

Chapitre 32

La chimie, aujourd'hui et demain

Comme nous avons pu le voir, les domaines de la chimie sont multiples. Nous allons dans ce chapitre passer brièvement en revue quelques domaines de pointe de la chimie ainsi que son avenir et ses implications.

Chimie et biologie

La biochimie est la science qui étudie le comportement chimique et les constituants de la matière vivante.

La cellule, élément constitutif fondamental de tout être vivant, est une véritable usine chimique qui travaille dans des conditions constantes de pH et de température.

Le biochimiste, en faisant varier ces facteurs, active les réactions chimiques au sein de la cellule.

La cellule, elle, utilise des enzymes¹ pour favoriser ces réactions. Il n'y a pas de vertu particulière dans ces véritables molécules de la vie que sont les enzymes. Toutes leurs réactions peuvent être étudiées en termes de liaisons chimiques. Certes, les réactions permettant à un système de reproduire un système identique à lui-même sont d'une extrême complexité, mais il n'y a pas de "molécule vivante".

Les performances chimiques exceptionnelles des enzymes sont prises en exemple par les chercheurs en vue d'une utilisation industrielle. Certaines sont utilisées depuis longtemps, par exemple dans la fermentation des boissons alcoolisées, du fromage ou du pain.

Les biotechnologues recherchent des enzymes ou des cellules modifiées qui permettent la synthèse de substances élaborées afin de révolutionner les domaines comme la pharmacie, l'agriculture ou la pétrochimie.

L'enjeu est important, les débouchés prometteurs. La santé publique et l'alimentation sont en effet des domaines essentiels pour l'humanité.

Les matériaux composites

Certains oiseaux construisent leur nid avec un mélange de brindilles et de boue. Ils associent donc des fibres et un liant.

Les matériaux composites sont basés sur le même principe.

On noie dans une résine, en général de nature organique (à base de carbone), des fibres. Celles-ci sont produites par l'industrie chimique, principalement sous la forme de fibres de verre ou de carbone.

Ces fibres résistent aux efforts et assurent la rigidité d'une pièce. En règle générale, plus un matériau composite est riche en fibres, plus il est résistant.

L'aéronautique utilise des matériaux contenant 60% de fibres de carbone alors que les autres utilisations sont en général faites de 30% de fibres de verre.

Ces matériaux sont particulièrement intéressants quant à leurs caractéristiques. Ils sont trois à cinq fois plus légers que l'acier, insensibles à la corrosion et se prêtent en une seule opération à la fabrication d'objets de grandes tailles et de formes complexes.

On les utilise aujourd'hui pour fabriquer des carrosseries d'automobile, des skis, des coques et des mâts de bateau, des raquettes de tennis, des tuyauteries et des tronçons d'ailes d'avion.

¹ Enzyme: protéine de l'organisme qui catalyse (une catalyse est une accélération d'une réaction chimique par une substance qui intervient dans la réaction et qui est régénérée à la fin de celle-ci) spécifiquement une réaction chimique.

Dans une Formule 1, où les contraintes sont très fortes, outre la carrosserie, le châssis, les suspensions et même les freins sont en matériaux composites.

On recherche actuellement des composites qui supportent des températures supérieures à 1500 °C pour équiper la navette spatiale européenne Hermès.

Dans les projets futurs, des matériaux composites à base de céramique sont envisagés.

La photochimie

Cette partie de la chimie s'intéresse aux conséquences chimiques de l'absorption de rayonnements lumineux.

Une molécule irradiée est excitée et revient à son état normal en émettant un rayonnement. C'est le principe de la phosphorescence ou fluorescence. Il arrive cependant que l'excitation d'une molécule produise des réactions chimiques ou des modifications de la géométrie de la molécule que l'on ne peut obtenir autrement. C'est ce qui se passe au niveau de la vision et de la photosynthèse.

Il existe aussi des substances qui changent de couleur sous l'effet de la lumière. Lorsque le processus est réversible, on envisage de l'utiliser pour la fabrication de nouveaux types de mémoires d'ordinateur à stockage optique.

La compréhension des phénomènes photochimiques a permis d'obtenir de la lumière chimique, analogue à celle qu'émettent les lucioles et certains poissons des grandes profondeurs.

Les bâtonnets lumineux "Cyalume", source de lumière froide et portative, sont une application des réactions photochimiques. Il s'agit d'une oxydation entre deux produits. L'énergie dégagée par cette réaction est captée par un produit (fluoresceur) qui la renvoie sous forme de lumière.

Les nouveaux matériaux

Le besoin de réaliser un objet aux caractéristiques précises a amené les chercheurs à inventer des matériaux à partir de la fonction à remplir.

La démarche inverse reste cependant valable, c'est-à-dire celle qui consiste à trouver des applications à des matériaux aux propriétés étonnantes.

Pour les recherches, les polymères semblent être le matériau de prédilection, car ils bénéficient des énormes possibilités de la chimie organique. On arrive à rendre certains plastiques conducteurs lorsqu'on y ajoute des impuretés, d'autres pouvant servir de prothèses aux humains, de la hanche au coeur artificiel. Certains, biodégradables, sont envisagés pour remplacer les plaques et vis métalliques que l'on installe lors de fractures et sont déjà utilisés pour favoriser la croissance de la peau chez les grands brûlés.

Faut-il pour autant laisser tomber le verre, l'acier et le plastique ?

Non, car la connaissance des phénomènes métallurgiques à l'échelle microscopique permet d'obtenir des alliages aux propriétés originales.

Certains alliages résistent mieux lorsque la température croît (nickel, aluminium), les alliages au titane sont très légers par exemple. Des alliages de titane/nickel ou de cuivre/zinc ont la bizarre propriété de retrouver leur forme originale par simple réchauffement. Cet effet est appelé mémoire de forme.

Divers applications ont été trouvées: déploiement d'antennes de satellites, bagues de raccordement en micro-électronique, sculptures.

Il existe aussi des fluides à base de fer qui ont un comportement étrange pour un liquide. Sous l'action d'un aimant, le liquide se hérissé de pointes ou forme des labyrinthes. Bien que ces propriétés soient encore loin d'être expliquées, on a déjà réalisé à partir de ce phénomène une imprimante à encre magnétique aussi performante que les imprimantes laser.

Terminons ce tour d'horizon par les fibres optiques de l'avenir qui devront transmettre des signaux à grandes distances sans pertes trop importantes. On envisage soit de purifier le verre à l'extrême, soit de le remplacer par des sels comme le fluorure de zirconium ou le sulfure d'arsenic.

Comme la compétition dans ce domaine est permanente, les découvertes de nouveaux matériaux et de nouvelles applications sont sans cesse d'actualité.

Des saveurs et des odeurs

Les sens du goût et de l'odorat permettent de détecter la présence de molécules dans notre vie de tous les jours.

De tout temps, les hommes ont recherché ces plaisirs. La compréhension des interactions moléculaires qui engendrent ces sensations est une recherche récente.

Les saveurs

Pour les saveurs, ce sont les molécules qui, au contact de récepteurs chimiques sur la langue (les papilles gustatives) provoquent les sensations. Ces récepteurs, au nombre de quatre, correspondent aux goûts salé, sucré, acide et amer.

L'acidité est provoquée par la présence des ions H^+ . Cependant, la concentration des ions semble ne pas avoir d'influence sur le goût. Bien que le vinaigre possède une faible concentration, on le détecte comme très acide.

Le goût salé est bien représenté par l'impression obtenue en suçant du sel de cuisine. Il en est de même pour de nombreuses combinaisons anion/cation. L'anion et le cation contribuent simultanément au goût. Par exemple, pour les chlorures (Cl^-), les sels d'ammonium (NH_4^+) paraissent plus salés que ceux de potassium (K^+), eux-mêmes plus salés que ceux du calcium (Ca^{2+}), du sodium (Na^+), du lithium (Li^+) et du magnésium (Mg^{2+}).

Le goût sucré est provoqué par les saccharides ou par les alcools. Le glucose ($C_6H_{12}O_6$) est le plus connu.

La caféine et la quinine sont les représentants typiques des goûts amers.

Pourtant, des molécules relativement voisines peuvent avoir des goûts très différents. Les habitudes alimentaires ont tendance à diminuer la sensibilité. Les effets de contraste modifient certains goûts. Par exemple, de l'eau distillée paraît sucrée si on la goûte après un acide. L'absorption de liquide très chaud ou très froid avant une dégustation affecte également le goût.

Les odeurs

Lorsqu'un corps volatil parvient dans notre cavité nasale, elle entre en contact avec 2 à 3 cm^2 de la membrane olfactive composés de cils.

On a identifié sept types de récepteurs auxquels on attribue une odeur fondamentale. Ces odeurs sont: camphrée, mentholée, étherée, florale, musquée, âcre et putride.

L'interaction d'une molécule avec ces récepteurs conduit à des combinaisons de sensations si complexes qu'elles ne sont pas décomposables en odeurs fondamentales.

Les parfumeurs font toujours appel à des nez (personnes dont le métier est de sentir) pour composer de subtils mélanges.

Bien entendu, seules les substances volatiles ont une odeur. La plupart d'entre elles sont organiques.

Par un phénomène inconnu, le cerveau mémorise les odeurs bien après que la molécule ait quitté le nez.

Il semblerait que la géométrie des molécules ait une importance pour la détection de l'odeur. Des molécules quasi sphériques sembleraient produire une odeur camphrée.

Si la chimie a réussi à synthétiser certaines molécules odorantes simples, la majorité des parfums naturels est si complexe qu'on n'a pas réussi à le faire. Par exemple, un extrait de la mousse de chêne contient 199 composants dont 80 participent à son odeur. Pour une quarantaine, leur nature et leur abondance ont été analysées par chromatographie², mais ce n'est toujours pas suffisant pour reproduire l'odeur.

² Chromatographie: méthode d'analyse chimique des constituants d'un mélange.

Une autre démarche consiste à synthétiser de nouvelles molécules odorantes, le plus souvent par hasard en raison du manque de théorie permettant de relier une molécule à son odeur.

Pour pallier les insuffisances de l'odorat de l'homme, on utilise le flair des animaux, bien plus sensible que le nôtre.

Des chiens détectent l'odeur de la drogue, traquent le gibier, sauvent des vies humaines lors d'avalanches ou lors de recherches de personnes disparues. On utilise des porcs pour rechercher des truffes. Les insectes eux-mêmes perçoivent par leurs antennes la présence de molécules que l'homme appelle odeur. Ainsi, les fourmis se suivent à la trace grâce à l'odeur laissée derrière elles.

Une intense communication chimique existe entre les espèces animales et peut-être végétales. Son étude ne fait que commencer.

Médicaments

Un médicament est une substance qui possède des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies.

Les médicaments d'origine naturelle sont des drogues au premier sens du terme (à opposer avec la drogue absorbée par les toxicomanes et occasionnant une dépendance).

La majeure partie des médicaments que nous utilisons sont issus de laboratoires.

Les médicaments peuvent être regroupés en neuf familles:

- anti-infectieux (antibiotiques),
- contre la douleur (analgésiques),
- anti-inflammatoires,
- anti-allergiques,
- contre les troubles neuropsychiques (hypnotiques),
- contre les troubles cardiaques (cardiotoniques),
- contre les troubles vasculaires et respiratoires (anticoagulants),
- pour l'appareil digestif (anti-ulcéreux),
- correcteur de troubles métaboliques (vitamines).

Le secret d'un médicament réside dans sa structure moléculaire et son interaction avec les récepteurs de l'organisme. Certains ont plusieurs fonctions et soulagent plusieurs types de maux. La recherche de médicaments couvrant plusieurs fonctions est éminemment importante.

L'inconvénient des médicaments est leurs effets secondaires. Par exemple, un médicament pour le mal de tête peut provoquer des brûlures d'estomac; un pansement gastrique peut être laxatif.

L'homme, comme l'alchimiste de l'époque, est toujours en train de rechercher la panacée.

La chimie de demain

La recherche fondamentale et appliquée est la voie qui permettra de trouver des solutions à nos problèmes actuels. Elle se fera dans la plupart des domaines que vous avez pu découvrir jusqu'ici.

La chimie de demain sera préoccupée par les questions d'environnement en fournissant des produits non toxiques et biodégradables.

Ces recherches permettront de mieux connaître la nature et le fonctionnement de la vie, tant il est vrai que tous les processus du vivant sont des réactions chimiques.