

Exposition

Chimie symphonie de la matière

# chimie

## Symphonie de la matière

Nous baignons dans un monde d'atomes et de molécules. Nous sommes composés d'atomes et de molécules. Peu à peu, nous avons pris connaissance de ce monde invisible qui nous entoure et nous constitue, et nous apprenons à travailler avec lui.

**double helice**

Conseil scientifique : Richard Comanșor-Eadhe, Professeur agrégé de Chimie à l'École normale supérieure "Louis Pasteur", Université de Strasbourg  
Chimie générale : Gilles Hegueret, Sébastien Ancelet  
Chimie organique : Stéphane Héroguez, Muriel Durieux, Anne-Cécile Maréchal  
Illustration : Fabrice Bérard, Mark Dewalle Commons

## Un jeu de construction

Les atomes s'associent les uns aux autres pour former des **molécules**.

Pour ce faire, les atomes mettent en commun deux ou plusieurs électrons qui jouent le rôle d'une « colle électrostatique ».

Les atomes n'ont pas tous les mêmes capacités de liaison. L'atome de carbone peut créer 4 liaisons avec 4 autres atomes, l'atome d'oxygène peut en créer 2, et l'hydrogène n'en a qu'un seul. Par exemple, l'eau (H<sub>2</sub>O) est constituée d'un atome d'oxygène lié à 2 hydrogènes et le méthane (CH<sub>4</sub>) est fait d'un atome de carbone lié à 4 hydrogènes.

Avec les mêmes atomes, on peut construire de multiples molécules. Par exemple, le sucre, l'alcool, la cellulose, l'amidon ou l'acide citrique sont faits de l'assemblage de seulement 3 sortes d'atomes : le carbone, l'hydrogène et l'oxygène.

La certaine d'atomes de l'univers est donc un vrai jeu de construction permettant de créer des millions de molécules que l'on peut classer, selon leurs propriétés, en **grandes familles**.

Dans la famille des **hydrocarbures**, le méthane a un seul atome de carbone (CH<sub>4</sub>), l'éthane en a deux (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), le propane trois (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) et le butane quatre (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>). Avec seulement un atome d'oxygène en plus, ces molécules d'hydrocarbures passent dans la famille des **alcools**, aux propriétés différentes : le méthane devient méthanol (alcool dangereux pour les cellules nerveuses), l'éthane devient éthanol (c'est l'alcool de nos boissons alcoolisées), le propane devient propanol (utilisé comme solvant).

Les liaisons entre les atomes peuvent être multiples et les atomes continuent pour créer de nouvelles molécules.

C'est ainsi que le méthane réagit en se combinant à l'oxygène pour donner du gaz carbonique et de l'eau.

**CH<sub>4</sub> + 2O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O**

## L'industrie chimique

Les sciences chimiques ont permis le développement d'une industrie dont les filières de production sont très structurées.

La chimie moderne produit des molécules simples (comme l'éthylène, le benzène, le soufre, l'ammoniac...) Ces molécules produites par tonnes servent de base à la chimie fine qui fabrique les adhésifs, les colorants, les plastiques, les molécules actives...

La parfumerie prépare ensuite les mélanges très subtils aux consommateurs : shampoings, lessives, colons, produits de beauté, engrais, médicaments...

Presque tous les secteurs de production sont dépendants de la fourniture des matières premières produites par la chimie, depuis la pâte à papier à l'informatic ou l'aéronautique.

La chimie permet aussi de réaliser des analyses et des contrôles dans tous les secteurs d'activité : contrôle des produits, des effluents, des pollutions, analyses d'origine et médicales.

7 sur 10 ans de recherche menant à 1 000 années de travail d'un chimiste pour mettre au point un médicament.

Il est naturel que plusieurs de molécules en laboratoire à peu près d'infinies, quelle molécule, même 2 la compagnie.

Ainsi, on peut parfois produire de façon industrielle une molécule présente dans la nature plus économiquement qu'en l'extrait d'une plante, d'un animal ou d'une source.

C'est le cas de la vanilline produite par la vanille et le benzène son arôme dont la synthèse industrielle est 200 fois moins coûteuse qu'une extraction de la plante.

Une molécule naturelle et son double synthétique ont les mêmes propriétés chimiques.

Il n'y a qu'un peu plus de 100 types d'atomes différents sur Terre et dans tout l'univers.  
Le plus simple et le plus léger est l'hydrogène, il est fait d'un noyau contenant un seul proton auquel est lié un seul électron.

## 100 atomes pour tout l'univers !

En augmentant un par un le nombre de protons et d'électrons, on obtient des atomes de plus en plus lourds aux propriétés variées de sorte les 100 types d'atomes qui constituent tout l'univers !

On a attribué arbitrairement à l'hydrogène la masse de 1. Il sert de base à l'échelle des masses atomiques.

En 1869, le chimiste russe **Dimitri Mendeleïev** a classé tous les atomes dans un tableau selon leurs propriétés chimiques. Il est apparu par la suite que ce classement correspondait à ranger les atomes par nombre croissant de leurs électrons : chaque atome du tableau possède un électron en plus que celui qui le précède.

Cette classification a ouvert la voie à la chimie raisonnée.

Les atomes les plus légers se sont formés au moment du **big bang**, il y a 15 milliards d'années. Les atomes les plus lourds se forment par aggrégation de petits atomes (fusion) dans le cœur de très grosses étoiles où les pressions énormes permettent le réarrangement des noyaux.

Sur Terre, où ces conditions extrêmes n'existent pas, les atomes ne se créent pas ni ne disparaissent.

**Ils sont constamment en circulation :**

les atomes qui nous constituent existaient déjà lors de la formation de la Terre et n'ont pas cessé d'être recyclés, avant de nous « appartenir », ils ont pu se trouver dans un dinosaure, un fichen ou une fumée.

Lavoisier, célèbre chimiste français, avait pressenti cette permanence de la matière sur Terre. Il est l'auteur de la célèbre phrase : **« Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ».**

Depuis des millénaires, l'homme a appris à tirer profit des propriétés de la matière : travail des métaux, extraction de pigments, de sucre, de parfums, fermentation alcoolique, fabrication du savon. Aujourd'hui, **la chimie n'est plus seulement un ensemble de recettes et de savoir-faire**. Elle est devenue une véritable science logique et prédictive qui a totalement bouleversé notre vie quotidienne dans tous les domaines.

## La chimie et l'homme

**Santé :** La chimie permet de produire des médicaments très efficaces. Elle permet aussi de mettre au point de nouvelles voies pour les administrer grâce par exemple aux nanovecteurs. Les nanovecteurs sont faits de molécules assemblées en forme de vésicules, dans lesquelles on peut glisser un médicament. Sur des vésicules microscopiques, on peut fixer des groupes d'atomes qui permettent de reconnaître les cellules à traiter et donc de les "cibler". Les nanovecteurs protègent le médicament durant son parcours dans l'organisme et évitent de répandre le traitement sur les cellules saines.

Exemple de nanovecteur : les liposomes composés de 2 couches d'acides gras forment des vésicules dans lesquelles on peut introduire un médicament. (À droite : liposome en coupe / Creative Commons).

**Textiles :** On sait aujourd'hui produire des fibres synthétiques faites de longues chaînes d'atomes, comme le Nylon ( finesse et solidité) ou le Lycra ( qui peut s'étirer jusqu'à 600 % (élasticité pour les vêtements de sport). D'autres fibres synthétiques permettent de fabriquer des vêtements légers et chauds (polaires), isolants (combinaisons de plongée, de planche à voile ) ou imperméables à l'eau mais laissant passer la transpiration comme le Gore-tex.

**Alimentation :** engrais phytosanitaires, colorants, conservateurs.

**Energie et transport :** batteries, piles, lampes, essence, airbag.

**Hygiène, beauté :** lessives, savons, shampoings, cosmétiques, parfums.

**Communication :** imprimerie, télévision, cristaux liquides, microprocesseur.

**Architecture :** De nouveaux matériaux résistants et légers permettent de créer des formes architecturales audacieuses. (Cité des Arts et des Sciences, València, Espagne).

L'industrie chimique n'a pas bonne presse. On lui reproche de produire des substances et des matériaux qui n'ont pas tous été désirés par la société et qui menacent la santé humaine et les équilibres naturels.

## Revers de médaille

**Accidents :** Des accidents industriels spectaculaires ont marqué notre conscience collective. En 1984, à Bhopal (Inde), l'explosion d'une usine de pesticides a fait plusieurs milliers de morts. En 2001, à Toulouse (France), l'explosion d'un stock de nitrate d'ammonium a fait 30 morts et des milliers de blessés.

**Rejets :** Dans les pays développés, les rejets quotidiens de l'industrie chimique sont aujourd'hui bien maîtrisés. Il n'en est pas de même dans les pays en développement où cette industrie est parfois très polluante. S'y ajoutent les déchets non recyclés de milliards de consommateurs sur la planète : une pile bouton jetée dans la nature peut polluer 400 m<sup>3</sup> d'eau !

**Molécules commercialisées :** Actuellement, l'industrie chimique produit environ 100 000 molécules de synthèse. La majorité n'a pas été suffisamment contrôlée en ce qui concerne ses effets sur les écosystèmes et sur la santé. On suspecte certaines d'entre elles de contribuer à l'augmentation des cancers, des perturbations immunitaires (asthme, allergies) et à la diminution de fertilité observées dans la société moderne.

Le DDT, pesticide agri-culteur interdit, a été produit en grande quantité. Il ne se dégrade que très lentement et continue à s'accumuler dans la chaîne alimentaire jusqu'à dans le chair des oiseaux pélerins.

Sous la pression de nombreuses associations, le règlement européen REACH a vu le jour en 2007 (Registration, Evaluation, Authorization and restriction of Chemicals). Jusqu'alors, les autorités devaient apporter la preuve qu'une substance était dangereuse pour la retirer du marché. Le règlement REACH inverse la situation. Il impose désormais aux industriels de démontrer l'innocuité des substances commercialisées en Europe.

Pour l'instant, seules les nouvelles molécules produites à plus d'une tonne par an sont soumises à ce contrôle. Des efforts sont encore à faire pour imposer également l'évaluation des substances suspectes déjà en circulation.