

TOUT EN FICHES

L'ESSENTIEL DE

BIOCHIMIE

Émilie GUILLAUME

Professeure agrégée à l'ENS Paris-Saclay

Pierre LE MARÉCHAL

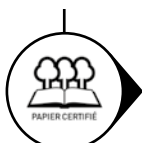
Professeur émérite de Biochimie
à l'Université Paris-Sud (Orsay)

Pierre BARATTI-ELBAZ

Professeure agrégée à l'ENS Paris-Saclay

DUNOD

NOUS NOUS ENGAGEONS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT :



Nos livres sont imprimés sur des papiers certifiés pour réduire notre impact sur l'environnement.



Le format de nos ouvrages est pensé afin d'optimiser l'utilisation du papier.



Depuis plus de 30 ans, nous imprimons 70 % de nos livres en France et 25 % en Europe et nous mettons tout en œuvre pour augmenter cet engagement auprès des imprimeurs français.



Nous limitons l'utilisation du plastique sur nos ouvrages (film sur les couvertures et les livres).

Table des matières

Fiche 1	Appeler chaque molécule par son nom	1
Fiche 2	Les acides aminés des protéines	5
Fiche 3	Structure 3D des protéines	15
Fiche 4	Applications de l'action des protéases	23
Fiche 5	Séparation et dosage des protéines	31
Fiche 6	Interactions protéine-ligand	44
Fiche 7	Catalyse enzymatique	50
Fiche 8	Enzymologie michaelienne: K_M et V_M	56
Fiche 9	Inhibitions des enzymes michaeliennes	66
Fiche 10	Allostérie	72
Fiche 11	Modifications post-traductionnelles des protéines	81
Fiche 12	Vitamines et coenzymes	89
Fiche 13	ATP	95
Fiche 14	Mono et disaccharides	102
Fiche 15	Polyosides	111
Fiche 16	Glycoprotéines	117
Fiche 17	Structure des acides gras et des lipides	122
Fiche 18	Lipides membranaires	133
Fiche 19	Structure des membranes biologiques	140
Fiche 20	Échanges membranaires	149
Fiche 21	Fermentations	159

Fiche 22	Acétyl-CoA et cycle de Krebs	169
Fiche 23	Catabolisme des acides gras	178
Fiche 24	Métabolisme de l'azote	186
Fiche 25	Néosynthèse des sucres	191
Fiche 26	Les oxydations phosphorylantes	198
Fiche 27	Ligands extracellulaires et transduction du signal	205
Fiche 28	Les protéines du cytosquelette	214
Annexe		223
Index		225

Appeler chaque molécule par son nom

1. L'ordre de priorité des principales fonctions chimiques

Fonction	Nom	Préfixe	Suffixe
$R-CO-OH$	Acide carboxylique	Carboxy	Acide... - oïque
$R-CO-OR'$	Ester	Carboalkoxy	- oate d'alkyle
$R-CO-SR'$	Thioester	Carboalkothioxy	- thioate d'alkyle
$R-CO-NHR'$	Amide	Carboxamide	- amide
$R-CHO$	Aldéhyde	Oxo, aldo, formyl	- al
$R-CO-R'$	Cétone	Oxo, céto	- one
$R-OH$	Alcool	Hydroxy	- ol
$R-SH$	Thiol	Mercapto	- thiol
$R-NH_2$	Amine primaire	Amino	- amine

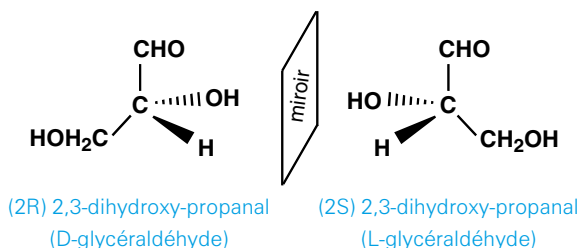
Fonctions particulières

Anhydride d'acide	Entre 2 acides organiques Phosphoanhydride : entre 2 fonctions acide phosphorique	$ \begin{array}{c} R-CO-O-CO-R' \\ \parallel \quad \parallel \\ HO-P-O-P-OH \\ \quad \\ OH \quad OH \end{array} $
Disulfure		$R-S-S-R'$

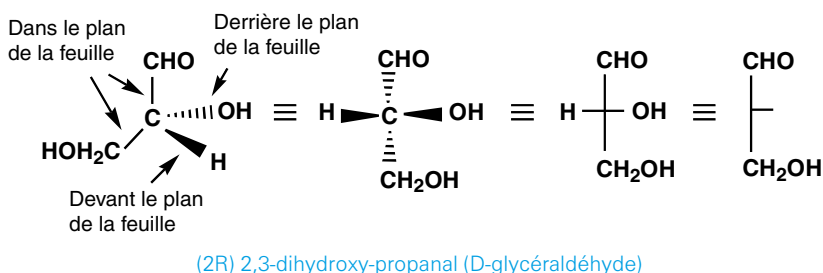
2. Représenter les molécules sur un plan

Les conventions d'écriture dans le cas d'un carbone asymétrique

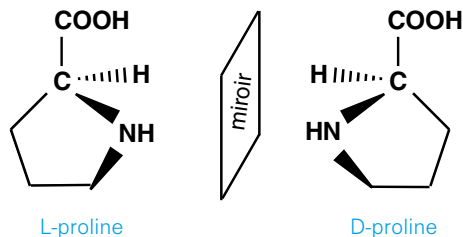
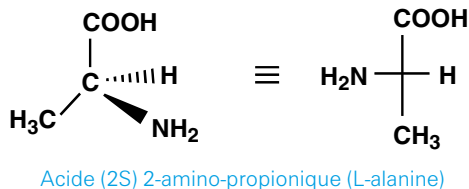
Exemple du 2,3-dihydroxy-propanal (glycéraldéhyde)



Projections de Fischer (utilisées en biologie)



Cas de 2 acides aminés :



La proline possède un cycle pyrrole, c'est le seul acide aminé dans ce cas-là.

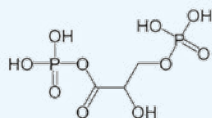
EXERCICE 1 Savoir dessiner à partir des mots

Dessiner les structures des molécules biologiques suivantes (nom chimique et nom commun s'il existe)

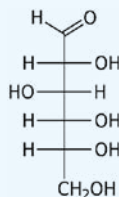
1. Acide 1,3-diphosphonooxypropanoïque ou acide 1,3-bisphosphoglycérique.
2. (2R, 3S, 4R, 5R)-2,3,4,5,6-pentahydroxyhexanal ou glucose.
3. Acide 2-oxoglutarique (acide α -cétooglutarique).

Solution

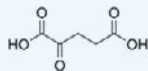
1. Au pH cellulaire, cette molécule existe à l'état 1,3 bisphosphoglycérate (forme déprotonée). C'est un intermédiaire capital de la glycolyse, puisque la rupture de sa liaison phosphoester permet la phosphorylation d'ADP en ATP.



2. La molécule ainsi nommée est le glucose sous sa forme linéaire. Il existe de nombreux pentahydroxyhexanal (sucres simples à 6 carbones et à fonction aldéhyde) : il faut donc décrire pour chaque carbone asymétrique sa configuration. Par exemple, un stéréoisomère bien connu du glucose est le galactose, qui ne diffère qu'au niveau de la configuration relative du carbone 4 (2R, 3S, 4S, 5R-pentahydroxyhexanal).

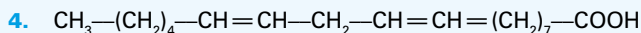
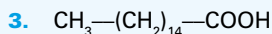


3. Cette molécule est un intermédiaire du cycle de Krebs, et un produit de dégradation de l'acide aminé glutamate. C'est un diacide de 5 carbones possédant une fonction cétone en α (ou sur le carbone 2) : on parle d'acide α -cétonique.

**EXERCICE 2 Et inversement...**

Donner les noms des molécules biologiques suivantes :

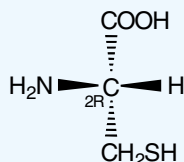
1. $\text{HSCH}_2\text{—CH(NH}_2\text{)—COOH}$
2. $\text{H}_2\text{N—CH}_2\text{—CO—NH—CH}_2\text{—COOH}$



Solution

1. Cette première molécule est l'acide 2-amino-3-mercaptopropionique. Elle correspond à la cystéine, un acide aminé présent dans les protéines dans sa configuration 2R, c'est-à-dire la L-cystéine (représentation ci-contre).

La cystéine peut former des ponts disulfures dans les protéines (voir structure tertiaire des protéines fiche n° 3).

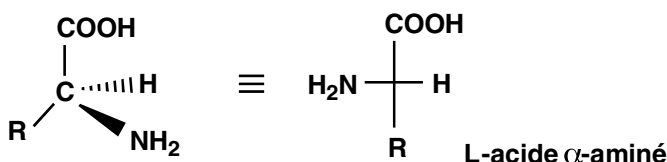


2. Le nom chimique de cette seconde molécule est complexe, mais on peut noter qu'elle possède, de gauche à droite : une fonction amine primaire, une fonction amide et une fonction acide organique. Il s'agit de deux molécules de glycine, l'acide aminé naturel le plus simple, liées par la fonction amide pour former un dipeptide glycine-glycine. La fonction amide est celle qui relie les acides aminés dans les protéines. Elle est appelée « liaison peptidique ».
3. Les formules 3 et 4 correspondent à des acides gras. On nomme ainsi les acides organiques qui possèdent de longues chaînes aliphatiques avec ou sans doubles liaisons. La molécule 3 est un acide n-hexadécanoïque (16C) ou acide palmitique. La molécule 4 est l'acide 9,12-octadécadiénoïque (18C) ou acide linoléique. Les doubles liaisons sont généralement de configuration Z (cis) dans les acides gras insaturés.

1. Configuration des acides aminés

Définitions

Les acides α -aminés sont des molécules organiques constituées d'au moins une **fonction amine** et d'au moins une **fonction acide carboxylique**. Ces deux fonctions sont portées par un même carbone (**carbone α**) qui porte également un hydrogène et un **radical R** (chaîne latérale). Ce radical R donne son identité à chaque acide α -aminé.



Vingt acides α -aminés de la **série L** sont identifiés par des codons de l'ARN messager et sont associés à un ARN de transfert lors de la **traduction du code génétique** en protéines. Ces 20 acides α -aminés constituent le squelette des protéines.

Les autres acides-aminés

On connaît plus de 20 acides α -aminés chez les organismes vivants. En effet, les protéines peuvent subir des modifications sur une partie des chaînes latérales des résidus d'acides α -aminés qui les constituent. Ces modifications se produisent uniquement après la traduction (modifications post-traductionnelles), voire pendant la traduction (modifications co-traductionnelles, voir fiche n° 11). Elles sont si variées que ce sont près de 200 α -aminoacides différents que l'on peut identifier lorsque l'on procède à l'analyse chimique des protéines. Enfin, certains acides α -aminés se retrouvent dans des peptides cycliques (hormones) ou chez les bactéries dans le peptidoglycane (où ils peuvent exceptionnellement être de la série D).

2. Le code génétique

Position 1		Position 2				Position 3		
5'	U	C	A	G	3'			
U	UUU Phe (F)	UCU Ser (S)	UAU Tyr (Y)	UGU Cys (C)	U			
	UUC Phe (F)	UCC Ser (S)	UAC Tyr (Y)	UGC Cys (C)	C			
	UUA Leu (L)	UCA Ser (S)	UAA Stop	UGA Stop	A			
	UUG Leu (L)	UCG Ser (S)	UAG Stop	UGG Trp (W)	G			
C	CUU Leu (L)	CCU Pro (P)	CAU His (H)	CGU Arg (R)	U			
	CUC Leu (L)	CCC Pro (P)	CAC His (H)	CGC Arg (R)	C			
	CUA Leu (L)	CCA Pro (P)	CAA Gln (Q)	CGA Arg (R)	A			
	CUG Leu (L)	CCG Pro (P)	CAG Gln (Q)	CGG Arg (R)	G			
A	AUU Ile (I)	ACU Thr (T)	AAU Asn (N)	AGU Ser (S)	U			
	AUC Ile (I)	ACC Thr (T)	AAC Asn (N)	AGC Ser (S)	C			
	AUA Ile (I)	ACA Thr (T)	AAA Lys (K)	AGA Arg (R)	A			
	AUG Met (M)	ACG Thr (T)	AAG Lys (K)	AGG Arg (R)	G			
G	GUU Val (V)	GCU Ala (A)	GAU Asp (D)	GGU Gly (G)	U			
	GUC Val (V)	GCC Ala (A)	GAC Asp (D)	GGC Gly (G)	C			
	GUA Val (V)	GCA Ala (A)	GAA Glu (E)	GGA Gly (G)	A			
	GUG Val (V)	GCG Ala (A)	GAG Glu (E)	GGG Gly (G)	G			

LE 21° ÉLÉMENT

On connaît un 21° codon : UGA (équivalent à un codon stop) qui reconnaît un acide aminé : la sélénocystéine. Celle-ci est semblable à la cystéine et possède un atome de sélénium (Se) à la place du soufre. Le Se a la même valence que le soufre.

3. Propriétés des acides aminés

Les propriétés physicochimiques propres à chaque acide aminé découlent de la nature biochimique du radical : hydrophilie, charge... On classe souvent les acides aminés en comparant ces propriétés chimiques et

notamment la capacité de la fonction portée par la chaîne latérale à s'ioniser. On peut ainsi distinguer :

les **acides aminés non-polaires** constitués d'une chaîne aliphatique ou aromatique (plus ou moins hydrophobes),

les **acides aminés polaires** (hydrophiles) mais **non chargés** au pH physiologique,

les **acides aminés polaires et chargés** : basiques (chargés positivement) et les acides aminés acides (chargés négativement) au pH physiologique.

Les pKa des chaînes latérales permettent cette classification.

NOTION DE pHi

On définit le pHi comme le pH auquel la migration électrophorétique de l'acide aminé est nulle : pas de déplacement dans un champ électrique, indiquant que la charge globale est nulle. Dans ce cas, l'acide aminé peut porter des charges, mais elles se compensent.

CLASSIFICATION DES ACIDES AMINÉS :

Apolaires (non polaires) : Glycine (Gly), Alanine (Ala), Valine (Val), Leucine (Leu), Isoleucine (Ile), Proline (Pro), Methionine (Met), Phenylalanine (Phe), Tryptophane (Trp).

Polaires non chargés : Sérine (Ser), Thréonine (Thr), Tyrosine (Tyr), Cystéine (Cys), Asparagine (Asn), Glutamine (Gln).

Polaires chargés à pH 7,4 :

- Histidine (His) : $pK_{a1} = 6,0$;
- Lysine (Lys) : $pK_{a1} = 10,5$;
- Arginine (Arg) : $pK_{a1} = 12,5$;
- Aspartique (Asp) : $pK_{a2} = 3,9$;
- Glutamique (Glu) : $pK_{a2} = 4,1$.