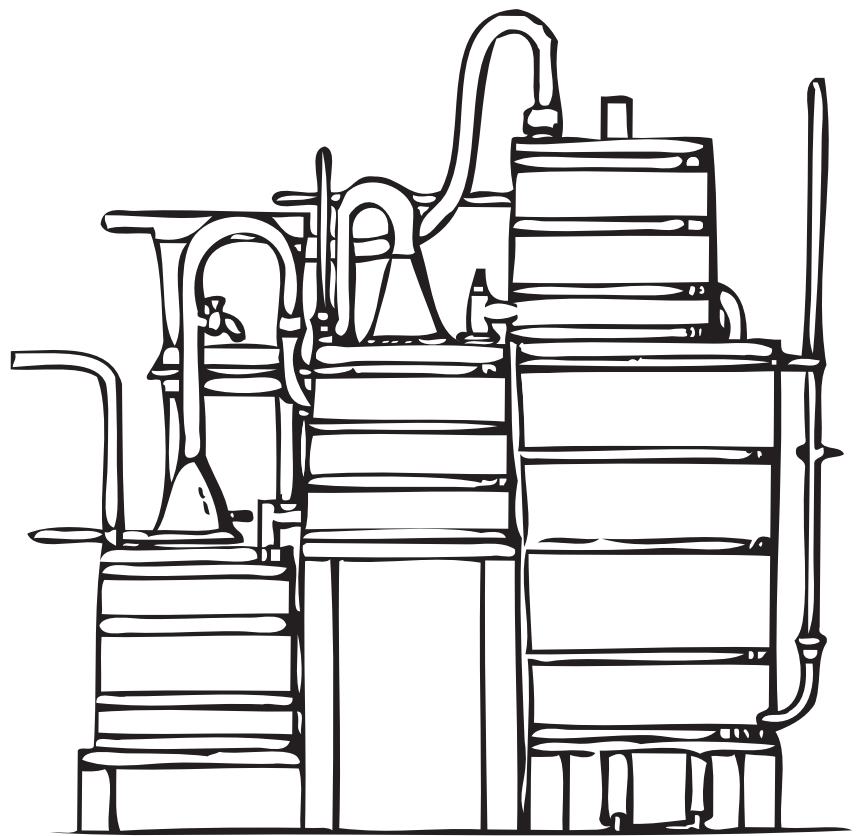


- La pseudo-science : outil de marketing ou charlatanisme? 1  
*Patrick Ayotte, Ph.D.*
- La cendre volante: Une deuxième vie pour le charbon 2  
*Carmel Jolicoeur, Ph.D.*  
*Nelu Spiratos, Ph.D.*
- La chimie verte 3  
*Éric Lévesque*
- Développement durable, une invention de politicien? 4  
*Pierre-Alexandre Turgeon*
- La chimie médicinale... un monde sans limites 6  
*Éric Marsault, Ph.D.*
- Est-il dangereux d'être un chimiste? 7  
*Adam Beauregard*
- Una Cerveza por Favor! 8  
*Étienne Levert, B.Sc.*



## La pseudo-science : outil de marketing ou charlatanisme?

**Patrick Ayotte, Ph.D.**  
*Professeur de Chimie Physique  
Université de Sherbrooke*

L'année dernière, lors des grandes campagnes de publicité de l'automne promouvant le gonflement des pneus à l'azote, notre classe de chimie-physique à l'Université de Sherbrooke a examiné les prétentions des manufacturiers (<http://www.getnitrogen.org/>). Le principal avantage conférant de meilleures performances à l'azote est son habileté à maintenir la pression dans le pneu. Voici les faits rapportés par Customer Report (<http://blogs.consumerreports.org/cars/2007/10/tires-nitrogen-.html>): un pneu normal gonflé à l'azote à 30 livres par pouce carré (psi) ne perd que 2.2 psi de sa pression initiale par année; tandis que le même pneu gonflé à l'air en perd environ 3.5 psi.

Afin de comprendre l'origine de ce phénomène, il est important de comprendre les raisons principales causant la perte de pression d'un pneu: mauvais contact entre la jante et le pneu, défectuosité de la valve et finalement, la perméabilité du caoutchouc. De ces facteurs, seule la perméabilité du pneu pourrait être affectée par la composition chimique et les propriétés physiques du gaz. L'air est un mélange de gaz, constitué d'environ 78% d'azote et 21% d'oxygène, le reste étant principalement de la vapeur d'eau, du dioxyde de carbone et de l'argon. Si les pneus gonflés à l'azote montrent une plus faible perte de pression que celle des pneus gonflés à l'air, celle-ci ne peut vraisemblablement s'expliquer que par l'absence d'oxygène. En effet, il a été démontré que la vitesse de perméation de l'oxygène dans le caoutchouc est trois fois plus élevée que celle de l'azote. Ainsi, à la manière des ballons gonflés à l'hélium, la perte de pression dans les pneus gonflés à l'air par rapport à ceux gonflés à l'azote provient de l'oxygène

(l'hélium dans les ballons) qui s'échappe plus rapidement du pneu que l'azote pour retourner dans l'air.

D'autres arguments sont aussi présentés pour tenter de séduire (ou bernier!) le consommateur : premièrement, les changements de température (saisonniers, ou entre la température du pneu lors de la conduite du véhicule par rapport à l'arrêt) engendrent aussi des changements de pression dans le pneu. Ces changements ne différeront que de manière insignifiante qu'on utilise de l'air ou de l'azote. Deuxièmement, la condensation de la vapeur d'eau (présente à des concentrations de quelques pourcents sous forme d'humidité dans l'air) dans le pneu peut aussi entraîner des fluctuations de pression, mais elles sont d'au maximum 1 psi. De plus, l'air (ou l'azote) utilisé est habituellement séché avant le gonflage des pneus rendant caduque cette contribution au problème. Troisièmement, l'oxydation du caoutchouc et de la jante peut causer un vieillissement prématuré des pneus, mais la conception des manufacturiers prend déjà ces problèmes en considération, minimisant leurs effets dans le design et la sélection des matériaux. De plus, comment serait-il possible d'arrêter l'oxydation par l'air ambiant sur l'extérieur?

Finalement, nous devons tenir compte de la situation géopolitique des Québécois. Depuis l'instauration de la loi sur les pneus d'hiver, nous changeons nos pneus tous les 6 mois. Ainsi, lors de ce changement de pneus, la pression est systématiquement vérifiée et ajustée et encore une fois lors des changements d'huile. Compte tenu de ces entretiens systématiques (et du coût qui va jusqu'à 10\$ du pneu), le gonflage (bisannuel!) à l'azote est-il pertinent au Québec, mis à part possiblement pour les poids lourds, les avions de ligne ou les bolides de F1?

Voilà qui amène à réfléchir aussi sur d'autres publicités de produits et services qui s'appuient sur la « science » pour augmenter la crédibilité de leurs produits. Cet exemple démontre bien qu'il est important, en tant que consommateur, de demeurer critique devant les écrans de fumée que constituent souvent les arguments pseudo-scientifiques. Que ce soit en vantant directement le mérite environnemental de l'azote dans les pneus ou en utilisant le mot « azote », qui est de plus en plus associé à « vert » comme récemment pour un additif de carburant, la publicité essaie toujours de présenter les produits sous un meilleur jour en profitant des tendances du moment pour les valoriser. Heureusement, il existe des ressources permettant de contre-vérifier l'information donnée. Il est possible d'en parler avec le vendeur, le fournisseur (la plupart des compagnies offrent un service à la clientèle en français) ou avec des organismes gouvernementaux tels que l'office de la protection du consommateur. La prochaine fois que vous avez un doute à propos d'une boisson biologique ou de l'efficacité d'un savon écologique, n'hésitez pas à vous informer! C'est un moyen simple de s'assurer que le produit que vous achetez répond réellement à vos besoins et qu'il porte bel et bien les vertus qu'on lui prétend.

Et donc, si votre conscience environnementale vous incite à gonfler vos pneus à l'azote pour prolonger la durée de vie de vos pneus, améliorer votre consommation d'essence, etc., vous seriez plutôt avisés de simplement vérifier la pression de vos pneus plus fréquemment. Il se pourrait que tout ce qu'il y a de « vert » dans ce que plusieurs qualifient d'arnaque du siècle, ce soit le « bouchon »!

## CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

## LA CENDRE VOLANTE : UNE SECONDE VIE POUR LE CHARBON

Le charbon est de loin la source d'énergie fossile la plus abondante sur notre planète. Il est également d'emploi pratique et sécuritaire : le charbon est peu inflammable, facile à entreposer et ne présente pas de risque de catastrophe environnementale. Il n'est donc pas étonnant de constater que la majorité des centrales thermiques pour la production d'électricité sont alimentées au charbon.

**Carmel Jolicoeur, Ph.D.**  
Directeur du département de Chimie

Université de Sherbrooke

**Nelu Spiratos, Ph. D.**

Président et CEO

Les Produits Chimiques Handy Itée

Comme chacun le sait, les centrales au charbon génèrent d'importantes quantités de  $\text{CO}_2$ , un des principaux gaz à effet de serre (GES). Selon le type de charbon (anthracite, bitumineux, lignite), le type de brûleur et les conditions d'opération, la combustion produira également diverses quantités d'oxyde d'azote et de soufre, de même que des résidus minéraux dont la majeure partie s'échappe avec les gaz de combustion : la cendre volante.

### La cendre volante

Les particules minérales entraînées avec les gaz de combustion sont issues de la fusion des minéraux cueillis avec le charbon lors de l'extraction minière de ce dernier : mort terrain, gangue, inclusions minérales dans le charbon. La fusion de matières minérales effectuée à haute température génère des particules très fines et de forme sphérique, telles qu'illustrées à la Figure 1.

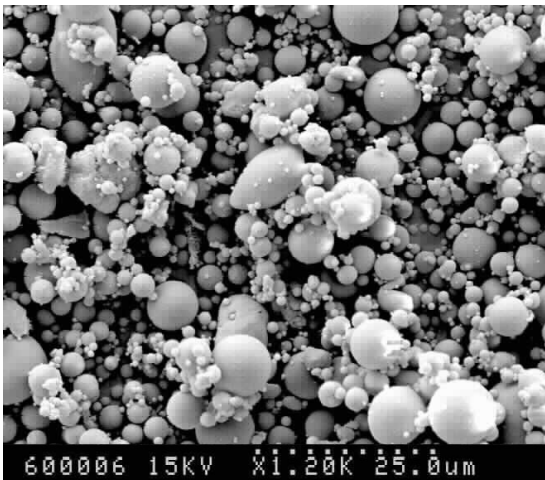


Figure 1. Cendre volante photographiée en microscopie électronique; le diamètre moyen des particules est de l'ordre de 1-10 micromètre (millièmes de millimètre).

Par leur composition chimique et leur réactivité, ces particules s'apparentent à des particules de ciment Portland, celui utilisé dans la construction d'ouvrages ou d'infrastructures en béton. De cette observation, à l'utilisation de la cendre volante dans la fabrication du béton, il ne manquait qu'un pas que les chercheurs en chimie et en génie civil ont promptement franchi. Rappelons que les Romains utilisaient déjà la cendre volcanique, une autre forme de «cendre volante», dans la fabrication du mortier!

### La cendre volante et le béton

Lors de la fabrication d'un béton, si l'on substitue une partie du ciment Portland par de la cendre volante (une substitution de 25-30% est couramment acceptée), il en résulte un impressionnant éventail de retombées bénéfiques :

- un béton plus durable
- une réduction de gaz à effet de serre
- une économie d'énergie.

Ces bénéfices s'ajoutent au fait que l'incorporation au béton de la cendre volante valorise un résidu qui, jusqu'à récemment, était une nuisance environnementale. Ce résidu du charbon présente donc des caractéristiques fort intéressantes qui méritent d'être élaborées.

### Un béton plus durable

Le béton, constitué d'un mélange de granulats (sable, pierre), de ciment et d'eau tire sa résistance de la réaction du ciment avec l'eau, pour la formation d'une matrice rigide qui lie les diverses composantes. Or la réaction du ciment Portland avec l'eau génère de la chaux (hydroxyde de calcium) qui demeure dans la matrice cimentaire; si le béton est poreux et qu'il est exposé à des environnements agressifs (pluies ou sols acides, sulfates, chlorures), la chaux pourra réagir avec les agents agresseurs et altérer l'intégrité du béton. La «décalcification» du béton, notamment par une eau ou un sol acide, peut engendrer une «ostéoporose» fatale.

La cendre volante a la capacité de réagir avec la chaux libérée lors de l'hydratation du ciment Portland (réaction pouzzolanique) et d'incorporer cette chaux dans des produits d'hydratation qui deviennent partie intégrale de la matrice cimentaire. Cette dernière est alors moins sensible aux agents agressifs externes (de l'environnement) ou internes (contenus dans les granulats). La présence de la cendre volante améliore également les propriétés du béton selon d'autres aspects: porosité capillaire plus fine (béton moins perméable) et hydratation plus lente (moins de fissuration due aux gradients thermiques). Tout ça, sans changer significativement les technologies de mise en œuvre ou l'aspect esthétique du béton durci; pas mal pour un résidu!

### Réduction de GES

Le ciment Portland est issu de la cuisson (~1450°C) d'un mélange de minéraux broyés, principalement de la pierre calcaire, de la silice, de l'argile et de l'oxyde de fer. Dans le four, la pierre calcaire est convertie en oxyde de calcium (chaux vive qui réagit avec les autres composants pour former le *clinker*) et en  $\text{CO}_2$  qui est libéré dans l'atmosphère. Si on tient compte du  $\text{CO}_2$  généré par les combustibles utilisés pour la cuisson, la production de 1,0 tonne de ciment conduit à la génération de ~0,8 tonne de  $\text{CO}_2$ . Ainsi, chaque tonne de ciment que l'on remplace par la cendre volante réduit de 0,8 tonne nos émissions de GES.

Pour situer l'importance de cette observation, rappelons que les émissions annuelles totales de  $\text{CO}_2$  dues à l'activité humaine se chiffrent présentement à environ 30 milliards de tonnes; sachant que la production mondiale du ciment approche les 2 milliards de tonnes/an, on aura tôt fait de calculer que la production du ciment compte pour plus de 5% de tout le  $\text{CO}_2$  émis dans l'atmosphère. Par conséquent, si on remplaçait le tiers de tout le ciment utilisé par de la cendre volante, on réduirait d'un seul coup les émissions planétaires de gaz carbonique de 2%!

À l'échelle du Canada, on peut estimer que la substitution de 25% du ciment produit (~15Mt/an) réduirait les émissions de  $\text{CO}_2$  de 3Mt/an, une quantité équivalente à celle produite par ~700 000 voitures (présument 20 000 km/an et une consommation de 8 litres/100km)! La seule réduction des GES justifie donc pleinement l'emploi de la cendre volante dans le béton, mais il y a plus: cette utilisation de la cendre volante génère aussi d'importantes économies d'énergie.

### Économies d'énergie

La production du ciment Portland nécessite d'importantes quantités d'énergie, notamment pour l'extraction et le traitement des matières premières, la cuisson de ces matières, et le broyage des minéraux issus de la cuisson (clinker) et du gypse. Au total, la production d'une tonne de ciment nécessite près de 5 milliards de Joules (5 GJ), ce qui correspond à 1,4 mégawatt/heure (MWh).

La production mondiale annuelle de ciment (~2 milliards de tonnes) nécessite donc près de 3 milliards de MWh. L'énergie utilisée présentement à cette fin provient de combustibles fossiles (~80%), d'électricité (~10%) et de déchets (~10%), notamment des ordures domestiques, des huiles usées, des pneus usés, etc. Au total, l'énergie consommée annuellement pour la production mondiale du ciment correspond à toute la puissance générée par la centrale hydroélectrique Manic-5 (environ 2,5GW) pendant ~125 ans! L'utilisation de cendre volante en remplacement du ciment diminue l'énergie consommée en proportion directe du degré de substitution. À l'échelle du pays, le remplacement de 25% du ciment produit annuellement (~15Mt) par de la cendre volante réduirait la demande annuelle en énergie de plus de 5 millions de MWh, ce qui correspond à la consommation énergétique d'environ 200 000 foyers!

### Qu'est-ce qu'on attend?

Forte de tous les avantages que nous offre la cendre volante, l'utilisation de ce matériau dans la fabrication du béton apparaît d'une logique évidente. À l'échelle mondiale, la quantité de cendre volante produite annuellement par les centrales thermiques approche 1 milliard de tonnes, soit environ la moitié de la production annuelle de ciment. Il y a donc, en principe, suffisamment de cendre volante pour remplacer 25-30% du ciment dans tout le béton utilisé, et il en reste. Or Malhotra, un des principaux experts scientifiques supportant cette pratique, estimait qu'en moyenne, seulement 10% de la cendre volante produite mondialement est valorisée dans le béton (données de 2004.). Fort heureusement, la tendance est à la hausse; les industries du ciment et du béton, soucieuses de réduire leurs émissions de GES et leurs dépenses énergétiques, adoptent de plus en plus les ciments et bétons contenant jusqu'à 30% de cendre volante. Mais, il y a évidemment des embûches.

La cendre volante étant un résidu, sa composition chimique peut varier selon l'origine et le type du charbon; selon leur teneur en calcium, on les désigne de classe C ou F (respectivement riche ou pauvre en calcium). Les variations de la composition des cendres entraînent évidemment des changements dans la réactivité de ces matériaux, mais les conséquences de ces changements sont aujourd'hui bien comprises et maîtrisées.

D'autre part, la cendre volante n'est pas nécessairement produite près de l'endroit où elle pourrait être utilisée. Au Canada, par exemple, les centrales au charbon se retrouvent surtout dans l'Est, l'Ontario et les Prairies. Par conséquent, le Québec doit importer la cendre

volante, avec les coûts de manutention et de transport que cela comporte.

Enfin, toute la cendre volante produite n'est pas forcément utilisable dans le béton. Ainsi, une importante fraction de la cendre volante disponible renferme des quantités excessives de carbone résiduel qui la rendent impropre à son incorporation au béton, particulièrement dans les bétons employés en climat nordique. Cette limitation vient du fait que le carbone résiduel (analogue au charbon activé) interfère avec les agents chimiques ajoutés au béton pour assurer leur protection contre le gel.

Dans ce cas précis, grâce aux travaux de recherche des auteurs et de leurs collègues de deux sociétés (Produits Chimiques Handy, Candiac, QC et Boral Materials Technologies, San Antonio, Texas), un

procédé chimique a été développé pour contrer l'effet du carbone. Ce procédé, aujourd'hui breveté a été implanté industriellement et a permis de traiter, à ce jour, plus de 2 millions de tonnes de cendre volante qui a été valorisée sans encombre dans le béton.

**Au final....**

La croissance fulgurante des économies émergentes, principalement la Chine et l'Inde, s'accompagne d'une croissance correspondante du nombre de centrales au charbon pour suffire à la demande énergétique. En même temps, ces économies ont d'immenses besoins d'infrastructure qui propulsent la demande pour le ciment. Étant donné l'impact des centrales au charbon et des cimenteries sur les émissions de GES, il faut souhaiter que les secondes utilisent au maximum la cendre volante produite par les premières, tant dans les économies émergentes, que dans toutes les autres.

‡ MALHOTRA, V. M. and RAMEZANIANPOUR, A. A., 'Fly Ash in Concrete', Canmet, Natural Resources Canada, Ottawa, **1994**.  
 ‡ MALHOTRA, V. M., 'Role of Fly Ash in Reducing Greenhouse Gas Emissions During the Manufacturing of Portland Cement Clinker', Jean PÉRA Symposium on Specialty Cements and Sustainability Issues, Warsaw, Poland, May 24, **2007**, p 175-182.  
 ‡ TAYLOR, M., TAM, C., AND GIELEN, D., 'Energy Efficiency and CO<sub>2</sub> Emissions from the Global Cement Industry' International Energy Division, Paris, 4-5 Sept **2006**.  
 ‡ VENTA, G., BOUZOUBAË, N and FOURNIER, B., "Production and Use of Supplementary Cementing Materials in Canada and the Resulting Impact on Greenhouse Gas Emissions Reductions", Eighth CANMET/ACI International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete, Supplementary Papers, Las Vegas, U.S.A., pp. 73-87, May 23-29, 2004.  
 ‡ RESSOURCES NATURELLES CANADA, 'Energy Consumption Benchmark Guide: Cement Clinker Production', **2001**  
 ‡ JOLICOEUR, C., TO, T.C., BENOÎT, E., HILL, R., PAGÉ, M., 'Fundamental Aspects of FA-Carbon on Air Entrainment in Concrete' Jean PÉRA Symposium on Specialty Cements and Sustainability Issues, Warsaw, Poland, May 24, **2007**, p 67-91.

**LA CHIMIE VERTE**

**Éric Lévesque**

Étudiant au baccalauréat en chimie  
 Université de Sherbrooke

**Autant dans les domaines scientifiques qu'industriels, les considérations environnementales sont de plus en plus à l'ordre du jour, et la chimie n'y échappe pas. L'appellation chimie verte est vaguement définie comme étant une chimie respectueuse de l'environnement, et est souvent utilisée à toutes les sauces pour vanter les mérites de telle ou telle nouvelle découverte. Cet article a pour but de définir de manière claire et précise le concept de chimie verte tel qu'accepté par la communauté scientifique.**

La chimie verte correspond en fait au volet chimique du concept de développement durable; elle est d'ailleurs nommée «chimie durable» dans certains articles. Il s'agit d'une manière de concevoir la chimie de sorte à encourager le développement de méthodes et de produits qui limitent la fabrication et l'usage de produits dangereux.

En effet, depuis les années 1850, les accomplissements de la chimie, surtout à l'échelle industrielle, se font souvent au prix de conséquences néfastes pour l'environnement, les travailleurs et les populations. Non seulement les produits chimiques fabriqués sont parfois dommageables pour l'environnement, mais leur confection peut nécessiter la manipulation de produits à haut risque et la génération de déchets chimiques dont il est difficile de se débarrasser.

Le concept de chimie verte provient des recommandations de l'Acte de Prévention de la Pollution, voté par le congrès des États-Unis en 1990, qui suggère que la manière idéale de diminuer les coûts occasionnés par la pollution est de la réduire à la source, plutôt que de régler les problèmes reliés à sa libération dans l'environnement. En 1998, Paul Anastas, alors employé de l'Agence de Protection de l'Environnement (EPA) des États-Unis, a publié, en collaboration avec J. C. Warner, un article définissant les 12 principes de la chimie verte. Tout procédé chimique doit satisfaire ces 12 critères pour être considéré parfaitement durable et sans impact néfaste sur l'environnement et la population humaine. Évidemment, il s'agit d'idéaux souvent très difficiles à atteindre, et il n'existe à ce jour aucun procédé chimique qui respecte parfaitement la totalité des critères. Ils sont plutôt considérés comme des suggestions à appliquer lors de la conception de nouveaux procédés ou lors de l'amélioration de procédés existants. Les 12 principes de la chimie verte se présentent comme suit :

**• La prévention :**

Il est préférable de prévenir la génération de déchets que de nettoyer, traiter ou recycler ces déchets par la suite.

**• L'économie d'atomes :**

Les méthodes de synthèse de produits chimiques doivent être conçues de manière à ce que la majorité des atomes contenus dans les réactifs utilisés se retrouvent dans le produit final. Par exemple, la pratique courante d'ajouter un groupement protecteur à une molécule, pour ensuite le retirer après quelques étapes, est une méthode très peu économe en atomes.

**• La conception de synthèses moins dangereuses :**

Lorsque c'est possible, les méthodes de synthèses devraient être conçues de manière à utiliser et à générer des substances qui ne possèdent pas ou très peu de toxicité pour la santé humaine et l'environnement.

**• Le design de produits chimique plus sécuritaires :**

Les produits chimiques fabriqués devraient être conçus de manière à effectuer leur fonction désirée tout en ayant une toxicité minimale. Cet objectif passe par l'amélioration de la sélectivité des composés et par des progrès dans le domaine des études toxicologiques.

**• L'utilisation de solvants et d'auxiliaires plus sécuritaires :**

L'utilisation de substances auxiliaires, tels les solvants ou les agents de séparation, devrait être évité si possible et sans impact néfaste si indispensable. La chimie supramoléculaire en phase solide ou les solvants réutilisables sont des outils pouvant permettre d'atteindre cet objectif.

**• L'efficacité énergétique :**

L'impact économique et environnemental du coût énergétique des procédés chimiques doivent être pris en considération. Idéalement, les réactions devraient s'effectuer à température et pression ambiantes.

**• L'utilisation de ressources renouvelables :**

Les produits de départ et réactifs devraient provenir de sources renouvelables plutôt que de ressources fossiles. Un grand nombre de produits chimiques commerciaux utilisés aujourd'hui sont dérivés du pétrole et des autres combustibles fossiles, alors que plusieurs d'entre eux pourraient être éventuellement fabriqués à partir de biomasse.

**• La réduction des dérivés :**

La dérivation des composés en synthèse, telle que l'utilisation de groupes protecteurs et d'auxiliaires chiraux, doit être évitée ou minimisée, car elle introduit des étapes supplémentaires qui nécessitent des réactifs et qui génèrent des déchets, en plus d'avoir une pauvre économie d'atomes.

**• La catalyse :**

Si possible, les réactifs stoechiométriques doivent être remplacés par des réactifs catalytiques, ce qui réduit la quantité de déchets et de produits à manipuler. Il existe différents types de catalyses (organométallique, organique, enzymatique, etc.) qui peuvent être appliquées à une panoplie de réactions.

**• La conception de produits dégradables :**

Les produits fabriqués devraient être conçus de manière à effectuer la fonction pour laquelle ils sont prévus, puis se dégrader en sous-produits inoffensifs une fois leur fonction accomplie. Ce critère vise principalement à éviter l'accumulation de produits chimiques dans l'environnement et les chaînes alimentaires.

**• L'analyse en temps réel des polluants :**

Les méthodes analytiques doivent permettre un suivi précis et en temps réel de la formation de composés dangereux tout au long d'un procédé, dans le but de pouvoir détecter, quantifier et idéalement contrôler les émissions de ces composés.

**• Le développement d'une chimie plus sécuritaire :**

Les réactifs impliqués dans un procédé chimique devraient être choisis de manière à éviter les produits pouvant occasionner des accidents tels que des feux, explosions ou dégagements massifs de polluants.

Il y a encore beaucoup de chemin à faire avant que toute la chimie pratiquée par l'Homme soit considérée comme complètement «verte», mais l'introduction de considérations environnementales dans la mentalité des scientifiques et des ingénieurs est un pas dans la bonne direction. Ces recommandations s'ajoutent aux contraintes économiques et matérielles dans la tâche déjà très complexe d'élaborer un procédé chimique à l'échelle industrielle. Toutefois, même s'ils semblent viser principalement les procédés à grande échelle, les principes de la chimie verte ne sont pas limités à l'industrie et peuvent aussi s'appliquer à n'importe quel choix d'ordre chimique, même en laboratoire de recherche.

‡ Zfb,!!i i i 2MSZahYdWUZW|efck  
 ‡ {>WVaglVbd UbWVWSUZL [WVWVZfb,!!i i i 2U dZd [ U recherche/programmes/docs/chimieverte.pdf  
 ‡ 3' SefSd BfZi I Sd W-z5z 9dW 5ZV|efck VdkS VBdU tice, Oxford University Press: New York, **1998**, p.30.  
 ‡ { WZV [LS^ [ VgfcK Xh\_ fZV#\* " eg` f^faVSk` http://find-articles.com/p/articles/mi\_m1094/is\_4\_34/ai\_56973853/

## TRIBUNE LIBRE: ENVIRONNEMENT

## DÉVELOPPEMENT DURABLE, UNE INVENTION DE POLITICIEN?

Au cours de l'année 2009, les changements climatiques et le sommet de Copenhague furent des sujets de premier plan au niveau international. L'objectif de cette conférence était de taille: parvenir à un accord visant à stopper l'élévation de température actuelle de la planète en réduisant considérablement les émissions internationales de gaz à effet de serre (GES). Réunissant les représentants de plus de 190 pays, il s'agissait du plus gros sommet sur le climat tenu à ce jour avec la participation notable des États-Unis qui avaient pourtant boudé le protocole de Kyoto.

**L'effet de serre**

Avant tout, il serait intéressant d'ériger les bases scientifiques sur lesquelles repose la théorie du changement climatique anthropogénique. Les défenseurs de cette théorie font souvent une analogie avec les serres servant à l'horticulture. Le principe est relativement simple: un rayon de lumière visible traverse la vitre, est absorbé par les molécules du sol qui émettent en retour un rayonnement infrarouge ainsi que de la chaleur pour dissiper cette énergie. Le rayon infrarouge, en frappant la vitre, sera absorbé (par le  $\text{SiO}_2$  qui compose la vitre) et encore une fois réémis sous la forme d'un rayonnement infrarouge ou de chaleur. Ce rayon peut alors retourner frapper le sol. Le bilan net de ce phénomène est l'accumulation graduelle de rayonnement infrarouge à l'intérieur de la serre, qui fait monter la température (les rayons infrarouges font chauffer les matériaux en faisant vibrer les molécules).

Dans le cas de l'effet de serre à l'échelle planétaire, ce sont les GES qui jouent le rôle de la vitre dans la serre traditionnelle. En effet, des molécules comme le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), le méthane ( $\text{CH}_4$ ), le protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ) et l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ont la capacité d'absorber un rayonnement infrarouge et de le réémettre, comme le  $\text{SiO}_2$ .

**Le « consensus » scientifique**

On peut lire et entendre dans les médias que la communauté scientifique est unanime au sujet du réchauffement climatique engendré par l'homme. Bien qu'il soit vrai que plusieurs scientifiques soutiennent cette théorie, il existe toujours une certaine controverse autour de celle-ci. C'est d'ailleurs cette polémique que tentent de soulever Gerlich et Tschuschner dans leur récente publication parue dans la revue *Journal of Modern Physics B*<sup>1</sup>. Leur argumentation, loin de faire l'unanimité, porte entre autre sur l'incapacité de l'homme à mesurer correctement des données aussi simples que la température moyenne de la Terre. Je vous conseille d'aller y jeter un coup d'œil, mais la lecture est plutôt ardue et requiert d'excellentes connaissances en physique.

Les sceptiques du changement climatique se servent aussi d'un événement qui s'est produit au cours du mois de novembre 2009 afin de renforcer leur position: le fameux Climate Gate. Pour ceux qui n'auraient pas suivi l'actualité, il s'agit d'un pirate informatique qui aurait réussi à subtiliser plusieurs courriels et données des serveurs du Climate Research Unit (CRU) de l'Université d'East Anglia (Angleterre). Ces courriels révéleraient des choses troublantes notamment sur le maquillage potentiel de données afin de cacher des évidences de refroidissement climatique au cours des dernières années.

**La position du Canada**

En marge du sommet de Copenhague, plusieurs pays se sont dotés d'objectifs nationaux de réduction de GES. Le gouvernement canadien a pour sa part annoncé un objectif de réduction de 20% des émissions d'ici 2020 par rapport à celles enregistrées en 2006. Bien que ce

chiffre puisse paraître généreux à première vue, il faut savoir que la plupart des pays utilisent l'année 1990 comme référence, non pas 2006. Or, de 1990 à 2006, les émissions de GES canadiennes ont fait un bond de plus de 22%... En faisant le calcul, on obtient un maigre objectif de réduction d'environ 3% par rapport au niveau de 1990 en comparaison avec l'objectif de 20% annoncé par la province de Québec. Il est aussi intéressant de remarquer que Québec est la seule province ayant réussi à réduire ses émissions de  $\text{CO}_2$  de 1990 à 2006 (-1%) alors que l'Alberta et la Saskatchewan ont respectivement connu des augmentations de 37% et 63%, affichant maintenant les pires taux d'émissions par habitant du Canada (4 à 5 fois plus élevé que le taux du Québec)<sup>2</sup>. Une grande partie des émissions dans les provinces du centre proviennent notamment de l'exploitation des sables bitumineux pour en extraire le pétrole. En plus d'être coûteuse énergétiquement, cette exploitation engendre des dégâts importants pour les écosystèmes en relarguant des hydrocarbures lourds et poly-aromatiques (HAP) dans les cours d'eau.

**Le Québec floué?**

Les efforts fournis par la province de Québec afin de réduire (ou du moins maintenir) ses émissions de GES sont complètement éclipsés par la surexploitation pétrolière albertaine que cautionne le gouvernement conservateur. Au niveau international, notre pays est désormais perçu comme le frère cadet des États-Unis à l'époque George W. Bush alors qu'il était autrefois vu comme l'un des pays les plus avant-gardistes. D'ailleurs, lors de la conférence de Copenhague, le Canada ainsi que son premier ministre, Stephen Harper, ont été publiquement ridiculisés notamment par l'attribution du fameux « prix fossiles », une sorte de prix citron environnemental. La question qu'il faut désormais se poser est bien simple, est-ce que les valeurs véhiculées par une grande partie de la population canadienne reflètent bien celles des Québé-

cois? Le spectre du débat identitaire refait surface dans la Belle Province avec ces dissemblances idéologiques. Même M. Charest, premier ministre du Québec et ancien ministre conservateur, semble commencer à s'insurger contre les politiques rétrogrades du gouvernement de Stephen Harper.

Toute cette histoire n'est évidemment qu'une question monétaire puisque l'exportation de pétrole en direction des États-Unis est très lucrative. Il est important de souligner que le Québec tire aussi avantage de cette situation alors qu'il reçoit annuellement un montant très intéressant en péréquation fédérale, celui-ci provenant presque exclusivement de l'Alberta et de son argent pétrolier.

Que la théorie du changement climatique soit véridique ou non, il apparaît évident que les habitudes de consommation des Occidentaux sont particulièrement néfastes pour la planète. De plus, il demeure que nos ressources de pétrole et de charbon sont très limitées et qu'elles ne dureront pas longtemps avec la croissance actuelle de pays comme la Chine et l'Inde. Dès lors, il devient important, voir primordial de trouver une alternative durable aux combustibles fossiles. En ce sens, tous les efforts fournis afin de réduire la pollution de manière générale sont des pas dans la bonne direction. Qu'il s'agisse des émissions de GES, de la pollution par les métaux lourds et les produits chlorés ou de l'exploitation de ressources non renouvelables, toutes sont des conséquences de la surconsommation. La source du problème apparaît évidente: les Nord-Américains devront nécessairement faire des concessions quant à leur niveau de vie... Avec la croissance économique exponentielle des pays en développement, si des efforts ne sont pas déployés dès maintenant afin de renverser la vapeur, qui sait dans quel état sera notre planète d'ici une centaine d'années...

1. G. GERLICH, R. D. TSCHUSCHNER, Falsification Of  $\text{W}_3\text{f}_{ab}\text{ZM}^{\text{U}5\text{A}_2}$ ,  $9\text{dWZag}^{\text{W}7}$   $\text{WfeI}$  [fZ]  $\text{W8S}_-$  Of Physics. *International Journal of Modern Physics B*, Vol. 23, No. 3, 2009.

2. Rapport d'inventaire national: Sources et puits de gaz à e et de serre du Canada 1990-2006, Gouvernement du Canada, 2008.

**Étudiantes et étudiants du CEGEP****Étudier au département de chimie de l'Université de Sherbrooke, c'est :**

- Une atmosphère dynamique avec des professeurs et des professionnels proches de toi qui t'offrent un encadrement de qualité.
- Un service de stages et de placement qui t'assure (taux de placement de 98%) des stages diversifiés, te permettant de financer tes études (~10 000 \$/stage).
- Un baccalauréat en chimie et un en chimie pharmaceutique qui t'offrent une formation solide pour l'industrie et la recherche.
- Une concentration en chimie de l'environnement pour te préparer à relever les nouveaux défis environnementaux.

Pour de plus amples informations, visite notre département à <http://www.usherbrooke.ca/chimie> ou contacte notre coordonnateur, Jean-Marc Chapuzet ( [Jean-Marc.Chapuzet@USherbrooke.ca](mailto:Jean-Marc.Chapuzet@USherbrooke.ca) ou 819-821-8000 poste 61324 )

Date limite de demande d'admission :

**1er mars 2010**

### Chantal Dupont

*Chef Process, L'Oréal Canada*

**Je suis une bachelière en chimie qui a complété sa formation par un certificat en production. Est-ce le seul profil pour une carrière intéressante chez L'Oréal? Bien sur que non! Mes collègues en production sont ingénieurs, chimistes, microbiologistes ou encore biologistes. Ce qui nous rassemble? Le plaisir de travailler dans un milieu stimulant.**



**J' *VebsdWwf CgSifé cga` SbbWWWBdaUe* **et dont je suis la responsable. Étant donné que le milieu de la cosmétique est constamment à l'a ut de nouveautés pour stimuler l'intérêt des consommateurs, les divers départements de Recherche et Développement émettent régulièrement de nouvelles formules. L'usine se doit donc d'améliorer ses performances afin d'être compétitive et de****

permettre la fabrication des produits à un moindre coût. Voilà les deux principaux objectifs du groupe { BdaUe<ž

### À quoi ressemble une journée typique d'un chimiste chez L'Oréal?

C'est le matin... Il faut poursuivre la préparation dans notre logiciel informatique des nouvelles formules qui seront produites à l'usine d'ici 2 mois. Cette préparation implique plusieurs étapes qui permettent de créer le mode opératoire. Oups! On arrête tout. Le fabricant est prêt et demande que l'on aille sur la plate-forme de fabrication avec lui afin de l'assister et de valider son procédé. Sur la plate-forme, on profite de l'occasion pour discuter d'ergonomie et des opportunités d'amélioration pour un emballage de matière première. Je prends des notes. La fabrication se déroule bien en mode automatique avec les logiciels de mode opératoire et traçabilité. Il faut s'assurer qu'il n'y ait pas d'alarmes. La fabrication terminée, des échantillons sont prélevés et remis au laboratoire pour évaluer la qualité et l'homogénéité du lot. Les résultats sont bons. Les chimistes et les techniciens de laboratoire profitent de ma visite pour me remettre les résultats de stabilité obtenus pour des fabrications précédentes. Ensemble, on regarde les tests de coloration e ectués sur les mèches afin de les soumettre à la R&D.

C'est l'heure du lunch. À mon retour, une réunion est prévue à l'agenda. Que ce soit avec l'équipe de la logistique, de la sécurité, de la qualité ou encore de la production, une réunion engendre nécessairement



un objectif à atteindre et un plan d'action à mettre en place. Retour au bureau, le téléphone sonne. C'est le Brésil! Un collègue demande de l'aide pour une nouvelle formule fabriquée à leur usine et dont nous possédons les connaissances. Je partage nos bonnes pratiques et je profite de l'occasion pour lui demander de faire de même pour les nouvelles formules que je prépare.

7` ~` Wwgd eWg` Wlg` [a` SHWécg]bWBdaUe permet de faire le point sur la journée et les diverses priorités. On discute de l'avancement de nos projets et des nouveauxancements.

*Que vous ayez étudié en chimie ou en biochimie et que l'aventure vous intéresse pour un emploi ou pour un stage, diverses possibilités existent au sein de L'Oréal. Qu'attendez-vous? Un monde d'opportunités so re à vous.*

## Le travail d'un chimiste chez L'Oréal

### Andra Canura

*Analyste au laboratoire de Contrôle Qualité  
L'Oréal Canada*

### À quoi ressemble une journée typique d'un analyste au laboratoire de contrôle qualité?

**L'**usine de Montréal est spécialisée dans les produits professionnels pour les cheveux. Chez L'Oréal, un chimiste peut occuper plusieurs postes, dont le poste d'analyste de laboratoire, basé sur la chimie analytique. Le rôle du chimiste vise à s'assurer que le produit est conforme avant d'être envoyé sur le marché. Il e ectue les analyses de contrôle à partir des échantillons prélevés dans les cuves de fabrication, en suivant un protocole précis. Les diverses techniques de contrôle et d'analyse amènent l'analyste à connaître le fonctionnement de nombreux appareils de mesures dont il assure la calibration, le réglage et l'entretien.

Dans le processus de contrôle, il y a deux parties : la chimie et le *packaging*. La partie chimie consiste à faire des tests comme des dosages pour déterminer le pourcentage d'ammoniaque ou l'alcalinité qui se trouve dans les teintures crème ou liquide, les permanentes ou les défrisants. Le chimiste réalise aussi des tests de viscosité, de densité et de pH sur les produits. La partie *packaging* consiste à vérifier la qualité du produit parce qu'il est important de s'assurer que le consommateur reçoit un produit esthétique et sécuritaire pour son utilisation. Le chimiste doit posséder d'excellentes relations interpersonnelles puisqu'il doit interagir et communiquer avec divers départements, dont la fabrication et la production. L'usine est ouverte sur trois quarts de travail. Afin d'assurer un bon suivi entre

les quarts, il est très important de travailler en équipe.

En dehors du laboratoire, on retrouve plusieurs opportunités pour un chimiste. Par exemple, il y a le poste de chimiste de procédés qui conçoit les modes opératoires sur lesquels la fabrication fonctionne. Pour ceux qui éprouvent un sens du leadership, il y a plusieurs ouvertures vers des postes de supervision en fabrication ou en conditionnement, en logistique ou encore en assurance qualité.

Chez L'Oréal, l'équipe est jeune et dynamique. Tout le monde se connaît et s'entraide. Imaginez une formidable aventure humaine partagée à travers le monde autour de la beauté, de l'innovation et de la conquête de nouveaux marchés.

**Je suis chimiste et je travaille chez L'Oréal Canada depuis déjà un an.**

**Venez découvrir notre monde au [www.loreal.ca](http://www.loreal.ca)**



## PHARMACOLOGIE

## LA CHIMIE MÉDICINALE... UN MONDE SANS LIMITES

Éric Marsault, Ph.D.

Laboratoire de chimie médicinale

Département de Pharmacologie, Université de Sherbrooke

De tous temps, l'instinct de survie a poussé toutes les espèces, végétales et animales, à développer des stratégies de survie lorsque confrontées à la maladie. Probablement par une approche essai/erreur et de la même façon qu'il a appris à identifier ce qui est comestible dans son environnement, l'humain a développé une connaissance des plantes et autres substances capables de soulager ses maux : les tous premiers essais cliniques (non randomisés!) et la pharmacopée étaient nés.

Contrairement à la plupart des espèces, l'humain va toujours au-delà de ce que lui procure son environnement. Poussé par sa curiosité et sa créativité, il dissèque, modifie, extrait, synthétise... et finalement crée sans cesse de nouveaux outils, repoussant la frontière du connu. Les effets bénéfiques de l'écorce de saule contre douleurs et fièvres sont rapportés dans les anciens textes de la civilisation Sumérienne (6,000-3,000 av. J.C.) et il est certain qu'ils étaient connus bien avant les premiers témoignages écrits. Le principe actif, l'acide salicylique, est une hormone phénolique végétale et sans doute le plus ancien anti-inflammatoire. Le produit, initialement préparé en décoctions, avait des effets secondaires importants. Une simple acétylation, au XIX<sup>e</sup> siècle, a donné au monde l'analgésique le plus utilisé à date: l'aspirine (permettant également à la compagnie Bayer de devenir un géant pharmaceutique). Une des premières réalisations (chimiquement simple) de la chimie dite « médicinale ».

La chimie médicinale vise à comprendre et modifier la structure des molécules pour améliorer leurs propriétés médicamenteuses. Elle est à l'intersection de la chimie (science de la matière) et de la pharmacologie (science de l'action des médicaments), liant indissociablement la structure des molécules et leurs propriétés pharmacologiques. La majorité des médicaments étant de nature organique, l'une des compétences de base en chimie médicinale est la capacité de modifier à volonté la structure, soit la synthèse organique. La chimie médicinale commence là où la synthèse organique s'arrête : l'objectif de la synthèse est la fabrication de la molécule, celui de la chimie médicinale est de découvrir ses activités. «Ses» activités, et non «son» activité, car la chimie médicinale est multidimensionnelle : en altérant la structure d'une molécule, on doit constamment équilibrer quatre piliers que sont la pharmacodynamique, le PK-ADME, la toxicologie et la physico-chimie.

Le **pharmacodynamique** est souvent la dimension la plus facile à contrôler : l'influence du médicament sur un système biologique, habituellement décrite par sa RSA (Relation Structure-Activité), d'abord *in vitro* sur une cible biologique isolée (le plus souvent une protéine fonctionnelle exprimée dans une cellule), puis *ex vivo* sur un tissu prélevé d'un organisme vivant, ensuite sur un animal et ultimement chez l'humain, en clinique.

Le **PK-ADME** (Pharmacocinétique, Absorption, Distribution, Métabolisme, Excrétion) est la réciproque de la pharmacodynamique : l'influence du système biologique sur la molécule. Il s'agit du paramètre le plus complexe à cerner car le corps est une machine de destruction massive équipée d'une myriade de mécanismes visant à se débarrasser de la molécule en la métabolisant ou en l'excrétant. Il fait appel à un ensemble d'enzymes responsables du métabolisme (la plus importante classe étant celle des cytochromes P450), de transporteurs, d'excréteurs, de compartiments qui vont piéger puis métaboliser le médicament... un vrai parcours du combattant pour une molécule qui doit absolument se rendre et résider à son site d'action suffisamment longtemps pour exercer son effet!

La **toxicologie** : le paramètre évalué de la façon la plus empirique... Elle est difficile à prédire, mais demeure un aspect non négociable de la découverte du médicament: une mauvaise toxicité, et c'est la mort de la molécule à coup sûr (pour prévenir celle des patients). Le rapport dose toxique/dose efficace détermine la fenêtre thérapeutique. L'exemple le plus tristement connu de toxicité mal contrôlée est celui de la thalidomide, un sédatif qui s'est avéré tératogène et a donné naissance à la fin des années 50 à plusieurs dizaines de milliers d'enfants, la «génération thalidomide», affectés de malformations sévères au niveau des membres. En effet, l'énantiomère (R) du médicament était actif et sécuritaire, mais se convertissait *in vivo* en l'énantiomère (S), responsable de la tératogénicité.

Finalement, la **physicochimie** est probablement le paramètre le plus négligé par les chimistes, mais celui qui revient hanter les développeurs du médicament. Pour ce dernier paramètre, de nombreuses avancées récentes nous permettent maintenant de formuler des composés trop lipophiles, peu solubles, etc. Un des exemples les plus célèbres qui a coûté une fortune à son manufacturier, Pfizer, est probablement celui de l'antiviral Ritonavir, qui quelques mois après son arrivée sur le marché a vu débarquer, non annoncé, un une nouvelle forme cristalline possédant une solubilité bien inférieure. En quelques semaines, cette dernière a contaminé tous les sites de production et en un temps record, il est devenu impossible de reproduire la forme habituelle et homologuée du médicament. C'est la bête noire des chimistes de procédés et des formulateurs. Selon leurs dires, une fois que le nouveau polymorphe est entré dans un site, il devient quasiment impossible de l'éviter. Il est comme «dans l'air»; ça frise l'alchimie, mais cela a donné des cauchemars à nombre de chimistes de procédés... Pendant ce temps là, le temps avance et les patients ne sont pas traités.

La chimie médicinale est par essence multidisciplinaire, alliant chimie organique, analytique et physique à la pharmacologie, la physiologie et la médecine. Science fondamentale de la découverte du médicament, son *modus operandi* s'est considérablement transformé dans la dernière décennie.

De nombreuses technologies permettent maintenant de synthétiser et d'évaluer les molécules avec des débits jamais atteints précédemment. Il n'est pas rare d'évaluer 10,000 à 50,000 molécules par jour dans un essai HTS. La technique a également été appliquée aux essais prédictifs ADME, qui permettent d'éliminer, très tôt dans le procédé, les composés aux propriétés indésirables. Plus récemment, les méthodes de criblage virtuelles ont fait leur apparition (vHTS pour *virtual* HTS), appliquées à la fois à la pharmacodynamie, le PK-ADME et la toxicologie. Les plus récentes méthodes de synthèse sur fragments d'ADN permettent de créer des librairies massives de l'ordre de milliards de composés, bien peu de choses par rapport à un espace pharmacochimique estimé à 10<sup>24</sup> molécules... nous n'avons donc pas encore tout exploré!

Au niveau de la structure des projets, des bouleversements majeurs ont également été observés. Alors qu'il y a quinze ans les activités se faisaient de façon linéaire (pharmacodynamie puis PK puis ADME puis toxicologie), on les fait maintenant en parallèle, l'objectif étant de tuer les molécules et le projet le plus tôt possible avant d'avoir investi les millions de dollars requis pour l'amener en développement clinique («*kill early, kill cheap*»).

À l'Université de Sherbrooke, la chimie médicinale est une science en développement. Le laboratoire de chimie médicinale, situé au département de pharmacologie et associé au département de chimie, vise à développer des approches innovantes permettant soit de mieux comprendre les mécanismes biologiques des maladies, soit de découvrir de nouveaux médicaments. Trois thèmes principaux y sont développés.

Le premier est celui de la polypharmacologie appliquée aux récepteurs à acides gras. L'objectif de ce programme est simple : alors que la découverte d'un médicament est essentiellement appuyée sur des cibles uniques pour lesquelles on développe des molécules ultra-sélectives (concept «*one gene, one target, one drug*»), force est de constater que les systèmes biologiques fonctionnent de façon plus intégrée: en bons gestionnaire de risque et face à un environnement impliquant sans cesse des mutations. Les systèmes biologiques possèdent des mécanismes redondants assurant la survie de l'espèce face à des mutations auxquelles nous sommes tous sujets. La polypharmacologie vise à exploiter ces redondances en créant des molécules polyfonctionnelles menant à des effets de synergie entre plusieurs cibles. Nous appliquons cette méthode au diabète de type 2, une maladie en forte progression, en ciblant simultanément plusieurs récepteurs activés par les acides gras. Ces récepteurs, exprimés soit sur la cellule  $\beta$  du pancréas, la cellule L du colon ou le muscle, sont responsables soit d'augmenter la sécrétion d'insuline, soit d'augmenter la sensibilité périphérique à l'insuline. En combinant les effets physiologiques de l'activation de ces récepteurs, nous pensons arriver à des molécules plus efficaces que celles existantes en ce moment.



Colloque annuel  
des étudiants et étudiantes de  
**1er cycle en chimie de**  
**l'Université de Sherbrooke**

Le 22<sup>ème</sup> Colloque de Chimie de  
l'Université de Sherbrooke sera présenté  
le 22 Octobre 2010 sous le thème:

**«La chimie, l'Art de mieux vivre»**

Pour vous inscrire en tant que spectateur ou  
présentateur, visitez le:  
[pages.usherbrooke.ca/colloque-chimie](http://pages.usherbrooke.ca/colloque-chimie)

Le second thème vise la reconnaissance cellulaire. La plupart des médicaments ne sont pas dirigés vers leur cible biologique. Ils sont administrés puis se distribuent via la circulation sanguine jusqu'à ce que leur concentration au site d'action devienne efficace. Ceci mène à des effets secondaires et à l'utilisation de doses supérieures à ce qui serait souhaitable. Or, certains mécanismes physiologiques existants permettent aux cellules de se reconnaître entre elles. Par exemple, le virus de l'hépatite C cible sélectivement les hépatocytes. Les lymphocytes de type «*Natural Killer*» reconnaissent spécifiquement les cellules tumorales et les cellules infectées par un virus. Le VIH attaque sélectivement les lymphocytes... il y a donc moyen de reconnaître certains types de cellules sélectivement. Nous développons des molécules qui permettront une reconnaissance sélective des glycosaminoglycanes sulfatés exprimés spécifiquement à la surface cellulaire, et impliqués dans la reconnaissance cellulaire. La reconnaissance de ces unités à la surface des cellules permettra de cibler sélectivement certains types cellulaires et de livrer les médicaments à leur site d'action.

Finalement, nous développons un volet collaboratif : l'expertise de chimie médicinale répond au besoin de nombre de projets de recherche biomédicale. Nous développons donc des collaborations avec des chercheurs des départements de biologie, pharmacologie, physiologie, endocrinologie, dans différents domaines thérapeutiques.

Dans tous ces projets, plusieurs laboratoires sont impliqués, soit de bio-informatique pour aider à la conception, de pharmacologie, biologie et physiologie pour élucider l'activité des molécules, et de différentes spécialités médicales pour identifier des hypothèses mécanistiques gagnantes. Nous avons mis sur pied des projets de collaboration dans les domaines de la douleur (peptidiques, cible de type GPCR [récepteurs couplés aux protéines G]), du cancer (peptidomimétiques, cible de type protéase) et des antibiotiques (hétérocycles, cible de type «structure secondaire d'ARN»). Les étudiants sont donc dans un environnement multidisciplinaire, qui leur permet de capitaliser sur leur formation de base et de l'exploiter dans des domaines appliqués à la médecine. La chimie médicinale est un domaine passionnant, menant à la création de nouvelles molécules actives et à des approches qui permettent de mieux comprendre le domaine vaste du vivant, connaissance qui mènera ultimement à de meilleurs médicaments.

Sams-Dodd, F. Target-based drug discovery : is something wrong? *Drug Discov. Today* **2005**, 10, 139  
 Hopkins, A.L. Network pharmacology: the next paradigm in drug discovery. *Nat. Chem. Biol.* **2008**, 4, 682.  
 Kitano, H. A robustness-based approach to systems-oriented drug design. *Nat. Rev. Drug Discov.* **2007**, 202  
 Ganesan, A. The impact of natural products upon modern drug discovery. *Curr. Opin. Chem. Biol.* **2008**, 12, 306.  
 Lipinski, C.A. Drug-like properties and the causes of poor solubility and poor permeability. *J. Pharm. Toxicol. Meth.* **2000**, 44, 235.  
 Veber et al. Molecular properties that influence the bioavailability of oral drugs. *J. Med. Chem.* **2002**, 45, 2615  
 Chighine et al. Tools for efficient highthroughput synthesis *Drug Discov. Today* **2007**, 12, 459.  
 Carlson et al. Recent advances in high throughput screening for ADME properties. *Comb. Chem. High Throughput Screen* **2008**, 11, 258.  
 Zoete et al. Docking, virtual high throughput screening and in silico fragment-based drug design *J. Cell. Mol. Med.* **2009**, 13, 238.  
 Kola et al. Can the pharmaceutical industry reduce attrition rates? *Nat. Rev. Drug Discov.* **2004**, 3, 711.  
 Smith, S.W. Chiral toxicology: it's the same thing...only different. *Toxicol. Sci.* **2009**, 110, 4.

## EST-IL DANGEREUX D'ÊTRE UN CHIMISTE?

“La science consiste à passer d'un étonnement à un autre”

-Aristote

**Adam Beauregard**

Étudiant au baccalauréat en chimie  
Université de Sherbrooke

Supposons que nous sommes à l'émission télévisée *La guerre des clans* et que l'animateur demande aux concurrents de nommer des métiers dangereux. Il est fort à parier qu'aucun des deux opposants ne va répondre : «chimiste!». Pourtant, l'exercice de la chimie comporte certains risques. En 2009, une étudiante en chimie organique à UCLA est morte en essayant de prélever du tert-butyl lithium, un produit qui s'enflamme au contact de l'eau contenue dans l'air<sup>1</sup>. De façon plus dramatique, nous pouvons remonter jusqu'à la terrible catastrophe de Bhopal en 1984 qui a fait des milliers de morts sur le coup et dont l'incidence se fait encore ressentir sur la population locale. L'explosion d'une usine de pesticides avait dégagé 40 tonnes d'isocyanate de méthyle dans l'air environnant. Si la pratique de la chimie peut être très risquée, est-elle dangereuse pour autant, et l'est-elle de façon égale pour tout le monde? Cette question est intrigante et la réponse n'est sûrement pas simple non plus.

Les adeptes de la chimie savent que certains mélanges ne se font pas, car ils seraient dangereux. Il ne vient pas à l'idée d'un chimiste de mélanger un acide fort et une base forte, ou un oxydant puissant avec un bon réducteur, sans prendre les précautions nécessaires. Lorsqu'il veut effectuer des réactions, le chimiste doit connaître les produits qu'il utilise et savoir comment les faire réagir convenablement. Malgré cela, les accidents peuvent être nombreux. Un étudiant a perdu les deux mains en essayant d'ouvrir avec précaution un contenant de 80 à 100 grammes de nitrate d'acétyle<sup>2</sup>. L'hydrure de sodium réagit violemment avec l'eau. Cette réaction dégage de l'hydrogène, qui en présence d'étincelles ou d'une flamme, peut exploser. Un ingénieur est mort en introduisant de l'hydrure de sodium dans un appareillage qui avait pris l'humidité durant la nuit<sup>3</sup>. Les conséquences de ces accidents peuvent être grandes. À cela, il faut ajouter les effets sur la santé de la manipulation quotidienne de solvants souvent volatils et cancérigènes. Certains produits sont très toxiques et, malgré tout, les chimistes doivent les utiliser dans des cas spécifiques. Tout cela crée des risques et constitue un certain danger pour le travailleur à court, moyen et long terme.

Bien que de différentes natures, les activités d'un chimiste et celles d'un ouvrier qui travaille dans une industrie chimique ont quelques similarités. Ils travaillent

avec des produits chimiques qui peuvent affecter grandement leur santé et ils les utilisent pour transformer la matière. Dans le cas du chimiste, sa formation l'amène à réfléchir aux conséquences de ses manipulations, autrement dit, les erreurs qu'il fait sont imputables à un mauvais raisonnement ou à une erreur de manipulation. Parfois les mauvais raisonnements peuvent venir d'un mauvais enseignement ou tout simplement d'une certaine paresse intellectuelle. Les erreurs de manipulation comme mélanger deux produits très réactifs sans prendre les précautions nécessaires peuvent être très graves. Avec l'expérience, le chimiste devient plus avisé et il se doit d'être vigilant lors de l'accomplissement de sa tâche. Pour sa part, l'ouvrier exécute des ordres immédiats; il n'est pas formé pour s'interroger sur la nature des produits chimiques qu'il utilise. La plupart du temps, il a une formation très sommaire et les accidents proviennent surtout de son ignorance de certains dangers, ce que le chimiste ne peut invoquer. Sur cet aspect, force est d'admettre que le chimiste a un avantage sur l'ouvrier par la nature même de sa formation et par conséquent, il se rend plus responsable des accidents causés par ses manipulations.

Être un chimiste n'est sûrement pas le métier le plus dangereux au monde, mais il existe des risques qui peuvent diminuer ou augmenter tout dépendamment de sa conduite en laboratoire. Avec tout le savoir accumulé dans ce domaine, il est possible d'en faire une carrière sans trop compromettre son intégrité physique. L'ouvrier dans une industrie chimique est souvent plus exposé à des accidents de travail. Il est fort à parier que plusieurs accidents de travail auraient pu être évités en s'équipant de façon sécuritaire et en ne négligeant aucun aspect. La jeune étudiante à UCLA ne portait pas son sarreau et elle essayait de prélever avec une seringue de 60 mL, ce qui est beaucoup trop d'un seul coup. Il n'y aurait fort probablement pas eu cet accident à Bhopal si une vanne n'avait pas été laissée ouverte par erreur. Ce n'est pas la chimie qui est dangereuse, c'est ceux qui l'utilisent aveuglément qui le sont.

1. <http://www.newsroom.ucla.edu/portal/ucla/lab-assistant-dies-of-injuries-78543.aspx>

2. LELEU, J, TRIOLET, J; INRS, Les réactions dangereuses, ED 697, 2003, p. 6

3. LELEU, J, TRIOLET, J; INRS, Les réactions dangereuses, ED 697, 2003, p. 336



Association Générale des Étudiants  
et étudiantes en Sciences

[www.agesudes.org](http://www.agesudes.org)

Plusieurs services offerts aux étudiants:  
subventions, midi-science, jeux, café, aire de  
repos, collations et plus encore...

## DIVERS

## UNA CERVEZA POR FAVOR!

Étienne Levert, B. Sc.

Étudiant à la maîtrise en chimie  
Université de Sherbrooke

C'est la première journée chaude des vacances, vous êtes entre amis et vous vous apprêtez à déguster une bière bien froide sur votre terrasse favorite, une situation tout à fait anodine. Vos lèvres s'approchent de votre verre, vous pouvez en humer le contenu. Des arômes particuliers s'en dégagent, une odeur bien connue. Puis vous laissez entrer une portion du liquide dans votre bouche. Une pointe sucrée sur le bout de la langue, la sensation piquante du gaz carbonique qui s'échappe du liquide et une légère amertume en fin de bouche. Sans vous poser de question, vous poursuivez vos activités et votre dégustation. Tout doucement, l'alcool commence à vous enivrer. Une légère euphorie s'empare de vous. Quoi de mieux pour fêter le début des vacances? Bien que la bière soit un des breuvages alcoolisés les plus consommés, elle n'est que rarement bien comprise. De quoi est-elle constituée? Comment est-elle produite? Cet article tentera de vous informer un peu plus sur le sujet.

La bière est constituée principalement de quatre ingrédients. L'eau, le malt, le houblon et la levure. Nous trouverons dans plusieurs bières une multitude d'autres composants, mais seuls les quatre ingrédients traditionnels seront discutés ici.

Souvent sous-estimée, l'eau est à la base de la réussite d'une recette de bière. Un simple changement de la composition ionique peut avoir des incidences majeures dans plusieurs sphères du procédé. Sans entrer dans les détails, le pH et le pouvoir tampon de l'eau jouent un rôle majeur sur la conversion enzymatique de l'amidon (malt) en sucre (saccharification), la  $\beta$ -amylase et l' $\alpha$ -amylase ayant un pH d'action optimal approximatif de 5.5. D'autre part, une forte teneur en calcium a pour effet d'augmenter le pH lors de la saccharification en faisant précipiter une partie des protéines sous la forme de sel de calcium, celles-ci jouant un rôle tampon important. Le pH de l'eau de brassage sera ajusté et optimisé en fonction du type de céréales et de leur niveau de torréfaction. Il n'est pas rare que le brasseur tente de reproduire une recette, disons allemande, en mimant l'eau de Munich, par l'ajout dosé de plusieurs minéraux propres à la région. La chimie de l'eau de brassage pourrait à elle seule faire l'objet d'un article beaucoup plus volumineux que celui-ci.

Dans toutes boissons obtenues par fermentation alcoolique, la source de fermentables est un sucre. Dans le cas de la bière, celui-ci provient de céréales maltées. Historiquement, un minimum de 50% d'orge malté pâle est utilisé pour l'élaboration d'une recette de bière. La céréale maltée est tout simplement une céréale qu'on a fait germer et sécher. Lors de la germination, les cellules fabriqueront les enzymes nécessaires à la conversion de l'amidon stocké dans le grain en glucose pour démarrer le métabolisme de la plante avant qu'elle n'entame la photosynthèse. Aussitôt que le germe commence à être perceptible, le grain est séché pour stopper le processus et conserver l'amidon ainsi que les enzymes prêts à être utilisés. Pour extraire le sucre du grain, celui-ci est empâté dans l'eau à la température optimale au travail des enzymes, c'est-à-dire environ 64 à 75 °C. Il est intéressant de noter que typiquement, une brasserie récupère environ 60% en masse de sucre dans l'orge malté. Pour ainsi dire, 1 kg d'orge fournira 600 g de sucre. En plus de fournir le sucre et les protéines nécessaires au métabolisme des levures durant la fermentation, les céréales sont responsables de la couleur et d'une grande partie du goût de la bière. L'orge rôtie (torréfiée) est utilisée pour la fabrication de bière noire comme la Stout, la Porter ou la Scotch Ale. Un grain malté caramélisé sera utilisé pour une bière rousse. Notez le goût et l'arôme de sucre caramélisé la prochaine fois que vous dégusterez ce type de bière!

Connu de nom des amateurs de bière, le houblon est loin d'être un ingrédient utilisé en grande quantité. On parle du houblon dans le brassage en faisant

référence aux parties par million (ppm) des molécules aromatiques et gustatives provenant du houblon. En fait, le houblon est une vigne de la famille des canabinacés qui produit des fleurs coniques vertes tendres rappelant un peu la cocotte du cèdre. À la base de chaque pétale se trouve une glande produisant les résines et huiles essentielles qui intéressent le brasseur. D'abord utilisé pour ses propriétés antibactériennes, le houblon est devenu peu à peu un des goûts recherchés et indispensables dans la bière. Les acides alpha, humulone, adhu-

mulone et cohumulone s'isomérisent lors de la cuisson du moût pour former des composés ayant un fort goût amer. L'amertume de la bière est mesurée en ppm de ces composés isomérisés, correspondant à l'IBU (Unité Internationale d'Amertume), elle vient contrebalancer le goût sucré du malt et rend la bière agréable et désaltérante. Par ailleurs, les huiles essentielles du houblon viendront apporter un peu plus de complexité au goût et à l'arôme de la bière. À titre d'exemple, on entend quelques fois parler d'arômes d'agrumes en faisant référence au houblon. Ce n'est pas si surprenant puisque certaines variétés peuvent avoir une teneur non négligeable en limonène.



La recette est terminée, le sucre est extrait des céréales, le moût est cuit et le houblon a été ajouté. C'est à ce moment que les levures sont incorporées. Ce champignon unicellulaire a la particularité d'avoir un métabolisme anaérobie qui transforme le glucose en  $\text{CO}_2$  et en éthanol. Au début de la fermentation, les levures consomment l'oxygène contenu dans le moût pour se multiplier. Lorsqu'il n'y a plus d'oxygène disponible, la fermentation anaérobie commence. C'est à ce moment que la majeure partie du sucre du moût sera métabolisée. La fermentation dure entre 2 et 4 semaines, mais environ 2 semaines de plus sont nécessaires pour une maturation supplémentaire avant de pouvoir goûter au fruit de nos labeurs.

La prochaine fois que vous dégusterez une bière, laissez votre nez et vos papilles vous raconter l'histoire de la bière que vous avez entre les mains. Chaque bière est unique et peut à la fois révéler des goûts de céréale, de sucre caramélisé, de torréfaction, de l'acidité, de l'amertume, un arôme floral provenant du houblon, une odeur de soufre typique des levures lager ou encore une odeur de banane et de clou de girofle issue des levures de weissen allemande! Santé...

Nous aimerions remercier tous nos commanditaires, notamment le FISAE (fond institutionnel de soutien aux activités étudiantes) de l'Université de Sherbrooke

Si vous désirez écrire dans la prochaine édition, faire de la publicité ou si vous avez des commentaires, nous vous invitons à communiquer avec nous par courriel ou par la poste:

[alambic@usherbrooke.ca](mailto:alambic@usherbrooke.ca)

<http://pages.usherbrooke.ca/alambic>

Journal l'Alambic  
Département de chimie  
Université de Sherbrooke  
Sherbrooke, QC  
J1K 2R1

Dans l'optique de favoriser et de démocratiser la communication scientifique, nous invitons les chercheurs et étudiants de tous les domaines et institutions à nous soumettre leurs articles. Si vous désirez obtenir plus d'informations sur la rédaction d'un texte, vous pouvez visiter notre site Internet ou communiquer avec nous.

L'équipe de rédaction de l'Alambic:  
Remerciements spéciaux:

Adam Beauregard  
Patrick Ayotte

Éric Lévesque  
Jean-Marc Chapuzet

Pierre-Alexandre Turgeon

- Tous les textes ont été publiés avec la permission de leur auteur et sont leur propriété intellectuelle -