

# Chapitre 1

## L'eau et les petites molécules organiques

code des diapositives

★ très important, à savoir avec précision

✿ important pour comprendre

✂ pour approfondir, sinon à couper

# Les classes moléculaires du vivant



## Composition chimique moyenne de différentes cellules en % de la masse cellulaire totale

Constituants	Cellule bactérienne	Cellule de champignon	Cellule de mammifère
Eau	70	82,5	70
Ions inorganiques (Na <sup>+</sup> ; K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Cl <sup>-</sup> ...)	1	0,5	1
Protides	15	6	18
Lipides	2	2	5
Glucides	2	2,5	2
Acides nucléiques	1	0,5	0,25
Autres molécules	9	6	3,75

# Les atomes du vivant



Eléments		Milieux (en %)			Etres vivants (en %)	
		Croûte Terrestre	Hydrosphère	Atmosphère Sèche (en %)	Plant de blé (en %)	Homme
Hydrogène	H	0,22	66		8,5	9,00
Oxygène	O	47	33	21	64	62,43
Carbone	C	0,19	0,001	0,03	24,2	21,15
Azote	N			78,3	0,8	3,10
Calcium	Ca	3,5	0,006		0,13	Ca 1,90
Potassium	K	2,5	0,006		0,51	K 0,23
Silicium	Si	28			0,65	0,001
Magnésium	Mg	2,2	0,034		0,10	0,027
Phosphore	P	0,08			0,11	P 0,95
Soufre	S	0,04	0,017		0,09	S 0,16
Aluminium	Al	7,9			-	-
Sodium	Na	2,5	0,28		?	0,08
Fer	Fe	4,5			0,04	0,005
Titane	Ti	0,46			-	-
Chlorure	Cl		0,33		0,08	0,08

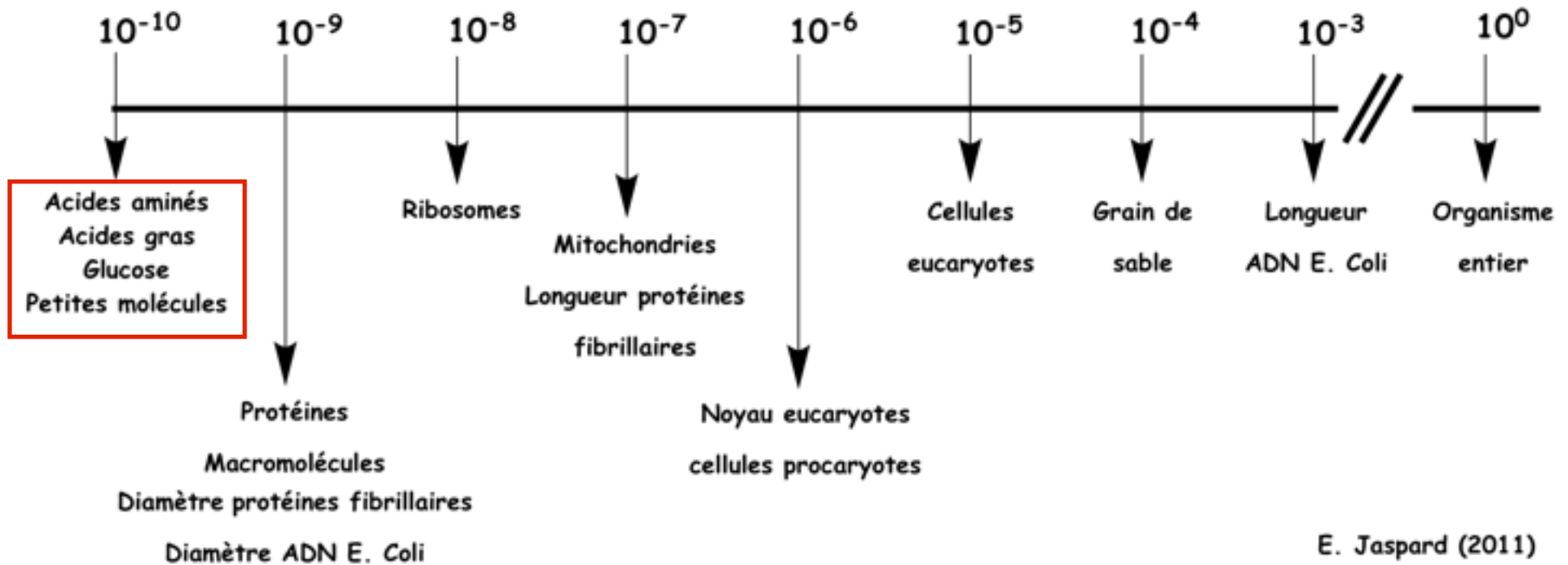
H  
O  
C  
N

macroélément

oligoélément

<http://genie-agriculture.blogspot.fr/2012/11/les-principaux-elements-chimiques.html>

# Grand ? petit ?



Dimensions en mètres de quelques repères biologiques

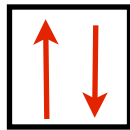
# 1. La diversité des molécules organiques

# Les atomes : des électrons à appairier

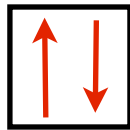


## Carbone : 6 électrons

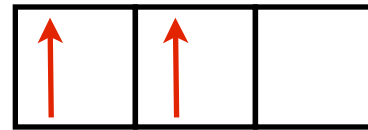
6 électrons répartis comme cela :



1 s<sup>2</sup>



2 s<sup>2</sup>

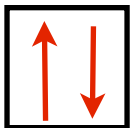


2 p<sup>2</sup>

couche K profonde  
ne participe pas à  
la liaison

couche L en surface  
les électrons peuvent être  
mis en commun

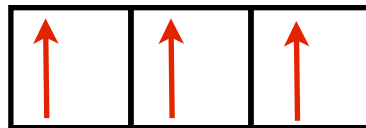
## Promotion de valence



1 s<sup>2</sup>

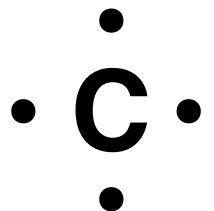


2 s<sup>2</sup>



2 p<sup>2</sup>

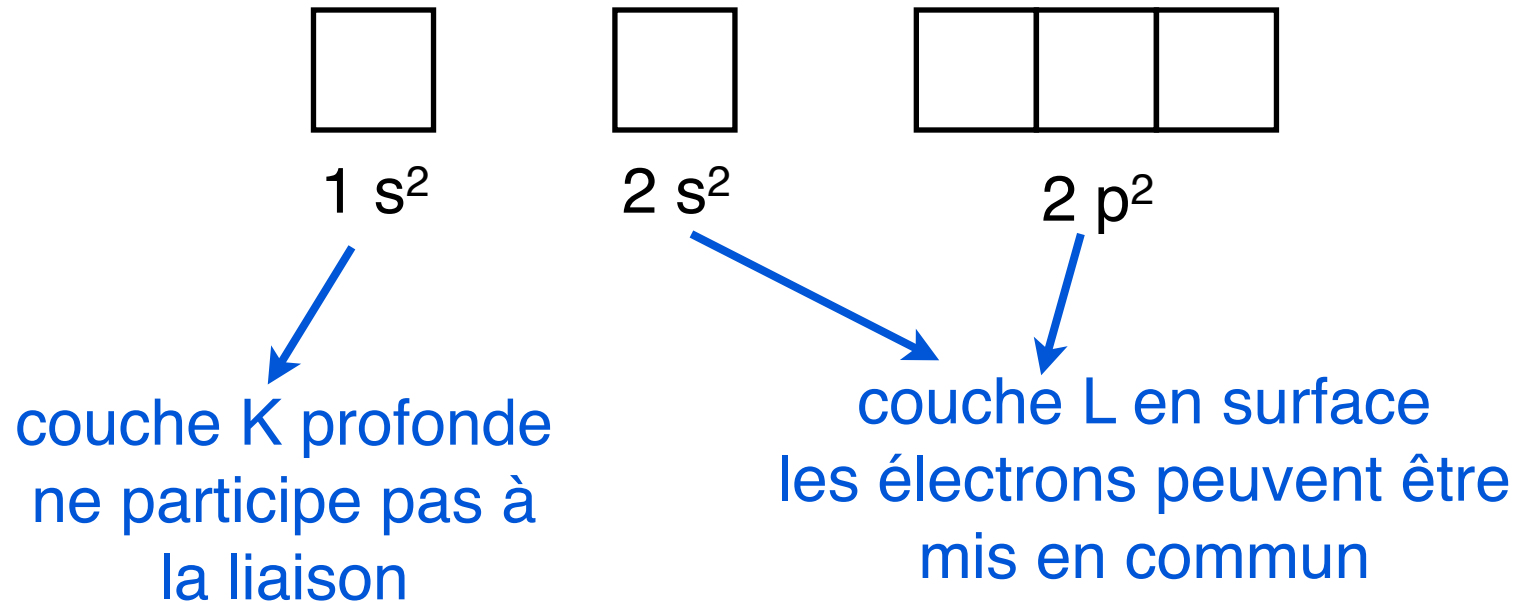
En surface, il y a 4  
électrons célibataires  
donc 4 liaisons possibles



# Exercice : azote ?



**Azote : 7 électrons**

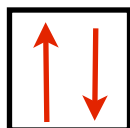


# Les liaisons de l'atome d'azote

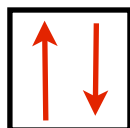


**Azote : 7 électrons**

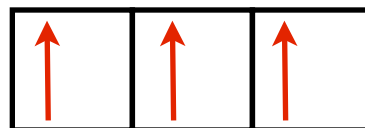
7 électrons répartis comme cela :



1 s<sup>2</sup>



2 s<sup>2</sup>



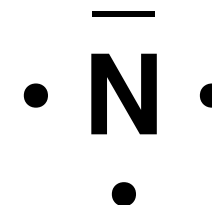
2 p<sup>2</sup>

couche K profonde  
ne participe pas à  
la liaison

couche L en surface  
les électrons peuvent être  
mis en commun

**Pas de promotion de valence**

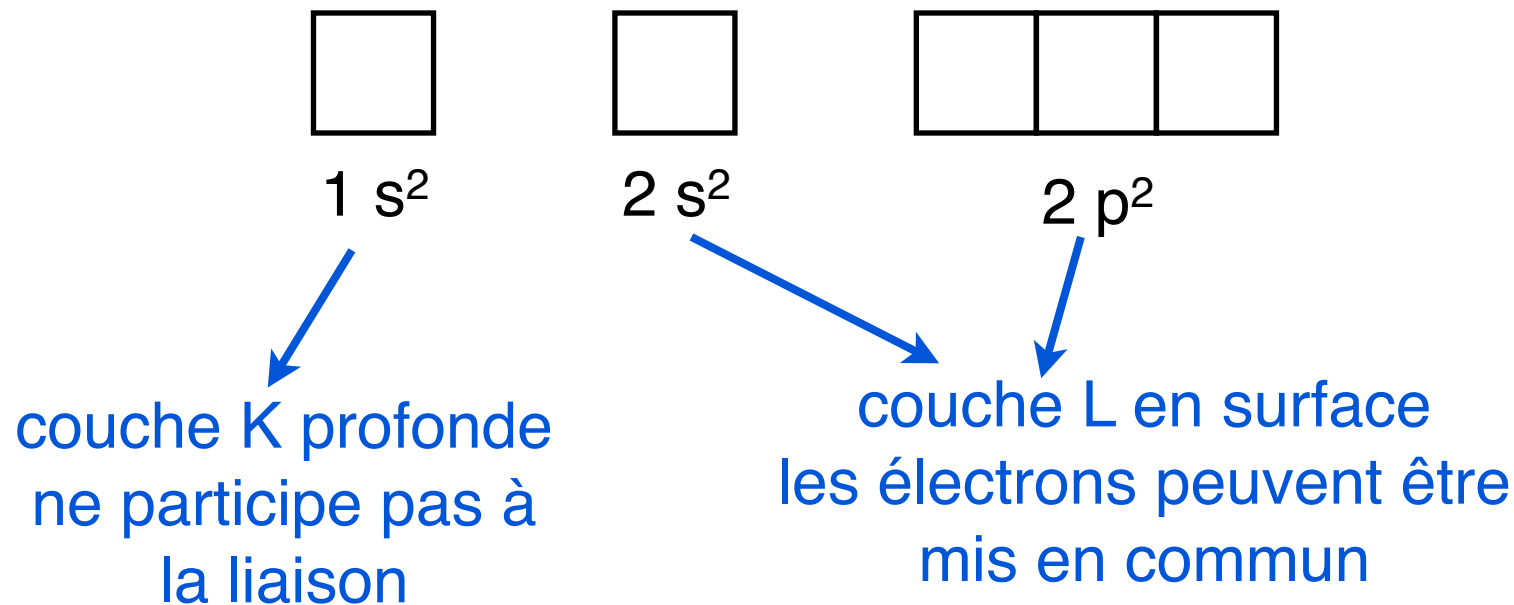
En surface, il y a 1 doublet d'électrons et 3 électrons célibataires donc 3 liaisons possibles





# Exercice : oxygène ?

**Oxygène : 8 électrons**

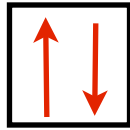


# Les liaisons de l'atome d'oxygène

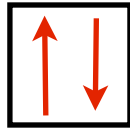


**Oxygène : 8 électrons**

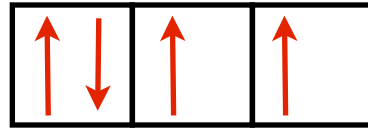
8 électrons répartis comme cela :



1 s<sup>2</sup>



2 s<sup>2</sup>



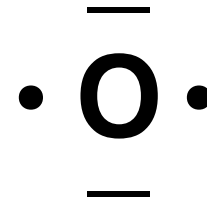
2 p<sup>2</sup>

couche K profonde  
ne participe pas à  
la liaison

couche L en surface  
les électrons peuvent être  
mis en commun

**Pas de promotion de valence**

En surface, il y a 2 doublets d'électrons et 2 électrons célibataires donc 2 liaisons possibles

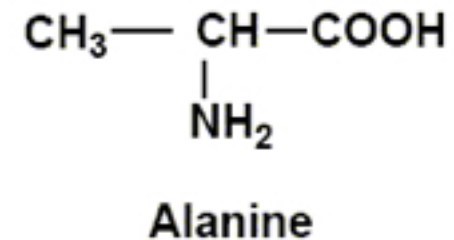
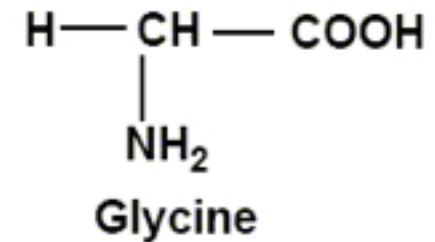
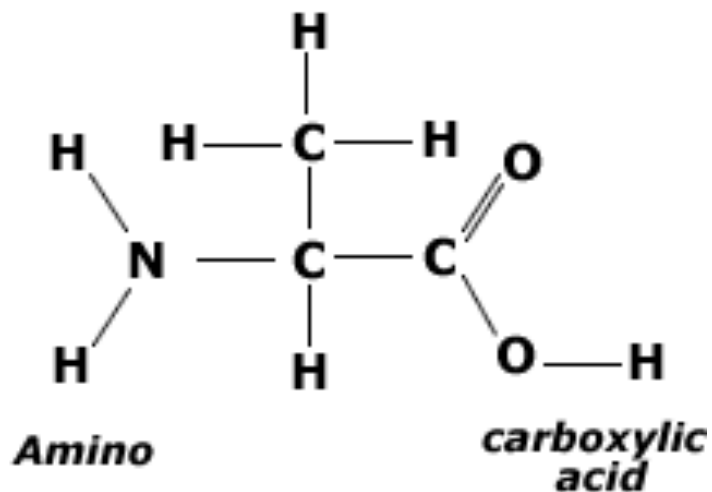


# Les liaisons covalentes



liaison	C-C	C=C	C-N	N=N	C-H	C-O
énergie en kJ.mol <sup>-1</sup>	347	612	293	419	413	360

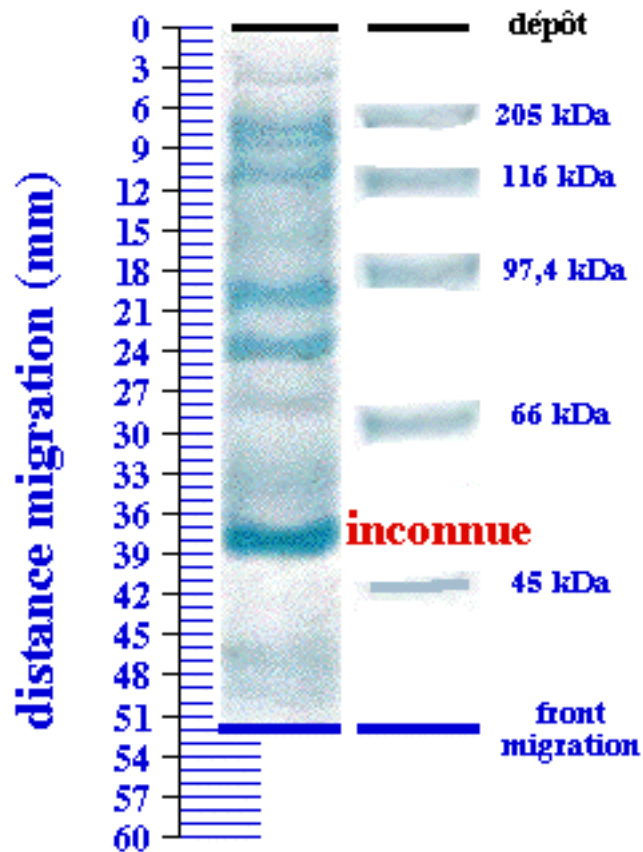
## Alanine



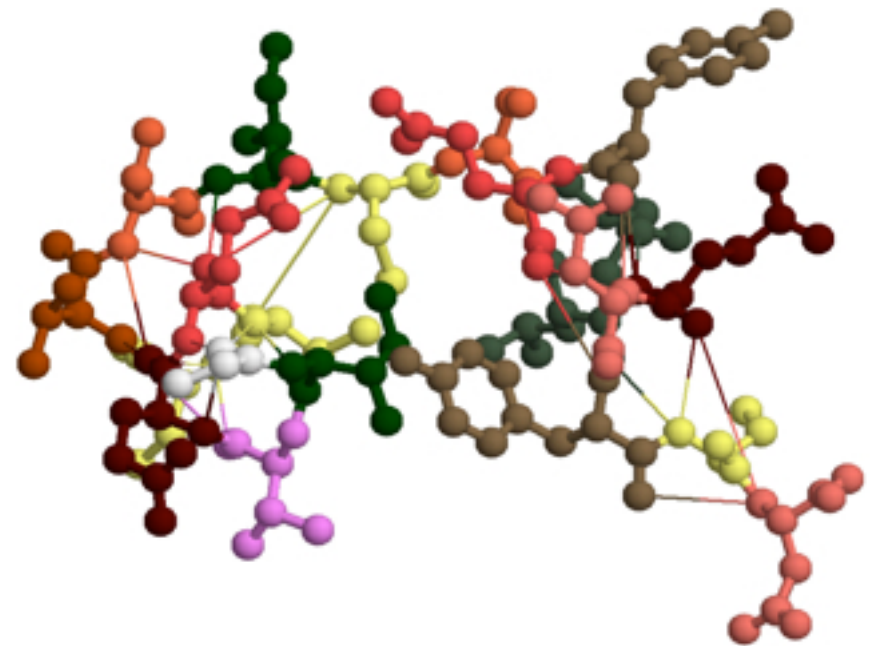
# Des outils pour étudier les molécules



**Electrophorèse**  
séparer des  
molécules selon leur  
poids moléculaire



**Cristallographie et  
diffraction aux RX**  
avoir une «image» de la  
molécule



chaîne A de l'insuline

# Masse moléculaire et masse molaire



**masse molaire** d'une molécule = masse qui contient  $6,023 \cdot 10^{23}$  exemplaires de cette molécule. La masse molaire s'exprime en  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

**masse moléculaire** = somme des masses atomiques des différents atomes constituant une molécule. La masse moléculaire s'exprime en Dalton, Da.

Un Dalton = masse d'un atome d'H =  $1,66 \cdot 10^{-27}$  kg.

Quelques masses atomiques :

Hydrogène H : 1

Carbone C : 12

Azote N : 14

Oxygène O : 16

Masse moléculaire de l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) =  $(2 \times 1) + (16) = 18$  Da  $\Rightarrow$  masse molaire de l'eau est égale à  $18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Masse moléculaire du glucose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) = 180 Da  $\Rightarrow$  masse molaire de l'eau est égale à  $180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

Masse moléculaire de l'ATP = 507 Da

Masse moléculaire d'un acide aminé de l'ordre de 110 Da

# Quelques tailles de molécules

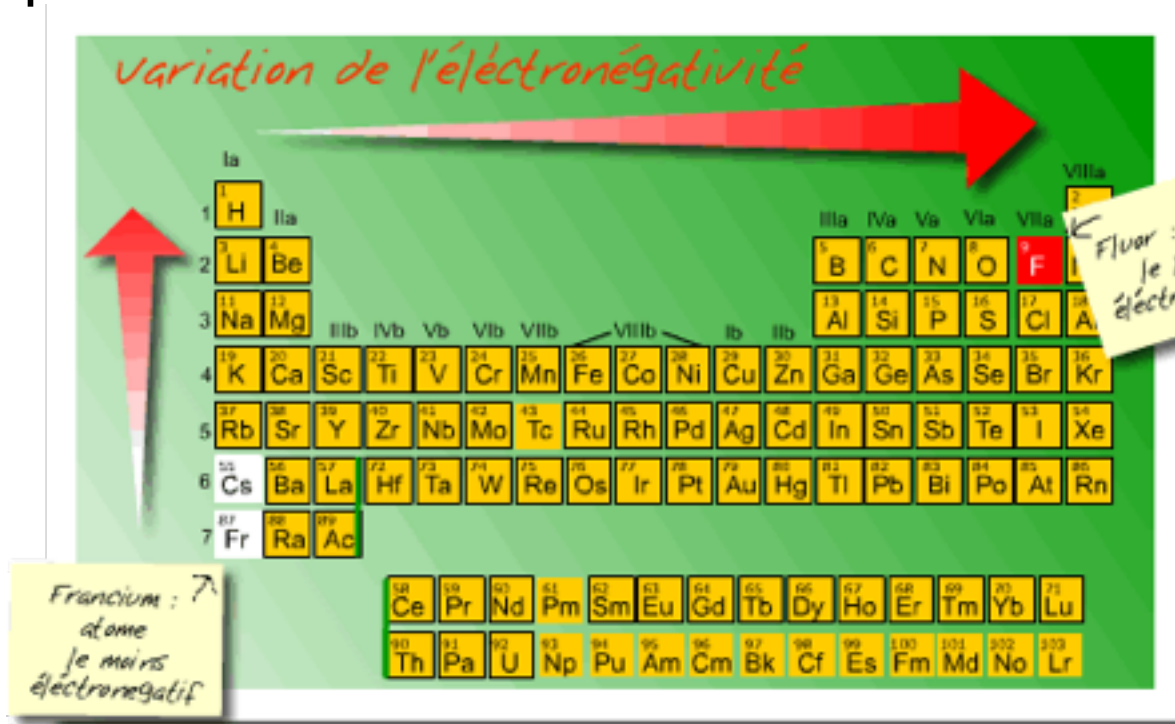


molécule	Dimension en nm	PM en Da
H <sub>2</sub> O	0,3	18
glucose C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	0,9	180
ATP	1,5	507
phospholipide	3 (longueur)	600
amidon (2000 glucoses)	450	360 000
hémoglobine	6,5 nm	17 000
Enzyme PFK	24 x 17 nm	340 000
ADN	diamètre 2 nm	

Les tailles sont données en ordre de grandeur

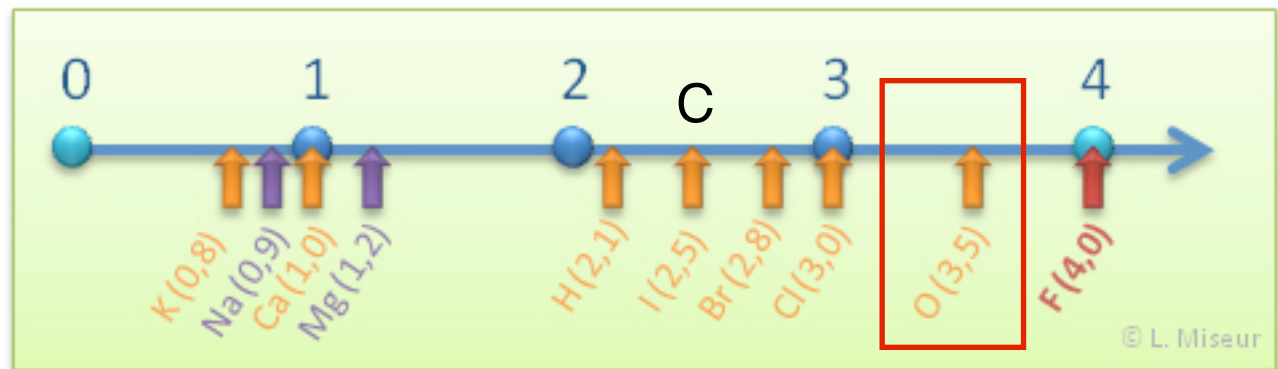
# L'électronégativité

★ C'est la propriété d'un atome d'attirer à lui les électrons d'une liaison



<http://perso.fundp.ac.be>

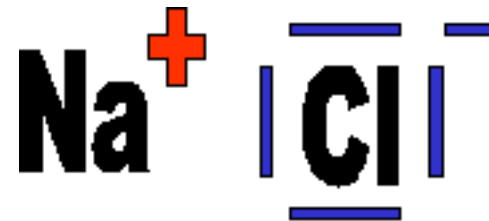
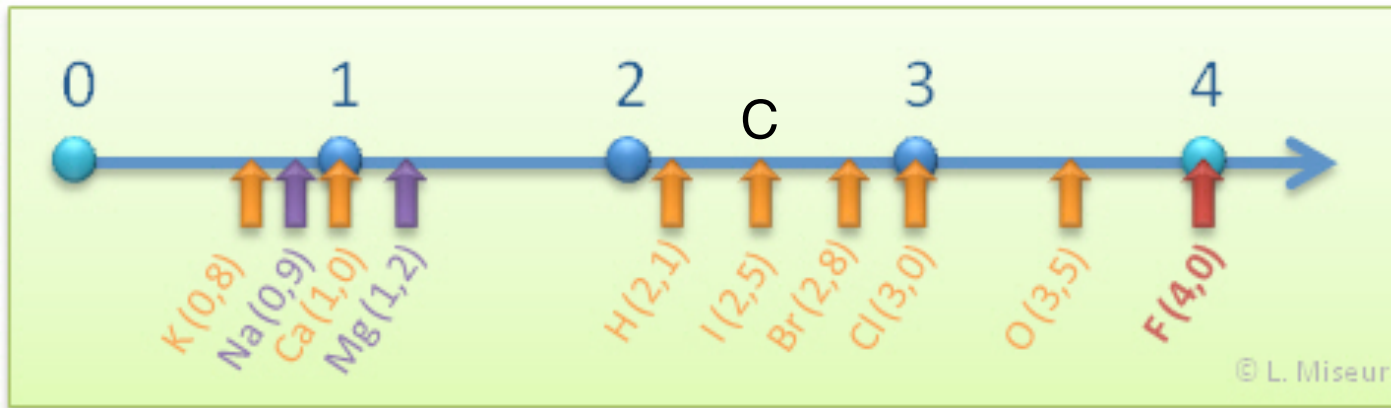
échelle arbitraire de Pauling



oxygène

# Liaison ionique

- ✿ Lorsque la différence d'électronégativité est supérieure à 2, les forces sont suffisantes pour arracher définitivement l'électron

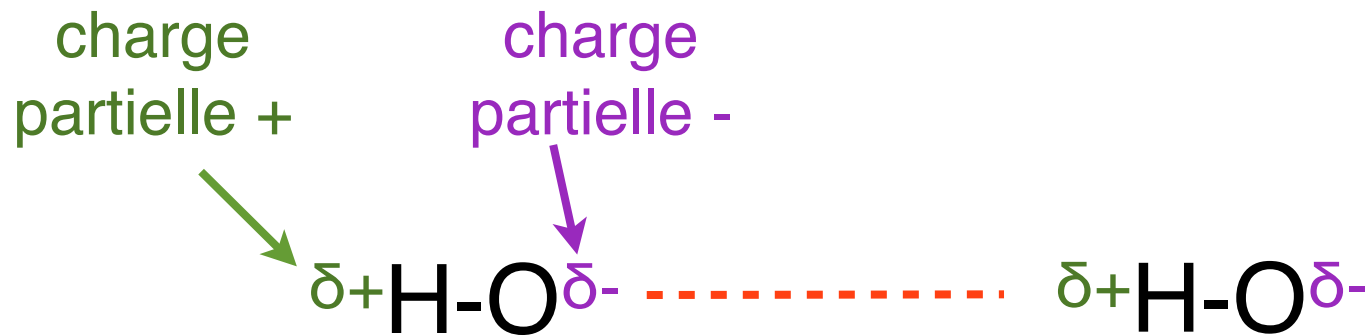


**liaison ionique (0,25 à 0,3 nm)**



# Liaison de van der Waals et liaison hydrogène

- ★ Lorsque la différence d'électronégativité est inférieure à 2, les forces sont insuffisantes pour arracher définitivement l'électron : le nuage électronique est juste déformé



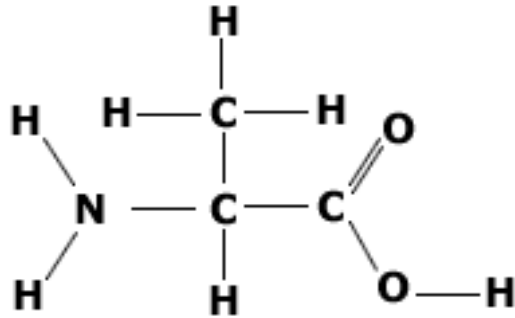
**liaison hydrogène** (0,3 à 0,4 nm) de 10 à 20 kJ.mol<sup>-1</sup>  
interaction électrostatique entre deux atomes qui ont une charge partielle opposée

**liaison de van der Waals** de 1 à 5 kJ.mol<sup>-1</sup>  
= liaison de type dipôle-dipôle

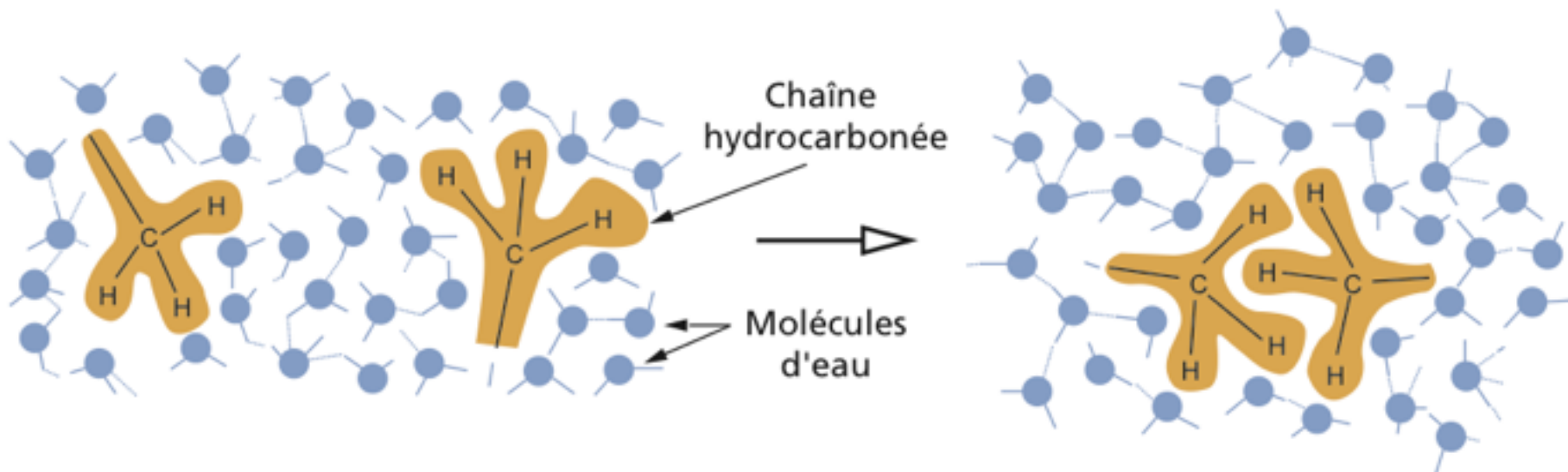
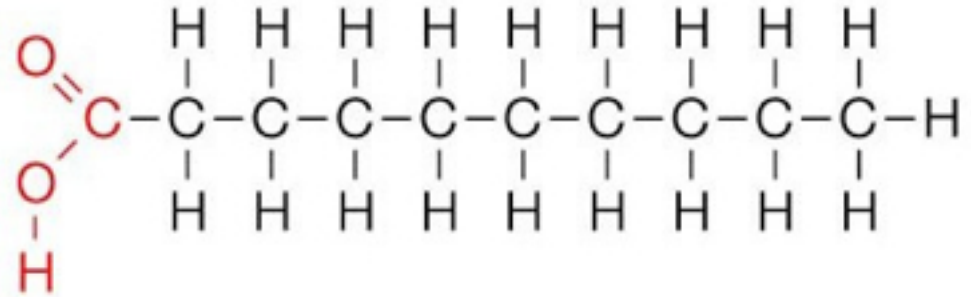
# Hydrophile, hydrophobe



Alanine



Acide palmitique



**FIGURE 1.6** L'effet hydrophobe contraint les chaînes hydrocarbonées à se regrouper.

(a) état instable, l'encombrement des radicaux méthyle entraîne la rupture d'un grand nombre de liaisons H entre les molécules d'eau ; (b) état plus stable du nombre de liaisons H rompues entre les molécules d'eau est minimisé.

# Les liaisons chimiques



Type de liaison	distance en nm	Energie de liaison en $\text{kJ.mol}^{-1}$
covalente	0,03 à 0,1	300 à 450
ionique	0,25 à 0,3	40 à 100
hydrogène	0,3 à 0,4	10 à 20
van der Waals		1 à 5
interactions hydrophobes		10

# L'eau



Taille = 0,1 nm : petite taille donc grande mobilité

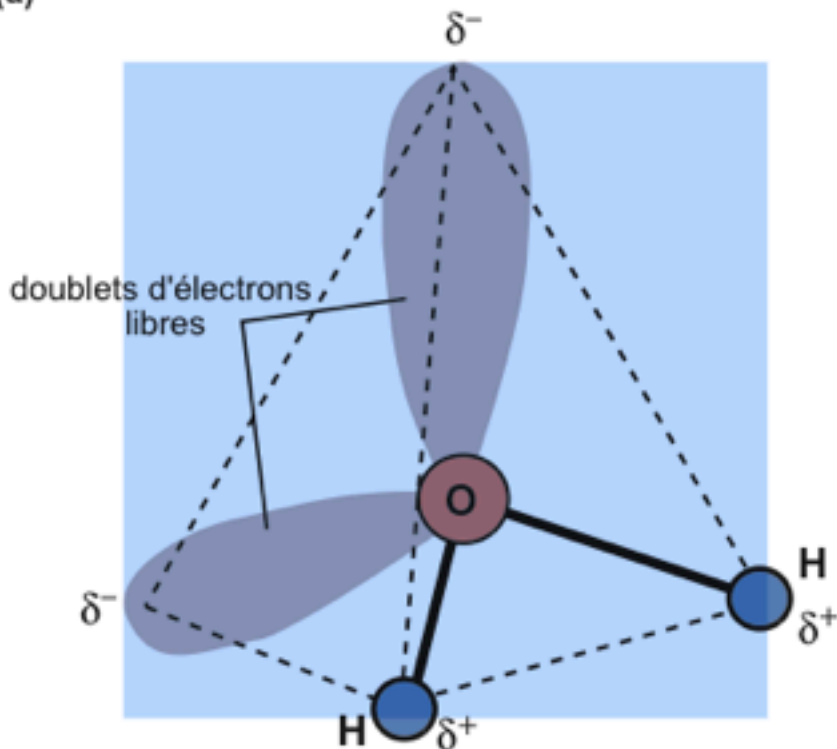
Molécule polaire

Réactif et produit de diverses réactions

Ionisation possible :  $2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$

Couple rédox :  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2 \text{H}^+ + 1/2 \text{O}_2 + 2 \text{e}^-$

(a)



(b)

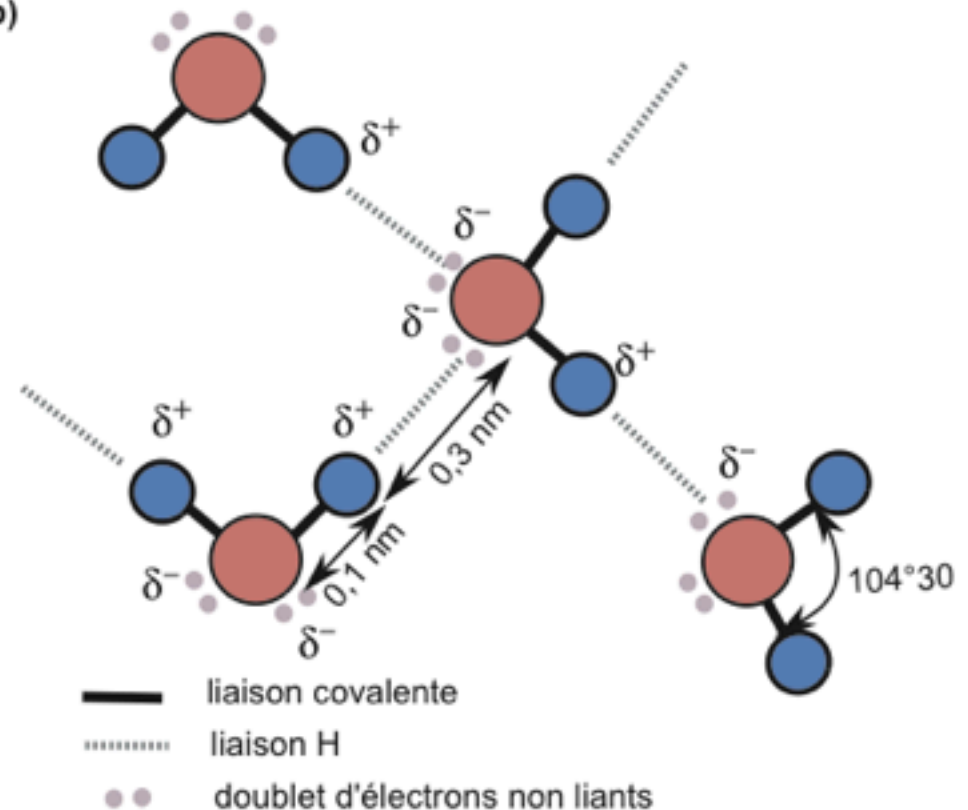
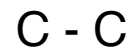


FIGURE 1.7 Architecture de la molécule d'eau (a) et liaisons H entre molécules (b).

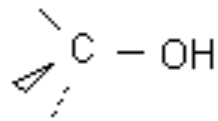
# Les groupes fonctionnels



Alkyl

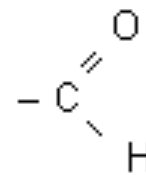


Alcool

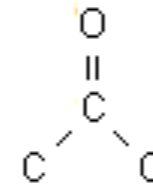


Thiol avec SH

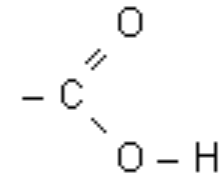
Aldéhyde



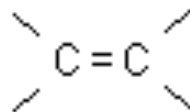
Cétone



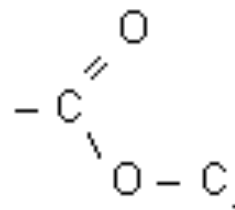
Acide  
carboxylique



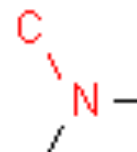
Alcène



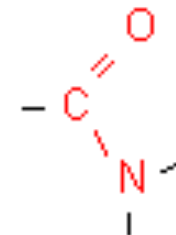
Ester



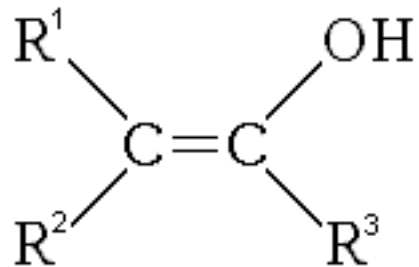
Amine



Amide

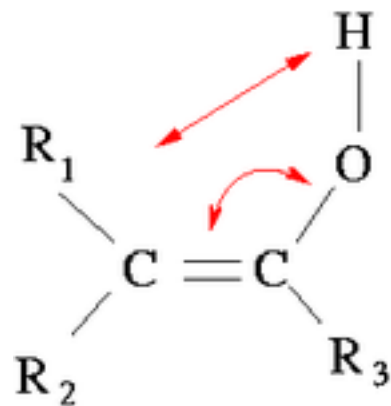


# L'équilibre céto-énolique

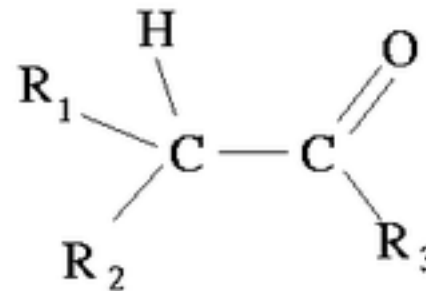


Un énoI = contraction de ène (alcène) et ol (alcool)

Cétones et aldéhydes possèdent deux formes tautomères

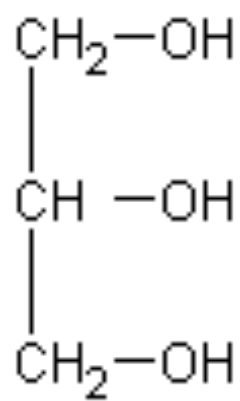
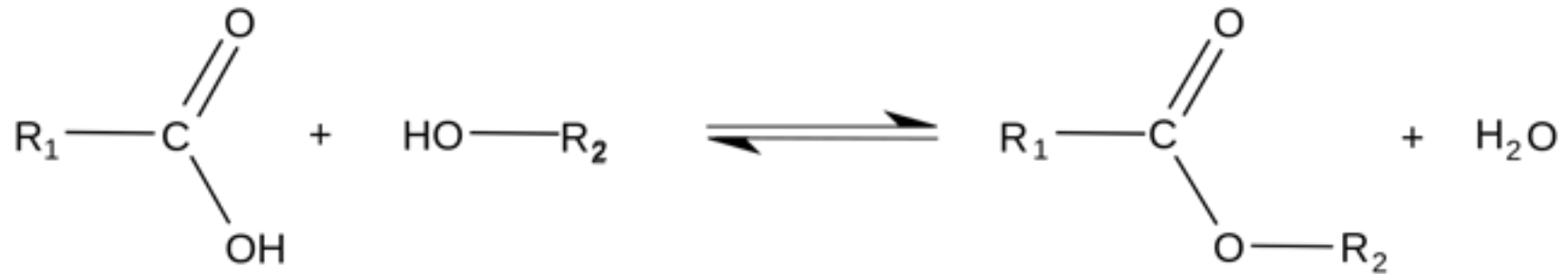


énoI

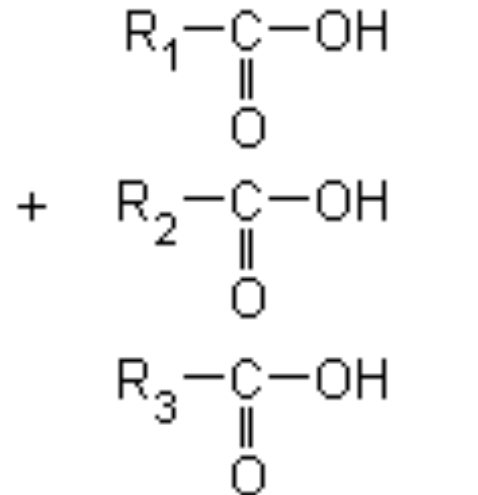


aldéhyde si  $R_3 = H$   
sinon cétone

# Estérification

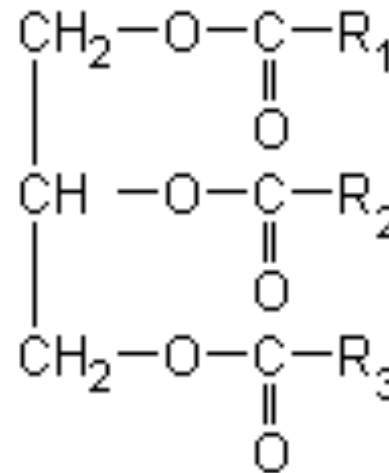


**glycérol**



**mélange d'acides gras**

=

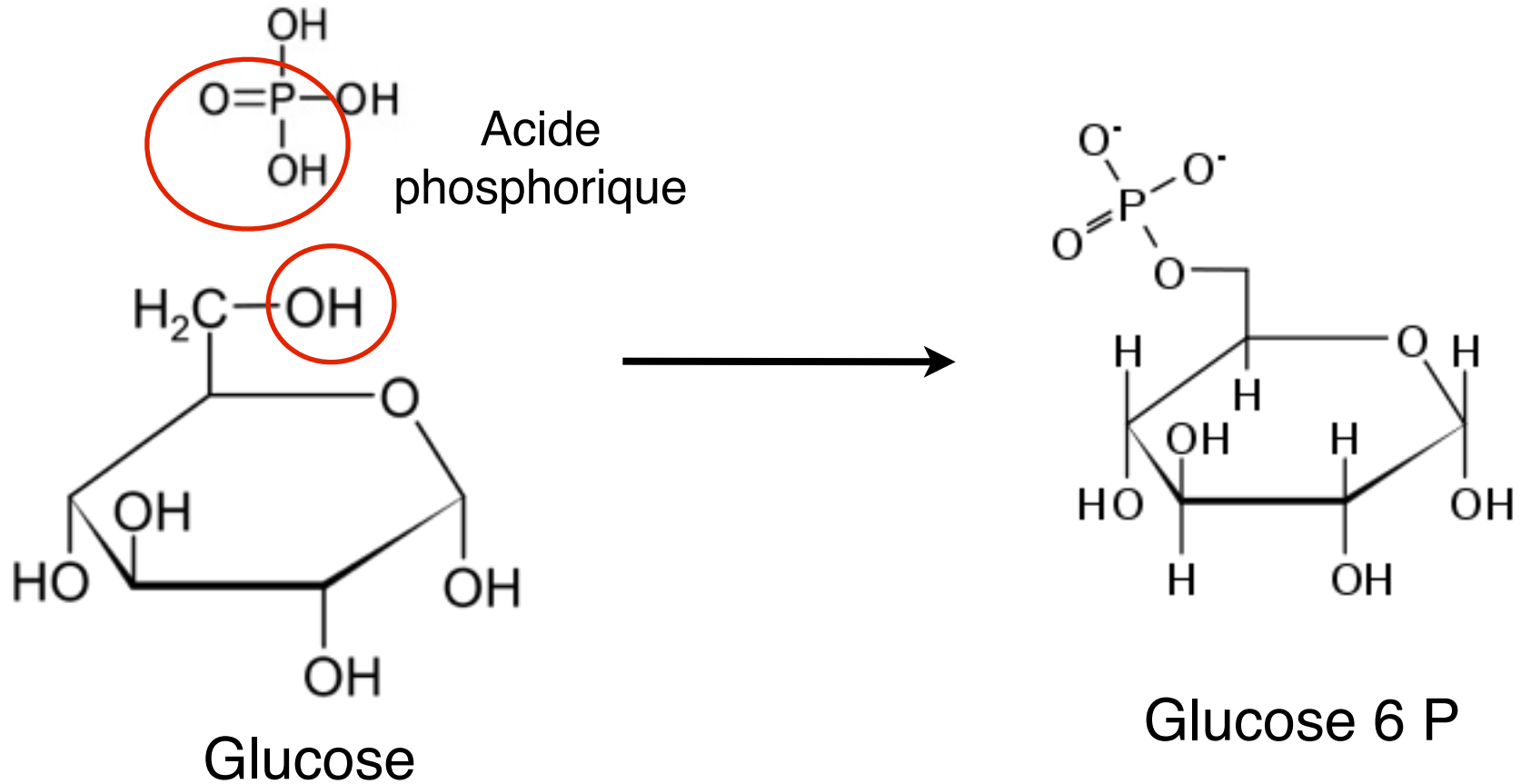


**triglycérides**

+ 3 H<sub>2</sub>O

## Synthèse des triglycérides

# Phospho-estérification

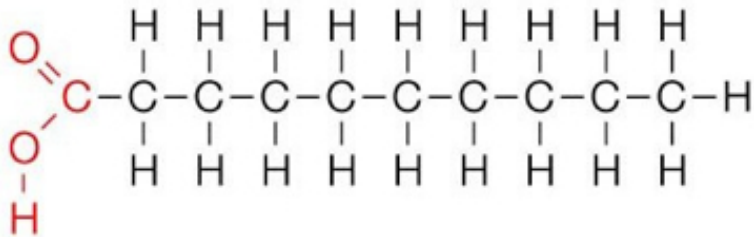




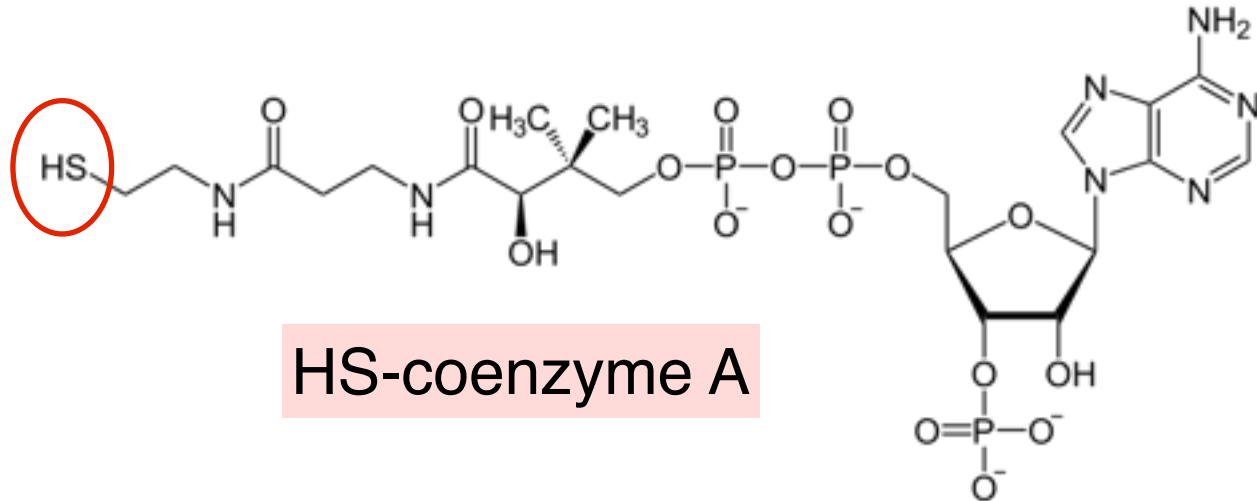
# Thio-estérification



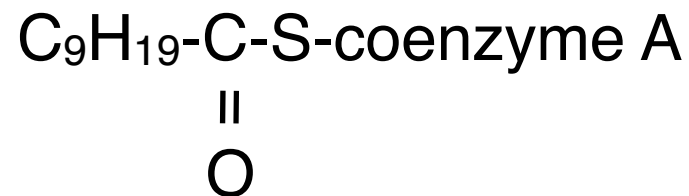
Le coenzyme A est un transporteur de chaîne carbonée



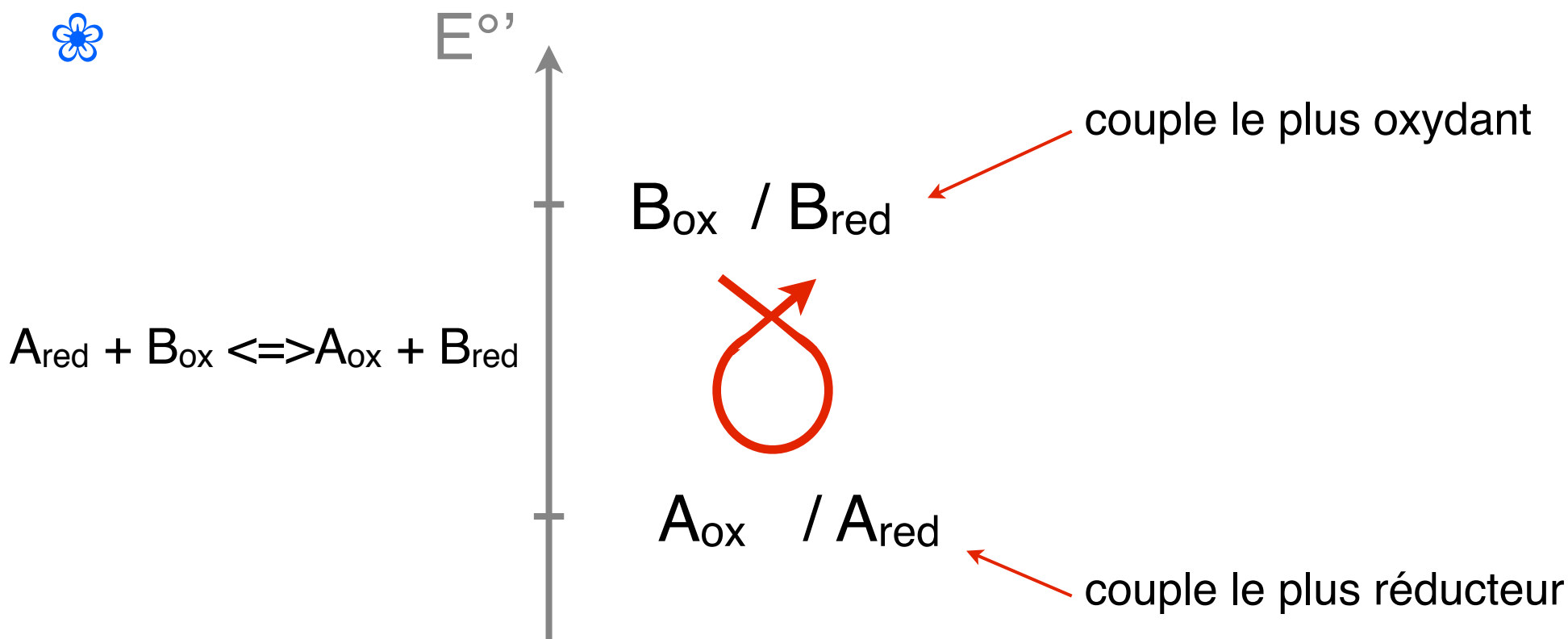
acide palmitique



HS-coenzyme A



# Le potentiel d'oxydo-réduction



**Approximation admise dans la majorité des cas**

$$\Delta G_{A-B} = - n F (E^{\circ'}_B - E^{\circ'}_A) = - n F \Delta E^{\circ'}$$

En toute rigueur, il faut utiliser les  $E'$  issus de la relation de Nernst

$$E' = E^{\circ'} + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[X_{\text{ox}}]}{[X_{\text{red}}]}$$

# Le potentiel d'oxydo-réduction



Certaines molécules peuvent céder ou fixer des électrons.

Elles existent donc sous deux formes :

- forme oxydée = forme sans les électrons

- forme réduite = forme avec les électrons

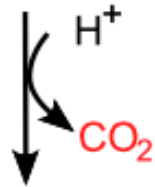
Les électrons peuvent passer d'une molécule réduite à une molécule oxydée si le potentiel rédox de la molécule oxydée est supérieur au potentiel rédox de la molécule réduite.

Souvent, le transfert d'électrons s'accompagne de transferts de protons  $H^+$ .

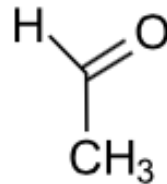
# Oxydo-réduction



Pyruvate

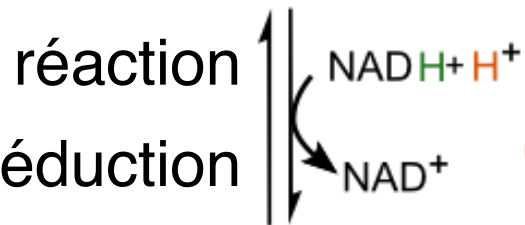


Décarboxylase  
du pyruvate

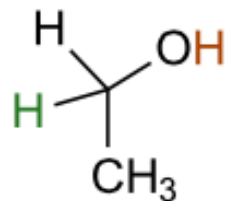


**Au cours de la fermentation**

Acétaldéhyde



Alcool  
déshydrogénase



Éthanol

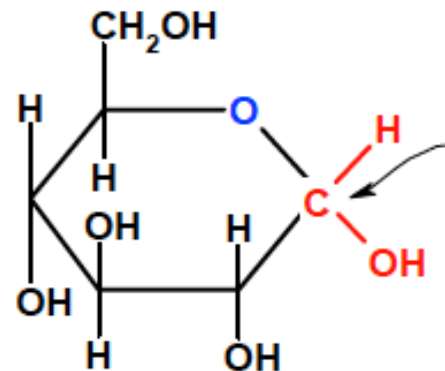
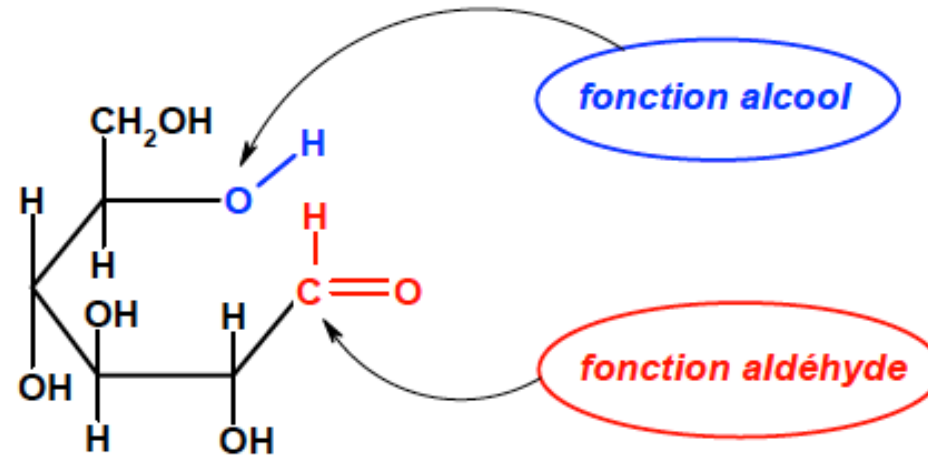
**Réduction de  
l'aldéhyde en alcool  
Les électrons sont  
transférés du NADH, H<sup>+</sup>  
vers l'acétaldéhyde**

potentiel rédox de l'acétaldéhyde = -197 mV  
potentiel rédox du NADH, H<sup>+</sup> = -320 mV

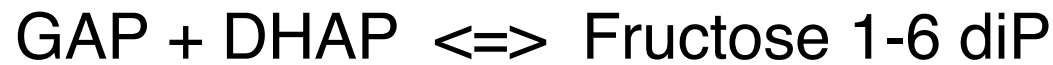
# Hémi-acétalisation



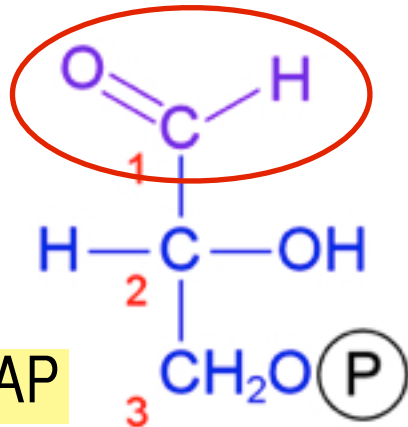
Cas du glucose : une molécule oscillant entre forme cyclique et acyclique



# Aldolisation / cétolisation

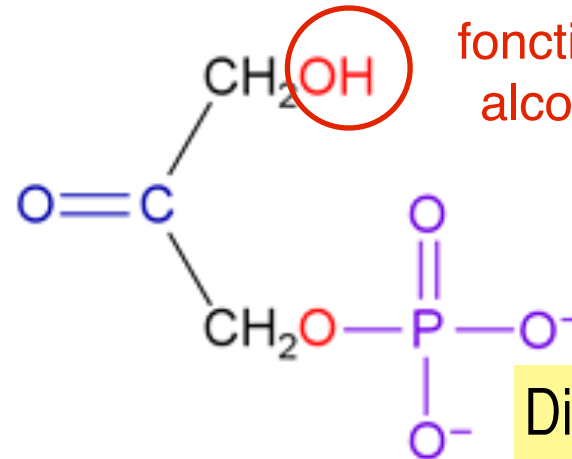


fonction  
aldéhyde



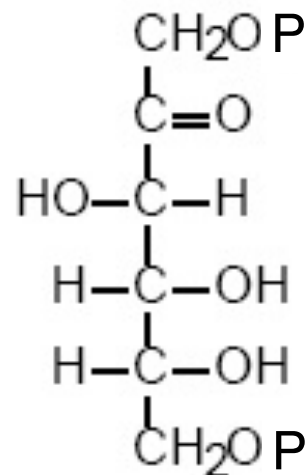
GAP

fonction  
alcool

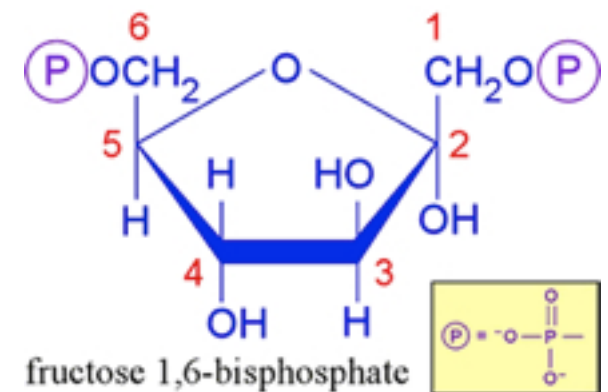


Dihydroxyacétone P

aldolisation



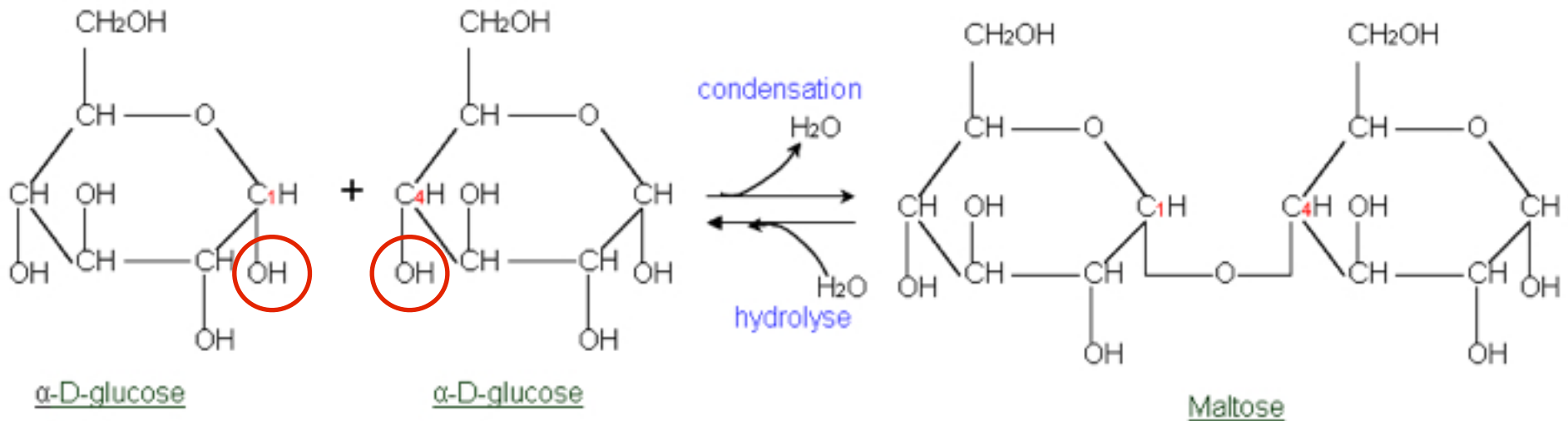
cyclisation



# Hydrolyse / condensation



Intervention d'une molécule d'eau  
exemple de la liaison entre deux glucoses



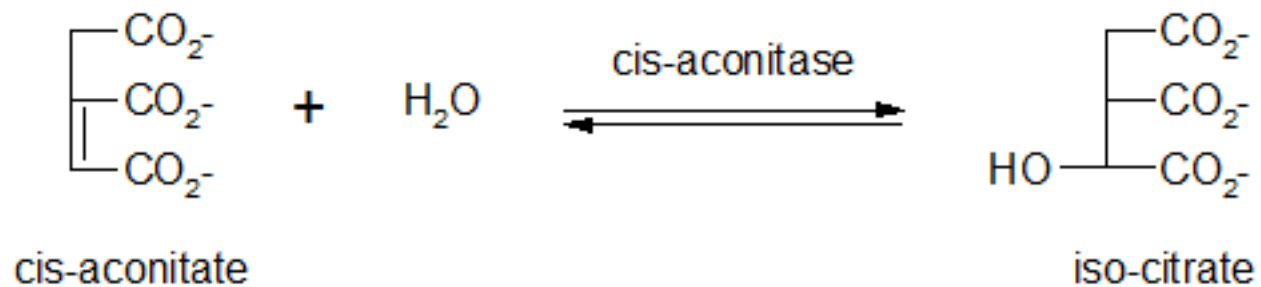
condensation = création d'une liaison **éther** avec libération d'une molécule d'eau  
= étherification

hydrolyse = rupture de la liaison éther avec consommation d'une molécule d'eau

# Hydratation



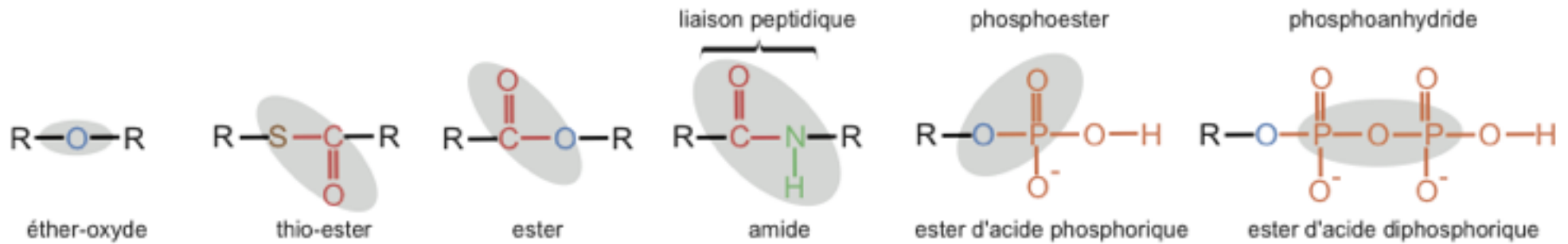
ajout d'une molécule d'eau sur une molécule



exemple au cours du cycle de Krebs

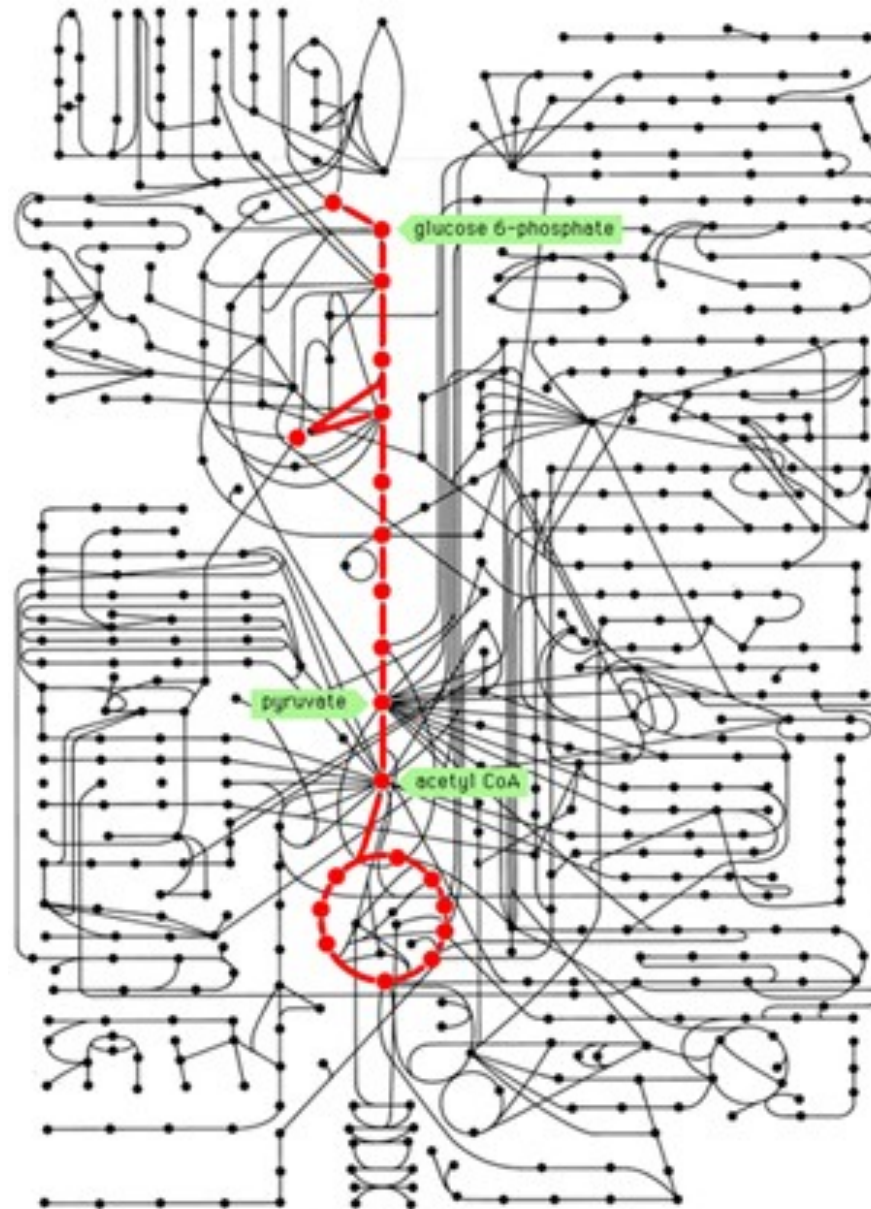


# Les principaux groupes fonctionnels



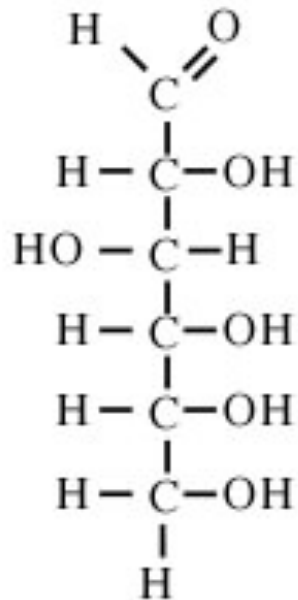
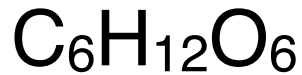
**FIGURE 1.4** Les principaux groupes fonctionnels complexes.

# Les réactions métaboliques dans une cellule



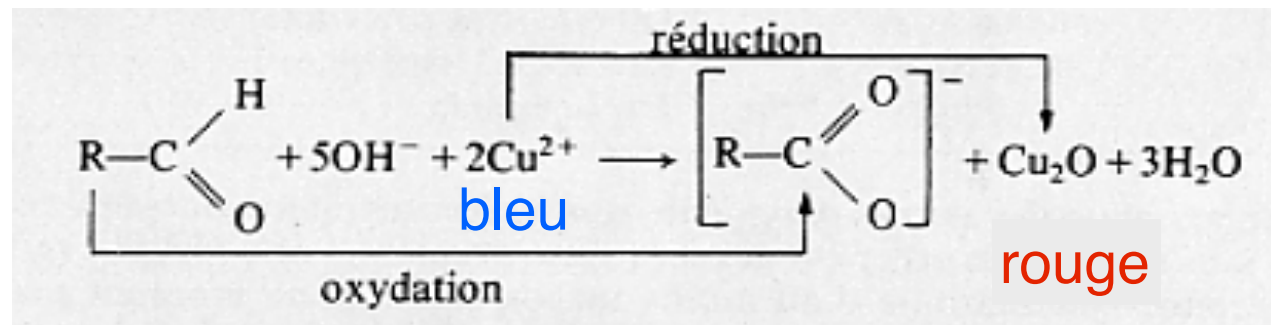
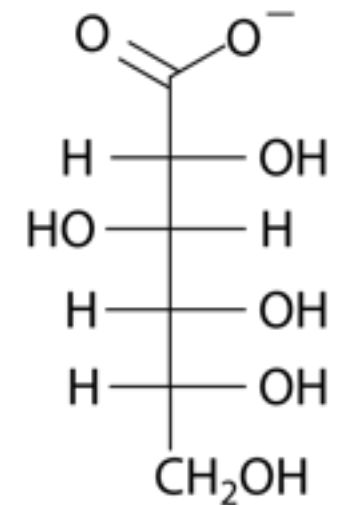
## 2. La famille des glucides

# Le glucose



Le glucose est réducteur

Le glucose est oxydé en gluconate



Le caractère réducteur des aldéhydes est mis en évidence par la liqueur de Fehling

# Représentation de Fischer

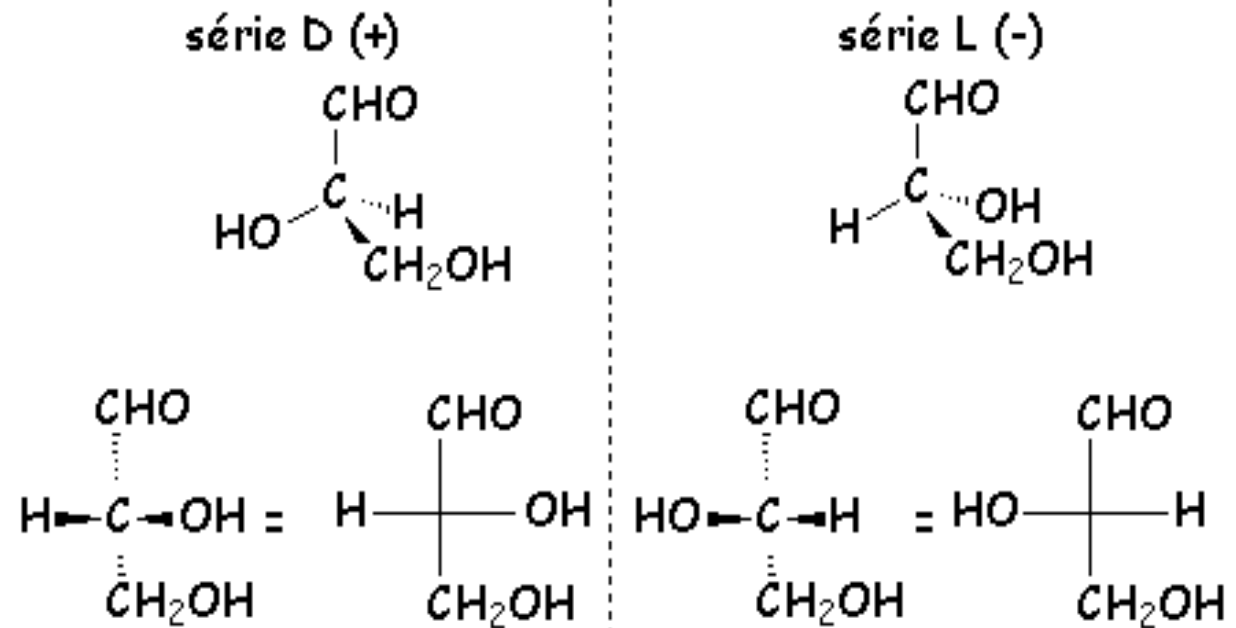
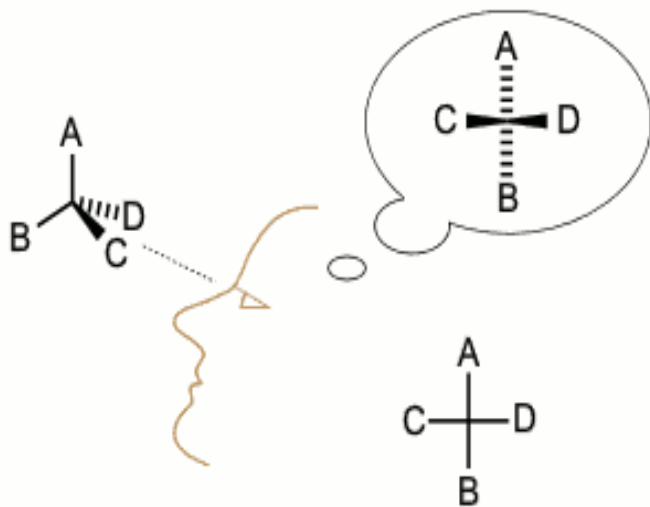


Normes de la représentation de Fischer

carbone le plus oxydé en haut

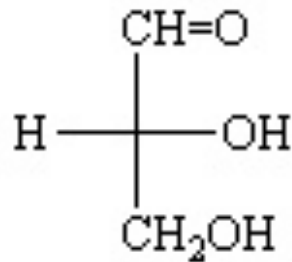
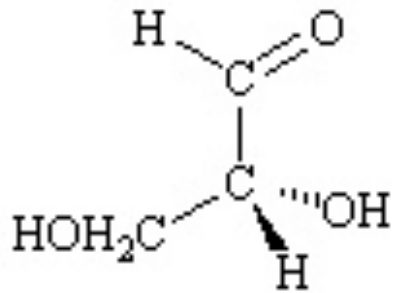
liaisons tournées vers l'observateur disposées horizontalement

liaisons tournées vers l'arrière disposées de façon verticale

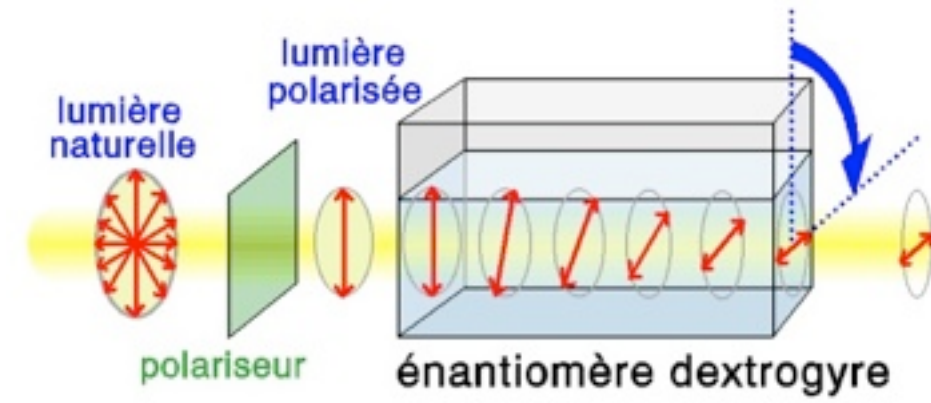


Par convention, on qualifera la molécule de forme D si la fonction OH est à droite et L si la fonction OH est à gauche.

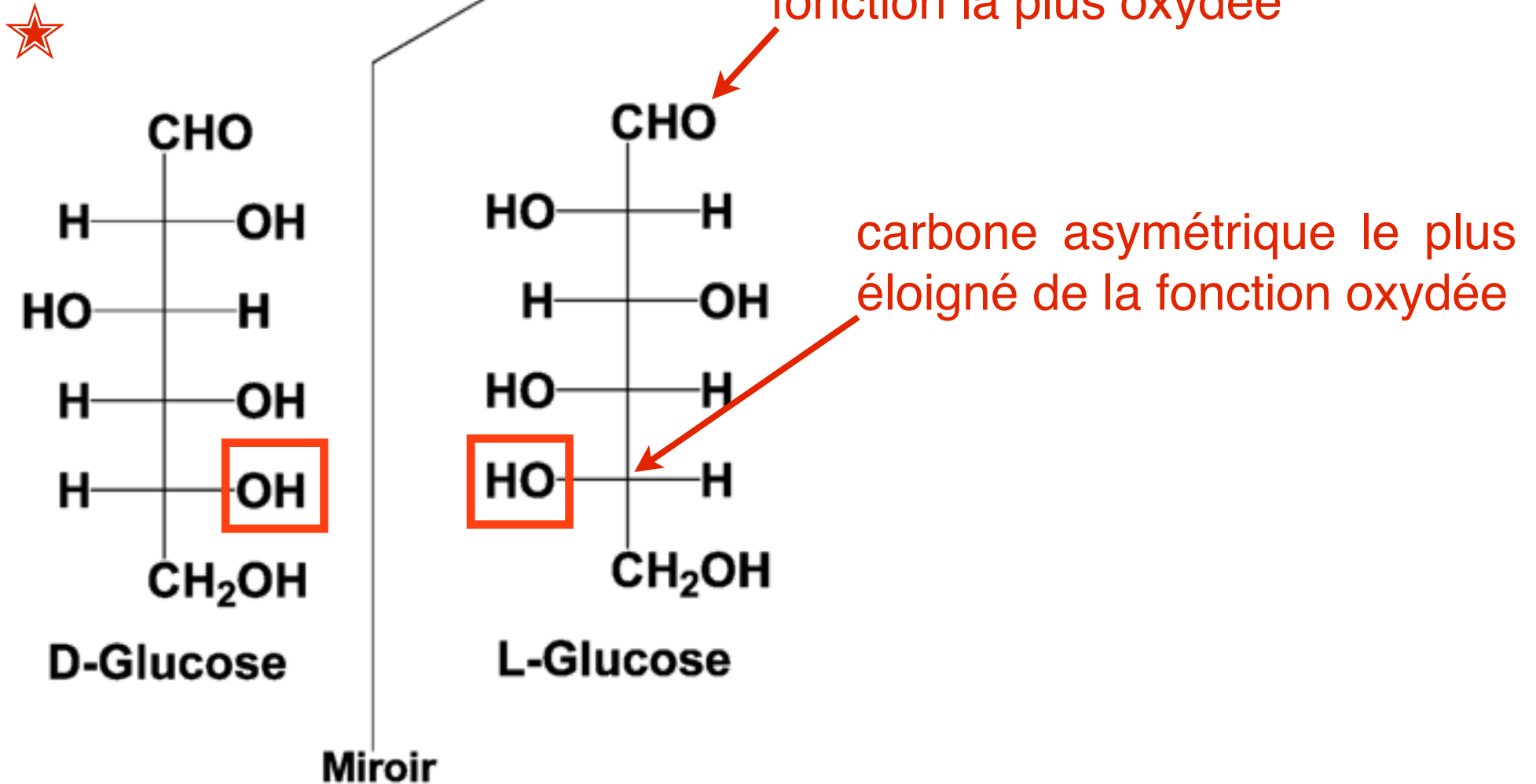
# Stéréoisomérisie : exemple du glycéraldéhyde



**D-glycéraldéhyde**



# Le glucose

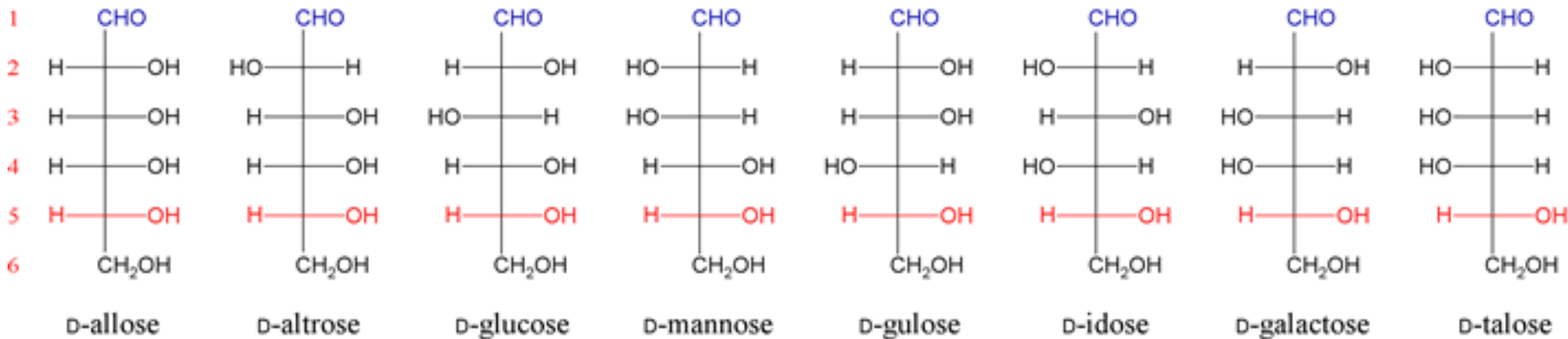


**Les glucides de la cellule sont tous des molécules D.**

# Les stéréoisomères

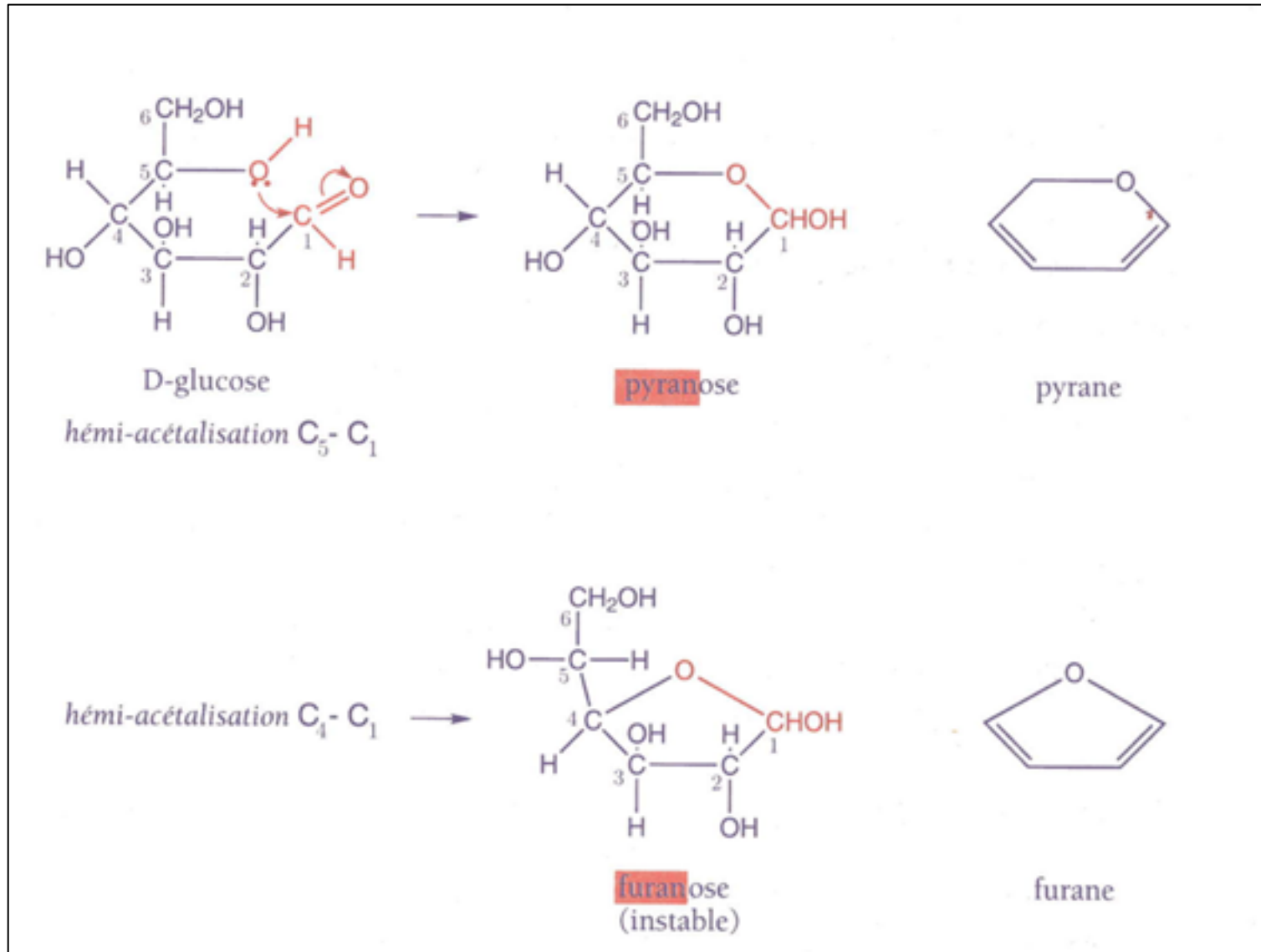


Il y a 2 isomères pour chaque C asymétrique  
aldose à 6 carbones => 4 carbones asymétriques : 8 isomères.





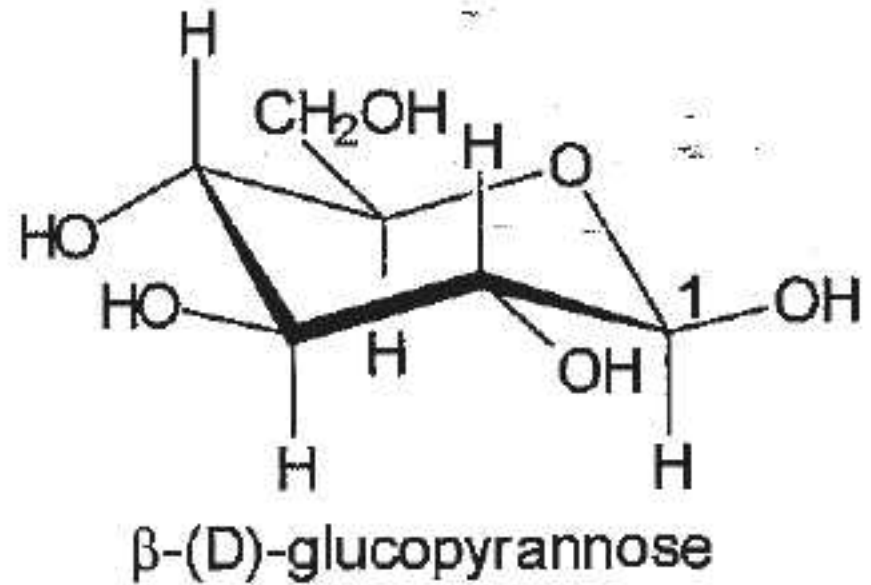
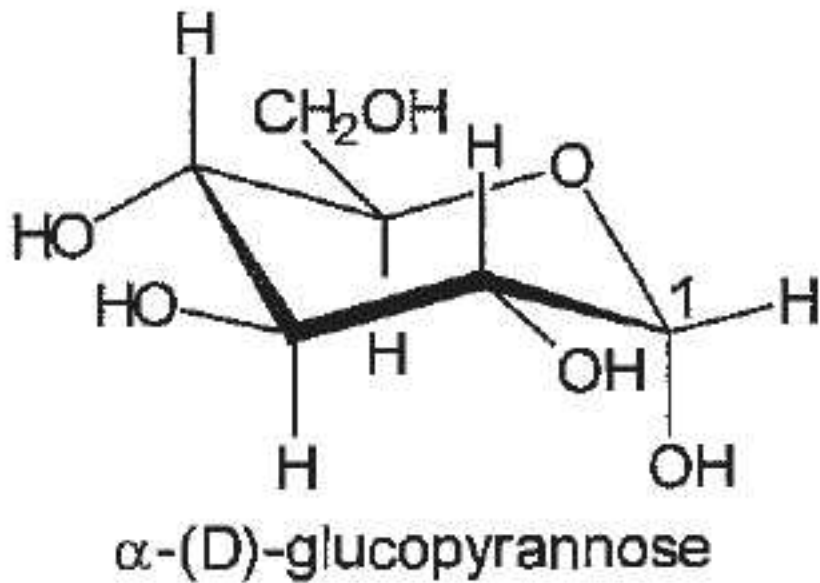
# La cyclisation du glucose



# Les anomères $\alpha$ et $\beta$



C1 = carbone anomérique



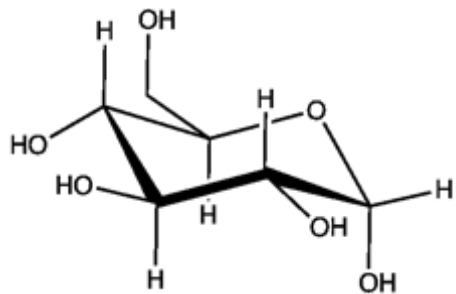
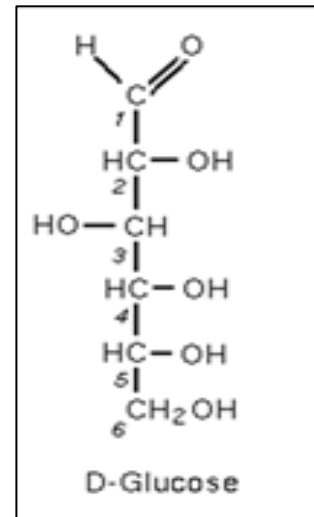
C1 : OH situé en dessous du cycle

C1 : OH situé au-dessus du cycle

# Un mélange de glucoses

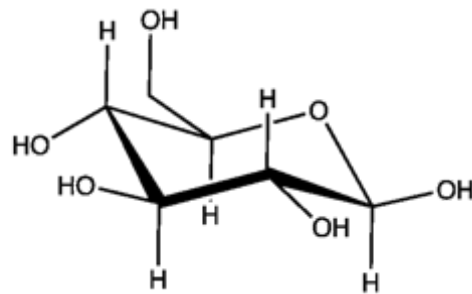


0,05 % de forme linéaire



$\alpha$ -D-Glucopyranose

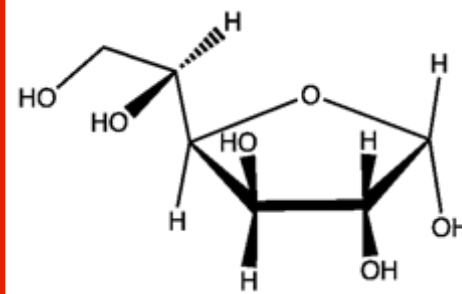
35%



$\beta$ -D-Glucopyranose

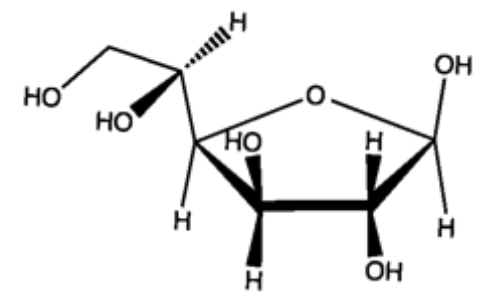
65%

Pont C1-C5 : pyranose



$\alpha$ -D-Glucofuranose

<0,5%



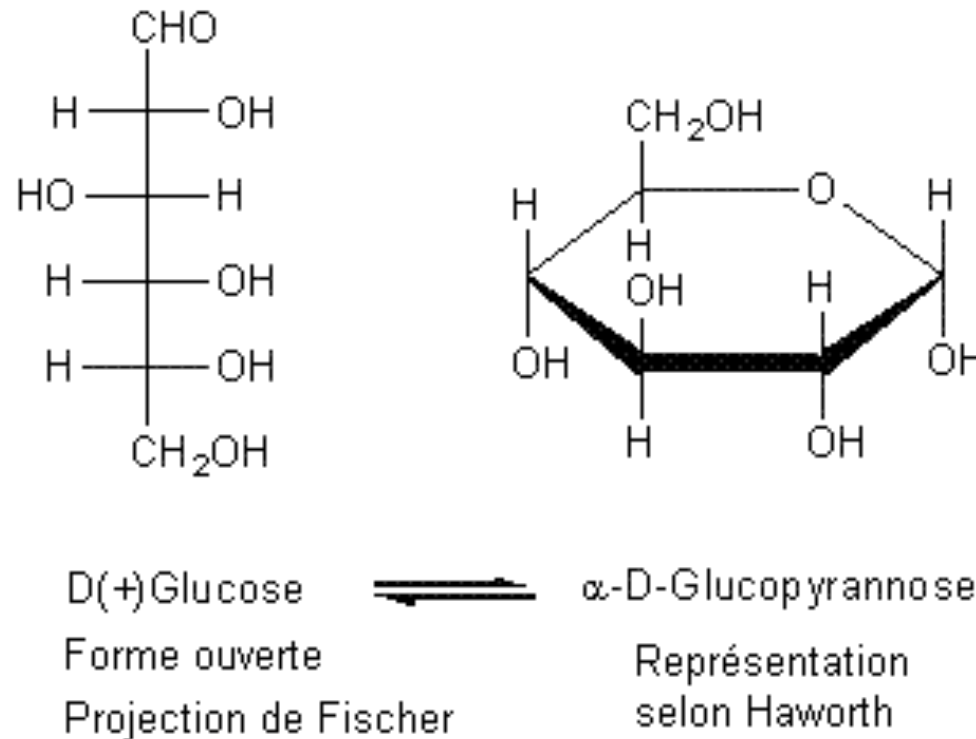
$\beta$ -D-Glucofuranose

<0,5%

Pont C1-C4 : furanose

Une forme pure en solution va évoluer vers ce mélange : c'est la **mutarotation**

# Représentation de Haworth



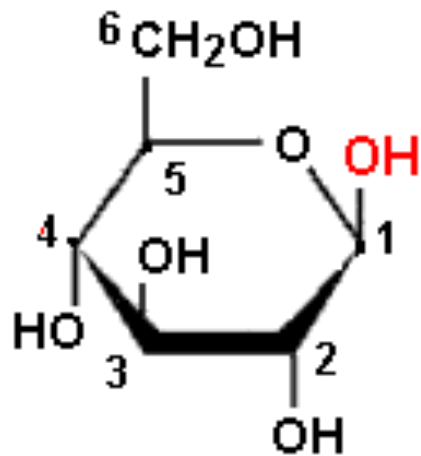
Représentation de Haworth :

- le cycle est perpendiculaire au plan de la feuille
- les OH situés à droite dans la représentation de Fischer sont dirigés vers le bas et ceux à gauche vers le haut.

$\alpha$  : OH en-dessous du cycle

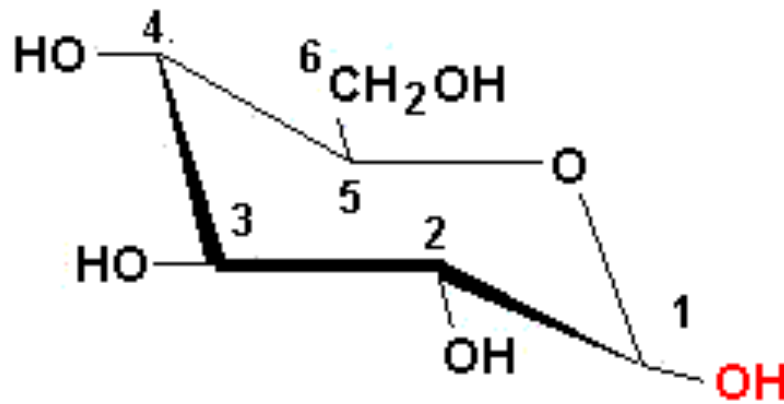
$\beta$  : OH au-dessus du cycle

# Conformation chaise et bateau



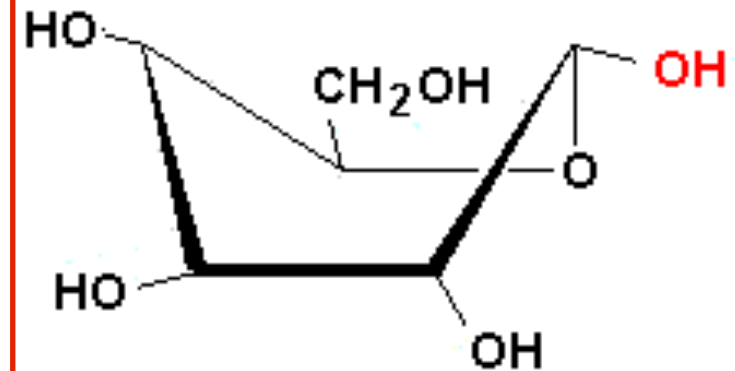
Représentation  
de Haworth

**La plus stable**



Forme chaise

$\beta$ -D-glucopyranose



Forme bateau

<http://www.takween.com/materiaux/sucres-glucides-oses.html>

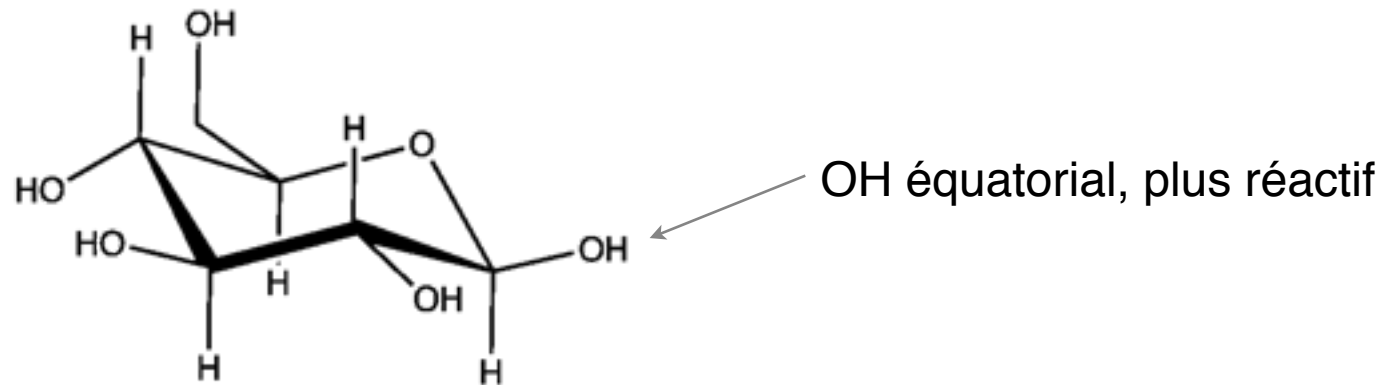
# Bilan sur le glucose



## Glucose réactif et hydrophile

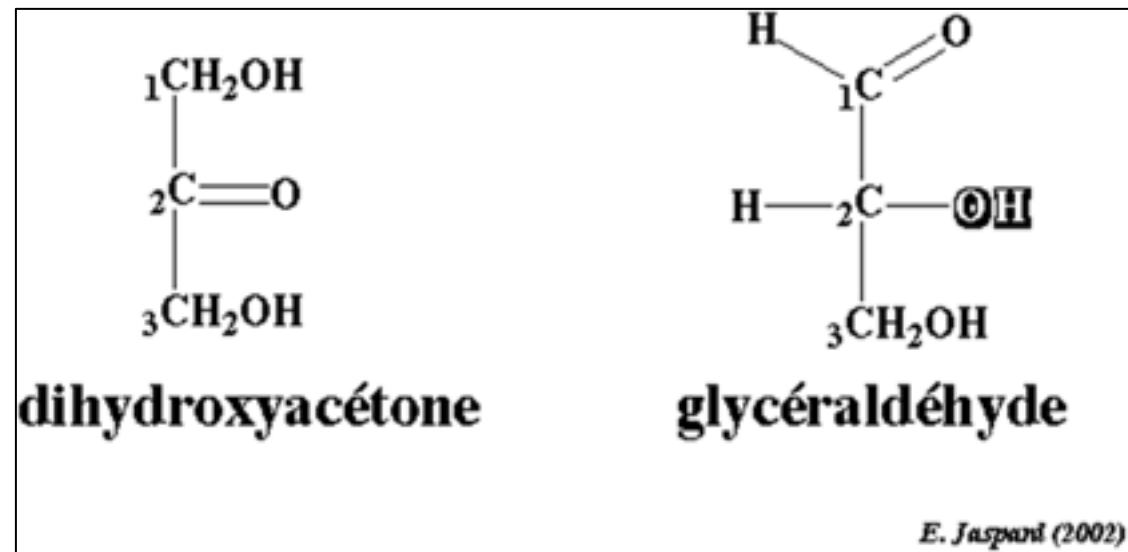
**99% de forme cyclique mais une dynamique permanente d'ouverture et fermeture du cycle**

**Forme de glucose majoritaire =  $\beta$ -D-glucopyranose**



**$\beta$ -D-Glucopyranose**

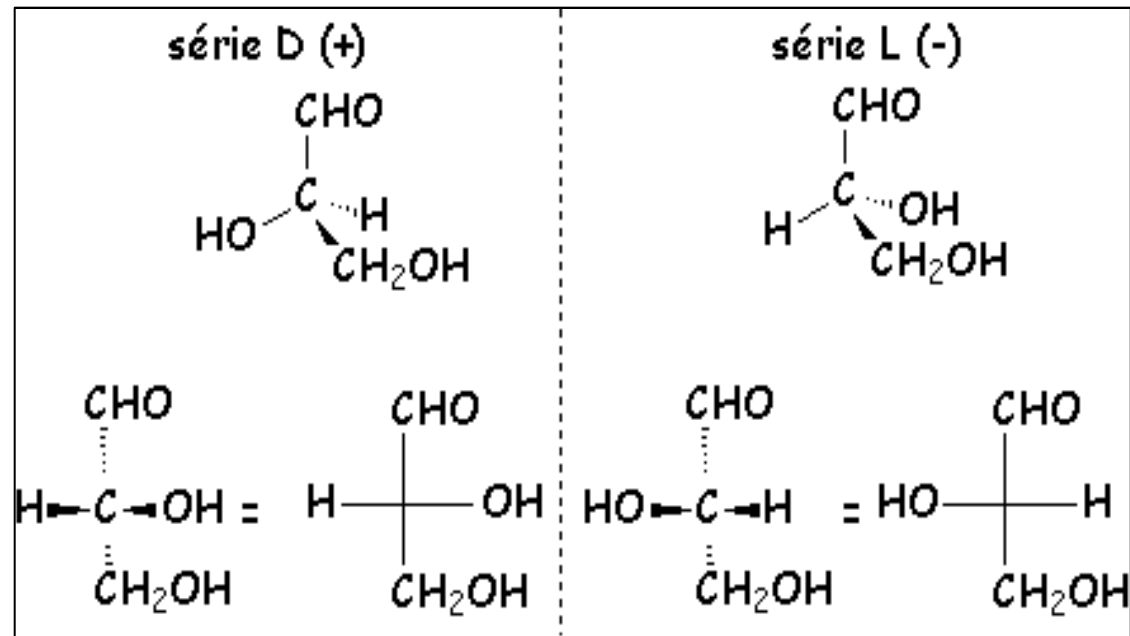
# De petits oses : DHA et glycéraldéhyde



**glucides car groupements OH et une fonction C=O**

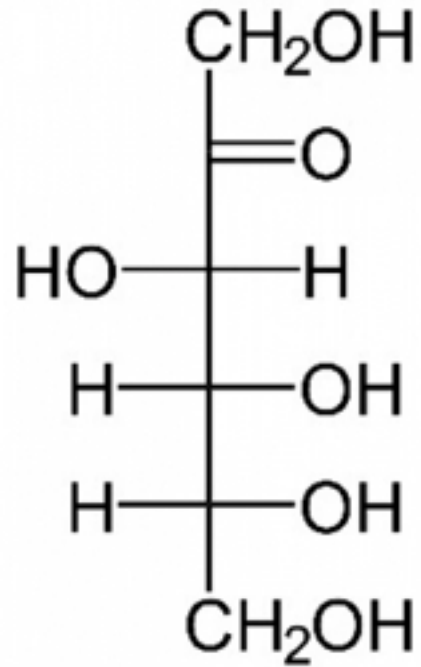
Carbones asymétriques ? quels énantiomères ?  
dessiner les deux énantiomères en représentation de Fischer

# Le glycéraldéhyde

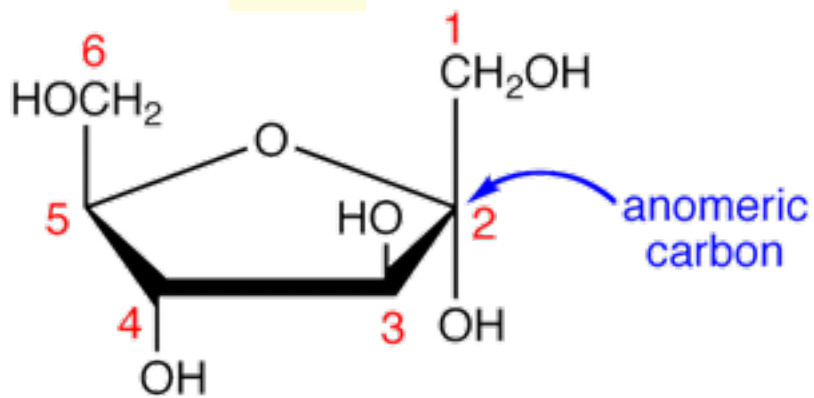




# Le fructose

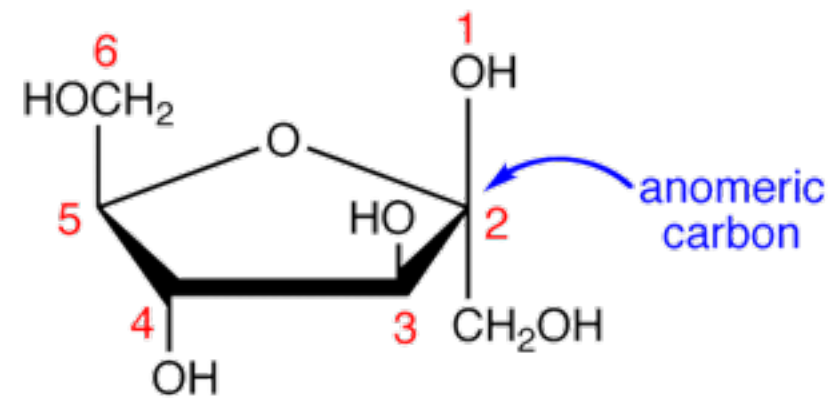


20%



$\alpha$ -D-fructofuranose

70%

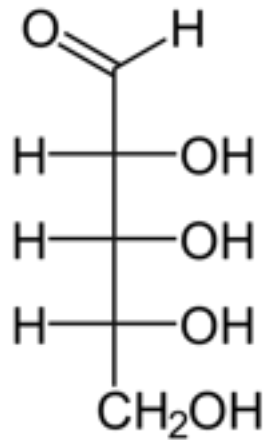


$\beta$ -D-fructofuranose

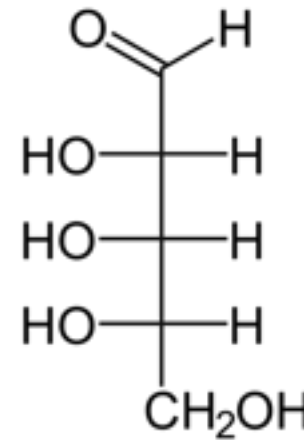
# Ribose et désoxyribose



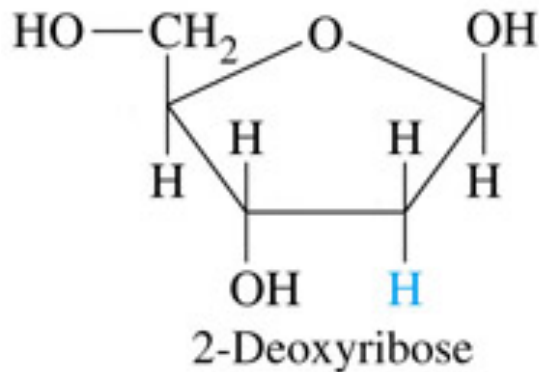
13,5 %  $\beta$ -D-ribofuranose  
 6,5 %  $\alpha$ -D-ribofuranose  
 21,5 %  $\alpha$ -D-ribopyranose  
 58,5 %  $\beta$ -D-ribopyranose  
 1 % linéaire



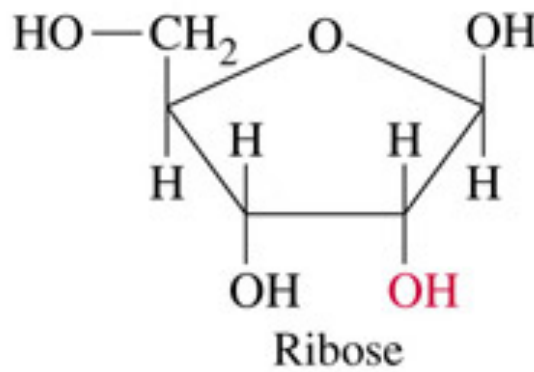
D-Ribose



L-Ribose

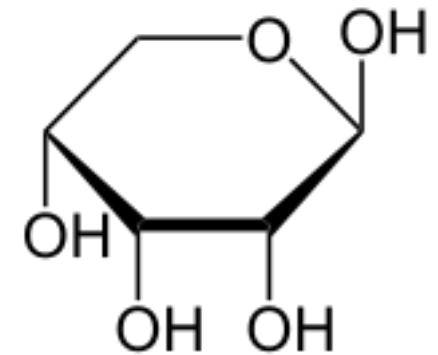


$\beta$ -D-désoxyribofuranose



$\beta$ -D-ribofuranose

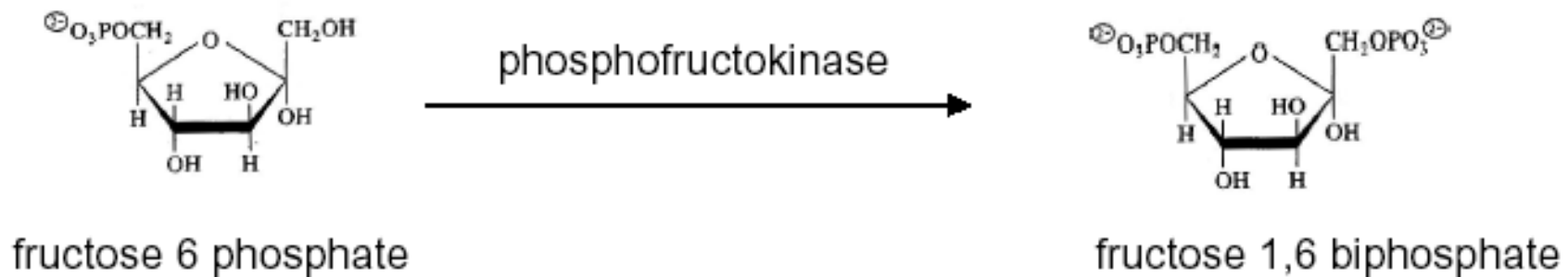
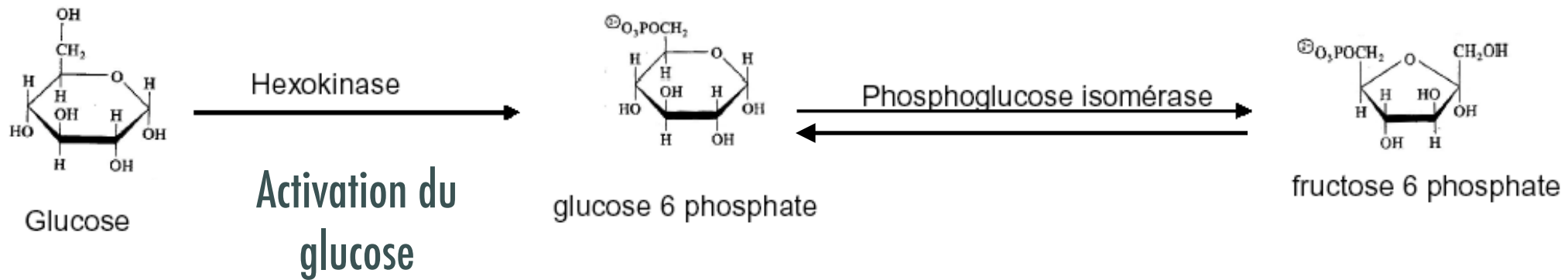
les formes majoritaires dans les  
acides nucléiques



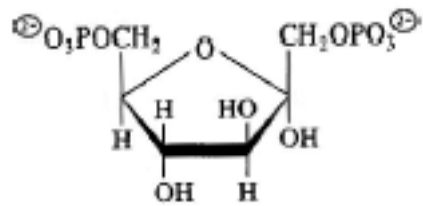
$\beta$ -D-ribopyranose

la forme majoritaire  
en solution

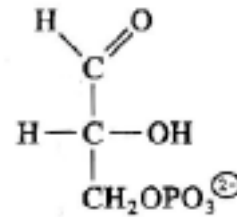
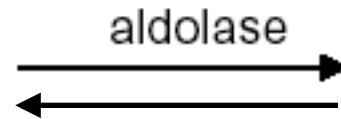
# Des glucides liés entre eux par des réactions



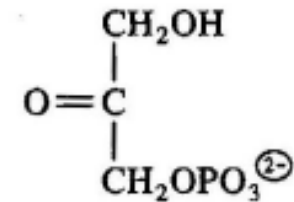
# Des liens chimiques entre glucides



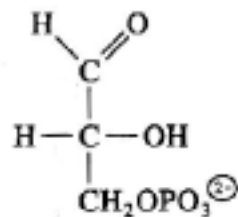
fructose 1,6 biphosphate



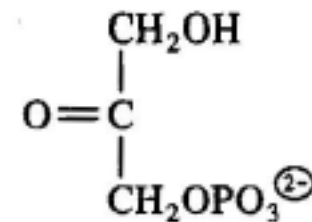
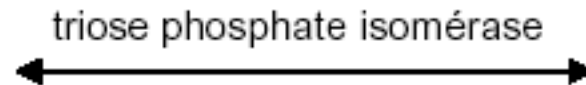
glycéraldéhyde 3 phosphate



+ dihydroxyacétone phosphate

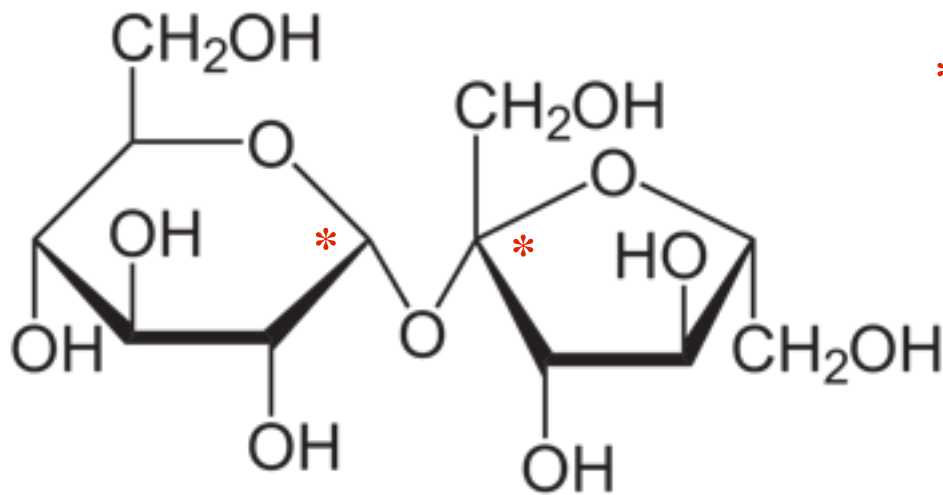
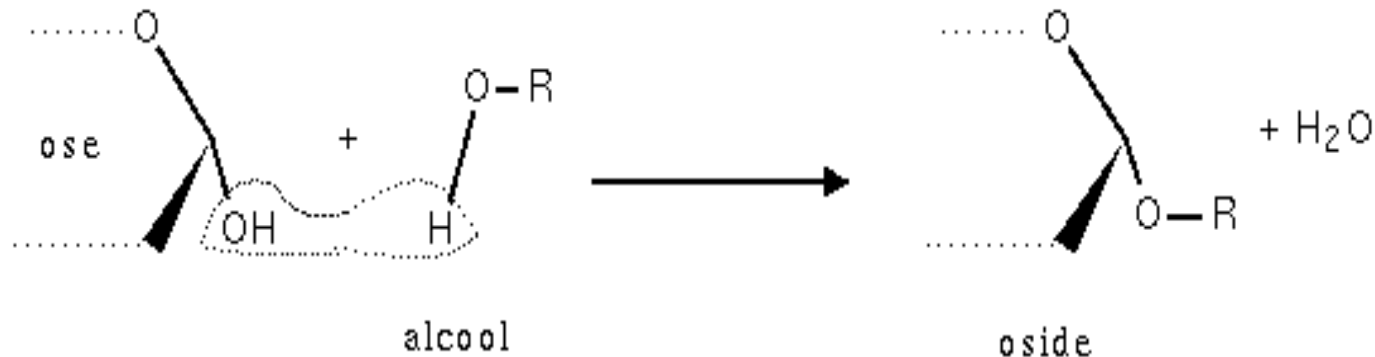


glycéraldéhyde 3 phosphate



dihydroxyacétone phosphate

# La liaison osidique : cas du saccharose



\* carbone anomérique

**Les 2 carbones anomériques sont impliqués dans la liaison osidique donc les cycles ne peuvent plus s'ouvrir et mettre au jour les fonctions aldéhydes et cétones donc le sucre n'est plus réducteur**

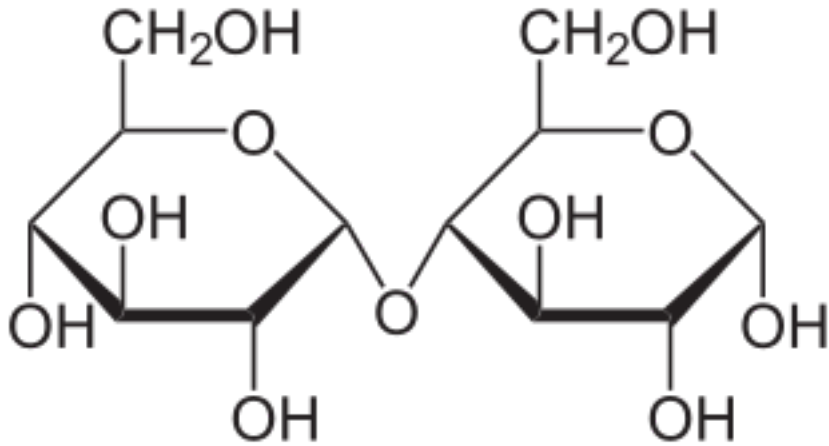
Saccharose =  $\alpha$ -D-glucopyranosyl- $\beta$ -D-fructofuranoside

Liaison C1 du glucose - C2 du fructose

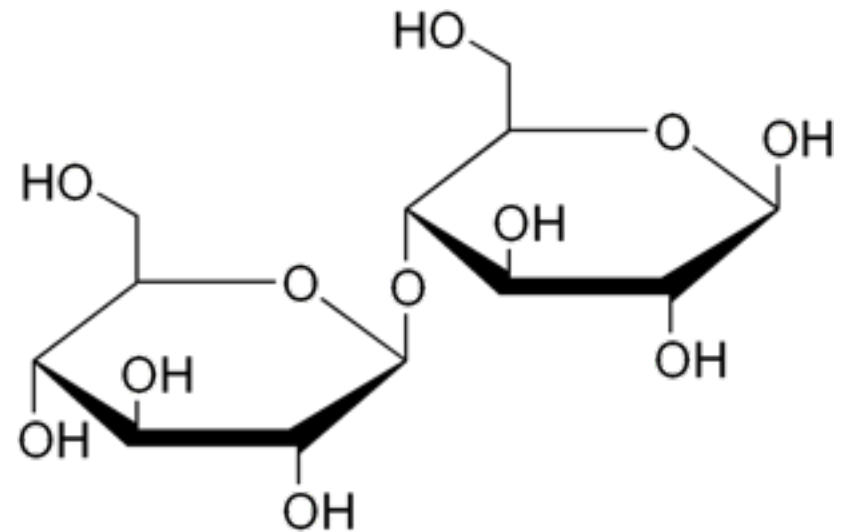
# Maltose, cellobiose et lactose



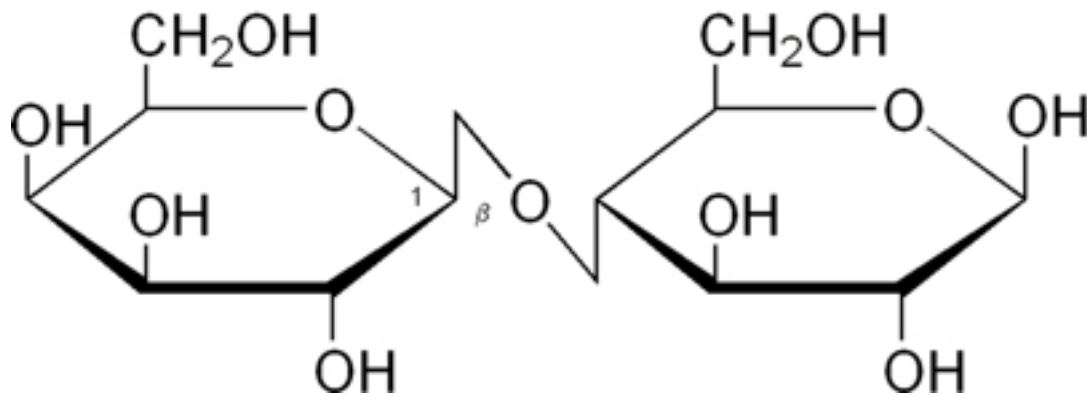
Maltose



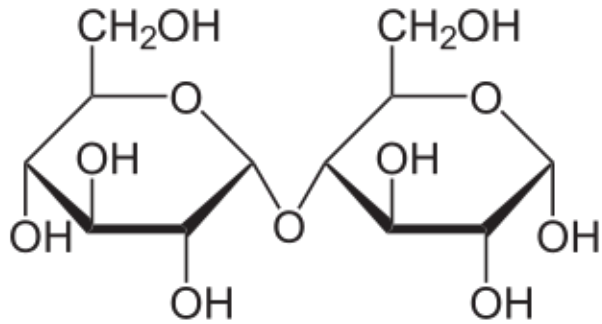
Cellobiose



Lactose

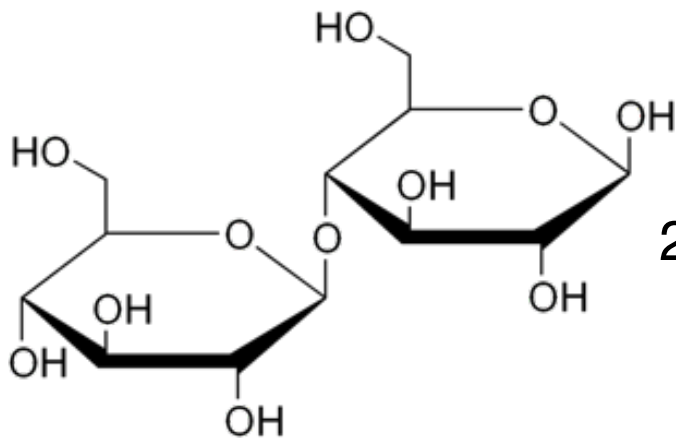


# Maltose, cellobiose et lactose



## Maltose

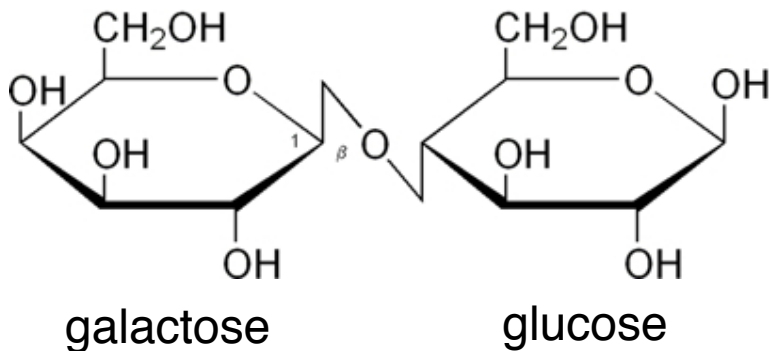
2  $\alpha$ -D-glucopyranoses reliés en  $\alpha$ 1-4, sucre réducteur



## Cellobiose

2  $\beta$ -D-glucopyranoses reliés en  $\beta$  1-4, sucre réducteur

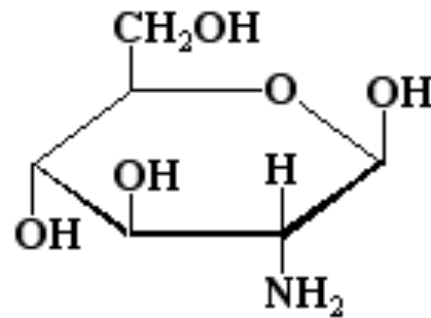
## Lactose



## Lactose

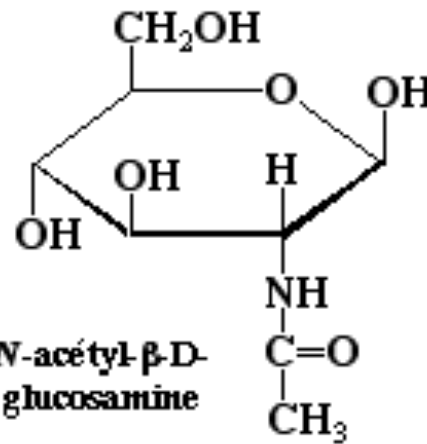
1  $\beta$ -D-glucopyranose et 1  $\beta$ -D-galactopyranose reliés en  $\beta$  1-4, sucre réducteur

# Des dérivés d'oses



**$\beta$ -D-glucosamine**

*E. Jaspard (2008)*



***N*-acetyl- $\beta$ -D-glucosamine**

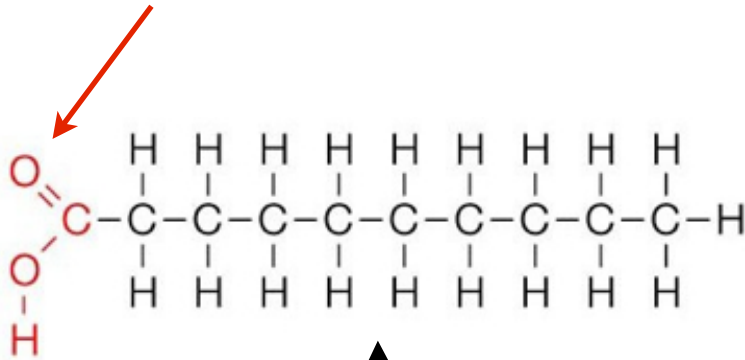


# 3. La famille des lipides

# Des molécules hydrophobes



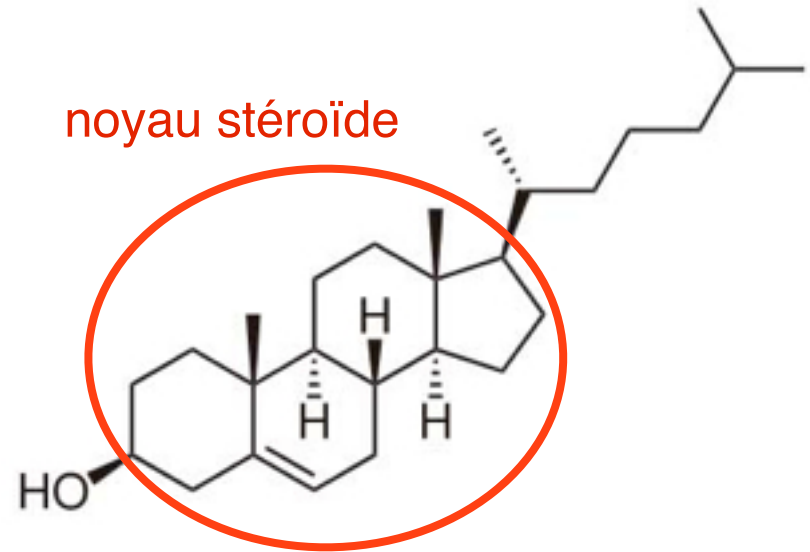
Fonction acide, hydrophile



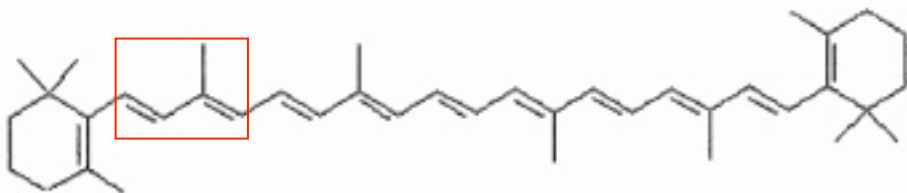
Chaîne carbonée, hydrophobe

**Acide gras saturé**

noyau stéroïde



**Cholestérol**

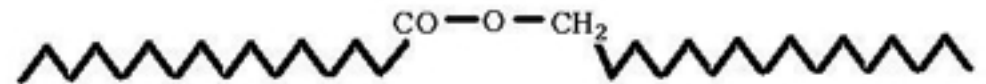


**β-carotène (C<sub>40</sub>)**

Ester

Acide palmitique  
16 carbones

Alcool cétylique  
16 carbones



Palmitate de cétyle  
"Blanc de baleine"

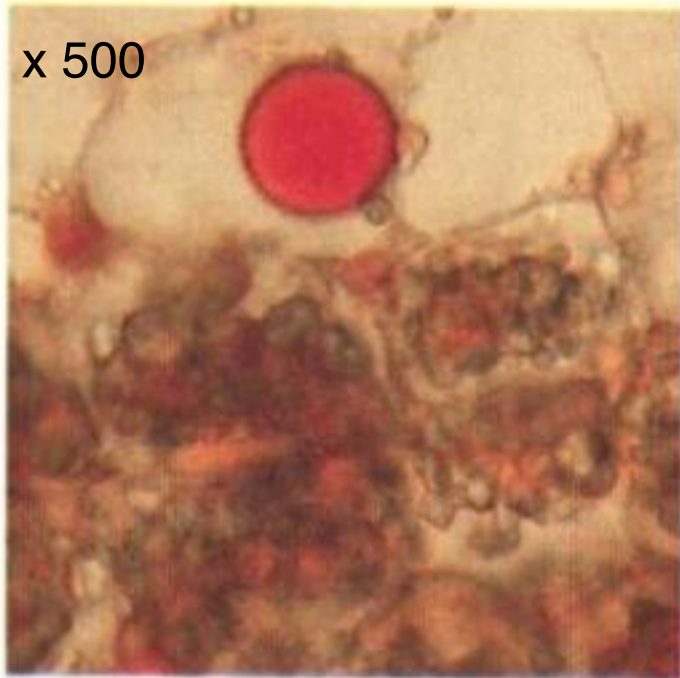
**Céride**

# Le tissu adipeux, réserve de triglycérides

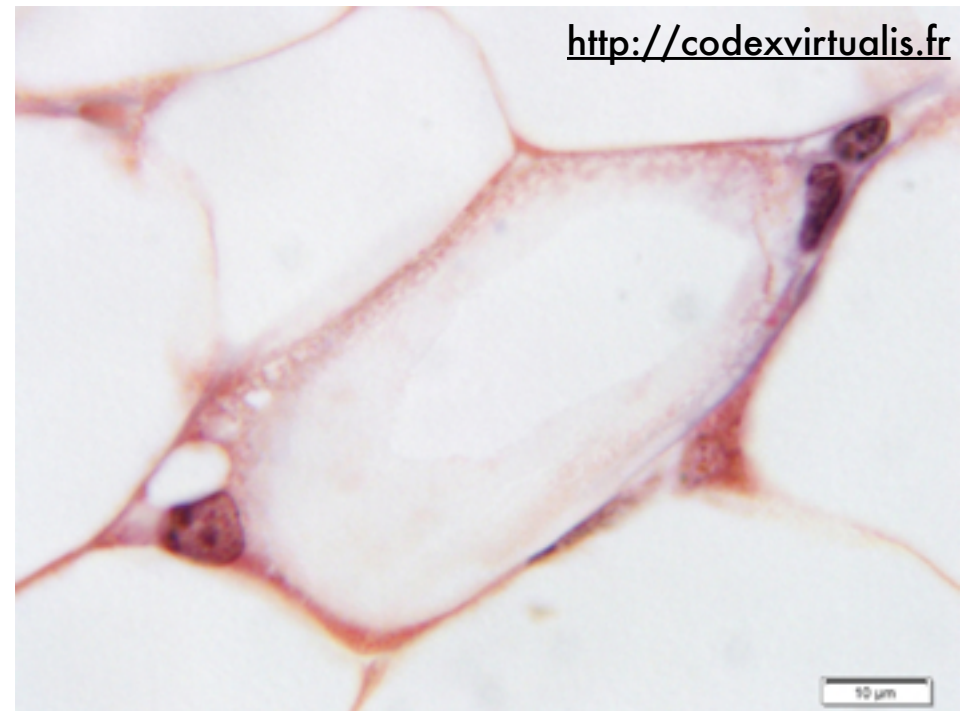


coloration au rouge Soudan III

x 500



Réserve de graine de Noix



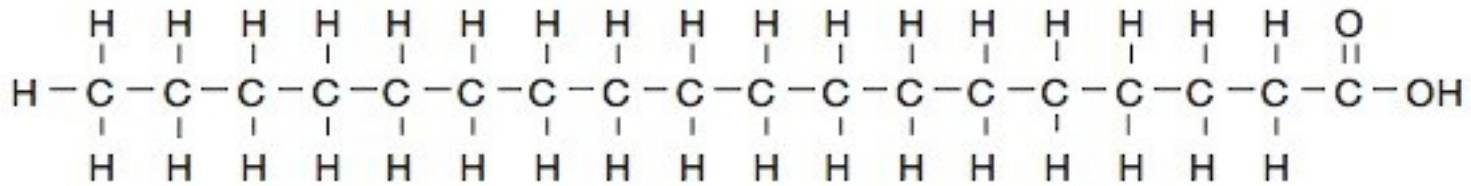
**Tissu adipeux de souris**

adipocyte rempli par une  
gouttelette lipidique

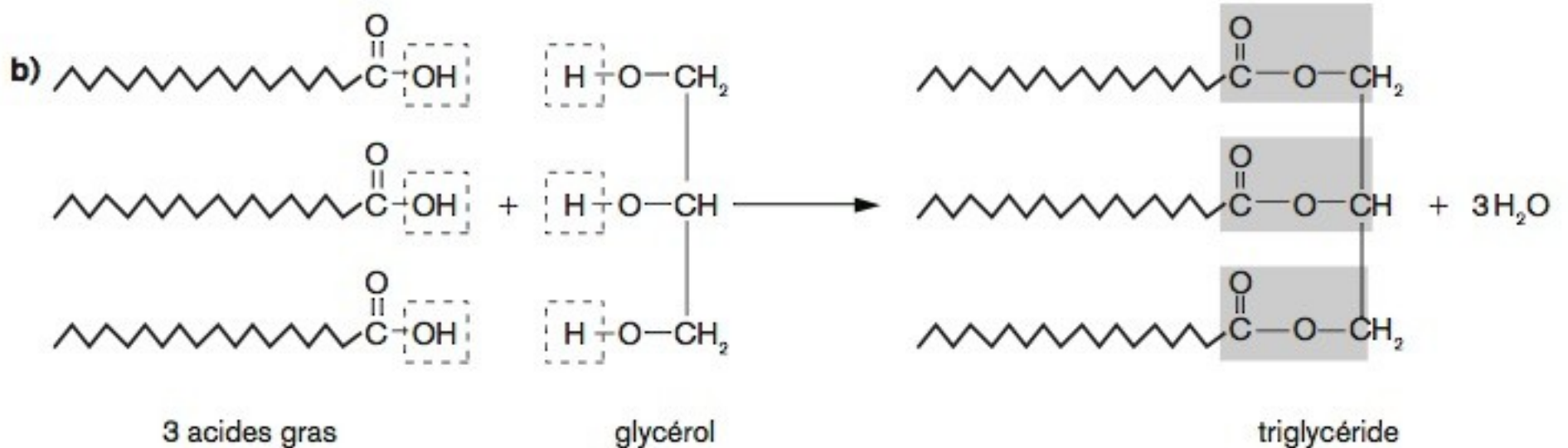
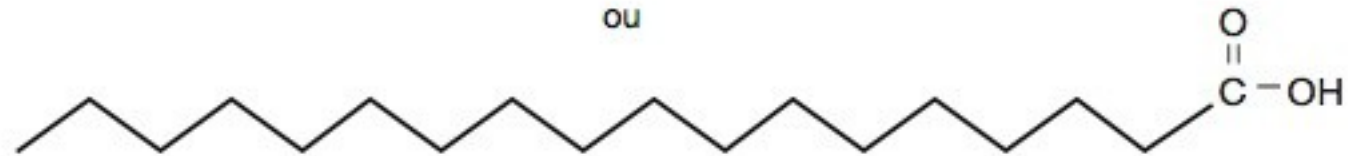
# Les dérivés du glycérol : triglycérides

## Acide stéarique

★ a)



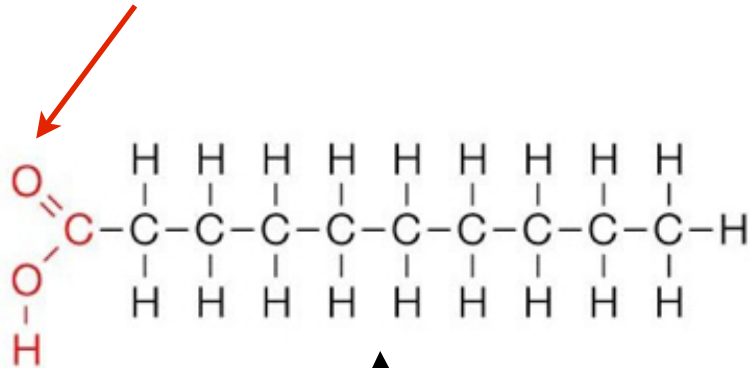
ou



# Les acides gras des TG

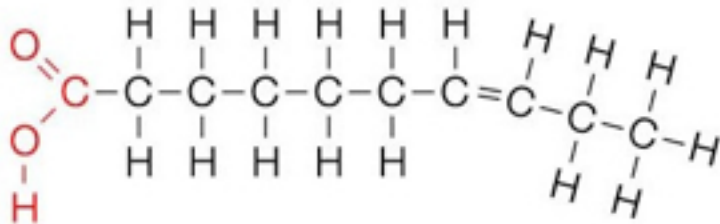
★ Acides gras linéaires, non ramifiés, à nombre pair de carbones

Fonction acide, hydrophile



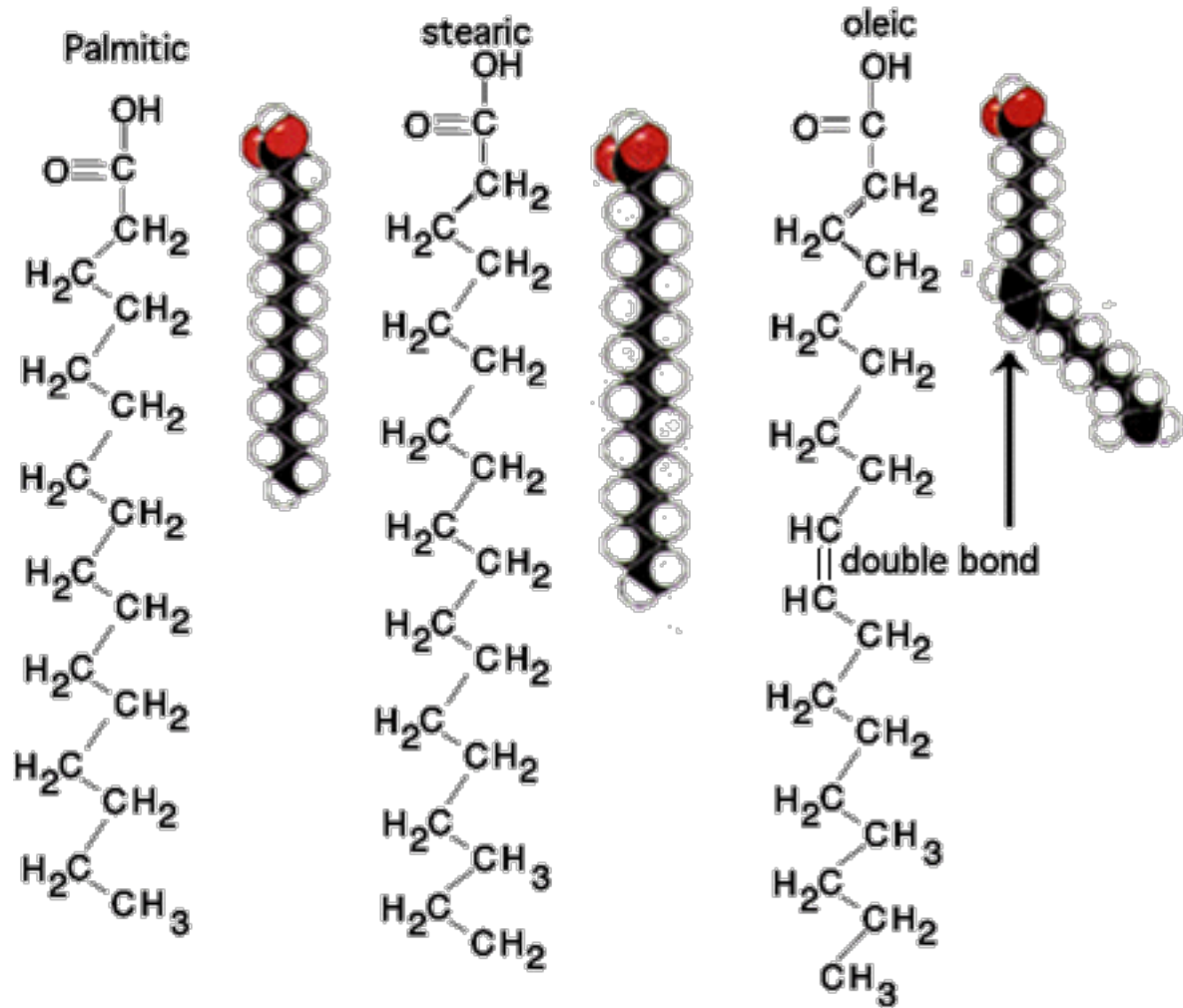
Chaîne carbonée, hydrophobe

Acide gras saturé



Acide gras insaturé

double liaison => coude



Longue chaîne carbonée

# Les phosphoglycérides

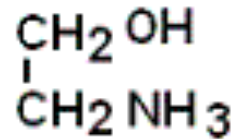


estérifié par 1  
phosphate

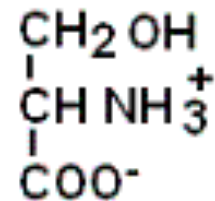
Glycérol

phosphate  
portant un  
groupement R

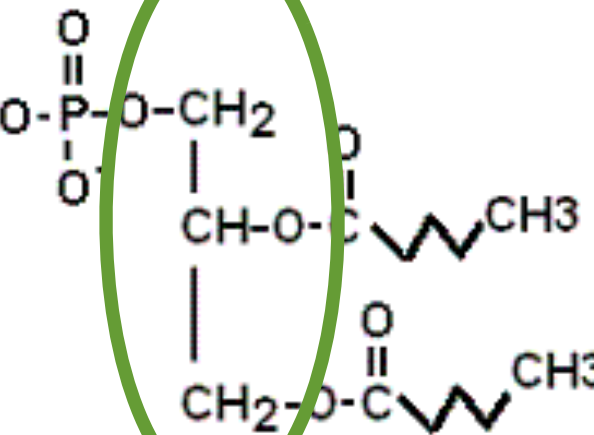
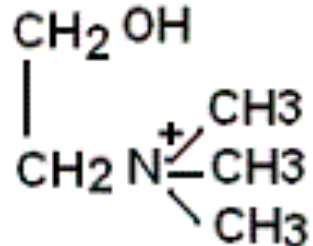
**Ethanolamine**



**Sérine**



**Choline**

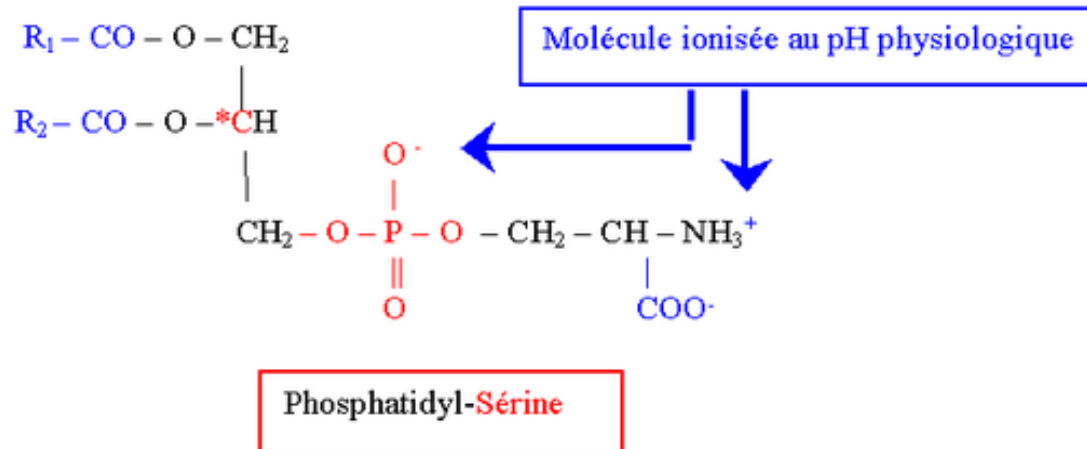
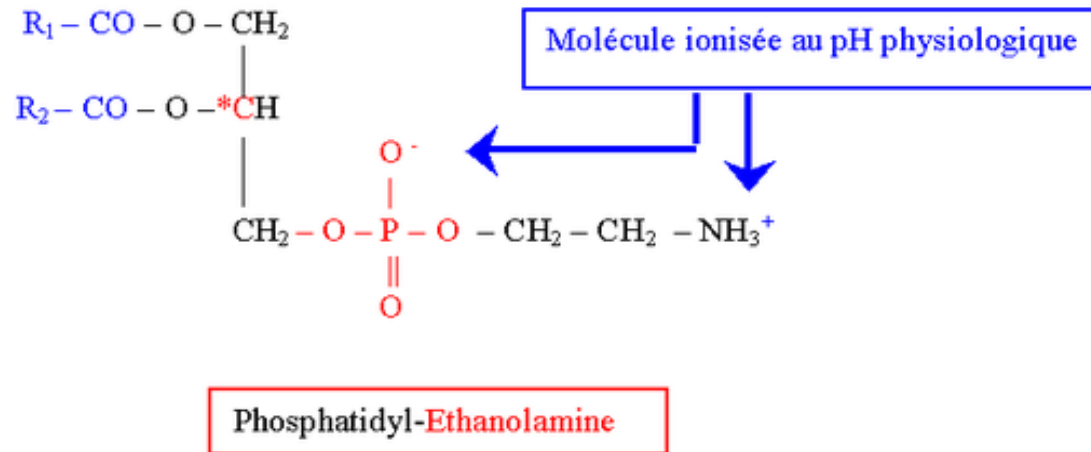


Acide phosphatidique

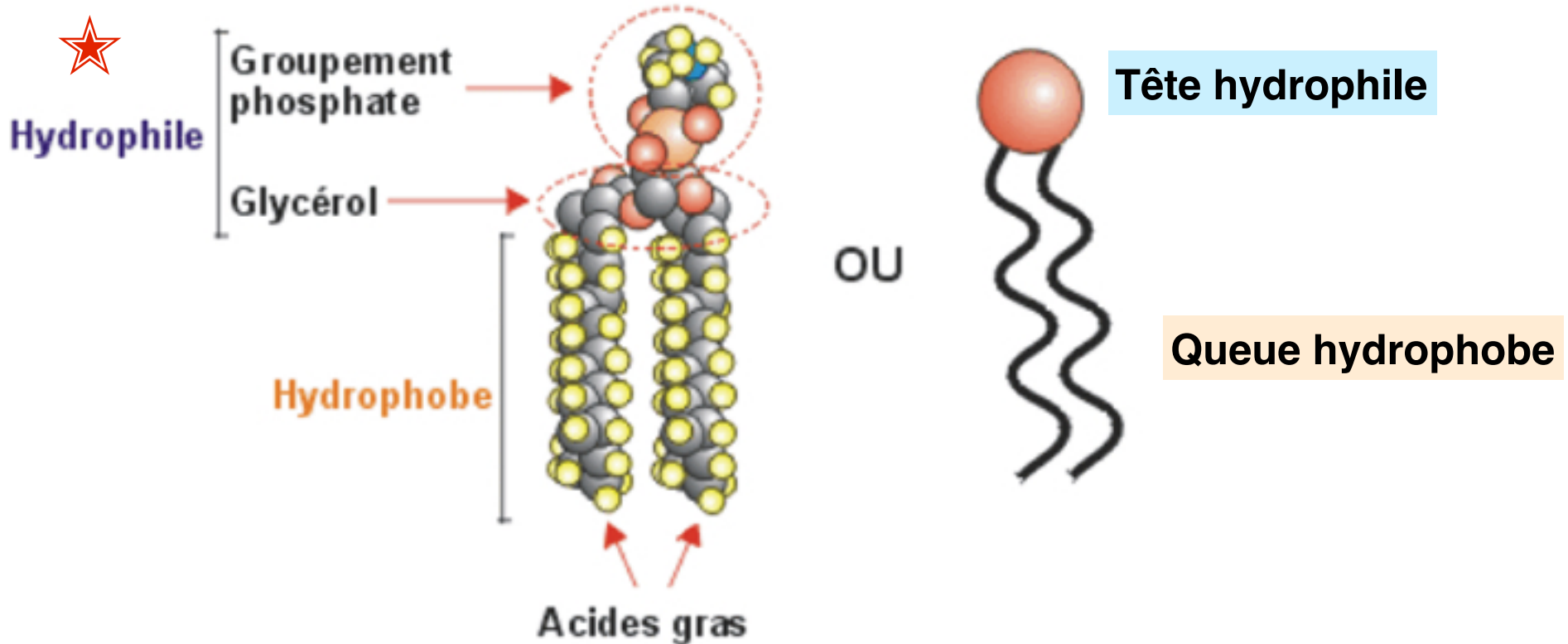
(Phospholipide)

estérifié par 2  
acides gras

# Des phospholipides membranaires fréquents



# Propriété amphiphile

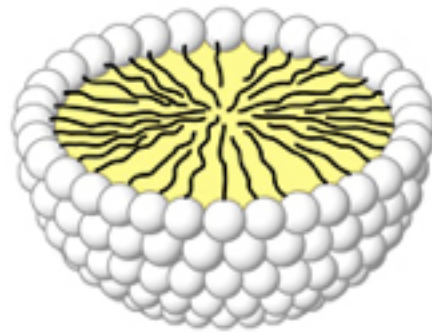


Acide gras	Représentation abrégée*	Point de fusion (en °C)
Stéarique	C <sub>18:0</sub>	69,6
Oléique	C <sub>18:1</sub>	16,3
Linoléique	C <sub>18:2</sub>	-5,0
Linoléinique	C <sub>18:3</sub>	-11,0
Arachidonique	C <sub>20:4</sub>	-49,5

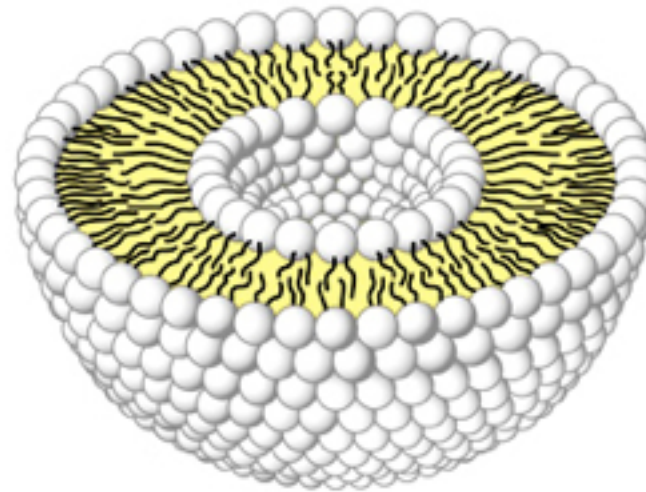
\* Le premier indice se rapporte au nombre d'atomes de carbone, le second à celui des doubles liaisons



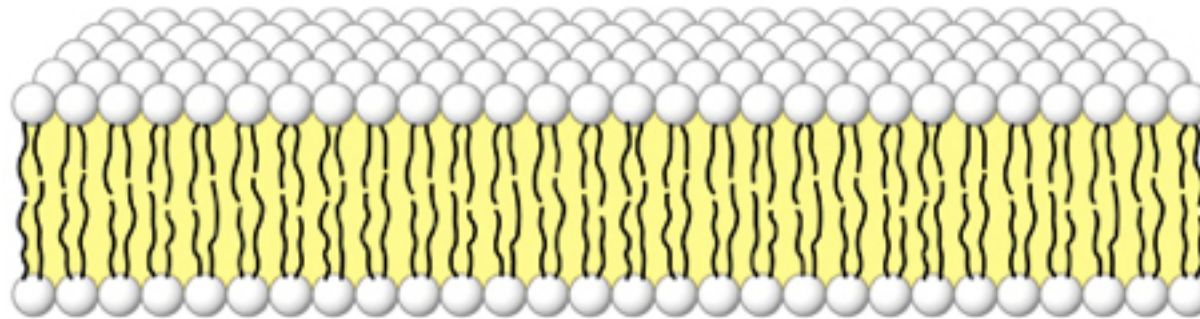
# Conséquence : agencement



Micelle



Liposome



Bicouche de phospholipides

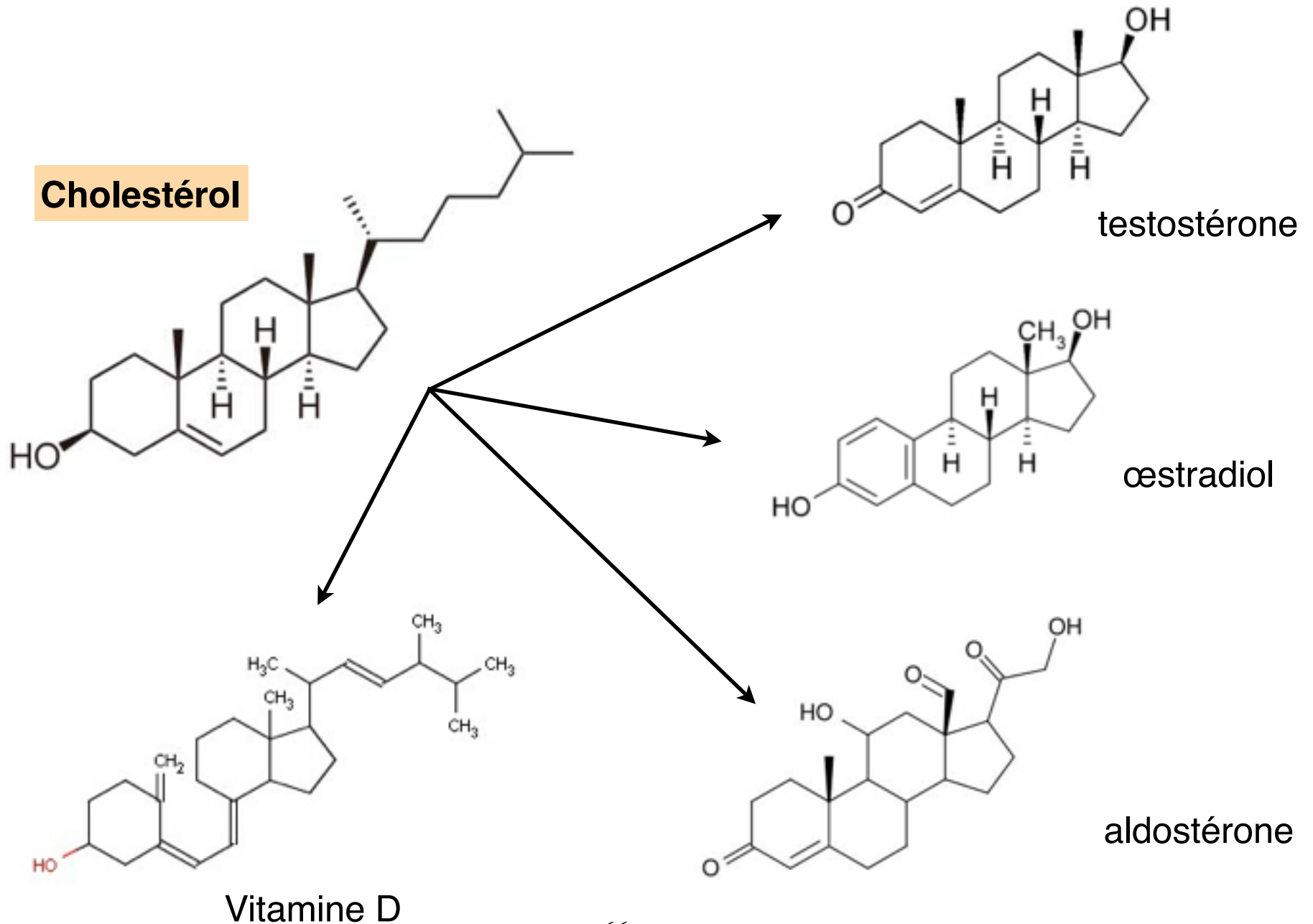
Les phospholipides ont tendance à se regrouper sous forme de micelle ou en deux couches

(<http://fig.cox.miami.edu/~cmallery/255/255chem/mcb2.20.micelle.jpg>)

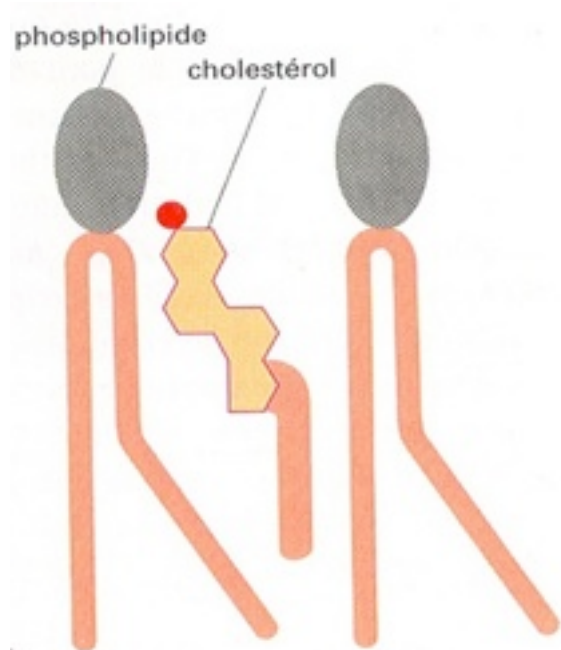
# Le cholestérol et ses dérivés



**Cholestérol**



# Le cholestérol dans les membranes

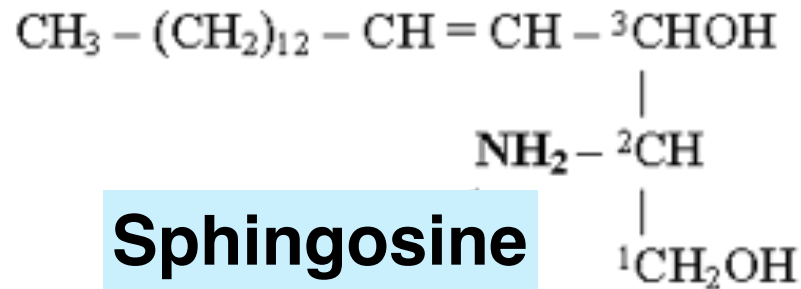


**Le cholestérol diminue la fluidité des membranes**

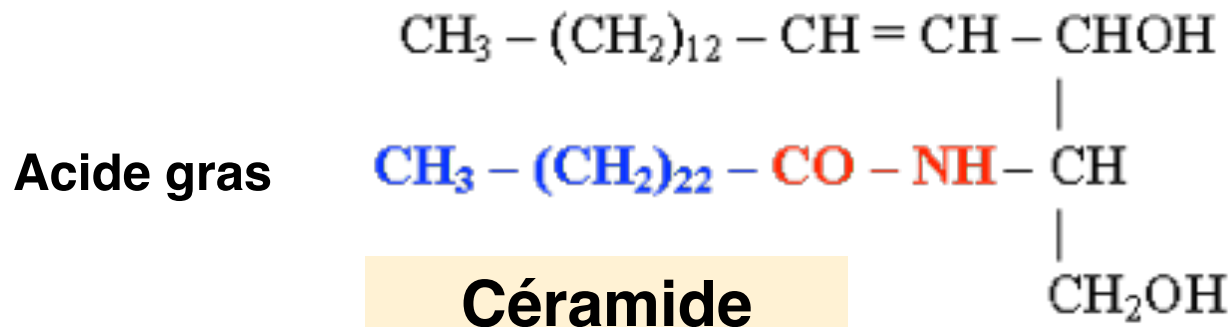
# D'autres lipides membranaires



**Pas de glycérol mais une sphingosine comme base**

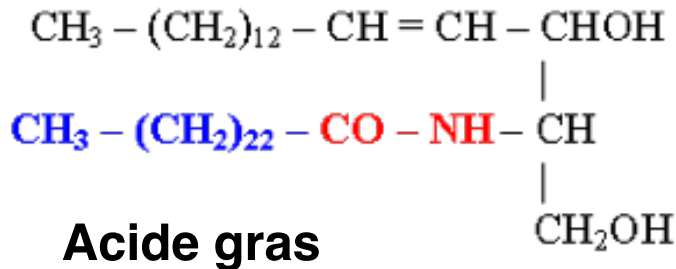


**liaison d'un acide gras sur  
le NH<sub>2</sub> du carbone C2 =  
liaison peptidique**



# D'autres lipides membranaires

## ✿ À partir de céramide : sphingomyéline ou glycolipide



Céramide

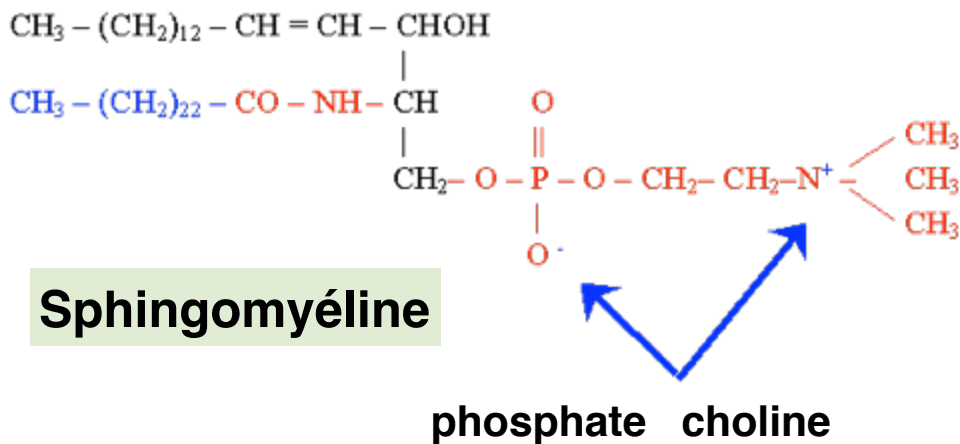
liaison à un phosphate + choline

Sphingomyéline

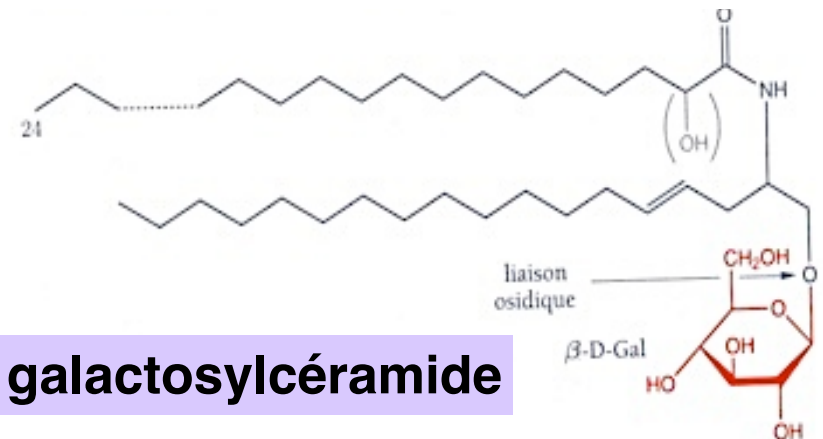
ou

liaison osidique avec un glucide

Glycolipide

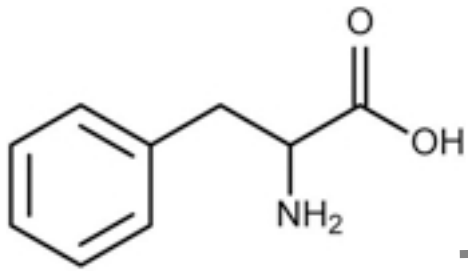


Rôle d'isolant électrique (axones)

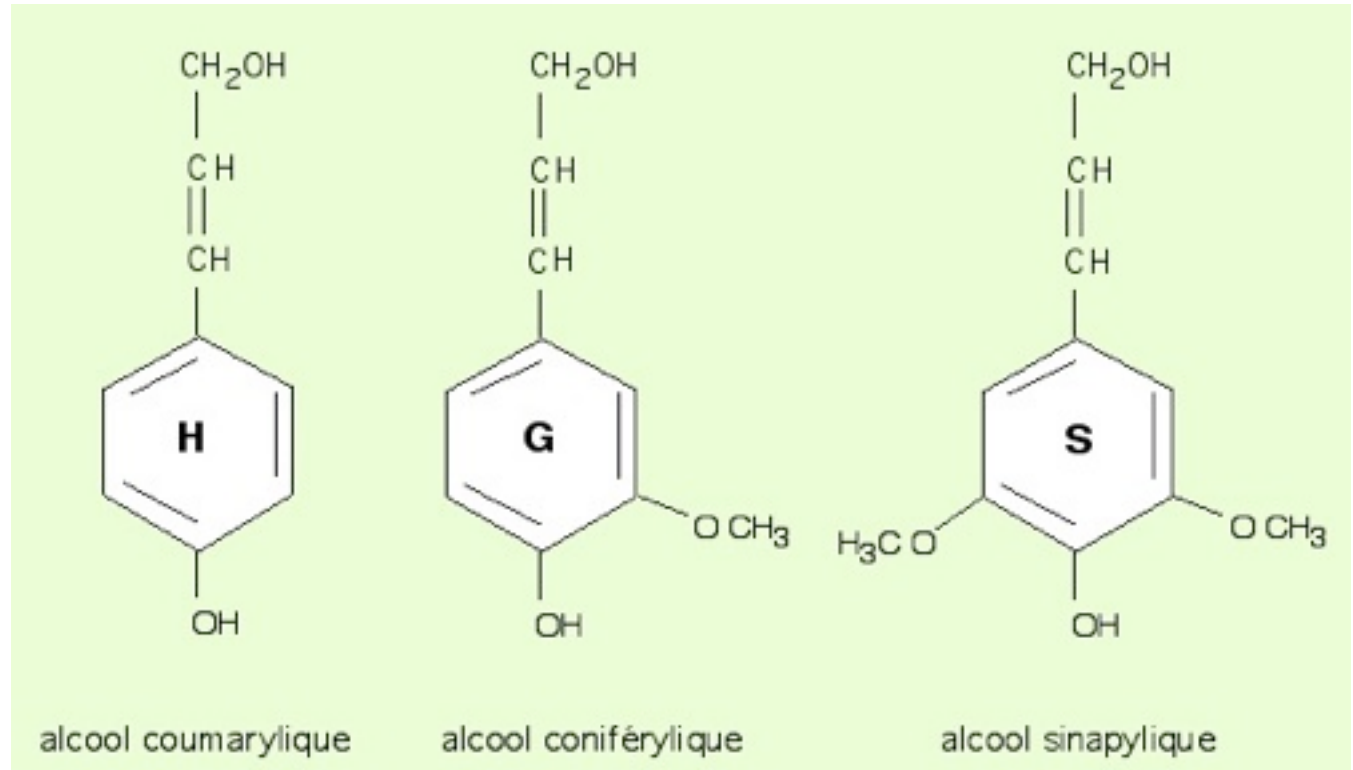


Rôle de reconnaissance membranaire

# Les monolignols

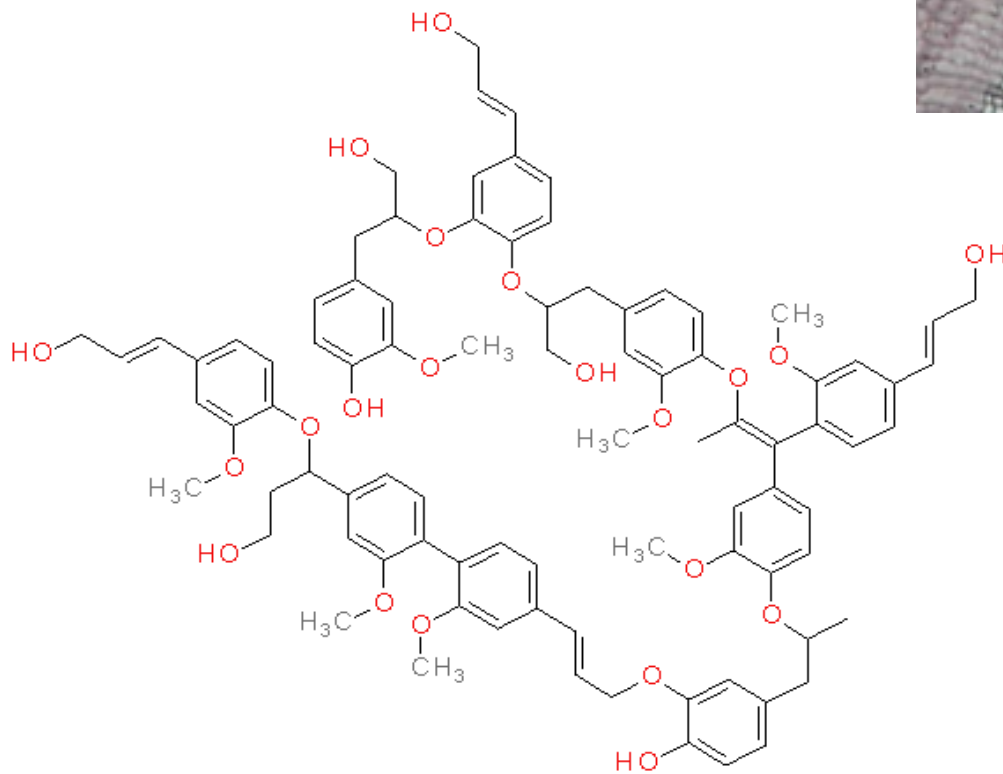
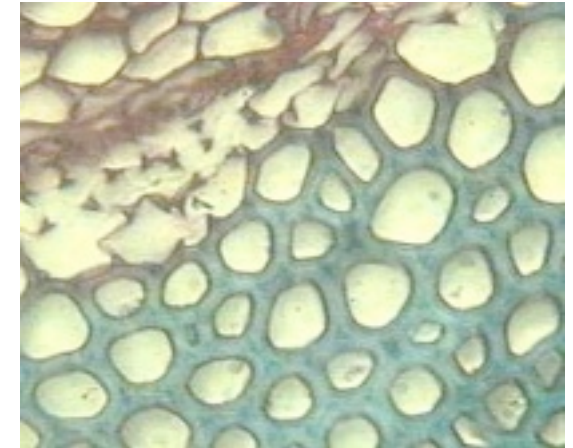
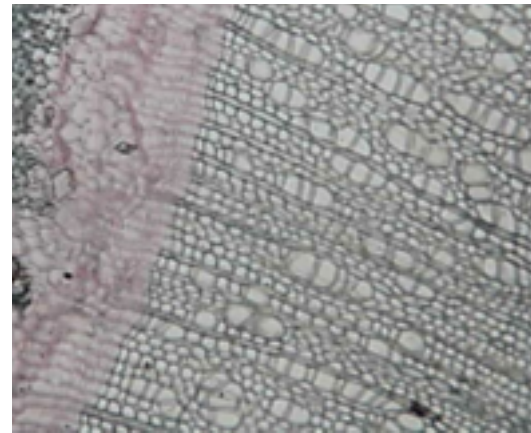


Acide aminé  
phénylalanine



monolignols

# Polymérisation en lignine



Rend les tissus  
végétaux  
résistants et  
hydrophobes

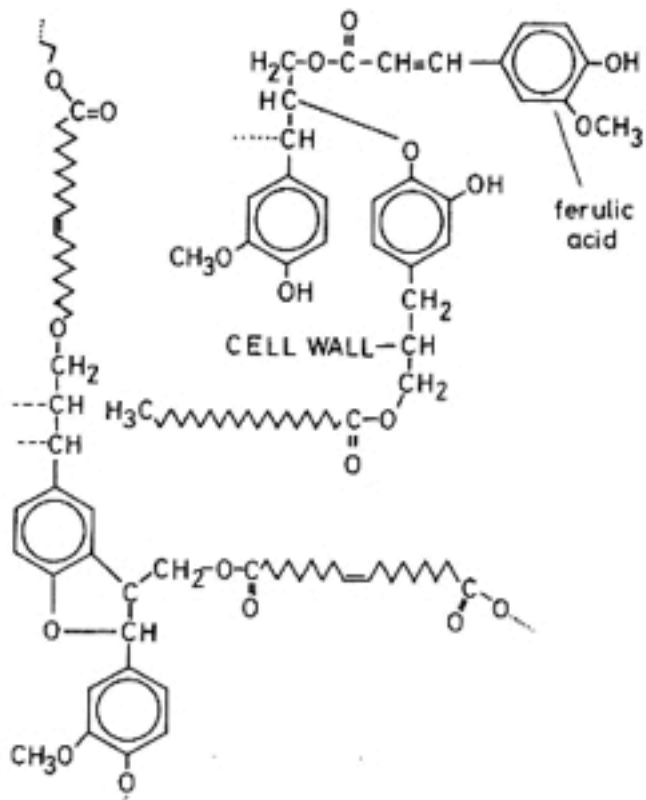
Lignine



# La subérine

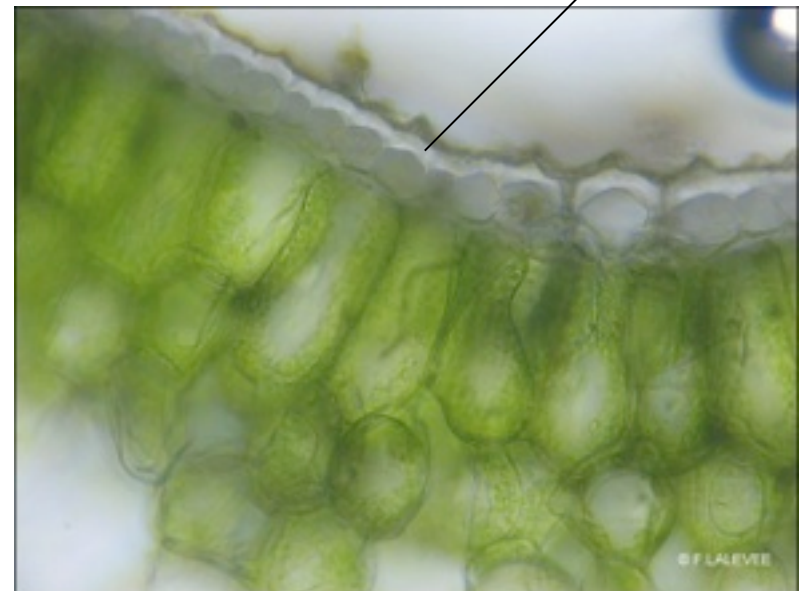
La subérine, assemblage de monolignols

Suber du tronc et cicatrisation



Rend imperméable

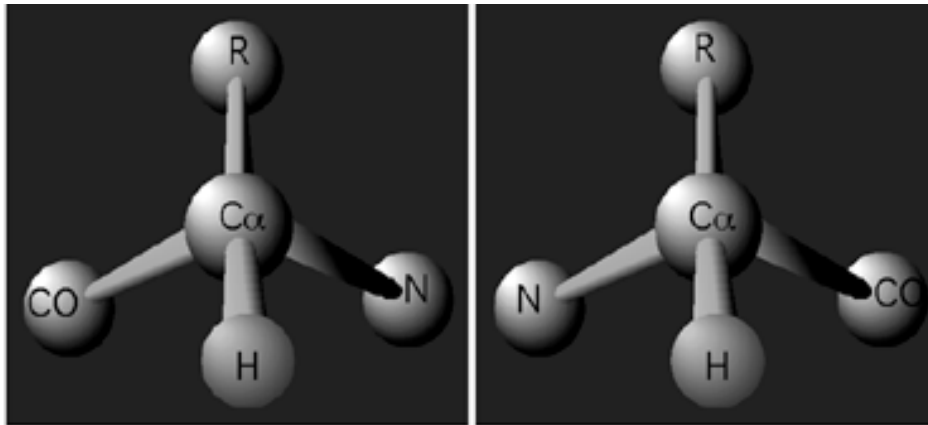
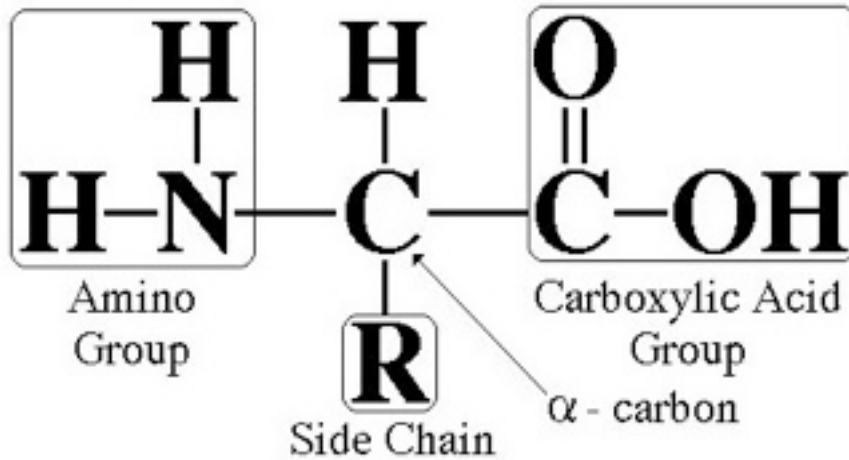
cuticule





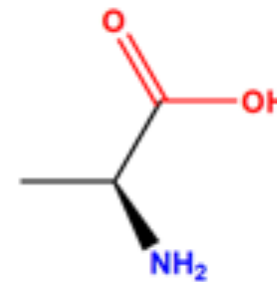
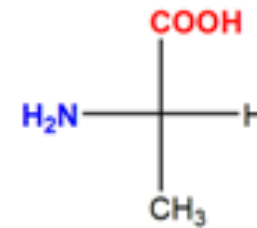
# 4. Les acides aminés, unités de base des protéines

# Des molécules azotées et chirales

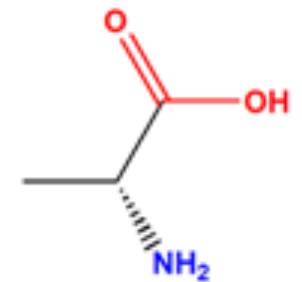
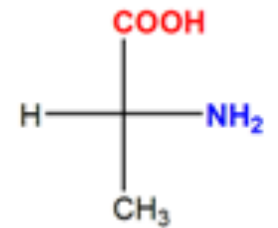


Forme L  
(CO-R-N)

Forme D  
(N-R-CO)

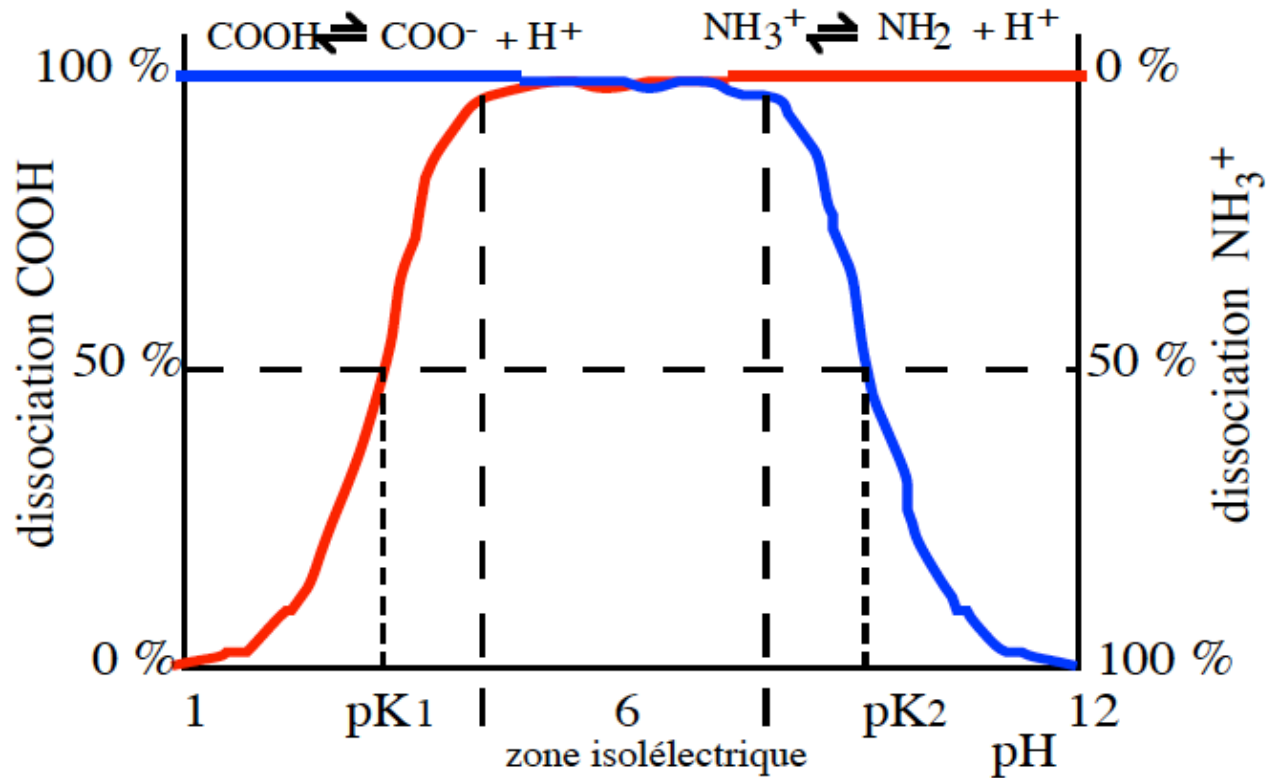


L-alanine

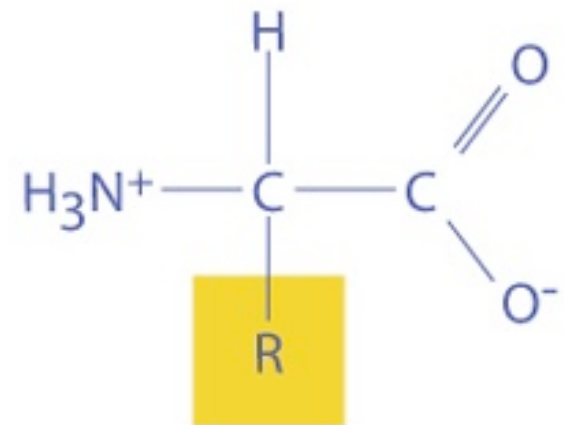


D-alanine

# Etat d'ionisation des acides aminés



pKa (COOH): 2  
pKa (NH<sub>2</sub>): 9,5

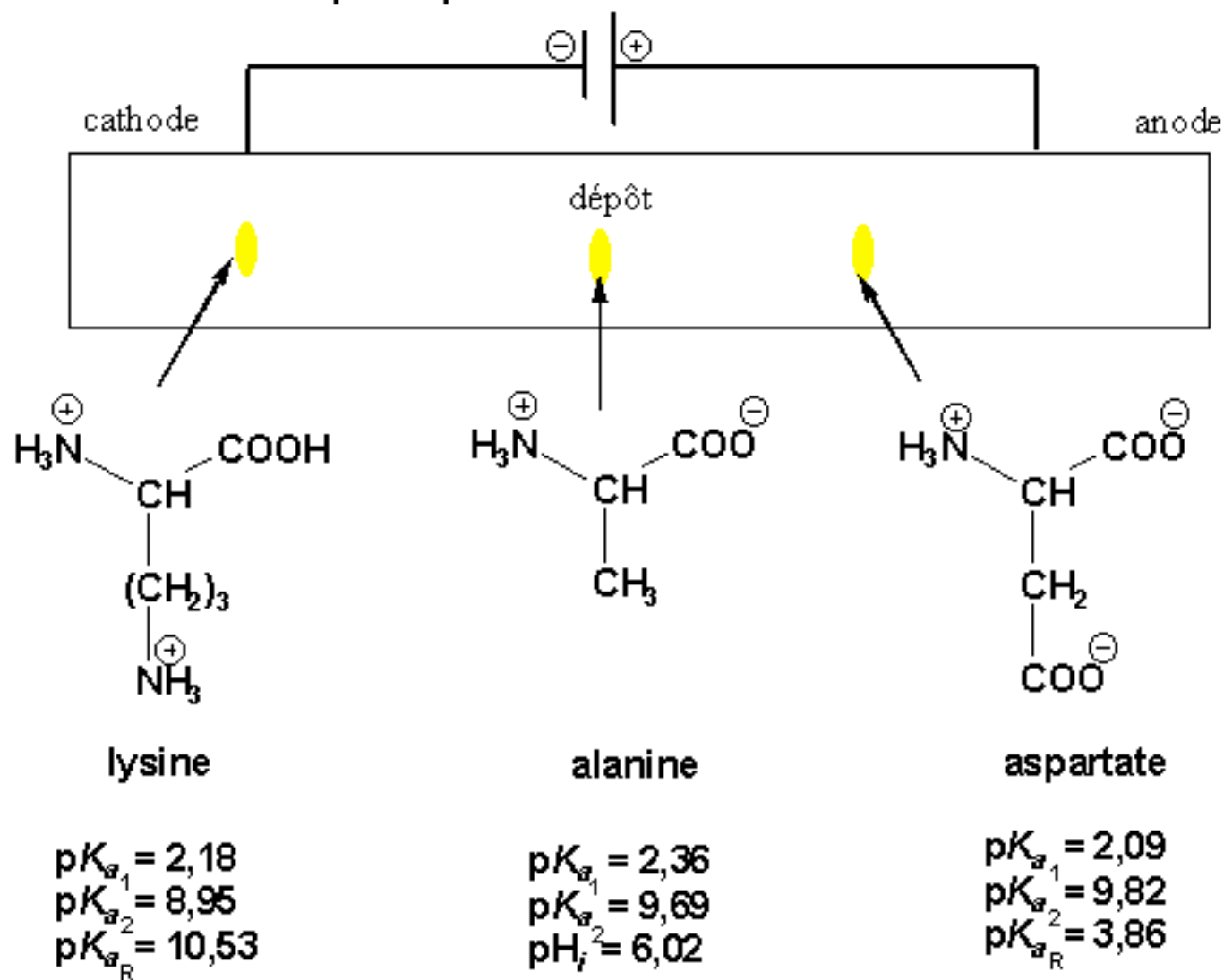


pHi = 5,75

*Pourcentage d'ionisation des fonctions acides et aminées en fonction du pH*

**Exemple :** à pH= 6, l'alanine est sous forme zwitterionique, l'aspartate est chargée négativement et la lysine positivement, il est donc possible de séparer ces acides aminés.

dans une solution tampon à pH = 6:



$\text{pK}_{a_R}$  désigne le  $\text{pK}_a$  de la fonction portée par la chaîne latérale

# Hydrophobicité des acides aminés

résidu	B	C
Isoleucine	3,1	4,5
Phénylalanine	2,5	2,8
Valine	2,3	4,2
Leucine	2,2	3,8
Tryptophane	1,5	-0,9
Méthionine	1,1	1,9
Alanine	1,0	1,8
Glycine	0,67	-0,4
Cystéine	0,17	2,5
Tyrosine	0,08	-1,3
Proline	-0,29	-1,6
Thréonine	-0,75	-0,7
Sérine	-1,1	-0,8
Histidine	-1,7	-3,2
Asparagine	-2,7	-3,5
Acide glutamique	-2,6	-3,5
Glutamine	-2,9	-3,5
Acide aspartique	-3,0	-3,5
Lysine	-4,6	-3,9
Arginine	-7,5	-4,5

Plus le chiffre est élevé, plus l'acide aminé est hydrophobe

**Colonne B** Weiss et al. (1982) Faraday Symp. Chem. Soc. 17: 109-120.

**Les résultats sont présentés en kJ/mol et représentent l'énergie requise pour passer de la phase organique à la phase aqueuse.**

**Colonne C : échelle de Kyte et Doolittle**

# Solubilité : diagramme de Venn

Exemples de solubilité  
au pHi, dans l'eau à 25°C

Alanine : 16,7 g.L<sup>-1</sup>

Asparagine : 2,5 g.L<sup>-1</sup>

Glycine : 24 g.L<sup>-1</sup>

Leucine : 2,3 g.L<sup>-1</sup>

Sérine : 25 g.L<sup>-1</sup>

Proline : 162 g.L<sup>-1</sup>

La solubilité dépend de la nature du radical : taille, charge, polarité, hydrophobicité, réactivité chimique, aromaticité...

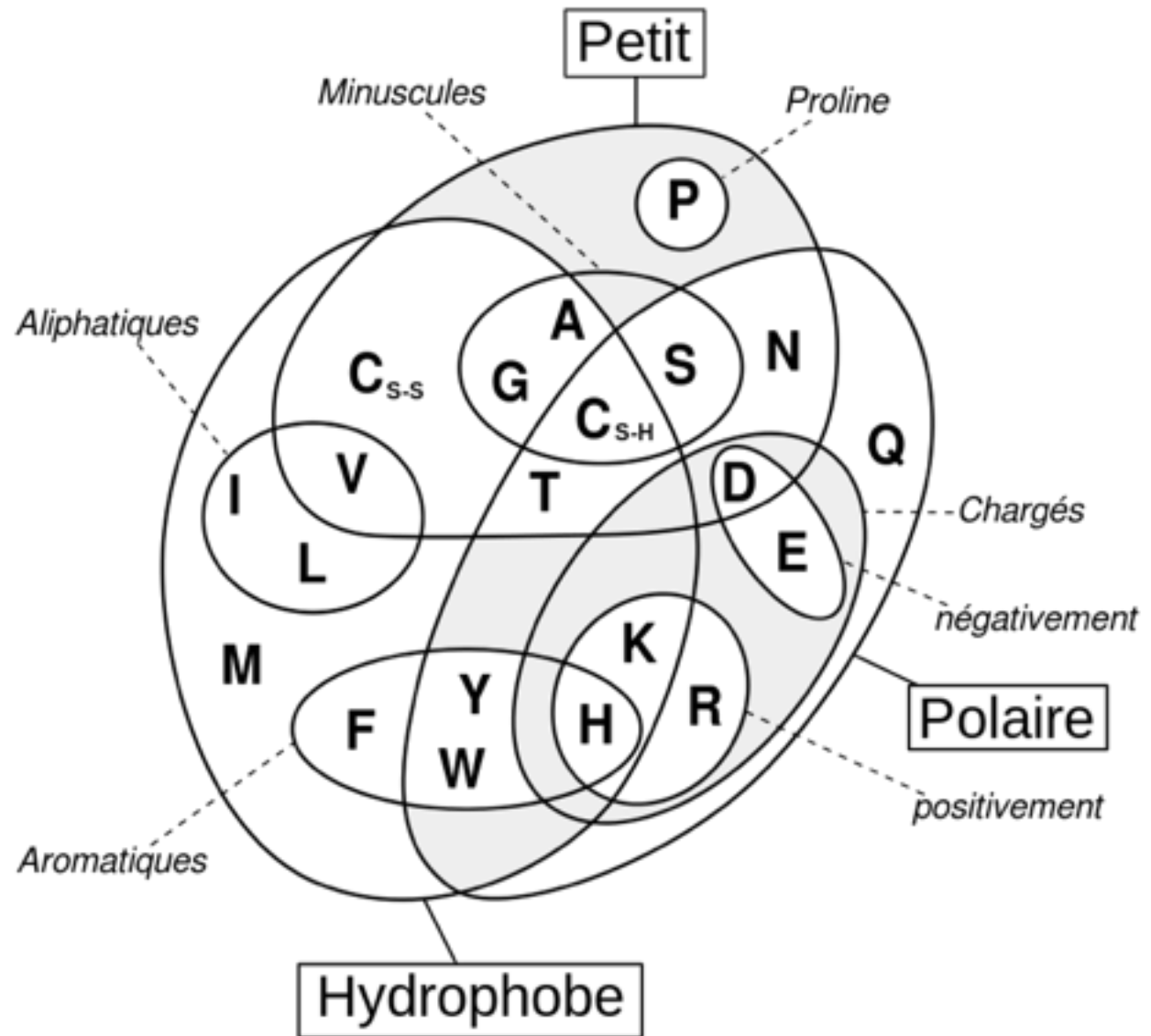
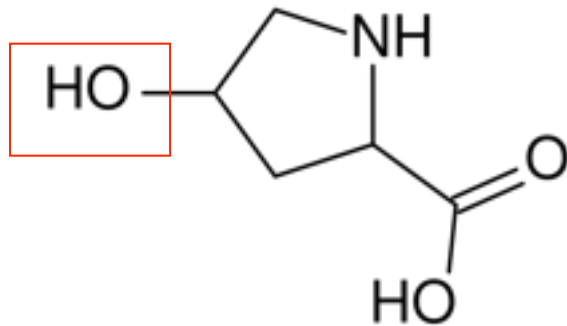


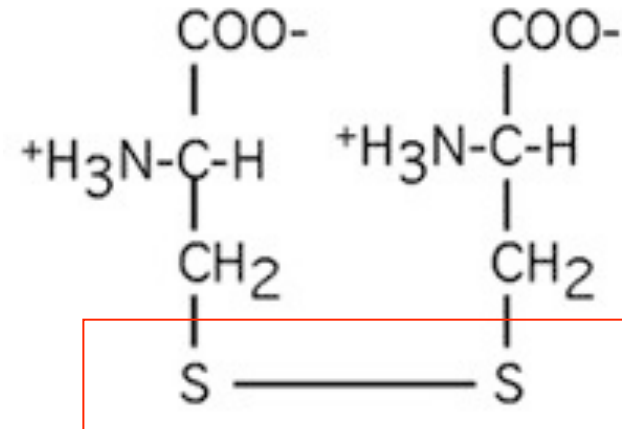
Tableau II :Chaines latérales R des acides aminés standard (sauf Pro: formule complète).

n C	R APOLAIRES	R IONISÉS	R POLAIRES NON CHARGÉS
2	H — Gly		
3	H <sub>3</sub> C — Ala		alcool HO—CH <sub>2</sub> — Ser      thiol HS—CH <sub>2</sub> — Cys
4		HOOC—CH <sub>2</sub> — Asp carboxyle	amide       alcool Thr
5	Val       Pro pyrrole	HOOC—CH <sub>2</sub> ·CH <sub>2</sub> — Glu carboxyle	amide      Gln
	H <sub>3</sub> C—S—CH <sub>2</sub> ·CH <sub>2</sub> — Met thioéther		
6	Leu       Ile	H <sub>2</sub> N—CH <sub>2</sub> ·CH <sub>2</sub> ·CH <sub>2</sub> ·CH <sub>2</sub> — Lys amine	guanidyle      Arg
≥6	Phe phényle		
C y c l i q u e s	Tyr phénol		
	Trp indole	His imidazole	

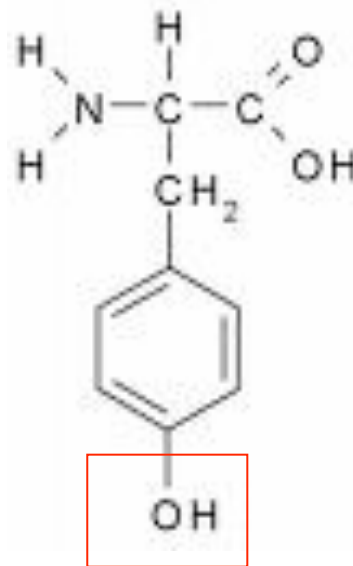
# Modifications fréquentes des acides aminés



**Hydroxyproline**



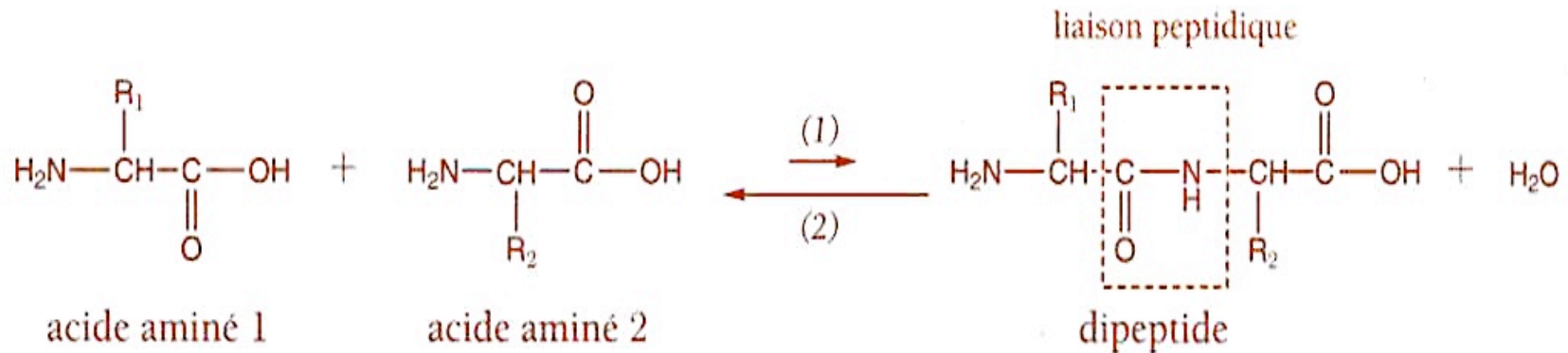
**Pont disulfure**



**Phosphorylation/O-glycosylation**

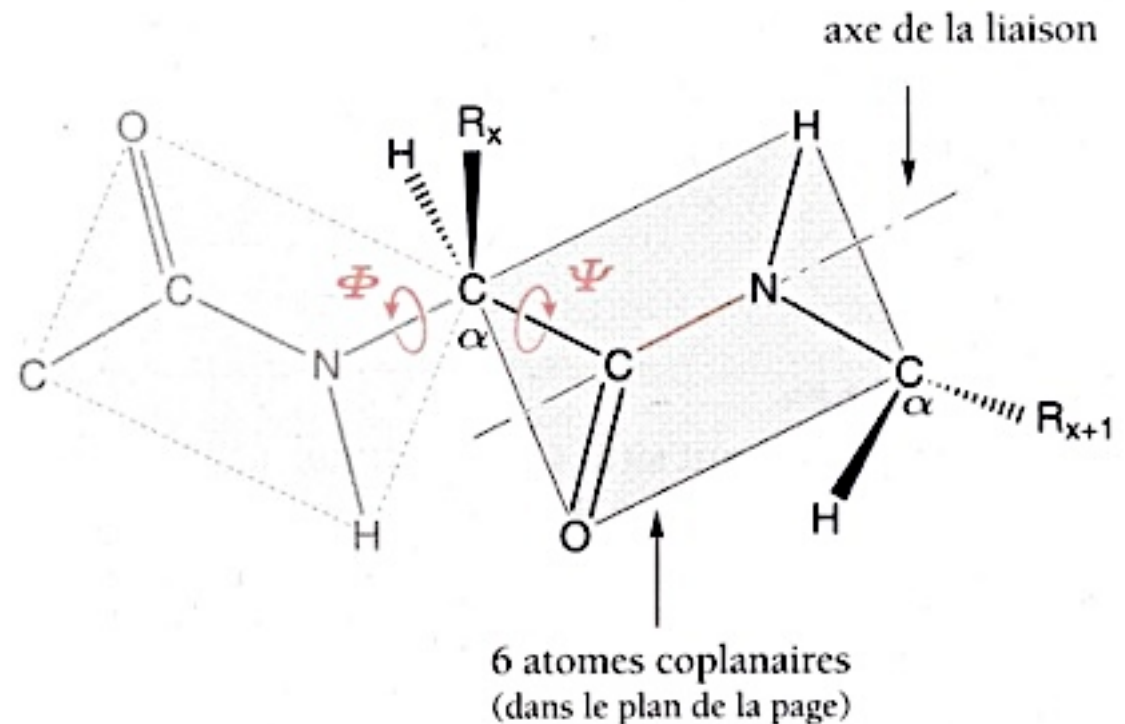


# La liaison peptidique

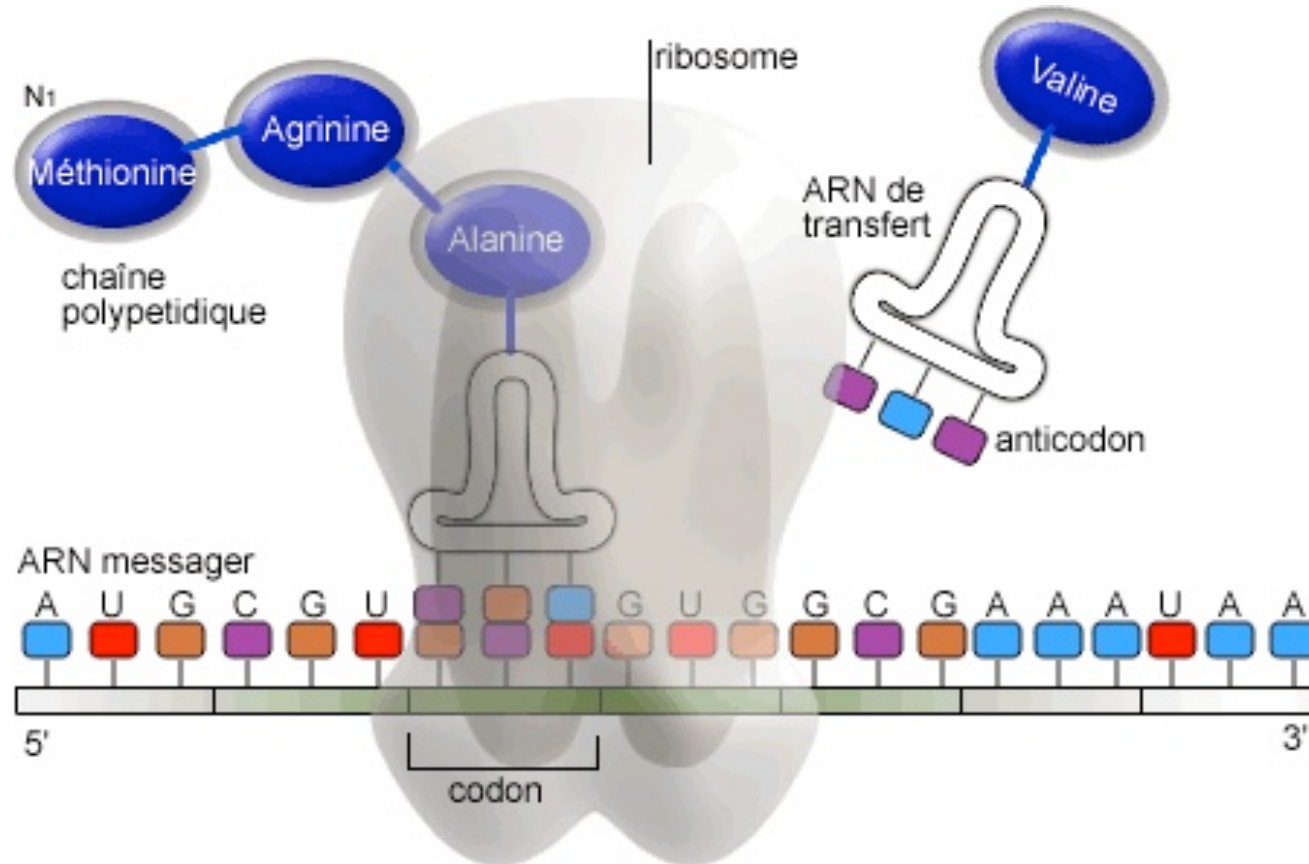


La réaction 1 nécessite une enzyme et se déroule dans le ribosome : la réaction est endergonique (nécessite un couplage avec ATP). L'enzyme est la peptidyltransférase

La réaction 2 est une hydrolyse



# Le ribosome, acteur de la synthèse protéique



# Les acides aminés essentiels

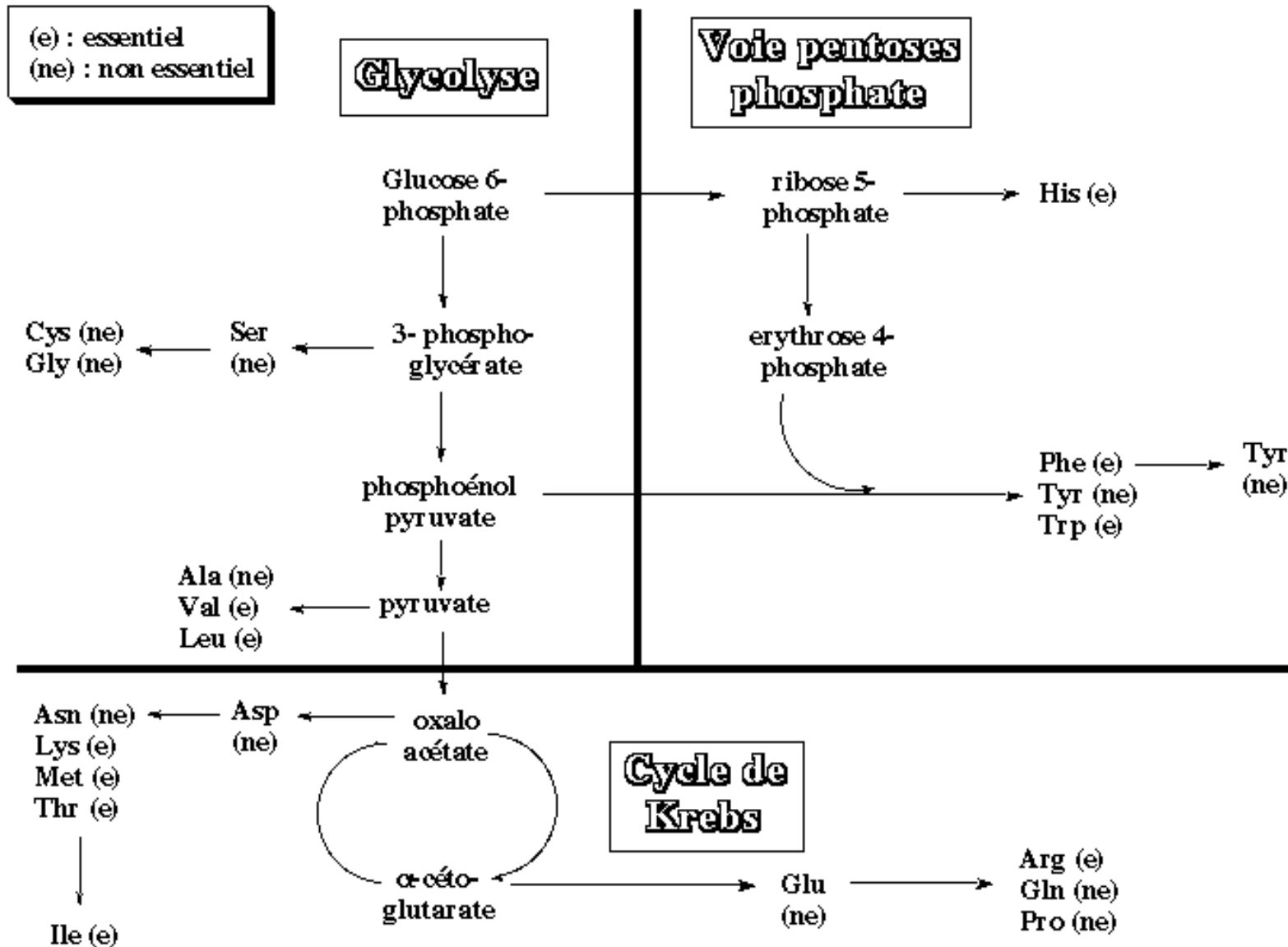
AA « semi-essentiels »:  
seuls les nourrissons ont besoin  
d'un apport exogène



Amino acid requirements in humans	
Essential	Nonessential
Arginine	Alanine
Histidine	Asparagine
Isoleucine	Aspartate
Leucine	Cysteine
Lysine	Glutamate
Methionine	Glutamine
Phenylalanine	Glycine
Threonine	Proline
Tryptophan	Serine
Valine	Tyrosine



# Les voies de synthèse des acides aminés

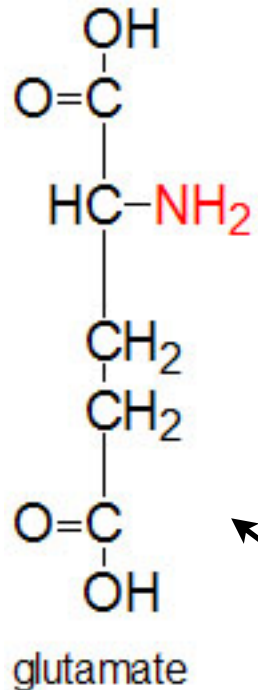


# Synthèse de l'alanine

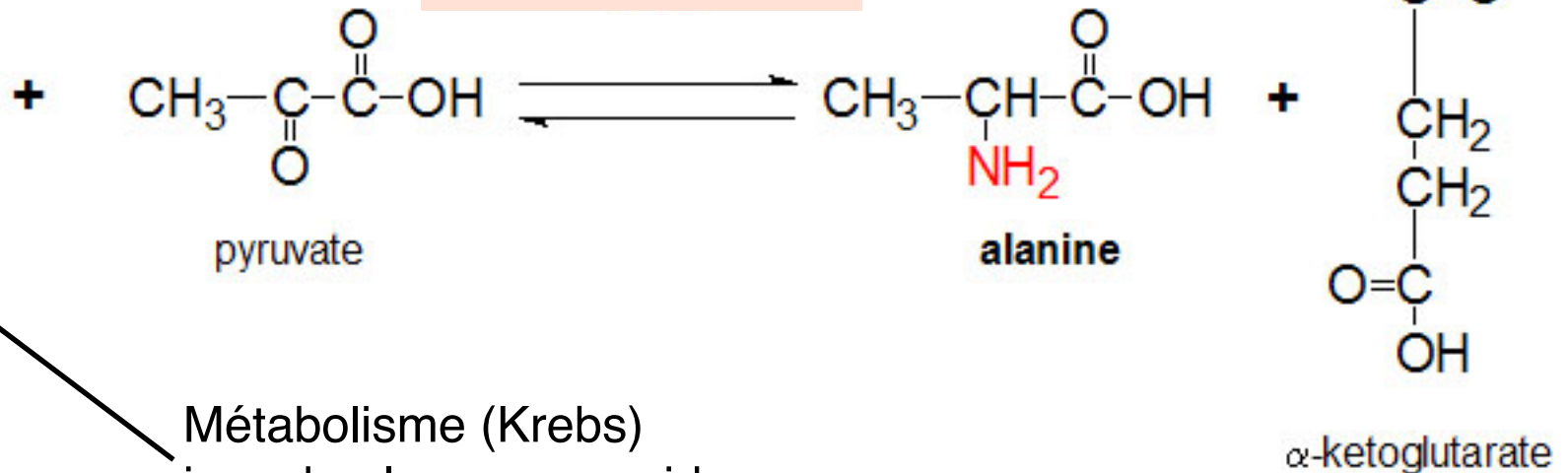


Glycéraldéhyde 3 P

oxydation au cours de la  
GLYCOLYSE



transamination



Métabolisme (Krebs)  
issu de glucose ou acide gras

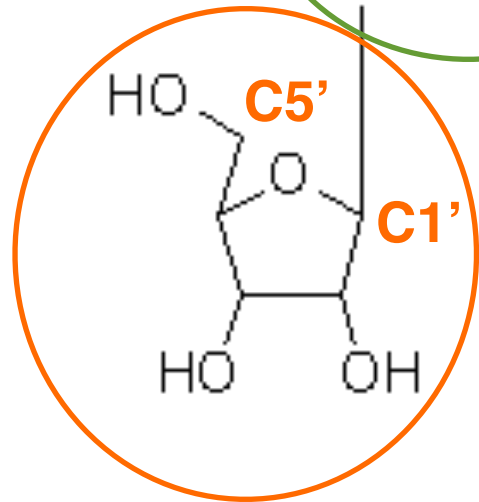
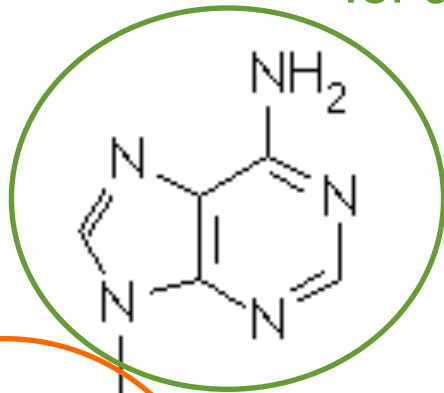
# 5. Les nucléotides, unités de base des acides nucléiques

# Nucléoside et nucléotide



base azotée  
ici adénine

adénine

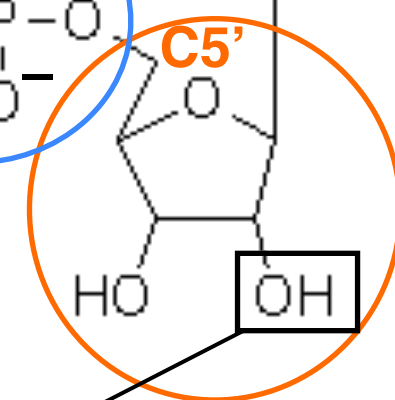
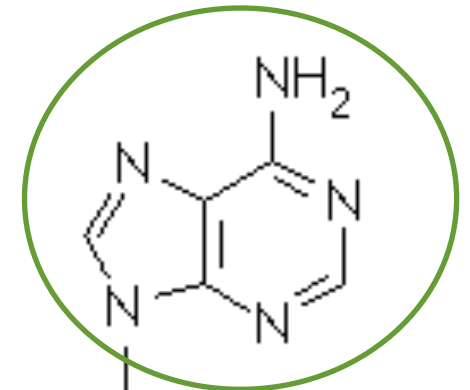
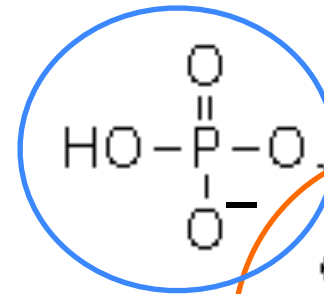


pentose  
ici ribose

**Nucléoside**  
adénosine

estérification du C5'  
par un acide phosphorique

phosphate

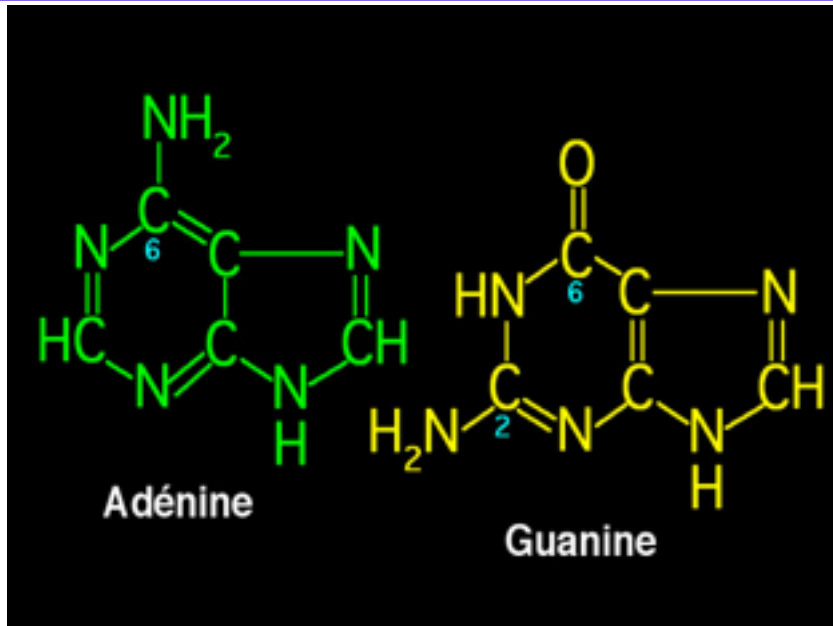


absent pour un désoxyribose

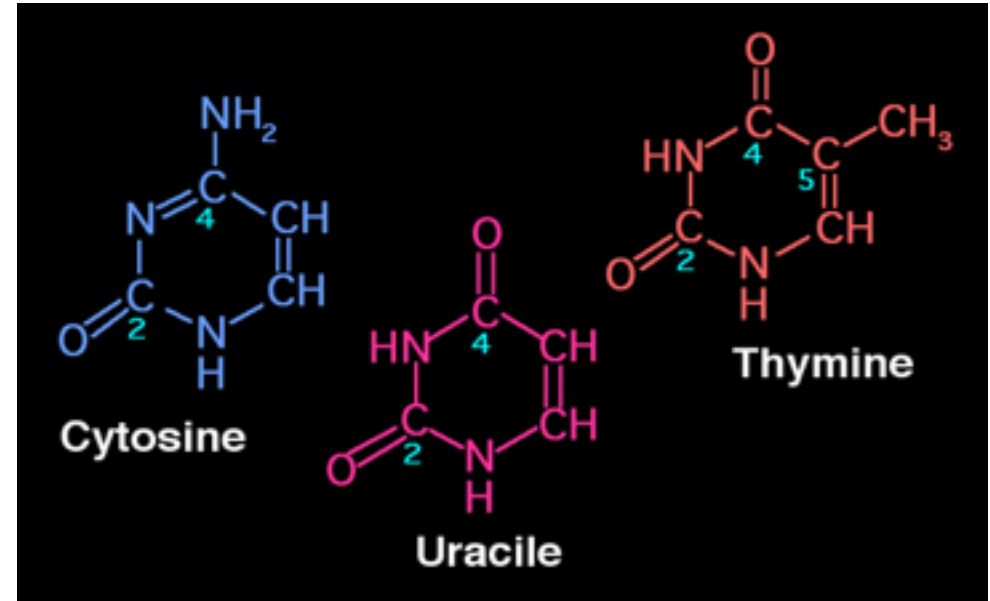
ribose

**Nucléotide**  
adénosine 5' mono phosphate

# Diversité des bases et nomenclature



Les bases puriques



Les bases pyrimidiques

## Nomenclature des nucléotides

nom du nucléoside précédé ou non de «désoxy» et suivi du nombre de phosphate  
Exemples : désoxy-adénosine mono phosphate ou guanosine triphosphate

**Base ➡ nucléoside**

Adénine ➡ adénosine

Guanine ➡ guanosine

Uracile ➡ uridine

Cytosine ➡ cytidine

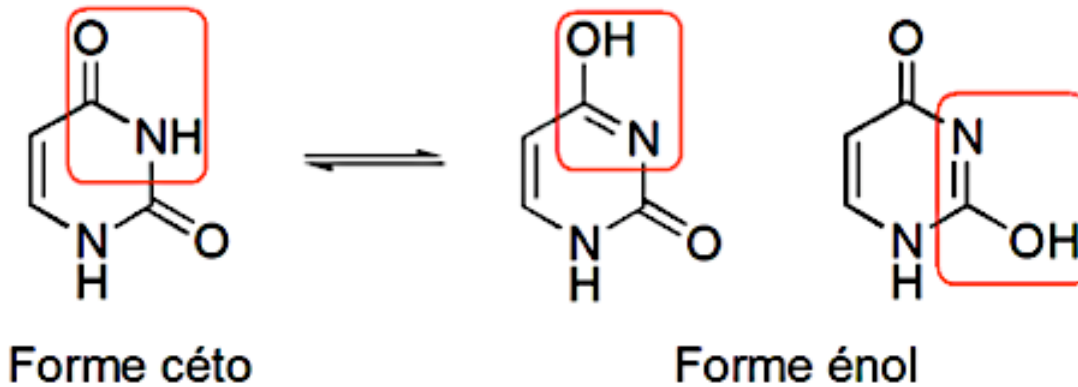
Thymine ➡ thymidine



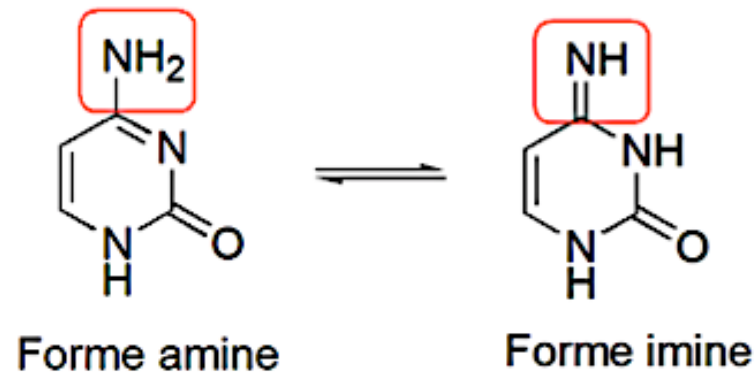
# Tautomérie des bases azotées



## Equilibre céto-énolique (Uracile)

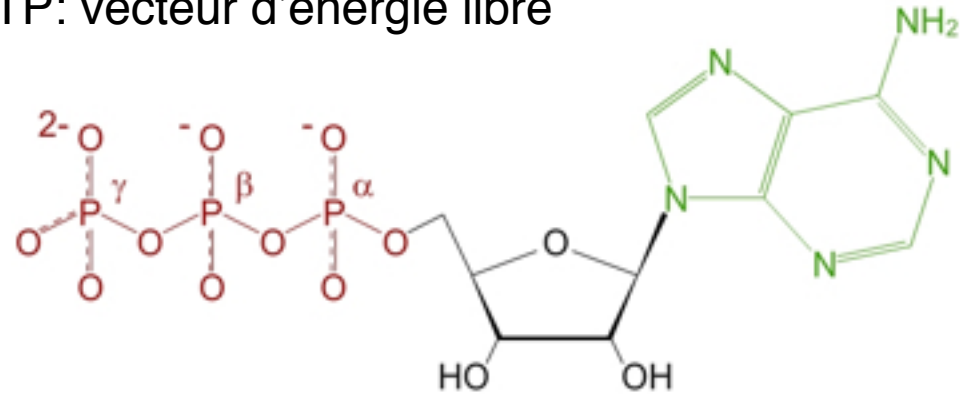


## Equilibre amino-imino (Cytosine)

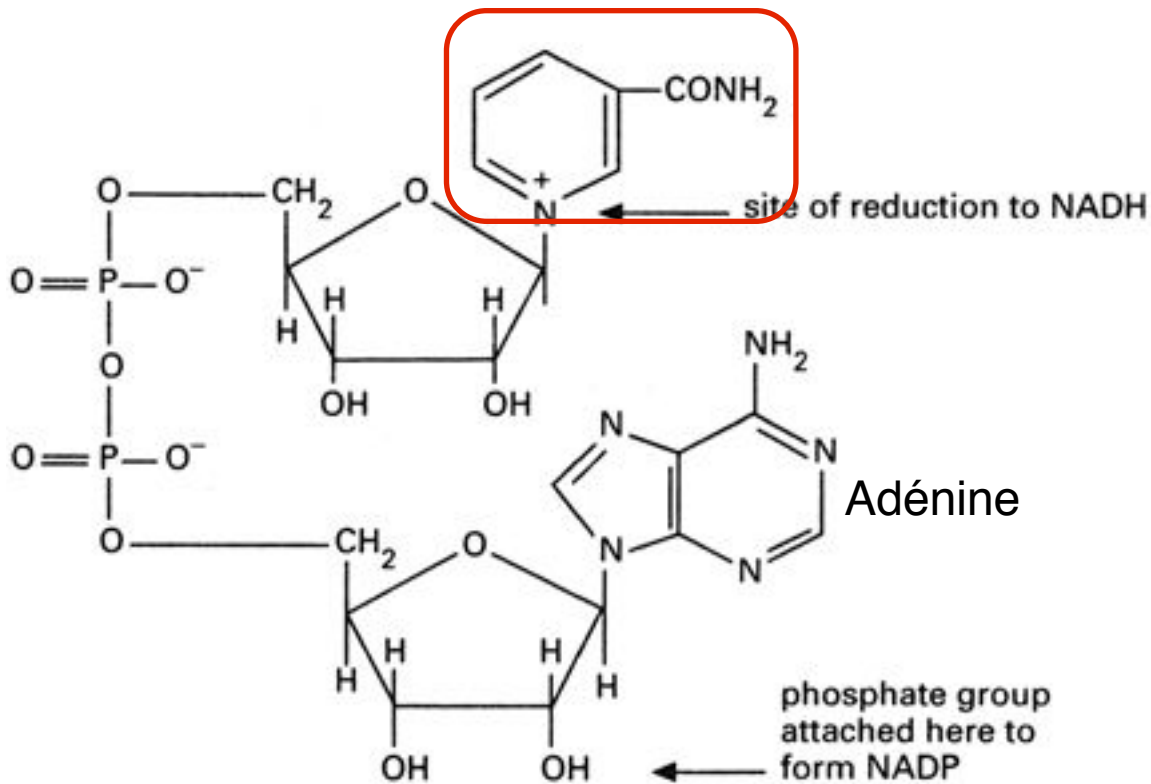


# Des nucléotides importants

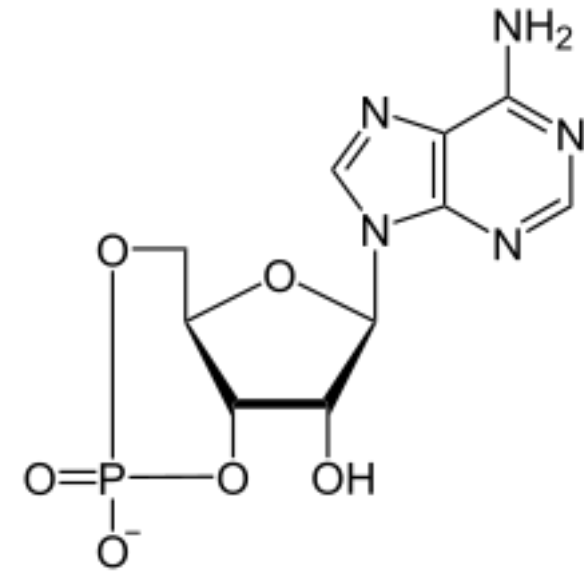
L'ATP: vecteur d'énergie libre



Nicotinamide



NAD, un coenzyme redox



L'AMPc, un second messenger

# CONCLUSION

# Des voies interconvertibles

