

Module 2.1 : Introduction

Objectifs : - Différencier chimie minérale et organique

Origine du terme organique et définition

Pendant très longtemps, certains composés chimiques n'ont pu être obtenus qu'à partir d'organismes vivants. Leur synthèse au laboratoire étant impossible, il était admis qu'un principe vital était nécessaire à leur élaboration. Les chimistes d'alors ont donc distingué deux chimies : la chimie minérale et la chimie organique.

Au début du XIX^e siècle, les chimistes isolaient de plus en plus de corps organiques lorsque Wöhler, chimiste allemand, synthétisa l'urée en 1828. La distinction entre la chimie organique et minérale perdit peu à peu sa raison d'être.

Plus tard, on constata que toutes les substances dites organiques contenaient du carbone. Le terme « chimie organique » a subsisté, mais possède désormais un sens différent. On définit donc actuellement la chimie organique comme étant la chimie des composés du carbone, à l'exception de ses oxydes (CO et CO₂), de l'acide carbonique (H₂CO₃) et des carbonates (molécules contenant l'ion CO₃²⁻).

Un nombre gigantesque de composés organiques est maintenant connu (54 millions en 2011!). Ce nombre est largement plus grand que celui des composés minéraux, dont la composition peut pourtant faire intervenir tous les éléments (autres que le carbone). La diversité des molécules organiques s'explique par le fait que le carbone peut se lier à d'autres atomes de carbone et constituer de grandes molécules. Greffés sur les chaînes de carbone, on trouve généralement des atomes d'hydrogène. Cependant, d'autres éléments peuvent également s'y lier, notamment l'oxygène et l'azote.

Distinction entre composés minéraux et organiques

Les composés organiques sont caractérisés par certaines propriétés, différentes de celles des corps minéraux, résumées ci-après.

	Composés Minéraux	Composés Organiques
Type de liaisons	Souvent ioniques ou polaires	Souvent covalentes et peu polaires
Points de fusion / ébullition	Souvent élevé	Inférieurs à 400°C
Solubilité dans l'eau	Bonne (souvent dissociation)	Rarement (si oui dissolution)
Stabilité thermique	Grande	Décompositions fréquentes
Propriétés chimiques	Rarement combustibles	Presque tous combustibles
Type de réactions	Rapides et totales	Lentes et réversibles

La formation de composés organiques est une particularité du monde vivant. L'origine du carbone est le dioxyde de carbone (CO₂) atmosphérique qui constitue une réserve de carbone minéral. Chaque année, environ le tiers du CO₂ atmosphérique est utilisé dans ce qu'on appelle le cycle du carbone, notamment à travers des réactions comme la photosynthèse et la respiration.

Exercices

- 2.1.1. Dites si les molécules suivantes sont organiques ou minérales : Na_2CrO_3 ; CO_2 ; C_2H_4 ; CH_3COOH ; H_2CO_3 .
- 2.1.2. Donnez l'équation de la réaction de la photosynthèse et indiquez si elle transforme du carbone organique en minéral ou vice-versa.
- 2.1.3. Soit l'équation de la réaction de fermentation de l'alcool : $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{CO}_2$. Pour chacun des réactifs et produits, précisez s'ils sont organiques ou minéraux.
- 2.1.4. Soit la réaction de combustion du méthane CH_4 (gaz de ville). Donnez l'équation équilibrée de la réaction et précisez pour chacun des réactifs s'ils sont organiques ou minéraux.

Exercices de renforcement

- 2.1.5. Dites si les molécules suivantes sont organiques ou minérales : Na_2CO_3 ; NaCl ; H_2CO ; HCOCH_3 ; NaHCO_3 .
- 2.1.6. Donnez l'équation de réaction de la respiration et indiquez si elle transforme du carbone organique en minéral ou vice-versa.
- 2.1.7. L'arôme de banane (acétate d'isoamyle) peut être produit selon l'équation de réaction suivante : $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Pour chacun des réactifs et produits, précisez s'ils sont organiques ou minéraux.
- 2.1.8. Soit l'équation de réaction de combustion de l'octane C_8H_{18} (composant de l'essence). Donnez l'équation équilibrée et précisez pour chacun des réactifs s'ils sont organiques ou minéraux.

Module 2.2 : Formules chimiques

Objectifs : - Pouvoir interpréter les différents types de formules chimiques

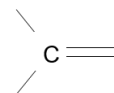
Orientation spatiale

Le carbone peut faire des liaisons simples, doubles ou triples et adopter différentes géométries :

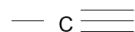
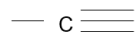


Lorsqu'il effectue quatre liaisons simples, l'atome de carbone adopte une géométrie tétraédrique (due à la répulsion existant entre les paires d'électrons des liaisons). L'angle entre les liaisons est alors de $109,5^\circ$.

Lorsqu'il est lié à trois atomes (ce qui implique une double liaison et deux liaisons simples), ceux-ci se trouvent dans un même plan et le carbone est dit trigonal. L'angle entre les liaisons est de 120° .



Enfin, lorsqu'il n'est lié qu'à deux atomes différents (par deux liaisons doubles ou par une simple et une triple liaisons), le carbone est dit linéaire et l'angle entre les liaisons est ainsi de 180° .



Formules brute, développée, semi-développée et topologique

La connaissance de la formule brute est très souvent insuffisante en chimie organique car elle peut correspondre à plusieurs molécules¹. La représentation de la formule développée est elle aussi assez peu utilisée car souvent fastidieuse à dessiner. Ainsi, pour représenter les molécules organiques², on préfère souvent la formule semi-développée, qui ramène les hydrogènes sur le carbone ou la formule topologique, qui ne représente que les liaisons carbone-carbone.

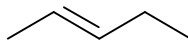
Formule brute	Formule développée	Formule semi-développée	Formule topologique
C_3H_8		$CH_3-CH_2-CH_3$	
C_3H_8O		$CH_3-CH_2-CH_2OH$	
C_4H_4		$CH_2=CH-C\equiv CH$	

1 Deux molécules différentes possédant la même formule brute sont appelées « isomères ».

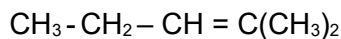
2 Pour s'entraîner à visualiser des molécules organiques : www.molview.org

Exercices

2.2.1. Donnez les formules développée, semi-développée et brute de la molécule suivante :

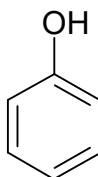


2.2.2. Donnez les formules développée, brute et topologique de la molécule ci-dessous :



2.2.3. Soit la formule $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$, à laquelle peut correspondre plusieurs molécules que l'on nommera alors « isomères ». Donnez les formules développées de tous les isomères possibles.

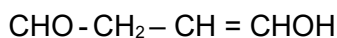
2.2.4. Soit la molécule de phénol représentée ci-dessous. Donnez la formule développée, et la formule brute de cette molécule.



Exercices de renforcement

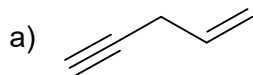
2.2.5. Combien d'électrons l'atome de carbone possède-t-il en tout ? Combien sont généralement impliqués lors de la formation de liaisons chimiques ?

2.2.6. Donnez les formules développée, brute et topologique de la molécule ci-dessous :

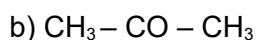


2.2.7. Soit la formule C_3H_6 . Donnez toutes les formules topologiques possibles. Comment nomme-t-on ces différents composés ?

2.2.8. Soit les différentes molécules représentées ci-dessous. Précisez de quelle représentation il s'agit et complétez-la par la représentation demandée.



Donnez les formules semi-développée et brute.



Donnez les formules développée et brute.



Donnez les formules brute et topologique.

Module 2.3 : Éléments de nomenclature

Objectifs : - Nommer des hydrocarbures simples.

Hydrocarbures non ramifiés et cycle

La nomenclature organique est développée par l'union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC). Utiliser un nom correct est très important, notamment pour garantir la bonne communication entre scientifiques.

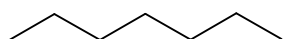
Les règles principales de cette nomenclature se basent sur un décompte du nombre de carbone de la chaîne principale.

Préfixes : 1 *méth-* 3 *prop-* 5 *pent-* 7 *hept-* 9 *non-* 11 *undéc-*
2 *éth-* 4 *but-* 6 *hex-* 8 *oct-* 10 *déc-* 12 *dodéc-*

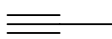
et sur le type de liaison impliqué (suffixe) :

Suffixes : liaisons simples uniquement *-ane* double *-ène* triple *-yne*.

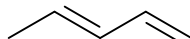
Exemples :



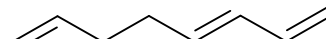
heptane



propyne



*penta-1,3-diène*³



octa-1,3,7-triène

Lorsque la chaîne prend une forme cyclique, le terme *cyclo* est ajouté avant le préfixe de nombre.

Exemple :

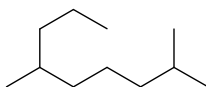


cyclopentane

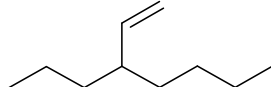
Hydrocarbures ramifiés

Lorsqu'une chaîne ne peut être dessinée sans lever le crayon, c'est qu'il s'agit d'une chaîne ramifiée. On déterminera alors la chaîne principale, qui sera, par ordre de priorité, celle qui contient le plus d'insaturations (liaisons multiples) en premier lieu, la plus longue en second lieu. Le radical *-yl* sera utilisé pour indiquer la ramification.

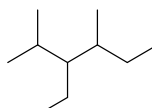
Exemples :



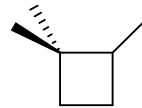
2,6-diméthylnonane⁴



3-propylhept-1-ène



3-éthyl-2,4-diméthylhexane⁵



1,1,2-triméthylcyclobutane

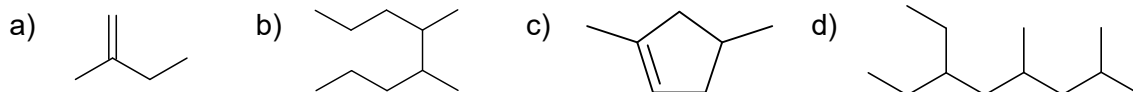
³ La numérotation se fait dans le sens qui minimise le résultat de l'addition des indices.

⁴ Lorsqu'il y a plusieurs fois le même substituant, on utilise un préfixe : di (2), tri (3) ou tétra (4).

⁵ Les noms des substituants sont placés par ordre alphabétique (sans les préfixes).

Exercices

2.3.1. Nommez les hydrocarbures suivants :



2.3.2. Donnez la formule topologique des hydrocarbures suivants :

- a) hex-2-yne b) 2,2-diméthylpropane c) 1-éthyl-3 propylcyclohexane

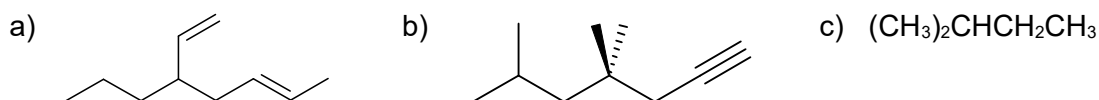
2.3.3. Donnez la formule semi-développée du 2,2,3-triméthyl-oct-3-ène

2.3.4. Renommez correctement les molécules suivantes :

- a) 2-butyl-6-méthyl-nonane
b) 5-propyl-1,2-diméthylcyclohexane

Exercices de renforcement

2.3.5. Nommez les hydrocarbures suivants :



2.3.6. Donnez la formule topologique des hydrocarbures suivants :

- a) 1-méthylcyclopent-1-ène b) 3-éthylhexane c) 2,2-diméthyl-4-propyldécane

2.3.7. Donnez la formule semi-développée du dodéc-1-yne et du 2-méthylbut-2-ène

2.3.8. Renommez correctement les molécules suivantes :

- a) 1,1-diméthylhexane
b) 4-éthénylundécane
c) 1,4-diéthylcyclopentane

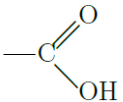
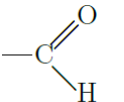
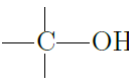
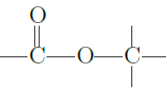
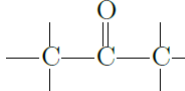
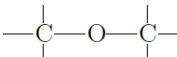
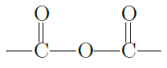
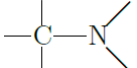
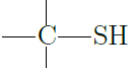
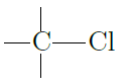
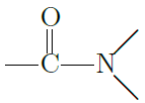
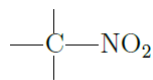
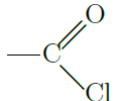
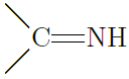
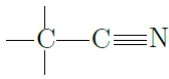
Module 2.4 : Groupes fonctionnels

Objectifs : - Reconnaître quelques groupes fonctionnels parmi les plus courants.

Groupes fonctionnels courants

En chimie, les composés organiques peuvent être considérés comme constitués d'un squelette relativement peu réactif, appelé alcane parent en nomenclature substitutive, et d'un ou plusieurs groupes fonctionnels. Le groupe fonctionnel est un atome, ou un groupe d'atomes, qui a des propriétés chimiques similaires chaque fois qu'il est présent dans des composés différents. Il définit les propriétés caractéristiques physiques et chimiques des familles de composés organiques.

Ci-dessous sont présentés quelques groupes fonctionnels parmi les plus courants.⁶

Nom	Formule	Nom	Formule	Nom	Formule
Acide carboxylique		Aldéhyde		Alcool	
Ester		Cétone		Ether	
Anhydride		Amine		Thiol	
Halogénure		Amide		Nitro	
Chlorure d'acyle		Imine		Nitrile	

Hydrocarbures aromatiques

Parmi les composés possédant des propriétés particulières, le benzène, dont les atomes forment des structures cycliques et planes particulièrement stables⁷, et ses dérivés forment une catégorie dénommée « aromatique » en référence au fait que ces composés peuvent avoir une odeur forte, contrairement aux hydrocarbures saturés.

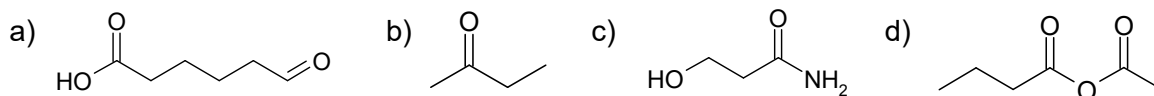


⁶ Il sera attendu que les fonctions des trois premières lignes de ce tableau puissent être reconnues sans aide-mémoire.

⁷ Ces structures sont dues à l'alternance de liaisons doubles et simples, qui mène à un phénomène de résonance des électrons (révélé par la longueur égale de toutes les liaisons).

Exercices

2.4.1. Identifiez dans les molécules suivantes les fonctions organiques présentes.



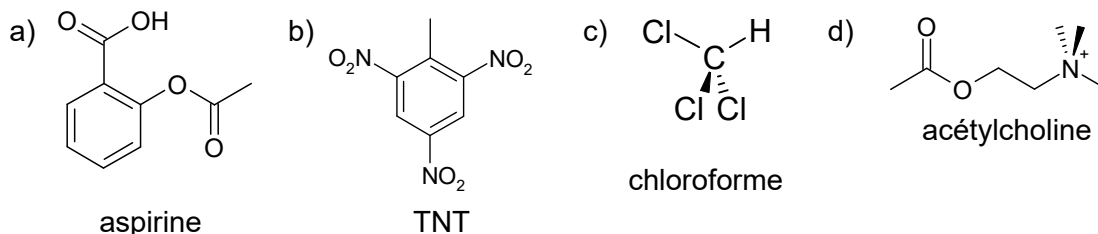
2.4.2. Un ancien anesthésique général, nommé couramment « éther », est un liquide limpide, incolore et très inflammable. Sachant que son nom selon la nomenclature IUPAC est diéthyléther, donnez sa formule semi-développée.

2.4.3. Donnez la formule semi-développée de l'alcool éthylique, nommé selon la nomenclature IUPAC éthanol.

2.4.4. Donnez la formule semi-développée de l'acétone, la plus petite cétone existante.

Exercices de renforcement

2.4.5. Identifiez dans les molécules suivantes les fonctions organiques présentes.



2.4.6. Les monomères permettant la formation des protéines contiennent deux fonctions organiques : acide carboxylique et amine. Sachant que le plus petit acide aminé est constitué de 2 carbones et de 10 atomes en tout, donnez sa formule développée.

2.4.7. Représentez 3 molécules comportant une fonction alcool et de formule brute $C_4H_{10}O$. Quel(s) lien(s) existe-t-il entre ces molécules ?

2.4.8. L'acide méthanoïque, communément appelé acide formique, est produit par l'ensemble des espèces de fourmis dans une glande à poison située dans l'abdomen. Elles le projettent sur une proie ou un ennemi en comprimant cette glande. Donnez la formule développée de cet acide.

2.4.9. Représentez quatre isomères de formule brute $C_4H_{11}N$. Nommez la fonction présente.

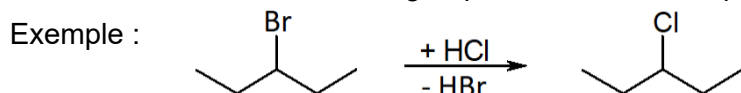
Module 2.5 : Réactions

Objectifs : - Différencier les différents types de réactions organiques

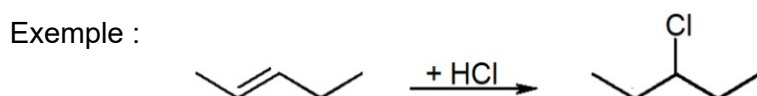
Réactions organiques

Si l'on considère le bilan des réactions, on peut diviser les réactions organiques en 4 types :

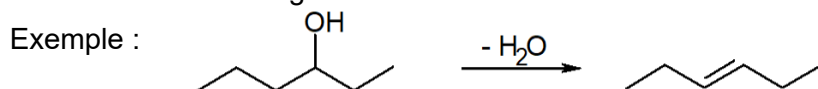
- Substitution : Un atome ou un groupe d'atomes remplace un autre dans une molécule.



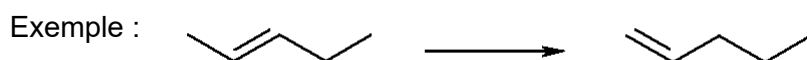
- Addition : Les fragments d'une molécule se fixent sur deux atomes d'une autre molécule, le plus souvent sur les carbones d'une liaison multiple.



- Élimination : Deux fragments d'une molécule sont arrachés et forment une petite molécule.



- Réarrangement : Certains atomes d'une molécule carbonée changent de place.



Combustions

Un composé organique peut brûler et jouer le rôle de combustible dans une réaction de combustion. Le comburant, qui provoque la réaction, est généralement le dioxygène. Dans le cas où l'on brûle un hydrocarbure ou un composé oxygéné, les produits seront, dans des conditions normales (suffisance d'oxygène), l'eau et le dioxyde de carbone. Si l'oxygène est en quantité insuffisante, le dioxyde de carbone peut être remplacé par du monoxyde de carbone, voire même par du carbone.

Bonne combustion du méthane : $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$,

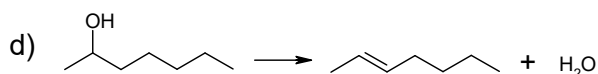
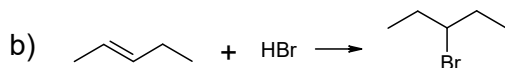
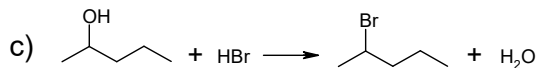
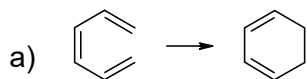
Mauvaise combustion : $2 \text{CH}_4 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO} + 4 \text{H}_2\text{O}$

Très mauvaise combustion : $1 \text{CH}_4 + 1 \text{O}_2 \rightarrow 1 \text{C} + 2 \text{H}_2\text{O}$

Le monoxyde de carbone, contrairement au CO_2 , est toxique. Il est produit, par exemple, dans une chaudière mal réglée ou encore inhalé par les fumeurs qui ne laissent pas le temps à une bonne combustion de s'effectuer lorsqu'ils « tirent » sur leur cigarette. Le CO, gaz incolore et inodore, est capable de se lier aux molécules d'hémoglobine chargées de transporter l'oxygène de façon quasi irréversible. Les molécules d'hémoglobine portant le CO ne peuvent plus le relâcher et deviennent donc inaptées au transport d'oxygène. Ce phénomène provoque un endormissement et à terme la mort par asphyxie. Dans le cas des fumeurs, du fait de leur nombre réduit d'hémoglobines fonctionnelles (~5%), ils s'essouffleront plus vite.

Exercices

2.5.1. Indiquez pour chacune des équations de réaction suivantes s'il s'agit d'une réaction de substitution, d'addition, d'élimination ou de réarrangement.



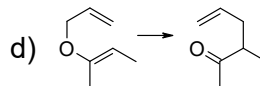
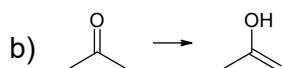
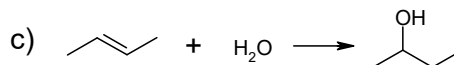
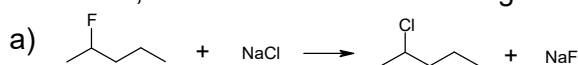
2.5.2. L'aspirine est synthétisée à partir d'acide salicylique et d'acide acétique. Lors de la réaction, de l'eau est « relâchée ». Dites s'il s'agit d'une réaction de substitution, d'addition, d'élimination ou de réarrangement.

2.5.3. Donnez l'équation de la combustion de l'octane (principal constituant de l'essence).

2.5.4. Donnez l'équation de la combustion de l'alcool à brûler (éthanol). Lorsque l'oxygène vient à manquer, une autre réaction peut avoir lieu, créant un gaz toxique. Proposez une nouvelle équation de réaction.

Exercices de renforcement

2.5.5. Indiquez pour chacune des réactions suivantes s'il s'agit d'une réaction de substitution, d'addition, d'élimination ou de réarrangement.



2.5.6. Le 2-méthylpentane peut, lorsqu'il est chauffé en milieu acide, libérer une molécule d'eau et devenir du 2-méthylpent-2-ène. Dites s'il s'agit d'une réaction de substitution, d'addition, d'élimination ou de réarrangement.

2.5.7. L'acétone (CH_3COCH_3) est un solvant très inflammable. Donnez l'équation de sa combustion.

2.5.8. Donnez l'équation de la combustion du butane, réactif communément utilisé dans les réchauds à gaz. Donnez également les deux équations des deux réactions qui pourraient être observées dans le cas où il manquerait de l'oxygène. L'une d'elle crée une substance toxique, précisez laquelle et indiquez la raison de cette toxicité.