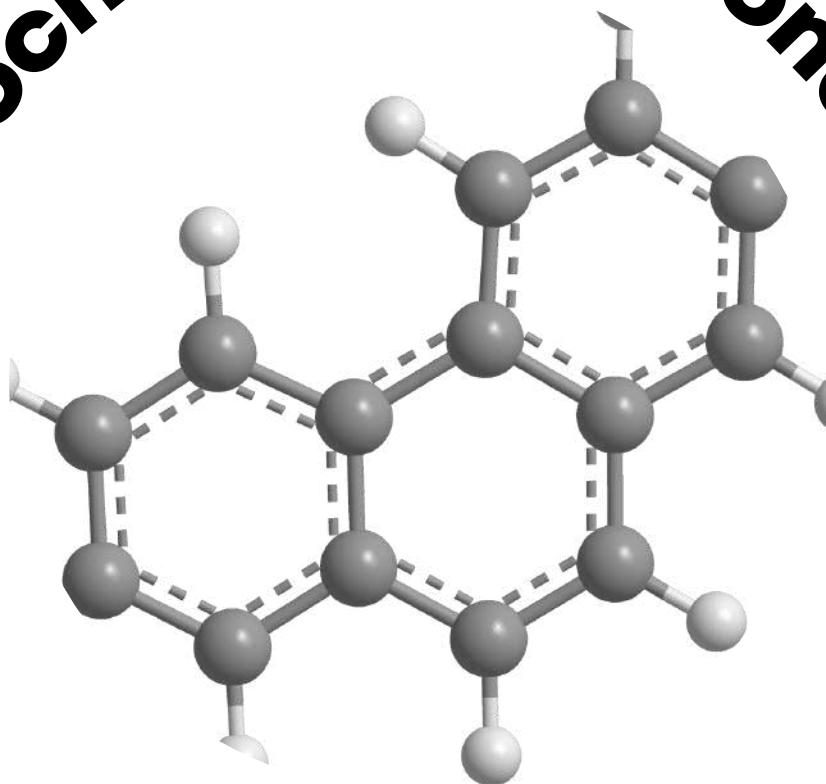


# Biochimie Approfondie



SCIENCES DE LA  
VIE



## Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



## Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



## Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

mémo  
to  
SCIENCEs

ce qu'il faut VRAIMENT retenir !  
1<sup>er</sup> cycle - PACES

# Biochimie métabolique

Tout en  
couleur

Sabine Meyer-Rogge  
Kai Meyer-Rogge



de boeck



# Biochimie métabolique

### **Dans la même collection**

Aymeric J.-L., Lefranc G., Immunologie humaine

Ferry N., Nguyễn-Truster V., La reproduction des vertébrés

Galas S., Descamps S., Martinez A.-M., Le cycle cellulaire

Gaudriault S., Vincent R., Génomique

Hilber P., Physiologie animale. Notions essentielles et modélisation du vivant

Vincent R., Génétique moléculaire

# Biochimie métabolique

Sabine Meyer-Rogge et Kai Meyer-Rogge

Traduction de l'édition allemande par Philippe Brion

## Ouvrage original

*Biochemie* (1st edition) by Sabine Meyer-Rogge & Kai Meyer-Rogge. Copyright © 2005 by KVM – Der Medizinverlag Dr. Kolster Verlags-GmbH Berlin, Germany, ein Unternehmen der Quintessenz-Verlagsgruppe. All rights reserved.

This French edition is published by arrangement with KVM – Der Medizinverlag Dr. Kolster Verlags-GmbH Berlin, Germany, ein Unternehmen der Quintessenz-Verlagsgruppe.

Pour toute information sur notre fonds et les nouveautés dans votre domaine de spécialisation, consultez notre site web : [www.deboeck.com](http://www.deboeck.com)

© De Boeck Supérieur s.a., 2012  
rue des Minimes 39, B-1000 Bruxelles

Tous droits réservés pour tous pays.

Il est interdit, sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, de reproduire (notamment par photocopie) partiellement ou totalement le présent ouvrage, de le stocker dans une banque de données ou de le communiquer au public, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit.

Imprimé en Belgique

















Dépôt légal :

Bibliothèque nationale, Paris : octobre 2012

Bibliothèque royale de Belgique : 2012/0074/325








ISBN 978-2-8041-7147-6

# Sommaire

	Fondamentaux de chimie .....	8
	Constituants et éléments structuraux	
	Glucides .....	14
	Acides aminés .....	18
	Lipides .....	22
	Nucléotides .....	26
	Métabolisme du glucose et du glycogène .....	30
	Cycle de Krebs .....	54
	Oxydation phosphorylante .....	68
	Métabolisme des acides aminés .....	82
	Métabolisme des lipides .....	100
	Métabolisme du cholestérol / Lipides membranaires .....	120
	Métabolisme des purines et des pyrimidines .....	136
	Métabolisme de l'hème .....	148
	Compléments .....	158
Annexe		
	Abréviations .....	180
	Index .....	182



## Légende

-  flèche de réaction
-  site de régulation du processus métabolique
-  flèche de transport
-  interruption/blocage de la réaction
-  interconnexion dans le métabolisme
-  flèche correspondant à plusieurs réactions
- ↑ augmentation de la quantité / réaction activée
- ↓ diminution de la quantité / réaction inhibée
- +ATP** production d'ATP
- ATP** consommation d'ATP
- P<sub>i</sub>** réactif rouge = conversion de phosphates et d'équivalents réducteurs
-  Jonction qui symbolise l'implication d'un composé dans plusieurs métabolismes. Une telle flèche signifie soit qu'un composé suit plusieurs voies métaboliques, soit qu'un composé passe d'un métabolisme à un autre (de façon unidirectionnelle).

# Préface

Dans la lignée de la série FACTs I, Biochimie s'empare du concept d'atlas cartographique et présente les voies métaboliques au moyen d'une arborescence claire. Nous étions dès le départ enthousiastes à l'idée de cartographier la Biochimie. Il fut pourtant difficile d'adapter tout cet enseignement au format du livre de poche. Cela nous a coûté quelques nuits d'insomnie, mais, pour nos lecteurs, nous espérons y être parvenus.

La densité de la Biochimie dans le cadre pratique de ce livre suppose que soit présent en bibliothèque un ouvrage de référence en soutien. FACTs I-Biochimie n'est profitable qu'une fois les bases de la Biochimie travaillées de façon systématique. C'est alors seulement que ce livre sera d'une aide véritable, parce que son articulation et sa structure en réseau soutiennent la mémorisation.

Les principales voies métaboliques sont présentées sur deux pages attenantes au contenu informatif différent. Ce dernier peut être appris en feuilletant simplement les pages dans un sens ou un autre. Des flèches d'interconnexion vers les différentes voies métaboliques se trouvent dans la marge. Nous nous sommes, ce faisant, concentrés sur l'essentiel, afin de ne pas perdre la vue d'ensemble.

Il convient à ce stade de remercier l'équipe de KVM, et spécialement le Dr. Bernard Kolster qui est à l'origine de l'idée de ce livre. Nous remercions Sylvia Krause, Angela Bechthold et Silke Jäger pour leur travail dévoué.

Au cours des derniers mois, il nous est à nouveau apparu combien la Biochimie est complexe. Nous avons cependant finalement pu constater que, grâce à la présentation choisie, la vue d'ensemble de la Biochimie est perçue et qu'ainsi cette discipline suscite l'intérêt. Nous souhaitons la même expérience à nos lecteurs.

Laubach  
Mars 2005

Sabine et Kai Meyer-Rogge

## Fondamentaux de chimie

---

- La biochimie est dominée par six éléments chimiques qui, ensemble, constituent la majorité des composés cellulaires. Il s'agit des éléments hydrogène (H), carbone (C), azote (N), phosphore (P), oxygène (O) et soufre (S) (→ Tableau p. 9). La molécule d'eau ( $H_2O$ ) occupe une place particulière en tant que solvant et représente la transition vers la chimie inorganique. L'eau est le milieu de vie de tous les organismes vivants, dans lequel sont dissous non seulement des molécules organiques, mais également des éléments inorganiques comme le sodium ( $Na^+$ ), le potassium ( $K^+$ ), le magnésium ( $Mg^{2+}$ ), le calcium ( $Ca^{2+}$ ), le chlorure ( $Cl^-$ ), le sulfate ( $SO_4^{2-}$ ) et le phosphate ( $PO_4^{3-}$ ).
- Les atomes ne s'assemblent pas au hasard, ils suivent des règles précises pour établir leurs liaisons. L'une d'elles est la **règle de l'octet** qui stipule qu'un atome possède au maximum huit électrons dans sa couche externe. Ainsi, le carbone, en tant que sixième élément du tableau périodique, possède six protons dans son noyau (numéro atomique 6). Il possède par conséquent également six électrons dans son nuage électronique. Parmi ces électrons, deux se trouvent dans l'orbitale s de la première couche et quatre dans la deuxième couche. Ceux-ci se répartissent par paire dans les orbitales 2s et 2p. Seuls les électrons de la couche la plus externe sont intéressants pour les réactions chimiques. Les couches complètement pleines ne sont pas prises en compte. La configuration électronique du carbone est  $1s^2 2s^2 2p^2$ . Il en résulte que le carbone peut participer au maximum à quatre liaisons pour parvenir à huit électrons dans sa couche externe.
- Les deux types standard de liaison chimique sont la **liaison covalente** et la **liaison ionique**. Une liaison covalente s'établit entre deux atomes d'électronégativité comparable (composés organiques, par ex. le méthane). Si les deux partenaires ont des électronégativités très différentes, ils sont réunis par une liaison ionique (sels, par ex. NaCl). Les énergies des deux types de liaison sont de l'ordre de 400 kJ/mol. À côté de ces deux types, il existe également des liaisons de moindre énergie comme la **liaison hydrogène** avec 40 kJ/mol (interaction dipôle-dipôle), l'**interaction de van der Waals** avec 10 kJ/mol (dipôle induit par la fluctuation électronique), l'**interaction hydrophobe** avec 4 kJ/mol (répulsion en milieu hydrophile) et l'**interaction ionique** également avec 4 kJ/mol (ions hydratés).

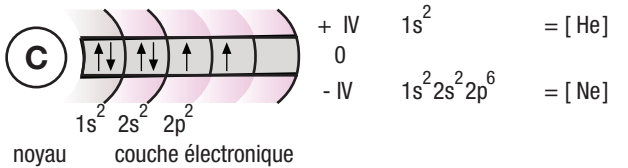


## Tableau périodique

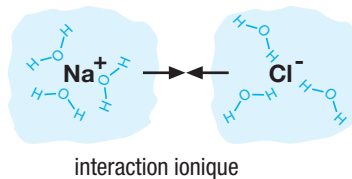
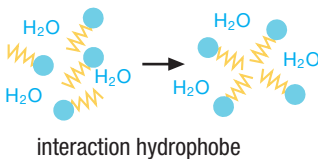
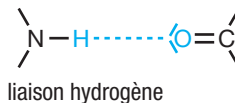
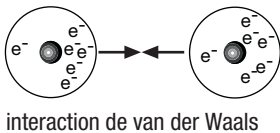
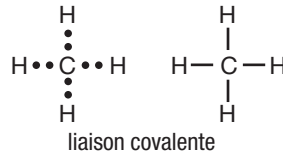
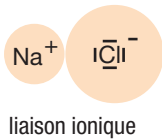
	Groupes							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H							He
2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra						

électronégativité croissante

## Structure atomique



## Liaisons chimiques



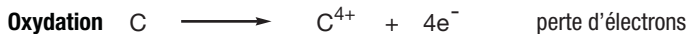
## Fondamentaux de chimie

---

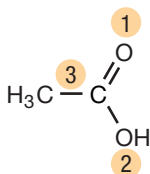
- Une **oxydation** est toujours couplée à une **réduction**. La substance oxydée cède ses électrons (son nombre d'oxydation augmente), lesquels sont acceptés par un partenaire réactionnel. Celui-ci est réduit (son nombre d'oxydation diminue). Ceci est qualifié de **réaction redox**. Pour déterminer un **nombre d'oxydation** dans un composé organique, un atome est choisi comme point de départ et les nombres d'oxydation de tous les éléments qui y sont liés sont additionnés. La valeur opposée correspond au nombre d'oxydation de l'atome de départ dans ce composé. Dans ce calcul, les liaisons entre même élément ne sont pas prises en compte. Pour cette méthode, il est utile de connaître les nombres d'oxydation les plus fréquents de la biochimie (→ Tableau p. 11).
- La diversité de la chimie organique commence avec sa classe de substances les plus simples, les hydrocarbures. Les **alcane**s, **alcène**s et **alcyne**s contiennent des carbones avec 1, 2 ou 3 liaisons. L'étape suivante est l'introduction d'un groupement fonctionnel, comme par exemple dans les alcools. Selon la position du groupement fonctionnel sont distingués des **alcools** primaires, secondaires et tertiaires. Les alcools primaires s'oxydent en **aldéhydes** et les alcools secondaires en **cétones**. Un aldéhyde peut encore être oxydé en **acide carboxylique**, qui autorise à son tour plusieurs variations. Ainsi, un acide carboxylique réagit avec un alcool pour donner un **ester carboxylique**, avec une amine pour donner une **amide** ou avec un autre acide pour donner un **anhydride d'acide** par déshydratation. À la fin de cette suite d'oxydations se trouve le **dioxyde de carbone** (nombre d'oxydation du carbone = + IV).
- Pour une même formule brute, la disposition des atomes dans une molécule peut être différente. Le chimiste qualifie cette situation d'**isomérie**. Une **isomérie de constitution** et une **stéréoisomérie** sont distinguées. Dans le premier cas, les atomes et les liaisons d'une molécule sont disposés différemment (par ex. butane/isobutane). Dans le deuxième cas, le squelette de la molécule n'est pas modifié, par contre la disposition relative des atomes les uns par rapport aux autres l'est.



## Réactions redox

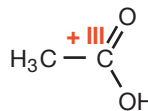


## Détermination du nombre d'oxydation formel



- 1 oxygène - II
- 2 groupement hydroxyle - I
- 3 liaison C-C non comptabilisée

Résultat :

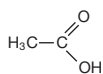
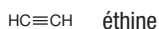
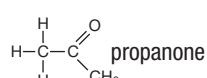
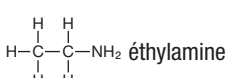
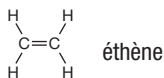
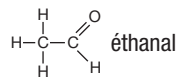
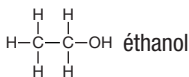
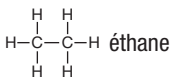


## Nombres d'oxydation fréquents

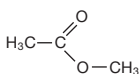
H	+ I	H <sub>2</sub> O
C	-IV, + IV	CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub>
N	- III	-NH <sub>2</sub>

P	+ V	-OPO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
O	- II	-OH
S	+ VI	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

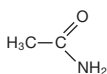
## Composés carbonés simples



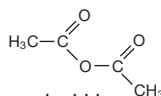
acide  
éthanoïque



éthanoate  
de méthyle



éthanamide



anhydride  
éthanoïque



dioxyde  
de carbone

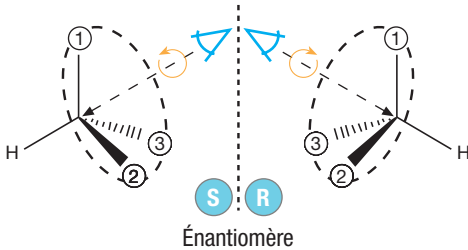
## Fondamentaux de chimie

---

- La stéréochimie recouvre l'isomérisie *cis/trans*, l'énantiomérisie, la diastéréoisomérisie et l'isomérisie de conformation. La **nomenclature R/S** a été développée par Cahn, Ingold et Prelog pour décrire les stéréoisomères de façon univoque (→ illustration p. 13).
- Une réaction chimique en solution aqueuse consiste toujours en une **réaction directe** et une **réaction inverse**. Si les deux vitesses de réaction sont égales, la réaction globale est à l'**équilibre chimique**. Ce rapport est décrit par la loi d'action de masse. La constante d'équilibre  $K$  se calcule en faisant le rapport des concentrations des produits sur celles des réactifs.
- Le **pH** est défini comme l'opposé du logarithme décimal de la concentration en ions  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Cette conversion donne des valeurs numériques plus faciles à manipuler. Pour passer de cette formulation à l'échelle habituelle de pH allant de 0 (très acide) à 14 (très alcalin), la loi d'action de masse doit être appliquée à la dissociation de l'eau. Comme un litre d'eau contient 55,5 mol de  $\text{H}_2\text{O}$  et que cette valeur est quasi constante en solution aqueuse diluée, l'échelle de pH est obtenue à partir de la constante d'équilibre de l'eau ( $K = 1,8 \cdot 10^{-16}$ ) en utilisant l'opposé du logarithme décimal. Cela signifie en outre que le produit des ions hydronium ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) et des ions hydroxyde ( $\text{HO}^-$ ) est constant et égal à 14.
- Tout comme le pH décrit la dissociation de l'eau, il est possible de décrire de façon analogue tout autre acide ou base. À partir de l'énoncé de la réaction d'équilibre, il est possible d'obtenir le **pK<sub>a</sub>** pour des acides et le **pK<sub>b</sub>** pour des bases. Les acides et les bases sont ainsi classés selon leur force (valeur de leur pK) en solution aqueuse. Un domaine des acides faibles, particulièrement important pour les systèmes tampon, est défini pour des  $\text{pK}_a > 5$ . Les systèmes tampon sont constitués d'un acide faible et de sa base conjuguée (par ex.  $\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{pK}_a = 7,2$ ). Ils sont en mesure de stabiliser le pH d'une solution aqueuse à l'intérieur de certaines limites. Cette propriété est décrite par l'équation d'Henderson-Hasselbalch. Celle-ci permet également de déduire que le pouvoir tampon le plus élevé est obtenu quand le pH de la solution est égal au  $\text{pK}_a$  de l'acide.



### Configuration selon Cahn, Ingold et Prelog (Nomenclature R/S)



- A) Priorité
1. Numéro atomique
  2. Degré d'oxydation
- B) Substituant de plus faible priorité vers l'arrière
- C) Sens des aiguilles d'une montre = R  
Sens inverse des aiguilles d'une montre = S

### Réaction chimique – Équilibre chimique

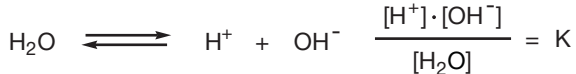


#### Loi d'action de masse

$$\frac{\text{concentration des produits}}{\text{concentration des réactifs}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{Cl}^-]}{[\text{HCl}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]} = K$$

K = constante d'équilibre

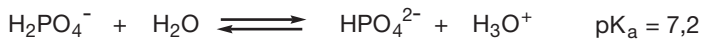
### pH



$$\boxed{\frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{\text{pH} + \text{pOH}} = K \cdot [\text{H}_2\text{O}] = K_e = 10^{-14}} \quad \text{-log( )}$$

$$\boxed{\text{pH} + \text{pOH} = 14}$$

### Systèmes tampon – Calcul



$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$$

équation d'Henderson-Hasselbalch

$$\text{pH} = \text{p}K_a \Rightarrow \frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = 1:1$$

pouvoir tampon maximal



## Constituants et éléments structuraux

---

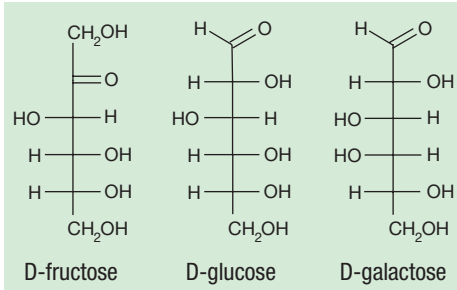
- Les glucides ou sucres sont d'un point de vue chimique des polyols avec le groupement fonctionnel d'un **aldéhyde** ou d'une **cétone**. C'est pourquoi les sucres sont classés en **aldoses** et **cétoses**. À partir d'une longueur de chaîne de trois atomes de carbone, il est possible de parler d'un sucre qui répond à la formule brute des glucides  $C_n(H_2O)_n$ .
- Les sucres sont **chiraux**. La condition requise pour cette propriété est un atome de carbone asymétrique (**stéréocentre**<sup>1</sup>). Un atome de carbone avec quatre substituants différents est qualifié ainsi (→ p. 12). La dihydroxyacétone et les composés méso constituent des exceptions. Ils possèdent un plan de symétrie intramoléculaire et sont de ce fait achiraux.
- Si deux molécules sont images miroir l'une de l'autre, chacun de ces **énantiomères** provoque la rotation d'une lumière polarisée d'une même valeur angulaire, mais dans des sens opposés. La molécule est qualifiée de lévogyre (-) ou dextrogyre (+). S'il y a deux ou davantage de stéréocentres dans une molécule, cela conduit à des **diastéréoisomères**. Ils possèdent la même formule chimique, sont chiraux, mais ne sont pas images miroir les uns des autres.
- Des diastéréoisomères possèdent des propriétés physiques différentes (point de fusion, point d'ébullition). Ce n'est pas le cas des énantiomères. Dans leur cas, les propriétés physiques sont les mêmes, bien que des effets biologiques différents (médicaments) puissent exister.
- Si un groupement OH réagit avec l'atome de carbone du groupement carbonyle du sucre pour former un cycle, il s'établit un équilibre entre les deux formes possibles. Ce processus est appelé **mutarotation**. Les deux **anomères** sont différenciés par un  $\alpha$  ou un  $\beta$  précédant leur nom.
- Le chimiste allemand Emil Fischer a proposé la **nomenclature D/L** ainsi qu'une représentation particulière, la **projection de Fischer**, pour organiser les multiples isomères des sucres. Outre les sucres, elle est également employée pour les acides aminés. Les sucres de série D et les acides aminés de série L sont d'une importance fondamentale en biochimie.

---

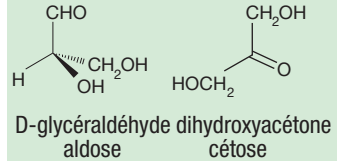
<sup>1</sup> Un stéréocentre est encore appelé centre chiral.



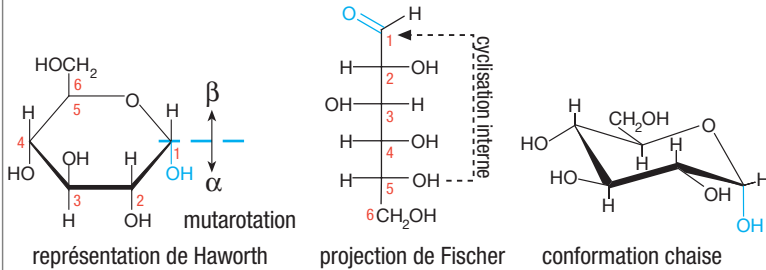
Les principaux sucres



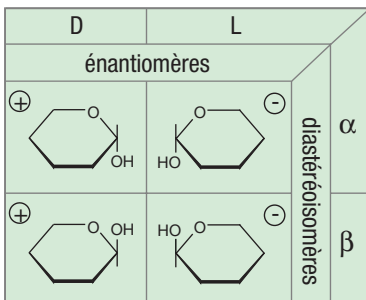
Les sucres les plus petits



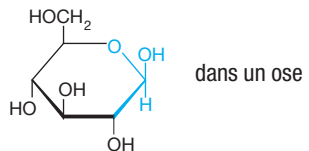
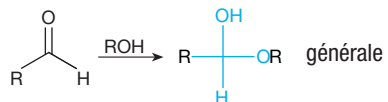
Représentations des oses : exemple de l' $\alpha$ -(+)-D-glucopyranose



Relations stéréochimiques



forme hémiacétale



## Constituants et éléments structuraux

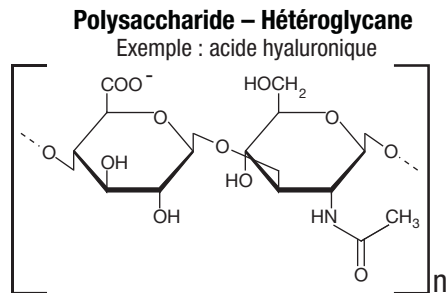
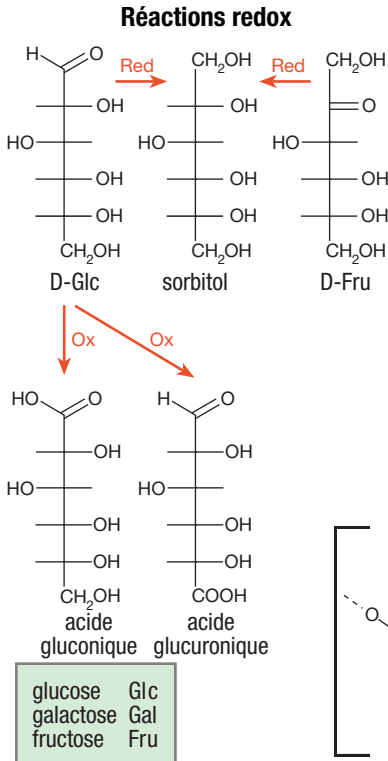
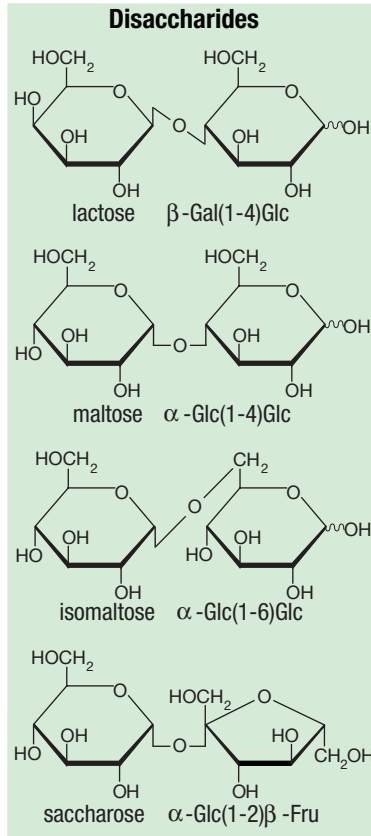
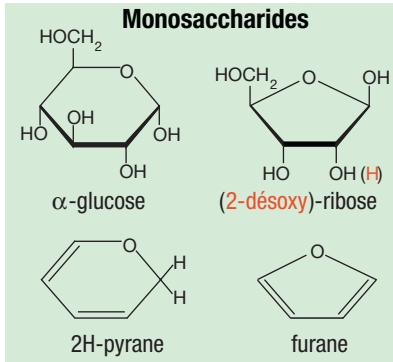
---

- Les hexoses (sucres à 6 atomes de carbone) les plus importants sont le **glucose**, le **fructose** et le **galactose**. Ce sont des fournisseurs d'énergie et des éléments de synthèse. Les pentoses (sucres à 5 atomes de carbone) **ribose** et **désoxyribose** sont importants en tant que constituants des acides nucléiques ARN et ADN. Dans les conditions physiologiques, le glucose existe sous forme cyclique. Ceci est vrai pour tous les sucres ayant au moins cinq atomes de carbone. Les cycles à cinq atomes (furanoses) et à six atomes (pyranoses) sont les plus stables. Le glucose existe presque exclusivement sous forme pyranose, le fructose en revanche sous forme furanose.
- La réduction du glucose et du fructose conduit au **sorbitol**, un polyol (sucre-alcool). L'oxydation du C2 conduit à la gluconolactone et à l'**acide gluconique** après hydrolyse. Une deuxième possibilité est l'oxydation du C6 qui conduit à l'**acide glucuronique**.
- Les disaccharides les plus importants que sont le **lactose**, le **maltose**, l'**isomaltose** et le **saccharose** sont synthétisés à partir de glucose, de galactose et de fructose. Ils représentent la part principale de notre alimentation et sont les constituants des réserves glucidiques. Les **homoglycanes<sup>2</sup> amidon** et **glycogène** sont constitués d'unités maltose et isomaltose. Ils sont donc constitués uniquement d' $\alpha$ -glucose.
- Les **hétéroglycanes<sup>3</sup>** contiennent différents oses ou dérivés d'oses qui peuvent être liés à des protéines ou des lipides. Selon leur composition, il convient de distinguer des protéoglycanes (plus de sucre que de protéine), des glycoprotéines (plus de protéine que de sucre) et des glycolipides (plus de lipide que de sucre ; → p. 130).
- Les **protéoglycanes** sont composés de glycosaminoglycanes comme, par exemple, l'acide hyaluronique. Ils sont intégrés dans la matrice extracellulaire et possèdent une capacité élevée de rétention de l'eau. Les **glycoprotéines**, en tant que composantes des membranes plasmiques, caractérisent les différents groupes sanguins à la surface cellulaire.

---

<sup>2</sup> Les homoglycanes sont également appelés homopolysaccharides.

<sup>3</sup> Les hétéroglycanes sont également appelés hétéropolysaccharides.



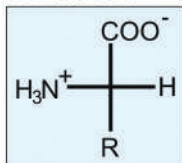
## Constituants et éléments structuraux

- L'information génétique d'un organisme est stockée dans son ADN. Dans la plupart des cas, les protéines sont nécessaires à son expression en signaux physiologiques (l'ARN peut également être catalytique, les ribozymes). L'alphabet des protéines consiste en vingt acides aminés, les **acides aminés protéinogènes**. Tout comme les glucides, les acides aminés sont chiraux (unique exception : la glycine). Ils sont de **configuration L** en représentation de Fischer.
- Un acide aminé comporte un **groupement carboxyle**, un **groupement amine** et une chaîne latérale, qui sont liés par l'intermédiaire du carbone  $\alpha$  (exception : la proline, un iminoacide). Ils ne se distinguent que par la structure de leur chaîne latérale R. Il existe des acides aminés avec des chaînes latérales apolaires, polaires et chargées.
- Chaque acide aminé possède un **point isoélectrique** spécifique. Ce dernier constitue également un paramètre important pour analyser les protéines. Lors de la séparation d'un mélange de protéines par électrophorèse en gel, les protéines se déplacent vers l'anode ou la cathode selon la valeur du pH qui est imposée par le tampon.
- Il existe également des acides aminés non codés par le code génétique. Ces **acides aminés non protéinogènes** sont synthétisés par le corps à partir d'acides aminés protéinogènes. Bien qu'ils ne soient pas incorporés dans les protéines, ils exercent des fonctions particulières dans l'organisme. L'ornithine et la citrulline sont par exemple produites à partir de l'arginine et participent à la synthèse de l'urée.
- Dans le métabolisme, les acides aminés peuvent perdre leurs groupements fonctionnels ou les transférer sur d'autres composés. Des déficits en acides aminés peuvent être compensés et des intermédiaires métaboliques importants peuvent être synthétisés par **transamination, désamination et décarboxylation**.



Les acides aminés sont des ampholytes. Ils peuvent exister sous différents états ioniques en solution aqueuse. Selon la valeur du pH, le groupement amine, tout comme le groupement carboxyle, peut être protoné ou déprotoné. Les acides aminés possèdent de ce fait un effet tampon, c'est-à-dire qu'ils peuvent stabiliser le pH d'une solution.

Chaînes latérales des 20 acides aminés protéinogènes  
(exception : Pro)

**Formule générale d'un acide aminé**


Glycine (Gly, G)	Alanine (Ala, A)	Valine (Val, V)	Leucine (Leu, L)	Isoleucine (Ile, I)
H	CH <sub>3</sub>	$\begin{array}{c} \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Cystéine (Cys, C)	Méthionine (Met, M)	Phénylalanine (Phe, F)	Tryptophane (Trp, W)	Proline (Pro, P)	Sérine (Ser, S)	Thréonine (Thr, T)	Tyrosine (Tyr, Y)
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \\ \text{SH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{SH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_8\text{H}_6\text{N}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{HC} \\   \\ \text{C}_4\text{H}_7\text{N} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{HCOH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\   \\ \text{OH} \end{array}$

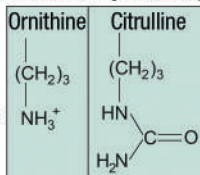
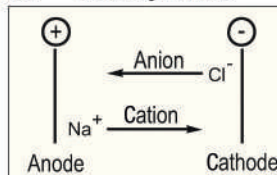
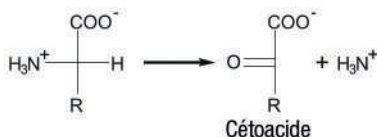
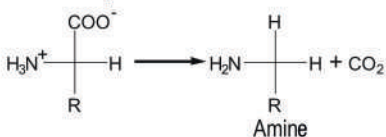
Asparagine (Asn, N)	Glutamine (Gln, Q)	Aspartate (Asp, D)	Glutamate (Glu, E)	Histidine (His, H)	Lysine (Lys, K)	Arginine (Arg, R)
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \\ \text{C} \\ // \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C} \\ // \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \\ \text{COO}^- \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COO}^- \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} (\text{CH}_2)_4 \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	$\begin{array}{c} (\text{CH}_2)_3 \\   \\ \text{HN} \\   \\ \text{C} = \text{NH}_2^+ \\   \\ \text{H}_2\text{N} \end{array}$

**Acides aminés : Acides aminés non protéinogènes**
 apolaires

 polaires

 chargés

 essentiels pour la croissance et la grossesse

 indispensables

**Electrophorèse**

**Transamination/Désamination**

**Décarboxylation**


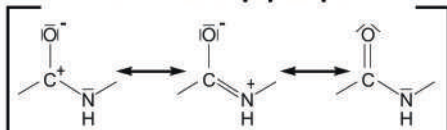
## Constituants et éléments structuraux

---

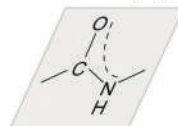
- La réaction la plus importante impliquant les acides aminés est leur condensation en polymères dans le cadre de la traduction au niveau des ribosomes. C'est ainsi que les protéines sont synthétisées. Le groupement carboxyle du premier acide aminé réagit avec le groupement amine du deuxième pour former une liaison peptidique. Il s'ensuit qu'une protéine a toujours une extrémité N-terminale et une extrémité C-terminale. La **liaison peptidique** est plane, car les électrons sont délocalisés le long des liaisons CO-NH. Le chimiste qualifie cette situation de **mésomérie**.
- Les éléments structuraux tridimensionnels d'une protéine se mettent en place à partir de cet agencement séquentiel des acides aminés, la **structure primaire**. Les acides aminés peuvent soit s'enrouler autour d'un cylindre pour former une **hélice  $\alpha$** , soit s'organiser en un plan par interactions réciproques pour former un **feuillet  $\beta$** . Ces deux types d'éléments de structure secondaire se combinent pour former une protéine fonctionnelle et mettent en place la **structure tertiaire**. Le niveau d'organisation le plus élevé des protéines est appelé **structure quaternaire**. Cette appellation regroupe les assemblages de plusieurs sous-unités et les complexes multi-enzymatiques. Une protéine est stabilisée grâce à des **liaisons hydrogène**, mais également par des **ponts disulfure** et par **effet hydrophobe**.
- Les protéines exercent différentes fonctions dans le corps. La plus connue est la fonction catalytique en tant qu'**enzymes**. Elles font toutefois également fonction d'**éléments de construction** des tissus, sous forme de longs polymères, tel que le collagène. En tant que **pores** dans les membranes, elles permettent à des molécules hydrophiles de traverser un environnement hydrophobe. Les protéines peuvent également être encore modifiées après leur synthèse, par exemple par fixation d'une chaîne glucidique. Ces **glycoprotéines** se présentent comme des antennes sur la face externe de la membrane plasmique et forment la base de notre système immunitaire.
- Les peptides jouent un rôle important dans la **communication**. Les hormones peptidiques, comme par exemple l'insuline, sont sécrétées de façon ciblée pour déclencher une réaction métabolique par liaison à des récepteurs.



### Mésomérie de la liaison peptidique



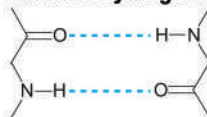
### Liaison peptidique



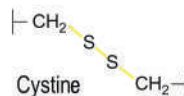
### Structure protéique

<p>I</p> <p>Ala - Gly - Lys - Thr          Gly - Ser - Thr - Val          Pro - His - Val - Ala          Ala - Glu - Gly - Leu</p>	<p>II</p>
<p>III</p>	<p>IV</p>

### Liaisons hydrogène



### Pont disulfure



- I Structure primaire
- II Structure secondaire
- III Structure tertiaire
- IV Structure quaternaire

### Fonctions des protéines

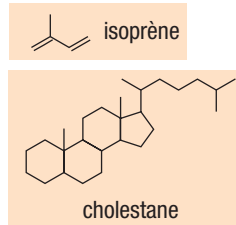
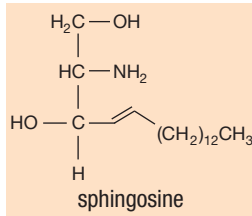
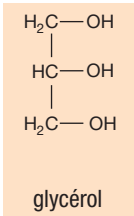
<p>Structure, par ex. collagène</p>	<p>Transport, protéines membranaires</p>
<p>Reconnaissance, glycoprotéines</p>	<p>Signalisation, par ex. insuline</p>



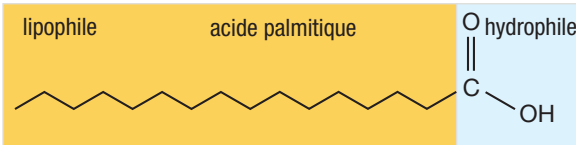
## Constituants et éléments structuraux

---

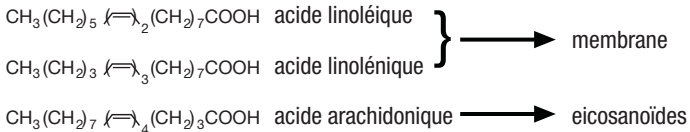
- Les **lipides** sont employés comme réserve énergétique, comme constituants membranaires et comme isolant thermique sous forme de tissu adipeux. Ils exercent en outre des fonctions particulières sous forme d'hormones, de vitamines ou d'acides biliaires. Ils peuvent être répartis en trois classes avec pour charpente le **glycérol**, la **sphingosine** et l'**isoprène**. L'acétyl-CoA est la molécule à l'origine de leur synthèse à tous.
- La diversité structurale des lipides résulte de la combinaison d'**acides gras**, d'**acide phosphorique**, et d'**alcools, voire de sucre**. Dans ce cadre, les acides gras occupent une place particulière. Ils peuvent exister sous forme d'acides carboxyliques libres ou estérifiés par l'une des charpentes précédentes. Selon la longueur de leur chaîne hydrocarbonée, leur caractère lipophile est plus ou moins marqué. Un **acide gras** est qualifié d'**insaturé** dès lors qu'il contient des doubles liaisons. Deux voies sont disponibles pour leur dégradation dans notre organisme : les acides gras **à nombre pair d'atomes de carbone** sont dégradés en acétyl-CoA, ceux **à nombre impair** sont transformés en succinyl-CoA via le propionyl-CoA.
- Parmi les acides gras, les **acides linoléique** et **linolénique** sont essentiels et doivent régulièrement être apportés par l'alimentation. Notre organisme est incapable de synthétiser par lui-même ces acides gras doublement ou triplement insaturés. Ils sont contenus dans la membrane plasmique et servent de composés de départ lors de la synthèse de l'**acide arachidonique** qui sert lui-même de précurseur aux eicosanoïdes (médiateurs).
- La principale propriété des lipides est leur solubilité. Certains se dissolvent uniquement dans des liquides apolaires : ils sont **lipophiles**. D'autres possèdent également une partie polaire et se dissolvent en plus dans un environnement aqueux : ils sont **amphiphiles**. Il en résulte une capacité à former en solution des structures particulières. Des **monocouches lipidiques** se forment à l'interface de liquides polaires et des **micelles** se forment en milieu polaire. Les membranes cellulaires et les liposomes sont constitués d'une **double couche de lipides**. Les liposomes possèdent une cavité interne hydrophile, séparée de l'environnement extérieur par une enveloppe lipophile.



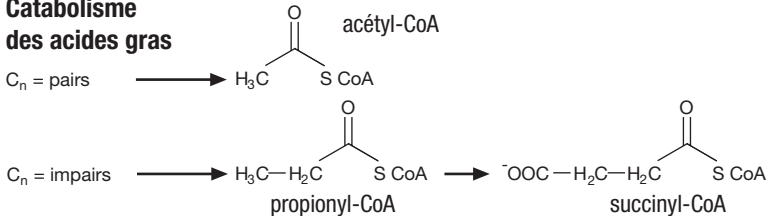
### Acides gras saturés



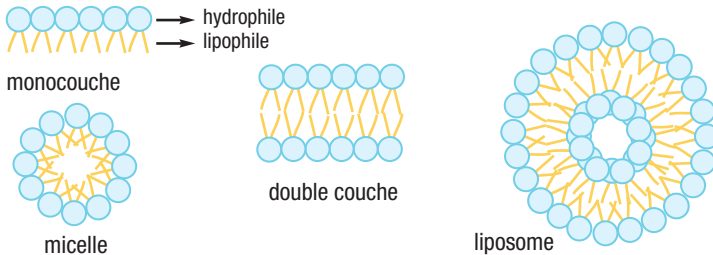
### Acides gras insaturés



### Catabolisme des acides gras



### Agencement de lipides amphiphiles aux interfaces



## Constituants et éléments structuraux

---

- Les **glycérolipides** sont synthétisés par estérification de la charpente glycérol avec des acides gras. Ils se subdivisent encore en **triglycérides**, purement lipophiles, et en **glycérophospholipides**, amphiphiles. Les premiers sont uniquement estérifiés par des acides gras et constituent la graisse blanche, la plus importante réserve d'énergie pour notre organisme. Les derniers possèdent à la place d'un acide gras un groupement phosphate hydrophile. Ce sont des constituants importants des membranes cellulaires et ils peuvent encore être modifiés au niveau du groupement phosphate, par exemple avec de la choline pour donner de la phosphatidylcholine (lécithine).
- La **sphingosine**, un aminoalcool, constitue la deuxième charpente de base. Elle est toujours dérivée en **céramide**. Les **sphingophospholipides** sont formés par fixation d'un groupement phosphate. La sphingomyéline, organisée de façon analogue à la lécithine, compose les gaines de myéline. Si des glucides remplacent le phosphate, il en résulte des **glycolipides**. Ils se répartissent en **cérébrosides** et **gangliosides**. Les cérébrosides ont un monosaccharide, le plus souvent le galactose, comme composant glucidique. Ils sont trouvés, comme leur nom le laisse supposer, dans les membranes plasmiques des cellules du système nerveux central. Les gangliosides comportent des oligosaccharides de trois à six oses et de l'acide N-acétylneuraminique (NANA). Ils participent entre autre à la reconnaissance cellulaire et à la structure des membranes des neurones.
- La troisième classe est composée d'unités isoprène. Il convient de distinguer les **terpènes**, composés à chaîne aliphatique comme les vitamines lipophiles A, E et K, des **stéranes**. Ceux-ci sont constitués de six unités isoprène qui forment un polycycle. Le stérol le plus connu est le cholestérol.

# Index

- A**  
Acétate 142  
Acétoacétate 118  
Acétyl-coenzyme A (Acétyl-CoA) 56, 90, 102, 112  
Acétylsalicylique (acide) (AAS) 134  
Acide aminé 18
  - catabolisme 88
  - effet tampon 18
  - indispensable 84
  - métabolisme 82
  - non indispensable 84
  - non protéinogène 18
  - protéinogène 18, 84
  - semi-essentiel 84
  - structure de base 18
  - synthèse 84Acide biliaire 104, 126
  - formation 127Acide gras synthase 112  
Acides gras 22
  - à nombre impair d'atomes de carbone 22, 108
  - à nombre pair d'atomes de carbone 22, 108
  - amphiphile 22
  - biosynthèse 112
  - catabolisme 22, 106
  - estérification 24
  - insaturé 22, 108
  - lipophile 22
  - polyinsaturé 110
  - régulation 114
  - saturé 23, 108Acidocétose 118  
Acidose 118  
Acyl-CoA cholestérol acyl-transférase (ACAT) 126  
Acyltransférase 126  
Adénine 26, 142  
Adénine phosphoribosyl-transférase (APRT) 142  
Adénohypophyse 166  
Adénosine 5'-triphosphate (ATP) 26, 32, 40, 70, 74, 85, 92, 103, 106, 113, 123, 127, 129, 139
  - synthèse 74Adiurétine (vasopressine ou ADH) 170  
Adrénaline 104  
Alanine 40, 84, 90  
Alanine aminotransférase (ALAT) 66  
Albinisme 96  
Alcaptonurie 98  
Alcool 10
  - abus d' 118Aldéhyde 10  
Aldolase A 50  
Aldolase B 50  
Alimentation
  - équilibrée 34Allopurinol 144  
Amide 10  
Amidon 16, 32  
Amido-phosphoribosyl-transférase 140  
 $\delta$ -Aminolévulinate synthase 152  
 $\delta$ -Aminolévulinique (acide) ( $\delta$ -ALA) 150  
Ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) 92  
Ammonium (ion) 92  
AMPc 26, 164  
Ampholyte 18  
Anaplérotique (réaction) 64  
Anémie hémolytique 48  
Anémie mégaloblastique 146  
Anhydride d'acide 10  
Anomère 14  
Anti-inflammatoire 135  
Appariement de bases 29  
Arachidonique (acide) 114, 134  
Arginine 18, 86, 90, 93  
ARN 28
  - de transfert 28
  - messenger 28
  - ribosomique 28Artériosclérose 132  
Asparagine 86  
Aspartate 84, 88, 92  
Aspartate aminotransférase (ASAT) 66  
ATP
  - synthèse 74
  - synthèse 74Atriopeptine (facteur natriurétique auriculaire ou ANF) 170  
**B**  
Base nucléique 26  
Béribéri 66  
Bilirubine 52, 154
  - détection 156
  - directe 156
  - indirecte 156
  - norme 157Biliverdine 154 f  
Biologie moléculaire
  - dogme 29Biotine 175  
**C**  
Calcium 170  
Carbamoyl phosphate 92
  - synthétase 94Carboxybiotine 112  
Carboxykinase 42  
Carboxylique (acide) 10  
Carboxylique (ester) 10  
Carence en acide folique 146  
Carence vitaminique 174  
Catabolisme du glucose
  - aérobiose 34
  - anaérobiose 34
  - bilan énergétique 32Célécoxib 135  
Cellule 176  
Centre fer-soufre 70, 72  
Céramide 24, 130  
Cérébroside 24  
Cétone 10  
 $\alpha$ -Cétoglutarate 90  
 $\alpha$ -cétonique (acide) 62, 88  
Chaîne respiratoire 56, 60, 70
  - gain énergétique 110
  - régulation 76Chlorure 170  
Cholécalfiérol (Vit. D<sub>3</sub>) 131

- Cholestérol 24, 122
- besoins quotidiens 122
  - biosynthèse 122
  - dégradation 126 f
  - dérivés 126
  - estérification 127
  - facteur de risque 132
  - métabolisme 120
  - régulation 124
- Choline 128
- Chromatine 28
- Cirrhose 118
- Citrulline 18, 86, 94
- Classes d'enzymes 159
- Cobalamine 175
- Coenzyme 28
- Coenzyme Q (ubiquinone) 72
- Compartment
- extracellulaire 168
  - intracellulaire 168
- Complexe PDH 56
- Composé carboné simple 11
- Configuration électronique 38
- Conformation chaise 15
- Constituants et éléments structuraux 14
- Corps cétonique 116
- diagnostic 118
- COX I 134
- COX II 134
- Cyanure 78
- intoxication au 78
- Cycle de Cori 40
- Cycle de Krebs 54
- régulation 60
  - vitesse 60
- Cycloalcane 122
- Cyclo-oxygénase 134
- Cystathionine 88
- Cystathionine synthétase 98
- Cystéine 86, 90
- Cytidine triphosphate 140
- Cytochrome c 72
- oxydase 70, 78
  - réductase 70
- Cytopathie mitochondriale 80
- Cytoplasme 177
- Cytosine 26
- D**-Alanine 96
- 3-Déaza-uridine 147
- Décarboxylation 18
- Découplage 80
- Désamination 18
- Désaturase 114
- 7-Déhydrocholestérol 131
- Désoxyribose 16
- Désoxythymidine triphosphate 140
- Détection du glucose 54
- bandelette test 53
  - méthode de laboratoire 53
- Diabète sucré 48
- absolu (Type 1) 48
  - relatif (Type 2) 48
- Diastéréoisomère 14
- Diclofenac 135
- Disaccharide 16
- Disulfure (pont) 20
- Double couche lipidique 22, 176
- Double hélice 28
- structure 28
- E**ffet tampon 18
- Eicosanoïde 134
- Électrolyte 169
- Élément 8
- Énantiomère 14
- Entraînement en altitude 152
- Enveloppe nucléaire 177
- Enzyme 158
- transmembranaire 177
  - types de réaction 158
- Enzyme de déramification (*debranching enzyme*) 38
- Enzyme de ramification (*branching enzyme*) 36
- Équilibre chimique 12
- Équilibre hydrique 171
- Équivalent réducteur 70, 114
- Érythrocyte 44
- durée de vie 154
- Éthanolamine 128
- F**ixation d'azote 86
- Flavoprotéine de transfert d'électrons (*Electron Transfer Flavoprotein*) 72
- Folique (acide) 175
- Formule brute 12
- Formyl-tétrahydrofolate 146
- Fructose 16, 46
- intolérance au 50
- Fructose 6-phosphate 33
- Fumarate 88
- Furanose 16
- G**alactose 16
- Galactose-1-phosphate uridyl transférase 48
- Galactosémie 48
- Ganglioside 24
- Gaucher (maladie de) 134
- Globine 150
- Glucagon 104, 124
- Glucide 14, 32
- $\beta$ -Glucocérébrosidase 134
- Gluconéogenèse 40
- régulation 40
- Gluconique (acide) 16
- Gluconolactone 16
- Glucose 16, 32
- métabolisme 30
  - production d'énergie 56
- Glucose 6-phosphate
- déshydrogénase 48
- Glucose-6-phosphate 33, 47
- Glucuronate 52
- Glucuronique (acide) 16
- Glutathion 44
- Glutamate 84, 90, 92
- Glutamate déshydrogénase (GLDH) 64, 66
- Glutamine 86, 90

# Index

- Glycémie 52, 104, 108  
- à jeun 52
- Glycéraldéhyde-3-phosphate 33
- Glycérol 22, 40
- Glycérol-3-phosphate 40
- Glycérolipide 24
- Glycérophospholipide 24
- Glycine 86, 90
- Glycogène 16, 32, 36  
- maladie d'accumulation du 50  
- métabolisme 30, 36, 38  
- régulation 38  
- réserve en 36
- Glycogénine 36
- Glycogénose 50
- Glycolipide 16, 24, 122, 130
- Glycolyse 32, 56  
- bilan énergétique 32, 74  
- régulation 34
- Glycoprotéine 16
- Golgi (appareil de) 176
- Goutte 144  
- de l'enfant 144
- Gradient de protons 70
- Guanine 26
- Guthrie (test de) 48, 96
- Haworth (représentation de) 15
- HDL (*High density lipoprotein*) 132
- H**élice  $\alpha$  20
- Hème  
- biosynthèse 150  
- catabolisme 154  
- fixation de dioxygène 81  
- métabolisme 148  
- régulation 152
- Hémiacétal 15
- Hémoglobine 150
- Henderson-Hasselbalch (équation d') 13
- Hétéroglycane 16
- Hexose 16
- HGPR transférase (HGPR) 144
- Histidine 90
- HMG-CoA réductase 124, 132
- Homocystéine 88, 98
- Homocystinurie 98
- Homogentisique (acide) 88, 98
- Homoglycane 16
- Hormone 162  
- autocrine 163  
- effectrice  
  périphérique 166  
- endocrine 163  
- glandulaire 162  
- hydrophile 162  
- lieu de synthèse 163  
- lipophile 164  
- mode d'action 163  
- neurohormone 162  
- organe cible 166  
- paracrine 163  
- tissulaire 162
- Hydrocarbure 10
- Hydrolase 158
- $\beta$ -Hydroxybutyrate 118
- $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -méthylglutaryl-CoA ( $\beta$ -HMGCoA) 90, 122
- Hydroxyurée 147
- Hyperbilirubinémie 52, 156
- Hyperlipoprotéïnémie 132
- Hyperuricémie 144
- Hypervitaminose 174
- Hypolipémiant 133
- Hypothalamus 166
- Hypovitaminose 174
- Hypoxanthine-guanine phosphoribosyl transférase (HGPR) 142
- I**buprofène 135
- Ictère 156
- Ictère du nouveau-né 52
- Inhibition compétitive 160
- Inhibition non compétitive 160
- Inositol 128
- Insuline 48, 124  
- action systémique 49  
- carence en 48
- cible 49
- Interaction  
- de van der Waals 8  
- hydrophobe 8  
- ionique 8
- Isoleucine 98
- Isomaltose 16
- Isomérase 158
- Isomérisation 12  
- de constitution 10
- Isopenténylpyrophosphate 122
- Isoprène 22  
- activé 122  
- unités 24
- Isoprénoïde 25
- J**aunisse 156
- K**rebs, Hans 60
- L**actate 40
- Lactose 16
- L-carnitine-acylcarnitine translocase 106
- LDL (*Low Density Lipoprotein*) 132
- Lécithine cholestérol acyltransférase (LCAT) 126
- Legal (réaction de) 119
- Lésion hépatique 66  
- diagnostic 66  
- lésion cellulaire 67
- Leucémie (thérapie de la), 146
- Leucine 90, 98
- Liaison chimique  
- classification 8
- Liaison covalente 8
- Liaison hydrogène 8, 20
- Liaison ionique 8
- Liaison peptidique 20
- Libérine 166
- Lineweaver-Burk (représentation de) 160
- Linoléique (acide) 22, 112, 114

- Linoléique (acide) 22, 112  
 Lipase 102  
   - activité 104  
   - pancréatique 104  
 Lipide 22, 102  
   - à l'interface 23  
   - membranaire 120  
   - métabolisme 100  
   - structure 22  
 Lipidose 134  
 Lipoamide 56  
 Lipogenèse 102  
 Lipolyse 102  
   - sang 102  
   - intestin 102  
   - tissu adipeux 102  
 Lipo-oxygénase 134  
 Lipoprotéine  
   - métabolisme 133  
 Loi d'action de masse 13  
 Lysine 90  
 Lysosome 176
- M**acro-élément 168  
 Magnésium 170  
 Maladie de Forbes 50  
 Malique (enzyme) 64  
 Malonyl-CoA 112  
 Maltose 16  
 Mc Ardle (maladie de) 50  
 Médiateur 162  
 Membrane 122  
 Membrane cellulaire 176  
   - protéine membranaire 177  
 Ménaquinone (Vit K<sub>2</sub>) 131  
 Méso (composés) 14  
 Mésomérie 20  
 Messager 26  
 Métabolisme des lipides  
   - perturbations 133  
 Métabolisme énergétique 26  
   - aérobie 176  
 Méthémoglobine 78  
 Méthionine 89  
 Méthode à l'hexokinase 52  
 Mévalonate 122
- Micelle 22  
 Michaelis (constante de) 160  
 Michaelis-Menten  
   (équation) 160  
 Minéraux 168  
 Mitochondrie 176  
   - matrice 56  
 Mono-oxygénase 124  
 Monosaccharide 17, 32  
 Monoxyde de carbone 80  
 Mutarotation 14  
 Myoglobine 150
- N**ADH déshydrogénase 70  
 Navette  
   - aspartate 76  
   - malate 41, 76, 116  
   - malate-aspartate 76  
 Nicotinamide 175  
 Nitroprussiate de sodium 118  
 Nombre d'oxydation 10  
   - formel 11  
 Nomenclature D/L 14  
 Nomenclature enzymatique EC  
   (*Enzyme Classification*) 159  
 Nomenclature R/S 12  
 Noyau 176  
 Nucléoside 26  
   - synthétique 146  
 Nucléotide 26, 28  
   - cofacteur 29  
 Nucléotide purique 142  
 Nucléotide pyrimidique  
   - catabolisme 142
- O**ctet (règle de l') 8  
 Oléique (acide) 112  
 Oligo-élément 168  
 Oligomycine 74  
 Ornithine 18, 86, 94  
 Orotidine monophosphate  
   (OMP) 140  
 Oxaloacétate 40, 60, 92  
 β-Oxydation 106  
   - régulation 108
- Oxydation phosphorylante 68  
 Oxydoréductase 158
- P**almitique (acide) 23, 112  
 Palmitoléique (acide) 112  
 Pantothénique (acide) 175  
 Parathormone 166  
 Pénicilline 96  
 Pentose 16  
 Pentoses phosphate (voie  
   des) 44  
   - régulation 44  
 PEP carboxykinase 42  
 Peroxysome 176  
 pH 12  
 Phénylalanine 88  
 Phénylalanine hydroxylase 96  
 Phénylcétonurie 96  
 Phényléthylamine 96  
 Phénylpyruvate 96  
 Phosphate 170  
 Phosphatidate 102  
 Phosphatidyle (dérivé du) 128  
 Phospholipase A, B, C 128  
 Phospholipide 122, 128  
   - biosynthèse 128  
   - catabolisme 128  
 Phosphorique (acide) 22  
 Phosphorylation  
   - réversible 58  
 Photo-oxydation 130  
 Phylloquinone (Vit. K3) 131  
 Piège à radicaux libres 44  
 pK<sub>a</sub> 12  
 pK<sub>b</sub> 12  
 Point isoélectrique 18  
 Polysaccharide – Hétéro-  
   glycane 17  
 Polysaccharide 32  
 Porphyrine 150  
 Potassium 168  
 Pouvoir tampon 13  
 Principe de la clé et de la  
   serrure 160  
 Projection de Fischer 14

# Index

Proline 84, 90  
Propionate 142  
Prostaglandine 135  
Prostaglandine E<sub>2</sub> 134  
Protéine  
- de transport 104  
- élément de construction 20  
- enzyme 20  
- fonctions 20  
- pore 20  
Protéoglycane 16  
Purine 26  
- biosynthèse 138  
- catabolisme 142  
- métabolisme 136  
- régulation 140  
Pyranose 16  
Pyridoxal (phosphate de) 86  
Pyridoxine 175  
Pyrimidine 26  
- biosynthèse 139  
- catabolisme 143  
- métabolisme 136  
Pyrophosphokinase 140  
Pyrrole (noyau) 150  
Pyruvate 34  
Pyruvate carboxylase 42, 64  
Pyruvate déshydrogénase (complexe) 56  
Pyruvate déshydrogénase (réaction de la) 56  
- régulation 58

**R**amification (enzyme de) 36  
Réaction enzymatique 159  
Réaction glucose oxydase  
- peroxydase 52  
Récepteur  
- à l'acétylcholine 165  
- à l'adrénaline 165  
- à l'insuline 163  
- canal 162  
- couplé aux protéines G 162  
- tyrosine kinase 162

Recyclage (voie de) 142  
Redox (réaction) 11, 17  
- régulation 171  
Réticulum endoplasmique 176  
- lisse 177  
- rugueux 177  
Rétinal 131  
Rétinol (ester de) 131  
Rétinol-tout-*trans* 131  
Rétrocontrôle négatif 166  
Rhodanase 78  
Ribavirine 146  
Riboflavine 175  
Ribose 16  
Ribosome 176  
Rofécocixib 135

**S**accharide de réserve 36  
Saccharose 16  
S-adenosylméthionine (S-AdoMet) 89  
Second messenger 26, 164  
Sérine 86, 90, 128  
Sirop d'érable (maladie du) 98  
Sodium 168  
Sorbitol 16  
Sphingolipide 25  
Sphingophospholipide 24  
Sphingosine 22, 130  
Squalène 124  
Stéarique (acide) 112  
Stéatose hépatique 118  
Stérane 24, 122  
Stercobiline 154  
Stercobilinogène 154  
Stéréoisomérisation 12  
Stéroïde 126  
- gonade 126  
- surrénale 126  
Structure atomique 9  
Structure protéique 21  
Succinate déshydrogénase 60, 62, 70  
Sucre 14, 22  
Symport à protons 56

Symport pyruvate/H<sup>+</sup> 116  
Syndrome de Lesch-Nyhan 144  
Synthase (Lyase) 158  
Synthétase (Ligase) 158  
Système  
- rénine-angiotensine 170  
Système tampon 12

**T**ableau périodique 9  
Terpène 24  
TG-lipase (*HSL : Hormone Sensitive Lipase*) 104  
Thérapie tumorale 146  
Thermogénine 80  
Thiamine 172  
- carence en 66  
Thiamine pyrophosphate 56  
Thiocyanate 78  
- formation de 79  
Thioester 102  
Thiosulfate 78  
Thréonine 90  
Thromboxane 134  
Thymine 26  
Thyroïde  
- système de contrôle hormonal 167  
Tissu adipeux 104  
-  $\alpha$ -Tocophérol (Vit. E) 131  
Transaldolase 46  
Transamination 18  
Transcétolase 46  
Transférase 158  
Transporteur d'acides tricarboxyliques 62, 116  
Triglycéride (TG) 24, 102, 118  
- biosynthèse 102  
- catabolisme 102  
Tryptophane 90  
Tyrosinase 96  
Tyrosine 88

**U**biquinone 72  
UDP-galactose 46  
UDP-glucose 36, 46



- Urate de sodium 144
- Urée
  - biosynthèse 64, 94
  - coût énergétique 92
- Urée (cycle de l') 92
  - régulation 94
- Uridine monophosphate (UMP) 140
- Uridine triphosphate (UTP) 140
- Urique (acide) 142, 144
- Urobiline 154
- Urobilinogène 154
- V**aline 98
- Vision 130
- Vitamine 172
  - carence 56
  - hydrophile 172
  - hydrosoluble 172, 175
  - lipophile 172
  - liposoluble 130, 172
- Vitamine A 130, 173
- Vitamine B<sub>1</sub> 166, 173
- Vitamine B<sub>12</sub> 175
- Vitamine B<sub>6</sub> 175
- Vitamine C 88, 173
- Vitamine D 130, 173
- Vitamine E 131, 173
- Vitamine K 131, 173
- von Gierke (maladie de) 50
- X**anthine oxydase 144





Une présentation **synthétique** et **illustrée en couleur** de l'ensemble des réactions métaboliques

Soutenu par une **riche iconographie**, cet ouvrage présente **la biochimie métabolique de façon didactique**. Il organise la biochimie métabolique selon des schémas détaillés dans lesquels le lecteur s'oriente aisément grâce à des **graphiques synoptiques** en tête de chaque chapitre et à un astucieux **système de guidage en couleur** dans les marges.

- ▶ Une synthèse des connaissances sous forme de **fiches**
- ▶ Un **outil de révision** pour les concours et les examens
- ▶ Un ouvrage **concis**, pratique à transporter

L'ouvrage trouvera son public parmi les étudiants de Licence, de PACES et tous ceux préparant des concours.

**Traduction de l'édition allemande par Philippe Brion**, Normalien, Docteur en Biochimie, Professeur Agrégé de Biochimie en Classes Préparatoires.

ISBN : 9782804171476



MEYERROGGE

# Bon courage



## LIENS UTILES 🙌

### Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

