

Chapitre VI: Composés organiques, Formules, Fonctions, Nomenclature

La chimie organique est la chimie qui étudie les composés contenant le carbone. Outre le carbone, on trouve en particulier de l'hydrogène, on a alors des hydrocarbures (composé de C et H), mais aussi l'oxygène, l'azote, le phosphore, le soufre ou les halogènes. Cette chimie concerne donc une infinité de domaines : protéines, sucres, graisses, pétrole, plastiques, pharmacologie,...

I. Formules des composés organiques:

I.1. Formule brute ($C_xH_yO_z$) :

A tout composé organique correspond une formule brute, par exemple ($C_xH_yO_z$) si le composé contient trois sortes d'éléments C, H, et O. Mais à une même formule brute correspondent en général plusieurs corps dits isomères. La formule brute est insuffisante pour définir le composé. Elle ne précise pas sur quel enchaînement sont liés les atomes. Par exemple : La formule brute : $C_2H_4O_2$ (elle contient : 2 C, 4 H, 2 O)

I.2. Formule développée

La formule développée est une représentation géométrique aplatie d'une molécule où tous les éléments chimiques sont représentés par leur symbole et où toutes les liaisons covalentes entre atome sont représentées par des tirets entre les atomes concernés.

I.3. Formule semi-développée

Comme la formule développée sauf que les liaisons avec les atomes d'Hydrogène (H) ne sont pas représentées

I.4. Formule topologique

La formule topologique est une représentation simplifiée des molécules organiques très utilisées en biochimie dans laquelle,

- La chaîne carbonée est disposée en zigzag; c'est une ligne brisée qui peut comporter des ramifications; Les atomes de carbone et les atomes d'hydrogène qui leur sont liés ne sont pas représentés. Les liaisons multiples sont mentionnées.
- Les atomes autres que C et H figurent par leur symbole, ainsi que les atomes d'hydrogène qu'ils portent éventuellement.

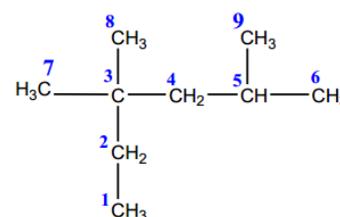
Exemples :

Molécule	Formule brute	Formule développée	Formule semi-développée	Formule topologique
Propane	C_3H_8	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	$CH_3-CH_2-CH_3$	
Éthanol	C_2H_6O	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	CH_3-CH_2-OH	
Éthylène	C_2H_2	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{C} & = & \text{C} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	$CH_2=CH_2$	

I.2. Classification des atomes de carbone:

Dans la molécule :

- Les atomes : 1C , 6C , 7C , 8C et 9C liés à un seul atome de carbone sont des atomes de **carbone primaires** ;
- Les atomes : 2C et 4C liés à deux atomes de carbone sont des atomes de **carbone secondaires**.
- L'atome 5C lié à trois atomes de carbone est un atome de **carbone tertiaire**.
- L'atome 3C lié à quatre atomes de carbone est un atome de **carbone quaternaire**.



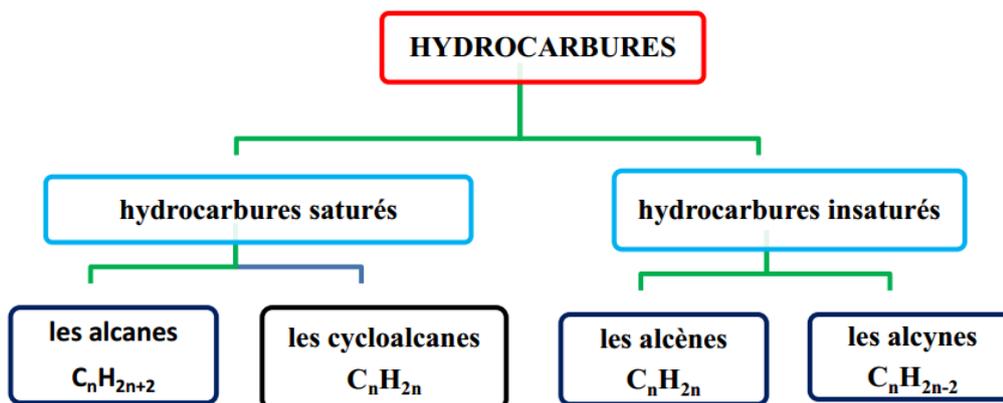
- Un atome de carbone peut être **nulnaire** comme dans la molécule du méthane CH_4 ou l'atome de carbone n'est lié à aucun autre atome de carbone.

II. Classes des composés organiques:12

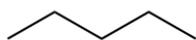
Un composé organique comporte un enchaînement d'atomes de carbone. Cet enchaînement est appelé chaîne carbonée qui forme le squelette des composés organiques et peuvent être classée en deux catégories principales : acyclique et cyclique.

II.1. Hydrocarbures (C_xH_y):

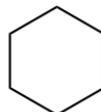
Les hydrocarbures sont des composés ne contenant que les éléments carbone et hydrogène, ils sont pris comme références pour définir les fonctions principales. Ils comprennent:



- **Les alcanes** : dans lesquels toutes les liaisons carbone-carbone sont **simples**. De formule brute : $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ (alcane aliphatique) et C_nH_{2n} (alcane cyclique).

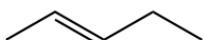


alcane aliphatique

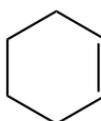


alcane cyclique

- **Les alcènes** : qui comportent une liaison **double** carbone-carbone, de formule brute : C_nH_{2n} (alcène aliphatique) et $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ (alcène cyclique).

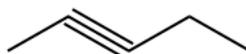


alcène aliphatique

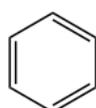
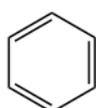


alcène cyclique

- **Les alcynes** : de formule brute $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$, ils comportent une liaison CC **triple** ($\text{C}\equiv\text{C}$).



- **Hydrocarbures aromatiques** : qui sont des composés cycliques possédant un nombre impair de liaisons doubles conjugués, dont le principal représentant est le **benzène** :

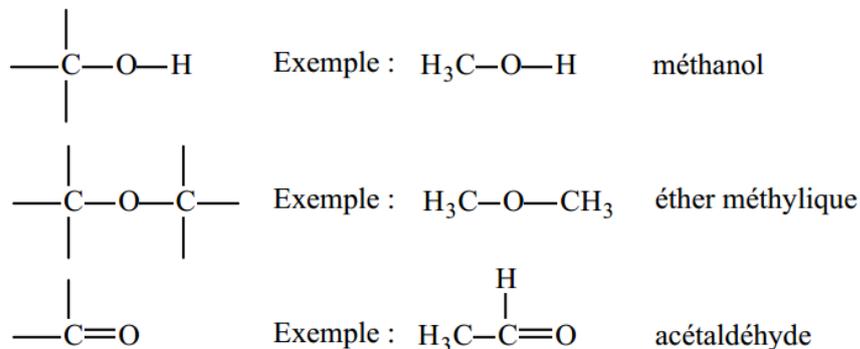


ou



II.2. Composés fonctionnels :

Le remplacement d'un ou plusieurs atomes d'hydrogène d'un hydrocarbure par un groupement fonctionnel comportant un ou plusieurs hétéroatomes définit une fonction. Les composés fonctionnels sont des atomes ou groupes d'atomes qui caractérisent une famille des composés organiques et qui déterminent l'ensemble de ses propriétés ainsi ses réactivités. Si, en plus du carbone et de l'hydrogène, on considère par exemple l'oxygène, élément bivalent, trois fonctions sont envisageables :

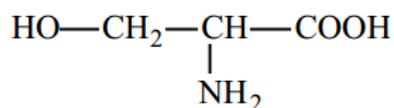


Ces trois fonctions confèrent aux molécules qui les comportent des propriétés différentes. Toutes les molécules contenant l'une de ces fonctions ont des propriétés analogues et constituent une famille homogène. Le carbone qui porte la fonction est appelé carbone fonctionnel.

➤ Fonction principale

Lorsqu'une molécule comporte deux ou plusieurs fonctions chimiques, l'une de ces fonctions sera considérée comme fonction principale et les autres comme fonctions secondaires.

Exemple :



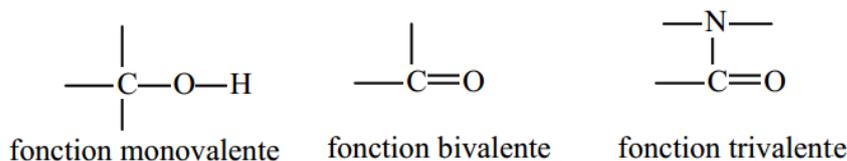
Ce composé comporte trois groupes fonctionnels différents : acide carboxylique, amine et alcool. Le groupement acide est la fonction principale et les deux autres sont considérés comme substituants. Les fonctions chimiques sont classées selon leur valence. Une fonction est dite principale lorsqu'elle a la valence la plus élevée.

Les fonctions chimiques sont classées selon leur valence. Une fonction est dite principale lorsqu'elle possède la valence la plus élevée.

➤ Valence d'une fonction chimique:

On appelle valence d'une fonction, le nombre d'atomes d'hydrogène substitués sur le carbone fonctionnel par des hétéroatomes. Les hétéroatomes sont des atomes autres que le carbone et l'hydrogène. Exemple : O, N, S, halogène noté X : F, Cl, Br et I.

Exemples:



➤ Classement des fonctions organiques:

Le classement des groupements fonctionnels par ordre de priorité décroissante est le suivant.

Ordre	Fonction chimique	Formule	Suffixe	Préfixe	Valence
1	Acide carboxylique	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	oïque	carboxy	Fonctions trivalentes
2	Anhydride d'acide	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{R}_1-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{R}_2 \end{array}$	anhydride		
3	Ester	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_1-\text{C}-\text{OR}_2 \end{array}$	oate	alkyloxy	
4	Halogénure d'acide	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{X} \end{array}$	oyle	formyl	
5	Amide	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$	amide	Amino formyl	
6	Nitrile	$\text{R}-\text{C}\equiv\text{N}$	nitrile	cyano	
7	Aldéhyde	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	al	formyl	Fonctions bivalentes
8	Cétone	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_1-\text{C}-\text{R}_2 \end{array}$	one	oxo	
9	Alcool	$\text{R}-\text{OH}$	ol	hydroxy	Fonctions monovalentes
10	Amine	$\begin{array}{c} \text{R}_2 \\ \\ \text{R}_1-\text{N}-\text{R}_3 \end{array}$	Amine	Amino	
11	Ether oxyde	$\text{R}_1-\text{O}-\text{R}_2$	-	oxa	
12	Composés halogénés	$\text{R}-\text{X}$	-	halo	

R, R₁, R₂ et R₃ peuvent être des atomes d'hydrogènes, des groupements alkyles ou phényles.

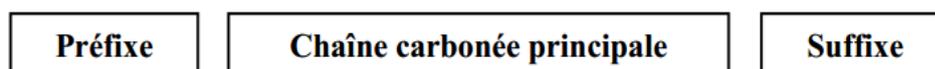
Une fonction prioritaire est nommée par sa terminaison ou suffixe, les autres fonctions sont nommées par leurs préfixe.

III. Nomenclature des composés organiques

La nomenclature permet de :

- Trouver le nom d'une molécule connaissant la structure.
- Trouver la structure d'une molécule connaissant le nom.

Pour nommer un composé ou un produit on applique la nomenclature systématique recommandée par l'IUPAC (Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée). Ces règles permettent de nommer les composés organiques en prenant les alcanes comme référence. Le nom systématique d'un composé fonctionnel comprend en général trois parties :



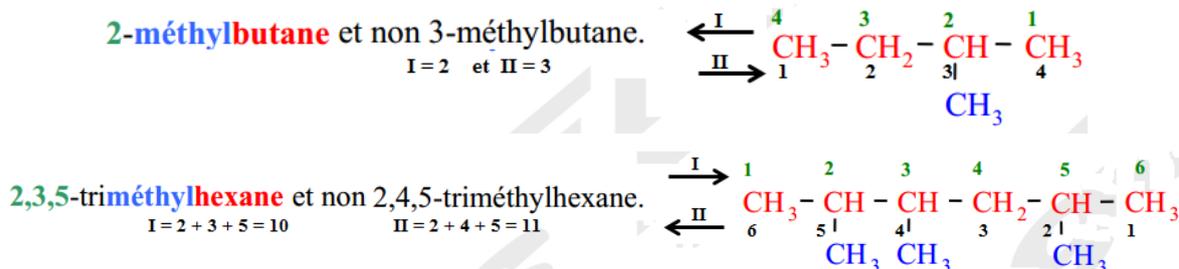
- La partie **Préfixe** regroupe tous les substituants classés par ordre alphabétique et portant chacun l'indice de son emplacement.
- La partie **Chaîne carbonée principale** ou Unité Structurale Fondamentale (USF) indique le nombre d'atomes de carbone dans la chaîne principale la plus longue et qui contient le groupement fonctionnel (Suffixe).
- La partie **Suffixe** désigne la fonction principale présente sur l'unité structurale fondamentale.

Le nom de l'hydrocarbure est désigné par le préfixe correspondant au nombre de carbones de la chaînes suivi de la terminaison **ane**. D'après le tableau 1 ci-dessous

III.1. Nomenclature des Hydrocarbures saturés (Alcanes): Pour nommer Un alcane:

1- On choisit la chaîne carbonée continue la plus longue que l'on puisse trouver dans la molécule.

2- On numérote la chaîne de façons que les carbones porteurs des substituants aient les indices de positions soit le plus petit possible. De plus, *les substituants ne prennent pas de « e » ; terminaison « yl ».*



3- Les substituants, groupes alkyles, sont nommés et affectés de leur indice de position, s'il existe plusieurs substituants identiques leur nom est précédé du préfixe multiplicatif **di, tri, tétra**,

- Si les substituants sont différents ils sont nommés dans l'ordre alphabétique, l'indice est séparé du nom par **un tiret**, des indices successifs sont séparés par **des virgules**.

Exemple:

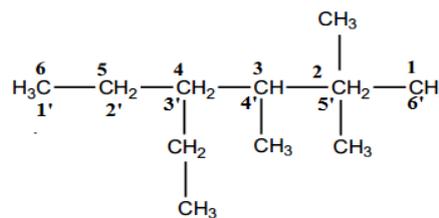
Les indices de position des deux ramifications sont dans les deux numérotations :

- 2, 3 et 4
- 3', 4' et 5'

La 1^{ère} numérotation est retenue ($2+3+4 < 3'+4'+5'$).

Le nom de l'alcane est précédé des noms des substituants affectés de leurs indices de position.

Le nom de l'alcane est: 4-éthyl, 2,2,3-triméthylhexane et non pas le 3'-éthyl, 4',5',5'-triméthylhexane.



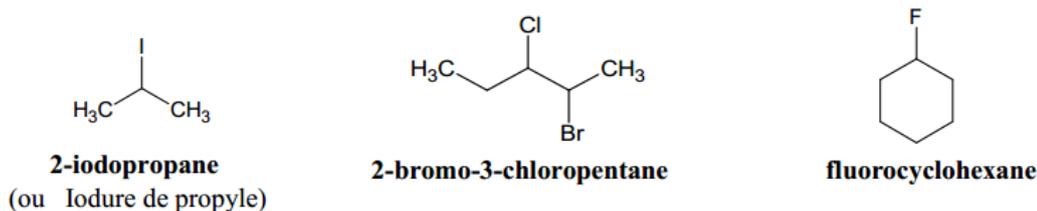
➤ **Nomenclature des douze premiers alcanes et groupes alkyles dérivés.**

Formule brute C_nH_{2n+2}	Hydrocarbures saturés	Formule semi-développée	Groupe alkyle	Nom
CH ₄	Méthane	CH ₄	CH ₃ -	Méthyle
C ₂ H ₆	Ethane	CH ₃ -CH ₃	C ₂ H ₅ -	Ethyle
C ₃ H ₈	Propane	CH ₃ -CH ₂ -CH ₃	C ₃ H ₇ -	Propyle
C ₄ H ₁₀	Butane	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	C ₄ H ₉ -	Butyle
C ₅ H ₁₂	Pentane	CH ₃ -(CH ₂) ₃ -CH ₃	C ₅ H ₁₁ -	Pentyle
C ₆ H ₁₄	Hexane	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH ₃	C ₆ H ₁₃ -	Hexyle
C ₇ H ₁₆	heptane	CH ₃ -(CH ₂) ₅ -CH ₃	C ₇ H ₁₅ -	Heptyle
C ₈ H ₁₈	octane	CH ₃ -(CH ₂) ₆ -CH ₃	C ₈ H ₁₇ -	Octyle
C ₉ H ₂₀	nonane	CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH ₃	C ₉ H ₁₉ -	Nonyle
C ₁₀ H ₂₂	décane	CH ₃ -(CH ₂) ₈ -CH ₃	C ₁₀ H ₂₁ -	Décyle
C ₁₁ H ₂₄	undécane	CH ₃ -(CH ₂) ₉ -CH ₃	C ₁₁ H ₂₃ -	Undécyle
C ₁₂ H ₂₆	dodécane	CH ₃ -(CH ₂) ₁₀ -CH ₃	C ₁₂ H ₂₅ -	Dodécyle

III.3. Dérivés halogénés : « R–X »

Ce sont des composés dont le groupe –X (X = F, Cl, Br, I) est toujours désigné en position de préfixe. Le nom systématique des dérivés halogénés est soit **halogénoalcane** ou **halogénure d'alkyle**.

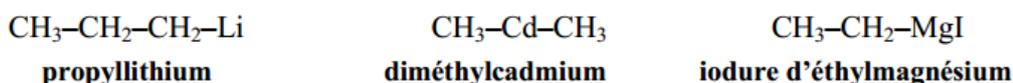
Exemple:



III.4. Halogénures : « R–M »

Ce sont des composés organiques possédant des métaux –M (M = Li, Mg, Cu, Zn,...), ils sont nommés : alkylmétal. Il faut noter que : lorsque le métal est le magnésium (Mg), il est toujours accompagné d'un halogène. Ainsi, le nom est désigné par : halogénure d'alkyle magnésium.

Exemples :

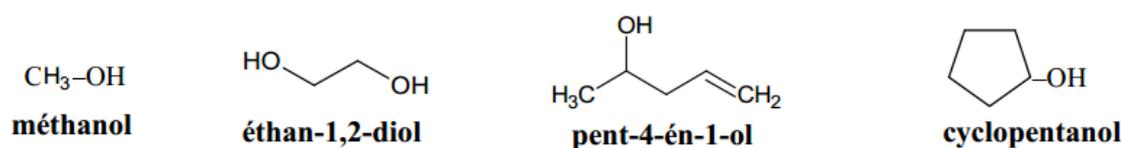


III.5. Alcools : « R–OH »

Les alcools sont des composés dont le groupement –OH est un groupe principal, à condition que ce dernier ne soit pas porté par un atome de carbone appartenant au cycle aromatique. Ainsi, Il existe trois types d'alcool : primaire (I (porté par C_I)), secondaire (II (porté par C_{II})) et tertiaire (III (porté par C_{III})).

Quand le groupement –OH est en position de groupe :

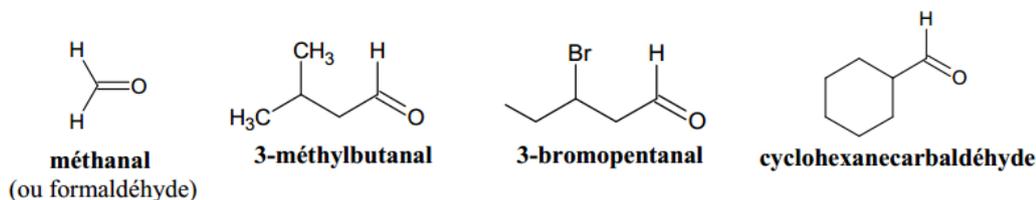
- **principal**, il est considéré comme suffixe \Rightarrow le nom de l'alcool, correspond au nom de l'alcane où en remplaçant le « e » final par la terminaison « -ol »
- **secondaire**, il est considéré comme préfixe \Rightarrow le nom de la chaîne carbonée principale est précédé du terme « hydroxy- ». *Exemple:*



III.6. Aldéhydes : « R–CHO »

Ce sont des composés dont le groupe principal est –CHO. Dans ce cas :

- ❖ Quand –CHO est porté par une chaîne linéaire et est en position de groupe :
 - **principal**, l'aldéhyde est considéré comme suffixe \Rightarrow terminaison : **-al**
 - **secondaire**, l'aldéhyde est considéré comme préfixe \Rightarrow **formyl-**
- ❖ Quand –CHO est porté par un cycle, on ajoute la terminaison **carbaldéhyde** au nom du composé dans lequel –CHO est remplacé par H. *Exemple :*



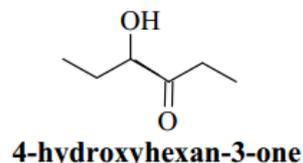
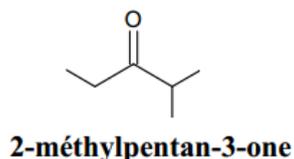
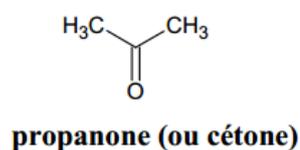
III.7. Cétones: « R–CO–R' »

Ce sont des composés contenant un atome d'oxygène doublement lié à un seul atome de carbone, ce dernier étant lié à deux atomes de carbone.

❖ Quand le –CO– est en position de groupe :

- **principal**, il est considéré comme suffixe \Rightarrow terminaison : **-one** et indice de position le plus faible.
- **secondaire**, il est considéré comme préfixe \Rightarrow **oxo-**

Exemple:

**III.8. Acides carboxyliques « R–COOH »**

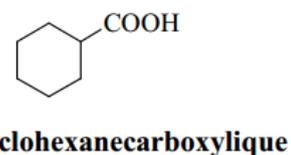
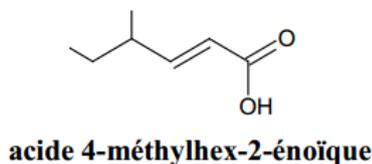
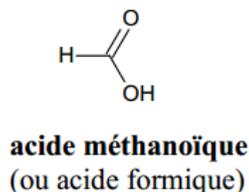
Ce sont des composés dont le groupe principal est –CO₂H et se présente au bout de la chaîne carbonée. Comme pour les aldéhydes et les amides l'indice 1 est omis.

❖ Quand le –CO₂H est porté par une chaîne linéaire et est en position de groupe :

- **principal**, l'acide est considéré comme suffixe \Rightarrow **acide -oïque** (deux mots)
- **secondaire**, l'acide est considéré comme préfixe \Rightarrow **carboxy-**

❖ Lorsque –CO₂H est porté par un *cycle*, on ajoute la terminaison **carboxylique** au nom du composé dans lequel H est remplacé par –CO₂H.

Exemples :

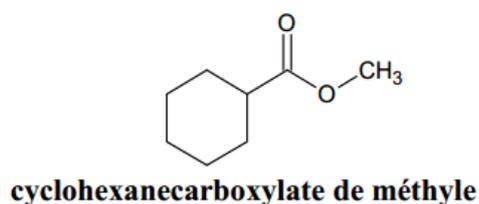
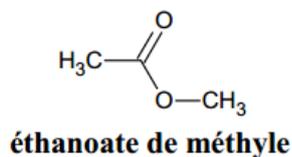
**III.9. Esters : « R–COO–R' »**

Ce sont des composés dont le groupe principal est $\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{O}-\text{R}'$. Ils comportent deux chaînes carbonées séparées par un atome d'oxygène et issus de la déshydratation entre le groupe hydroxyle d'un acide organique et celui d'un alcool.

Dans la dénomination d'un ester, les deux chaînes doivent être nommées séparément. Il apparaît ainsi deux termes : l'un est **alkanoate (R)**, avec la terminaison **oate** (ou **ate** : désigne la chaîne principale provenant de l'acide carboxylique) et l'autre un groupe **alkyle (R')**.

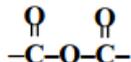
❖ Lorsque –COO–R' est porté par un *cycle*, on ajoute la terminaison **carboxylate** au nom du composé dans lequel R–CO₂–R' est remplacé par H.

Exemples :



III.10. Anhydrides : « RCOOCR' »

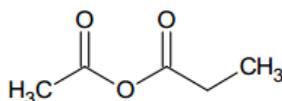
Ces composés dont le groupe principal est



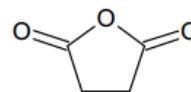
dérivent des acides carboxyliques par d'hydratation.

Ils sont nommés comme les acides correspondants en supprimant le mot acide en le remplaçant par le terme **anhydride**.

Exemples :



anhydride éthanoïque propénoïque



anhydride butanedioïque
(anhydride succinique)

III.11. Amines : « R-NH₂ »

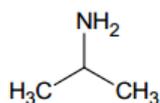
Ce sont des composés dont le groupement -NH₂ est un groupe principal.

❖ Quand -NH₂ est porté par une chaîne linéaire et est en position de groupe :

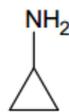
- **principal**, l'amine est considérée comme suffixe ⇒ terminaison : **-amine**
- **secondaire**, l'amine est considérée comme préfixe ⇒ **amino-**

❖ Pour les **amines cycliques**, elles sont nommées avec le préfixe **aza** qui indique qu'un carbone du cycle a été remplacé par un azote et le nom du cycloalcane.

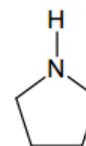
Exemples:



propan-2-amine



cyclopropanamine

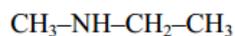


azacyclopentane
(pyrrolidine)

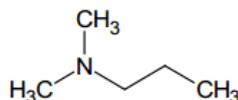
Généralement, on distingue trois types d'amines : amines primaires (R-NH₂), amines secondaires (R-NH-R') et amines tertiaires (R-N-R'R''). Le groupe alkyle le plus important est choisi comme structure de base et les groupes restants sont traités comme substituants précédés de l'indice :

- ✓ **N-** dans le cas des amines secondaires
- ✓ **N, N-** dans le cas des amines tertiaires à deux substituants identiques
- ✓ **N-N-** dans le cas des amines tertiaires à deux substituants différents.

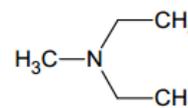
Exemples:



N-méthyléthanamine



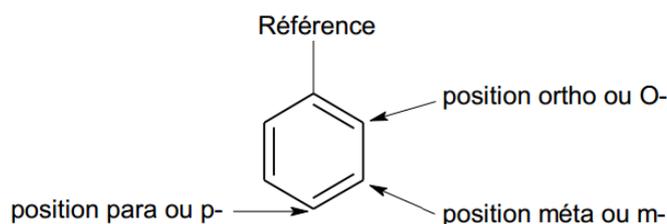
N,N-diméthylpropanamine

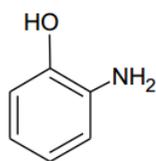


N-éthyl N-méthyléthanamine

Remarque :

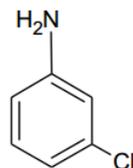
Dans le cas d'un cycle benzénique (ou phényle), on peut remplacer les indices ou numéros par les notations : ortho, méta et para qui définissent des positions par rapport un groupement de référence (généralement la fonction principale).





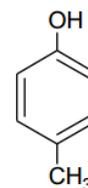
ortho-aminophénol

Ou 2-aminophénol



méta-chlorophénylamine

3-chlorophénylamine



para-méthylphénol

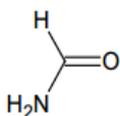
4-méthylphénol

III.12. Amides : « R-CO-NH₂ »

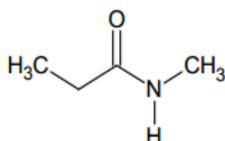
Ce sont des composés dont le groupe principal $\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$ dérive de la fonction acide carboxylique par remplacement du groupe -OH par -NH₂. Dans ce cas, on parle d'amides primaires, ces derniers sont nommés à partir du nom de l'acide correspondant en supprimant le mot acide et en remplaçant la terminaison oïque par amide.

❖ Lorsque R-CO-NH₂ est porté par un **cycle**, on ajoute la terminaison **carboxamide** au nom du composé dans lequel -H est remplacé par -CO-NH₂.

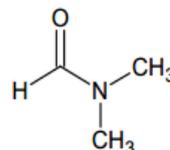
Exemples:



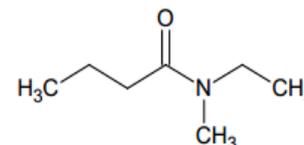
méthanamide
(formamide)



N-méthylpropanamide



N,N-diméthylméthanamide



N-éthyl N-méthylbutanamide

III.13. Nitriles : « R-C≡N »

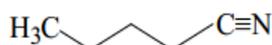
Ce sont des composés comportant un groupe cyano -C≡N. Ils sont également des dérivés d'acides carboxyliques car ils peuvent être hydrolysés en amides ou en acides carboxyliques. Dans ce cas :

❖ Quand le -C≡N est porté par une chaîne linéaire et est en position de groupe :

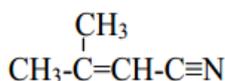
- principal, le nitrile est considéré comme suffixe ⇒ terminaison : **-nitrile**
- secondaire, le nitrile est considéré comme préfixe ⇒ **cyano-**

❖ Quand le -C≡N est porté par un cycle, on ajoute la terminaison **carbonitrile** au nom de l'hydrocarbure.

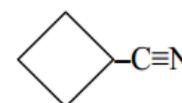
Exemples :



pentanenitrile



3-méthylbut-2-énitrile



cyclobutanecarbonitrile