

2

C'est quoi la chimie ?

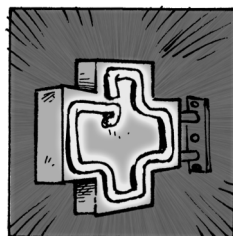
L'inconnu étant source d'angoisse, nous allons essayer de définir les grands domaines de la chimie pour mieux la connaître, l'appréhender et donc ne pas la subir. Comme Monsieur Jourdain, qui faisait de la prose sans le savoir, nous sommes tous des chimistes qui s'ignorent. Aussi, en essayant de faire une typologie de la chimie, nous allons en isoler les grands domaines pour les mettre en perspective des grands enjeux de notre quotidien.

LES GRANDS DOMAINES DE LA CHIMIE : DES DISCIPLINES BIEN DÉFINIES

Si la chimie était une religion, il y aurait quelques cathédrales et beaucoup de chapelles. Au risque de faire hurler les puristes, il existe selon moi trois piliers fondamentaux : la chimie organique, la chimie minérale et la biochimie.

La chimie organique

La chimie organique présente une spécificité absolue. Quand vous entrez dans une salle de TP de chimie organique, une odeur puissante vous prend instantanément à la gorge. La cavité rétro-nasale est saturée : nous sommes bien en présence de molécules aromatiques ! En pratique, la chimie organique est souvent appelée chimie du carbone, car cet atome a la



bonne idée de créer facilement des liaisons covalentes avec ses voisins. C'est à partir du XIX^e siècle que les chimistes ont compris qu'il était possible de synthétiser des composés organiques analogues à des composés naturels ou bien totalement artificiels. La naissance de la chimie organique est souvent associée à l'expérience inattendue réalisée en 1828 par le chimiste allemand Friedrich Wöhler. Ce dernier transforma accidentellement un composé inorganique, le cyanate d'ammonium (NH_4CNO), en présence d'acide nitrique (HNO_3), en une substance organique, l'urée (CON_2H_4). Avec sa découverte, Wöhler brisa le tabou de la « théorie de la force vitale ». Cette théorie indiquait qu'il n'était pas possible de transformer un composé minéral en composé organique sans l'intervention d'une énergie, baptisée « force vitale ». Wöhler venait d'inventer la chimie organique.

La chimie organique est basée sur la synthèse organique, un assemblage d'atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, sous forme de chaînes linéaires (les composés aliphatiques) ou bien de chaînes cycliques (les composés aromatiques). Actuellement, près d'un million de composés sont obtenus par synthèse organique, parmi lesquels rares sont les produits naturellement présents dans la nature.

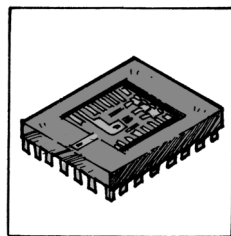
Parmi les chaînes aliphatiques carbonées, nous trouvons les **hydrocarbures**, chers à un certain Mendeleïev, avec notamment les alcanes. Dans les composés oxygénés se trouvent notamment les alcools, les

éthers et les acides carboxyliques. Les composés azotés, halogénés et phosphorés complètent la liste. Les polymères sont aussi associés à la thématique de la chimie organique.

Toutes ces molécules sont souvent citées dans des applications pharmaceutiques, agricoles, alimentaires ou cosmétiques, mais sont aussi impliquées dans des produits issus de la pétrochimie et de l'industrie des plastiques. Je pourrais aussi ajouter les applications liées à l'industrie des savons et des détergents ; s'ouvre ainsi le gigantesque domaine des produits ménagers et des lessives...

La chimie minérale

La chimie minérale est aussi appelée chimie inorganique. Cette discipline s'intéresse aux molécules synthétisées à partir des éléments du tableau de Mendeleïev autres que C, H et O. Les principaux composés concernés sont les minéraux tels que les sels ou les pierres précieuses, les métaux et leurs alliages, les éléments non métalliques tels que le silicium ou le phosphore. La chimie minérale a beaucoup d'importance en géologie.



Les applications qui se rattachent à la chimie minérale sont celles liées à l'industrie du verre, des matériaux céramiques et de la métallurgie. Nous pouvons ajouter la chimie du silicium dans le domaine gigantesque de la microélectronique, la chimie du lithium dans les accumulateurs d'énergie, piles et batteries. La chimie du silicium concerne aussi l'énergie, avec la conception de cellules photovoltaïques. Les oxydes de zirconium et d'yttrium sont aussi impliqués dans les piles à combustible à haute température, les *Solid Oxide Fuel Cell* (SOFC). Enfin, la chimie des actinides permet de gérer les déchets nucléaires. Les déchets issus de la fission de combustibles dans les centrales nucléaires ne sont pas, plus particulièrement en France, en Angleterre et au Japon, purement et simplement stockés. Un combustible usé est retraité, c'est-à-dire que grâce à la connaissance de la

chimie des actinides, les éléments possédant encore un fort potentiel énergétique, comme l'uranium et le plutonium, sont séparés des autres actinides et des produits de fission. Ils seront recyclés dans d'autres combustibles.

L'énergie et les matériaux font donc bon ménage avec la chimie minérale.

La biochimie

La biochimie a d'abord été une branche de la chimie organique. C'est maintenant une discipline à part entière, qui reprend la partie de la chimie organique qui s'intéresse au monde vivant, animal ou végétal. La chimie minérale paye aussi son tribut à la biochimie puisque les oligo-éléments, les sels, les oxydes minéraux, mais aussi les métaux, comme le fer dans les globules rouges, font partie intégrante du fonctionnement général du monde vivant.



Au début du xx^e siècle, Carl Neuberg, un chimiste allemand, poursuit les études de Pasteur dans le domaine des fermentations et des **enzymes**. Il est le premier à utiliser en 1903 le terme de biochimie, à la frontière de la chimie et de la biologie. La biochimie s'intéresse aux réactions chimiques dans les cellules vivantes. Trois grands types de réactions existent : celles produisant de l'énergie à l'aide de l'adénosine triphosphate (ATP) pour faire fonctionner la cellule ; celles impliquant les catalyseurs biologiques, les enzymes ; celles liées au métabolisme, à la transformation des molécules entrant dans la cellule.

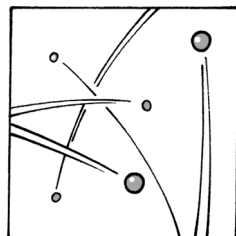
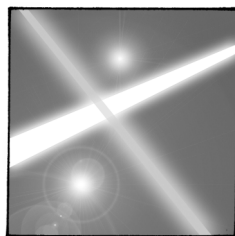
Pour faire des réactions, il faut des molécules de base. Il en existe quatre familles : les glucides (les sucres), les lipides (les corps gras), les protéines (formées d'acides aminés) et les acides nucléiques. Cependant, n'oublions pas que la molécule essentielle du monde vivant est... l'eau !

C'est ici la vie elle-même et sa perpétuation qui est en jeu. Les acides nucléiques sont présents dans les noyaux de la plupart des cellules vivantes. Il en existe deux grands types : les acides désoxyribonucléiques (ADN) et les acides ribonucléiques (ARN). L'ADN est le support universel de l'information génétique et se trouve essentiellement dans les chromosomes. Cette banque de données peut, grâce à l'ARN, transmettre et exprimer l'information contenue.

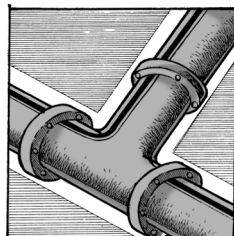
En 1965, le prix Nobel de physiologie ou médecine est attribué à Jacques Monod, François Jacob et André Lwoff pour leurs travaux en génétique. Jacques Monod a apporté une contribution majeure à la biochimie. Il a démontré que l'ADN est le point de départ de réactions biochimiques qui, par l'intermédiaire de l'ARN, produisent les protéines ou enzymes nécessaires à la vie des cellules, et par voie de conséquence à la vie tout court.

Laissons-le conclure provisoirement dans son fameux *Le hasard et la nécessité* (1970), lui qui fut un trait d'union entre la chimie et la vie : « *Les êtres vivants sont des machines chimiques. La croissance et la multiplication de tous les organismes exigent que soient accomplies des milliers de réactions chimiques grâce à quoi sont élaborés les constituants essentiels des cellules.* »

Au-delà de ces grands territoires de chimie, j'aimerais citer quelques domaines que nous croiserons régulièrement dans ce livre. D'abord la chimie analytique, qui est une discipline transversale et indispensable pour mesurer, évaluer, détecter les molécules amies ou ennemies. La détection se fait maintenant à des niveaux de sensibilité tels que nous continuons à nous poser la question : d'accord, je détecte, mais est-ce que c'est toxique ? Ensuite, la chimie physique, ou chimie générale, qui s'intéresse aux lois physiques qui régissent les systèmes et procédés chimiques.



Les principaux domaines d'étude comprennent : la thermochimie, la cinétique chimique, l'électrochimie, la radiochimie, la mécanique quantique... Enfin, une autre discipline plus récente, qui décrit les réactions chimiques et les intègre depuis la paillasse du laboratoire jusqu'aux réacteurs industriels est le génie des procédés, anciennement appelé génie chimique. Je suis tombé dedans tout petit, comme Obélix, et mon maître et ami montpelliérain, le professeur Gilbert Rios, y est pour beaucoup. Discipline transversale elle aussi, elle m'a permis avec bonheur de travailler en biochimie, en agroalimentaire, en gestion de l'environnement, en développement de matériaux inorganiques avancés et dans la gestion des déchets nucléaires. Difficile de faire plus large...



L'objectif dans tous les cas est de déterminer l'avancement, le dimensionnement et les conditions opératoires qui doivent assurer la gestion des réactions chimiques, depuis le stade laboratoire jusqu'aux applications industrielles. La connaissance développée permet de mieux adapter ce changement de dimension au cadre de la réaction, séparation, transfert de matière ou de chaleur.... Le génie des procédés présente de fortes interactions avec les trois domaines de la chimie, ainsi qu'avec la science des matériaux et la chimie physique. Il apporte un point de vue complémentaire à ces disciplines par une approche globale. Cela passe par l'étude et la maîtrise de nombreux processus interdépendants mais aussi par la représentation et la modélisation informatique de systèmes complexes.

Il existe une autre façon de présenter la chimie, selon ses domaines d'applications. La chimie industrielle s'intéresse aux applications de grands volumes, comme son nom l'indique. Elle se voit parfois associée à la chimie lourde. Il s'agit donc de la production de gros volumes de produits chimiques de base : acide sulfurique, chlore, soude, éthanol... C'est une chimie qui prend de la place et qui est souvent

« lourde » également dans le paysage. J'ai bien cherché, mais il n'existe pas encore de chimie « légère ».

La chimie fine ou chimie de spécialité s'intéresse à des volumes plus faibles mais avec de plus grandes valeurs ajoutées. C'est la chimie des principes actifs, des colorants, des arômes, des pigments... qui peut aller jusqu'aux applications : les médicaments, les vernis, les peintures, les laques...