

Tiré des Actes du Colloque 1995 de l'Association de la recherche au collégial (ARC).  
 Copie numérique autorisée disponible sur le serveur Web du Centre de documentation collégiale (CDC):  
 URL= [http://www.cdc.qc.ca/actes\\_arc/1995/eid\\_actes\\_ARC\\_1995.pdf](http://www.cdc.qc.ca/actes_arc/1995/eid_actes_ARC_1995.pdf)  
 Format : 6 pages en PDF.

## *Science et technologie : un équilibre difficile*

Henri Eid, Collège Édouard-Montpetit

### Introduction

La première partie de cet article est une réflexion, dans une perspective historique, de la relation qui existe entre la science et la technologie.

Jusqu'au début du XIX<sup>e</sup> siècle, la science et la technologie ont évolué dans des univers qui étaient relativement séparés. Puis les liens se sont resserrés entre ces deux mondes et aujourd'hui nous constatons que l'autonomie que chacune avait par rapport à l'autre, tend à diminuer.

L'historique de la découverte de l'alizarine va nous permettre de mettre en évidence la contribution de la science et de la technologie à la croissance et au développement de l'industrie chimique des colorants au XIX<sup>e</sup> siècle. Cette réflexion se terminera par une considération sur l'éthique dans le domaine des sciences, c'est-à-dire sur la responsabilité que doivent avoir les scientifiques concernant l'impact de leurs découvertes sur la société et sur l'environnement.

La deuxième partie de cet article traitera de la place de la technologie dans l'enseignement des sciences. Après avoir constaté que la technologie n'est pas très présente dans les programmes des sciences de la nature, nous avons formulé l'hypothèse que l'actualisation de la science pourrait motiver l'étudiant envers l'apprentissage du cours de chimie générale; cette motivation pouvant se traduire par un rendement scolaire amélioré. De fait, les résultats préliminaires obtenus lors de l'évaluation d'une classe d'étudiants semblent confirmer cette hypothèse.

### La science et la technologie

La science cherche à expliquer la structure de la matière ainsi que le fonctionnement de l'Univers. Elle peut non seulement imiter la nature (plusieurs produits naturels comme l'insuline et la quinine ont été synthétisés en laboratoire), mais elle peut aussi modifier son environnement de façon à ce qu'il réponde aux besoins de la société.

La science peut également concevoir et produire des éléments qui n'existent pas dans la nature. À cet égard, dix-huit éléments artificiels ont été synthétisés dans des accélérateurs de particules. L'américium est un de ces

éléments qui est utilisé dans la fabrication de détecteurs de fumée.

La découverte de nouveaux produits chimiques n'a pas toujours été le résultat d'une démarche scientifique rigoureuse et il existe de nombreux exemples, dans l'histoire des sciences, qui montrent qu'un produit chimique a été découvert à partir d'un modèle théorique que nous savons être aujourd'hui erroné. À titre d'exemple, William Henry Perkin a découvert, en 1856, la mauvéine qui est le premier colorant synthétique alors qu'il pensait faire la synthèse de la quinine!

La physique est riche d'exemples qui montrent qu'une théorie peut s'imposer dans la communauté scientifique si elle permet de prévoir un phénomène nouveau qui peut être vérifié par une expérience dont les résultats sont reproductibles. À cet égard, nous considérerons les deux exemples suivants:

- a) En 1924, Louis de Broglie établit la relation suivante: À toute particule de masse « m », notamment l'électron, est associée une longueur d'onde qui est d'autant plus courte que la particule est plus rapide. La vérification expérimentale de la nature ondulatoire de l'électron par Davisson et Germer pava la voie à la découverte du microscope électronique en 1933.
- b) La déviation de la lumière par le champ de gravitation du soleil qui a été prévue par la théorie de la relativité générale, a été observée pour la première fois lors d'une éclipse de soleil au Brésil en 1919.

La technologie quant à elle, utilise les théories scientifiques de manière à façonner la matière à des fins utilitaires répondant ainsi aux besoins de la société.

Cependant, le passage d'une découverte du savoir du chercheur au savoir faire du technologue est un cheminement qui est toujours lent et mal connu. À cet égard, une invention qui est encore au stade du laboratoire ne pourra acquérir le titre d'innovation technologique que si elle entre dans le processus général de production.

Cependant, la science n'est pas nécessairement la voie obligée par laquelle doit passer la technologie et, inversement, on trouve beaucoup d'exemples dans l'histoire des sciences qui montrent que l'invention pratique a précédé la compréhension des phénomènes. À la Renaissance, ce sont l'expérience et le savoir technique

accumulés qui ont donné une impulsion au développement scientifique.

Au début du XVIII<sup>e</sup> siècle, la pompe atmosphérique du mécanicien anglais Thomas Newcomen fit son apparition dans les mines du pays de Galles où il fallait pomper sans cesse l'eau d'infiltration. Cette pompe fut améliorée par l'ingénieur écossais James Watt à qui l'on doit les premières machines à vapeur. Ce n'est qu'un siècle plus tard que la thermodynamique eut ses lettres de noblesse grâce aux travaux de savants tels que Sadi Carnot et Rudolph Clausius.

De très nombreuses découvertes ont été réalisées par des inventeurs qui ignoraient les théories scientifiques fondamentales relatives à leurs inventions, comme par exemple: la dynamo de l'électricien Gramme, l'ampoule électrique et le phonographe de Thomas Edison.

### Interdépendance de la science et de la technologie:

Jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle, la science et la technologie ont évolué dans des univers qui étaient relativement séparés, mais vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle les liens entre ces deux mondes se resserrent.

James Maxwell expose sa théorie électromagnétique de la lumière dans laquelle figurent les équations générales du champ électromagnétique. Cette recherche fondamentale a favorisé l'utilisation de l'énergie électrique. Les progrès de la chimie théorique sont à l'origine de la croissance d'une importante industrie chimique des colorants.

À notre époque, les rapports entre la science et la technologie se sont modifiés ainsi que leur relation à l'univers social dans lequel ils s'insèrent. L'autonomie qu'avait la science par rapport à la technologie (et inversement) tend à diminuer. Ainsi, la recherche scientifique utilise des instruments de grande précision qui sont produits par la technologie.

Le télescope spatial de Hubble et sa mise en orbite à plus de 600 km d'altitude est un exemple de l'interdépendance de la science et de la technologie. Les données recueillies par les astronomes à l'aide de ce télescope seront d'une grande importance pour les astrophysiciens qui étudient la théorie dite du big-bang concernant la formation de l'Univers.

L'insertion de la dimension science-technologie dans le processus général de production a occasionné de grands changements dans la pratique des professions, comme, par exemple, la bureautique, la robotique et bientôt la traduction automatique.

En chimie analytique, la verrerie du chimiste (pipette, burette, éprouvette etc.) a été partiellement remplacée par des instruments d'analyse automatisés qui

donnent rapidement le résultat de l'analyse chimique, ainsi que sa marge d'erreur.

Aujourd'hui, il est difficile d'imaginer une technologie nouvelle ou un produit nouveau qui ne résulte de l'application de découvertes scientifiques. L'interdépendance de la science et de la technologie est illustrée par la figure 1 qui représente l'intégration verticale des principales étapes de la synthèse d'un colorant rouge, l'alizarine, depuis sa conception à partir du modèle théorique du chercheur, en passant par le laboratoire, l'usine-pilote et l'usine, jusqu'à sa mise en marché.

Il convient d'ajouter que l'alizarine se trouve à l'état naturel dans la garance qui est une plante herbacée. Dans cet exemple, le chercheur veut imiter la nature.

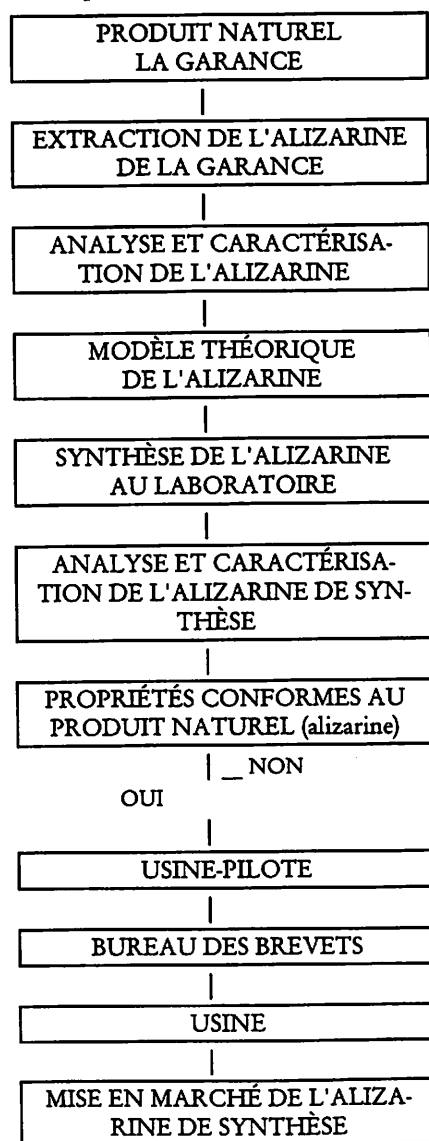


Figure 1 Représentation schématique des principales étapes qui conduisent à la synthèse de l'alizarine.

## La relation science-technologie : moteur du développement industriel et économique d'un pays

L'histoire du rouge de garance illustre le rôle que peuvent jouer la science et la technologie dans le développement industriel d'un pays.

La garance était une des grandes ressources de la Provence car on pouvait extraire, des racines de cette plante, l'alizarine. La synthèse de l'alizarine par Baeyer en 1868 et l'arrivée massive de ce produit sur le marché des colorants à des prix compétitifs provoqua la ruine des producteurs de garance de Provence. En Angleterre, c'est l'indigo naturel qui est supplanté par l'indigo synthétique fabriqué en Allemagne. En 1874, l'Allemagne détient 80% du marché mondial des colorants dont la moitié est constitué d'alizarine.

Pourquoi la France et l'Angleterre, qui ont été à l'origine de la synthèse des colorants synthétiques, ont-elles été dépassées par l'Allemagne ? Nous considérons ci-après les principaux facteurs qui ont contribué à l'essor de l'industrie chimique Allemande.

### L'enseignement scientifique supérieur

Au XIX<sup>e</sup> siècle, l'Europe était sous l'emprise du positivisme d'Auguste Comte dont l'essentiel de la théorie est basé sur le fait, qu'en sciences, une hypothèse doit s'appuyer sur des faits observables et vérifiables.

En France, la majorité des chimistes, qui étaient des positivistes, avaient choisi de ne pas souscrire à la théorie atomique et à la notion de molécule qui offraient aux chercheurs la possibilité d'explorer la structure de la matière en allant au-delà des phénomènes observables. Ce fut une décision qui eut des conséquences désastreuses pour certains secteurs de l'industrie chimique française, car maintenant nous savons que la représentation des molécules par les atomes qui les constituent et l'arrangement de ces atomes dans l'espace ont été la clé du développement prodigieux de la chimie organique.

En Allemagne, la situation était différente car la chimie et tout particulièrement la chimie organique étaient enseignées à partir de la théorie atomique.

### L'importance du travail expérimental

Au XIX<sup>e</sup> siècle, le travail expérimental dans les universités françaises n'est pas la règle générale et les professeurs dispensent un enseignement théorique agrémenté de quelques expériences spectaculaires. Les universités ne disposent pas de beaucoup de fonds pour équiper des laboratoires de recherche.

En Allemagne, les étudiants font le lien entre la théorie et la pratique. Le travail expérimental est reconnu comme étant de première nécessité. Les professeurs sont recrutés sur la base de leurs travaux déjà pu-

bliés. Ils jouissent d'une grande liberté intellectuelle et bénéficient de salaires élevés.

### La décentralisation

Un trait saillant dans l'organisation française des sciences au XIX<sup>e</sup> siècle est la concentration dans la capitale d'un grand nombre d'institutions d'enseignement supérieur. Paris détient plus de la moitié des chaires de chimie.

En Allemagne, c'est la situation inverse qui prévaut et la chimie se développe dans un cadre régional décentralisé. L'enseignement scientifique supérieur compte 22 universités régionales où le travail expérimental est reconnu comme étant de première nécessité.

### Les liens entre l'industrie chimique et les universités

La liaison entre universités et industrie est d'une grande importance pour la chimie, car la profession de chimiste se développe au carrefour du monde académique et du monde de la production.

En 1911, en Allemagne, la création d'instituts techniques gérés par le Ministère de l'éducation et financés par les entreprises, va permettre d'établir des liens très étroits entre l'État et l'industrie.

### La législation sur les brevets

En France, le retard de l'industrie chimique organique est partiellement dû à la législation sur les brevets. Depuis 1844, la loi protège uniquement les produits et non les procédés de fabrication. Cet aspect de la législation représente un inconvénient pour l'industrie chimique car il est possible de synthétiser un produit par plusieurs voies différentes.

Par contre en Allemagne, une loi sur les brevets a été promulguée en 1876. Cette loi protège les procédés et non les produits, ce qui encourage les industriels à chercher de nouveaux procédés économiques pour synthétiser le même produit.

### L'éthique dans le domaine des sciences

Nous entendons par l'éthique des sciences, la responsabilité que doivent avoir les scientifiques concernant l'impact de leurs découvertes sur la société et sur l'environnement.

Jusqu'au début du XX<sup>e</sup> siècle, la science et la technologie se sont développées pour répondre, en grande partie, aux besoins d'une société qui aspirait à une meilleure qualité de vie. Cependant, les scientifiques ne se préoccupaient pas de l'impact de leurs découvertes sur la société et sur l'environnement.

Après la deuxième guerre mondiale, la science avança à pas de géants et prit un essor considérable qui se

traduisit par d'importantes découvertes scientifiques et des applications technologiques. Mais peu après, on s'aperçut qu'un développement industriel incontrôlé pouvait causer des dommages irréparables à l'environnement et à la santé de l'être humain.

La première manifestation de l'impact de la technologie sur l'environnement fut celle de la pollution environnementale causée par les industries (précipitations acides, eaux usées etc.). La thalidomide est un autre exemple qui montre que les préoccupations du chercheur doivent aller au-delà de l'objet immédiat de son étude. Ce tranquillisant dont les effets tératogènes sont maintenant connus avait été prescrit aux femmes enceintes vers 1960.

Dès lors, les scientifiques et les gouvernements prirent conscience qu'ils ne pouvaient isoler la science et la technologie du contexte socio-économique dans lequel ils s'insèrent.

L'éthique dans l'enseignement des sciences peut faire prendre conscience à l'élève que pour établir un procédé industriel dans le but de fabriquer un produit donné il faudrait, en premier lieu, procéder à une étude qui tiendrait compte aussi bien de l'aspect technique que de l'impact que pourrait avoir ce procédé sur l'environnement.

Cet aspect de l'éthique des sciences est appliqué, dans une certaine mesure, au laboratoire où on demande à l'élève de récupérer les produits qui seraient dangereux pour l'environnement. Cette pratique s'inscrit dans le cadre plus global du rapport Bruntland de la commission mondiale sur l'environnement et le développement.

Ce rapport introduit la notion de développement durable qui consiste à satisfaire les besoins et les aspirations de l'être humain de manière à améliorer sa qualité de vie. Par ailleurs, ce rapport préconise de limiter le développement d'une société si ce développement se fait au détriment de l'environnement et pénalise les générations futures.

Si la société avait tenu compte, dans le passé, de l'impact social et environnemental des découvertes scientifiques et technologiques nous n'aurions pas:

- a) produit la thalidomide en 1960
- b) produit des BPC et des insecticides comme le D.D.T
- c) produit des CFC qui diminuent l'épaisseur de la couche d'ozone, ce qui pourrait causer une augmentation des cancers de la peau
- d) connu les précipitations acides.

## La place de la technologie dans l'enseignement des sciences de la nature

Durant la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle, la science et la technologie prirent un essor considérable qui se traduisit par d'importantes découvertes scientifiques et des applications technologiques qui ont fait reculer les frontières qui nous séparent de l'infiniment grand (exploration de l'espace) aussi bien de celles qui nous séparent de l'infiniment petit (atomes et molécules).

À ce développement scientifique et technologique est associé un important contenu notionnel qui fait en sorte que dans l'enseignement des sciences, l'équilibre est presque complètement déplacé vers la théorie.

Nous pouvons nous rendre compte de l'absence de la technologie dans l'enseignement des sciences, si nous considérons les cahiers de l'enseignement collégial où nous constaterons, à quelques exceptions près, que dans le programme sciences de la nature, il n'y a presque pas de référence à la relation science, technologie et société.

Dans l'enseignement des sciences, la technologie devrait pourtant être considérée comme un apport indispensable à la culture scientifique de l'étudiant. Même si le fait de vouloir définir cette dernière constitue une entreprise assez hasardeuse on pourrait cependant définir, dans ses grandes lignes, la culture scientifique comme étant un ensemble d'interactions entre différents champs de connaissances scientifiques qui s'insèrent dans un cadre social donné et enrichissent l'être humain d'un nouveau savoir lui permettant, entre autres, d'aborder les problèmes de son environnement dans une perspective historique et globale.

## Introduction de la technologie dans l'enseignement des sciences

### Problématique

Jusqu'à la première moitié du vingtième siècle, les innovations technologiques étaient exploitées principalement par les entreprises, les services publics et par l'armée. Aujourd'hui, l'environnement de l'étudiant est complètement différent de celui qui prévalait il y a environ une cinquantaine d'années. Ainsi, tous les secteurs y compris les foyers et les écoles sont touchés par les nouvelles technologies qui ont un effet cumulatif sur l'individu. Celui-ci est non seulement inondé d'informations qui parfois ne reflètent pas la réalité (que l'on pense à l'annonce publicitaire des frites sans cholestérol), mais il utilise une multitude de produits issus des nouvelles technologies.

Le plus grand défi que pose le problème de l'enseignement des sciences, à l'aube du XXI<sup>e</sup> siècle, est celui

de relier des concepts fondamentaux à une réalité qui est continuellement en voie de transformation. Cependant, dire que telle notion est importante parce qu'elle a des implications dans la vie de tous les jours ne suffit pas. Il faut montrer en quoi le modèle théorique qu'on présente à l'étudiant lui permet de rendre compréhensible le monde qui l'entoure.

### Hypothèse

Nous formulons l'hypothèse que l'introduction de la technologie dans l'enseignement des sciences de la nature pourrait susciter la curiosité de l'étudiant et le motiver envers la science. Nous supposons que si l'étudiant était ainsi motivé il pourrait améliorer son rendement scolaire.

### Méthodologie

Dans le cadre actuel du programme en sciences de la nature, il est possible d'envisager qu'alternent deux types de démarches *au sein d'un même cours*. La première démarche, consiste à suivre le plan cadre du cours de chimie générale tel que défini par les cahiers de l'enseignement collégial tout en essayant, si le temps le permet, d'établir une relation entre le contenu théorique du cours et la technologie.

La deuxième démarche, qui est l'objet de notre expérimentation, consiste à offrir à l'étudiant la possibilité de choisir un sujet thématique parmi plusieurs autres. À l'intérieur de chaque sujet thématique, ou sujet à option, la relation science-technologie est présente et les concepts fondamentaux du cours sont reliés aux exemples de la vie de tous les jours.

À la fin du sujet à option se trouve un questionnaire qui permet à l'étudiant de s'auto-évaluer. Aucune explication concernant les sujets à option n'est donnée durant le cours. Cependant, l'enseignant peut accorder aux étudiants une période de questions concernant les sujets qu'ils ont choisis.

### Mode d'évaluation des étudiants

Dans le cadre d'une évaluation formative de mon cours de chimie générale, les étudiants sont évalués quatre fois durant la session. Durant l'une de ces évaluations, qui dure deux heures, l'étudiant est évalué sur le

contenu notionnel du cours de chimie d'une part, et il est aussi évalué sur le sujet à option qu'il a choisi, d'autre part.

Cette évaluation porte sur une classe de 31 étudiants dont la très grande majorité (plus de 90%) est en sciences de la santé. Le tableau suivant donne la répartition des étudiants par sujet à option ainsi que les concepts fondamentaux qui sont reliés à chacun de ces sujets.

TABLEAU 1

Répartition des étudiants par sujet à option

ÉTUDIANTS	SUJETS À OPTION	CONCEPTS FONDAMENTAUX
7	1- La fuite des galaxies	Structure atomique
9	2- L'alcootest	Oxydoréduction
15	3- Comptez vos calories	Combustion
	4- La place de l'hydrogène dans l'avenir énergétique du Canada*	Électrolyse de l'eau Chimie inorganique

\* Ce sujet à option ne fait pas partie de cette évaluation

### Résultats de l'évaluation

L'histogramme qui apparaît ci-dessous illustre les résultats obtenus lors de cette évaluation. Ceux-ci montrent que la moyenne des notes obtenues sur un sujet à option donné, comme par exemple « l'alcootest », est légèrement supérieure à la moyenne des notes obtenues relativement au contenu notionnel. La même tendance se manifeste dans les autres sujets à option où l'on peut constater que dans le sujet « comptez vos calories » on trouve le plus grand écart entre les deux moyennes.

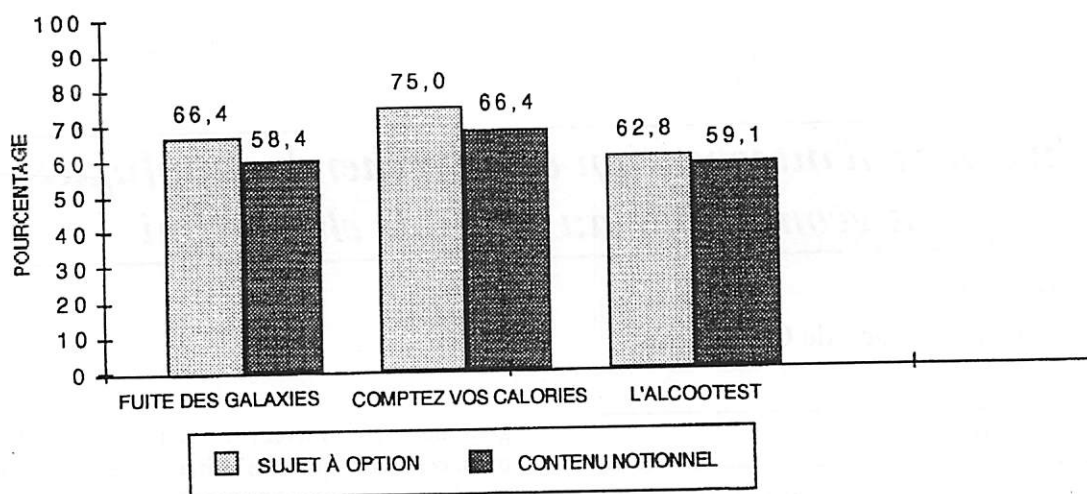


Figure 2. Résultats d'une évaluation d'une classe d'étudiants inscrits en science de la nature pour le cours de chimie générale.

## Discussion

L'analyse de ces résultats montre que l'introduction de la technologie par l'intermédiaire des sujets à option, semble motiver l'étudiant envers la science. Cette motivation se traduit par un rendement scolaire qui est, en moyenne, légèrement supérieur à celui obtenu lors de l'évaluation du contenu notionnel. Par ailleurs, la bonne performance des étudiants qui ont choisi le sujet « comptez vos calories » peut s'expliquer par le fait que la très grande majorité d'entre eux était en sciences de la santé.

Il faut aussi souligner le fait que l'objectif de cette évaluation n'est pas tant de quantifier la motivation de l'étudiant envers les applications de la science, que d'obtenir une indication sur la possibilité d'augmenter la part de la technologie dans l'enseignement des sciences. À cet égard, si on augmentait substantiellement la technologie dans un cours de science, faudrait-il réduire proportionnellement le contenu théorique du cours ?

Cette interrogation ouvre la porte à un débat qui déborde le cadre de cet article, car pour répondre à cette question il faudrait remettre en cause la finalité même de l'enseignement des sciences.

## Conclusion

La science et la technologie ne peuvent plus évoluer dans deux univers qui s'ignorent comme ce fut le cas dans le passé. Aujourd'hui, il existe une interdépendance entre ces deux mondes qui, parfois, vivent en association symbiotique.

L'essor de l'industrie chimique des colorants organiques au XIX<sup>e</sup> siècle est dû principalement à l'établissement de liens étroits entre l'université et l'industrie, ainsi qu'à une décentralisation des institutions d'ensei-

gnement supérieur, non sans oublier la législation sur les brevets. À cet égard, il faut souligner que les facteurs qui ont contribué au développement de la chimie des colorants au siècle passé sont toujours d'actualité.

Dans cet article, nous avons formulé l'hypothèse que l'introduction de la technologie dans l'enseignement des sciences pouvait susciter la curiosité de l'étudiant et le motiver envers la science. Des résultats préliminaires obtenus lors de l'évaluation des étudiants inscrits au cours de chimie générale semblent confirmer cette hypothèse.

Nous pensons que l'actualisation de la science permettra à l'étudiant de mieux comprendre le monde dans lequel il vit et le sensibilisera à l'impact social et environnemental des découvertes scientifiques et de leurs applications technologiques.

## Bibliographie

- Bernadette BENSAUDE - Vincent et Isabelle STENGER, *Histoire de la chimie*, Éditions la découverte, Paris, 1993.
- FAUQUE Danielle et BRAM Georges, *La chimie française à l'orée du XX<sup>e</sup> siècle*. Pour la science, no 189, 1993.
- EID Henri, *La chimie par le concret* (2<sup>e</sup> édition), Éditions Lidec Inc, Montréal, 1993.
- HAMBURGER Jean, *L'avenir de la science*, Dunod, Paris, 1991.
- Direction générale de l'enseignement collégial, *Cahiers de l'enseignement collégial 1989-1992*, Gouvernement du Québec, Québec, 1989.
- Commission mondiale sur l'environnement et le développement, *Notre avenir à tous*, Édition du fleuve, Montréal, 1989.
- LÉVY-LEBLOND Jean-Marc, *L'esprit de sel*, Fayard, Paris, 1981