

## I. Histoire de la Chimie Organique

Le mot chimie dérive du terme ancien "alchimie", directement tiré de l'arabe (*al-kemi*). C'est la science qui étudie la composition de la matière et ses transformations par réactions chimiques.

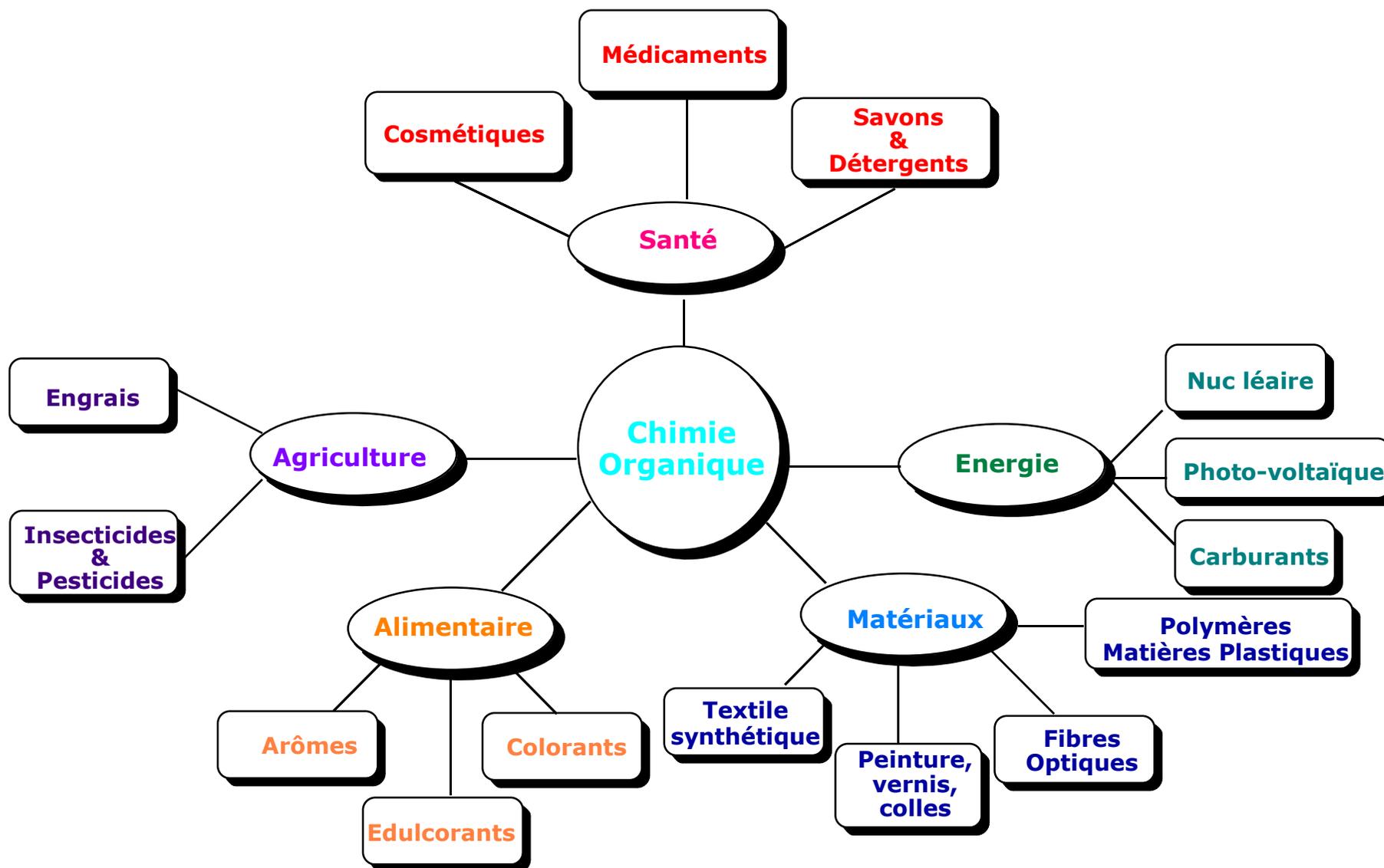
La chimie est une science divisée en plusieurs branches :

- **la biochimie** qui étudie les réactions chimiques dans les milieux biologiques (cellules, protéines...).
- **la chimie analytique** est l'étude des méthodes d'analyses qualitatives et quantitatives qui permettent de connaître la composition d'un échantillon.
- **la chimie des matériaux** est la préparation et l'étude de substances et leur utilisation en tant que matériau.
- **la chimie inorganique** ou chimie minérale, concerne la description et l'étude des éléments chimiques.
- **la chimie organique** est la description et l'étude des composés comportant un squelette d'atomes de carbone (composés organiques).
- **la chimie physique** est l'étude des lois physiques des systèmes et procédés chimiques ; ses principaux domaines d'étude comprennent : la thermochimie, la cinétique chimique, l'électrochimie, la radiochimie et la spectroscopie.
- **la chimie théorique** est l'étude de la chimie à travers un raisonnement théorique fondamental (à l'aide des mathématiques et de la physique). En particulier, l'application de la mécanique quantique à la chimie a donné naissance à la chimie quantique.

La chimie existe en d'autres domaines plus spécifiques : **agrochimie, catalyse homogène et hétérogène, chimie de l'environnement, chimie industrielle, chimie pharmaceutique, chimie nucléaire, chimie organométallique, chimie des polymères, chimie radicalaire, chimie supramoléculaire, électrochimie, pétrochimie...**

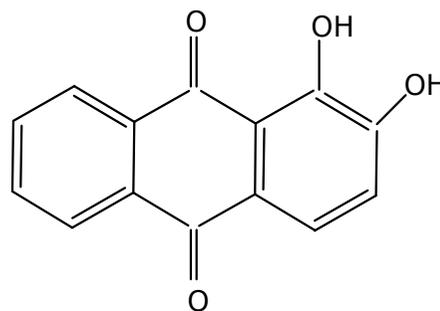
La **chimie organique** est la chimie des molécules contenant du carbone, et l'étude de leur structure, leurs propriétés, leur composition, leurs réactions et leur préparation.

Les applications de la **chimie organique** sont nombreuses :



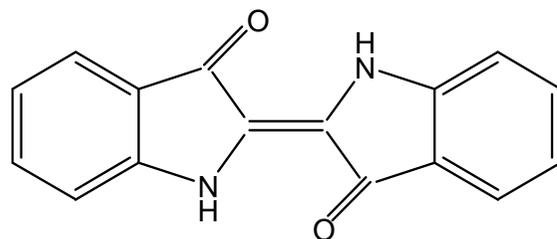
## I. PREHISTOIRE & ANTIQUITE

- **Le feu** : Le feu a été une découverte fondamentale pour l'Homme. Il était utilisé comme source de lumière et de chaleur, comme moyen de défense contre les prédateurs, comme source d'énergie puisqu'il permettait la cuisson des aliments et celle de l'argile pour la poterie... La maîtrise du feu a permis de fabriquer la céramique et le verre. On a découvert des traces de foyer (-400 000 ans).
- **Le charbon de bois** : Le charbon de bois est également utilisé comme pigment dans les peintures préhistoriques dans les grottes. Il sera par la suite également utilisé comme combustible.
- **Les colorants** : les colorants naturels ont été extraits de végétaux, d'animaux et de minéraux et utilisés comme teinture pour les vêtements et fards : traces de colorants dans les peintures rupestres (-20000 ans):
  - Colorants végétaux : garance (alizarine rouge), pastel (bleu), indigo "blue jeans"...

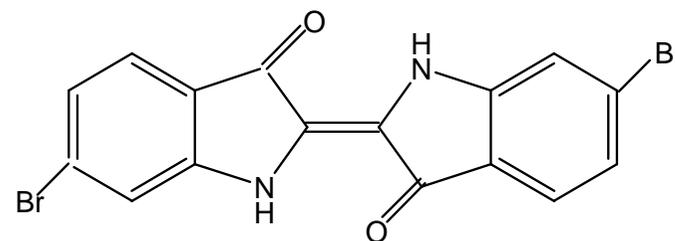


**Alizarine**  
**1,2-dihydroxyanthraquinone**

- Teintures animales :
  - le rouge carmin tiré de la cochenille (insecte),
  - le célèbre "pourpre antique" qui servait à teindre les manteaux des empereurs était extrait du murex (coquillage), lequel sécrétait une substance incolore (murexide) qui s'oxydait à la lumière par l'oxygène de l'air et se transformait en colorant.



Indigo



Pourpre de Tyr  
6,6'-dibromoindigo

- Teintures minérales (entraient entre autre dans la composition des produits de beauté et de décoration): malachite (fard pour les yeux),  $Pb_3O_4$  (peinture),  $Na_2CO_3$  (d'agent desséchant des momies).
- **Remèdes** : Le premier texte connu sur la médecine par les plantes est gravé sur une tablette d'argile, rédigé par les Sumériens en caractères cunéiformes (-3000 ans) ; Ils utilisaient des plantes telles le myrte, le chanvre, le thym, le saule en décoctions.



Description de l'usage du cumin et de l'aneth.

La matière médicale de Dioscoride, copie en arabe de 1334<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Document wikipédia

Les Grecs et les Romains utilisaient également de nombreuses plantes. On en retrouve des références, entre autres, dans l'œuvre de Dioscoride (médecin grec du I<sup>er</sup> siècle).

Plus tard, Hippocrate (-400 ans) recommandait une décoction d'écorce de saule blanc (*Salix alba*) pour soulager les douleurs et faire baisser la fièvre.

- **Les parfums** : Extraction d'huiles essentielles des plantes :
  - Utilisation de fards et parfums en Egypte pour embaumer des momies (-4000 ans).
  - Tapputi-Belatikallim, un fabricant de parfum, est mentionné sur des tablettes cunéiformes en Mésopotamie (Iraq, -1200 ans).
- **Le savon** : Il était fabriqué par hydrolyse des acides gras.
- **Le papier** : papyrus durci à l'amidon (Egypte).
- **Tannage des peaux** : En plus de la viande que l'homme prenait sur l'animal qu'il tuait pour se nourrir, il récupérait sa peau. Mais pour garder et utiliser les peaux de bête, il lui fallu inventer un moyen de les conserver, car la peau desséchée sans aucune préparation se pourrit aisément, s'imprègne d'eau et se détruit par un frottement répété.

La technique qui consiste à traiter la peau et la transformer en cuir s'appelle le **Tannage** : si un morceau de peau est plongé dans une dissolution aqueuse de tanin, il devient très dur, insoluble, inaltérable, et peut supporter les alternatives de sécheresse et d'humidité sans absorber l'eau.

## II. MOYEN AGE (IX – XIV<sup>ème</sup> siècle)

Techniques expérimentales utilisées : l'extraction des huiles, des graisses animales et végétales, la distillation des essences aromatiques, la distillation de l'alcool...

- **815** : Jabir Ibn Hayyan (connu sous le nom de Geber), qui est parfois considéré comme le "père de la chimie" met au point l'alambic qui permet d'effectuer des distillations de manière plus sûre, plus aisée et plus efficace.

Il découvre des sels d'arsenic, de soufre et de mercure. En distillant des sels en présence d'acide sulfurique, il découvrit l'acide chlorhydrique (à partir de chlorure de sodium) et l'acide nitrique (à partir de salpêtre). En mélangeant les deux, il inventa l'eau régale, qui est l'un des seuls réactifs chimiques qui permette de dissoudre l'or.

On lui attribue également la découverte de l'acide citrique (à la base de l'acidité du citron), de l'acide acétique (à partir de vinaigre) et de l'acide tartrique (à partir de résidus de vinification).

Il remarqua que l'ébullition du vin produit une vapeur inflammable, ouvrant ainsi la voie à la découverte de l'éthanol par Al-Razi.



Geber<sup>2</sup> considéré comme le "père de la chimie".

- **900** : Abu Bakr Mohammad Ibn Zakariya al-Razi (ou Rhazes), médecin, chimiste et philosophe, il publia plusieurs traités de chimie, comprenant l'une des plus ancienne description de distillation contrôlée et de méthode d'extraction. Il a également développé une méthode de production de l'acide sulfurique et de l'éthanol dont il initia l'utilisation médicale. Utilisant ses connaissances en chimie pour son activité médicale, on peut à juste titre le considérer comme un père fondateur de la thérapeutique iatrochimique (l'usage de substances chimiques pour soigner des maladies, l'ancêtre de la pharmacie moderne).

---

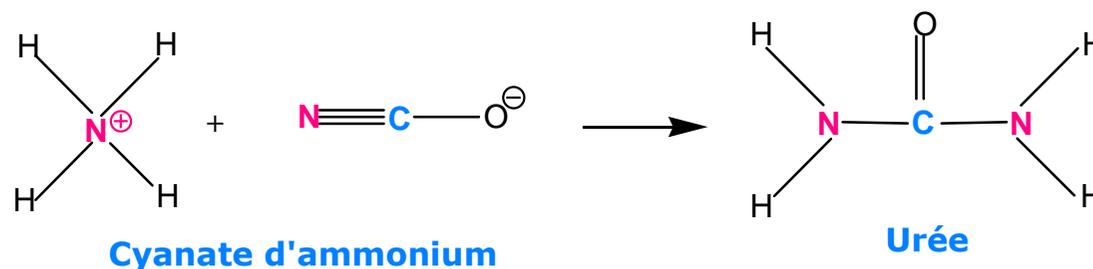
<sup>2</sup> Document wikipédia

- **1267** : Roger Bacon publie "*Opus Maius*" qui entre autres choses, contient les résultats de ses expériences sur la poudre à canon.

Vitriol : H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1/3 d'eau forte + 2/3 d'esprit de sel
Eau forte : HNO <sub>3</sub>	=
Esprit de sel : HCl	Eau Régale
Esprit de vin : EtOH	

### III. LES DEBUTS DE LA CHIMIE ORGANIQUE (XIX<sup>ème</sup> siècle)

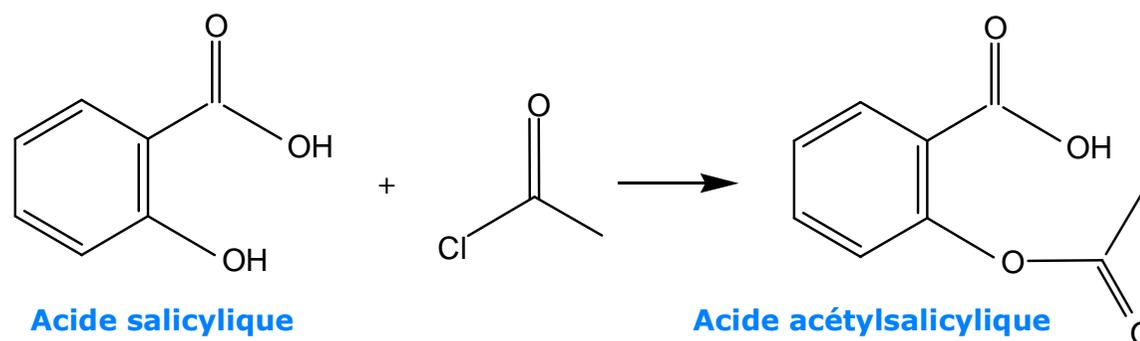
- **1805** : Friedrich Sertürmer isole la morphine.
- **1806** : Joseph Caventou et Pelletier découvrent et isolent la strychnine.
- **1820** : Joseph Caventou et Pelletier isolent la quinine et la caféine.
- **1823** : Eugène Chevreul s'intéresse aux matières grasses. il montre que l'action d'un alcali sur un corps gras forme un savon et libère de la glycérine. Il isola les différents acides qui, en combinaison avec les alcali, produisaient le savon.
- **1825** : Michael Faraday isole le benzène, le premier composé aromatique.
- **1825** : Friedrich Wöhler et Justus von Liebig réalisent la première découverte confirmée d'isomères, dont l'existence et le nom avaient été proposés par Berzélius. En travaillant avec de l'acide cyanique et de l'acide fulminique, ils déduisent de manière correcte que l'isomérisation est causée par l'arrangement différent des atomes dans la structure moléculaire.
- **1827** : William Prout classe les biomolécules en divers groupes, toujours utilisés aujourd'hui : glucide, protéine et lipide.
- **1828** : Pelletier et Cavendou isolent la nicotine.
- **1828** : Friedrich Wöhler réalise par hasard, la synthèse de l'urée, un constituant de l'urine (molécule organique), à partir du cyanate d'ammonium NH<sub>4</sub>OCN (réactif inorganique) ; établissant ainsi le fait que des composés organiques pouvaient être obtenus à partir de composés inorganiques.



- **1832** : Friedrich Wöhler et Justus von Liebig découvrent et expliquent la notion de groupe fonctionnel.
- **1833** : Jean-Baptiste Dumas établit la formule du camphre (C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>O).

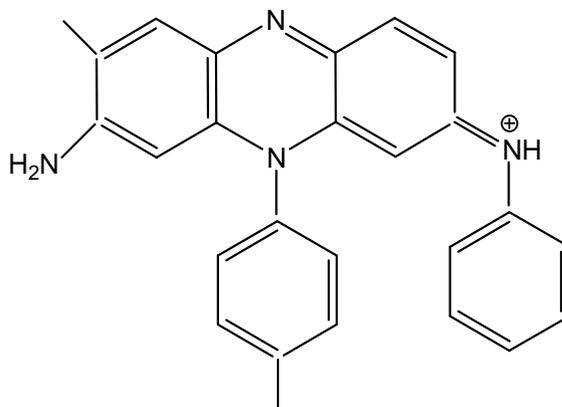
#### IV. LES PROGRES DE LA CHIMIE ORGANIQUE (2<sup>ème</sup> moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle)

- **1849** : Louis Pasteur découvre que la forme racémique de l'acide tartrique est un mélange des énantiomères lévogyre et dextrogyre, clarifiant la nature de la rotation optique et apportant une contribution majeure dans le domaine de la stéréochimie. La découverte démontra que certains composés pouvaient exister sous des formes antipodes avec un effet opposé sur la lumière polarisée.
- **1853** : Charles GERHARDT réalise la synthèse de l'aspirine (l'acide acétylsalicylique):



Mais, c'est Felix HOFFMANN qui, en 1898, utilisa ce produit comme médicament pour soulager les rhumatismes de son père. Cette molécule fera l'objet en 1899 d'un brevet sous le nom d'aspirine et sera commercialisé par la société Bayer.

- **1856** : William Henry Perkin synthétise le premier pigment synthétique : la mauvéine (ou mauve de Perkin) en traitant l'aniline par le [bichromate de potassium](#). Perkin fait cette découverte lors d'une tentative pour obtenir de la quinine synthétique. Cette découverte est à l'origine de l'industrie des pigments et colorants synthétiques.

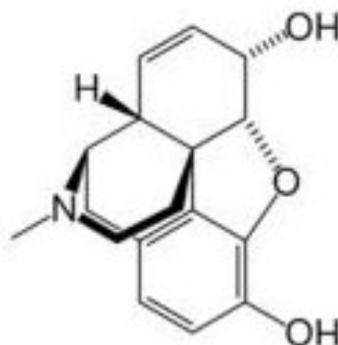


Mauve de Perkin

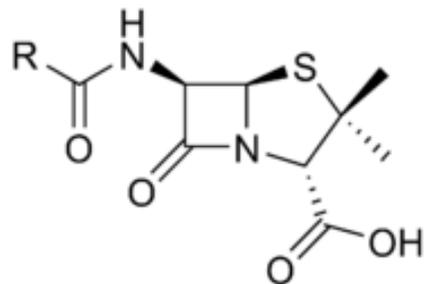
- **1858** : Friedrich August Kekulé propose l'idée de la tétravalence du carbone, c'est-à-dire la possibilité pour le carbone de former quatre liaisons chimiques.
- **1865** : Friedrich August Kekulé établit la structure du benzène comme étant un cycle à six atomes de carbone comportant une alternance de simples et doubles liaisons.
- **1874** : Jacobus VAN'T HOFF et Achille LE BEL proposent indépendamment et simultanément, la théorie de l'atome de carbone asymétrique : c'est la naissance de la stéréochimie.
- **1879** : Adolf von Baeyer met au point la synthèse de l'indigo, une référence dans l'industrie de la chimie organique moderne, qui a révolutionné l'industrie des colorants.
- **1884** : Hermann Emile Fischer propose la structure de la purine, structure clé dans la plupart des biomolécules, qu'il synthétisera plus tard en 1898. C'est également à cette époque que débutent les travaux sur la chimie du glucose et de ses dérivés.

**V. LES GRANDES AVANCEES DE LA CHIMIE ORGANIQUE (XX<sup>ème</sup> siècle) :** La synthèse organique va surtout se développer dans les domaines des [médicaments](#) et des [colorants](#).

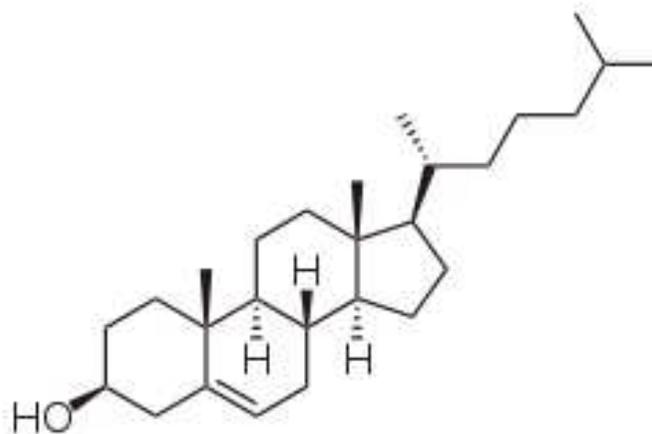
- **Morphine :**
  - Extraite du pavot, isolée et purifiée en 1805 par Friedrich Sertürmer,
  - formule moléculaire déterminée 40 ans après
  - et structure complète déterminée en 1925



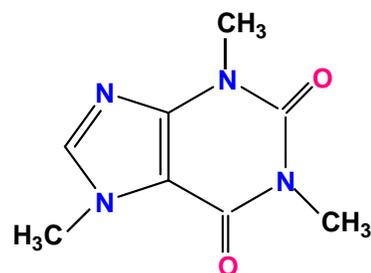
- **Pénicilline :**
  - En 1928, le médecin Sir Alexander FLEMING remarque l'apparition d'une moisissure verte sur l'un de ses milieux de culture de staphylocoques. Il constate que les bactéries ne se développent pas autour et nomme ce champignon "Penicillium notatum".
  - B. CHAIN et H. FLOREY isoleront chimiquement la pénicilline qui est introduite de façon thérapeutique en 1941. Ils recevront le Prix Nobel en 1945.
  - R.B. WOODWARD détermine la structure de la pénicilline en 1945. Il recevra le Prix Nobel en 1965.



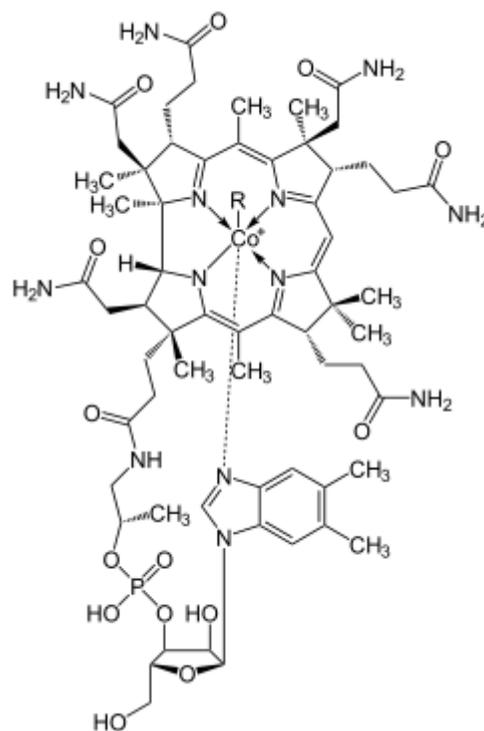
- **Alcaloïdes** : **R.B. WOODWARD** réalisera ensuite la synthèse totale du **cholestérol**, de la cortisone, de la strychnine, de la chlorophylle (1960), de la céphalosporine C en 1965, ...de la vitamine B12 en 1971.



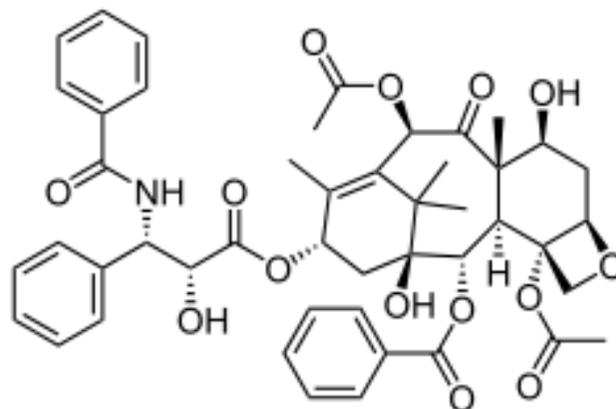
- La strychnine a été découverte par Joseph Caventou et Pelletier qui isoleront, en 1820, la quinine et la **caféine** et en 1828, la nicotine.



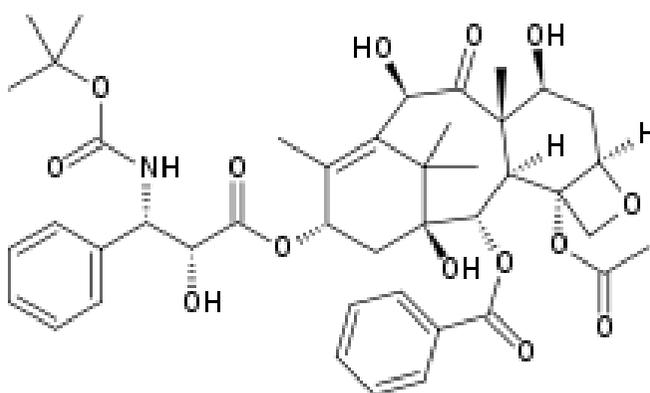
- En 1838, Alexandre Wosrerenski obtient la quinone à partir de la quinine.
- La Céphalosporine C a été découverte par Brotzu en 1945.
- La vitamine B12 a été découverte en 1926 et isolée par Rickles en 1948.



- **Taxol** : Propriétés anti-tumorales (cancer du sein, des ovaires, poumons)
  - Isolé en 1962 (National Cancer Institute), à partir du *Taxusbrevifolia* (If du pacifique),
  - structure déterminée en 1971,
  - et synthèse totale achevée en 1994 par K.C. NICOLAOU



- **Taxotere** : Deux fois plus actif que le taxol et isolé des feuilles de *Taxusbaccata* (If commun) par Pierre POTIER (Gif-sur Yvette)



## II. Structure des composés Organiques

### I. INTRODUCTION

La chimie organique est la chimie des composés du carbone :

- **d'origine naturelle** : les hydrocarbures constituant le pétrole, la chlorophylle contenue dans les plantes vertes...
- ou **produits par synthèse**.

#### **Origine naturelle des composés organiques :**

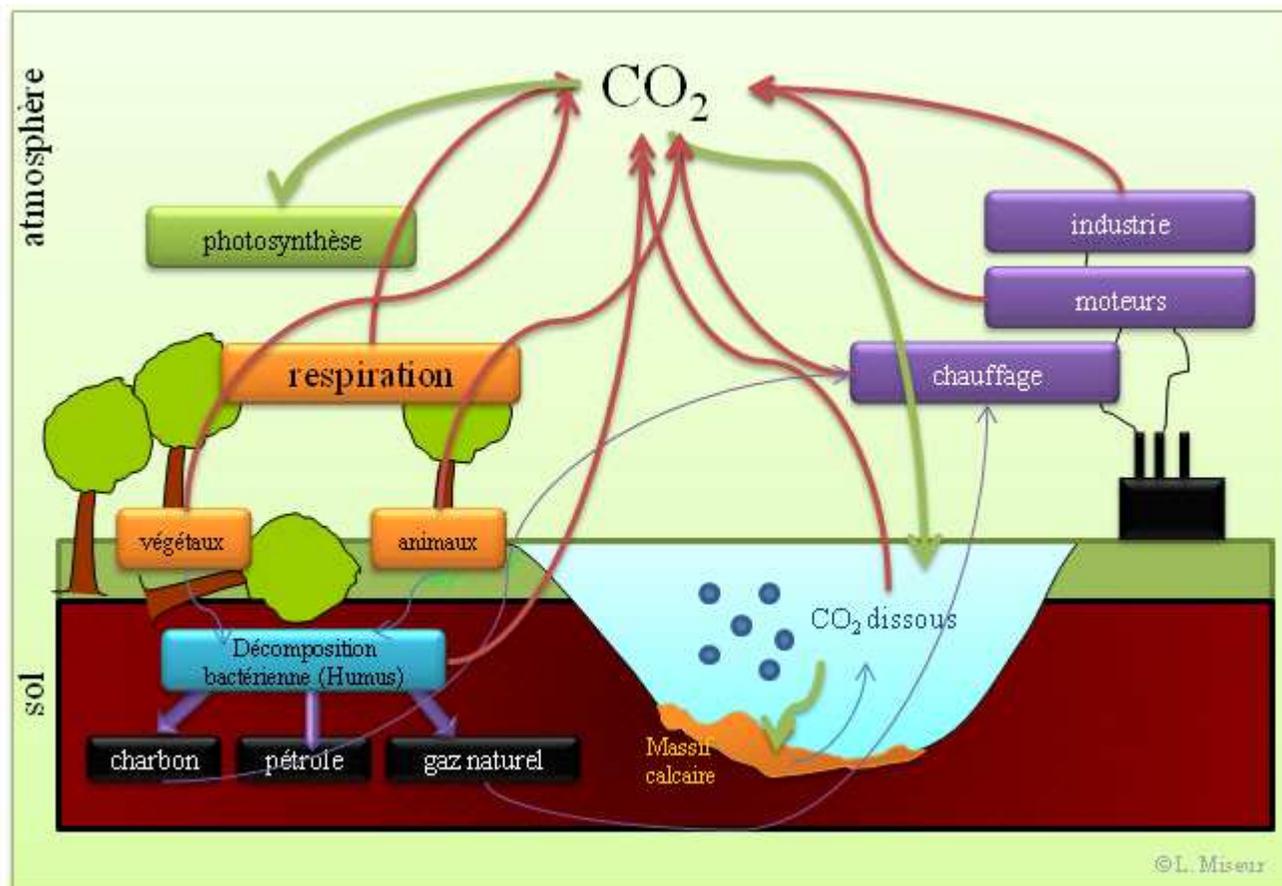
- 1) **La photosynthèse** : C'est le processus qui permet aux végétaux de transformer le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) en glucide (sucre) : Les feuilles captent grâce à la chlorophylle, l'énergie solaire. Elles se servent ensuite de cette énergie pour transformer l'eau et le gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) en glucose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ).

L'équation bilan de la photosynthèse est :



- 2) **Le pétrole et le gaz naturel** : proviennent de la décomposition de la matière organique d'origine **végétale et animale**. Sous l'action de la chaleur, de la pression et de certaines bactéries, cette matière organique perd ses atomes d'oxygène et se transforme en hydrocarbures (formés uniquement de carbone et d'hydrogène).

**Le pétrole constitue la matière première de la chimie organique de synthèse.**



Le développement de la chimie organique qui a conduit à un grand nombre de synthèses, s'est effectué en 3 étapes:

- Etude des structures des composants des substances organiques naturelles,
- Reproduction par synthèse des produits naturels puis synthèses de leurs dérivés en améliorant leurs propriétés,
- Synthèses de produits totalement nouveaux. En particulier les matières plastiques, les fibres synthétiques, les parfums, les arômes, les détergents, les explosifs, les colorants et les médicaments.

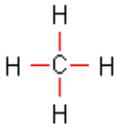
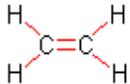
## II. LE CARBONE

Le carbone est l'élément de base de la chimie organique. Les composés organiques renferment du carbone et un nombre très limité d'éléments autres que le carbone. En particulier : hydrogène, oxygène, azote, phosphore, soufre et halogènes.

Le symbole de l'atome de carbone est:  ${}^{12}_6\text{C}$ . Cet atome possède 6 protons ainsi que 6 électrons qui se répartissent, dans l'état fondamental, sur les deux premières couches suivant la formule électronique  $(K)^2 (L)^4$ .

Cette répartition électronique fait apparaître **4 électrons périphériques**. Pour saturer sa couche externe à 8 électrons et respecter la règle de l'octet, l'atome de carbone doit accueillir 4 électrons et former **4 liaisons covalentes** (4 doublets liants).

Les quatre liaisons de l'atome de carbone peuvent être distribuées de trois façons différentes dans l'espace :

		
Exemple: le méthane	Exemple: L'éthylène	Exemple: L'acétylène
		

## III. LA LIAISON CHIMIQUE

Une molécule organique peut être définie comme une chaîne carbonée sur laquelle se greffent un certain nombre de fonctions.

Les atomes s'associent pour donner des structures organiques plus stables. Les liaisons se forment par l'intermédiaire des e<sup>-</sup> périphériques : **les e<sup>-</sup> de valence** (ce sont les électrons en excès par rapport au gaz noble qui précède l'élément).

On distingue 2 types de liaisons :

- **la liaison ionique**
- **la liaison covalente**

Dans les 2 cas, un atome essaye de gagner ou perdre des e<sup>-</sup> de façon à acquérir la structure électronique du gaz rare le plus proche (couche de valence complète). Ceci définit la règle de l'octet.

### Modèle de Lewis

C'est une formule développée de la molécule dans laquelle sont répartis tous les e<sup>-</sup> de valence de manière à satisfaire à la règle de l'octet.

D'après Lewis, une structure atteint une stabilité maximale lorsque les atomes s'entourent d'une couche électronique externe identique à celle d'un gaz rare ; pour cela, les atomes mettent en commun des doublets électroniques. Au nombre de doublets mis en commun, correspond la valence de l'atome (C : tétravalent ; N : trivalent ; O : divalent ; X, H : monovalents).

#### 1) **Liaison covalente :**

La liaison covalente résulte de la mise en commun d'un doublet électronique; chaque atome participe à la liaison en fournissant un électron.

- Si deux atomes ont des électronégativités (EN) comparables (exemple : H-H), les e<sup>-</sup> sont équitablement répartis entre les 2 noyaux.
- Si l'un des deux atomes est plus électronégatif (exemple : C-N ou C-O), les électrons de la liaison sont attirés par l'élément le plus électronégatif. Cette dissymétrie se traduit par un moment dipolaire: la liaison covalente est polarisée (liaison polaire).

2) **Liaison ionique** :

Si la différence d'électronégativité est très importante, la liaison est totalement ionisée.

**IV. Rappels sur les notions fondamentales d'atomistique**1) **Les éléments** :

Un élément est représenté par son symbole X. En haut à gauche du symbole figure le *nombre de masse A* (c'est-à-dire la somme du nombre de neutrons et de protons constituant le noyau) et en bas à gauche figure le *numéro atomique Z* (représentant le nombre de protons présents :  ${}^A_ZX$ )

L'atome neutre possède également Z électrons, compensant la charge des Z protons. Le numéro atomique Z est caractéristique de l'élément, alors que le nombre de masse A dépend de l'isotope considéré.

2) **Classification périodique des éléments** :

Dans le tableau périodique des éléments, les lignes (1, 2, 3) correspondent aux couches (K, L, M...) ; alors que les colonnes correspondent aux sous-couches (s, p, d...)

Dans une même ligne (ou période), les éléments possèdent le même nombre d'électrons de cœur (sur une couche complète), alors que dans une même colonne, les éléments possèdent le même nombre d'électrons externes (sur une couche incomplète) : ils ont donc des propriétés chimiques proches.

**Tableau périodique des éléments**

1 <b>H</b> 1,008																	2 <b>He</b> 4,00
3 <b>Li</b> 6,94	4 <b>Be</b> 9,01											5 <b>B</b> 10,81	6 <b>C</b> 12,01	7 <b>N</b> 14,01	8 <b>O</b> 16,00	9 <b>F</b> 19,00	10 <b>Ne</b> 20,18
11 <b>Na</b> 22,99	12 <b>Mg</b> 24,31											13 <b>Al</b> 26,98	14 <b>Si</b> 28,09	15 <b>P</b> 30,97	16 <b>S</b> 32,07	17 <b>Cl</b> 35,45	18 <b>Ar</b> 39,95
19 <b>K</b> 39,10	20 <b>Ca</b> 40,08	21 <b>Sc</b> 44,96	22 <b>Ti</b> 47,87	23 <b>V</b> 50,94	24 <b>Cr</b> 52,00	25 <b>Mn</b> 54,94	26 <b>Fe</b> 55,85	27 <b>Co</b> 58,93	28 <b>Ni</b> 58,69	29 <b>Cu</b> 63,55	30 <b>Zn</b> 65,38	31 <b>Ga</b> 69,72	32 <b>Ge</b> 72,64	33 <b>As</b> 74,92	34 <b>Se</b> 78,96	35 <b>Br</b> 79,90	36 <b>Kr</b> 83,80
37 <b>Rb</b> 85,47	38 <b>Sr</b> 87,62	39 <b>Y</b> 88,91	40 <b>Zr</b> 91,22	41 <b>Nb</b> 92,91	42 <b>Mo</b> 95,96	43 <b>Tc</b> [98]	44 <b>Ru</b> 101,07	45 <b>Rh</b> 102,91	46 <b>Pd</b> 106,42	47 <b>Ag</b> 107,87	48 <b>Cd</b> 112,41	49 <b>In</b> 114,82	50 <b>Sn</b> 118,71	51 <b>Sb</b> 121,76	52 <b>Te</b> 127,60	53 <b>I</b> 126,90	54 <b>Xe</b> 131,29
55 <b>Cs</b> 132,91	56 <b>Ba</b> 137,33	57-71	72 <b>Hf</b> 178,49	73 <b>Ta</b> 180,95	74 <b>W</b> 183,84	75 <b>Re</b> 186,21	76 <b>Os</b> 190,23	77 <b>Ir</b> 192,22	78 <b>Pt</b> 195,08	79 <b>Au</b> 196,97	80 <b>Hg</b> 200,59	81 <b>Tl</b> 204,38	82 <b>Pb</b> 207,2	83 <b>Bi</b> 208,98	84 <b>Po</b> [209]	85 <b>At</b> [210]	86 <b>Rn</b> [222]
87 <b>Fr</b> [223]	88 <b>Ra</b> [226]	89-103	104 <b>Rf</b> [267]	105 <b>Db</b> [268]	106 <b>Sg</b> [271]	107 <b>Bh</b> [272]	108 <b>Hs</b> [277]	109 <b>Mt</b> [276]	110 <b>Ds</b> [281]	111 <b>Rg</b> [280]	112 <b>Uub</b> [285]	113 <b>Uut</b> [284]	114 <b>Uuq</b> [289]	115 <b>Uup</b> [288]	116 <b>Uuh</b> [293]	117 <b>Uus</b> —	118 <b>Uuo</b> [294]
57 <b>La</b> 138,91	58 <b>Ce</b> 140,12	59 <b>Pr</b> 140,91	60 <b>Nd</b> 144,24	61 <b>Pm</b> [145]	62 <b>Sm</b> 150,36	63 <b>Eu</b> 151,96	64 <b>Gd</b> 157,25	65 <b>Tb</b> 158,93	66 <b>Dy</b> 162,50	67 <b>Ho</b> 164,93	68 <b>Er</b> 167,26	69 <b>Tm</b> 168,93	70 <b>Yb</b> 173,05	71 <b>Lu</b> 174,97			
89 <b>Ac</b> [227]	90 <b>Th</b> 232,04	91 <b>Pa</b> 231,04	92 <b>U</b> 238,03	93 <b>Np</b> [237]	94 <b>Pu</b> [244]	95 <b>Am</b> [243]	96 <b>Cm</b> [247]	97 <b>Bk</b> [247]	98 <b>Cf</b> [251]	99 <b>Es</b> [252]	100 <b>Fm</b> [257]	101 <b>Md</b> [258]	102 <b>No</b> [259]	103 <b>Lr</b> [262]			

## 3) Répartition des électrons d'un atome

## • Orbitales atomiques

En mécanique quantique, un électron se comporte comme une onde et est décrit par une *fonction d'onde*, appelée aussi **orbitale atomique**. Cette fonction dépend de trois nombres quantiques  $n$ ,  $l$  et  $m$ . Les trois nombres  $n$ ,  $l$  et  $m$  sont entiers, tel que :

$$\begin{aligned} n &> 0 \\ 0 \leq l &\leq n-1 \\ -l \leq m &\leq +l \end{aligned}$$

L'électron occupant une orbitale est décrit par les mêmes trois nombres quantiques  $n$ ,  $l$ ,  $m$  et par un nombre supplémentaire appelé nombre quantique de spin  $s$ .

L'électron se comporte comme s'il tournait sur son axe en générant un champ magnétique. Il est comparable à un petit aimant ayant deux orientations possibles :  $s = +1/2$  ou  $s = -1/2$

L'énergie de l'électron (et celle d'une orbitale le décrivant) est **quantifiée** et ne peut prendre que certaines valeurs. Elle dépend uniquement de  $n$  et de  $l$ . Une valeur donnée de  $n$  définit une **couche électronique** ( $n = 1, 2, 3...$  correspond aux couches K, L, M...).

Des orbitales de même  $n$  mais ayant des  $l$  différents appartiennent à des *sous-couches* différentes :

$$\begin{aligned} \text{Pour : } l=0 &: s \\ \text{Pour : } l=1 &: p \\ \text{Pour : } l=2 &: d \end{aligned}$$

Dans la couche L ( $n=2$ ), on aura les sous-couches  $2s$  ( $l=0$ ) et  $2p$  ( $l=1$ ). Dans une sous-couche, lorsqu'il y a plusieurs orbitales (correspondant à des valeurs de  $m$  différentes), elles ont la même énergie : on dit qu'elles sont **dégénérées**. Pour la sous-couche  $2p$ , ( $m$  peut prendre 3 valeurs :  $-1, 0, +1$ ).

- **Configuration électronique**

La *configuration électronique* d'un atome est la répartition des électrons dans les orbitales. Le remplissage de ces orbitales par les électrons se fait selon trois règles.

1. **Règle de Klechkowsky** : On remplit les orbitales par ordre d'énergie croissante. Pour les trois premières couches, l'ordre des énergies des orbitales est le suivant :

**Ordre de remplissage:**

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d < 6p < 7s$$

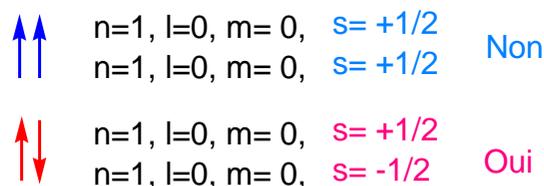
**Remarque:** Certains niveaux sont très proches : 4s et 3d ; 5s et 4d ; 6s et 4f. Ce qui conduit à des inversions dans l'ordre de remplissage.

### Règle de Klechkowski

Couche	n	s (l=0)	p (l=1)	d (l=2)	f (l=3)
K	1	1s			
L	2	2s	2p		
M	3	3s	3p	3d	
N	4	4s	4p	4d	4f
O	5	5s	5p	5d	5f
P	6	6s	6p	6d	
Q	7	7s	7p	7d	

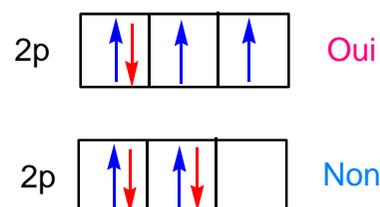
2. **Le principe d'exclusion de Pauli** indique que des électrons d'une orbitale ne peuvent pas avoir quatre nombres quantiques identiques. Puisque **n, l et m sont identiques** pour une orbitale donnée, et que seules deux valeurs de spin sont possibles ( $+1/2$ ,  $-1/2$ ), il ne peut y avoir que deux électrons dans une orbitale, de **spins opposés**.

Exemple: **Helium** ( $Z=2$ )



3. **La règle de Hund** indique que si l'on doit remplir des orbitales dégénérées, on en occupe **un nombre maximal avec des électrons de spins parallèles**, avant de les *appairer*, c'est-à-dire d'en placer deux (de spins antiparallèles) par orbitale.

Exemple: **Oxygène** ( $Z=8$ )



Ainsi, dans la première période du tableau périodique, correspondant au remplissage de la première couche électronique, on place jusqu'à 2 électrons dans une orbitale 1s, et dans la deuxième, on place jusqu'à 8 électrons dans les orbitales atomiques (2 électrons 2s et 6 électrons 2p). La troisième période

correspond au remplissage des orbitales 3s et 3p, on y place jusqu'à 8 électrons (2 électrons 3s, 6 électrons 3p). Les OA 3d seront remplies dans la 4e période.

La dernière couche remplie d'un atome est la couche externe ou **couche de valence**. Elle contient les électrons dits de valence, qui sont ceux qui participent à la création des liaisons et aux réactions chimiques. Les éléments d'une même famille ont le même nombre d'électrons sur leur couche externe, ce qui leur confère des propriétés chimiques analogues.

Les gaz rares ont une couche de valence complète, ce qui explique leur grande stabilité.

### Références

- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire\\_de\\_la\\_chimie](http://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_de_la_chimie)
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Phytoth%C3%A9rapie>
- [ead.univ-angers.fr/.../chimie/.../conference\\_histoire\\_chimie.pdf](http://ead.univ-angers.fr/.../chimie/.../conference_histoire_chimie.pdf)
- <http://www.lachimie.net>
- [www.scienceamusante.net](http://www.scienceamusante.net)