

Constitution et cohésion de la matière – Chapitre 3 : Famille d'entités chimiques organiques et intervenant dans la chimie du vivant

Introduction

I. Représentations planes des entités organiques

1. Formule brute
2. Formule développée
3. Formule semi-développée
4. Formule topologique

II. Notion de groupes caractéristiques et de familles fonctionnelles

III. Nomenclature en chimie organique

1. Nomenclature des hydrocarbures
2. Nomenclature des molécules possédant un unique groupe caractéristique

IV. Famille d'entités chimiques intervenant dans la chimie du vivant

1. Les lipides
2. Les acides aminés, les peptides et les protéines
3. Les glucides
4. Les nucléosides, nucléotides et acides nucléiques

Extrait du programme de spécialité de Première

Notions	Capacités exigibles
Structure des entités organiques Formules brutes et semi-développées. Squelettes carbonés saturés, groupes caractéristiques et familles fonctionnelles. Lien entre le nom et la formule semi-développée.	Identifier, à partir d'une formule semi-développée, les groupes caractéristiques associés aux familles de composés : alcool, aldéhyde, cétone et acide carboxylique. Justifier le nom associé à la formule semi-développée de molécules simples possédant un seul groupe caractéristique et inversement.

Extrait du programme de spécialité de Terminale

Notions	Capacités exigibles
Structure et propriétés Formule topologique. Familles fonctionnelles : esters, amines, amides et halogénoalcane. Squelettes carbonés insaturés, cycliques. Isomérisation de constitution.	Exploiter des règles de nomenclature fournies pour nommer une espèce chimique ou représenter l'entité associée. Représenter des formules topologiques d'isomères de constitution, à partir d'une formule brute ou semi-développée.

Extrait du programme de BCPST 1

Notions	Capacités exigibles
<p>Familles d'entités chimiques organiques</p> <p>Familles fonctionnelles en chimie organique : amine, amide, cétone, aldéhyde, alcool, thiol, ester, acide carboxylique, hémiacétal et acétal, anhydride phosphorique.</p> <p>Familles d'entités chimiques intervenant dans la chimie du vivant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sucres (ou oses) et autres glucides - Acides gras, triglycérides, phosphoglycérides et autres lipides - Acides aminés, peptides et protéines - Nucléosides, nucléotides, acides nucléiques 	<p>Reconnaître et nommer les familles fonctionnelles présentes dans la représentation d'une entité chimique.</p> <p>Reconnaître et nommer la famille à laquelle appartient une entité chimique intervenant dans la chimie du vivant.</p>

Ce qu'il faut retenir de ce chapitre

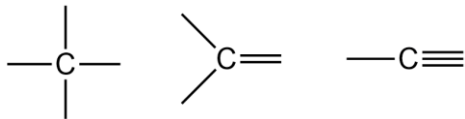
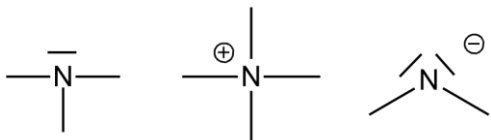
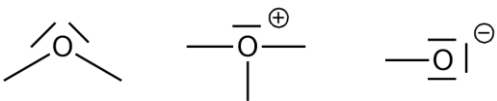
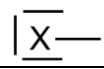

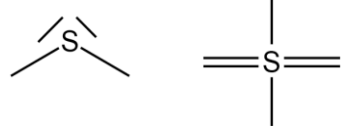
Savoirs	Savoir-faire
<p>Représentations :</p> <p>Formules développées et semi-développées.</p> <p>Formules topologiques</p> <p>Familles fonctionnelles en chimie organique :</p> <p>Halogénoalcane amine, amide, cétone, aldéhyde, alcool, thiol, étheroxyde, ester, acide carboxylique, hémiacétal et acétal, ester et anhydride phosphorique.</p> <p>Nomenclature :</p> <p>Nomenclature des alcanes linéaires et ramifiées, des halogénoalcanes, amines, amides, cétones, aldéhydes, alcools, thiols, étheroxydes, esters, acide carboxyliques. (Uniquement dans le cas d'entité monofonctionnelle)</p> <p>Familles d'entités chimiques intervenant dans la chimie du vivant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sucres (ou oses) et autres glucides - Acides gras, triglycérides, phosphoglycérides et autres lipides - Acides aminés, peptides et protéines - Nucléosides, nucléotides, acides nucléiques 	<p>Représenter des formules développées, semi-développées, topologiques pour représenter une entité organique.</p> <p>Reconnaître et nommer les familles fonctionnelles présentes dans la représentation d'une entité chimique.</p> <p>Utiliser les règles de base de la nomenclature systématique pour représenter une molécule à partir de son nom.</p> <p>Reconnaître et nommer la famille à laquelle appartient une entité chimique intervenant dans la chimie du vivant.</p>

Introduction

La chimie organique est aussi appelée la « chimie du carbone ». En effet une entité organique est, par définition, constituée principalement d'atomes de carbone (et d'atomes d'hydrogène). Les atomes de carbone sont en effet capables de s'enchaîner les uns aux autres, pouvant ainsi créer de plus ou moins longues chaînes carbonées et des structures plus ou moins complexes (ramifications, cycles).

D'autres atomes peuvent entrer dans la composition de ces entités, tels que l'oxygène, l'azote, le phosphore, le soufre, les halogènes. Ces atomes, autres que des atomes de carbone ou d'hydrogène, sont qualifiés d'hétéroatome.

Rappelons la position de ces atomes dans la classification périodique, leur nombre d'électrons de valence et le nombre de liaisons qu'ils effectuent usuellement.

Atome	Position dans la classification	Configuration électronique de valence et nombre d'électrons de valence		Nombres de liaisons usuelles
Hydrogène	1 ^{ère} période 1 ^{ère} colonne	$(1s)^2$	1	1 liaison : $\text{H}—$
Carbone	2 ^{ème} période 14 ^{ème} colonne	$(2s)^2(2p)^2$	4	4 liaisons : 
Azote	2 ^{ème} période 15 ^{ème} colonne	$(2s)^2(2p)^3$	5	2 à 4 liaisons : 
Oxygène	2 ^{ème} période 16 ^{ème} colonne	$(2s)^2(2p)^4$	6	1 à 3 liaisons : 
Halogènes (F, Cl, Br, I)	2 ^{ème} période 17 ^{ème} colonne	$(2s)^2(2p)^5$	7	1 liaison : 
Phosphore	3 ^{ème} période 15 ^{ème} colonne	$(3s)^2(3p)^3$	5	Même structure de valence que l'azote mais avec hypervalence possible (usuellement 5 liaisons) 
Soufre	3 ^{ème} période 16 ^{ème} colonne	$(3s)^2(3p)^4$	6	Même structure de valence que le soufre mais avec hypervalence possible (usuellement 6 liaisons) 

I. Représentations planes des entités organiques

1. Formule brute

Définition :

La formule brute d'une molécule donne la nature et le nombre, des atomes constituant la molécule.

Une formule brute peut convenir à plusieurs molécules. Par exemple, C_2H_6O peut correspondre au méthoxyméthane et à l'éthanol. Elle n'indique pas la nature des groupes caractéristiques ni leur position.

2. Formule développée

Définition :

La formule développée représente tous les atomes, toutes les liaisons et les doublets non liants des atomes de la molécule.

Méthoxyméthane : Éthanol :

3. Formule semi-développée

Définition :

La formule semi-développée est une simplification de la formule développée. Les liaisons associant les atomes d'hydrogène au reste de la molécule ne sont plus représentées.

Méthoxyméthane : Éthanol :

Certains groupes caractéristiques pourront être condensés :

- Groupe carboxylique : $-COOH$
- Groupe carbonyle de la classe fonctionnelle aldéhyde : $-CHO$
- Groupe phényle : C_6H_5 ou Ph

Exception : l'hydrogène du groupement aldéhyde pourra être représenté avec sa liaison, comme dans l'éthanal ci-contre.

4. Représentation topologique

Conventions :

- On retire tous les atomes de carbones ainsi que les atomes d'hydrogène portés par les carbones.
- Il ne reste que les hétéroatomes ainsi que les atomes d'hydrogène qu'ils portent.
- Liaisons C – C : lignes brisées (la plupart du temps en « zig-zag »).
- Les hydrogènes sont implicites.

Méthoxyméthane : Éthanol :

Acide éthanoïque : Éthanal :



Attention à ne pas oublier d'atomes d'hydrogène lors du passage de la représentation topologique à la représentation semi-développée, surtout lorsque la molécule possède des liaisons multiples.

Une astuce : rappelez-vous que s'il n'y a pas de charge sur un atome de carbone, il participe forcément à 4 liaisons.



Exercice d'application 1

II. Notion de groupes caractéristiques et de classes fonctionnelles

1. Catégorie du squelette hydrogénocarboné

En chimie, les molécules organiques peuvent être considérées comme constituées d'un squelette hydrogénocarboné relativement non réactif et d'un ou plusieurs **groupes caractéristiques**, faisant intervenir des atomes autres que le carbone et l'hydrogène (O, S, N, etc. appelés hétéroatomes). Le groupe caractéristique est un atome, ou un groupe d'atomes, qui confère des propriétés chimiques spécifiques à la molécule sur laquelle il est présent.

Toutes les molécules possédant le même **groupement fonctionnel** appartiennent à la même **famille fonctionnelle**.

Caractéristique	Famille de molécule	Exemple
possèdent uniquement des liaisons simples	alcane	propane
possèdent une ou plusieurs liaisons doubles	alcène	propène
possèdent une ou plusieurs liaisons triples	alcyne	propyne



Exercice d'application 2

2. Groupes caractéristiques et famille fonctionnelle :

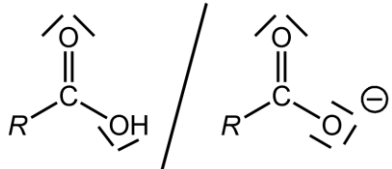
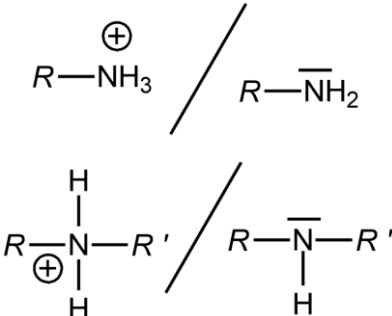
Famille fonctionnelle	Nom du groupe caractéristique	Structure du groupe caractéristique
halogénoalcane	halogéno (fluoro, chloro, etc.)	Avec X un atome d'halogène (F, Cl, Br, I)
alcool	hydroxyle	
thiol	sulfhydryle	
amine	amino	
étheroxyde	alcoxy	
aldéhyde	carbonyle	
cétone	carbonyle	
acide carboxylique	Carboxyle	
Chlorure d'acyle		
Anhydride d'acide (pour info)		

Famille fonctionnelle	Structure du groupe caractéristique
ester	
amide	
Hémiacétal	
Acétal	
Ester phosphorique et Anhydride phosphorique	Le groupe « ester phosphorique » permet de relier un groupe phosphate à une chaîne carbonée Le groupe « anhydrique phosphorique » permet de relier des groupes phosphate entre eux

Pas de nom des groupes caractéristiques à retenir pour les familles du tableau ci-dessus.

R représente une chaîne carbonée quelconque.

Certains de ces groupes fonctionnels peuvent se protoner ou se déprotoner, donnant ainsi leur acide ou base conjuguée. Donnons deux exemples classiques :

Les acides carboxyliques peuvent se déprotoner (en milieu biologique aqueux neutre ils sont déprotonés) : Acide carboxylique / Ion carboxylate	
Les amines peuvent se protoner (en milieu biologique aqueux neutre ils sont protonés) : Ammonium / Amine	

III. Nomenclature en chimie organique

Un chimiste doit pouvoir nommer les molécules qu'il étudie. Mais il faut utiliser une nomenclature universelle pour qu'il n'y ait pas de confusion d'une personne à l'autre. La nomenclature systématique la plus utilisée est la nomenclature substitutive (instaurée par l'IUPAC : International Union of Pure and Applied Chemistry).

1. Nomenclature des hydrocarbures

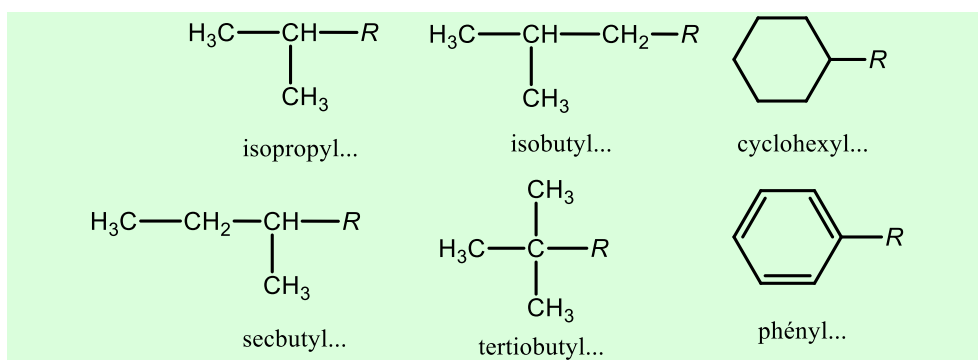
a. Alcanes (ou hydrocarbures saturés) : C_nH_{2n+2}

- La chaîne carbonée la plus longue, dite chaîne principale, est nommée en ajoutant le suffixe **-ane** au nom du radical correspondant au nombre n d'atomes de carbone de la chaîne.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Préfixe alc	méth	éth	prop	but	pent	hex	hept	oct	non	déc

- On numérote la chaîne de manière à ce que l'indice i de l'atome de carbone, portant la première ramification rencontrée, soit minimal. En cas d'égalité, c'est l'indice du groupement suivant qui doit être minimal.
- Chaque ramification est nommée sous forme de préfixe ***i*-alkyl** (« alk » étant remplacé par le nom du radical correspondant au nombre d'atomes de carbone de la ramification). Pour des substituants identiques, on utilise les préfixes di, tri, etc.
- Les ramifications sont énumérées par ordre alphabétique du préfixe alkyl.

Si les ramifications sont elles-mêmes ramifiées, la nomenclature peut s'avérer plus complexe. Cependant les appellations courantes de certains groupes sont à connaître (R représente la chaîne principale) :

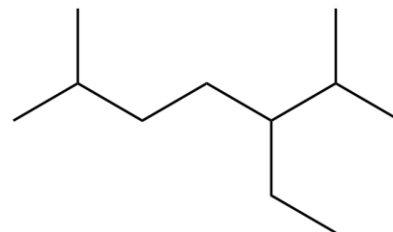


b. Alcènes et alcynes (ou hydrocarbures dits insaturés)

- La chaîne carbonée principale est la chaîne la plus longue contenant la liaison multiple.
- On numérote la chaîne de manière à ce que l'indice i du premier atome de carbone rencontré, lié à une double liaison, soit minimal.
- La terminaison « ane » est remplacée par « *i*-ène » ou « *i*-yne ».
- Si la molécule est ramifiée, le principe énoncé pour les alcanes s'applique.

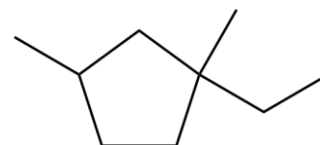
Les séparations entre chiffres sont matérialisées par des virgules à la place des tirets.

Exemple :



Si la chaîne principale est cyclique, on ajoute le préfixe **cyclo** devant le nom de l'alcane.

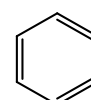
Exemple :



Exemple : 2-éthyl-3-méthylpent-1-ène



Un hydrocarbure insaturé particulier possède un nom qui lui est propre : le benzène.



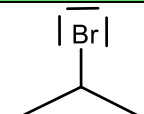
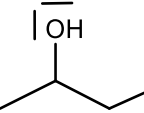
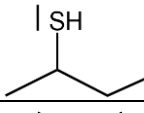
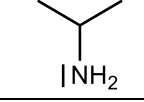
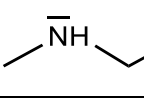
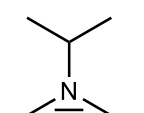
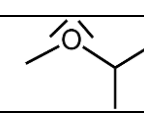
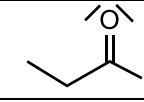
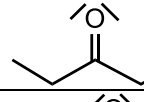
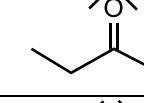
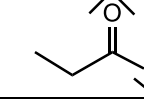
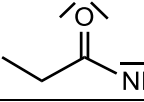
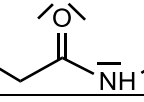
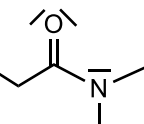
Exercice d'application 3

2. Nomenclature des molécules possédant un unique groupe caractéristique

- On identifie le groupe caractéristique et la classe fonctionnelle de la molécule.
- La chaîne principale est la chaîne carbonée la plus longue contenant le carbone fonctionnel (carbone porteur du groupement ou appartenant au groupement).
- On numérote la chaîne de manière à ce que l'indice *i* du carbone fonctionnel soit minimal.
- Selon le groupe caractéristique, on ajoute un préfixe ou un suffixe noté en gras (cf. tableau).



Exercice
d'application 4

Classe fonctionnelle	Groupe caractéristique		Nom général	Exemple	
Halogénoalcane	halogéno	$R - X$ avec $X = F, Br, Cl$ ou I	<i>i</i> - halogéno alcane		2- bromo propane
Alcool	hydroxyle	$R - OH$	alcan- <i>i</i> - ol		butan-2- ol
Thiol	sulfhydryle	$R - SH$	Alcan- <i>i</i> - thiol		Butan-2- thiol
Amine	amino	Amine primaire $R - NH_2$	alcan- <i>i</i> - amine		propan-2- amine
		Amine secondaire $R - NH - R'$	<i>N</i> -alkylalcan- <i>i</i> - amine		<i>N</i> -méthyléthan amine
		Amine tertiaire $R - N - R'$ $ $ R''	<i>N</i> -alkyl- <i>N</i> -alkylalcan- <i>i</i> - amine		<i>N,N</i> -diméthylpropan-2- amine
Étheroxyde	alcoxy	$R - O - R'$	<i>i</i> - alcolxy alcane		2- méthoxy propane
Aldéhyde	carbonyle	$R - CHO$	alcanal		propanal
Cétone	carbonyle	$R - CO - R'$	alcan- <i>i</i> - one		pentan-3- one
Acide carboxylique	carboxyle	$R - COOH$	acide alcanoïque		acide propanoïque
Ester		$R - COO - R'$	alcanoate d'alkyle		propanoate de méthyle
Amide		Amide primaire $R - CO - NH_2$	alcan amide		propan amide
		Amide secondaire $R - CO - NH - R'$	<i>N</i> -alkylalcan amide		<i>N</i> -méthylpropan amide
		Amide tertiaire $R - CO - N - R'$ $ $ R''	<i>N</i> -alkyl- <i>N</i> -alkylalcan amide		<i>N</i> -éthyl- <i>N</i> -méthylpropan amide

Remarque : la nomenclature des hémiacétals, acétals et anhydride phosphorique est complexe et hors programme.

3. Nomenclature des molécules polyfonctionnelles

De nombreuses molécules possèdent plusieurs groupes caractéristiques et appartiennent donc à plusieurs classes fonctionnelles. La nomenclature est plus complexe : les groupes sont classés par ordre de priorité, le groupe prioritaire est indiqué à l'aide du suffixe habituel, les autres sont indiqués à l'aide de préfixe spécifiques.

Exemple : acide 2-aminopropanoïque

- La chaîne principale est la chaîne carbonée la plus longue contenant le groupe fonctionnel principal : groupe le plus oxydé (possédant le plus de liaisons avec des hétéroatomes).
- On numérote la chaîne de manière à ce que l'indice i du carbone fonctionnel principal soit minimal.
- Les autres groupes caractéristiques sont nommés comme des substituants par un préfixe et sont énumérés par ordre alphabétique :
 - groupe halogéno : « halogéno »
 - groupe hydroxyle : « hydroxy »
 - groupe amino : « amino »
 - groupe carbonyle : « oxo »

Pour le choix de la chaîne principale, une insaturation est prioritaire, comme le montre l'exemple suivant :

acide 4-éthyl-3-hydroxypent-4-énoïque.



Exercice d'application 5

Le suffixe -ène n'est pas incompatible avec les suffixes des fonctions classiques, dans l'exemple précédent on peut donc cumuler les suffixes -èn- et -oïque.

IV. Famille d'entités chimiques intervenant dans la chimie du vivant

1. Les lipides

Définition :

Les lipides forment une catégorie très diversifiée de molécules. Ce qui les caractérise c'est leur caractère **hydrophobe ou amphiphile** (une partie hydrophobe et une partie hydrophile : typique des lipides membranaires).

Ils constituent ce que l'on appelle la matière grasse des êtres vivants.

Parmi les lipides essentiels citons : les acides gras, les glycérides (mono-, di- et tri-), les phospholipides et les dérivés du cholestérol.

a. Acides gras

Un acide gras est un acide carboxylique à longue chaîne carbonée linéaire.

Un acide gras est dit saturé quand la chaîne carbonée ne comporte aucune double liaison carbone-carbone : tous les atomes de carbone sont saturés en hydrogène.

Un acide gras est dit insaturé quand la chaîne carbonée comporte une ou plusieurs doubles liaisons carbone-carbone.

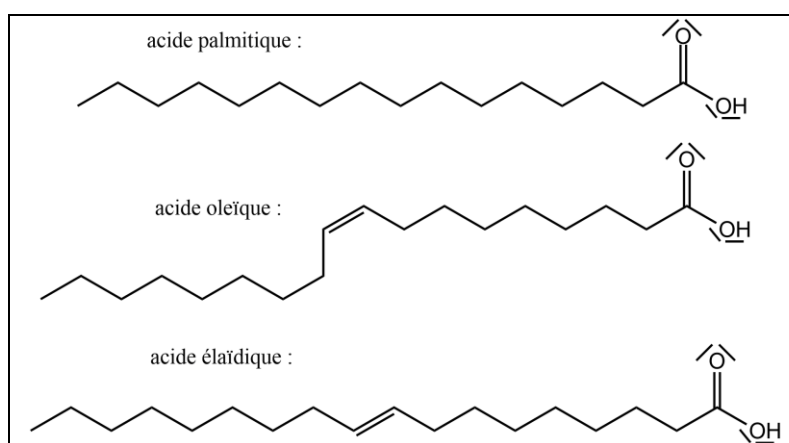


Figure 1 : Exemples d'acides gras saturés et insaturés

b. Glycérides

Les glycérides sont des esters d'acides gras (saturés ou insaturés) et de glycérol. Selon le nombre d'acide gras associés au glycérol, on parle de monoglycéride, diglycéride ou triglycéride.

Les triglycérides sont des molécules de réserve.

Ci-dessous, on présente la formation d'un monoglycéride. L'équation de réactions proposée ne représente pas la réalité biologique de la synthèse d'un glycéride.

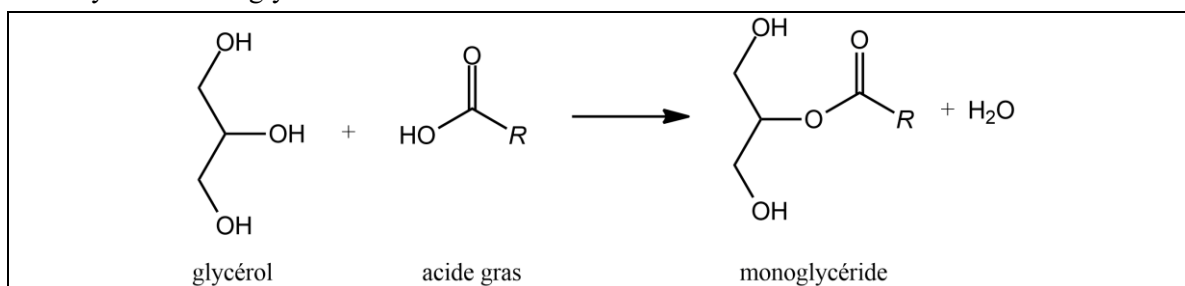


Figure 2 : synthèse d'un monoglycéride (*R* représente le reste de la chaîne carbonée de l'acide gras)

Ci-dessous, un exemple de triglycéride.

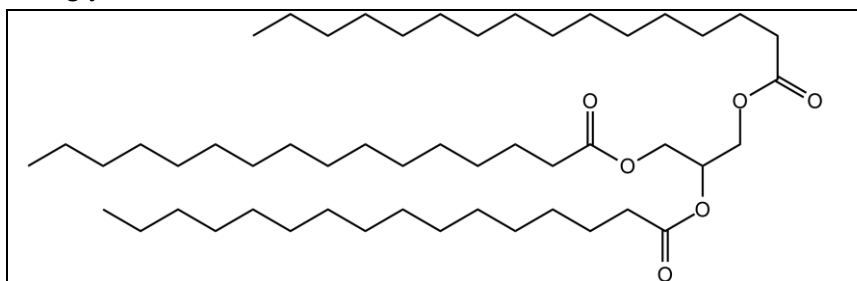


Figure 3 : un exemple de triglycéride, le tripalmitoylglycéril

c. Phospholipides

Un phospholipide est un lipide contenant un groupe ester phosphorique. La plupart sont des phosphoglycérides. Les phospholipides sont les constituants essentiels des membranes cellulaires (*cf.* chapitre 6).

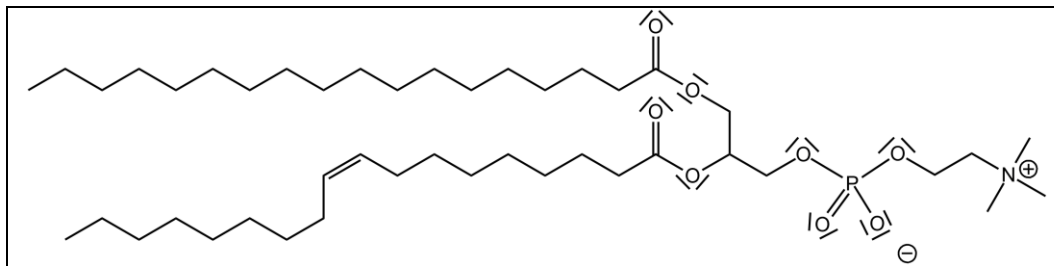


Figure 4 : un exemple de phosphoglycéride, le 1-oléyl-2-stéaryl-phosphatidylcholine

d. Le cholestérol

Le cholestérol est une molécule à part dans la famille des lipides dont la structure fait apparaître quatre cycles carbonés accolés. Les dérivés du cholestérol sont des molécules informationnelles (hormones stéroïdes).

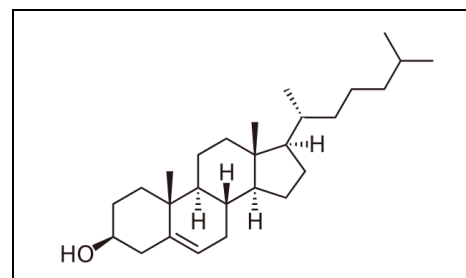


Figure 5 : Structure du cholestérol

2. Les acides aminés, les peptides et les protéines

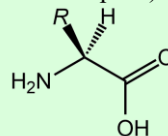
a. Les acides aminés

Définition

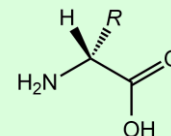
Les acides aminés, plus spécifiquement les acides α -aminés, possèdent un groupe carboxyle et un groupe amino portés par le même atome de carbone appelé carbone α .

Ce carbone α est aussi relié à une chaîne carbonée appelée « radical » par les biologistes. Il existe 22 radicaux différents et donc 22 acides α -aminés.

Chaque acide aminé existe sous deux formes tridimensionnelles différentes appelées stéréoisomères (cf. prochain chapitre).



structure générale d'un
L-acide aminé



structure générale d'un
D-acide aminé

La fonction amine peut être protonée en ion ammonium, la fonction acide carboxylique peut être déprotonée en ion carboxylate. L'état de protonation de l'acide aminé dépend du pH du milieu (cf. chapitre sur les réactions acido-basiques).

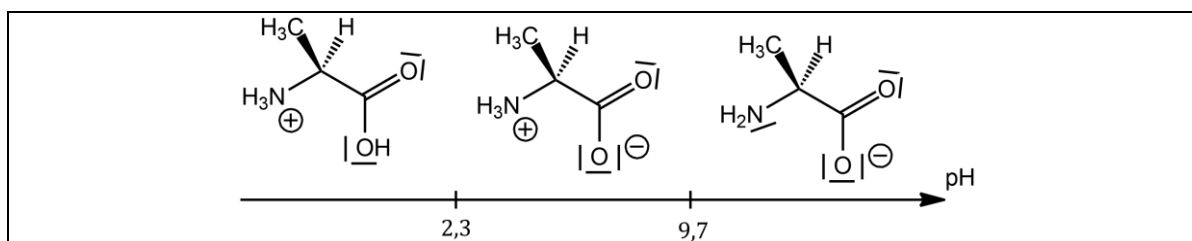


Figure 6 : Exemple de différents états de protonation de la L-alanine en fonction du pH du milieu biologique (solution aqueuse). On remarquera que la forme sans charge n'existe pas en solution.

b. Les peptides et la liaison peptidique

Définition :

Un peptide est un polymère d'acides aminés reliés entre eux par des liaisons peptidiques. En fonction du nombre d'acides aminés associés on parle de di-, tri- ou polypeptides.

Une liaison peptidique est une liaison covalente qui s'établit entre le groupe carboxyle porté par le carbone α d'un acide aminé et le groupe amino porté par le carbone α de l'acide aminé suivant dans la chaîne peptidique. La liaison peptidique correspond à une fonction amide.

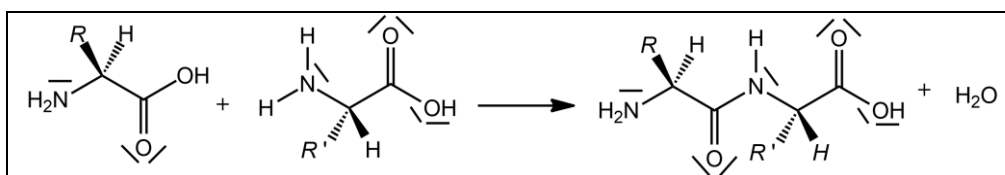


Figure 7 : Condensation (ou déshydratation) de deux acides aminés L pour obtenir un dipeptide

La liaison peptidique est plane et rigide, propriété très importante dans l'établissement de la conformation tridimensionnelle des chaînes polypeptidiques (cf. chapitre 5).

c. Les protéines

Définition :

Les protéines sont formées d'une ou de plusieurs chaînes polypeptidiques.

Les propriétés chimiques de la liaison peptidique et des radicaux des acides aminés permettent aux protéines d'acquérir une structure tridimensionnelle que l'on décrit selon différents niveaux d'organisation : secondaire, tertiaire et quaternaire (cf. cours de SVT), structure leur conférant des propriétés propres à chacune.

3. Les glucides

Définition

Les glucides sont définis comme une classe d'entités organique contenant **un groupe carbonyle** (aldéhyde ou cétone) et **au moins deux groupes hydroxyle** (alcool).

Cependant on inclut dans cette classe d'autres molécules pour lesquelles un ou plusieurs groupes hydroxyles ont été remplacés par un groupe amino, un hydrogène, un ester de phosphate, etc.

Le groupe carbonyle peut aussi apparaître sous forme « équivalente », transformé en **hémiacétal ou acétal**.

Remarques :

- les glucides ont été initialement nommés à tort hydrates de carbone car pour la plupart leur composition élémentaire pouvait correspondre à une formule brute du type $C_n(H_2O)_p$. Les anglophones utilisent en-core le terme carbo-hydrates.
- Dans le langage courant on parle des « sucres », cela correspond uniquement aux molécules possédant un pouvoir sucrant : oses (monosaccharides) tels que le glucose, le fructose, etc. et les diholosides (disaccharides) tels que le saccharose.
- Les glucides font partie des constituants essentiels des êtres vivants et de leur nutrition, car ils sont un des principaux intermédiaires biologiques de stockage et de consommation d'énergie. Chez les organismes autotrophes, comme les plantes, les sucres sont convertis en amidon pour le stockage. Chez les organismes hétérotrophes, comme les animaux, ils sont stockés sous forme de glycogène puis utilisés comme source d'énergie dans les réactions métaboliques.

a. Glucides élémentaires : les oses (ou monosaccharides)

Définition

Les oses constituent les « briques » élémentaires des glucides plus complexes. Ils sont constitués d'une chaîne carbonée de trois à 8 carbones (3 à 6 étant les cas les plus communs).

Les oses existent sous forme linéaire : chaque atome de carbone porte un groupe hydroxyle OH (fonction alcool) sauf un qui porte un groupe carbonyle (on parle d'aldose dans le cas d'aldéhyde et de cétose dans le cas de cétone)

Mais certains existent aussi sous diverses formes cycliques : le groupe carbonyle est transformé en hémiacétal.

Quelques exemples d'oses à 3, 5 et 6 atomes de carbones, vous trouverez deux représentations différentes : classique et représentation de Fischer (que l'on détaillera dans le chapitre suivant). Pour une formule développée donnée il existe plusieurs stéréoisomères (*cf.* chapitre suivant).

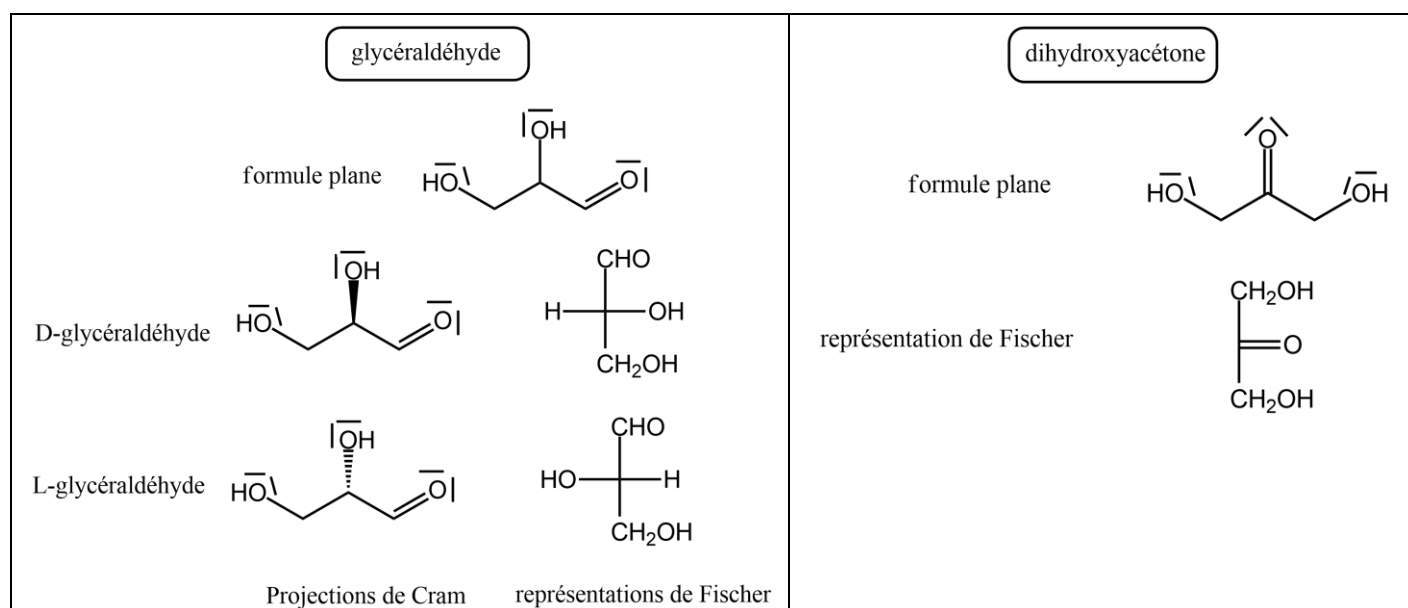


Figure 8 : Exemples d'oses à 3 atomes de carbone (aldose : glycéraldéhyde, cétose : dihydroxyacétone)

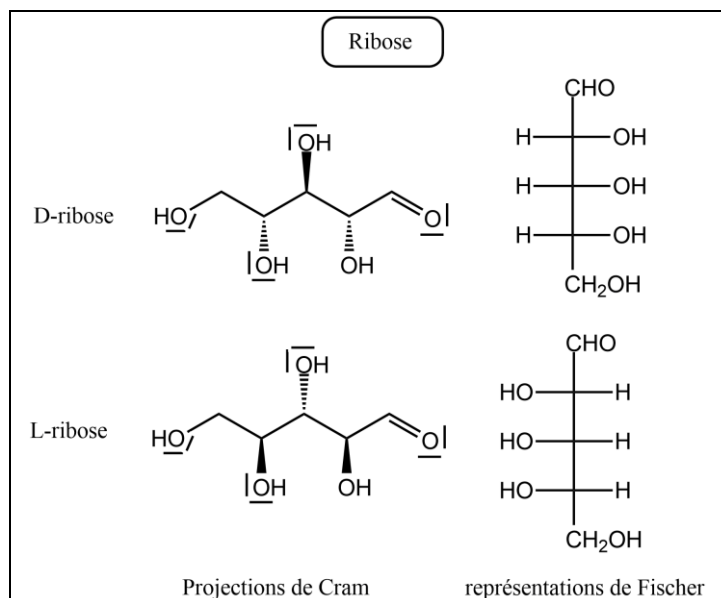


Figure 9 : Exemple d'ose à 5 atomes de carbone : un aldose, le ribose

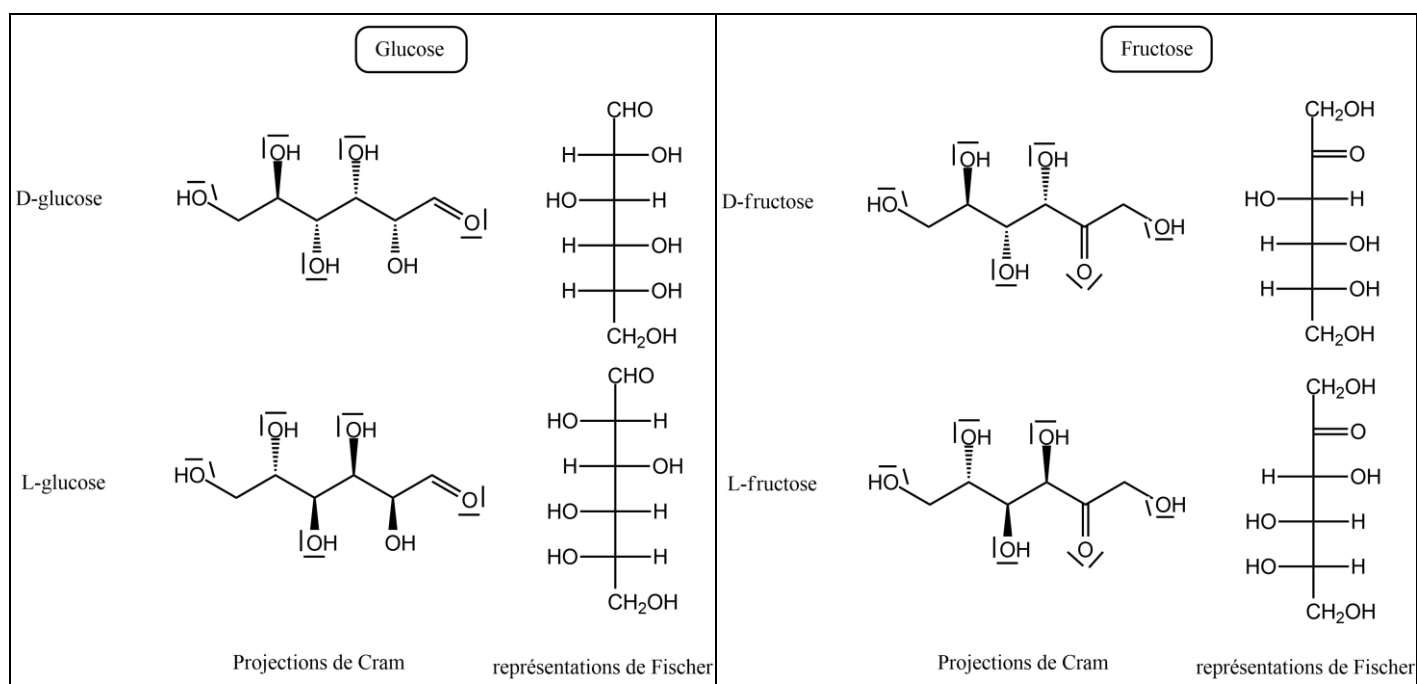


Figure 10 : Exemples d'oses à 6 atomes de carbone (aldose : glucose, cétose : fructose)

Cyclisation des oses

En solution, on peut former un hémiacétal entre un groupe aldéhyde ou cétone et un groupe hydroxyle.

Cette réaction est un équilibre chimique, cela signifie qu'à la fin de la réaction les concentrations en molécules linaires et en molécules cycliques restent constantes, mais les molécules cycliques sont les plus stables et sont donc majoritaires.

Dans le cas des oses cela peut se faire en intramoléculaire dès lors que les deux groupes sont distants d'au moins trois carbone (ex. entre les atomes de carbone 1 et 4 ou 1 et 5 du glucose). Ce sont principalement les pentoses et les hexoses qui forment des cycles. Cette cyclisation est à l'origine de stéréoisomères α et β .

Le OH issu de la cyclisation est appelé OH anomérique : deux stéréoisomères (α et β) peuvent être formés (cf. chapitre suivant).

Voici quelques détails concernant la réaction d'hémiacétalisation dans le cas de la cyclisation du D-glucose et du D-fructose.

Pour le D-glucose, la cyclisation se fait préférentiellement avec l'avant dernier groupe hydroxyle (porté par l'atome de carbone 5). On obtient alors un D-glucopyranose (le pyrane est un cycle à 6 atomes dont un atome d'oxygène).

Pour le D-fructose, la cyclisation se fait préférentiellement avec groupe hydroxyle porté par l'atome de carbone 5. On obtient alors un D-fructofuranose (le furane est un cycle à 5 atomes donc un atome d'oxygène)

Les biologistes utilisent une représentation spécifique pour les sucres cycliques : la projection de Haworth (*cf.* chapitre suivant).

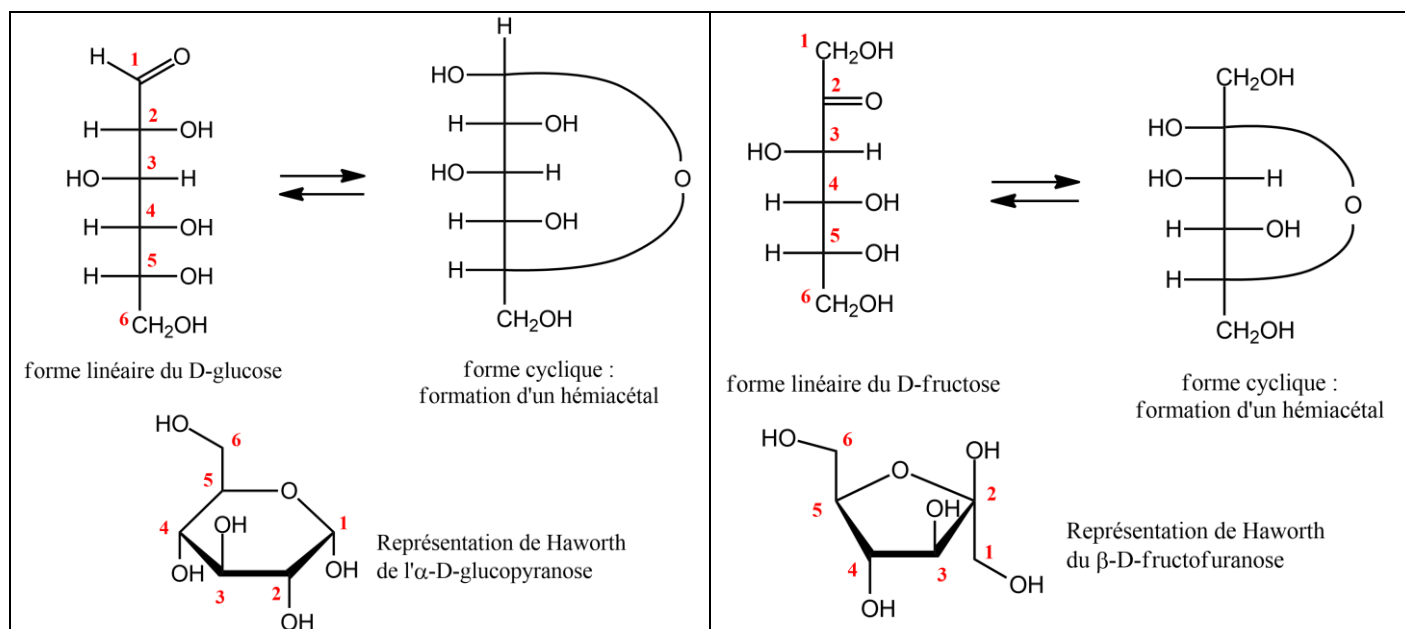


Figure 11 : Exemples de cyclisation par formation d'hémiacétal

A partir de ces oses simples il existe des dérivés naturels d'oses :

- les osamines (un groupe amino remplace un groupe hydroxyle)
- les désoxy oses (un atome d'hydrogène remplace un groupe hydroxyle)
- les oses phosphorylés (un groupe hydroxyle est transformé en esters phosphate, *cf.* IV. 4)

b. Glucides complexes : les osides (polymères d'oses : polysaccharides)

Définition :

Deux oses peuvent se lier entre eux via la formation d'une fonction acétal, en libérant une molécule d'eau, on parle de liaison osidique (ou glycosidique).

Les osides sont des polymères d'oses (macromolécules glucidiques) liés par une liaison osidique (ou glycosidique).

Les osides sont hydrolysables car la réaction inverse peut se produire avec rupture de la liaison osidique par l'action de l'eau.

- Exemples de disaccharides

Les figures suivantes présentent deux osides : le saccharose et le lactose. Les équations de réactions proposées ne représentent pas la réalité biologique de leur synthèse.

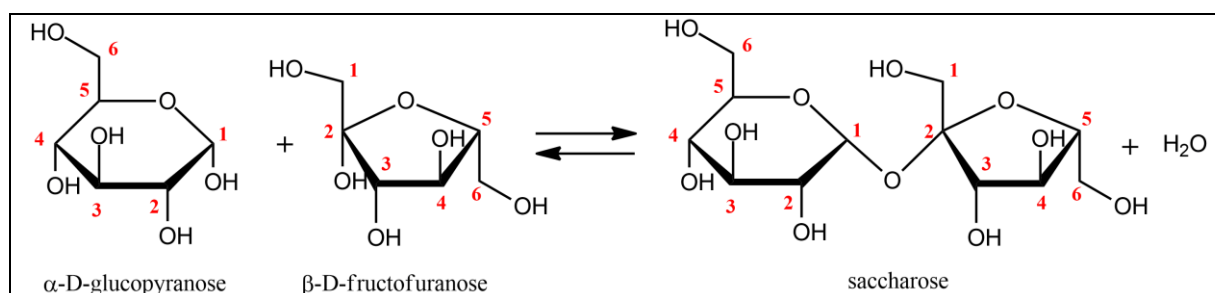


Figure 12 : Synthèse du saccharose

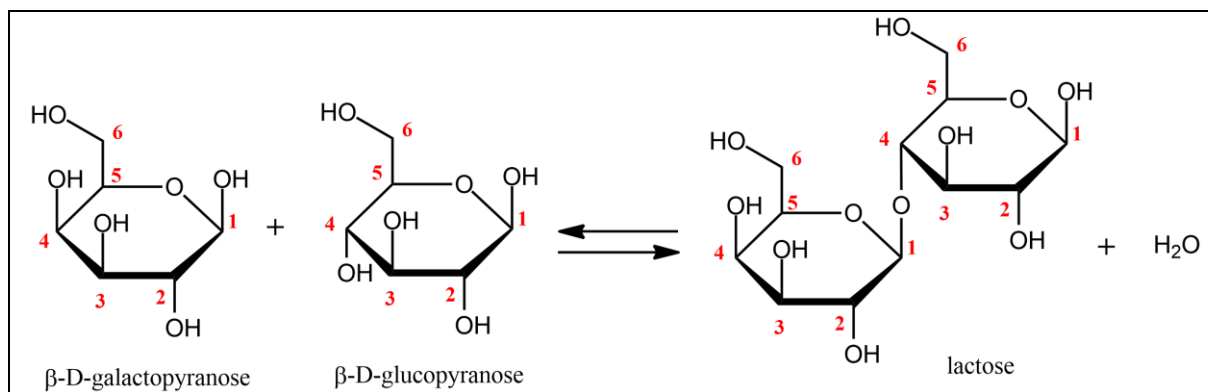


Figure 13 : Synthèse du lactose

- Exemples de polysaccharides

En associant un grand nombre d'oses on obtient des macromolécules linéaires ou ramifiées qui peuvent avoir des rôles de réserve (amidon, glycogène) ou de structure (cellulose).

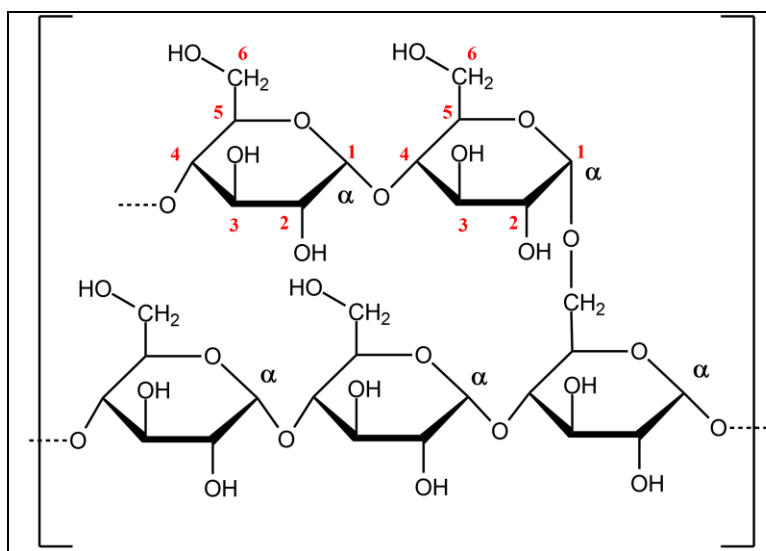


Figure 14 : Structure d'un des polymères de l'amidon, l'amylopectine (polymère ramifié de glucoses)

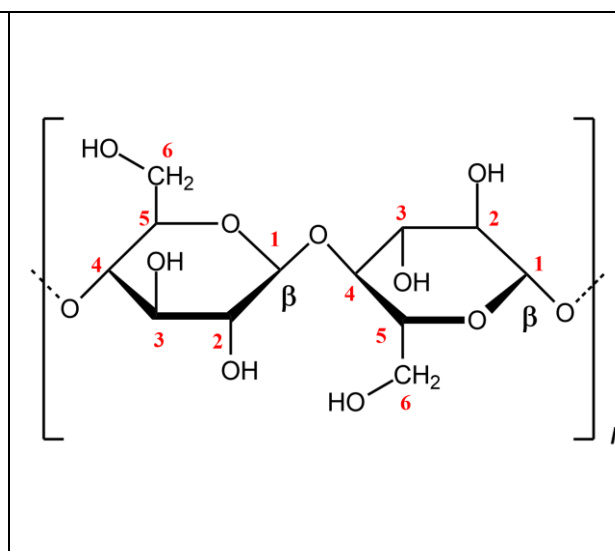


Figure 15 : Structure de la cellulose (polymère linéaire de glucoses)

4. Les nucléosides, nucléotides et acides nucléiques

a. Nucléosides

Définition

Les nucléosides sont des glycosylamines constituées d'une base azotée (appelée aussi base nucléique) liée à l'atome de carbone anomérique d'un pentose, généralement du ribose (ribonucléoside) ou du désoxyribose (désoxyribonucléoside), par une liaison glycosidique avec un atome d'azote d'une pyrimidine d'une purine (en quelque sorte un groupe acétal avec un atome d'azote au lieu d'un atome d'oxygène).

L'adénosine, la cytosine, la guanosine, l'inosine, la thymidine et l'uridine sont des nucléosides parmi les plus courants en biochimie. Voici quelques exemples de nucléosides formés à partir d'une base pyrimidique ou purique et du ribose ou deoxyribose.

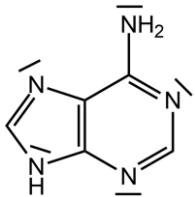
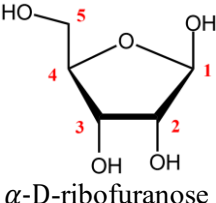
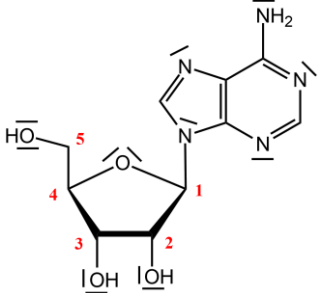
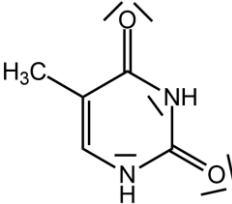
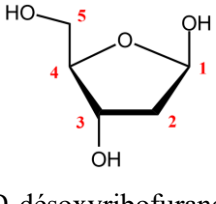
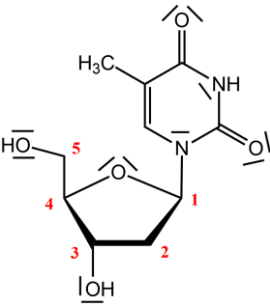
Base azotée	Pentose	Nucléoside
 Adénine (base purique)	 α-D-ribofuranose	 Adénosine (A)
 Thymine (base pyrimidique)	 α-D-désoxyribofuranose	 Thymidine (T)

Figure 16 : Deux exemples de nucléoside

b. Nucléotides

Définition

Un nucléotide est un nucléoside phosphorylé (groupe ester phosphorique) une, deux ou trois fois.

Les nucléotides triphosphates sont impliqués dans les transferts d'énergie. Le principal est l'ATP. Son hydrolyse est exergonique (en simplifiant : elle libère de l'énergie) et peut être couplée à différents processus endergoniques (en simplifiant : qui ont besoin d'énergie).

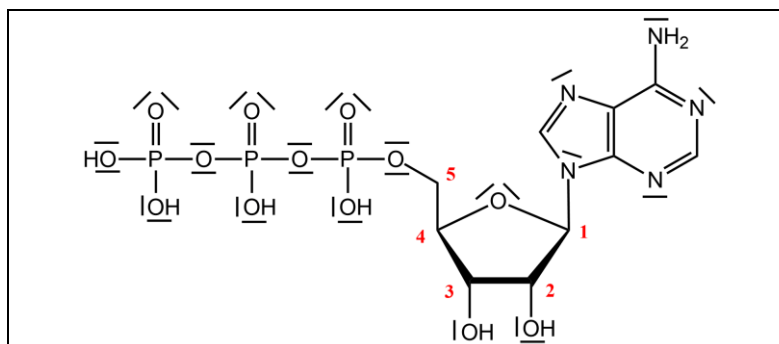


Figure 17 : Structure de l'ATP (adénosine triphosphate). En solution aqueuse à pH neutre l'ATP est déprotoné 4 fois (ATP⁴⁻)

c. Acides nucléiques**Définition**

Les acides nucléiques sont des polymères de nucléotides, reliés entre eux par des liaisons phosphodiesteres.

Ces acides nucléiques sont d'une importance fondamentale chez tous les êtres vivants, en étant le support de leur information génétique. Il existe deux types d'acides nucléiques : l'acide désoxyribonucléique (ADN) et l'acide ribonucléique (ARN).

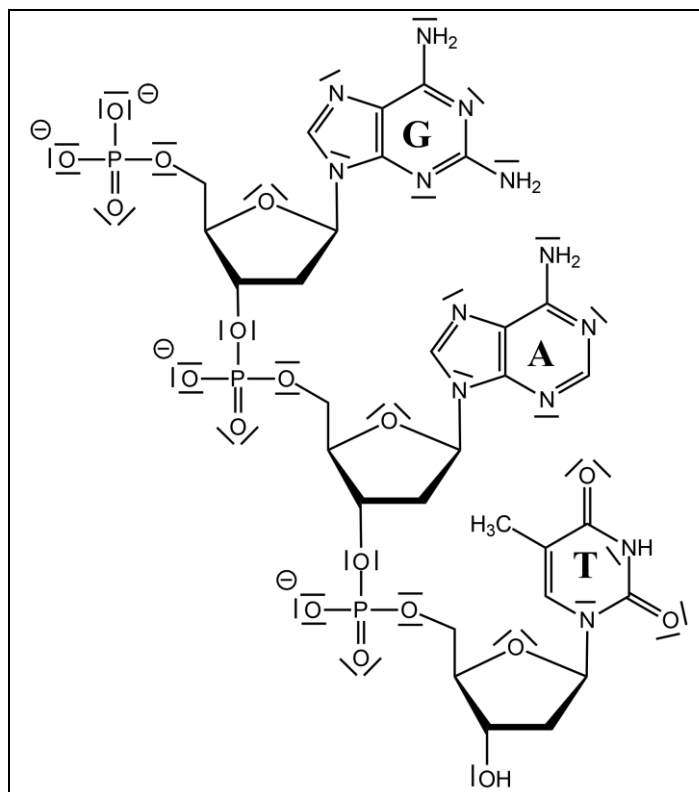


Figure 18 : Brin d'ADN à trois nucléotides

**Exercice d'application 6**