

# Chimie organique

## I- Qu'est-ce que la chimie organique ?

### 1) Approche historique

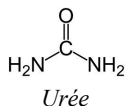
Les hommes ont su très tôt utiliser les propriétés de quelques composés organiques. Dans l'Antiquité, les Égyptiens, les Grecs, puis les Romains ont extrait des substances organiques naturelles comme la pourpre d'un coquillage, le murex, l'indigo d'une plante, l'indigotier, afin de les utiliser comme colorants. Au Moyen Âge, on obtient l'éthanol (alcool) par distillation du vin. Au XVI<sup>e</sup> siècle, on extrait l'acide formique par distillation de fourmis, pour l'utiliser comme détergent. Certaines transformations chimiques, encore utilisées actuellement sans trop de modifications, sont également connues depuis l'Antiquité. On peut citer la transformation des graisses animales en savon ou encore l'obtention d'alcool à partir de la fermentation d'amidon et de sucres. Si les composés organiques étaient connus depuis longtemps, de quand date réellement la chimie organique en tant que science ?

#### La naissance de la chimie organique :

La chimie organique est une science jeune, dont l'origine est l'étude des substances naturelles élaborées par les êtres vivants. Elle voit le jour au XVIII<sup>e</sup> siècle en Allemagne et en France. L'apothicaire Carl Scheele isole vers 1787 un certain nombre d'espèces chimiques organiques naturelles et essaie d'en identifier les composants. Son contemporain, Antoine Lavoisier, imagine une méthode de combustion permettant l'analyse chimique d'un composé. En 1807, le Suédois Jöns Berzélius baptise du nom de composés organiques les espèces chimiques provenant d'un matériau d'origine vivante. Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, les chimistes, qui disposent d'un matériel de laboratoire de plus en plus performant, isolent de nombreux composés organiques comme l'acide citrique, l'acide lactique, la morphine. Mais aucun n'en réalise la synthèse.

A cette époque, la chimie organique était surtout imprégnée d'idées philosophiques: on pensait que les substances naturelles ne pouvaient être reproduites par synthèse chimique. Leur élaboration semblait requérir l'intervention d'une mystérieuse force, la «force vitale», inaccessible aux scientifiques. On estimait que cette «force vitale» distinguait le monde animal et végétal du monde minéral, celui du sol et du sous-sol.

La théorie de la «force vitale» prévalut jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle. Elle subit un dur revers avec la découverte tout à fait fortuite du chimiste allemand Friedrich Wöhler, en 1828. En chauffant une solution de cyanate d'ammonium, un réactif minéral, il obtint de l'urée en tout point identique à celle extraite de l'urine des mammifères par Rouelle le Jeune dès 1773. La synthèse de l'urée donna alors le grand élan. En effet, Wöhler venait de synthétiser un composé organique, à partir d'un composé qui ne l'était pas et ce, sans l'intervention d'un organisme vivant.



Friedrich Wöhler  
(1800-1882)

1) Quel type de substances la chimie organique étudiait-elle à l'origine ?

A l'origine la chimie organique étudiait les substances élaborées par les êtres vivants.

2) Que représentait la «force vitale» ?

La «force vitale» représentait une force mystérieuse, inaccessible aux scientifiques et qui semblait nécessaire pour produire les substances élaborées par les êtres vivants.

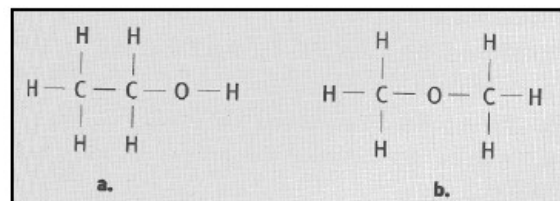
3) Quel événement est à l'origine du véritable essor de la chimie organique en tant que science ?

L'origine de l'essor de la chimie organique est la synthèse de l'urée par Friedrich Wöhler en 1828.

#### Les progrès de 1835 à nos jours :

À partir de 1835 se développent des méthodes d'analyse très poussées des composés organiques. Des chimistes comme Louis Gay-Lussac et Jean-Baptiste Dumas à Paris, Jöns Berzélius à Stockholm déterminent la composition d'espèces organiques, en termes non seulement de nature mais également de proportions des éléments présents. Les chimistes savent maintenant écrire la formule chimique brute d'une espèce organique.

Par contre, ils se heurtent à un problème: la structure des molécules, c'est-à-dire l'arrangement des atomes entre eux. À l'époque, par exemple, les chimistes connaissent deux composés différents répondant à la formule brute  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ : l'alcool éthylique ou éthanol, dont la température d'ébullition dans les conditions ordinaires est de 78 °C, et l'éther méthylique, gazeux. Comme ils n'ont aucune notion sur la structure des molécules, ce fait reste très mystérieux. En 1830, Berzélius introduit la notion d'isomérisation pour distinguer des substances différentes de compositions identiques en éléments.



Formules développées de l'éthanol (a)  
et de l'éther méthylique (b).

En 1856, William Perkin synthétise le premier colorant: la mauvéine. C'est le début de la chimie des colorants. Des efforts considérables sont déployés par de brillants esprits comme Edward Frankland à Manchester; Berzélius, Dumas pour mettre en place le concept de la liaison de covalence. Ce n'est qu'en 1858 qu'August Kekulé, à Heidelberg (Allemagne), et Archibald Scott Couper à la Sorbonne proposent la première représentation d'une molécule par un groupe d'atomes liés entre eux par des liaisons de covalence. Puis, vers 1875, s'élabore l'idée que les molécules se développent dans l'espace avec le Néerlandais Jacobus Van't Hoff et le Français Louis Pasteur.

Les progrès deviennent alors extrêmement rapides, accélérés par la théorie quantique édiflée dans les années 1920 et les méthodes d'analyse des molécules, qui ne cessent d'être améliorées au cours du XX<sup>e</sup> siècle.

On peut citer quelques dates importantes, parmi d'autres :

1902 - synthèse de glucides par l'Allemand Emil Fischer;

1929 - synthèse d'un constituant de l'hémoglobine par l'Allemand Hans Fischer ;

1953 - détermination de la structure de l'ADN par le Britannique Francis Crick et l'Américain James Watson ;

1973 - synthèse de la vitamine B12 par l'Américain Robert Woodward ;

1985 - découverte des fullerènes, molécules en forme de sphères, comportant 60 atomes de carbone, par le Britannique Harold Kroto.

Qu'appelle-t-on isomères ? En quoi la notion de covalence a-t-elle permis de comprendre l'existence d'isomères ?

Des isomères sont des molécules ayant la même formule brute mais des formules développées ou semi-développées différentes.

La notion de covalence permet de déterminer l'arrangement d'un atome avec ses voisins. Cette notion a permis d'écrire des formules développées différentes à partir de la formule brute.

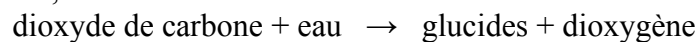
La synthèse de la mauvéine par Perkin, en 1856, fut un moment privilégié de la chimie organique. Pourquoi ?

La mauvéine est un colorant, sa synthèse correspond au démarrage de la chimie des colorants qui a de nombreuses applications industrielles.

## 2) Les ressources organiques naturelles

### x Photosynthèse ou synthèse chlorophyllienne

Les végétaux, grâce à l'énergie lumineuse et à l'action de la chlorophylle, synthétisent des glucides tels que le glucose, le saccharose, l'amidon, la cellulose.



Formation du glucose :  $6 \text{CO}_{2(g)} + 6 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(g)} + 6 \text{O}_{2(g)}$

Les glucides sont des réserves d'énergie sous forme chimique : ils peuvent redonner de l'eau et du dioxyde de carbone en libérant de l'énergie.

### x Synthèses biochimiques

Les animaux et l'homme sont incapables d'assimiler directement le dioxyde de carbone de l'air ; ils sont donc obligés de consommer des végétaux (ou d'autres animaux).

Dans les êtres vivants les synthèses organiques sont plus complexes que dans les végétaux. Ce sont des **synthèses biochimiques** qui conduisent à la formation des vitamines, des hormones, des lipides et des protides (ou protéines). Ces synthèses sont catalysées par des composés organiques : les **enzymes**.

### x Les hydrocarbures

Le charbon est produit par transformation (sous l'action de la température, de la pression, des bactéries et à l'abri du dioxygène) de matières végétales accumulées pendant des temps très long (des millions d'années).

Pétroles et gaz naturels proviennent de la décomposition de matières organiques formées de débris végétaux ou animaux marins microscopiques (plancton) accumulés au fond des mers et mêlés aux sédiments minéraux.

## 3) Composition de substances extraites de la nature

La combustion est une réaction d'oxydation rapide faisant intervenir un combustible (corps qui brûle) et un comburant (corps contenant de l'oxygène) avec production de chaleur et formation d'une flamme.

Exp : Lors d'une combustion incomplète du méthane, la flamme est orange.

Si on retourne une coupelle au dessus de la flamme, il se forme un dépôt noir : c'est du carbone. Donc le méthane contient du carbone.

Exp : Lors d'une combustion complète du méthane, la flamme est bleue.

Si on retourne un bécher froid au dessus de la flamme, de la buée se forme. Au contact de cette buée, le sulfate de cuivre anhydre devient bleu, cette buée est donc de l'eau. La formation d'eau montre la présence d'hydrogène dans le méthane.

Si on verse de l'eau de chaux dans le bécher celle-ci se trouble prouvant la formation de dioxyde de carbone lors de la combustion. La formation de dioxyde de carbone montre la présence de carbone dans le méthane.

Equation de la combustion complète du méthane :  $\text{CH}_{4(g)} + 2 \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(g)}$

Exp : Lorsqu'on verse de l'acide sulfurique concentré sur du sucre, le mélange devient marron puis noircit. Après quelques minutes, le mélange gonfle et monte dans le pot. En fin de réaction, on obtient un solide noir et poreux, c'est du carbone. Donc le sucre contient du carbone.

#### 4) Définition de la chimie organique

La chimie organique est la partie de la chimie qui étudie les composés d'origine naturelle ou synthétique qui contiennent l'élément carbone.

Toutes les espèces chimiques organiques contiennent l'élément carbone C. Ils peuvent contenir aussi :

- l'élément hydrogène H : très fréquent (les hydrocarbures ne contiennent que les éléments carbone et hydrogène)
- l'élément oxygène O : fréquent (glucides, lipides,...)
- l'élément azote N : assez fréquent (protéines, ...)
- d'autres éléments : rarement (soufre S, chlore Cl, phosphore P, métaux, ...)

Rq : sont exclus de la chimie organique : le carbone pur (diamant, graphite), le monoxyde de carbone CO et le dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, les carbonates (carbonate de calcium, de magnésium...), les cyanures, les carbures métalliques (carbure de calcium CaC<sub>2</sub> ; carbure de magnésium MgC<sub>2</sub> ou Mg<sub>2</sub>C<sub>3</sub>)

### II- L'élément de base : le carbone

#### 1) Rappel

Lorsque des atomes réagissent en chimie ils tendent à former un édifice stable : ils tendent à acquérir la structure électronique du gaz inerte le plus proche dans la classification périodique.

Leur couche électronique externe aura soit 2 électrons (règle du duet) soit 8 électrons (règle de l'octet).

L'atome de carbone a pour numéro atomique  $Z=6$  donc la configuration électronique de cet élément est  $(K)^2(L)^4$ . Le carbone possède 4 électrons sur sa couche externe. Pour respecter la règle de l'octet, le carbone doit accueillir 4 électrons en formant 4 liaisons covalentes (4 doublets liants) avec d'autres atomes.

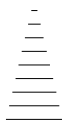
L'atome de carbone est tétravalent.

La représentation de Cram permet de représenter l'aspect tridimensionnel d'une molécule.

liaison dans le plan



liaison en arrière du plan



liaison en avant du plan

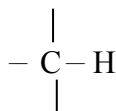


Selon la répartition de ces liaisons, nous allons rencontrer des géométries différentes :

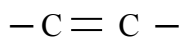
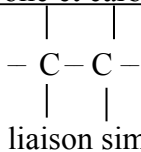
| Liaisons autour de l'atome de carbone | Géométrie dans la représentation de Cram | Carbone      | Exemple                              | Représentation de Cram |
|---------------------------------------|------------------------------------------|--------------|--------------------------------------|------------------------|
| 4 liaisons simples                    | Tétraédrique                             | tétraédrique | CH <sub>4</sub> (méthane)            |                        |
| 2 liaisons simples + 1 liaison double | Plan                                     | trigonal     | CH <sub>2</sub> O (méthanal)         |                        |
| 1 liaison simple + 1 liaison triple   | Linéaire                                 | digonal      | HCN (acide cyanhydrique)             | H—C≡N                  |
| 2 liaisons doubles                    | Linéaire                                 | digonal      | CO <sub>2</sub> (dioxyde de carbone) | O=C=O                  |

## 2) Quelques liaisons faisant intervenir l'atome de carbone

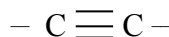
### a) carbone et hydrogène



### b) carbone et carbone

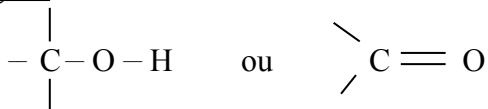


liaison double

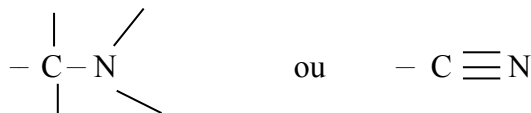


liaison triple

### c) carbone et oxygène



### d) carbone et azote



## III- Omniprésence de la chimie organique

Les matières plastiques, les combustibles et les carburants, les parfums, les médicaments ... sont des composés organiques. Souvent les produits naturels ont été remplacés ou améliorés par des synthèses chimiques. Chaque année on synthétise des milliers d'espèces nouvelles. Actuellement on connaît plusieurs millions de composés organiques.

Les secteurs de la chimie organique sont classés selon les produits formés :

× Chimie de base ou chimie lourde :

Essentiellement la pétrochimie : matières plastiques, caoutchouc synthétiques, élastomères. C'est une production de gros tonnages.

Les principales molécules « intermédiaires » sont : l'éthylène, le propylène, le benzène, l'éthanol.

× Chimie fine :

A partir de la chimie lourde et d'extraits animaux et végétaux la chimie fine élabore des molécules complexes. Les produits obtenus peuvent être très coûteux (principes actifs des médicaments).

× Parachimie :

Ce sont des produits largement diffusés auprès du public : savons, produits de beauté, peintures, vernis, produits d'entretien, insecticides...

× Pharmacie :

Les principes actifs de la chimie fine sont mélangés pour les rendre assimilables, puis conditionnés sous forme de médicaments : antibiotiques, analgésiques (antalgique : calme la douleur), antipyrétiques (fébrifuge : fait tomber la fièvre).