Teacher Understanding of Instructional Strategies. *The Professional Educator*, vol. XXVII, n° 1 et 2, p. 17-27.
- Jeffries, C. and Maeder, D.W. (2009). The Effect of Scaffolded Vignette Instruction on Student Mastery of Subject Matter. *The Teacher Educator*, vol. 44, p. 21-39.
- Johnstone, A. H. (2010). You Can't Get There from Here. *Journal of Chemical Education*, vol. 87, n° 1, p. 22-29.
- Kerr, M. E. and Brown, D. M. (2009). Chapter 2 : Using Green Chemistry to Enhance Faculty Professional Development Opportunities *In American Chemical Society, Green Chemistry Education : Changing the course of Chemistry* (p. 19-36), Editors : Anastas, P. T., Irvin, J. L. And Parent, K. E. Washington DC (États-Unis).
- Kerr, S. and Runquist, O. (2005). Are We Serious about Preparing Chemists for the 21st Century Workplace or Are We Just Teaching Chemistry? *Journal of Chemical Education*, vol. 82, n° 2, p. 231-233.
- Kim, M. and Roth, W-M. (2008). Rethinking the Ethics of Scientific Knowledge : A Case Study of Teaching the Environment in Science Classrooms, *Asia Pacific Education Review*, vol. 9, n° 4, p. 516-528.
- Kirchhoff, M. M. (2009). Chapter 13: Green Chemistry Education : Toward a Greener Day, *In American Chemical Society, Green Chemistry Education : Changing the course of Chemistry* (p. 187-194), Editors : Anastas, P. T., Irvin, J. L. And Parent, K. E. Washington DC (États-Unis).
- Kirchhoff, M. M. (2010). Education for a Sustainable Future. *Journal of Chemical Education*, vol.87, n° 2, p. 121.
- Klingshirn, M.A. and Spessard, G.O. (2009). Chapter 5 : Integration Green Chemistry into the Introductory Chemistry Curriculum, *In American Chemical Society, Green Chemistry Education : Changing the course of Chemistry* (p. 79-92), Editors : Anastas, P. T., Irvin, J. L. And Parent, K. E. Washington DC (États-Unis).
- Kumar, D. and Fritzer, P. (1998). A Study of Science-Technology-Society Education Implmentation in the State of Florida, *Journal of Social Studies Research*, vol. 22, n° 1, p. 14-18.

- Laugksch, R.C. (2000). Scientific Literacy : A Conceptual Overview. *Science Education*, vol. 84, p. 71-94.
- Legardez, A. et Simonneaux, J. (2005). Quelles références et quels objectifs dans l'enseignement de la mondialisation? *Revue Lestamp*, [En ligne]. [http://www.lestamp.com/publications\\_mondialisation/publication.simonneau.htm](http://www.lestamp.com/publications_mondialisation/publication.simonneau.htm) (Page consultée le 4 mars 2010).
- Le saut quantique (2009). *Le saut quantique. Le centre d'innovation pédagogique en science au collégial*, [En ligne]. <http://www.apsq.org/sautquantique/Nindex.html> (Page consultée le 9 janvier 2010).
- Lévesque, C, (2008). Sondage Environics - L'environnement, principale source d'inquiétude des Canadiens, *Le Devoir*, 5 février, p. A2.
- Litzler, R. (2008). *L'écodéveloppement des institutions d'enseignement, une réalité au Québec*. Communication présentée à la conférence internationale pour la Décennie des Nations Unies pour l'éducation au développement durable. Agir ensemble pour éduquer au développement durable. Palais des congrès de Bordeaux, du 27 au 29 octobre 2008.
- Loiselle, J. et Harvey, S. (2007). La recherche développement en éducation : fondements, apports et limites. *Recherches qualitatives*, vol. 27, n° 1, p. 40-59.
- Lopez, A. (2000). *Un peu plus que la science*, [En ligne]. [http://www.unesco.org/courier/2000\\_05/fr/apprend.htm](http://www.unesco.org/courier/2000_05/fr/apprend.htm) (Page consultée le 7 mars 2010).
- Louis, R. (1999). *L'évaluation des apprentissages en classe : théorie et pratique*. Laval (Québec), Éditions Études Vivantes, 212 p.
- Ministère de l'éducation, du Loisir et du Sport (2007). Chapitre 2 : Domaines généraux de formations, *In* Ministère de l'éducation, du loisir et du sport, *Programme de formation de l'école québécoise*, [En ligne]. [http://www.mels.gouv.qc.ca/sections/programmeFormation/secondaire2/medias/2-pfeq\\_chap2.pdf](http://www.mels.gouv.qc.ca/sections/programmeFormation/secondaire2/medias/2-pfeq_chap2.pdf) (Page consultée le 3 avril 2010).
- Ministère de l'éducation, du Loisir et du Sport (s. d). Science et technologie (2<sup>e</sup> année du 2<sup>e</sup> cycle du secondaire), Science et technologie de l'environnement, *In* Ministère de l'éducation, du loisir et du sport, *Programme de formation de l'école québécoise*, [En ligne]. <http://www.mels.gouv.qc.ca/sections/programmeFormation/secondaire2/medias/07-00846.pdf> (Page consultée le 3 avril 2010).
- Oliver, M. J. (2002). *Chimie de l'environnement*. 4<sup>e</sup> édition, Québec, Les productions Jacques Bernier, 301p.
- Pedretti, E. G., Bencze, L., Hewitt, J., Romkey, L. and Jivraj, A. (2008). Promoting Issued-based STSE Perspectives in Science Teacher Education : Problems of Identity and Ideology. *Science & Education*, vol. 17, n° 8-9, p. 941-960.

- Perrenoud, P. (1995). Des savoirs aux compétences. De quoi parle-t-on en parlant de compétences. *Pédagogie collégiale*, vol. 9, n° 1 p. 20-24.
- Pôle de l'est (1996). *Processus de planification d'un cours centré sur le développement d'une compétence*, Délégation collégiale du Comité mixte, PERFORMA, p. 303-305.
- Poulin, P. (2006). *Droit de l'environnement – Notes de cours (ENV 762)*. Sherbrooke (Québec), Centre universitaire de formation en environnement, Université de Sherbrooke.
- Pouliot, C. (s. d.). *Destruction des trihalométhanes dans l'eau potable par les ultrasons*, [En ligne]. <http://www.apsq.org/sautquantique/activite/ACT-11.pdf> (Page consultée le 1er mars 2010).
- Radio-Canada (2008a). *Dangers de la contamination aux BPC*, [En ligne]. <http://archives.radio-canada.ca/environnement/ecologie/clips/2566/> (Page consultée le 23 janvier 2010).
- Radio-Canada (2008b). *Alerte sur Saint-Basile-le-Grand*, [En ligne]. [http://archives.radio-canada.ca/c\\_est\\_arrive\\_le/08/23/](http://archives.radio-canada.ca/c_est_arrive_le/08/23/) (Page consultée le 23 janvier 2010).
- Raymond, D. (2006). *Qu'est-ce qu'apprendre et qu'est-ce enseigner? Un tandem en piste*. Montréal (Québec), Association québécoise de pédagogie collégiale (AQPC), 156 p.
- Robelia, B., McNeill, K., Wammer, K. and Lawrenz, F. (2010). Investigating the Impact of Adding an Environmental Focus to a Developmental Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, vol. 87, n° 2, p. 216-220.
- Sanger, M. J. and Greenbowe, T. J. (1996). Science-Technology-Society (STS) and ChemCom Courses Versus College Chemistry Courses: Is There a Mismatch? *Journal of Chemical Education*, vol. 73, n° 6, p. 532-536.
- Santé Canada (2006). *BPC. Votre santé et vous*, [En ligne]. <http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/envIRON/pcb-bpc-fra.php> (Page consultée le 2 février 2010).
- Scallon, G. (2004). *L'évaluation des apprentissages dans une approche par compétences*. Saint-Laurent (Québec), Éditions du Renouveau pédagogique Inc., 342 p.
- Simonneaux, L. (2008). Épistémologie et Didactique de la Biotechnologie: Un Point de vue, *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, vol. 8, n° 1, p. 82 -89.
- Simonneaux, L. et Simonneaux, J. (2005). Argumentation sur des questions socio-scientifiques, *Didaskalia*, n° 27, p. 79-108.
- Solbes, J. and Vilches, A. (1997). STS Interactions and the Teaching of Physics and Chemistry, *Science Education*, vol.81, p. 377-386.
- Steg, L. et Vlek, C. (2008). Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda. *Journal of Environmental Psychology*, vol. 29, p. 1-9.

- Sutman, F. X. et Bruce, M. H. (1992). Chemistry in the Community-ChemCom. A five year Evaluation. *Journal of Chemical Education*, vol. 69, n° 7, p. 564-567
- Schwartz, A.T., Bunce, D.M., Silberman, R.G., Stanitski, C.L., Stratton, W.J. and Zipp, A.P. (1994). Chemistry in Context: Weaving the Web. *Journal of Chemical Education*, vol. 71, n° 12, p. 1041-1044.
- Tardif, J. (2004). Un passage obligé dans la planification de l'évaluation des compétences : la détermination des indicateurs progressifs et terminaux de développement (1<sup>ère</sup> partie), *Pédagogie collégiale*, Vol. 18, n° 1, p. 21-26, [En ligne]. [http://www.aqpc.qc.ca/UserFiles/File/pedagogie\\_collégiale/2-Tardif\(1\)F.pdf](http://www.aqpc.qc.ca/UserFiles/File/pedagogie_collégiale/2-Tardif(1)F.pdf) (Page consultée le 3 juin 2010).
- Thibeault, H. et Bernard, D. (2010). *Projet de Communauté de pratiques pédagogiques au collégial en environnement. Guide pédagogique en environnement au collégial. Édition 2010*, [En ligne]. [http://www.aqpere.qc.ca/campus/pdf/GuidePE\\_avec\\_annexes.pdf](http://www.aqpere.qc.ca/campus/pdf/GuidePE_avec_annexes.pdf) (Page consultée le 30 mars 2010).
- Transport Québec (2007). Transport et changements climatiques, [En ligne]. [http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/environnement/changements\\_climatiques/transport\\_changements\\_climatiques](http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/environnement/changements_climatiques/transport_changements_climatiques) (Page consultée le 1<sup>er</sup> mars 2010).
- University of Alberta, librairies (2009). *Évaluation critique des ressources Internet*, [En ligne]. <http://theses.fpms.ac.be/ETD-db/collection/available/FPMSetd-03122008-142709/> (Page consultée le 18 décembre 2009).
- Urgelli, B. (2007). La question du changement climatique dans le programme français « Éducation à l'environnement pour un développement durable » : Nouvelle épistémologie des savoirs scolaires et implications pour la formation des enseignants. *Éducation relative à l'environnement*, vol. 6, p. 77- 96, [En ligne]. [http://www.revue-ere.uqam.ca/PDF/Volume6/05\\_Urgelli\\_B.pdf](http://www.revue-ere.uqam.ca/PDF/Volume6/05_Urgelli_B.pdf) (Page consultée le 25 mai 2010).
- Van Scotter, P., Bybee, R. W. and Dougherty, M. J. (2000). Fundamentals of Integrated Science. *Science Teacher*, vol. 67 n° 6, p. 24-28.
- Violette, M. (1999). L'organisation par cycle à l'école primaire, *Virage Express*, [En ligne]. [http://www.mels.gouv.qc.ca/virage/journal\\_fr/express-2.pdf](http://www.mels.gouv.qc.ca/virage/journal_fr/express-2.pdf) (Page consultée le 23 janvier 2010).
- Watkins, K. (2008). *Chapitre 1 : Le défi climatique du XXI<sup>e</sup> siècle*. Rapport mondial sur le développement humain 2007/2008. La lutte contre le changement climatique : un impératif de solidarité humaine dans un monde divisé. Édité pour le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), [En ligne]. [http://hdr.undp.org/en/media/HDR\\_20072008\\_FR\\_Chapter1.pdf](http://hdr.undp.org/en/media/HDR_20072008_FR_Chapter1.pdf) (Page consultée le 19 février 2010).



- Winther, A. A. and Volk, T.L. (1994). Comparing Achievement of Inner-city High School Students in Traditional versus STS-based Chemistry Courses. *Journal of Chemical Education*, vol. 7, n° 6, p. 501.
- Yager, R. E. (1993). Science-Technology-Society As Reform. *School Science and Mathematics*, vol. 93, n° 3, p. 145-151.
- Yong, W. (1994). STS education and social organic chemistry, *Journal of Chemical Education*, vol. 71, n° 6, p. 509-510.
- Yörük, N., Morgil, I. and Seçken, N. (2009). The effects of science, technology, society and environment (STSE) education on students' career planning, *US-China Education Review*, vol. 6, n° 8, p. 68-74.
- Zoller, U. (1992). The Technology/Education Interface : STES Education for All, *Canadian Journal of Education*, vol. 17, n° 1, p. 86-91.

**ANNEXE 1 : BIBLIOGRAPHIE**

## BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme (2009). *Dictionnaire Le Petit Larousse illustré*. Paris. Larousse. 1812 p.
- Aylwin, U. (1992). La pédagogie différenciée fait son entrée au collège. *Pédagogie collégiale*, vol. 5, n° 3, p. 30-37.
- Baiulescu, G.-E. and Stoica, A.-I. (2004). Green Chemistry- Correlation Between Cause and Effect : A Guest Editorial, *Analytical Letter*, vol. 37 n° 15, p. 3105-3110.
- Barbeau, D. (2007). *Interventions pédagogiques et réussite au cégep*. Lévis (Québec), Presses de l'Université Laval, 426 p.
- Baril, G. (2007). *Persévérance et réussite en sciences à l'enseignement supérieur. Programme de recherche sur la persévérance et la réussite scolaires*, [En ligne]. [www.mels.gouv.qc.ca/stat/recherche/index.htm](http://www.mels.gouv.qc.ca/stat/recherche/index.htm) (Page consultée le 9 janvier 2010).
- Barrière, C. (2009). La menace du smog encore présente, *Le Droit*, Mardi le 18 août 2009, p. 2.
- Bastien, G. (2007). *Savoir réussir. L'actualité des cégeps. Profil Environnement, vie et saine au Cégep de Sainte-Foy. Une formation en sciences inspirée du monde d'aujourd'hui*, [En ligne]. <http://www.cegep-ste-foy.qc.ca/freesite/fileadmin/groups/184/PDF/SRACQ3fevrier.pdf> (Page consultée le 6 mai 2010).
- Bélanger, D. et Bouliane, R. (2009). Plan de cours- Chimie organique 202-702 FE, Cégep de Saint-Félicien, 18p.
- Bizier, N. (1998). L'intégration des apprentissages dans les programmes d'études. *Pédagogie collégiale*, vol. 12, n° 2, p. 21-23.
- Bybee, R. W. and Landes, N. M. (1990). Science for Life & Living. *The American Biology Teacher*, vol. 52, n° 2, p. 92-98.
- Cann, M.C. (s. d.). *Greening across the Chemistry Curriculum*, [En ligne]. <http://academic.scranton.edu/faculty/CANNM1/dreyfusmodules.html> (Page consultée le 2 mars 2010).
- Cantin, R. et Chénard, L. (1990). *Chimie raisonnée. Expérimentation d'une méthode d'enseignement en chimie 101*, Rapport de recherche, Rimouski, Cégep de Rimouski.
- Cégep de Saint-Félicien (s. d.). *Plan-cadre*, 132 p.
- Cégep de Sainte-Foy- Performa (2005). *Quelle situation-problème soumettre à mes étudiants?* [En ligne]. <http://app.cegep-ste-foy.qc.ca/index.php?id=621> (Page consultée le 25 mai 2010).

- Centrale des syndicats du Québec (CSQ) (2008). *L'évaluation au collégial: un chantier inachevé*, [En ligne]. <http://www.csq.qc.net/sites/1676/publicat/cahicol/aut08/p6.pdf> (Page consultée le 19 mai 2010).
- Centre universitaire de formation en environnement (2008). *Protocole de rédaction*. Université de Sherbrooke (Québec), 38 p.
- Céré, R. (2005). Un moyen d'accompagner : le mentorat. *Vie pédagogique*, [En ligne]. [http://www.viepedagogique.gouv.qc.ca/numeros/137/vp137\\_40-44.pdf](http://www.viepedagogique.gouv.qc.ca/numeros/137/vp137_40-44.pdf) (Page consultée le 4 mars 2010).
- Charland, P. (2003). L'éducation relative à l'environnement et l'Enseignement des sciences : d'une problématique théorique et pratique dans une perspective québécoise. *VertigO*, vol.4, n° 2, p. 1-8.
- Charland, P. (2008). *Proposition d'un modèle éducationnel relatif à l'enseignement interdisciplinaire des sciences et de la technologie intégrant une préoccupation d'éducation relative à l'environnement*. Thèse de doctorat. Université du Québec à Montréal, 408 p.
- Chessin, D. A. and Moore, V. J. (2004). The 6-E Learning model. *Science and Children*, vol. 42, n° 3, p. 47-49.
- Conseil de la science et de la technologie (2002). *Enquête sur la culture scientifique et technique des Québécoises et Québécois*, [En ligne]. <http://www.cst.gouv.qc.ca/IMG/pdf/CSTEnqueteFINAL.pdf> (Page consultée le 2 mai 2010).
- CSQ (2007). *Reconnaissance de votre EVB*, [En ligne]. [http://securitesociale.csq.qc.net/sites/1666/documents/faire/5\\_reconnaissance.pdf](http://securitesociale.csq.qc.net/sites/1666/documents/faire/5_reconnaissance.pdf) (Page consultée le 23 janvier 2010).
- Dehaies, P. et Poirier, M. (2003). *Quelques concepts intégrateurs*. Dans le cadre du projet « Enseigner au collégial ». Regroupement des collèges PERFORMA, automne 2003.
- Désautels, J. (1999). L'idéologie antédiluvienne du nouveau programme des Sciences de la nature et l'éducation à la citoyenneté. *Pédagogie collégiale*, vol. 13, n° 2, [En ligne]. [http://www.apsq.org/sautquantique/dossiers\\_d\\_desautels.html](http://www.apsq.org/sautquantique/dossiers_d_desautels.html) (Page consultée le 9 janvier 2010).
- Dewprashad, B. (2009). Cats Have Nine Lives, But Only One Liver: The Effects of Acetaminophen. *Journal of College Science Teaching*, July-August 2009, p. 48-52.
- Dickneider, T.A. (s. d.). *Green Module for Industrial Chemistry. Petretec : Dupont's Technology for Polyester Regeneration*, [En ligne], <http://academic.scranton.edu/faculty/CANNM1/industrialchemistry/industrialchemistrymodule.html> (Page consultée le 2 mars 2010).

- ENJEU (s. d.). *Mode d'emploi Cégep vert du Québec, certification environnementale d'Environnement Jeunesse*, [En ligne]. [http://www.enjeu.qc.ca/projets/cegepvert/PDF\\_cvg/brochure\\_finale\\_09-10.pdf](http://www.enjeu.qc.ca/projets/cegepvert/PDF_cvg/brochure_finale_09-10.pdf) (Page consultée le 10 janvier 2010).
- ENJEU (2006a). *Notre organisme*, [En ligne], <http://www.enjeu.qc.ca/organisme/index.html> (Page consultée le 7 février 2010).
- ENJEU (2006b). *Cégep vert du Québec*, [En ligne]. <http://www.enjeu.qc.ca/projets/cegepvert.html> (Page consultée le 10 janvier 2010).
- Evans, K. L., Leinhardt, G., Karabinos, M. and Yaron, D. (2006). Chemistry in the Field and Chemistry in the Classroom: A Cognitive Disconnect? *Journal of Chemical Education*, vol. 83, n° 4, p. 655-661.
- Forcier, P. et Laliberté, J. (1993). Enseigner...oui, mais comment. *Pédagogie collégiale*, vol. 6, n° 3, p. 21-26.
- Fortin, J. (2008). Les pratiques en évaluation : mythes et réalités. *Vie Pédagogique*. n° 48, [En ligne]. [http://www.mels.gouv.qc.ca/sections/viepedagogique/148/index.asp?page=dossierC\\_1](http://www.mels.gouv.qc.ca/sections/viepedagogique/148/index.asp?page=dossierC_1) (Page consultée le 17 août 2009).
- Funk, D., Guérin, M.-E. et Poudrier, J. (2009). *Certification « Campus durable ». Trousse d'accompagnement*. Coalition Jeunesse Sierra, 72 p.
- Gejda, L. M., and LaRocco, D. J. (2006). *Inquiry-based instruction in secondary science classrooms : A survey of teacher practice*. Research paper presented at the 37th annual Northeast Educational Research Association Conference, Kerhonkson, NY.
- Gormley, P. and O'Donnell, J. (2002). *ChemCom. Chemistry in the Community*. Teachers resources center, [En ligne]. <http://lapeer.org/ChemCom/> (Page consultée le 7 mars 2010).
- Gouvernement du Manitoba (s. d.). *Cadre manitobain de résultat d'apprentissages. Sciences de la nature, secondaire 1. Principes de base manitobains de la culture scientifique*, [En ligne]. [http://www.edu.gov.mb.ca/m12/frpub/ped/sn/cadre\\_s1/principeb.html](http://www.edu.gov.mb.ca/m12/frpub/ped/sn/cadre_s1/principeb.html) (Page consultée le 3 avril 2010).
- Gouvernement du Québec (2003). *Étalez votre science. Soutien au développement de la culture scientifique et technique*. Dépliant. 29p.
- Gouvernement du Québec (2009a). *Les programmes d'études*, [En ligne]. <http://www.mels.gouv.qc.ca/ens-sup/ens-coll/program/program.asp> (Page consultée le 9 janvier 2010).
- Gouvernement du Québec (2009b). *Répartition des programmes d'études dans l'ensemble des établissements d'enseignement collégial*, [En ligne]. <http://www.mels.gouv.qc.ca/ens-sup/ens-coll/Cahiers/treparti.asp> (Page consultée le 9 janvier 2010).

- Guérin, M.-E. (2010f). Discussion sur le programme Sciences de la Nature, profil environnement. Communication orale. *Entrevue téléphonique avec M. Bernard Legault, conseiller pédagogique, Cégep André-Laurendeau*, 11 mai 2010, Cantley, Québec.
- Guérin, M.-E. (2010g). Discussion sur le programme Sciences de la Nature, profil environnement. Communication orale. *Entrevue téléphonique avec M. Frédéric Parrot, conseiller pédagogique, Cégep de Sainte-Foy*, 13 mai 2010, Cantley, Québec.
- Guerrien, A. et Mansy-Dannay, A. (2003). Attention soutenue: une approche chronopsychologique, *Canadian Psychology/Psychologie Canadienne*, vol. 44, n° 4, p. 394-409.
- Gutwill-Wise, J.P. (2001). The Impact of Active and Context-Based Learning in Introductory Chemistry Courses: An Early Evaluation of the Modulas Approach. *Journal of Chemical Education*, vol. 78, n° 5, p. 684-690.
- Irvin, J. L. and Kay, R.D. (2009). Chapitre 11: Student motivated Endeavors advancing Green Organic Literacy, *In American Chemical Society, Green Chemistry Education : Changing the course of Chemistry* (p. 155-166), Editors : Anastas, P. T., Irvin, J. L. And Parent, K. E. Washington DC (États-Unis).
- Laplante, B. (1997). Le constructivisme en didactique des sciences – dilemmes et défis. *Éducation et francophonie. L'apprentissage et l'enseignement des sciences et des mathématiques dans une perspective constructiviste*, vol. XXV, n° 1, [En ligne]. <http://www.acef.ca/c/revue/revuehtml/25-1/rxxv1-10.html> (Page consultée le 10 janvier 2010).
- Lasnier, F. (2001). Un modèle intégré pour l'apprentissage d'une compétence. *Pédagogie collégiale*, vol. 15, n° 1, p. 28-33.
- Legendre, M.-F. (2001). Favoriser l'émergence de changements en matière d'évaluation des apprentissages. *Vie Pédagogique*, 120 (septembre-octobre), p.15-19, [En ligne]. [http://www.viepedagogique.gouv.qc.ca/numeros/120/vp120\\_15-19.pdf](http://www.viepedagogique.gouv.qc.ca/numeros/120/vp120_15-19.pdf) (Page consultée le 25 mai 2010).
- Léger Marketing (2006). *L'opinion du monde 2006. La population mondiale se prononce sur les grands enjeux de l'heure*. Les Éditions transcontinental, 192 p.
- Leonard, W.H. (s. d.). Chapter 1. How do College Students Learn Science? [En ligne]. [http://www.msmc.la.edu/include/provost\\_office/PKAL/pkal\\_chapter01.pdf](http://www.msmc.la.edu/include/provost_office/PKAL/pkal_chapter01.pdf) (Page consultée le 24 mai 2010).
- Litzler, R. (2010). *Programme de Sciences de la Nature avec un profil environnement*. Courrier électronique à Marie-Eve Guérin, adresse destinataire : M-E.Guerin@USherbrooke.ca.
- Lisowski, M. (1985). Science-Technology-Society in the Science Curriculum. *ERIC/SMEAC Special Digest*, n° 2, p. 2-3.

- Loiselle, J. (2010). *La recherche développement*. Courrier électronique à Marie-Eve Guérin, adresse destinataire : M-E.Guerin@USherbrooke.ca.
- Louvel, Y. (2006). *Le cadre de travail pour l'évaluation de la durabilité des campus : utilisation actuelle et perspectives d'amélioration*, [En ligne]. <http://www.archipel.uqam.ca/1452/1/M10374.pdf> (Page consultée le 20 janvier 2010).
- Martel, L. (2004). *Exercices sur les concepts fondamentaux en enseignement collégial*. Expérimentation de l'activité PED 884 à l'été 2004.
- Mason, D. (1996). *Life after "ChemCom" : Do they Succeed in University-Level Chemistry Courses?* Paper presented at the 69th Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. St-Louis, MO, April 2 1996.
- Miller, G. (2006). *Environmental Commissioner of Ontario, 2006. Neglecting our obligation*. Annual Report 2006. 224 p.
- Ministère de l'Éducation du Québec (1999). *Sciences de la nature. Programme d'études préuniversitaires 200.B0*, [En ligne]. <http://www.mels.gouv.qc.ca/ens-sup/ens-coll/Cahiers/program/200B0.pdf> (Page consultée le 9 janvier 2010).
- Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science (1993). *L'enseignement collégial québécois : orientations d'avenir et mesures du renouveau. Des collèges pour le Québec du XXI<sup>e</sup> siècle*, [En ligne]. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs1561340> (Page consultée le 9 janvier 2010).
- Morin, N. (1995). L'intégration des apprentissages dans un programme d'études. *Pédagogie collégiale*, vol. 9, n<sup>o</sup> 1, p. 33-36
- Nentwig, P. M., Demuth, R., Parchmann, I., Gräsel, C. and Ralle, B. (2007). Chemie im Kontext : Situating Learning in Relevant Contexts while Systematically Developing Basic Chemical Concepts. *Journal of Chemical Education*, vol. 84, n<sup>o</sup> 9. p. 1439-1444.
- Norris, S. P. and Phillips, L. M. (2003). How Literacy in Its Fundamental Sense Is Central to Scientific Literacy. *Science Education*, vol. 87, p. 224-240.
- Perrenoud, P. (1995). Des savoirs aux compétences. Les incidences sur le métier d'enseignant et sur le métier d'élève. *Pédagogie collégiale*, vol 9, n<sup>o</sup> 2, p. 6-10.
- Perrenoud, P. (1997). Vers des pratiques pédagogiques favorisant le transfert des acquis scolaires hors de l'école. *Pédagogie collégiale*, vol. 10, n<sup>o</sup> 3, p. 5-16.
- Perret-Clermont, A.-N. (1979). *La construction de l'Intelligence dans l'Interaction sociale*, [En ligne]. <http://users.skynet.be/gerard.piroton/Textes-site-DW08/Construc-Soc-Intelligence-AN-PC-present-ligne.pdf> (Page consultée le 23 janvier 2010).

- Poirier, M., Deshaies, P. et Guy, H. (2004). *Les éléments structurants d'un cadre de référence sur l'enseignement au collégial*. Dans le cadre du projet « Enseigner au collégial », Regroupement des collèges, PERFORMA.
- Poitras, J. (2000). *Guide de gestion environnementale en milieu scolaire*, [En ligne]. [http://www.enjeu.qc.ca/projets/cegepvert/PDF\\_cvq/Guide\\_Gestion.pdf](http://www.enjeu.qc.ca/projets/cegepvert/PDF_cvq/Guide_Gestion.pdf) (Page consultée le 10 janvier 2010).
- Raynal, F. et Rieunier, A. (1997). *Pédagogie : dictionnaire des concepts clés. Apprentissages, formation, psychologie cognitive*. Collection Pédagogie. Paris, ESF Éditeur, 405 p.
- Robelia, B. A. (2008). *Investigating the Impact of Adding an Environmental Focus to a Developmental Chemistry Class*. Thèse dans le cadre d'un doctorat à l'Université du Minnesota, mai 2008.
- Ruel, F. (1997). Quelques illustrations discursives d'une représentation sociale à l'égard de l'apprentissage et de l'enseignement – le cas d'un futur enseignant de sciences. *Éducation et francophonie. L'apprentissage et l'enseignement des sciences et des mathématiques dans une perspective constructiviste*, vol. XXV, n° 1, [En ligne]. <http://www.acelf.ca/c/revue/revuehtml/25-1/rxxv1-03.html> (Page consultée le 9 janvier 2010).
- Rutherford, F. J. (2000). *Chapter One : What is Integrated Science and What Does It Look Like at the High School Level? Making Sense of Integrated Science : A Guide for High Schools*. Biological Sciences Curriculum Study, Colorado Springs.
- Sauvé, L. (2002). L'éducation relative à l'environnement : possibilités et contraintes, *Connexion, La revue d'éducation scientifique, technologique et environnementale de l'UNESCO*, XXVII, n° 1/2, p. 1-4, [En ligne], <http://www.unites.ugam.ca/ERE-UQAM/membres/articles/ConnexionVersionFrancaiseR.pdf> (Page consultée le 7 février 2010).
- Sauvé, L. (2007). *L'éducation relative à l'environnement. Une invitation à transformer, améliorer ou enrichir notre rapport à l'environnement*. Dans Gagnon, C. (Éd) et Arth, E. Guide québécois pour des Agendas 21<sup>e</sup> siècle locaux: applications territoriales de développement durable viable, [En ligne]. [http://www.a21l.qc.ca/9586\\_fr.html](http://www.a21l.qc.ca/9586_fr.html) (Page consultée le 24 mai 2010).
- Schwartz, A.T. (2007). Chemistry Education, Science Literacy, and the Libera Arts. *Journal of Chemical Education*, vol. 84, n° 11, p. 1750-1756.
- Smith, L. A. and Bitner, B. L. (1993). *Comparison of Formal Operations : Students Enrolled in ChemCom versus a Traditional Chemistry Course*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Science Teachers Association, Kansas City, April 1993.
- Stecher, B., Le, V.-N., Hamilton, L., Ryan, G., Robyn, A. and Lockwood, J. R. (2010). Using Structured Classroom Vignettes to Measure Instructional Practices in Mathematics. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, vol. 28, n° 2, p. 101-130.



- Svinicki, M. (1991). Practical Implications of Cognitive Theories. *New Directions for Teaching and Learning*, n° 45. Texte traduit et adapté par Claude Chagnon.
- Tardif, J. (1997). La construction des connaissances. 1. Le consensus. *Pédagogie collégiale*, vol.11, n° 2, p. 14-19.
- Tardif, J. (2004). Un passage obligé dans la planification de l'évaluation des compétences : la détermination des indicateurs progressifs et terminaux de développement (1<sup>ère</sup> partie), *Pédagogie collégiale*, Vol. 18, n° 1, p. 13-20, [En ligne]. [http://www.aqpc.qc.ca/UserFiles/File/pedagogie\\_collegiale/2-Tardif\(1\)F.pdf](http://www.aqpc.qc.ca/UserFiles/File/pedagogie_collegiale/2-Tardif(1)F.pdf) (Page consultée le 3 juin 2010).
- Tardif, J. (2004). Un passage obligé dans la planification de l'évaluation des compétences : la détermination des indicateurs progressifs et terminaux de développement (2<sup>ème</sup> partie), *Pédagogie collégiale*, Vol. 18, n° 2, p. 13-20, [En ligne]. [http://www.aqpc.qc.ca/UserFiles/File/pedagogie\\_collegiale/3-Tardif\(2\)F.pdf](http://www.aqpc.qc.ca/UserFiles/File/pedagogie_collegiale/3-Tardif(2)F.pdf) (Page consultée le 3 juin 2010).
- Thibeault, H. et Bernard, D. (2009). *Rapport final. Éducation relative à l'environnement (ERE) au collégial : de l'intention à l'action au cœur de nos stratégies pédagogiques*, [En ligne]. <http://www.aqpere.qc.ca/campus/pdf/Rapport%20final%20ERE-STH.pdf> (Page consultée le 30 mars 2010).
- Union Saint-Laurent Grands-Lacs (s. d.). *Réseau Complices*, [En ligne]. <http://www.glu.org/fr/campagnes/education> (Page consultée le 19 mai 2010).
- Université de Sherbrooke (s. d.). *Ce qu'est PERFORMA – le modèle organisationnel*, [En ligne]. [http://www.educ.usherbrooke.ca/quickplace/performap/main.nsf/h\\_23F60FA292D0EAFE852570000070E139/feb2a2d5ab8ffe988525700000834086/?OpenDocument](http://www.educ.usherbrooke.ca/quickplace/performap/main.nsf/h_23F60FA292D0EAFE852570000070E139/feb2a2d5ab8ffe988525700000834086/?OpenDocument) (Page consultée le 19 janvier 2010).
- Villemagne, C. (2008). Regard sur l'éducation relative à l'environnement des adultes. *Vertigo - La revue en sciences de l'environnement*, vol.8, n°1, avril 2008, [En ligne]. <http://vertigo.revues.org/index1915.html> (Page consultée le 18 février 2010).

**ANNEXE 2 : PLAN DE COURS**

SCIENCES DE LA NATURE

Cégep de Saint-Félicien

PLAN DE COURS



<http://www.univ-provence.fr/gsite/Local/lcp-ira/dir/actualites/environnement.jpg>

CHIMIE ORGANIQUE I

intégrant l'environnement

202-305-FE

---

Pondération:3-2-2  
Session : A-2010  
Plan de cours adapté par Marie-Eve Guérin

Responsable : Nom du professeur (D-xyz)  
[nomduprofesseur@cstfelicien.qc.ca](mailto:nomduprofesseur@cstfelicien.qc.ca)  
418-679-5412 poste abc  
Département des sciences

---

Ce plan de cours appartient à :

---

## 1. AVIS

Le plan de cours est un document d'information destiné avant tout à l'étudiant<sup>1</sup>. Il est pour lui un guide d'apprentissage, un outil de planification, un contrat. Pour le professeur, le plan de cours est aussi un outil de planification et d'organisation du cours. C'est sur la base de ce document que s'établit la communication entre le professeur et ses étudiants.

La responsabilité de la professeure consiste à élaborer un plan de cours conforme aux exigences institutionnelles, à le remettre ou à l'expédier à tous les étudiants dès le début du cours. Pour ces derniers, assister à la présentation du plan de cours, le conserver et s'y référer pendant la session ainsi que participer à la discussion sur le plan de cours, notamment sur les moyens et l'échéancier des évaluations, font partie de leurs responsabilités.

## 2. INTRODUCTION

### 2.1 Préalables :

Le cours **Chimie organique I (202-305-FE)** s'adresse aux étudiants répondant aux critères d'admission pour les sciences de la nature au niveau collégial. Les cours de sciences du niveau secondaire, ou leurs équivalents reconnus par le cégep, seront supposés connus et compris.

Bien qu'il ne soit pas exigé à titre de préalable, il est fortement recommandé d'avoir suivi et réussi le cours **Chimie générale (202-NYA-05)**. En effet, ce cours permet une meilleure préparation de l'étudiant à l'étude de la chimie organique

### 2.2 Pertinence du cours dans le programme

Le cours **Chimie organique I (202-305-FE)** se donne normalement aux étudiants de deuxième année, à la troisième session. En plus d'assurer les éléments de connaissance formels pour une formation scientifique de base rigoureuse en chimie organique exigés par le ministère de l'Éducation, le cours vise à amener l'étudiant à faire un pas de plus vers « l'autonomie nécessaire pour entreprendre des études universitaires dans tous les domaines des sciences de la santé et des sciences pures et appliquées »; cette cible étant la compétence recherchée pour les finissants du programme des Sciences de la nature du Cégep de Saint-Félicien.

Le cours de **Chimie organique I (202-305-FE)** est aussi en accord avec le thème de la troisième session du programme, c'est-à-dire l'ANALYSE, tant dans sa partie théorique que dans sa partie expérimentale, au travers des activités d'apprentissage et d'évaluation. Le cours **Chimie Organique I (202-305-FE)** tentera de développer chez l'étudiant l'esprit de synthèse et d'analyse nécessaire à la séparation et l'identification de composés contenus dans un mélange. Cette expérience s'échelonne sur plusieurs semaines, et conduit à la rédaction d'une production originale sous la forme d'un rapport. Le cours **Chimie Organique I (202-305-FE)** verra aussi à renforcer le comportement en laboratoire, l'observation et la

---

<sup>1</sup> Le genre masculin est utilisé uniquement pour alléger le texte

critique de phénomènes en plus de la rédaction d'un rapport original sur l'identification d'un composé inconnu extrait d'un déversement dans un cours d'eau. Sur le plan expérimental, la compétence à effectuer correctement des manipulations spécifiques à la chimie organique sera enseignée et évaluée.

### 2.3 Liens avec les autres cours du programme

Le cours **Chimie organique I (202-305-FE)** vient achever le portrait de la chimie que l'étudiant gardera à son entrée à l'université. La chimie organique n'ayant jamais été abordée au secondaire, il est primordial que l'étudiant puisse connaître cette spécialité qui est à la base d'un grand nombre d'activités industrielles et d'une gamme étendue de matériaux qui sont utilisés partout et par tous. Le cours de chimie organique complète la formation de l'étudiant lui permettant ainsi d'aborder le projet de fin d'études, une activité menant à l'intégration des connaissances en sciences et à l'ensemble des connaissances. Ce cours amène l'étudiant à faire des liens entre les sciences, la technologie et la société (qui est un des buts généraux du programme) ainsi qu'avec l'environnement. L'étudiant doit disposer d'une base théorique suffisante qui lui permette une certaine autonomie au regard de ses réflexions ainsi qu'une vision assez large de la discipline concernée et toutes celles qui lui sont reliées.

Il est à noter que le cours **Chimie organique I (202-305-FE)** n'est pas obligatoire pour l'obtention du diplôme d'études collégiales en Sciences de la nature, mais il constitue un préalable universitaire pour des études en Sciences de la santé et représente une formation très appropriée pour tous les autres domaines scientifiques.

L'étude de la chimie organique nécessite, au début, l'acquisition suivie de l'intégration des connaissances. La plupart de ces connaissances ou concepts ont été vus par les étudiants dans les premiers cours de chimie du programme des Sciences de la nature. Le cours **Chimie organique I (202-305-FE)** emprunte donc plusieurs éléments au cours **Chimie générale (202-NYA-05)** et au cours **Chimie des solutions (202-NYB-05)**. En effet, la compréhension de la chimie organique repose sur les modèles théoriques de l'atome, sur la structure des liaisons chimiques, sur les notions de cinétiques, de thermodynamique, d'équilibre, de solution et de propriétés acido-basiques.

Le cours **Chimie organique I (202-305-FE)** permet d'acquérir des connaissances qui seront réutilisées dans les cours de biologie, car beaucoup de groupes fonctionnels étudiés en chimie organique sont présents dans les constituants de la matière vivante. De plus, des liens étroits avec les cours de physique s'établissent, car ces derniers fournissent aux chimistes de précieux outils d'analyse qui permettent la caractérisation des composés par des méthodes physico-chimiques.

Enfin, comme tous les autres cours du programme, le cours **Chimie organique I (202-305-FE)** vise à préparer adéquatement les étudiants à réaliser, tant au niveau des connaissances que du savoir-faire, un projet original en sciences de la nature.

## 2.4 Liens avec l'éducation relative à l'environnement

Le cours **Chimie organique I (202-305-FE)** intégrant l'environnement se veut un cours qui vise une éducation relative à l'environnement (ÉRE). Trois principaux objectifs sous-tendent cette éducation : l'acquisition de connaissances au sujet de l'environnement, la clarification de notre rapport à l'environnement ainsi que le développement des compétences en matière de résolutions de problèmes (Sauvé, 2008).

L'ÉRE amène une réflexion en lien avec le type de développement de la société. Un développement durable à long terme qui ne compromet pas les générations futures serait souhaité pour notre société. Ainsi, l'environnement devient un projet collectif et l'éducation relative à l'environnement peut contribuer au développement de sociétés responsables. L'éducation relative à l'environnement ne se limite pas à la transmission de connaissances par le professeur, mais s'étend également au développement de valeurs et d'attitudes à l'égard de l'environnement. Cette éducation stimule l'exercice d'un jugement critique et incite à une action réfléchie dans la vie des tous les jours. Dans le cours de cours **Chimie organique I (202-305-FE)** intégrant l'environnement, les capsules et les évaluations permettront de s'initier à cette éducation relative à l'environnement et à la résolution de problématiques environnementales.

## 3 OBJECTIFS ET STANDARDS

Le cours de **Chimie organique I (202-305-FE)** a été traduit selon l'approche pédagogique prescrite par la réforme de l'enseignement collégial en objectifs-standards et activités d'apprentissage. Dans cette nouvelle approche, chacun des cours d'un programme d'études est caractérisé par une **compétence**, définie par des **éléments de compétence** (objectifs), eux-mêmes précisés par des **critères de performance** (standards). La compétence d'un cours est aussi accompagnée d'un contexte de réalisation qui vient définir en quelque sorte l'environnement dans lequel devra s'acquérir la compétence.

Ainsi, les étudiants devront atteindre la compétence qui caractérise le cours de chimie organique I pour la réussite de celui-ci. Ils pourraient très bien avoir à en faire la démonstration, *a posteriori*, à l'intérieur du contexte de réalisation.

### 3.1 Énoncé de la compétence

**Résoudre des problèmes simples relevant de la chimie organique**

### 3.2 Contexte de réalisation

- Individuellement
- À l'occasion d'une production écrite
- À partir d'une problématique pré-établie
- Sans l'aide d'une procédure, mais en disposant du matériel disponible au laboratoire et de toute documentation scientifique

### 3.3 Éléments de compétence et critères de performance

ÉLÉMENTS DE COMPÉTENCE	CRITÈRES DE PERFORMANCE
1. Appliquer les règles de la nomenclature à des composés organiques simples.	1.1. Utilisation des nomenclatures systématique et traditionnelle de composés organiques
2. Représenter la structure tridimensionnelle de composés organiques à partir de leur formule développée plane.	2.1. Exactitude de la représentation tridimensionnelle de composés organiques.
3. Distinguer les différents types d'isomérisation de structure, géométrique et optique.	3.1 Distinction claire des différents types d'isomères (cis, trans, Fisher, carbones asymétriques).
4. Reconnaître les différents types de réactifs : nucléophiles, électrophiles, radicalaires, acides et bases de Lewis.	4.1. Explication de l'influence des principaux effets électroniques sur les principaux types de mécanismes de réaction. 4.2. Analyse des réactions d'addition, d'élimination et de substitution.
5. Déterminer la réactivité de fonctions organiques simples comme les alcanes, alcènes, alcynes, organomagnésiens dérivés halogénés, et alcools à l'aide des principaux types de mécanismes de réaction : SN1, SN2, E1, E2.	5.1. Justification du mécanisme proposé pour expliquer une réaction nouvelle simple. 5.2. Capacité d'ordonner logiquement les principales réactions des fonctions simples.
6. Concevoir théoriquement des méthodes de synthèse de composés organiques simples à partir de produits donnés.	6.1. Analyse des réactions d'addition, d'élimination et de substitution. 6.2. Justification du mécanisme proposé pour expliquer une réaction nouvelle simple. 6.3. Capacité d'ordonner logiquement les principales réactions des fonctions simples.
7 Décrire les principales fonctions chimiques simples utiles à la biologie et à la biochimie : amines, acides carboxyliques et dérivés, lipides, acides aminés, protéines, glucides.	7.1. Description sommaire de la nature, du nom courant et du rôle des fonctions en biologie et en biochimie.
8. Préparer, séparer et identifier des composés organiques simples.	8.1. Application des règles de sécurité au laboratoire et de protection de l'environnement. 8.2. Capacité d'établir des liens entre un protocole expérimental et la chimie théorique. 8.3. Qualité du montage expérimental et des manipulations. 8.4. Qualité du rapport de laboratoire : présentation informatisée, hypothèses de travail, cohérence de l'exposé, analyse et discussion des résultats, clarté et qualité de la langue, bibliographie.

#### 4 AGENCEMENT DU CONTENU

Dans cette section, on retrouve le contenu du cours théorique qui est divisé en 7 blocs, auxquels on a associé **un ou des éléments de compétence**. Pour chacun des blocs de théorie, les éléments de contenu, qui font référence aux chapitres du volume de référence, ont été précisés. De plus, le contenu en lien avec l'environnement est indiqué.

	Éléments de contenu, liens avec l'environnement et chapitre du volume de référence
<p><b>Bloc 1</b> Notions fondamentales et écriture spécifique de la chimie organique (éléments de compétence 1)</p>	<p style="text-align: center;"><u>Chapitre 1</u></p> <p>1.1 Structure atomique, symbolisme de l'atome et Isotopes            1.2 Orbitales atomiques            1.3 Notation de Lewis d'un élément donné            1.4 Règle de l'octet et formation des liaisons chimiques            1.5 Différents types de liaisons chimiques et structures de Lewis des molécules            1.6 Charge formelle            1.7 Hybridation des orbitales atomiques            1.8 Polarité des molécules            1.9 Attractions intermoléculaires</p> <p style="text-align: center;"><u>Chapitre 2</u></p> <p>2.1 Écriture des formules structurales            2.2 Classification selon la charpente moléculaire            2.3 Classification des composés organiques selon les groupements fonctionnels            2.4 Nomenclature des composés organiques</p> <p style="text-align: center;"><u>Environnement</u></p> <p>L'environnement au Québec, l'environnement au Canada et les biphényles polychlorés (BPC)</p>
<p><b>Bloc 2 : Isomérisation</b> (éléments de compétences 2 et 3)</p>	<p style="text-align: center;"><u>Chapitre 3</u></p> <p>3.1 Isomères de structure (ou de constitution)            3.2 Détermination du degré (ou nombre) d'insaturation            3.3 Représentation tridimensionnelle des hydrocarbures saturés            3.4 Cycloalcanes et leurs conformations            3.5 Stéréo-isomérisation            3.6 Isomères géométriques</p> <p style="text-align: center;"><u>Environnement</u></p> <p>Le pétrole, l'essence et l'indice d'octane, les Composés organiques volatils (COV) : effets sur la santé humaine et sur l'environnement</p>
<p><b>Bloc 3 : Réactivité chimique</b> (éléments de compétence 4)</p>	<p style="text-align: center;"><u>Chapitre 4</u></p> <p>4.1 Équation chimique et introduction aux mécanismes réactionnels            4.2 Quatre grandes catégories de réactions en chimie organique            4.3 Diagrammes énergétiques            4.4 Intermédiaires réactionnels            4.5 Acides et bases de Lewis            4.6. Catégories de réactifs            4.7 Effets électroniques</p> <p style="text-align: center;"><u>Environnement</u></p> <p>Les radicaux libres</p>



<b>Bloc 4 :</b> Réactions des alcènes et des alcynes et préparation des alcènes (éléments de compétences 5 et 6)	<p style="text-align: center;"><u>Chapitre 7</u></p> 7.1 Définitions et classification 7.2 Caractéristiques de la liaison double 7.3 Réactions chimiques des alcènes et préparation <sup>2</sup> . 7.4 Caractéristiques de la liaison triple (C≡C) 7.5 Réactions des alcynes <p style="text-align: center;"><u>Environnement</u></p> Portrait chimique de l'auteur.
<b>Bloc 5 :</b> Composés aromatiques (éléments de compétences 5 et 6)	<p style="text-align: center;"><u>Chapitre 8</u></p> 8.1 Aromaticité 8.2 Quelques observations sur le benzène 8.3 Substitution électrophile aromatique 8.4 Substituants activants et désactivants 8.5 Groupes <i>ortho</i> , <i>para</i> et <i>méta</i> orienteurs 8.6 Importance des effets orienteurs en synthèse organique 8.7 Hydrocarbures polycycliques aromatiques <p style="text-align: center;"><u>Environnement</u></p> Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
<b>Bloc 6 :</b> Les composés halogénés (éléments de compétences 5 et 6)	<p style="text-align: center;"><u>Chapitre 9</u></p> 9.1 Propriétés physiques et réactivité générale 9.2 Substitution nucléophile (SN) 9.3 Déshydrohalogénéation (réaction d'élimination) et mécanismes E2 et E1 9.4 Autres réactions possibles à partir des composés halogénés 9.5 Composés organométalliques : les organomagnésiens (réactifs de Grignard) et les organolithiens 9.6 Composés polyhalogénés et applications <p style="text-align: center;"><u>Environnement</u></p> Les chlorofluorocarbures (CFC) et les dioxines et furanes (DF)
<b>Bloc 7 :</b> Les molécules d'intérêts biologiques (éléments de compétence 7)	<p style="text-align: center;"><u>Chapitre 12</u></p> 12.1 Glucides 12.2 Lipides et détergents 12.3 Acides aminés et protéines <p style="text-align: center;"><u>Environnement</u></p> Les phosphates

## 5 CONTENU ET ORGANISATION DE LA PARTIE LABORATOIRE

La partie expérimentale, en chimie organique, est en rapport direct avec la partie théorique et permet à l'étudiant de se rendre compte du comportement des composés organiques.

Cette partie du cours développera, chez l'étudiant, une habileté manuelle en laboratoire en effectuant diverses manipulations, montages, synthèses, analyses organiques en plus d'apprendre le mode de fonctionnement de certains appareils et instruments utiles au laboratoire.

<sup>2</sup> La partie concernant la préparation des alcènes ne fait pas partie de ce chapitre 7 du volume, mais provient des notes de cours de la professeure

Une partie de ce programme pratique sera consacrée à la partie sécurité en laboratoire de chimie organique étant donné la grande volatilité et inflammabilité de certains composés organiques utilisés.

Les divers sujets et techniques abordés pendant la partie expérimentale du cours sont regroupés sous deux thèmes : **l'analyse et la synthèse**. Les expériences choisies seront de longue haleine de façon à conserver une certaine motivation. À travers ces expériences, l'étudiant aura l'occasion d'assimiler et de pratiquer les diverses techniques de base de l'expérimentation en chimie organique, que ce soit pour l'analyse ou la synthèse. C'est pourquoi **les périodes de laboratoire seront d'une durée de 3 heures pendant 10 semaines** (30 heures au total) au lieu de 2 heures pendant 15 semaines.

**L'habileté des étudiants à procéder aux manipulations suivantes sera évaluée lors d'un examen pratique à la fin de la session :**

1. Choisir le moyen de chauffage adéquat selon la situation;
2. Procéder à diverses filtrations et à diverses extractions;
3. Mesurer le point de fusion d'un solide;
4. Mesurer le point d'ébullition d'un liquide;
5. Consulter le « Handbook of chemistry and physics » afin de comparer les données théoriques et expérimentales;
6. Procéder à la réalisation de divers montages de distillation ou de synthèse;
7. Mesurer l'indice de réfraction et la masse volumique d'un liquide;
8. Interpréter sommairement, à l'aide de tables, les spectres infrarouge et de résonance magnétique nucléaire des composés organiques;
9. Réaliser et interpréter des tests de fonction;
10. Réaliser correctement et interpréter rigoureusement les tests de solubilité.

Vous trouverez à la fin du document un calendrier résumant les différentes activités pour le cours tant pour la partie théorique, pour les liens avec l'environnement et pour la partie laboratoire. Les évaluations y sont également indiquées.

## **6 ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT ET D'APPRENTISSAGE**

### **6.1 Activités d'enseignement**

- Cours hebdomadaires sur trois périodes selon l'horaire des groupes
- Soutien individuel aux apprentissages des étudiants sur rendez-vous au bureau et par courriel
- Démonstration en classe ou en laboratoire

### **6.2 Activités d'apprentissage**

- Utilisation, par l'étudiant, du volume de Hart, Craine, Hart, Hadad Adapt. Stéphane Girouard et Danielle Lapierre « Chimie organique 1 » Les Éditions de la Chenelière (2008) (**À se procurer à la COOP**)
- Cours magistraux et exercices en classe sur chacune des parties de la matière
- Capsule énonçant des liens entre la chimie organique et l'environnement

- Séries d'exercices préparés par la professeure en plus de ceux du volume : ces exercices sont suggérés, mais ne sont pas à remettre
- Plusieurs expérimentations se rapportant directement à la matière en plus de répondre aux objectifs du cours
- **Rédaction en équipe d'un rapport original** sur l'identification de substances inconnues qui ont été déversées dans un cours d'eau à l'intention de la ministre de l'Environnement du Québec. Des directives supplémentaires seront fournies en temps et lieu concernant cette production écrite

### 6.3 Procédure et directives pour la section laboratoire

- À moins d'entente préalable avec le responsable du cours, tous les laboratoires se font en équipe de deux personnes.
- Chaque équipière ou équipier doit rédiger son pré-lab avant de se présenter au laboratoire et de procéder à l'expérimentation. Ce pré-lab doit être fait dans le **cahier personnel de laboratoire**
- La professeure insistera sur l'utilisation du **cahier personnel de laboratoire** et sur l'application de la **méthode scientifique** lors de l'expérimentation.

## 7. MODALITÉS D'ÉVALUATION DES APPRENTISSAGES

### 7.1 Évaluation formative

- À l'aide de nombreux exercices tirés du volume de référence et pour lesquels le corrigé est disponible sur DÈC clic et à la bibliothèque
- À l'aide d'exercices préparés par la professeure et récapitulant chacune des parties de la matière (chimie organique et environnement) en guise de préparation à chacun des examens
- À l'aide de questions post-lab à la fin de certaines expériences de laboratoire
- À l'aide de rencontres régulières servant à faire le point sur la séparation des constituants du mélange et sur l'identification de leur inconnu venant du déversement dans le cours d'eau.
- À l'aide d'une assistance et d'une évaluation formative constante des étudiants de la part du personnel technique et de la professeure pendant les heures de laboratoire afin de les préparer de façon adéquate pour l'examen des habiletés à la fin du cours

### 7.2 Évaluation sommative

La distribution des points pour les activités de ce cours est la suivante :

THÉORIE	65 pts
Examen 1	10 pts
Examen 2	20 pts
Examen 3	20 pts
Examen 4	10 pts
Capsule	5 pts

**LABORATOIRE****35 pts**

Argumentation sur l'identification de l'inconnu

**20 pts**

Évaluation des habiletés en laboratoire

**10 pts**Comportement au laboratoire **5 pts****NOTE FINALE****/100 pts**

- Il faut noter qu'environ 10 points sur les 65 points de la partie théorique seront attribués à des questions se rapportant à la partie expérimentale
- Les critères d'évaluation seront remis aux étudiants avant chaque évaluation qui s'y prête

**7.3 Calendrier des examens sommatifs**

<b>Date de l'examen (semaine du)</b>	<b>Parties théoriques sur lesquelles porte l'examen</b>	<b>Laboratoires évalués</b>
Examen 1 14 septembre 2009	Bloc 1 Éléments de compétence 1	Laboratoire III : Chromatographie
Examen 2 19 octobre 2009	Bloc 2, 3 Éléments de compétences 2, 3 et 4	Laboratoire V : Solubilité
Examen 3 7 décembre 2009	Bloc 4, 5, 6 Éléments de compétences 5 et 6	Laboratoire VI : Tests des fonctions
Semaine d'évaluation (date à déterminer)	Bloc 7 Éléments de compétence 7	Laboratoire VIII : Synthèse d'un alcène

\* Il est à noter que les laboratoires I, II et VII sont des laboratoires non-évalués.

## 7.4 Précisions concernant l'évaluation du comportement de laboratoire

Le programme de sciences de la nature comporte des buts généraux et, en ce sens, le cours de chimie organique contribue à l'atteinte de certains de ces buts. Voici les buts généraux qui seront évalués par le cours de chimie organique :

- Travailler en équipe
- Apprendre de façon autonome
- Adopter des attitudes utiles au travail scientifique

Ce dernier point sera évalué de la façon suivante :

- La tenue du cahier de laboratoire
- Le respect des règles de laboratoire

## 7.5 Critères d'évaluation pour le rapport original (20 pts)

Voici les critères d'évaluation en lien avec le rapport à la fin de la session qui est en lien avec l'environnement.

### 7.4.1 Qualité de la présentation (5 pts)

- Impression générale (mise en page, esthétique) : (1,0)
- Originalité du format de la présentation : (1,0)
- Respect des critères de présentation : (0,5)
- Facilité de consultation des « pièces à conviction » : (0,5)
- Qualité du français (orthographe, syntaxe, nuance, rigueur) : (1,0)
- Cohérence entre les concepts chimiques et l'environnement : (1,0)

### 7.4.2 Interprétation judicieuse des résultats (12 pts)

- Caractérisation du mélange : (1,0)
- Interprétation judicieuse des observations liées à la séparation du mélange par distillation : (1,0)
- Caractérisation des composés à identifier et leur pureté : (1,0)
- Interprétation judicieuse des observations liées aux extractions : (0,5)
- Interpr. judicieuse des observations liées aux tests de solubilité : (0,5)
- Interpr. judicieuse des observations liées aux tests de fonction : (2,0)
- Interpr. judicieuse du spectre IR. : (1,0)
- Interpr. judicieuse du spectre RMN : (2,0)
- Exactitude des propriétés physiques mesurées : (0,5)
- Réalisme des incertitudes accompagnant les mesures et respect des chiffres significatifs dans l'écriture : (1,0)
- Pertinence de la justification des incertitudes : (1,0)
- Respect des chiffres significatifs : (0,5)

### 7.4.3 Valeur de l'argumentation (3 pts)

- Structure logique de l'argumentation : (1,0)
- Utilisation rigoureuse et cohérente du maximum d'arguments : (2,0)

## 8 MÉDIAGRAPHIE

- 1 \*Arnaud, P. (1990). *Cours de chimie organique*, Dunod, 15<sup>ème</sup> édition, Bordas Paris, 524 p.
- 2 \*Barrette, A. (1989). *Chimie organique I*, McGraw-Hill Éditions, Montréal, 400 p.
- 3 \*Berthillier, A. (1972). *La chromatographie et ses applications*, Dunod, Paris, 199 p.
- 4 \*Blondeau, P. (1988). *Chimie organique*, Éditions Addison-Wesley, Montréal, 310 p.
- 5 \*Bobbitt & Scharing (1972). *Introduction à la chromatographie*, Gauthier-Villars, Paris, 189 p.
- 6 Browning, D.R. (1971). *Chromatographie*, Masson, Paris, 174 p.
- 7 \*Carles, J. (1967). *L'énergie chlorophyllienne*, Presse universitaires de France, Paris, 126 p.
- 8 \*Chavanne, M., Julien, Beaudoin, G.-G et Flammand, E. (1986). *Chimie organique expérimentale*, Modulo éditeur, Mont-Royal (Québec) 901 p.
- 9 Constantin, R., Dubeau, C. et Lefebvre, M. (1969). *Expériences de chimie*, McGraw-Hill, St-Laurent, 156 p.
- 10 \*Cram, D.J., et Hammond, G.S. (1968). *Éléments de chimie organique*, traduction de L'Écuyer, P., McGraw-Hill, St-Laurent, 448 p.
- 11 \*Gendron, I. (1963). *Analyse, étude et synthèse des composés organiques*, École polytechnique, Montréal, 91 p.
- 12 \*Hard & Conia (1987). *Introduction à la chimie organique*, Inter Édition, Paris, 566 p.

13 \*\*Hart, Craine, Hart, Hadad (2008). *Chimie organique 1* Chenelière Éducation 478 p.

- 14 \*Huot, R. et Roy, G. (2004). *Chimie organique, notions fondamentales*, Éd. Carcajou, Ancienne-Lorette (Québec), 4<sup>e</sup> édition, 627 p.
- 15 \*Huot, R. et Roy, G. (1996). *Chimie organique, notions fondamentales ; exercices résolus*, Éd. Carcajou, Ancienne-Lorette (Québec), 211 p.
- 16 \*Huot, R. et Roy G. (1998). *Chimie organique, notions fondamentales ; solutions aux problèmes du prof.*, Éditions Carcajou, Ancienne-Lorette (Québec), 72 p.
- 17 \*Ouellet, G. (1977). *La chromatographie*, conseil de la jeunesse scientifique, Montréal, 77 p.
- 18 Roy, G. (1977). *Chimie organique ; apprentissage individualisé*, Le Griffon d'argile, Ste-Foy, 478 p.
- 19 Sauvé, L. (2007). *L'éducation relative à l'environnement. Une invitation à transformer, améliorer ou enrichir notre rapport à l'environnement*. Dans Gagnon, C. (Éd) et Arth, E. Guide québécois pour des Agendas 21<sup>e</sup> siècle locaux: applications territoriales de développement durable viable, [En ligne]. [http://www.a21l.qc.ca/9586\\_fr.html](http://www.a21l.qc.ca/9586_fr.html) (Page consultée le 24 mai 2010).
- 20 \*Vernin, G. (1970). *La chromatographie en couches minces*, Dunod, Paris, 178 p.
- 21 \*Vollhardt, P.C. (1990). *Traité de chimie organique*, Éditions du nouveau pédagogique, Montréal, 1275 p.
- 22 \*Vollhardt, P.-C. et Schore, N.-E. (1995). *Traité de chimie organique*, Éditions du nouveau pédagogique, Montréal, 1156 p.

N.B. Les ouvrages précédés d'un (\*) sont en référence au centre de documentation et celle précédée d'un (\*\*) est l'ouvrage obligatoire pour suivre le cours.

## **9 POLITIQUES PARTICULIÈRES**

### **9.1 Modalités de participation aux cours**

La présence régulière aux cours étant un facteur de réussite primordial pour l'atteinte des objectifs d'apprentissage, la responsable du cours de chimie organique I (202-305-FE) recommande fortement aux étudiants d'assister à chacune des activités du cours (cours théoriques, démonstrations et laboratoires) sans quoi la réussite de celui-ci peut être compromise. En cas d'absence motivée ou non, le responsable du cours est en droit de s'attendre à ce que l'absente ou l'absent **se comporte en adulte responsable** de sorte qu'il lui incombe l'obligation de s'informer de ce qui a été dit (informations, directives, etc.) et fait lors de l'activité en question. Il va de soit, également, que la responsable du cours sera peu enclin à fournir des explications personnelles à des étudiants s'étant absentés sans motif valable. Dans le cas des laboratoires, il n'y aura aucune reprise possible de l'activité à moins d'une absence motivée prévue à l'avance et d'une entente préalable avec le personnel technique.

### **9.2 Disposition concernant la maîtrise du français**

Attendu l'importance que le département des Sciences de la nature accorde à la maîtrise du français et conformément au point 4.6 de la P.I.É.A., le ou la professeure doit pénaliser l'élève jusqu'à dix pour cent (10 %) du total des points pour tout travail ou examen qui s'y prête.

L'évaluation formative de la maîtrise de la langue française se fera dans tous les travaux et tous les examens en soulignant aux étudiants les fautes d'orthographe et les erreurs graves de syntaxe qu'elles ou qu'ils ont commises.

L'évaluation sommative s'applique dans les travaux de recherche, exercices, exposés oraux, et autres évaluations où l'élève peut avoir en main les outils pour s'auto-corriger (dictionnaire, grammaire, etc.).

### **9.3 Règle départementale pour les retards dans la remise des travaux**

Tout retard dans la remise d'un travail sera pénalisé de 20 % par journée de retard, jusqu'à concurrence de trois jours ouvrables. Tout travail remis après ces délais se verra automatiquement attribuer la note zéro (0), à moins d'entente préalable avec la professeure.

### **9.4 Heures d'encadrement**

Étant donné le caractère individuel de la partie expérimentale (recherche des inconnus), chacune des équipes nécessitera un suivi particulier pour ne pas dire personnalisé afin de faire en sorte que chaque équipe progresse normalement et assidument vers l'objectif sans trop s'en écarter. Dès la sortie des résultats du premier test, les élèves en difficulté se verront offrir, personnellement, une participation à l'activité hebdomadaire d'encadrement. Cette activité vise à limiter le plus possible le taux d'échecs dans le cours. Lors de cette activité, le responsable du cours donnera des explications plus abondantes sur la matière vue au cours de la semaine, fera des démonstrations, présentera des exercices, répondra à des questions personnelles ou de groupe, etc.

Ces activités, cependant, n'éliminent en rien les possibilités de rencontres individuelles au bureau du professeur pour toute la clientèle du cours.

**CALENDRIER DE LA SESSION – PLANIFICATION HORIZONTALE<sup>3</sup>**

SEMAINE	COURS	NOTIONS	LABORATOIRE	CAPSULE	DEVOIR
23 août	Bloc 1 2 heures	Introduction – plan de cours <u>Chapitre 1</u> 1.1 Structure atomique, symbolisme de l'atome et Isotopes. 1.2 Orbitales atomiques 1.3 Notation de Lewis d'un élément donné 1.4 Règle de l'octet et formation des liaisons chimiques 1.5 Différents types de liaisons chimiques et structures de Lewis des molécules 1.6 Charge formelle			
	Bloc 1 1 heure	<u>Chapitre 1</u> 1.7 Hybridation des orbitales atomiques 1.8 Polarité des molécules 1.9 Attractions intermoléculaires		<b>Capsule 1</b> Chimie organique Environnement au Québec et au Canada Article 20 LQE et Article 64 LCPE	<b>Devoir 1</b> Lecture de l'article 20 de la LQE et de l'article 64 de la LCPE (résumé dans le cahier de notes « Environnement »
30 août	Bloc 1 2 heures	<u>Chapitre 2</u> 2.1 Écriture des formules structurales 2.2 Classification selon la charpente moléculaire 2.3 Classification des composés organiques selon les groupements fonctionnels 2.4 Nomenclature des composés organiques		<b>Capsule 2</b> BPC	<b>Devoir :</b> Écouter la vidéo, prendre des notes dans son cahier de notes
	Bloc 1 1 heure		<u>Laboratoire I</u> Initiation et Handbook <u>Laboratoire II</u> Travail sur les modèles moléculaires <sup>4</sup>		Laboratoire II
6 septembre	2 heures	<b>Congé</b> <b>Fête du Travail</b>			
	Bloc 1 1 heure		<u>Laboratoire III</u> Chromatographie		
13 septembre	Bloc 1	<b>Examen 1</b>			
	Bloc 2 1 heure		<u>Laboratoire IV</u> Séparation des constituants d'un mélange		

<sup>3</sup> Toutes les activités en gras représentent les ajouts de l'auteure de la trousse dans le plan de cours.

<sup>4</sup> Le laboratoire sur les modèles moléculaires est à faire individuellement à la maison avant l'examen 1.



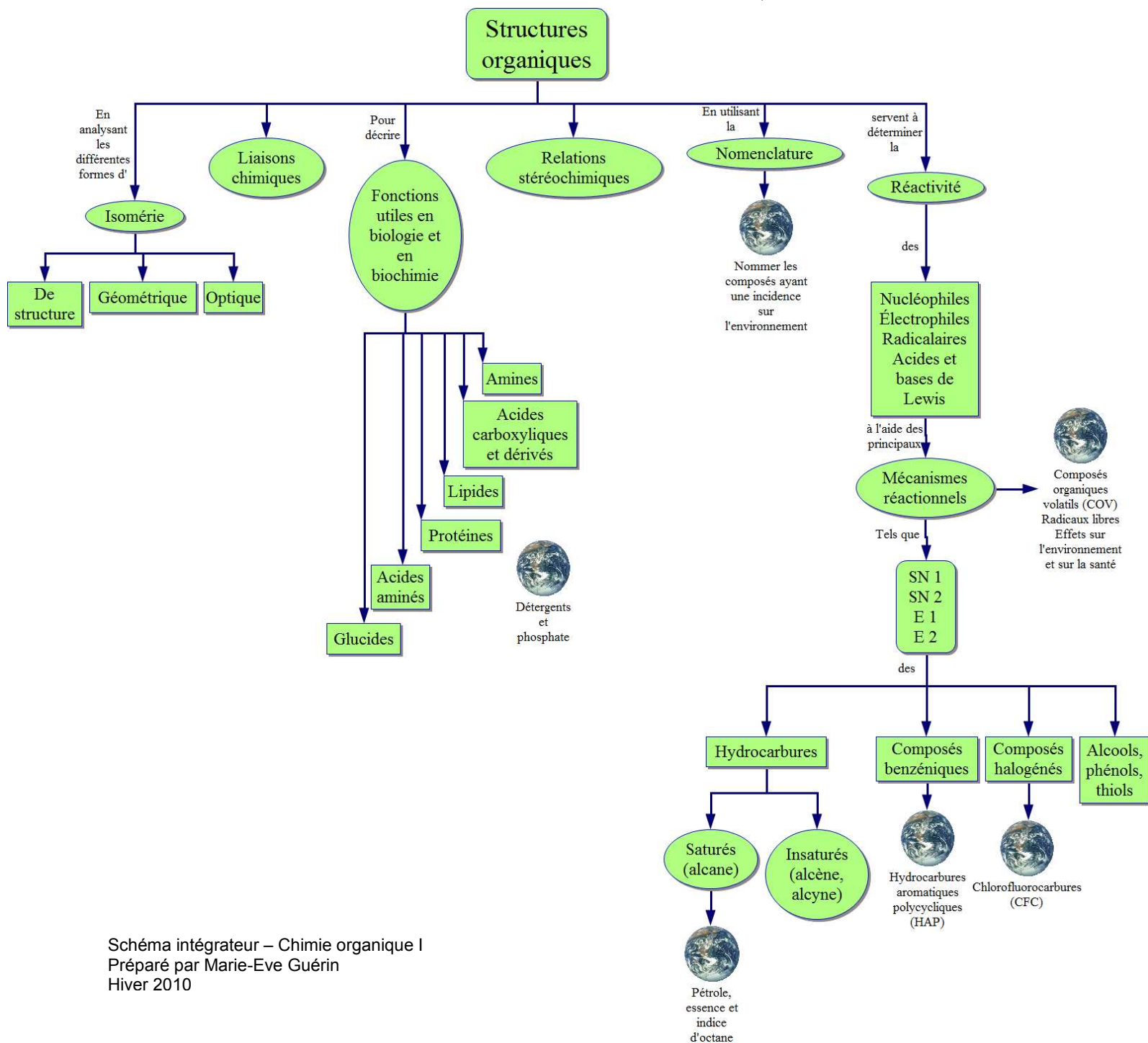
SEMAINE	COURS	NOTIONS	LABORATOIRE	CAPSULE	DEVOIR
20 septembre	Bloc 2 2 heures	<u>Chapitre 3</u> 3.1 Isomères de structure (ou de constitution) 3.2 Détermination du degré (ou nombre) d'insaturation 3.3 Représentation tridimensionnelle des hydrocarbures saturés 3.4 Cycloalcanes et leurs conformations		<b>Capsule 3</b> Le pétrole, l'essence et l'indice d'octane Manuel p.206	
	Bloc 2 1 heure		<u>Laboratoire IV</u> : Séparation des constituants d'un mélange (suite)		
27 septembre	Bloc 2 2 heures	<u>Chapitre 3</u> 3.5 Stéréo-isomérie 3.6 Isomères géométriques <u>Chapitre 4</u> 4.1 Équation chimique et introduction aux mécanismes réactionnels 4.2 Quatre grandes catégories de réactions en chimie organique		<b>Capsule 4</b> COV (cycle de Chapman) Effet sur la santé humaine, sur l'environnement.	
	Bloc 2 1 heure		Spectroscopie IR et RMN		
4 octobre	Bloc 3 2 heures	<u>Chapitre 4</u> 4.3 Diagrammes énergétiques 4.4 Intermédiaires réactionnels 4.5 Acides et bases de Lewis 4.6. Catégories de réactifs 4.7 Effets électroniques		<b>Capsule 5</b> Radicaux libres Manuel p.154 Chimie de l'atmosphère	
	Bloc 3 1 heure		<u>Laboratoire V</u> : Analyse qualitative I (solubilité)		
11 octobre	<b>Mi-session</b>				

SEMAINE	COURS	NOTIONS	LABORATOIRE	CAPSULE	DEVOIR
18 octobre	Bloc 3 2 heures	<b>Examen 2</b>			
	Bloc 4 1 heure		Laboratoire VI : Analyse qualitative II (test fonction)		
25 octobre	Bloc 4 2 heures	<u>Chapitre 7</u> 7.1 Définitions et classification 7.2 Caractéristiques de la liaison double		<b>Capsule 6</b> Portrait chimique de l'auteur	
	Bloc 4 1 heure		Laboratoire VI Analyse qualitative II (test fonction)		
1 <sup>er</sup> novembre	Bloc 4 2 heures	<u>Chapitre 7</u> 7.3 Réactions chimiques des alcènes et préparation <sup>5</sup> . 7.4 Caractéristiques de la liaison triple (C≡C) 7.5 Réactions des alcynes		<b>Capsule 7</b> Sujets proposés	<b>Préparer la capsule (travail d'équipe)</b>
	Bloc 5 1 heure		Laboratoire VII : Identification finale (propriété physique)		<b>Préparer la capsule (travail d'équipe)</b>
8 novembre	Bloc 5 2 heures	<u>Chapitre 8</u> 8.1 Aromaticité 8.2 Quelques observations sur le benzène 8.3 Substitution électrophile aromatique 8.4 Substituants activants et désactivants 8.5 Groupes <i>ortho</i> , <i>para</i> et <i>méta</i> orienteurs 8.6 Importance des effets orienteurs en synthèse organique 8.7 Hydrocarbures polycycliques aromatiques		<b>Capsule</b> (présentation de 2 équipes)	
	Bloc 6 1 heure		Laboratoire VIII : Synthèse organique		

<sup>5</sup> La partie concernant la préparation des alcènes ne fait pas partie de ce chapitre 7 du volume, mais provient des notes de cours de la professeure.

SEMAINE	COURS	NOTIONS	LABORATOIRE	CAPSULE	DEVOIR
15 novembre	Bloc 6 2 heures	<u>Chapitre 9</u> 9.1 Propriétés physiques et réactivité générale 9.2 Substitution nucléophile (SN)		<b>Capsule</b> (présentation de 2 équipes)	
	Bloc 6 1 heure	<u>Chapitre 9</u> 9.2 Substitution nucléophile (SN) – suite 9.3 Déshydrohalogénéation (réaction d'élimination) et mécanismes E2 et E1			
22 novembre	Bloc 6 2 heures	<u>Chapitre 9</u> 9.4 Autres réactions possibles à partir des composés halogénés 9.5 Composés organométalliques : les organomagnésiens (réactifs de Grignard) et les organolithiens		<b>Capsule</b> (présentation de 2 équipes)	
	Bloc 6 1 heure	<u>Chapitre 9</u> 9.5 Composés organométalliques : les organomagnésiens (réactifs de Grignard) et les organolithiens –suite			
29 novembre	Bloc 6 2 heures	<u>Chapitre 9</u> 9.6 Composés polyhalogénés et applications		<b>Capsule</b> (présentation de 2 équipes)	
	Bloc 7 1 heure	<u>Chapitre 12</u> 12.1 Glucides 12.2 Lipides et détergents			
6 décembre	2 heures	<b>Examen 3</b>			
	Bloc 7 1 heure	<u>Chapitre 12</u> 12.3 Acides aminés et protéines			
13 décembre	2 heures	<b>Examen fin de session</b>			
		<b>Pas de cours</b>			
Semaine d'évaluation		<b>Examen de fin de session (3 heures)</b>			

# SCHÉMA INTÉGRATEUR – COURS DE CHIMIE ORGANIQUE INTÉGRANT L'ENVIRONNEMENT



## TECHNIQUES D'ÉTUDE ET D'APRENTISSAGE

- Mémorisation
- Schématisation
- Rapport de laboratoire
- Travail en équipe

## VALEURS ET ATTITUDES

- Discipliné
- Organisé
- Rigoureux
- Autonome
- Curieux

## Situation-problème finale

Schéma préparé par Marie-Eve Guérin, Hiver 2010, inspiré du PÔLE DE L'EST (1996). *Processus de planification d'un cours centré sur le développement d'une compétence*, Délégation collégiale du Comité mixte, PERFORMA, p. 303-305.

Situation-problème en chimie organique I	
<b>Objectif terminal</b> Résoudre des problèmes simples relevant de la chimie organique	<b>Habilités intellectuelles</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Analyse</li><li>Résolution de problème</li></ul>
<b>Concepts</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Préparer, séparer et identifier des composés organiques simples</li><li>Reconnaître les différents types de réactifs</li><li>Déterminer la réactivité de fonctions organiques simples comme alcanes, alcènes, alcynes, organomagnésiens, dérivés halogénés, alcools à l'aide des principaux types de mécanismes de réaction : <math>S_N1</math>, <math>S_N2</math>, E1 et E2</li></ul>	<b>Situation</b> <u>Identifier les polluants qui ont été déversés dans un cours d'eau</u>  Une grande perturbation anthropique vient tout juste d'arriver dans le lac St-Jean. La vie marine et aquatique est menacée, tout comme l'événement annuel de la traversée du lac par plusieurs athlètes. Les autorités se demandent quelles pourraient être ces substances nocives pour l'environnement et pour la santé humaine qui ont été déversées par une usine bien connue du coin, Géodev. Ils se demandent également quels seront les impacts environnementaux reliés à cette tragédie.  Vous êtes les scientifiques experts dépêchés sur les lieux pour recueillir et identifier les substances nocives.
<b>Procédures</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Analyse de la situation-problème</li><li>Séparation des différents constituants organiques au laboratoire</li><li>Identification des composés à l'aide de la spectroscopie infra-rouge et de masse ainsi que l'analyse de spectre RMN</li><li>Présentation d'un rapport annonçant les dangers de la présence des composés organiques dans le cours d'eau</li><li>Présentation des mécanismes de réaction de ces composés en présence d'un réactif qui sera annoncé par la professeure</li></ul>	

<p><b>Difficultés</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maîtrise du stress</li> <li>• Gestion du temps</li> <li>• Utilisation adéquate des instruments utilisés en laboratoire de chimie organique</li> </ul>	<p><b>Tâche (s)</b></p> <p>Vous devez séparer et identifier les différents composés organiques qui ont été déversés dans le cours d'eau.</p> <p>Vous devez également produire un rapport d'une page afin d'aviser les autorités des dangers encourus pour l'environnement et pour la santé humaine et toutes les analyses qui vous ont menées à l'identification des polluants.</p> <p>Enfin, vous devez présenter les mécanismes de réactions de ces composés avec un réactif déterminé par la professeure.</p>
<p><b>Indices habituels</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sécurité en laboratoire</li> <li>• Utilisation</li> </ul>	<p><b>Moment</b></p> <p>Quatre dernières heures (voir le calendrier de la session-planification horizontale)</p>

**ANNEXE 3 : CAPSULES ENVIRONNEMENT**

La capsule 1 présente l'introduction du cours de chimie organique, le plan de cours et le mode de fonctionnement. Il s'agit de la première activité de la session. On y retrouve des explications au regard de l'environnement, sujet qui sera présenté tout au long de la session. Quelques exemples de molécules organiques et les éléments dans lesquels on les retrouve sont exposés.

Cette première capsule, sous forme de diaporama, constitue l'entrée en matière, elle sert à la préparation des étudiants. « C'est l'étape au cours de laquelle on doit creuser leur appétit pour la matière à venir » (Hensler et Therriault, 1997, p.23), celle qui permet à l'étudiant de se situer par rapport au contenu qui lui sera présenté.

Les étudiants doivent saisir les liens entre la chimie organique et l'environnement, mais ils doivent également comprendre l'aspect « droit de l'environnement » de la chose. En effet, l'environnement est une responsabilité partagée entre les deux paliers gouvernementaux (provincial et fédéral). Par conséquent, chacun des gouvernements légifère sur l'environnement.

Afin de rendre compétents les étudiants et les préparer adéquatement pour leur évaluation de fin de session, qui comportera des liens évidents entre l'environnement et la chimie organique, il est essentiel qu'ils comprennent et retiennent à tout le moins l'article 20 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) ainsi que l'article 64 de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE).



# Introduction

Marie-Eve Guérin

Cégep de Saint-Félicien  
[nomduprofesseur@cestfelicien.qc.ca](mailto:nomduprofesseur@cestfelicien.qc.ca)  
418-679-5412 poste abc  
Département des sciences

Automne 2010

1

# Plan du cours

- Importance du plan de cours
- Lecture attentive



3

# Plan

- Plan du cours
  - Approches par compétences
  - Cahier de notes « Environnement »
- Capsules
- Évaluations
- L'environnement au Québec
- L'environnement au Canada

2

# Chimie organique

- Origine: milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle
- Alchimiste: comprendre minéraux vs plantes
- Expression chimie organique (1807)
  - Jöns Jacob Berzélius (1779-1848)
    - Chimiste suédois, professeur de botanique, de médecine et de pharmacie
    - Organique = toutes substances tirées du vivant
    - Compréhension des composés organiques naturels complexes → Force vitale!
    - On croyait à cette époque la chimie organique impossible à définir et à reproduire

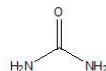


<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b1/berzelius.jpg/300px-berzelius.jpg>

4

## Chimie organique

- Synthèse du 1<sup>er</sup> composé organique (1828)
  - Frierdich Wöhler (1800-1882)
    - Urée (cyanate d'ammonium + chaleur)



<http://www.lib.utexas.edu/chem/genealogy/Wohler.jpg>

### Naissance de la chimie organique moderne

- Fabrication de composés organiques inexistant dans la nature
  - Techniques analytiques modernes
  - Carbone (C)

5

## Chimie organique

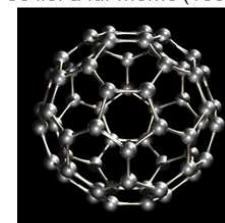
- Définition
  - Chimie du carbone, chimie du vivant
    - Par convention, sont exclus
      - Oxydes de carbone (CO, CO<sub>2</sub>, etc.)
      - Carbonates (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, KHCO<sub>3</sub>, etc.)
      - Carbures (CaC<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>, etc.)
      - Solides covalents (diamant, graphite)



<http://www.scientificweb.com/en/Chemistry/Biographies/images/FriedrichAugustKekule01.jpg>

- Frierdich August Kekulé von Stradonitz (1829-1896)
  - Capacité du carbone de se lier à lui-même (1858)
    - Concaténation

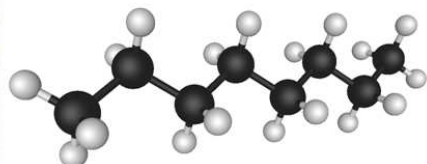
- Buckminsterfullerene



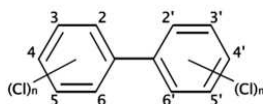
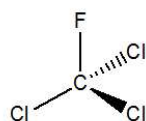
[http://www.webelements.com/\\_media/elements/allotropes/C-C-C60.jpg](http://www.webelements.com/_media/elements/allotropes/C-C-C60.jpg)

6

## Une image vaut 1000 mots



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b5/Octane\\_molecule\\_3D\\_model.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b5/Octane_molecule_3D_model.png)



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/49/Polychlorinated\\_biphenyl\\_structure.svg/300px-Polychlorinated\\_biphenyl\\_structure.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/49/Polychlorinated_biphenyl_structure.svg/300px-Polychlorinated_biphenyl_structure.svg.png)

7

## Environnement



- L'environnement = sujet d'actualité
  - Remettre les mêmes images avec lien environnement
- Culture scientifique, technologique et environnementale primordiale
- Intégration dans le cours de chimie organique car plusieurs liens possibles
- Liens présents dans toutes les évaluations
- Cahier de prise de notes (section Environnement)
- Moyen: capsules d'actualité et d'environnement (6) en plus de celles préparées par vous
- Évaluations

<http://www.posts-formation-education.fr/images/environnement.jpg>

8

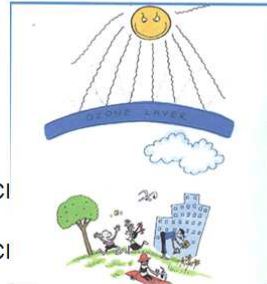
## Une image vaut 1000 mots



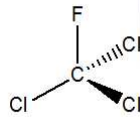
<http://img101.imageshack.us/img101/1/maree0nr.png>



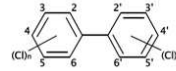
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b8/Octane\\_molecule\\_3D\\_ball.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b8/Octane_molecule_3D_ball.png)



<http://www.gov.mt/portal/govmen/images/comp1.gif>



## Une image vaut 1000 mots



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/49/Polychlorinated\\_biphenyl\\_structure.svg/300px-Polychlorinated\\_biphenyl\\_structure.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/49/Polychlorinated_biphenyl_structure.svg/300px-Polychlorinated_biphenyl_structure.svg.png)



[http://farm1.static.flickr.com/58/175201137\\_9f1d5eaa51.jpg?v=0](http://farm1.static.flickr.com/58/175201137_9f1d5eaa51.jpg?v=0)

10

## Notre système...

- Canada: Constitution = loi des lois
  - En 1867, l'environnement n'est pas une préoccupation
    - N'a pas été inclus dans la division des responsabilités
    - Partage entre les 2 ordres de gouvernements pour s'occuper de l'environnement



<http://www.journaldujef.com/contenu/12122-moi-francais-a-des-jeux-jack-pot-de-hetat-5-loi.jpg>

11

## L'environnement au Québec

- Ministère provincial de l'environnement: 1977
  - Élaboration de plans et de programmes de conservation, de protection et de gestion de l'environnement
  - Réduction de rejets de contaminants
  - Mise en place d'appareils et de projets expérimentaux (qualité de l'environnement)
  - Collecte d'informations nécessaire à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement
  - Certificats d'autorisation
  - Ordonnances
- Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs
  - Ministre de l'environnement: Line Beauchamp (depuis le 18 décembre 2008)



[http://www.programmes.ced.ulm.ca/images/logo\\_MDEP.jpg](http://www.programmes.ced.ulm.ca/images/logo_MDEP.jpg)

12

## Loi sur la qualité de l'environnement (LQE)

- Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) (1978)
  - Enquêter sur toutes questions relatives à la qualité de l'environnement que lui soumet le ministre, émettre un rapport (constatations et analyses)
- Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) (1972)

13

## Article 20 (LQE)

- Nul ne doit émettre, déposer, dégager ou rejeter ni permettre l'émission, le dépôt, le dégagement ou le rejet dans l'environnement d'un contaminant
  - Au-delà de la quantité ou de la concentration prévue par le règlement;
  - Dont la présence dans l'environnement est prohibée par règlement;
  - Qui est susceptible de porter atteinte à la vie, à la santé, à la sécurité, au bien-être, au confort de l'être humain, de causer du dommage ou de porter autrement préjudice à la qualité du sol, à la végétation, à la faune ou aux biens.

→ Volet 3: il suffit que le rejet ait le potentiel ou la capacité de porter atteinte à l'environnement pour qu'il tombe sous la portée de l'article 20

14

## L'environnement au Canada

- Ministère fédéral de l'environnement: 1971
  - Qualité de l'environnement naturel (air, eau, sol)
  - Ressources naturelles renouvelables (oiseaux migrateurs, faune, flore)
  - Météorologie
  - Coordination des politiques et programmes pour la conservation et l'amélioration de la qualité de l'environnement
  - Application des règles et règlements
- Environnement Canada
  - Ministre actuel de l'environnement: [Jim Prentice](#) (depuis 2008)
- Environnement Canada gère une quinzaine de lois
  - Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) (LCPE)

15

## L'environnement au Canada

- Toxicité au sens de la loi (LCPE)
- **Article 64** → Précise ce que la Loi entend par « toxique »
  - Est toxique toute substance qui pénètre ou qui peut pénétrer dans l'environnement en une quantité ou concentration ou dans des conditions de nature à
    - Avoir, immédiatement ou à long terme, un effet nocif sur l'environnement ou sur la diversité biologique
    - Mettre en danger l'environnement essentiel pour la vie
    - Constituer un danger au Canada pour la vie ou la santé humaines



<http://www.moteurplanete.info/actualites/images/pollution/teach.jpg>

16

## En résumé

- La chimie organique est la chimie du carbone
- Les capsules « Environnement » établiront des liens entre la chimie organique et l'environnement
- Les évaluations comporteront des questions en lien avec l'environnement
  
- L'environnement au Québec et au Canada
- Plusieurs substances organiques ont un effet néfaste sur l'environnement (article 20 (LQE) et article 64 (LCPE))

17

## Bibliographie

- Assemblée nationale du Québec (2009). *Line Beauchamp*, [En ligne].  
<http://www.assnat.qc.ca/FRA/Membres/notices/b/beal2.shtml>  
(Page consultée le 8 novembre 2009).
- Cabinet du Premier Ministre (2008). *L'Honorable Jim Prentice, Ministre de l'environnement*, [En ligne].  
<http://www.pm.gc.ca/fra/bio.asp?id=58> (Page consultée le 8 novembre 2009).
- Hart, H., Craine L. E., Hart, D. J. et Hadad, C. M. (2008). *Chimie organique 1*. Montréal (Québec), Chenelière Éducation, 478 p.
- Poulin, P. (2006). *Droit de l'environnement – Notes de cours (ENV 762)*. Sherbrooke (Québec), Centre universitaire de formation en environnement.

18

Lors de la seconde semaine de la session, la matière abordée en classe sera la nomenclature, c'est-à-dire l' « ensemble des termes techniques d'une discipline présentés selon un classement méthodique » (Anonyme, 2008, p.692). Ainsi, des notions de base sont intégrées au cours 2, car il importe de savoir nommer les composés et de connaître leur structure.

De façon générale, les médias nous bombardent d'informations diverses. Parmi celles-ci, on retrouve parfois bon nombre d'acronymes et d'abréviations. Le citoyen doit démêler ces termes parfois nébuleux pour bien comprendre l'actualité. De plus, lorsque le nom des composés chimiques est complexe, il est parfois bien plus aisé d'utiliser son diminutif.

Du point de vue de l'environnement, bon nombre de composés organiques sont à l'origine de diverses catastrophes naturelles ou anthropiques, notamment les BPC (biphénylpolychlorés), le DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane), le TNT (2,4,6-trinitrotoluène) et l'atrazine (1-chloro-3-éthylamino-5-isopropylamino-2,4,6-triazine). Ces substances sont utilisées comme pesticides, comme matériaux dans l'industrie ou comme explosif. Quelques exemples sont dépeints dans cette capsule qui fait état de l'impact de ces composés organiques sur l'environnement.

En plus de présenter quelques exemples, une attention particulière est portée sur les BPC. Beaucoup connaissent ce nom, ces trois lettres, mais peu en savent sur le sujet. Cette molécule est à l'origine de diverses catastrophes écologiques, entre autres celle des pneus de St-Basile-Le-Grand en 1988 et le déversement de l'Irving Whale en 1970 (Radio-Canada, 2008a; 2008b; 2008c). Cette capsule permet d'amorcer une discussion avec les étudiants en lien avec les effets des BPC sur la faune et la flore.

Pour cette capsule, les ressources qui ont été utilisées sont la présentation multimédia, comme support informatique visuel ainsi que l'Internet, toile sur laquelle on retrouve bon nombre d'informations. Dans le cas présent, les archives de Radio-Canada ont été consultées afin de trouver des extraits vidéo ou radio en lien avec des catastrophes environnementales.

# Nomenclature et environnement

Marie-Eve Guérin

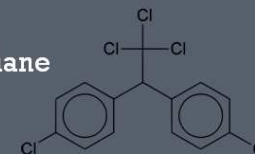
Cégep de Saint-Félicien  
nomduprofesseur@cstfelloien.qc.ca  
418-679-5412 poste abc  
Département des sciences

Automne 2010

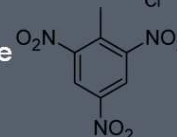
1

## Quelques composés

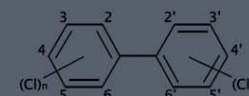
- DDT
  - Dichlorodiphényltrichloroéthane
  - Pesticide



- TNT
  - 2,4,6-Trinitrotoluène
  - Explosif



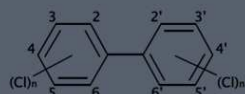
- BPC
  - Biphénylpolychloré
  - Aromatique et halogène



2

## BPC

- BPC = biphénylpolychloré
  - Structure



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/49/Polychlorinated\\_biphenyl\\_structure.svg/300px-Polychlorinated\\_biphenyl\\_structure.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/49/Polychlorinated_biphenyl_structure.svg/300px-Polychlorinated_biphenyl_structure.svg.png)

- 209 produits chimiques (position du chlore)

3

## Historique BPC

- Commercialisé pour la 1<sup>ère</sup> fois en 1929 en Amérique du Nord
- N'ont jamais été fabriqués en Amérique du Nord
- Largement utilisés dans de nombreux matériaux industriels (cafeutrage, étanchéité, huile de coupe, encre, additif pour peinture, agent réfrigérant, lubrifiant, etc.)
- 1977: Interdiction de importation, fabrication et vente de BPC au Canada



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e4/Pol-peinture.jpg>

4

## Historique BPC

- 1985: Rejet des BPC interdit
- 1988: Stockage réglementé par le gouvernement du Canada
- Propriétaires de matériel contenant des BPC ont pu poursuivre l'utilisation jusqu'à la fin de la durée de vie utile
- Manutention, stockage et destruction également réglementés



<http://www.senateursump94.com/asp/photos/canada17.gif>

5

## BPC Propriétés physiques

- Longue durée de vie
- Réactif
- Résistant à la dégradation par les acides, les bases et la chaleur
- Insoluble dans l'eau
- Liposoluble (soluble dans la graisse): dépend de la position des atomes de chlore dans la molécule
- Ne s'évapore pas



<http://www.linternaute.com/nature-animaux/magazine/photo/goutte-d-eau-de-dame-nature/image/image/gouttes-d-eau-307465.jpg>

6

## BPC Propriétés physiques

- Tension de vapeur (pression à laquelle la phase gazeuse d'une substance est en équilibre avec sa phase liquide ou solide) est inversement proportionnel au nombre de chlore sur la molécule
- Biopersistance et Bioaccumulation (chaîne alimentaire)
- Effets des BPC sur la santé humaine
  - Chloracné
  - Gonflement des paupières
  - Décoloration des ongles et de la peau
  - Engourdissement des bras ou des jambes
  - Faiblesse, spasmes musculaires
  - Bronchite chronique
  - Troubles du système nerveux



<http://www.insectomania.org/doc/pdf/larve/chaîne.jpg>

7

## BPC

- Liste des substances toxiques de l'annexe 1 de la LCPE (1999)
  - Cette substance a été ajoutée à la Liste des substances toxiques. Elle pénètre ou peut pénétrer dans l'environnement en une quantité ou une concentration ou dans des conditions de nature à :
    - Avoir, immédiatement ou à long terme, un effet nocif sur l'environnement ou sur la diversité biologique
    - Mettre en danger l'environnement essentiel pour la vie
    - Constituer un danger au Canada pour la vie ou la santé humaine



[http://bip.cerres-mis.fr/acrom/img/600px-Hazard\\_T.svg.png](http://bip.cerres-mis.fr/acrom/img/600px-Hazard_T.svg.png)

8



## BPC

- Quels pourraient être les effets des BPC sur votre vie, sur la flore et sur la faune?

- À répondre dans votre cahier
- Visionnement de la vidéo (20 minutes)

- [http://archives.radio-canada.ca/c\\_est\\_arrive\\_le/08/23/](http://archives.radio-canada.ca/c_est_arrive_le/08/23/) ou
- <http://archives.radio-canada.ca/environnement/ecologie/clips/2566/>



<http://caniland.unblog.fr/files/2008/04/magooullat.jpg>

9

## Catastrophes anthropiques

- Catastrophe de St-Basile-le-Grand (1988)
- Déversement de l'Irving Whale (1970)



<http://www.atl.ec.gc.ca/whale2/images/w-whale.jpg>

10

## Bibliographie

- Hart, H., Craine L. E., Hart, D. J. et Hadad, C. M. (2008). *Chimie organique 1*. Montréal (Québec), Chenelière Éducation, 478 p.
- Environnement Canada (2006). *La gestion des BPC au Canada*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/drgd-wrmd/default.asp?lang=Fr&n=A03139C6-1> (Page consultée le 2 février 2010).
- Environnement Canada (2009). *Les biphényles chlorés*, [En ligne]. [http://www.ec.gc.ca/TOXICS/FR/detail.cfm?par\\_substanceID=134&par\\_actn=s1](http://www.ec.gc.ca/TOXICS/FR/detail.cfm?par_substanceID=134&par_actn=s1) (Page consultée le 1<sup>er</sup> novembre 2009).
- Radio-Canada (2008a). *Dangers de la contamination aux BPC*, [En ligne]. <http://archives.radio-canada.ca/environnement/ecologie/clips/2566/> (Page consultée le 23 janvier 2010).
- Radio-Canada (2008). *Alerte sur Saint-Basile-le-Grand*, [En ligne]. [http://archives.radio-canada.ca/c\\_est\\_arrive\\_le/08/23/](http://archives.radio-canada.ca/c_est_arrive_le/08/23/) (Page consultée le 2 février 2010).

11

Lors de la cinquième semaine, les notions vues en classe sont de l'ordre de l'isomérisation. On aborde les isomères de structure, les insaturations, la représentation tridimensionnelle des hydrocarbures et les cycloalcanes. Le pétrole, hydrocarbure largement utilisé en industrie et dans la vie de tous les jours, constitue une menace environnementale, de par son extraction ou sa consommation. Ainsi, sa provenance, son raffinage, l'essence (produit de la distillation du pétrole), l'indice d'octane et le plomb contenu dans l'essence sont approfondis. L'objectif de cette capsule est de comprendre les conséquences environnementales de l'utilisation d'une ressource non-renouvelable et de saisir toute l'importance de la recherche scientifique qui s'effectue afin de trouver des alternatives.

De façon générale, la nouvelle qui fait sensation est celle que le lecteur ou l'auditeur retient le mieux. Ainsi, lorsque l'on présente, lors des premières secondes de la capsule, une information qui énonce la contamination possible d'une seule goutte de pétrole et ses conséquences sur l'environnement, l'étudiant devrait s'arrêter un moment pour réfléchir... Réfléchir aux conséquences d'une sur-utilisation de pétrole à l'échelle mondiale. L'étudiant doit comprendre l'importance de chacune de ses actions : les aspects sociaux, économiques et environnementaux... L'essence comme carburant est expliquée, ainsi que les raisons de l'ajout du plomb. Grâce à cette capsule, l'étudiant pourra comprendre l'impact d'un métal lourd qui a encore aujourd'hui de graves répercussions sur la faune et la flore et ce, malgré l'interdiction de l'ajouter à l'essence depuis 1990 (Perreault, 2007).

La capsule est sous forme de diaporama multimédia de type PowerPoint. Le support visuel permet de capter l'attention des étudiants et de présenter des images. Le devoir en lien avec cette capsule est une lecture attentive sur les diamantoïdes, qui sont des « outils pour élucider le mystère des déversements de pétrole » (Gouvernement du Canada, 2008, p.1). Le but de l'exercice est de comprendre les mécanismes qui permettent de résoudre une situation environnementale qui peut parfois s'avérer complexe. Cette capsule se termine avec une QSSV en lien avec la consommation de ressources non-renouvelables.

En somme, cette capsule présente plusieurs sujets environnementaux qui sont intimement reliés à la chimie organique. Elle permet d'approfondir ces thématiques et d'en comprendre les tenants et les aboutissants.

## Pétrole, essence, indice d'octane et environnement

Marie-Eve Guérin  
Cégep de Saint-Félicien  
[nomduprofesseur@csstfelicien.qc.ca](mailto:nomduprofesseur@csstfelicien.qc.ca)  
418-679-5412 poste abc  
Département des sciences  
Automne 2010

1

## Le pétrole

- Saviez vous que...
- Une seule goutte de pétrole peut rendre jusqu'à 25 litres d'eau impropre à la consommation?
- On comprend la raison pour laquelle les marées noires constituent des catastrophes écologiques dans ces habitats fragiles que sont les océans et les rivages

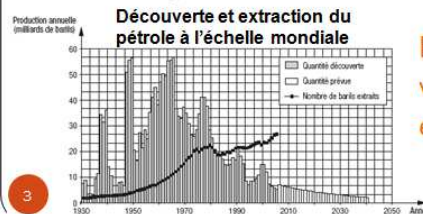


[http://farm3.static.flickr.com/2507/9690871036\\_7fa63ab3ae.jpg](http://farm3.static.flickr.com/2507/9690871036_7fa63ab3ae.jpg)

2

## Le pétrole

- Pétrole = + important combustible fossile
- Synonyme: Or noir
- Besoin en pétrole suit les besoins en nourriture, eau et logement



Pétrole = huile de roche  
vient du latin *petra* (roche)  
et *oleum* (huile)

3

## Dépendance



[http://www.cartoonists.com/fr/eglantane\\_image/le-da-gauche-711144.jpg](http://www.cartoonists.com/fr/eglantane_image/le-da-gauche-711144.jpg)

4

## Le pétrole

- Mélange complexe d'hydrocarbures
- Recette: animaux et végétaux en décomposition anaérobie + longue période de temps
- Pétrole brut: liquide noir visqueux qui s'accumule dans des réservoirs souterrains creusés dans la roche sédimentaire
  - Doit être amené à la surface par forage et pompage
  - Doit être raffiné



<http://www.internaute.com/science/environnement/dossiers/080606-petrole/images/petrole-cour.jpg>

5

## Raffinage du pétrole

- 1<sup>ère</sup> étape: distillation
  - Pétrole brut chauffé à 400 C
  - Montée de vapeur dans les colonnes de fractionnement
    - Séparation grossière
  - Fraction de l'essence = 25% du pétrole brut
    - La + précieuse car combustible servant de produit de départ dans l'industrie pétrochimique (fibres synthétiques, plastiques, etc.)



6

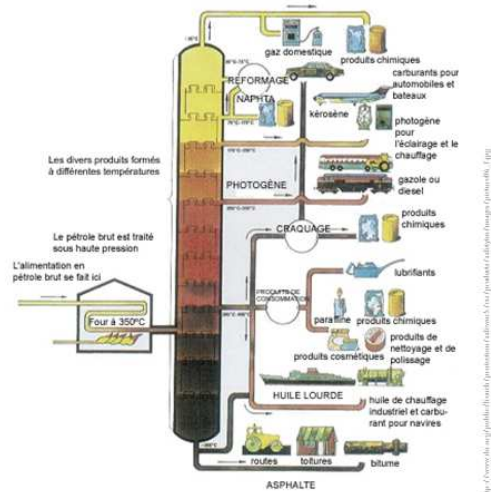
## Essence

- Obtenue par distillation du pétrole brut dans des colonnes de fractionnement
  - Hydrocarbures aliphatiques
  - Mélange de benzène, toluène et de xylènes (BTX)
    - Composés aromatiques toxiques des pétroles



8

<http://www.galton.net/articles/vignettes/thumb-le-raffinage-du-petrole--du-petrole-brut-aux-produits-finis-1394.gif>



Voici ce que nous obtenons à partir du pétrole brut!  
Description des produits formés lors de la distillation du brut.

<http://www.galton.net/articles/vignettes/thumb-le-raffinage-du-petrole--du-petrole-brut-aux-produits-finis-1394.gif>

7

## Hydrocarbures linéaires

- Pas très performants pour le moteur à combustion
  - Détonnent avant que le piston n'ait complété sa course
- Caractère antidétonnant s'exprime en « indice d'octane »
  - Capacité de fournir l'énergie au moteur à explosion sans générer de cognements



<http://www.leblogauto.com/wp-content/uploads/2009/08/petrole.jpg>

9

## Indice d'octane

- Échelle pour évaluer la propriété anti-détonante des essences
  - Isooctane (2,2,4-triméthylpentane) = excellent combustible : valeur de 100
  - Heptane = très mauvais combustible : valeur de 0
- Ajout de tétraméthyle de plomb  $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_4\text{Pb}$  dans l'essence améliore l'indice d'octane
  - Néfaste pour l'environnement



[http://s.tf1.fr/mmdia/16/2/une-pompe-a-essence-2240162\\_1902.jpg](http://s.tf1.fr/mmdia/16/2/une-pompe-a-essence-2240162_1902.jpg)

10

## Indice d'octane: Exemple

- Pour mieux comprendre: Indice d'octane de 95
  - Mélange qui se comporte, au point de vue auto-allumage, comme un mélange de 95% d'iso-octane qui ne détone pas (son indice est de 100 par définition) et de 5% d'heptane, qui lui est très détonant (son indice est de 0 par définition)



<http://infosauto.20minutes-blogs.fr/media/00/01/33855867.jpg>

11

## Essence d'aujourd'hui

- Sans plomb
- Hydrocarbures avec haut indice d'octane (donc le + antidétonnant possible)
  - Développement de méthodes pour ramifier les chaînes d'hydrocarbures
    - Hydrocarbures ramifiés = indice d'octane élevé
- Ajout américain de BTX (qui sont des composés organiques volatils COV)
  - Contribution au smog photochimique



<http://s3.amazonaws.com/piximas-previews/baril-de-petrole-et-pistolet-de-pompe-a-essence-1.jpg>

12

## Devoir

- Expliquer que sont les diamantoïdes grâce à une lecture attentive de l'article suivant:
  - [http://www.ec.gc.ca/scitech/4B40916E-16D3-4357-97EB-A6DF7005D1B3/EnvTech\\_Diamondoids\\_Story\\_8.5x11FR.pdf](http://www.ec.gc.ca/scitech/4B40916E-16D3-4357-97EB-A6DF7005D1B3/EnvTech_Diamondoids_Story_8.5x11FR.pdf)



[http://www.abraxas-granit.de/14Granit%20Gris%20Bleu%20des%20Vosges,%20Frankreich%20\(Mikro-Foto\).jpg](http://www.abraxas-granit.de/14Granit%20Gris%20Bleu%20des%20Vosges,%20Frankreich%20(Mikro-Foto).jpg)

13

## Provenance du plomb

- Dégradation et érosion du sol
- Éruptions volcaniques
- Feux de forêts
  - Contribuent à la libération du plomb dans l'environnement
- Activités humaines



[http://www.dinosoria.com/farctheologie/leuve\\_03.jpg](http://www.dinosoria.com/farctheologie/leuve_03.jpg)



[http://cache.20minutes.fr/img/photos/20mn/2009-02/2009-02-08/article\\_australie.jpg](http://cache.20minutes.fr/img/photos/20mn/2009-02/2009-02-08/article_australie.jpg)

14

## Le plomb dans l'environnement

- Principales sources de plomb
  - Émissions automobiles (avant)
- Rejets industriels
  - (mines, fonderies)
- Faible solubilité du plomb dans l'eau
  - Si on élimine les sources ponctuelles de contamination, la concentration en Pb dans les cours d'eau et chez les organismes près de ces cours d'eau pourrait être réduite



[http://www.adgoog.com/blog/photo/30976a-pas\\_de\\_pret\\_massif\\_au\\_secteur\\_automobile.jpg](http://www.adgoog.com/blog/photo/30976a-pas_de_pret_massif_au_secteur_automobile.jpg)

15

## Le plomb dans l'environnement

- Dissolution plus facile dans de l'eau acide
  - Traitement à l'eau de chaux afin d'empêcher le Pb et autres métaux lourds d'atteindre les plans d'eau voisins
- Si Pb sur le sol, les plantes et dans les eaux de surfaces
  - Introduction possible dans la chaîne alimentaire
  - Transport de particules de Pb dans l'atmosphère (jusqu'à des milliers de km) et dépôt via précipitations



<http://www.francebureau.com/doc/plantes.gif>

16

## Le plomb dans l'environnement

- **Suppression du Pb dans l'essence**  
(depuis 1990 au Canada : LCPE)
- Pas une préoccupation environnementale qui en est à la base
  - Blocage des pots catalytiques
    - Sels de plomb additionnés de chlore et de brome pour en faciliter l'évacuation
- Effet sur l'environnement
  - Grâce à cette interdiction, les émissions de plomb ont diminué de 60 % depuis 1980



[http://www.lardeau.net/les-gouts-et-les-couleurs/public/mal\\_05/hausse-prix-essence.jpg](http://www.lardeau.net/les-gouts-et-les-couleurs/public/mal_05/hausse-prix-essence.jpg)

17

## Discussion

- Est-ce que l'humanité sera un jour en mesure de renoncer volontairement à l'utilisation de combustibles fossiles?



Est-ce que la voie d'avenir se retrouve dans essences avec alcool ou les voitures électriques ?

[http://www.google.ca/imgres?imgurl=http://www.lardeau.net/les-gouts-et-les-couleurs/public/mal\\_05/hausse-prix-essence.jpg&imgrefurl=http://www.lardeau.net/les-gouts-et-les-couleurs/index.php%3Fpage=2008-05-12/Une-carburant-moins-cher-sur-internet&img\\_\\_aRco4wfk8TQJD5vYqBdaBkVUu8n=405&w=372&sz=338&hl=fr&start=2&bs=1&btnid=FNL0SKqUnXUqM.&tbnh=124&tbnw=114&prev=/images%3Fq%3Dessence%26h%3Dfr%26bv%3D2%26bs%3Disch:1](http://www.google.ca/imgres?imgurl=http://www.lardeau.net/les-gouts-et-les-couleurs/public/mal_05/hausse-prix-essence.jpg&imgrefurl=http://www.lardeau.net/les-gouts-et-les-couleurs/index.php%3Fpage=2008-05-12/Une-carburant-moins-cher-sur-internet&img__aRco4wfk8TQJD5vYqBdaBkVUu8n=405&w=372&sz=338&hl=fr&start=2&bs=1&btnid=FNL0SKqUnXUqM.&tbnh=124&tbnw=114&prev=/images%3Fq%3Dessence%26h%3Dfr%26bv%3D2%26bs%3Disch:1)

18

## Bibliographie

- Environnement Canada (2009). *Les biphényles chlorés*, [En ligne]. [http://www.ec.gc.ca/TOXICS/FR/detail.cfm?par\\_substanceID=134&par\\_actn=s1](http://www.ec.gc.ca/TOXICS/FR/detail.cfm?par_substanceID=134&par_actn=s1) (Page consultée le 1<sup>er</sup> novembre 2009).
- Environnement Canada (2002b). *Composés chimiques dans la région atlantique du Canada – le plomb*, [En ligne]. <http://www.atl.ec.gc.ca/epb/envfacts/leadfr.html> (Page consultée le 8 novembre 2009).
- Environnement Canada (2008). *Les diamantoïdes : De nouveaux outils pour élucider le mystère environnemental des déversements de pétrole*, [En ligne]. [http://www.ec.gc.ca/scitech/4B40916E-16D3-4357-97EB-A6DF7005D1B3/EnvTech\\_Diamondoids\\_Story\\_8\\_5x11FR.pdf](http://www.ec.gc.ca/scitech/4B40916E-16D3-4357-97EB-A6DF7005D1B3/EnvTech_Diamondoids_Story_8_5x11FR.pdf) (Page consultée le 12 novembre 2009).
- Deluzarche, C. (2005). *Pourquoi... A-t-on supprimé le plomb dans l'essence?* [En ligne]. <http://www.linternaute.com/science/environnement/pourquoi/05/essence-sans-plomb/essence-sans-plomb.shtml> (Page consultée le 8 novembre 2009).
- Réseau Environnement (s. d.). *Programme d'économie d'eau potable. Saviez-vous que...* [En ligne]. [http://www.ville.sainte-marie.qc.ca/fr/images\\_data/170.pdf](http://www.ville.sainte-marie.qc.ca/fr/images_data/170.pdf) (Page consultée le 1<sup>er</sup> février 2010).

19

Dans la capsule 4, on retrouve la présentation des composés organiques volatils (COVs). On y apprend notamment les impacts des COVs sur l'environnement. Le professeur doit aborder les mécanismes réactionnels dans ce cours. Ainsi, ces mécanismes en lien avec les COVs sont exposés ainsi que les effets de ces molécules sur la santé et l'environnement.

Cette quatrième capsule, sous forme de diaporama, permet donc d'établir le lien entre les COVs, l'environnement, la santé et la législation. De plus, on y retrouve un aperçu du nouveau règlement en lien avec la peinture et les COVs.





## Les composés organiques volatils (COVs)

Adaptation du travail de  
Marie-Eve Guérin  
Julie Poudrier  
Karine Raby  
Marc Veillette

Cégep de Saint-Félicien  
[nomduprofesseur@cstfelicien.qc.ca](mailto:nomduprofesseur@cstfelicien.qc.ca)

418-679-5412 poste abc  
Département des sciences  
Automne 2010



## 1. Définition

- Formés d'au moins un atome de carbone et un atome d'hydrogène
- Présents dans l'air à l'état gazeux
- Exceptions:  
acétone, méthane, éthane, trichlorométhane, chlorure de méthyle, *p*-chlorotrifluorure de benzène (PCTF), les chlorofluorocarbures (CFC), les fluorocarbures et les hydrochlorofluorocarbures (HCFC) (Environnement Canada, 2002a)
- Classement en fonction de l'utilisation dans les secteurs d'activité



## 2. Sources

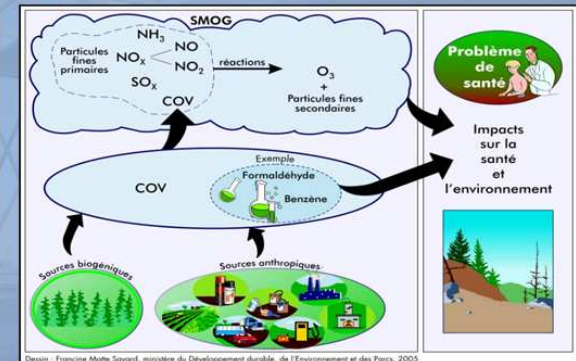
- Végétaux
- Activités anthropiques

Sources				
Transports	Combustion fixe	Procédés industriels	Déchets solides	Divers
Moteurs Véhicules Avions Trains Evaporations des stations de stockage d'hydrocarbures	Stockage Carburant Centrales fuel	Chimie Pharmacie Agroalimentaire Métallurgie Minerais Pétrochimie	Incinération Feux ouverts Décharges	Feux de forêts, de produits agricoles Produits d'entretien

(Bourgeois, 2007)



## 3. Impacts



Dessin : Francine Motta Savard, ministre du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2005

Therrien (2005)

### 3. Impacts

● cycle normal de Chapman  
 ⇨ perturbation du cycle en présence de COV

Le Clôirec (1998) 6

### 3. Impacts

- Quelques exemples

Famille	Composé	Effets sur la santé
Hydrocarbures aromatiques	Toluène	Irritations cutanées Troubles du système nerveux
	Benzène	Diminution de l'immunité cellulaire Atteinte du système nerveux
Aldéhydes	Formaldéhyde	Gêne olfactive

- Études épidémiologiques récentes

8

### 4. Cadre législatif

#### Historique et points importants

- LCPE: Ajout de O<sub>3</sub> et de ses précurseurs à l'annexe 1 en 2003
- Critères de qualité de l'air établis pour certains COVs
- Règlement sur la qualité de l'atmosphère (1979)
  - Article 13: « Les émissions de composés organiques peuvent excéder les normes pourvu qu'il y ait réduction des émissions dans l'atmosphère d'au moins **90 %** dans le cas où il y a incinération des composés organiques et d'au moins **85 %** dans les autres cas »

7

### 4. Cadre législatif

#### Historique et points importants

- Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (2002)
  - Article 19: « Les émissions de composés organiques volatils peuvent excéder 100 kilogrammes par jour dans le cas où la source d'émission est pourvue d'un système permettant, sur une base quotidienne, de réduire d'au moins **90 %** de ses émissions de composés organiques volatils »
  - Normes de qualité de l'air ambiant: Annexe K (valeurs limites)

8



## 5. Nouveauté Peinture et COVs

- Nouveau règlement
  - Interdiction de fabrication, vente ou importation
  - Pour limiter les COVs dans l'atmosphère



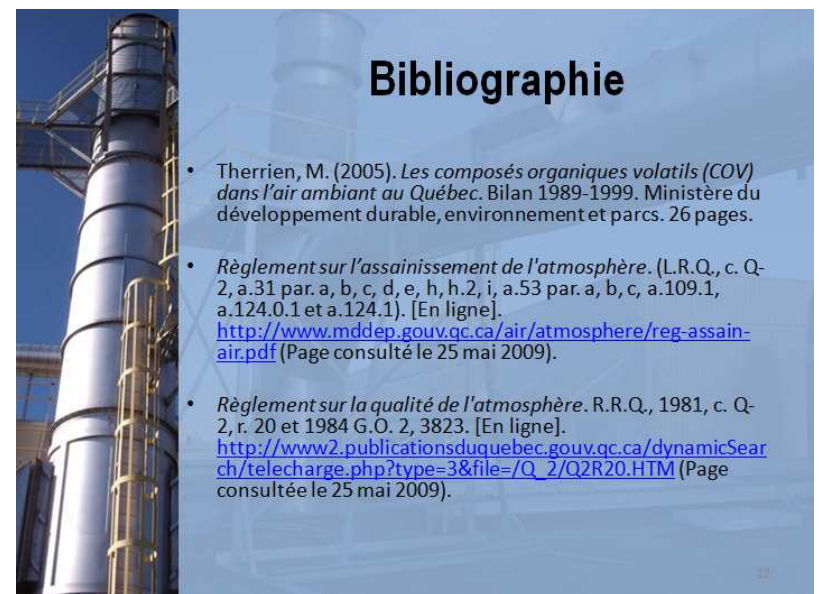
## 6. Discussion

- Devons-vous cesser d'utiliser des produits qui font des émissions de COVs dans l'atmosphère?
  - Si oui, par quoi peut-on les remplacer?



## Bibliographie

- Bourgois, D. (2007). *Élimination des vapeurs de polluants organiques par absorption dans des solvants visqueux et non volatils*. Thèse de doctorat, La faculté polytechnique des Mons. [En ligne]. <http://theses.fpms.ac.be/ETD-db/collection/available/FPMSetd-03122008-142709/> (Page consultée le 22 mai 2009).
- Environnement Canada (2002). *Lignes directrices sur les composés organiques volatils dans les produits de consommation*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/RegistreLCPE/documents/glines/voc/c1.cfm> (Page consultée le 3 juin 2009).
- Gouvernement du Canada (2008). *Gazette du Canada. Partie I*. Ottawa 26 avril, vol. 142, n° 7, [En ligne]. <http://canadagazette.gc.ca/rp-pr/p1/2008/2008-04-26/pdf/g1-14217.pdf#page=33> (Page consultée le 9 juin 2010).
- Le Cloirec, P. (1998). Définitions et approche générale des COV. In Le Cloirec, Les composés organiques volatils (COV) dans l'environnement (p. 1-28). Paris (France), Lavoisier TEC & DOC.



## Bibliographie

- Therrien, M. (2005). *Les composés organiques volatils (COV) dans l'air ambiant au Québec. Bilan 1989-1999*. Ministère du développement durable, environnement et parcs. 26 pages.
- *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère*. (L.R.Q., c. Q-2, a.31 par. a, b, c, d, e, h, h.2, i, a.53 par. a, b, c, a.109.1, a.124.0.1 et a.124.1). [En ligne]. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/air/atmosphere/reg-assain-air.pdf> (Page consulté le 25 mai 2009).
- *Règlement sur la qualité de l'atmosphère*. R.R.Q., 1981, c. Q-2, r. 20 et 1984 G.O. 2, 3823. [En ligne]. [http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q\\_2/Q2R20.HTM](http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R20.HTM) (Page consultée le 25 mai 2009).

Lors de la septième semaine, le professeur présentera les diagrammes d'énergie, les intermédiaires de réaction, les acides et les bases de Lewis ainsi que des catégories de réactifs. Pour être en mesure de bien comprendre les réactions chimiques en chimie organique, les propriétés des réactifs sont essentielles à comprendre et à reconnaître.

Dans cette cinquième capsule, les radicaux libres sont exposés. Ainsi, les rôles et impacts de ces composés sont dévoilés en ce qui concerne le corps humain ainsi que l'environnement. Un retour sur les mécanismes des COVs dans l'atmosphère est également de mise puisque des radicaux libres sont formés dans l'atmosphère, créant des molécules nocives pour l'environnement.

Enfin, cette capsule, encore une fois sous forme de diaporama, se termine avec une question ouverte, qui est en fait une QSSV, afin d'amorcer une démarche de construction d'opinions avec les étudiants.



# Stress oxydatif

5

- Radicaux libres peuvent s'attaquer...
  - À l'ADN
    - Perturbation de la réplication
      - Formation de tumeurs cancéreuses
  - Aux membranes cellulaires
    - Durcissement et épaississement des artères
      - Crise cardiaque
- Radicaux libres peuvent aussi provoquer
  - Cataractes
  - Vieillesse prématuré
  - Maladie de Parkinson
  - Etc.



# Recommandations des diététistes

6

- Pour combattre l'excès de radicaux libres dans le corps humain
  - Apport quotidien de 110 mg de vitamine C (fruits et légumes)
  - Apport quotidien de 12 mg de vitamine E (tocophérol) (huiles végétales: olive, tournesol, maïs)



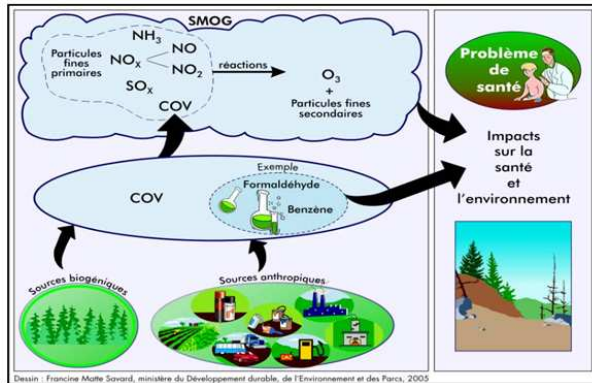
<http://pagesperso-orange.fr/vitamine-c/images/moliet%20de%20pamplemousse%20rose.gif>

[http://www.quebioles.com/motahale\\_jolie\\_004\\_3\\_072008.jpg](http://www.quebioles.com/motahale_jolie_004_3_072008.jpg)

# Radicaux libres et environnement

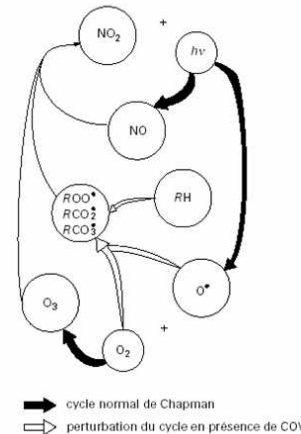
7

- Rappel de l'effet des radicaux libres sur l'environnement



8

# Formation d'ozone stratosphérique



Le Clairec (1998)

[http://www.unep.org/biomedia/biomedia/ozon-cartoon\\_03\\_0001.jpg.jpg](http://www.unep.org/biomedia/biomedia/ozon-cartoon_03_0001.jpg.jpg)

## Discussion

9

- Pourquoi existe-t-il des crèmes pour le visage contenant des antioxydants?
  - Selon vous, se retrouvent-ils dans l'environnement?

## Bibliographie

10

- Bourgois, D. (2007). *Élimination des vapeurs de polluants organiques par absorption dans des solvants visqueux et non volatils*. Thèse de doctorat, La faculté polytechnique des Mons. [En ligne]. <http://theses.fpms.ac.be/ETD-db/collection/available/FPMSetd-03122008-142709/> (Page consultée le 22 mai 2009).
- Environnement Canada (2002a). *Lignes directrices sur les composés organiques volatils dans les produits de consommation*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/RegistreLCPE/documents/glines/voc/c1.cfm> (Page consultée le 3 juin 2009).
- Hart, H., Craine L. E., Hart, D. J. et Hadad, C. M. (2008). *Chimie organique 1*. Montréal (Québec), Chenelière Éducation, 478 p.
- Le Cloirec, P. (1998). Définitions et approche générale des COV. In Le Cloirec, Les composés organiques volatils (COV) dans l'environnement (p. 1-28). Paris (France), Lavoisier TEC & DOC.
- Therrien, M. (2005). *Les composés organiques volatils (COV) dans l'air ambiant au Québec. Bilan 1989-1999*. Ministère du développement durable, environnement et parcs. 26 pages.

La capsule 6 est quelque peu différente des capsules précédentes. En effet, il s'agit d'une question scientifique sociale vive (QSSV) en lien avec des les produits chimiques polluants qui peuvent être présents dans le corps humain. L'article, tiré du *National Geographic*, est fort révélateur sur l'exposition des humains à divers polluants que l'on retrouve partout sur la planète.

Il s'agit donc d'une capsule qui se veut être une discussion constructive sur la présence de polluants et sur leurs effets sur la santé humaine.



# Portrait chimique de l'auteur

Marie-Eve Guérin

Cégep de Saint-Félicien  
nomduprofesseur@csfelicien.qc.ca  
418-679-5412 poste abc  
Département des sciences

Automne 2010

## Mandat

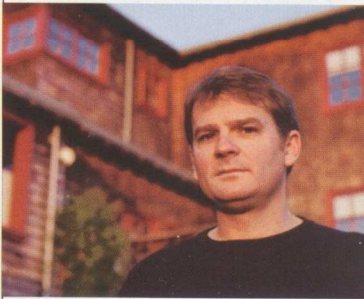
- Vous devez lire le document « Portrait chimique de l'auteur » et répondre aux questions suivantes:
  - Selon vous, si on avait fait les mêmes tests chez nos arrière grands-parents, qu'aurait-on retrouvé comme toxiques?
  - Sommes-nous plus contaminés que nos arrière grands-parents?

## Bibliographie

- Duncan, D. E. (2007). Ces toxiques en nous, *National géographique France*, vol. 16.1, n° 88, p. 44-71.



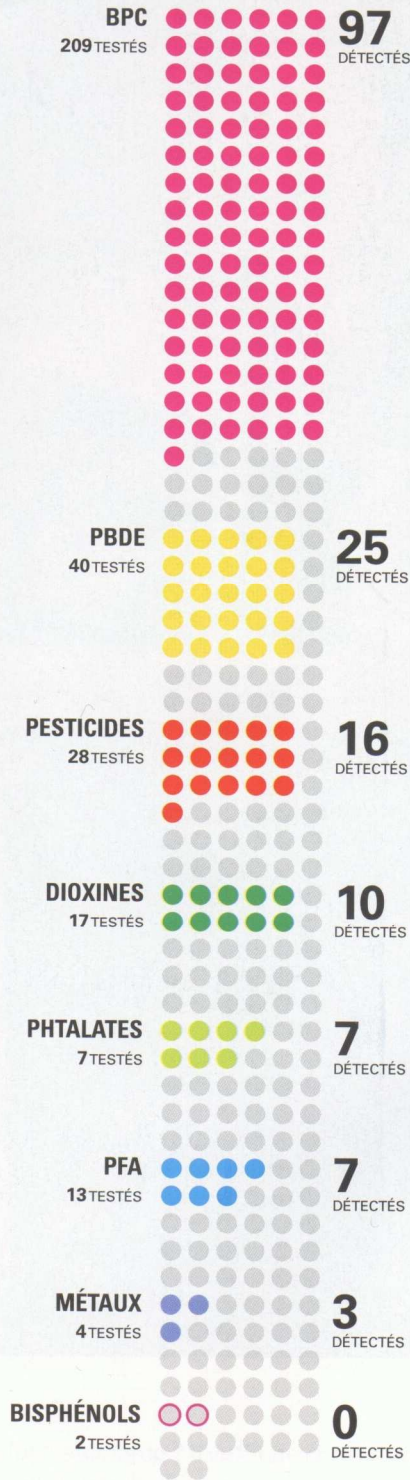
# PORTRAIT CHIMIQUE DE L' AUTEUR



Qu'y a-t-il dans le corps de David Ewing Duncan ? Il s'est soumis à une impressionnante batterie d'analyses de sang et d'urine afin de détecter des traces de produits chimiques industriels, métaux dangereux et autres polluants accumulés au cours de sa vie. En matière de pesticides, il n'a rien à envier à un champ de maïs du Midwest : 16 pesticides présents sur les 28 testés. Et n'essayez pas de lui mettre le feu : son sang est riche en BDE-47, un produit ignifuge répandu mais en passe d'être abandonné. Ces résultats font-ils de lui un phénomène ? Même pas. En réalité, son profil chimique n'offre rien que de très normal : la plupart de ses taux ne dépassent pas les moyennes nord-américaines, selon les centres pour le contrôle et la prévention des maladies (CDC).

320  
PRODUITS  
CHIMIQUES  
TESTÉS

165  
PRODUITS  
CHIMIQUES  
DÉCELÉS



## RÉSULTATS PRÉOCCUPANTS

● **BDE-47 (tétra)**  
Résultat d'analyse : 249 ppm\*  
Moyenne CDC : n.d.\*\*

### FONCTIONS AFFECTÉES (POSSIBLES)

- Thyroïde
- Développement neurologique

Aujourd'hui progressivement abandonné, ce produit ignifuge entre dans la composition de nombreux produits et résiste à la biodégradation.

### ● Dieldrine

Résultat d'analyse : 5,11 ppm  
Moyenne CDC : n.d.

### FONCTIONS AFFECTÉES

- Neurologiques
- Reins

Autrefois utilisé contre les termites et d'autres insectes rampants, ce pesticide persiste dans l'environnement.

### ● p,p-DDE

Résultat d'analyse : 256 ppm  
Moyenne CDC : 295 ppm

### FONCTIONS AFFECTÉES (POSSIBLES)

- Système de reproduction
- Foie

Sous-produit du DDT (aujourd'hui interdit) difficilement éliminé par le corps, ses effets sur la santé sont proches de ceux des pesticides.

### ● MMEP

Résultat d'analyse : 34,8 ppm  
Moyenne CDC : 1,15 ppm

### FONCTIONS AFFECTÉES (POSSIBLES)

- Système de reproduction

Composé de la classe des phtalates, il est utilisé pour épaissir les lotions et assouplir les matières plastiques.

### ● Mercure

Test 1 : 5 mg/l  
Test 2 : 12 mg/l

Niveau d'intoxication selon les CDC : 10 mg/l

### FONCTIONS AFFECTÉES

- Système neurologique
- Système de reproduction

Le taux de métal toxique dans le sang a plus que doublé chez l'auteur après deux repas d'espadon et de flétan.

\* PARTIES PAR MILLIARD  
\*\* NON DISPONIBLE

# HOME TOXIC HOME

Inutile de se réfugier chez soi pour tenter d'échapper aux produits chimiques, franchement toxiques ou soupçonnés d'être dangereux, qui pénètrent le corps : les maisons en sont remplies.

## PBDE

### Ils arrêtent les flammes mais restent dans le corps

● Utilisés comme produits ignifuges, les PBDE s'accumulent rapidement dans l'organisme humain. Ils provoquent des troubles du développement chez les animaux de laboratoire. Les plus inquiétants sont en passe d'être abandonnés, mais il n'est pas exclu que la variante encore utilisée aux États-Unis présente un danger.

#### COMMENT LES ÉVITER

Présents dans nombre d'appareils et certains tissus, les PBDE sont inévitables.

## PHTALATES

### Le petit plus chimique en toute saison

● Ces produits offrent une très large gamme d'utilisations, qui vont de l'assouplissement des matières vinyles à l'épaississement des lotions. Chez les animaux de laboratoire, ils ont provoqué des troubles du développement sexuel chez les mâles. Selon certaines études récentes sur l'homme, ils pourraient également affecter les bébés de sexe masculin.

#### COMMENT LES ÉVITER

Quelques fabricants de cosmétiques mettent un point d'honneur à les interdire, mais les sources d'exposition sont nombreuses.

## PESTICIDES

### Ils ne s'attaquent pas qu'aux insectes

● Certains, comme le DDT et l'atrazine, ont été interdits. Mais la liste est longue de ceux dont l'usage est toujours répandu pour éliminer toutes sortes d'insectes, des cafards ordinaires de la maison aux parasites agricoles exotiques. Ces composés ont un lien avec l'asthme, certains troubles neurologiques et des problèmes de développement et de comportement.

#### COMMENT LES ÉVITER

Lavez bien les aliments ou achetez bio. En région agricole, passez fréquemment l'aspirateur chez vous.

## PFA

### Pratiques mais potentiellement cancérigènes

● Utilisés dans les traitements antidéchirures et anti-taches, ils restent des années dans nos corps. La société américaine 3M les a peu à peu abandonnés lorsqu'il a été montré que le sulfonate de perfluorooctane (SPFO), un ingrédient anti-taches, envahissait l'environnement. L'acide perfluorooctanique (APFO), lui, entre encore dans la composition de tissus et d'ustensiles antiadhésifs. À haute dose, il peut provoquer des cancers chez l'animal.

#### COMMENT LES ÉVITER

Présents dans l'air, l'eau et la nourriture, ils sont inévitables.



## CHAMBRE À COUCHER/SALLE DE BAINS

- **PBDE** matelas et oreillers en mousse, tapis et sous-tapis, coussins de chaise, sèche-cheveux, téléphone.
- **PESTICIDES** savon antimicrobien, collier antipuces des animaux domestiques, fleurs du jardin.
- **MÉTAUX** peinture au plomb.
- **PHTALATES** rideau de douche, vernis à ongles, shampoing, parfum, déodorant, lotions, savon, laque pour cheveux, médicaments, revêtements de sol en vinyle, pâte dentifrice, jouets pour le bain en plastique.

## SALON

- **PBDE** coussins de canapé, coussins de chaise, appareils électroniques (TV, ordinateur), tapis et sous-tapis, jeux électroniques, panier de l'animal domestique.
- **BISPHÉNOLS** biberon en plastique.
- **PHTALATES** rallonges électriques, papier peint et stores en vinyle.
- **PESTICIDES** rapportés sous les semelles et par les courants d'air, sur le collier antipuces.
- **PFA** tissus d'ameublement, sachet de pop-corn à cuire au micro-ondes.

## BPC

### Interdits depuis longtemps, ils rôdent toujours

Les BPC paraissent magiques. Difficiles à enflammer, ils étaient utilisés comme caloporteurs et isolants dans les systèmes électriques. Mais ils se dissolvent lentement dans l'environnement et s'accumulent dans les tissus animaux et humains. Ils peuvent provoquer des lésions au foie et des cancers chez les animaux de laboratoire.

#### COMMENT LES ÉVITER

Aujourd'hui interdits, ils persistent dans l'environnement. Évitez de consommer du poisson ou du gibier provenant de zones contaminées.

## DIOXINES

### Sous-produits industriels, poisons par excellence

D'une toxicité proche de celle des BPC, les dioxines proviennent d'activités industrielles et de feux. Elles pénètrent la chaîne alimentaire dans les zones contaminées, se fixent sur les végétaux et s'accumulent dans les graisses des herbivores et des poissons. Un aliment délibérément contaminé est peut-être à l'origine de l'intoxication du président ukrainien Victor louchtchenko qui l'a défiguré. Cancers et anomalies de naissance sont d'autres effets possibles des dioxines.

#### COMMENT LES ÉVITER

Évitez les viandes grasses et les zones contaminées.

## BISPHÉNOLS

### Des hormones dans votre bouteille d'eau

Les polycarbonates présents dans certaines bouteilles en plastique rigide sont fabriqués avec du bisphénol A, un œstrogène synthétique susceptible de pénétrer le liquide quand le plastique se dégrade. Chez les animaux de laboratoire, ces imitations d'œstrogènes peuvent altérer les fonctions de reproduction des fœtus mâles et femelles.

#### COMMENT LES ÉVITER

Même en évitant les bouteilles en plastique rigide, tous les risques ne seront pas éliminés si, comme l'avancent certains chercheurs, les niveaux de pollution naturelle présentent déjà un danger.

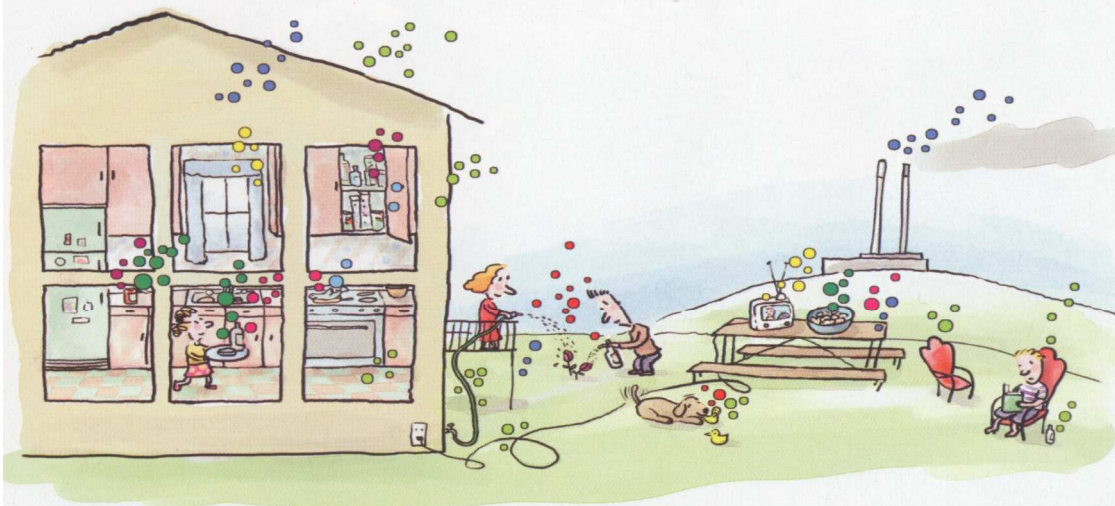
## MÉTAUX

### Poisons mortels invisibles

Les métaux toxiques font partie des poisons industriels les plus répandus dans la maison. Les vieilles peintures sont au plomb, la terrasse en bois traité sous pression peut contenir de l'arsenic et du chrome, les poissons comme le thon renferment du mercure. Chez les jeunes enfants, les effets peuvent aller de légers retards de développement à la mort.

#### COMMENT LES ÉVITER

Éliminez les vieilles peintures et enfermez dans des containers le bois traité sous pression. Les femmes enceintes et les enfants doivent éviter de consommer certains poissons.



## CUISINE/SALLE À MANGER

- **PHTALATES** boîtes et bouteilles en plastique, certains emballages alimentaires, revêtements de sol en vinyle.
- **DIOXINES** viandes grasses, produits laitiers, poisson.
- **BPC** poisson et gibier contaminés.
- **MÉTAUX** poisson contaminé au mercure.
- **BISPHÉNOLS** boîtes en plastique, intérieur des boîtes de conserve.
- **PFA** casseroles et poêles antiadhésives.
- **PBDE** cafetière, mixeur, micro-ondes, grille-pain.

## À L'EXTÉRIEUR

- **MÉTAUX** table en bois traité sous pression (arsenic et chrome), émissions des centrales (mercure), peinture au plomb.
- **PESTICIDES** gazon, jardin et collier antipuces.
- **DIOXINES** viandes grasses et poisson.
- **PHTALATES** bouteilles d'eau, meubles de jardin, tuyau d'arrosage, jouets en vinyle, plaques de PVC, rallonge électrique extérieure contenant du PVC.
- **PBDE** TV, radiocassette.
- **BPC** viandes grasses.

ILLUSTRATION DE BONNIETIMMONS

Les dernières capsules de la session (numéros 7 à 10) seront élaborées par les étudiants. Le travail se fera en équipe de trois à quatre étudiants et sera évalué. Des sujets sont proposés et des suggestions de lecture peuvent guider les étudiants à réaliser une capsule qu'ils présenteront au reste du groupe. Ainsi, toutes les capsules précédentes auront été des exemples ou des modèles pour les étudiants, leur permettant d'élaborer une capsule intéressante qui établit le lien entre la chimie organique et l'environnement.

Les sujets proposés sont en lien avec le contenu du cours de chimie organique : les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les chlorofluorocarbures (CFC), les dioxines et furanes (DF) ainsi que les phosphates.

## Sujets proposés

Marie-Eve Guérin

Cégep de Saint-Félicien  
[nomduprofesseur@estfelicien.qc.ca](mailto:nomduprofesseur@estfelicien.qc.ca)  
418-679-5412 poste abc  
Département des sciences  
Automne 2010

1

## Votre mandat

- Vous devez concevoir une capsule environnementale
  - > Travail en équipe (4-5 étudiants)
  - > Sujets proposés
    - Quelques références suggérées
  - > Temps maximal de la présentation: 15 minutes
  - > Essayer de faire participer les étudiants
  - > Note d'équipe (5 % de la session)

2

## Sujets proposés

- Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
  - > Cigarettes, BBQ, Alcan (bélugas)
- Chlorofluorocarbures (CFC)
- Dioxines et furanes (DF)
- Phosphates

3

## Hydrocarbures polycyclique aromatiques (HAP)

- Environnement Canada (2002). Les hydrocarbures polycycliques aromatiques, [En ligne]. [http://www.ec.gc.ca/toxics/wood-bois/over/pah\\_f.htm](http://www.ec.gc.ca/toxics/wood-bois/over/pah_f.htm) (Page consultée le 1<sup>er</sup> mars 2010).
- Santé Canada (2007). Hydrocarbures aromatiques polycycliques, [En ligne]. [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/ps11-lsp1/hydrocarb\\_aromat\\_polycycl/hydrocarb\\_aromat\\_polycycl\\_introduction-fra.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/ps11-lsp1/hydrocarb_aromat_polycycl/hydrocarb_aromat_polycycl_introduction-fra.php) (Page consultée le 1<sup>er</sup> mars 2010).

4

## Chlorofluorocarbures (CFC)

- Cardinal, F. (2008). Couche d'ozone. Le « trou » atteint une des plus importantes superficies de son histoire. *La Presse*. 5 novembre 2008. p. A 26.
- Environnement Canada (2010). *Chlorofluorocarbure, chlorofluorocarbures*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/toxiques-toxics/Default.asp?lang=Fr&n=98E80CC6-1&xml=10CID91B-A55E-45C2-92F2-8AA562BD3ED7> (Page consultée le 2 juin 2010).
- Perreault, M. (2010). Le trou dans la couche d'ozone a 25 ans. *La Presse*. 6 mai 2010. p. A 20.

5

## Dioxines et furanes (DF)

- Environnement Canada (2005). *Niveaux de dioxines/furanes*, [En ligne]. [http://www.ecoinfo.ec.gc.ca/env\\_ind/region/dioxinfuran/dioxin\\_fcfm](http://www.ecoinfo.ec.gc.ca/env_ind/region/dioxinfuran/dioxin_fcfm) (Page consultée le 3 juin 2010).
- Falcy, M., Poisson, N. Protois, J.-C. et Dornier, G. (2004). *Le point des connaissances sur...Dioxines et furanes*, [En ligne]. [http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/ED%205024/\\$file/ed5024.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/ED%205024/$file/ed5024.pdf) (Page consultée le 3 juin 2010).
- Santé Canada (2001). *Dioxines et furanes*, [En ligne]. [http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/alt\\_formats/pacrb-dgapcr/pdf/iyh-vsv/environ/dioxin-fra.pdf](http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/alt_formats/pacrb-dgapcr/pdf/iyh-vsv/environ/dioxin-fra.pdf) (Page consultée le 3 juin 2010).

6

## Phosphates

- Hart, Craine, Hart, Hadad (2008). *Chimie organique 1* Chenelière Éducation, 478 p.
- Radio-Canada (2008). Algues bleues: Ottawa s'attaque aux phosphates, [En ligne]. <http://www.radio-canada.ca/nouvelles/environnement/2008/02/14/001-Algues-bleues-Ottawa.shtml> (Page consultée le 3 juin 2010).
- Réseau Environnement (2009). Mémoire sur la situation des lacs au Québec en regard des cyanobactéries, 12 p.
  - › <http://www.reseau-environnement.com/Positions+et+memoires#Eau> (et trouver le mémoire dans la section Eau)

7

## ACTUALITÉS

## COUCHE D'OZONE

# Le « trou » atteint une des plus importantes superficies de son histoire



FRANÇOIS CARDINAL  
ENVIRONNEMENT

Loïn d'être cicatrisé, le trou dans la couche d'ozone a atteint en septembre l'une des plus importantes superficies de son histoire, l'équivalent de l'Amérique du Nord au grand complet.

Malgré ce record, qui ne les surprend guère, les chercheurs ont bon espoir de voir le trou se résorber vers le milieu du siècle.

C'est le 12 septembre dernier que le fameux « trou » a atteint cette taille, la cinquième en importance depuis le début des observations scientifiques, en 1962, a révélé hier le National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Le trou, plutôt que de se refermer, a ainsi pris de l'expansion entre 2007 et 2008, une situation que l'on attribue en grande partie aux fortes températures de la stratosphère.

« Nous sommes actuellement dans une période de maximum pour le trou d'ozone, explique Michel Bourquil, professeur de sciences atmosphériques à l'Université McGill. Cette période devrait durer encore quelques années, après quoi le trou devrait commencer à se refermer. »

Fait intéressant, les concentrations de CFC, ces gaz industriels responsables de l'amincissement de la couche d'ozone, commencent à décliner, selon M. Bourquil. Cela signifie que les premiers CFC, qui ont commencé à être utilisés de façon industrielle dans les années 50, arrivent à la fin de leur durée de vie (entre 50 et 100 ans).

« On estime que le trou devrait revenir aux concentrations de 1970 autour de 2050. Cela, parce qu'il faut beaucoup de temps pour éliminer les CFC de la stratosphère », précise M. Bourquil.

La taille maximale du trou observée cette année était d'un peu plus de 27,2 millions de km<sup>2</sup>, avec une profondeur de 6 km. C'est légèrement moins que le grand record de 29,5 millions de km<sup>2</sup> atteint en 2006.

« Les fluctuations peuvent être très importantes d'une année à l'autre, selon la force du vortex polaire, note Patrick Ayoite, professeur-chercheur en chimie à l'Université de Sherbrooke. C'est dû en partie à la masse continentale de glace qui recouvre l'Antarctique, qui provoque ce vortex. »

La couche d'ozone est en quelque sorte le parasol de la terre. Elle protège les organismes vivants, dont les hommes, des rayonnements ultraviolets (UV) émis par le soleil. Les CFC produits par l'homme, que l'on trouvait surtout dans les bombes aérosols, les réfrigérateurs et les autos, provoquent chaque année une réduction massive de l'ozone (familièrement appelée un « trou ») au-dessus du pôle Sud et, plus légèrement, au-dessus du pôle Nord.

C'est au milieu des années 80 que la communauté scientifique a constaté que la couche d'ozone s'amincissait, ce qui permettait aux rayons UV de pénétrer plus facilement dans l'atmosphère.

Cette situation a aussitôt été portée à l'attention de la communauté internationale, en raison de l'effet néfaste des rayons sur les cultures, sur la

croissance des forêts et, surtout, sur la santé humaine. Les UV peuvent en effet s'attaquer aux yeux, faire vieillir prématurément la peau, voire provoquer des cancers de la peau.

Voilà pourquoi la communauté internationale a su agir avec célérité dans ce dossier. En 1987 à Montréal, 188 pays ont signé un traité international salué depuis pour son grand succès.

Ce protocole visait la réduction progressive de la consommation, de la production et de l'exportation de huit substances néfastes pour la couche d'ozone, notamment les CFC, qui ont été interdits dès 1996.

L'année dernière, les signataires ont célébré les 20 ans de l'accord en le resserrant un peu. Réunis à Montréal, ils se sont engagés à abandonner l'utilisation d'un autre gaz nocif pour la couche d'ozone – les hydrochlorofluorocarbones (HCFC) – 10 ans plus tôt que prévu (2020 pour les pays industrialisés, 2030 pour les pays en développement).

COURRIEL  
Pour joindre notre journaliste:  
francois.cardinal@lapresse.ca

## EN BREF

## Le Canada, un cancre

Le Canada est un cancre environnemental, selon le plus récent rapport du Conférence Board, qui place le pays au 15<sup>e</sup> rang sur 17 pays selon une foule d'indicateurs. « La note globale de C qu'a obtenue le Canada pour l'environnement est influencée par les piètres résultats dans les domaines de la production de déchets, de l'utilisation des eaux et des émissions de gaz à effet de serre », a noté l'organisme. Hier, sa pire performance, ajoute-t-on, le Canada la doit à ses émissions de GES par habitant, qui ont augmenté de presque un tiers entre 1990 et 2006.

## La position du Québec réclamée

Profitant du déclenchement probable d'élections provinciales aujourd'hui, les environnementalistes demandent au gouvernement Charest de prendre position contre le projet Trailbreaker, d'Embridge. Cette dernière souhaite transporter du pétrole bitumineux d'Alberta au Québec, ce que conteste une coalition de groupes écologistes. « Le Québec n'a pas besoin de ce pétrole si dévastateur pour l'environnement », a indiqué Karel Mayrand, de la Fondation Suzuki. Pour toute réponse, Québec a indiqué qu'il « suivra de près » ce projet, « qui va être examiné avec beaucoup de sévérité ».

— François Cardinal



# Le trou dans la couche d'ozone a 25 ans

MATHIEU PERREAULT

---

Il y a 25 ans cette année que trois chercheurs britanniques ont découvert le trou dans la couche d'ozone. À peine deux ans plus tard, une entente internationale, le protocole de Montréal, a été adoptée dans le but d'éliminer les chlorofluorocarbones, les fameux CFC, responsables de la disparition de l'ozone. L'action a porté ses fruits: le trou est en voie de se résorber et, d'ici à 2080, la couche d'ozone, qui nous protège des rayons ultraviolets, sera revenue à ce qu'elle était dans les années 50.

« Ça montre que l'action concertée est possible pour changer notre impact sur la planète », explique l'un des découvreurs britanniques, Jonathan Shanklin, qui vient de publier dans la revue *Science* un essai dans lequel il compare la lutte contre les CFC à celle contre les gaz à effet de serre. « Malheureusement, ça montre aussi qu'il ne faut pas que l'impact économique des changements nécessaires soit trop important. Se passer des CFC n'a pas été très coûteux, le public s'en est à peine rendu compte. S'attaquer aux gaz à effet de serre le sera davantage. Je pense que si on impose des changements importants de mode de vie, les gens vont se rebiffer. Il faut leur laisser le choix en expliquant bien les conséquences du réchauffement de la planète, comme la multiplication des vagues de chaleur telles que celle qui a tué des personnes âgées en France en 2003. »

L'un des scientifiques qui ont préparé le terrain, Paul Crutzen, qui a reçu le prix Nobel de chimie pour son explication théorique des effets des CFC sur l'ozone, s'est déclaré en faveur de la « géo-ingénierie », une modification délibérée du climat par l'homme pour contrecarrer l'effet de serre, par exemple en diffusant dans l'atmosphère des particules réfléchissantes similaires à la poussière de volcan. Mais M. Shanklin n'est pas d'accord avec cette thèse: « Je pense que c'est trop risqué. Ça pourrait être bénéfique pour une région mais pas pour une autre. »

## **ANNEXE 4 : ÉVALUATIONS**

Nom : \_\_\_\_\_

Groupe : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

**EXAMEN 1**  
**CHIMIE ORGANIQUE I**

#1) Dessinez la structure de Lewis des molécules suivantes

/8

a) Composé faisant partie des pluies acides

b)  $\text{NH}_2\text{Cl}$ 

c) Utilisé lors du chaulage d'un lac

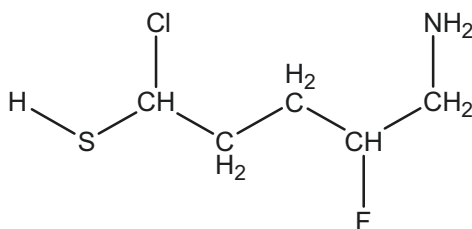
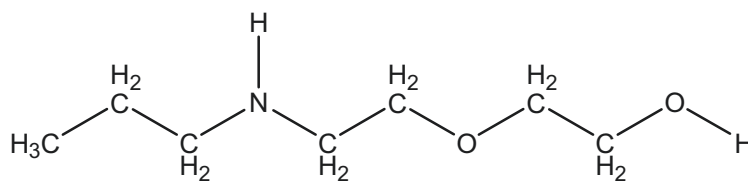


d) Un gaz à effet de serre



/4

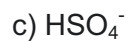
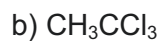
#2) Attribuez les charges partielles principales ( $\delta^+$  et  $\delta^-$ )



/6

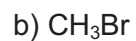
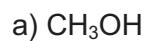
#3) Dessinez la structure de Lewis.

Attribuez les charges formelles aux atomes



/6

#4) Dessinez la structure de Lewis, le modèle hybridé et le modèle de Gillespie.



/4 #5) Déterminez le ou les types d'attraction entre les molécules

a) Eau

b) Propan-2-ol

/4 #6) Illustrez les ponts H qui peuvent avoir lieu entre les molécules des substances suivantes :

a)  $\text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{OH}$

b)  $\text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

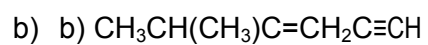
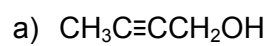
/4 #7) Précisez si les composés suivants sont miscibles?

a) Propanol et éthanol \_\_\_\_\_

b)  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$  et butane \_\_\_\_\_

/6

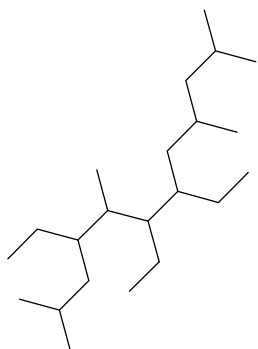
#8) Écrivez la forme développée, semi-développée ou stylisée des molécules suivantes.  
Inscrivez le nom des molécules.



/6

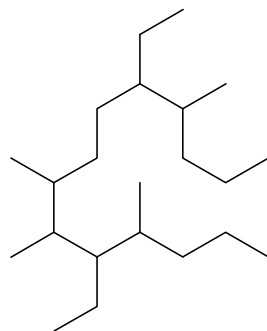
#9) Déterminez la chaîne principale et nommez les composés suivants :

a)



\_\_\_\_\_

b)



\_\_\_\_\_

/18

#10) Dessinez les composés suivants :

a) 1,2-diméthyl-octane

b) 2-méthylbut-3-ène

c) 4-méthylpent-1-ène-3-one

d) 2-éthylpentan-1-ol

e) Acide 3-méthylpentanoïque

f) 2-méthylpropanoate d'éthyle

g) 3-méthylhex-1-yne

h) 3,4-diméthylpent-2-ène

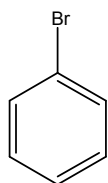
i) 2-méthylhexane



#11) Nommez les composés suivants et dites pourquoi ils sont nuisibles pour l'environnement :

/16

a.



---

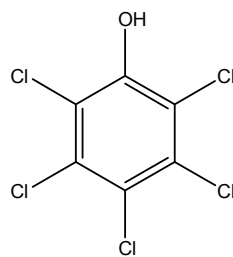
---

---

---

---

b.



---

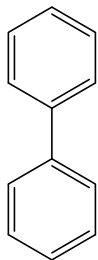
---

---

---

---

c.



d.  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

/8 #12) Au travers les médias, on entend souvent parler de molécules chimiques et organiques. Lisez attentivement le texte à l'annexe A et dessinez les molécules qui sont nommées (structure de Lewis développée).

/10

#13) À la suite de la lecture des articles à l'annexe B : décontamination de l'ancien Technoparc - Un problème plus complexe que prévu et Le dossier noir de BP, expliquez pourquoi les BPC et le pétrole ne sont pas miscibles avec l'eau. Selon vous, devrait-on cesser l'utilisation de pétrole?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Annexe A

Adaptation de l'article par Marie-Eve Guérin  
Le Monde  
Rendez-vous, mardi, 18 août 2009, p. 19  
Des plantes vertes pour assainir l'air intérieur  
SANTÉ

Comment faire pour assainir l'air à l'intérieur de sa maison? Les produits toxiques contenus dans le mobilier, les matériaux de construction ou les produits ménagers sont nombreux et peuvent être nocifs. Le formaldéhyde (méthanal), un composant organique volatil contenu dans bon nombre de produits d'usage courant (colles, vernis, bois agglomérés, résines, etc.) et dans la fumée de cigarette, figure parmi les plus toxiques. Il peut provoquer à faible dose maux de tête, irritation des yeux et des voies respiratoires. Il est classé cancérigène.

Les solutions? Aérer quotidiennement, ne pas fumer chez soi, faire attention à la composition des matériaux et des produits d'entretien utilisés... À côté de ces recommandations traditionnelles, une méthode complémentaire commence à faire des émules : les plantes dépolluantes, des plantes vertes classiques dont la capacité à absorber des polluants majeurs a été testée en laboratoire.

Les premiers travaux sur le sujet, commandités par l'agence spatiale américaine, datent des années 1980. On les doit au chercheur Bill Wolverton, chargé par la NASA d'étudier un système d'épuration de l'air et de l'eau à bord des stations orbitales. En 1973, pendant la mission du Skylab 3, la NASA identifie 107 composés organiques volatils (COV) à l'intérieur du vaisseau. L'agence fait construire un bâtiment scellé, le Biohome, qu'elle équipe en capteurs de prélèvement de l'air. Quinze plantes d'intérieur à feuillage sont alors introduites dans le Biohome. Il apparaît que la majeure partie des COV présents a été absorbée.

Le chercheur Bill Wolverton a poursuivi les recherches. Il en a publié les résultats dans un livre intitulé *How to Grow Fresh Air* (" Comment purifier l'air ") publié par Penguin, non traduit à ce jour, dans lequel il recense les effets dépolluants de cinquante plantes sur des produits toxiques comme le formaldéhyde (méthanal), le xylène (1,2-diméthylbenzène), l'ammoniac (hydroxyde d'ammonium) ou encore le benzène.

## ACTUALITÉS

Décontamination de l'ancien Technoparc

## « Un problème plus complexe que prévu »

MARTIN CROTEAU

La restauration du Parc d'entreprises de la Pointe-Saint-Charles est retardée d'au moins deux ans. La Ville de Montréal souhaitait amorcer cette année la décontamination de ce vaste terrain en bordure du Saint-Laurent, mais les travaux ne commenceront pas avant 2011 ou 2012, a appris *La Presse*.

« On a fait des études préliminaires et des essais au printemps, explique le directeur du ministère de l'Environnement pour la région de Montréal, Pierre Robert. Ça a mis en évidence un problème environnemental plus complexe que prévu. »

Aux abords du fleuve, à quelques mètres à peine du pont Victoria, un muret de plastique orange est tenu en place par des flotteurs noirs. Un fort débit coule d'un côté. De l'autre, à l'abri du courant, des boudins belges flottent dans une eau stagnante. Ce sont des capteurs qui absorbent les hydrocarbures.

Les roches qui se trouvent au bord de l'eau sont couvertes d'une boue qui empêche l'essence. On peut voir l'auréole des taches d'huile sur l'eau.

Ce dispositif est une « solution temporaire ». En juin 2008, la Ville avait annoncé son intention de lancer dans l'année des travaux de nettoyage permanents, mais elle doit attendre encore.



PHOTO BERNARD BRAULT, LA PRESSE

« Les travaux visant à implanter la solution permanente pouraient avoir lieu autour de 2011 ou 2012 », affirme Pierre Robert.

Autrefois appelé le Technoparc, le site a servi de gare de triage ferroviaire, de parc de stationnement pour Expo 67, d'aéroport et de dépôt. Il recèle entre 4 et 8 millions de litres de diesel ainsi qu'une ou deux tonnes de biphényles polychlorés (BPC). Ces substances s'écoulent dans le fleuve depuis le début des années 90, et on en a trouvé des traces à plusieurs kilomètres en aval.

En 2005, la Ville a bâti un mur de béton souterrain d'une longueur de 160 mètres afin d'empêcher les polluants de s'écouler

Daniel Green, président de la Société pour vaincre la pollution, déplore que la décontamination de l'ancien Technoparc soit retardée. « Tous les efforts que déploie la Ville de Montréal pour l'environnement – le Bixi, les transports en commun – sont annulés par cette pollution », dit-il.

dans le fleuve. Un système de flotteurs déployé à deux endroits sur la rive permet de capter et d'éliminer des matières toxiques.

Mais cela n'empêche pas les substances toxiques de se retrouver dans le fleuve, affirme l'écologiste Daniel Green, président de la Société pour vaincre la pollution (SVP). D'autant moins que les flotteurs sont retirés de l'eau en hiver pour éviter que la glace ne les broie. « Tous les efforts que déploie la Ville de Montréal pour l'environnement – le Bixi, les transports en commun – sont annulés par cette pollution », croit Daniel Green.

« On est au XXI<sup>e</sup> siècle, les gens veulent avoir accès aux berges. Ils veulent se baigner, reconnaît le maire Gerald Tremblay. Il faut corriger cette situation. » Il assure qu'Ottawa et Québec ont déjà accepté de financer une partie du vaste projet, qui coûtera environ 75 millions. La Ville a commandé une étude de 1,5 million au Centre d'excellence de Montréal en réhabilitation des sites (CEMRS) pour qu'il lui propose des technologies. Mais elle n'a toujours pas reçu le rapport, qui devait pourtant lui être rendu en février.

Entre-temps, les autorités municipales ignorent comment s'y prendre pour nettoyer le terrain une fois pour toutes.

Pierre Robert, lui, prêche la patience : « Ce n'est pas comme mettre de l'asphalte sur une route, lorsque le risque de se tromper est faible, fait-il valoir. Dans ce cas-ci, on ne voit pas en dessous de la terre. Alors il est très important de faire une analyse fine avant de procéder. »

Montréal a acquis ce terrain lourdement pollué des gouvernements fédéral et provincial dans les années 80. Depuis, elle a

dépensé entre 5 et 6 millions pour étudier le problème et limiter les déversements toxiques. Elle a souvent indiqué qu'elle n'avait pas été avertie de l'ampleur des travaux de décontamination.

Une étude de la Commission de coopération environnementale, l'organisme nord-américain de surveillance de l'environnement, a d'ailleurs souligné qu'Ottawa savait dès le début des années 80 que les terrains recelaient des substances toxiques. Mais Montréal a renoncé à toute réclamation auprès des vendeurs en les acquérant.

# LE DOSSIER NOIR DE BP

Le pétrole coule à flots depuis plus d'un mois au fond du golfe du Mexique. BP, l'entreprise responsable du déversement, est accusée d'avoir tourné les coins ronds sur la prévention, la sécurité et le partage d'informations. Notre correspondant fait le point.



NICOLAS BÉRUBÉ

LOS ANGELES — En l'an 2000, l'entreprise British Petroleum a changé son nom pour devenir BP, et a lancé son nouveau slogan : « Beyond Petroleum » (Au-delà du pétrole). Dix ans plus tard, BP doit gérer une catastrophe environnementale majeure dans le golfe du Mexique, dans laquelle 11 de ses employés ont perdu la vie. Plusieurs controverses entourent les actions de la mul-

## Estimations erronées

Depuis un mois, les données que BP fournit diminuent l'ampleur de la marée noire. L'entreprise a initialement affirmé que l'équivalent de 1000 barils de pétrole était déversé chaque jour dans le Golfe. Cette estimation a grimpé à 5000 barils, après que des groupes indépendants eurent soulevé des critiques.

Hier, Doug Suttles, directeur de BP, a admis que le volume du déversement était « sans doute plus élevé ».

Curtis Deutsch, océanographe rattaché au département des sciences océaniques de l'Université de Californie à Los Angeles (UCLA), suit ces développements avec intérêt. « Vu de l'extérieur, BP semble davantage préoccupé par l'aspect légal du déversement que par l'aspect environnemental, explique-t-il en entrevue. Donner des estimations basses a pour effet de réduire la pénalité à laquelle l'entreprise sera exposée en cour. »

En point de presse, jeudi, Ed Markey, responsable du Comité sénatorial sur l'énergie et les ressources naturelles chargé d'étudier la marée noire à la Chambre des représentants, a eu des mots extrêmement durs à l'endroit de l'entreprise.

« BP a perdu toute crédibilité. Maintenant, les décisions



Un fou de Basson englué de pétrole git sur la plage de Grand Isle, dans le sud de la Louisiane. Une journaliste s'est fait interdire hier d'accéder à cette plage, qui n'était pourtant pas fermée : des touristes s'y prélassaient et des enfants jouaient dans les vagues. « Les policiers étaient très agressifs, ils criaient contre moi. Ils disaient que BP décidait des règles. C'est la première fois que je vois une telle chose », a raconté Mac McClelland.

devront être prises par d'autres, car il est clair que l'entreprise a cherché à camoufler les véritables conséquences de ce déversement », a lancé le démocrate du Massachusetts.

BP a signalé cette semaine que le calcul du volume du pétrole échappé « n'était pas une priorité ». Pourtant, son propre guide de conduite en cas de déversement stipule : « Avoir une estimation précise

avait déversé 41 millions de litres de pétrole en Alaska.

## Contrôle médiatique

BP et la Garde côtière américaine (branche de l'armée américaine) ont adopté une attitude agressive face à la présence de reporters non accrédités par BP sur les zones touchées par la marée noire.

Hier, Mac McClelland, journaliste au magazine *Mother*

jouaient dans les vagues, près des dépôts de pétrole sur le sable.

« Les policiers étaient très agressifs, ils criaient contre moi, explique en entrevue M<sup>me</sup> McClelland. Ils disaient que BP décidait des règles. C'est la première fois que je vois une telle chose. »

Mardi, des employés de BP et des membres de la Garde côtière ont expulsé une équipe

L'officier Matthew Schofield, de la Garde côtière, affirme que certaines zones peuvent être fermées au public. « L'accès à certains endroits est restreint pour des raisons de sécurité », dit-il.

## Manquements répétés à la sécurité

Les installations de BP aux États-Unis sont les moins sûres de l'industrie. C'est ce qu'a révélé une étude exhaustive menée ce mois-ci par le Center for Public Integrity, organisation établie à Washington. En étudiant les violations relevées par les inspecteurs fédéraux depuis trois ans, les auteurs ont réalisé que 97 % d'entre elles concernaient des infractions graves à deux raffineries de BP, situées au Texas et en Ohio.

Pour ces deux installations, BP a reçu 862 plaintes entre juin 2007 et février 2010. Le secrétariat américain du Travail a imposé une amende de 87,4 millions de dollars à BP en 2009. Dans un communiqué, BP a dit travailler à remédier à ces problèmes.

« BP a perdu toute crédibilité. Maintenant, les décisions devront être prises par d'autres, car il est clair que l'entreprise a cherché à camoufler les véritables conséquences de ce déversement ». - Ed Markey, représentant démocrate du Massachusetts

du volume du déversement est essentiel pour planifier et mettre en place les efforts de nettoyage. »

Selon BP, au moins 26 millions de litres de pétrole se sont échappés depuis un mois. Les experts indépendants placent le déversement entre 260 millions et 495 millions de litres. En 1989, l'*Exxon Valdez*

*Jones*, s'est fait interdire l'accès à une plage souillée de Grand Isle, au sud de la Louisiane. La veille, les autorités avaient bloqué l'accès aux berges de l'île Elmer, également touchée par la marée noire.

La plage à laquelle elle voulait accéder, dit M<sup>me</sup> McClelland, n'était pas fermée : des touristes s'y prélassaient et des enfants

de CBS qui prenait des images d'un marais contaminé, dans le comté de St. Bernard. Ils disaient agir « selon les directives de BP ».

Dans un communiqué, BP a dit ne pas s'opposer à la présence de journalistes - pourvu que ceux-ci soient accrédités auprès de BP et « intégrés » aux équipes de l'entreprise.

Nom : \_\_\_\_\_

Groupe : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

**EXAMEN 2**  
**CHIMIE ORGANIQUE I**

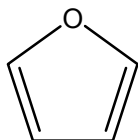
/4

#1) Dessinez la formule développée des quatre molécules possibles de  $C_4H_8O$ 

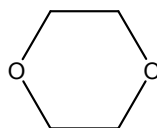
/2

#2) Déterminez le degré d'insaturation des molécules suivantes ayant un impact sur l'environnement :

a) Furane



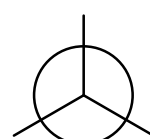
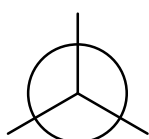
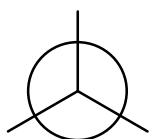
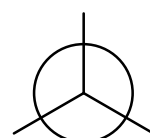
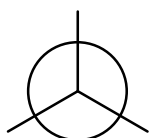
b) dioxane



/6

#3) Dessinez les projections de Newman des conformations décalées et éclipsées du 2-bromopropane, en prenant pour axe de liaison le lien entre C1 et C2 de la chaîne principale.

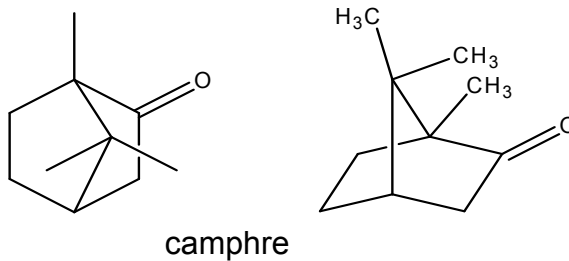
Dessinez ensuite le diagramme énergétique de cette molécule.





/2

#4) Le camphre est une cétone bicyclique très connue utilisée en médecine. Combien cette molécule possède-t-elle de carbones asymétriques? Combien d'isomères optiques?



/4

#5) Dessinez les 2 énantiomères du

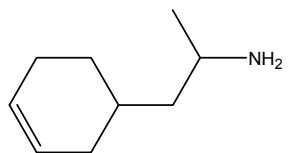
a)  $C_4H_{10}O$

b) 1-chloro-1-phénylpropane

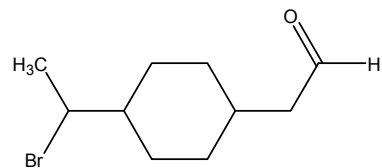
/2

#6) Localisez le ou les centres stéréogéniques des molécules suivantes :

a)

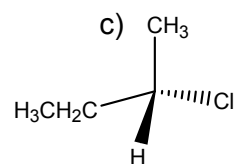
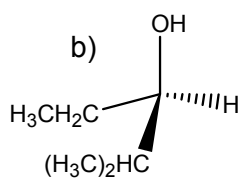
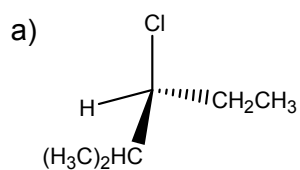


b)



/6

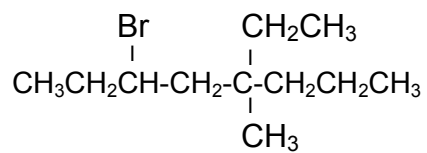
#7) Attribuez la configuration R/S des composés et nommez-les :



\_\_\_\_\_

/4

#8) Dessinez la structure du  
dans les configurations suivantes :



a) (3R-5R)-3-bromo-5-éthyl-5-méthyl-octane

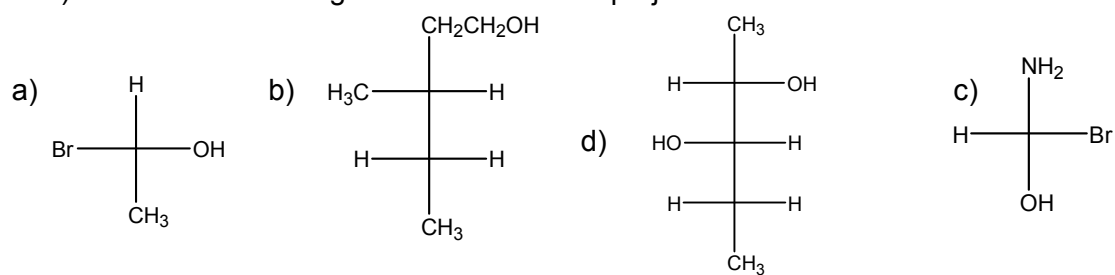
b) (3R-5S)-3-bromo-5-éthyl-5-méthyl-octane

/8

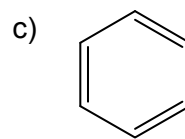
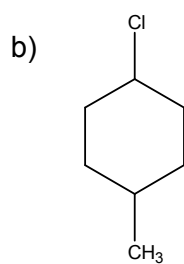
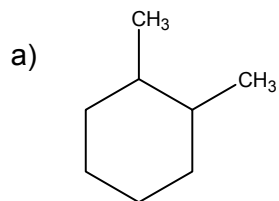
#9) Dessinez la structure tridimensionnelle du 3-chlorobutan-2-amine  
(quatre stéréoisomères possibles) puis sa projection de Fisher.

/4

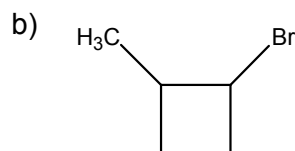
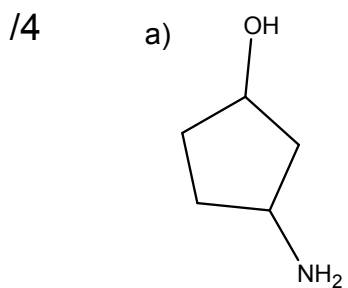
#10) Déterminez la configuration absolue des projections de Fisher suivante :



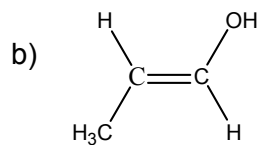
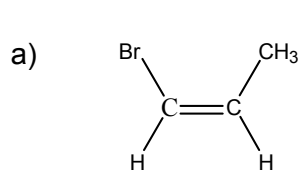
/6 #11) Dessinez les différents stéréoisomères possibles des molécules suivantes et déterminez la relation entre chacun.



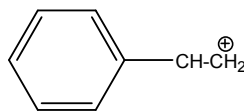
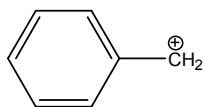
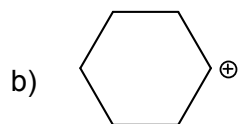
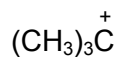
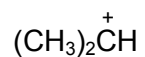
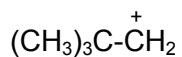
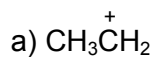
#12) Dessinez la structure des isomères CIS et TRANS de



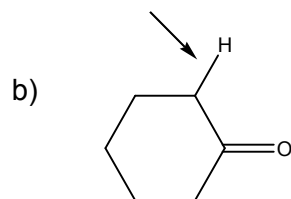
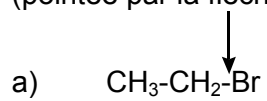
/2 #13) Nommez (selon la IUPAC) chacun des composés en employant la convention E/Z.



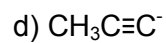
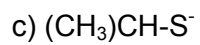
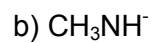
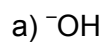
/6 #14) Indiquez si le carbocation est primaire, secondaire ou tertiaire. Lequel est le plus stable et dites pourquoi? Placez en ordre croissant de stabilité.



/4 #15) Écrivez l'intermédiaire de réaction le plus probable suite à une rupture hétérolytique (pointée par la flèche) des substances suivantes :

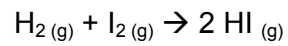


/4 #16) Quel sera le produit obtenu suite à la réaction de substitution des nucléophiles ci-dessous par le substrat  $\text{CH}_3\text{-Br}$



/4

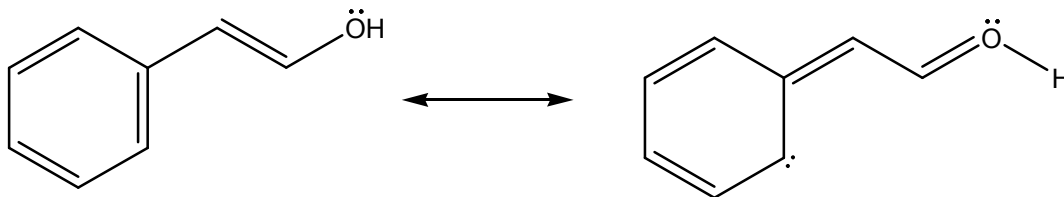
#17) Dessinez le diagramme d'énergie de la réaction exothermique suivante



Sachant que l'énergie d'activation est de 200 kJ et que la différence d'enthalpie est de -200 kJ.

/2

#18) Dessinez les flèches courbes sur la molécule suivante pour illustrer comment la délocalisation des paires d'électrons mène à une interconversion des molécules. Indiquez les charges formelles.



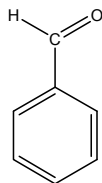


/4 #19) Déterminez l'ordre de basicité et l'ordre d'acidité des composés suivants :

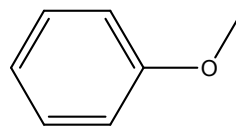


/6 #20) Dessinez les formes limites de résonance

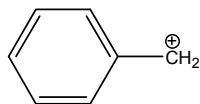
a) Benzaldéhyde



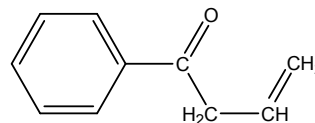
b) Métoxybenzène



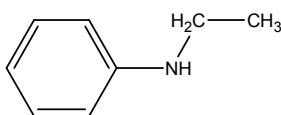
c) Ion benzyloxy



d) allylphénylcétone



e) N-éthylamine



f)  $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH=CH}_2$



/6 #22) Dans l'atmosphère, le radical libre  $\cdot\text{OH}$  cause beaucoup de dommage. Expliquez d'où il vient (mécanisme de réaction à l'appui).

---

---

---

---

---

---

---

---

Les épisodes sont tout de même moins nombreux que lors des années passées

# La menace du smog encore présente



CAROLINE BARRÈRE  
cbarrere@ledroit.com

C'est le temps chaud et humide, jumelé à la densité de la circulation routière entre Gatineau et Ottawa qui a entraîné une détérioration de la qualité de l'air et marqué le retour des épisodes de smog comme celui

limiter la vision dans l'atmosphère. Il se déplace au gré des vents et peut toucher les zones urbaines et rurales. Il peut être présent pendant toute l'année mais il n'est pas toujours visible puisqu'il s'agit d'un mélange de polluants atmosphériques dont des gaz et des particules qui ne peuvent être détectées à l'œil nu. Il est davantage présent durant les périodes de temps chaud et ensoleillé entre mai et septem-

comme les centrales au charbon et électriques, le domaine de la construction, les usines, les pesticides, les mines et l'industrie des pâtes et papiers. Mais les habitudes de vie peuvent aussi contribuer à la formation de smog comme l'utilisation des voitures, l'emploi de tondeuses et de souffleuses à essence, la combustion de bois et des foyers et la consommation d'électricité.

« La plupart des problèmes de smog de l'Ontario résultent d'une combinaison d'émissions et de polluants locaux transportés par le vent en provenance des sources de pollution des États-Unis. Plus de la moitié de notre problème de smog découle des activités exercées au sud de la frontière », explique le MEO sur son site Internet.

#### Source de problèmes

Le smog peut causer des problèmes de santé chez les enfants asthmatiques, les personnes âgées et celles souffrant de maladies respiratoires ou cardiaques. Il peut aggraver les problèmes de cœur, de bronchite, l'asthme et les problèmes liés aux poumons. Il est nocif car il réduit la fonction pulmonaire chez toutes les personnes, même chez celles qui sont en bonne santé. Il n'existe pas de niveau sécuritaire de smog.

L'ozone au niveau du sol nuit surtout aux personnes âgées, aux enfants et à ceux qui ont des problèmes aux poumons et au cœur. Il peut aggraver les problèmes de cœur, l'emphyse, la bronchite, et l'asthme. Il

peut également irriter les voies respiratoires et réduire la capacité utile des poumons tout en irritant les yeux et le nez. Le smog assèche les membranes protectrices du nez et de la gorge et réduit l'aptitude du corps à combattre l'infection.

Quant aux particules, plus elles sont petites et plus elles peuvent être inhalées en profondeur. Habituellement, les grosses particules se déposent dans le nez et la bouche mais les fines particules peuvent se loger dans les poumons. Elles abaissent la capacité des poumons et aggravent les symptômes respiratoires.

Santé Canada estime que la pollution atmosphérique cause 5900 décès prématurés par année dans les grandes villes du pays.

L'indice de qualité de l'air IQA évalue le degré de pureté de l'air et est émis par le ministère de l'Environnement de l'Ontario. Il permet de déterminer la quantité des différents polluants dans l'atmosphère. L'échelle de l'IQA va de 0 à 100. Plus les valeurs sont élevées, plus les risques de smog sont grands. Si les spécialistes s'attendent à ce que l'IQA dépasse 50 au cours des 24 prochaines heures, ils émettent une alerte ou un avis au smog. Au Québec, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs a aussi son indice de la qualité de l'air IQA qui peut être bon (25 ou moins), acceptable (de 26 à 50) ou mauvais (51 et plus). Hier après-midi, l'IQA était de 43 pour Gatineau, pour le secteur Hull et pour la région de la Haute-Gatineau. La qualité de l'air

devrait être bonne aujourd'hui selon Environnement Canada. Hier, l'avertissement de smog était en vigueur à Gatineau jusqu'en soirée.

Dans son rapport annuel, la Direction de la santé publique en Outaouais souligne que la qualité de l'air est généralement bonne dans la région puisqu'il y a relativement peu d'industries. Les principaux contaminants sont le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), les particules fines en suspension dans l'air, le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et les composés organiques volatils (COV). Le transport entre Gatineau et Ottawa est le facteur principal qui nuit à la qualité de l'air et qui contribue le plus à la formation de smog à cause de la forte proportion d'automobiles. En plus des gaz d'échappement des véhicules, la pollution atmosphérique est attribuable à la mauvaise combustion du bois de chauffage et à l'industrie des pâtes et papiers le long de la rivière des Outaouais. Dans la région, 18 industries doivent déclarer leur rejet dans l'atmosphère et 11 d'entre elles se situent dans la zone urbaine de Gatineau.

Entre 2004 et 2008, la Ville de Gatineau a connu 53 jours de mauvaise qualité de l'air due principalement aux particules fines ou à l'ozone, dont 39 jours de smog. Ces données sont toutefois incomplètes puisqu'il n'y a pas de surveillance de la qualité de l'air dans les petites agglomérations industrielles de Portage-du-Fort, Thurso et le secteur de Buckingham.



que la région a connu au cours des derniers jours. L'Ontario avait émis un avis de smog pour samedi et dimanche. Il a été levé hier avant-midi en raison de l'arrivée de nuages au-dessus de la capitale.

Forme de pollution atmosphérique qui est constituée de nombreux polluants dont les deux principaux éléments sont l'ozone au niveau du sol (O<sub>3</sub>) et les particules (PM), le smog apparaît souvent comme une brume jaunâtre ou brunâtre au-dessus des villes et il a comme effet de

bre quand la haute atmosphère est chaude. Une période de smog peut durer de quelques heures à une semaine. Son intensité dépend de certaines conditions météorologiques, de l'heure du jour, de la saison et de la distance par rapport aux sources de polluants.

#### Origines diverses

Le ministère de l'Environnement de l'Ontario (MEO) rappelle que les causes du smog sont nombreuses et qu'elles proviennent de sources industrielles

## LE SMOG

### CIRCULATION ENTRE GATINEAU ET OTTAWA

Total des véhicules en Outaouais	218 120
Véhicules allant d'Ottawa vers Gatineau en semaine	172 000
Véhicules allant de Gatineau vers Ottawa en semaine	42 200

### LE SMOG EN ONTARIO (2005)

29 MILLIONS de maladies mineures  
59 000 visites à l'urgence  
16 000 admissions à l'hôpital  
5800 morts prématurés  
Les coûts associés au smog (environnement, santé et société) sont de 10,8 milliards \$ par année. Si la tendance actuelle se maintient, la province prévoit d'ici 2015 qu'il y aura 38 millions de maladies mineures, 87 000 visites à l'urgence, 24 000 admissions à l'hôpital et 10 000 morts prématurés.

### LES NIVEAUX D'INDICE DE QUALITÉ DE L'AIR (IQA) POUR L'ONTARIO

Qualité de l'air bonne ou très bonne - IQA inférieur à 32  
Qualité de l'air moyenne - IQA entre 32 et 49  
Qualité de l'air mauvaise - IQA entre 50 et 99 (émission d'un avis de smog)  
Qualité de l'air très mauvaise - IQA supérieur à 100

### LES NIVEAUX D'INDICE DE QUALITÉ DE L'AIR (IQA) POUR LE QUÉBEC

Bon : 25 ou moins  
Acceptable : 26 à 50  
Mauvais : 51 ou plus

### NOMBRE DE JOURS DE MAUVAISE QUALITÉ DE L'AIR ET DE SMOG EN OUTAOUAIS

	2004	2005	2006	2007	Total
Mauvaise qualité de l'air	16	27	6	9	58
Smog	9	19	5	9	39

SOURCE: SITE DU MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS



La forte circulation automobile contribue à la formation de smog au centre-ville.

Nom : \_\_\_\_\_

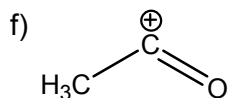
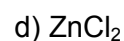
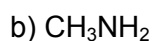
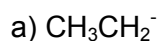
Groupe : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

**EXAMEN 3**  
**CHIMIE ORGANIQUE I**

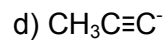
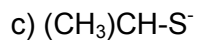
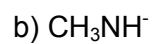
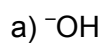
/8

#1) Classez les réactifs selon les trois catégories de réactifs (nucléophile, électrophile ou autre) :



/8

#2) Quel sera le produit obtenu suite à la réaction de substitution des nucléophiles ci-dessous par le substrat  $\text{CH}_3\text{-Br}$



/8

#3) Dites si les composés suivants sont des acides ou des bases de Lewis.

a)  $\text{NH}_3$

b)  $\text{BF}_3$

c)  $\text{Ag}^+$

d)  $\text{F}^-$

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

e)  $\text{H}^+$

f)  $\text{Al}^{3+}$

g)  $\text{CN}^-$

h)  $\text{NO}_2^-$

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

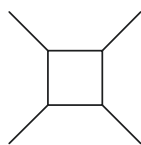
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

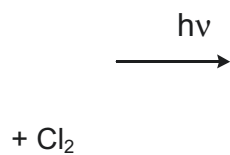
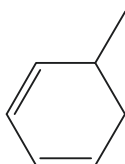
/20

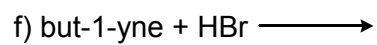
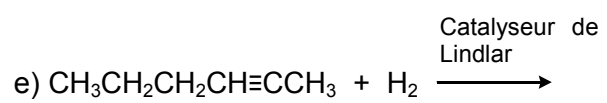
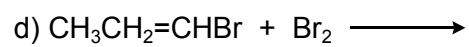
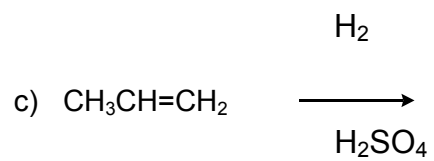
#4) Écrivez le mécanisme réactionnel et les produits correspondants à :

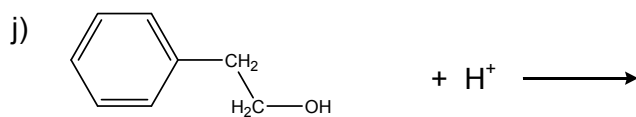
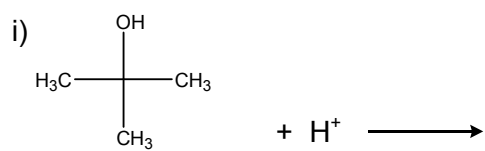
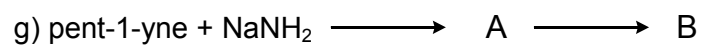
a)



b)



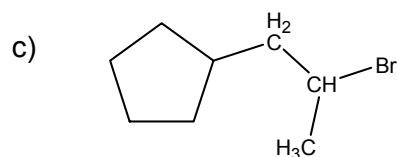
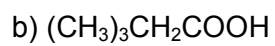
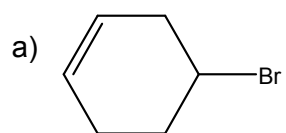






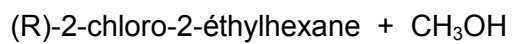
/9

#5) Quels sont les substrats et les réactifs utilisés pour synthétiser les composés suivants, grâce à des réactions d'addition électrophiles sur des hydrocarbures insaturés?



/8

#6) Illustrez le mécanisme et les produits de la réaction suivante en prêtant une attention particulière à la stéréochimie du réactif et du produit



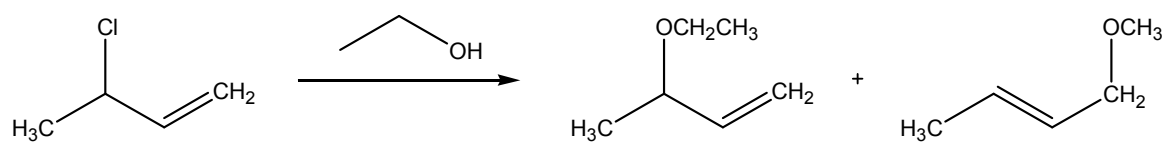
/10 #7) Quel sera le produit formé (mécanisme à l'appui)?

a) 2-fluoro-2-méthylcyclobutane + éthanol

b) 2-fluoro-2-méthylcyclobutane +  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{ONa}$  (dans l'éthanol)

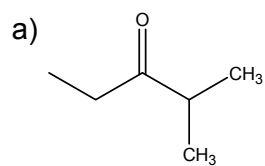
/5

#8) À l'aide du mécanisme réactionnel, expliquez comment se forment les différents produits. Indiquez si le produit est majoritaire ou minoritaire?

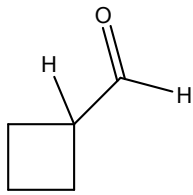


/18

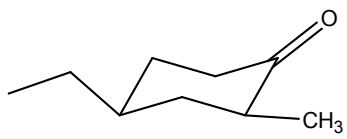
#9) Proposez une synthèse pour obtenir les produits suivants :



b)



c)



/6 #10) Expliquez la réaction de destruction d'un HCFC dans l'atmosphère.

