

# Constituants Chimiques Fondamentaux du Vivant

- Composition des êtres vivants
- Constitution de la matière vivante

## Composition atomique en poids (%)

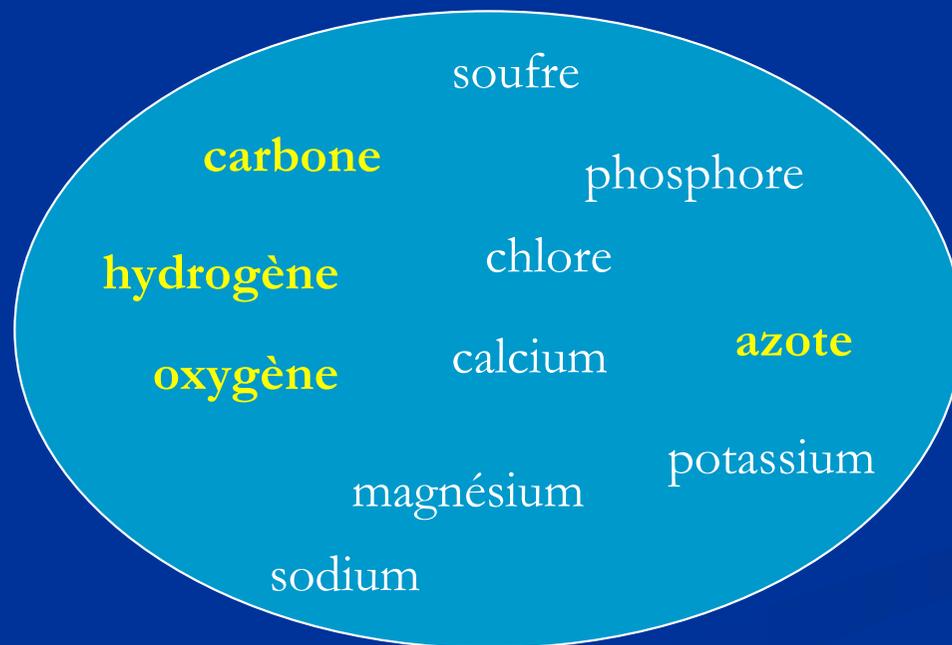
Corps humain	Ecorce terrestre + Milieu marin + Atmosphère
Oxygène 62%	Oxygène 49%
Carbone 21%	Silicium 26%
Hydrogène 9,8%	Aluminium 7,5%
Azote 3,1%	Fer 4,7%
Calcium 1,9%	Calcium 3,4%

95%

82%

# ■ Éléments présents dans la matière vivante répartis en deux groupes:

- - Macroéléments (C, H, O, N, S, P, Cl, Na, K, Ca, Mg)
- - Oligoéléments (Fe, I, Zn, Mn...)



# 1. L'eau et les composés minéraux



# 1.1 Répartition de l'eau dans les organismes

## 1.1.1. Teneur globale

-Chez les végétaux (75%)

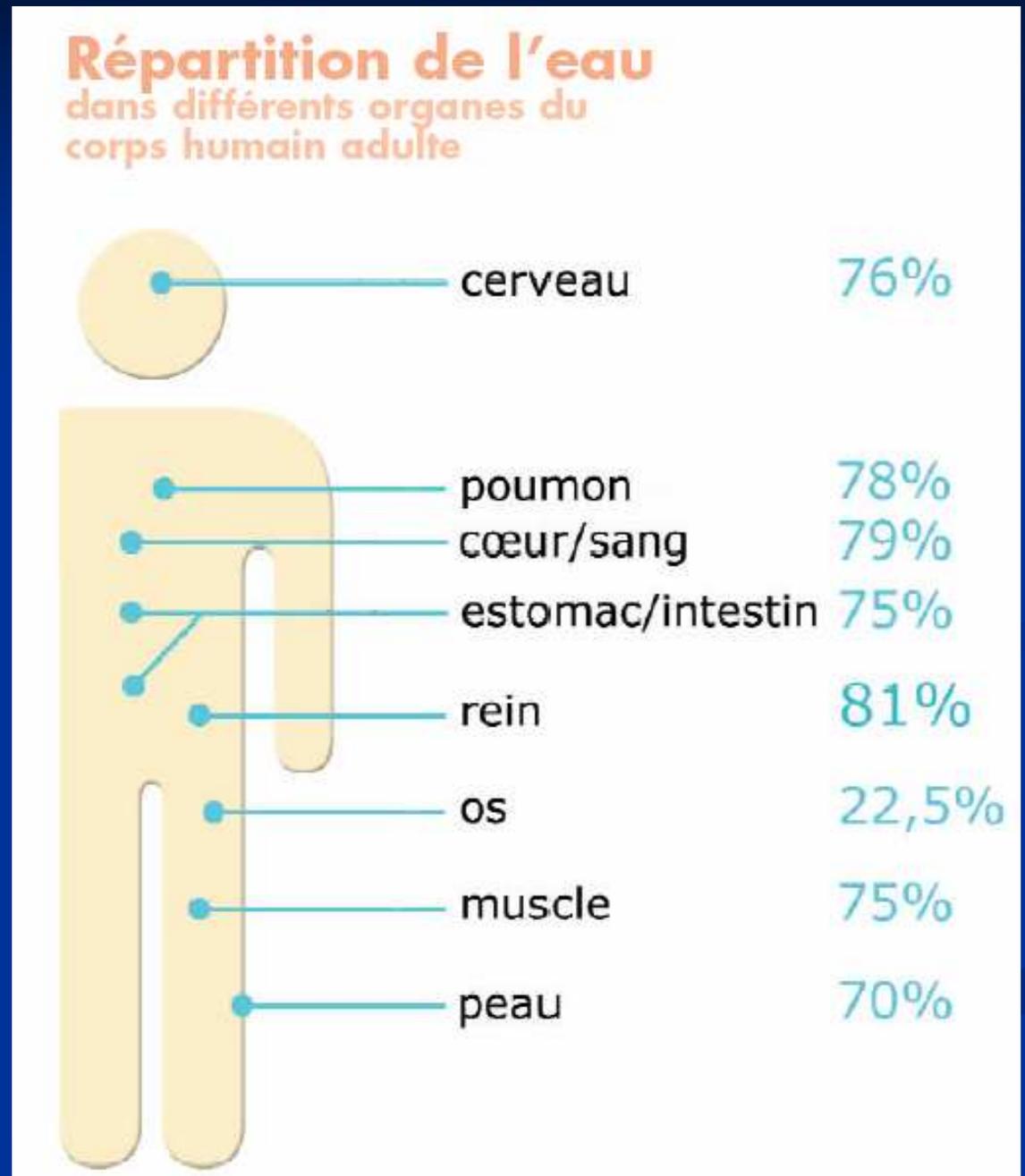
-Chez les invertébrés (80%)

-Chez les vertébrés (60 à 70% chez l'homme adulte, 97,5% embryon 6 semaines)

-Teneur extrêmement faible < 10%: graines et spores pour les végétaux et les microorganismes. Rotifères et tardigrades pour les animaux

## 1.1.2. Répartition

-Dans les tissus



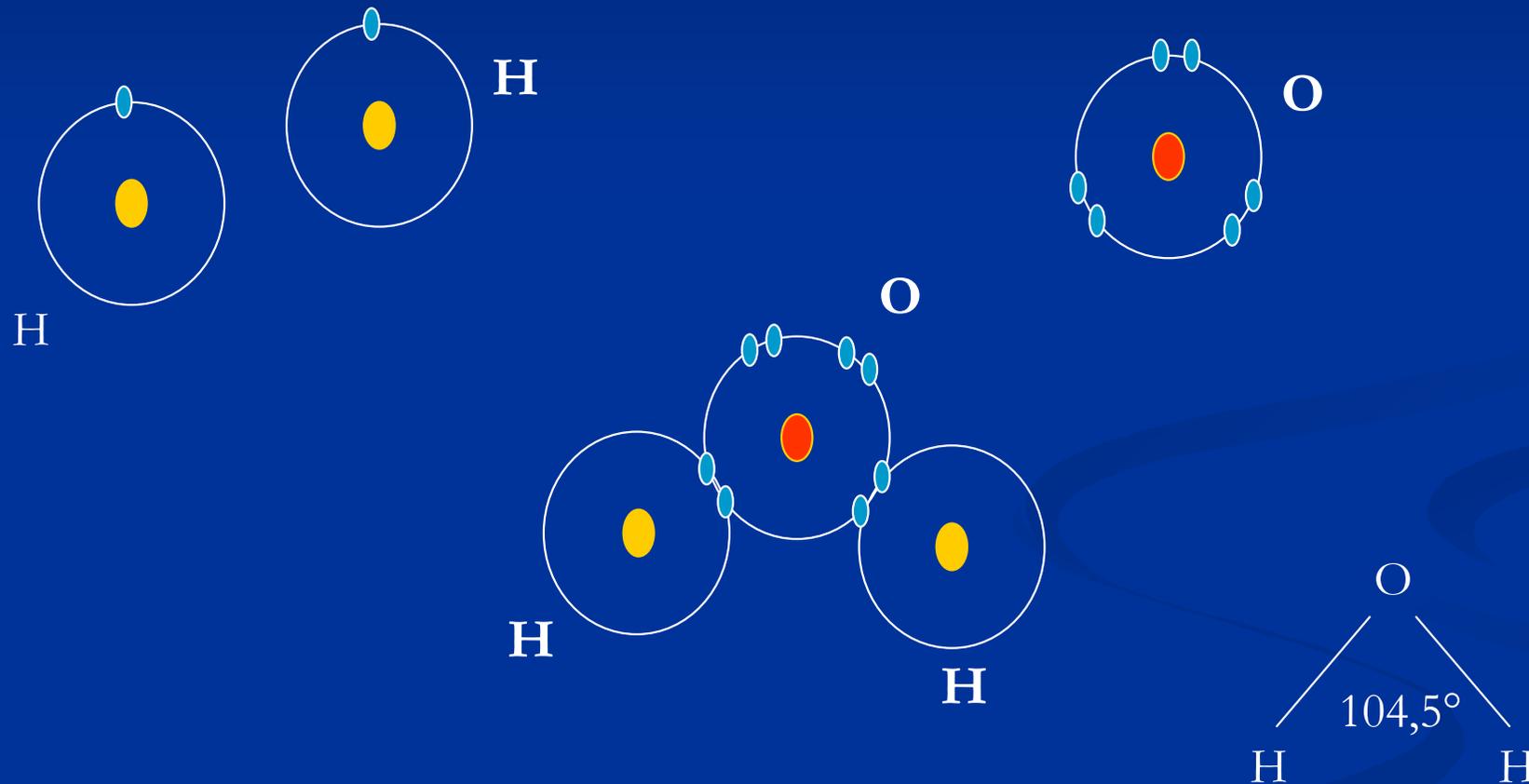
# 1.2 Propriétés physico-chimiques de l'eau

## 1.2.1 Propriétés physiques

- Point d'ébullition
- Chaleur de vaporisation

## 1.2.2 Structure de l'eau

- Structure électronique et géométrie de la molécule



## -Polarité de la liaison O-H: dipôle

- Charge partielle permanente négative sur l'atome le plus électronégatif = oxygène

- Charge partielle permanente positive sur l'atome le moins électronégatif = hydrogène

## -Liaisons hydrogène

- Conséquence sur la structure de l'eau

# 1.3 Eau: Milieu solvant-dispersion

## ■ 1.3.1 Comportements des molécules biologiques dans un milieu aqueux

- Molécules polaires ou hydrophiles
- Molécules apolaires ou hydrophobes
- Molécules amphipolaires ou amphiphiles

# 1.4 Les substances minérales

- Les sels solubles
- Les sels insolubles

Oligo-éléments: Teneur < 1mg/kg

Iode, Fer, Cuivre, Zinc, Sélénium, Chrome, Manganèse,  
Fluor, Molybdène, Cobalt

Fonctions :

Catalyse-Contribution aux messages hormonaux

Liaison métal-protéines

Cofacteurs d'enzymes (Zn)

Structure des vitamines (Cu / vit B12)

Expression des signaux hormonaux (Cu ; Zn)

Fixation ADN-Régulation des gènes (Zn)

Fonctions de défense immunitaire (Zn ; Fer ; Se)

Lutte contre les radicaux libres (Zn ; Mn ; Se)

Rôle structural (Fluor ; Silicium)

## 2. Les Glucides



## ■ Oses: sucre simple ou monosaccharide

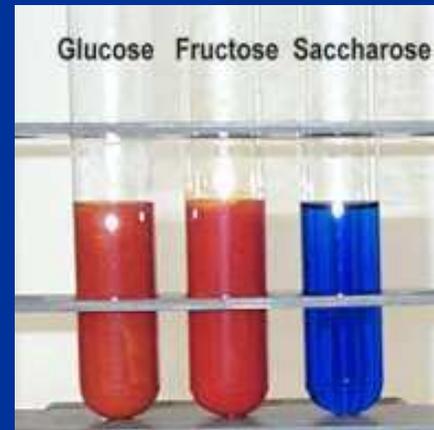
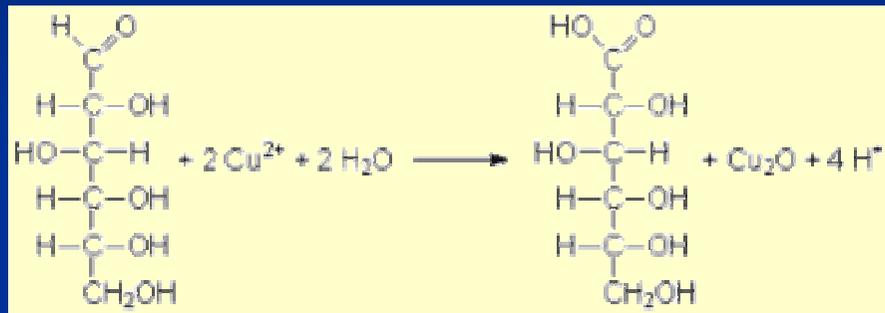
- Porte 3 à 7 atomes de carbone (non hydrolysable)
- Porte au moins 2 fonctions alcools et 1 fonction réductrice carbonylée
  - Aldéhyde (-CHO) l'ose est un aldose
  - Cétone (C=O) l'ose est un cétose

## ■ Osides

- Holoside (oligoside + polyoside): hydrolyse ne libère que des oses
- Hétéroside: hydrolyse libère des oses et des composés non glucidiques

- Mise en évidence des glucides

Réaction de Fehling

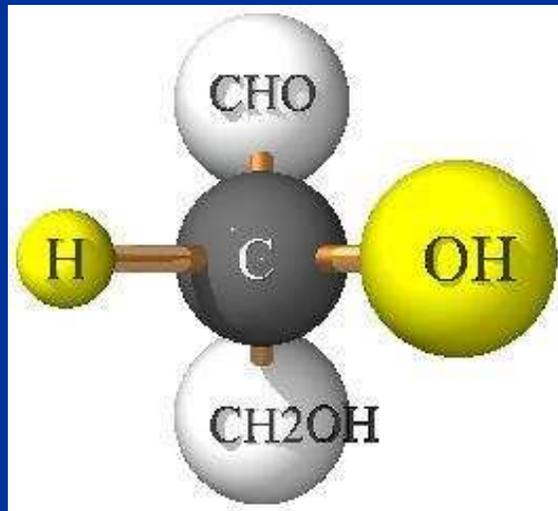


# Exemples

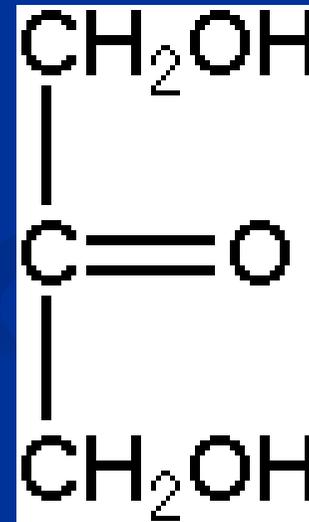
- Ose le plus répandu → le glucose
- Diholosides (ou disaccharides): maltose, saccharose, lactose
- Polyosides (ou des polysaccharides): amidon, glycogène, cellulose

# 2.1 Les oses

## 2.1.1 Nomenclature de base



glycéraldehyde



dihydroxyacétone

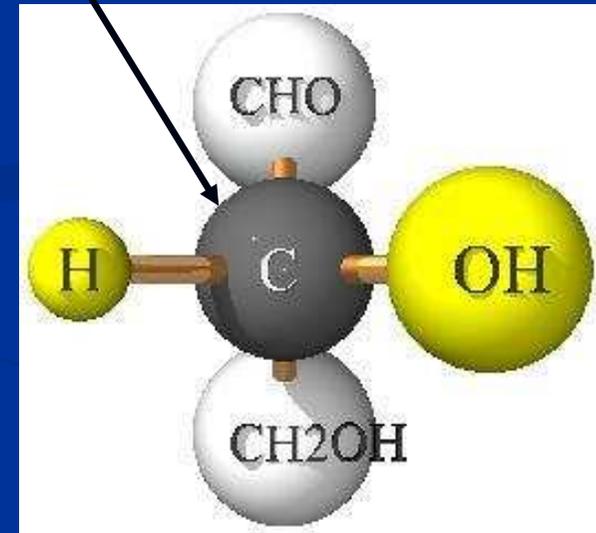
Nbre de carbone		Nom générique
3	trioses	Aldotrioses ou céto-trioses
4	tétroses	Aldotétroses, céto-tétroses
5	pentoses	Aldopentoses, cétopentoses
6	hexoses	Aldohexoses, cétohexoses
7	heptoses	Aldoheptoses, cétoheptoses

Les atomes de carbone d'un ose sont numérotés à partir du carbone le plus oxydé

## 2.1.2 Centre de chiralité: isomérisation

Objet chiral: tout objet qui ne peut pas être superposé à son image dans un miroir est un objet chiral

Carbone C2



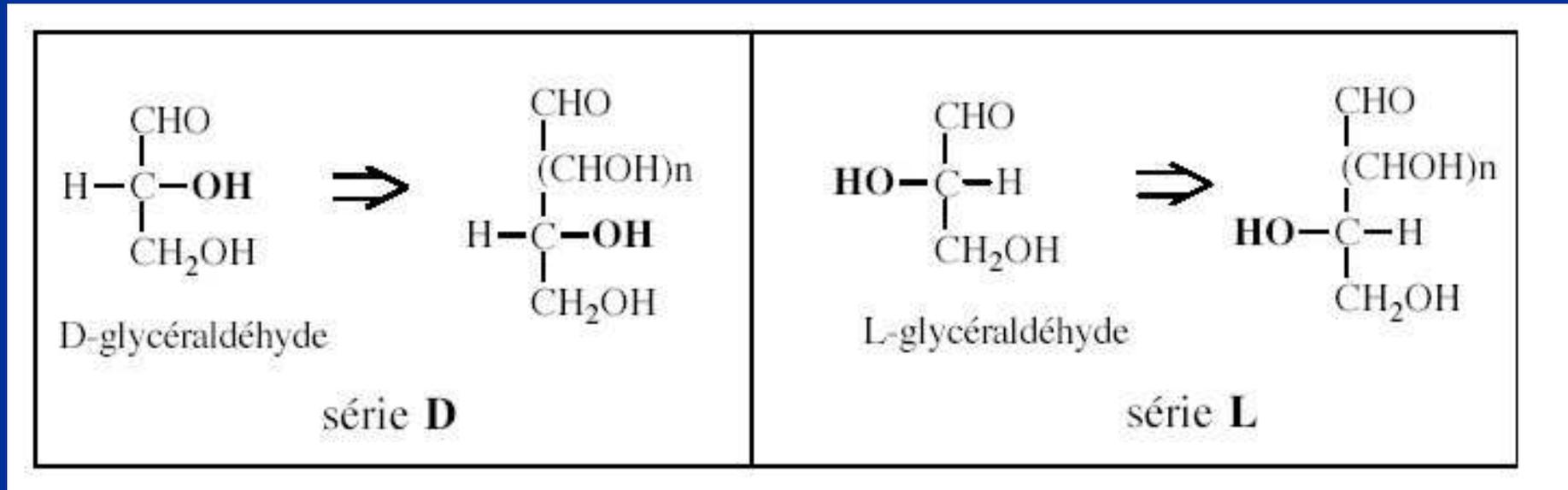
glycéraldéhyde

## 2.1.3 Pouvoir rotatoire

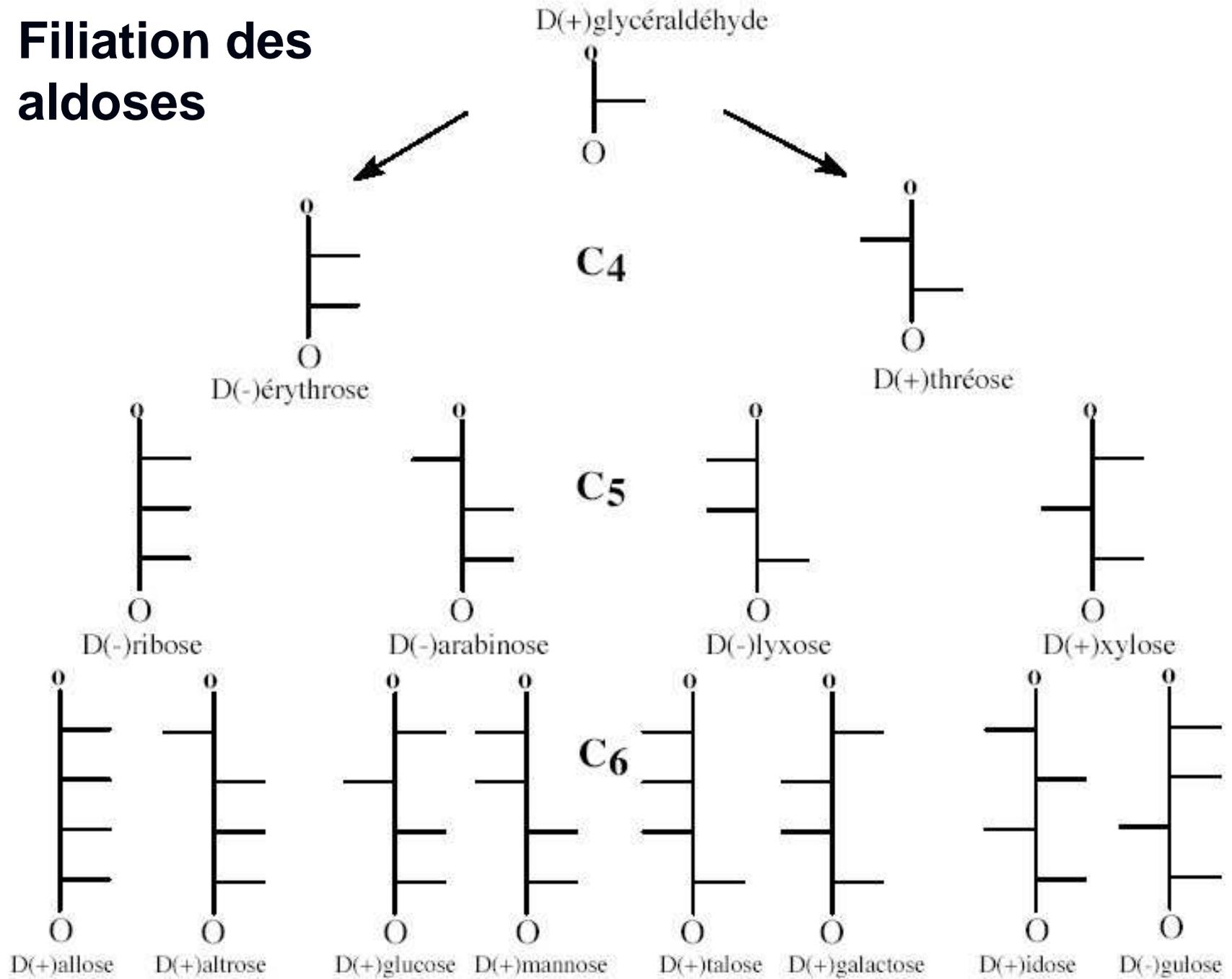
- Formes énantiomères ont des propriétés optiques différentes
- Déviation vers la droite du plan de polarisation: substance **dextrogyre** (+)
- Déviation vers la gauche du plan de polarisation: substance **lévogyre** (-)

## 2.1.4 Nomenclature D et L et filiation des oses

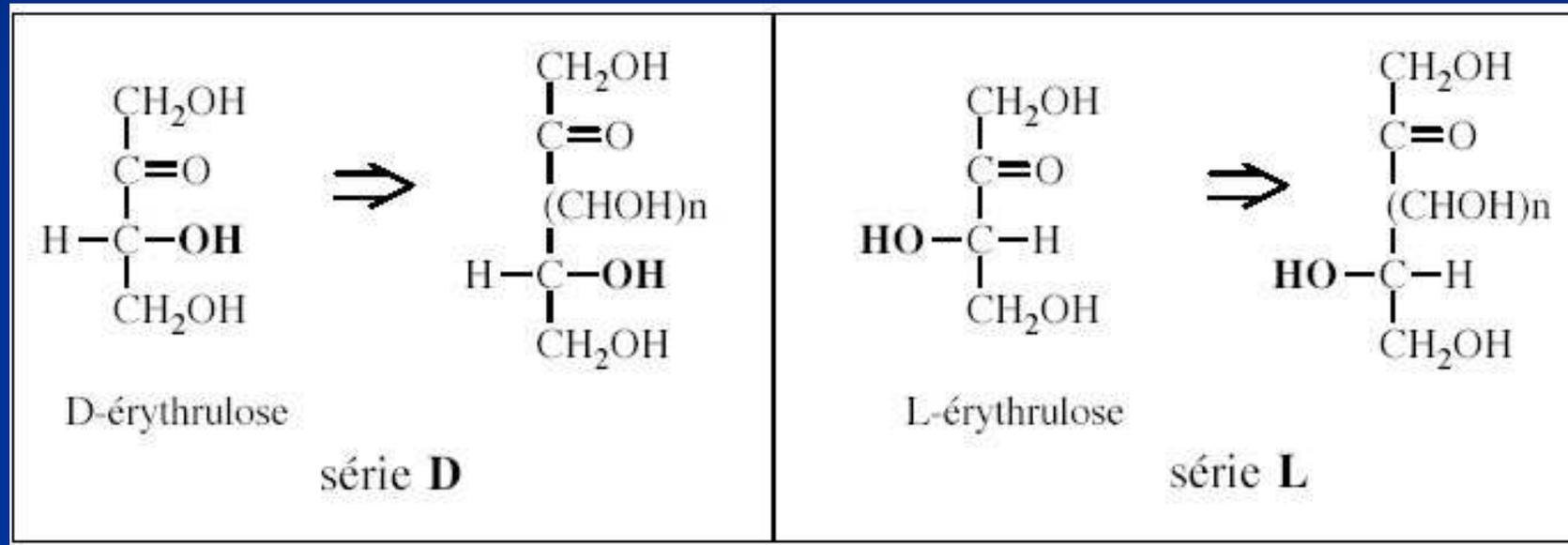
### Aldoses:



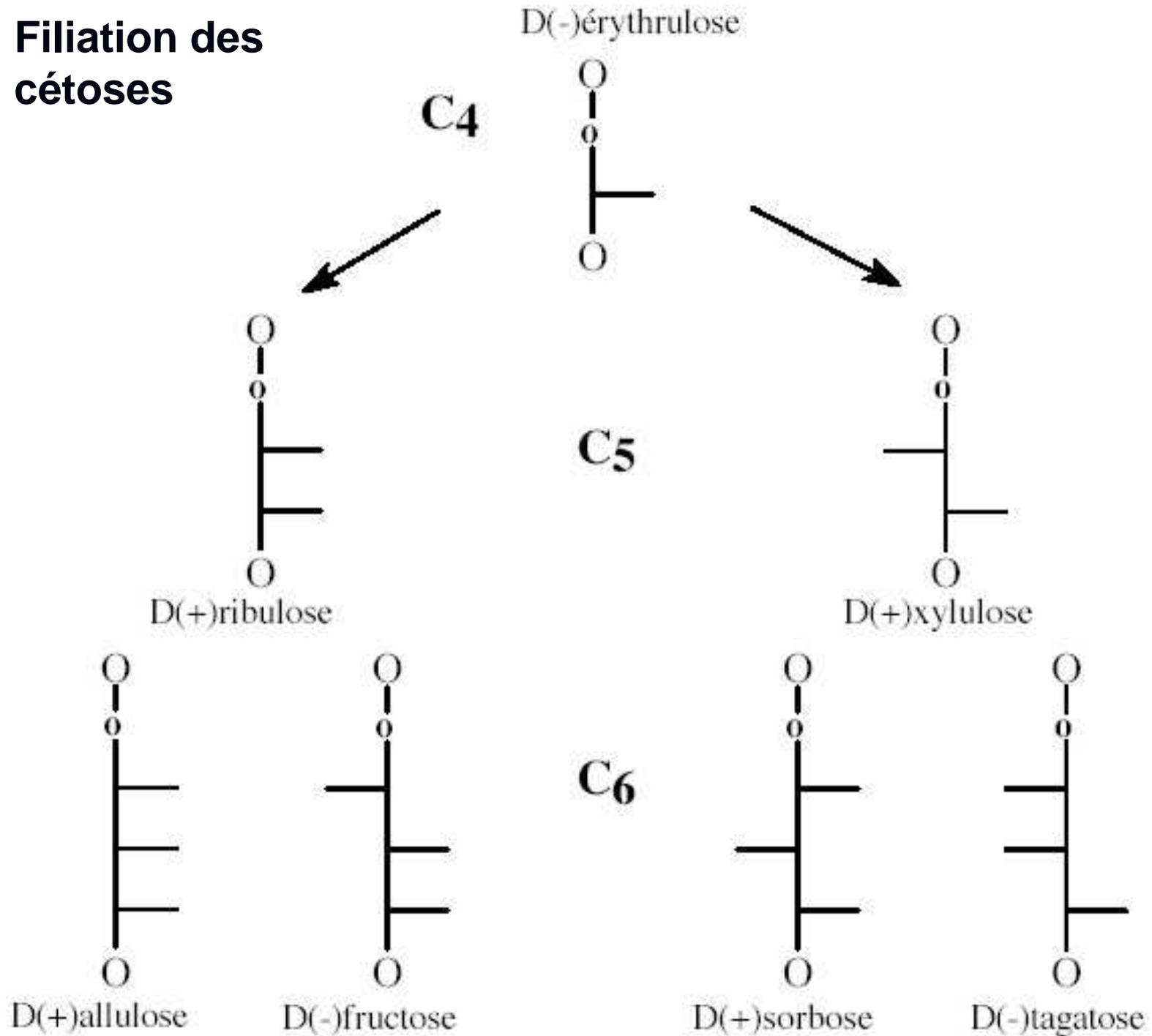
# Filiation des aldoses



# Cétooses:



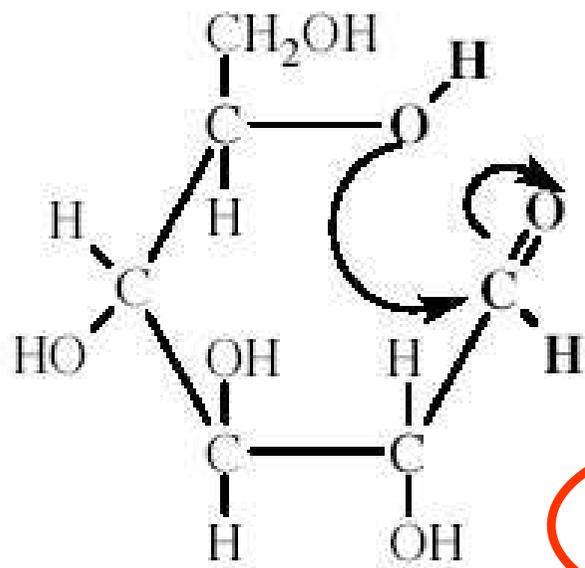
# Filiation des cétoses



## 2.1.6 Structure cyclique des oses

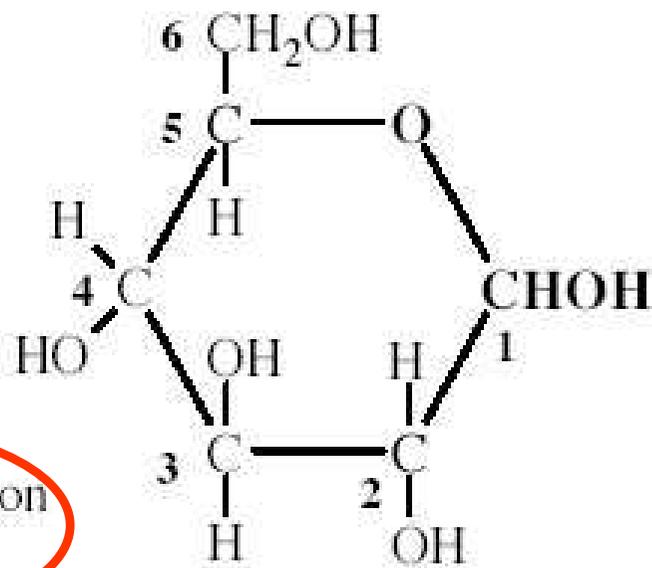
Réaction d'hémi-acétalisation: cyclisation

- formation d'hétérocycle à oxygène à 6 sommets -> **pyranose**
- formation d'hétérocycle à oxygène à 5 sommets -> **furanose**

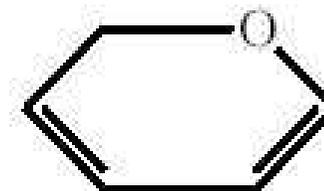


D-glucose

hémi-acétalisation  
C<sub>5</sub>-C<sub>1</sub>

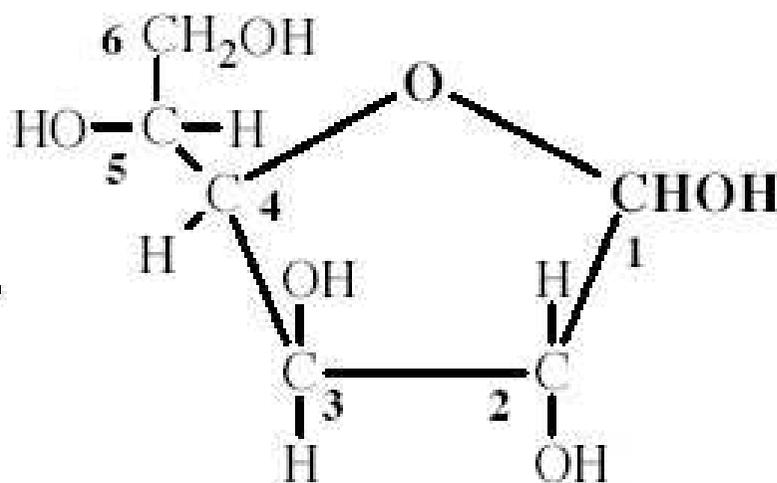


pyranose

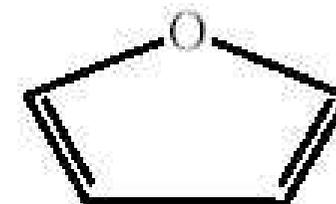


pyrane

hémi-acétalisation  
C<sub>4</sub>-C<sub>1</sub>



furanose



furane

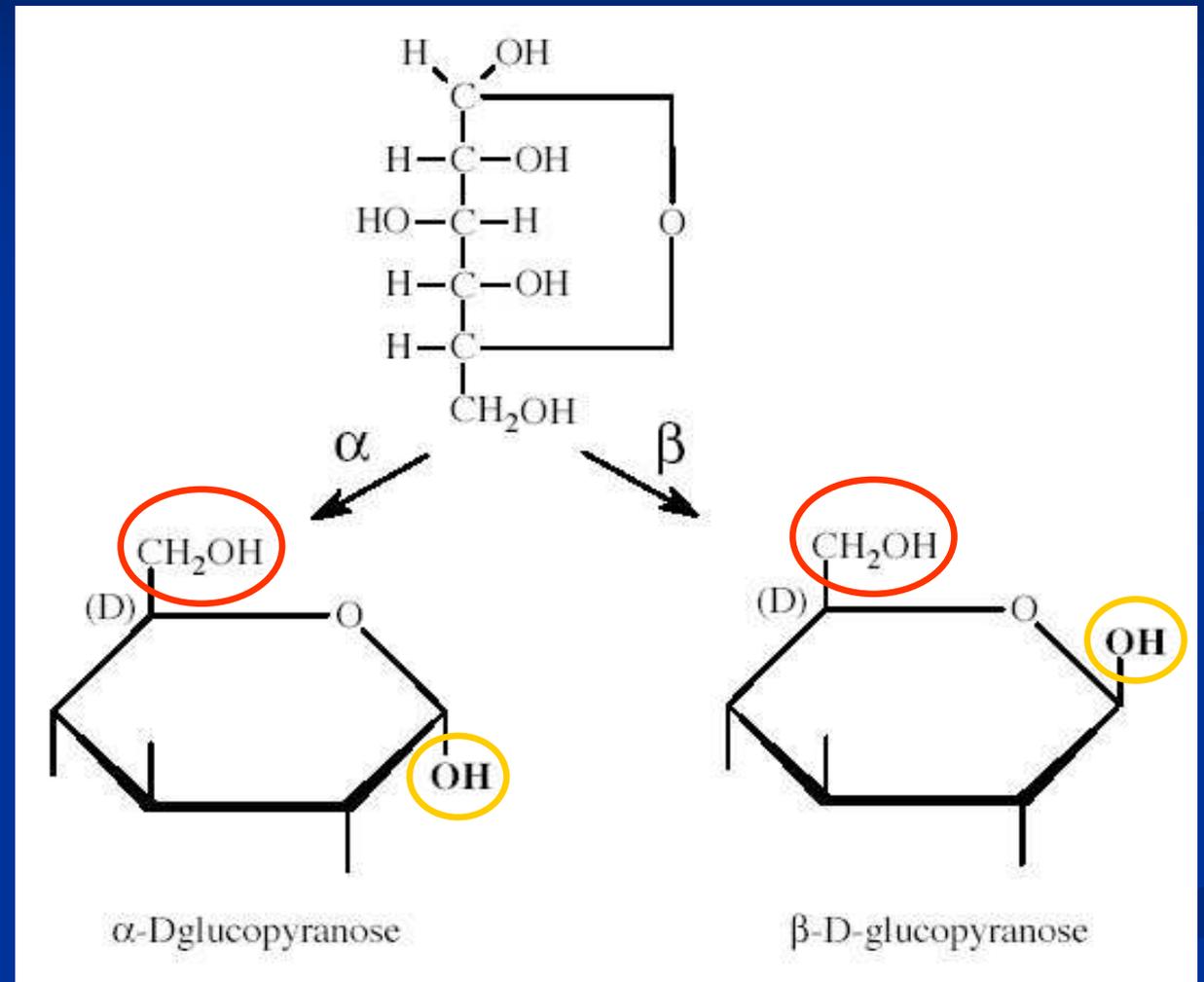
# Représentation en perspective de Haworth



Série D ou L



Anomère  $\alpha$  ou  $\beta$

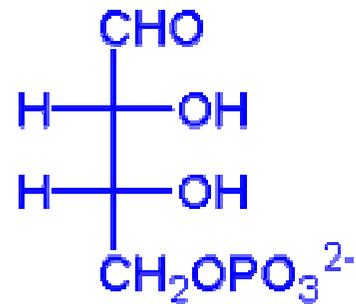


## 2.1.7 Oses d'intérêt biologique

- Trioses: glycéraldehyde 3-phosphate et dihydroxyacétone phosphate

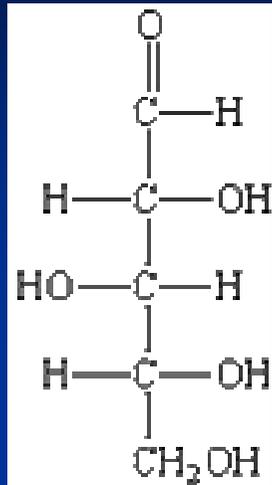
- Tétroses:

aldose D(-) érythrose (son ester de phosphate)

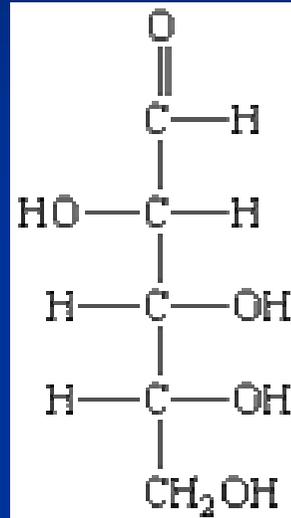


**ERYTHROSE-4-PHOSPHATE**

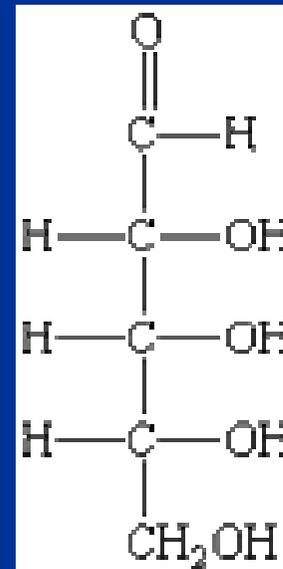
## ■ Pentoses



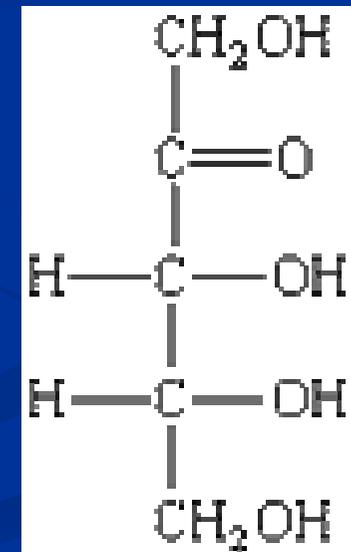
D-xylose



D-arabinose

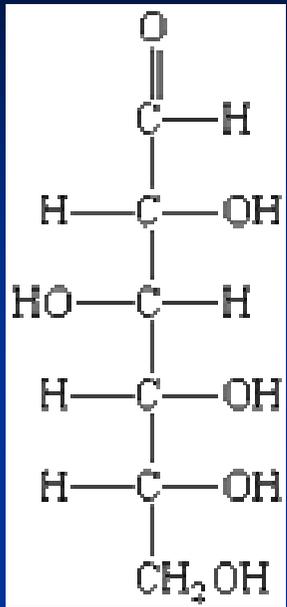


D-ribose

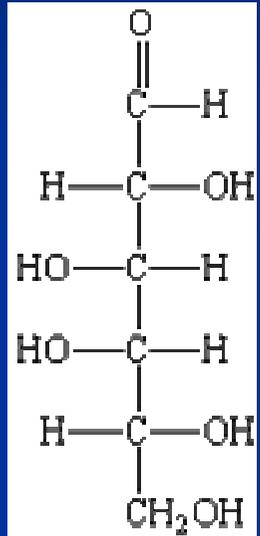


D-ribulose

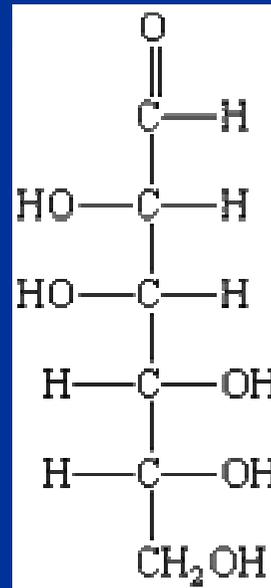
■ Hexoses:



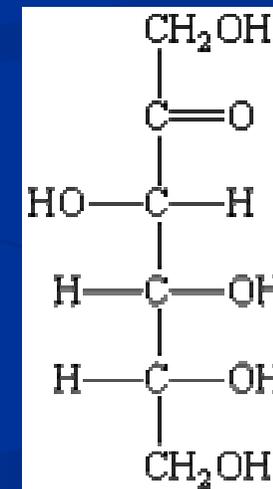
D(+)-glucose



D(+)-galactose

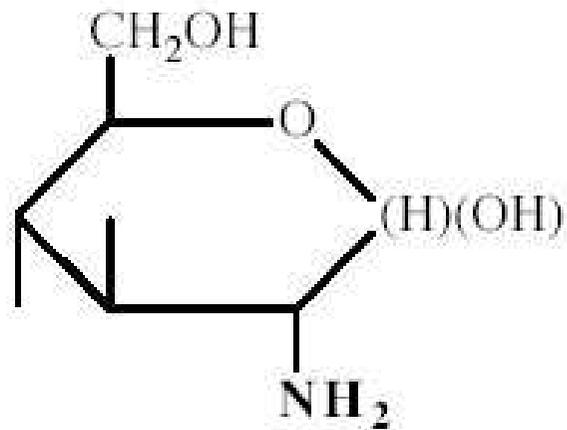


D(+)-mannose

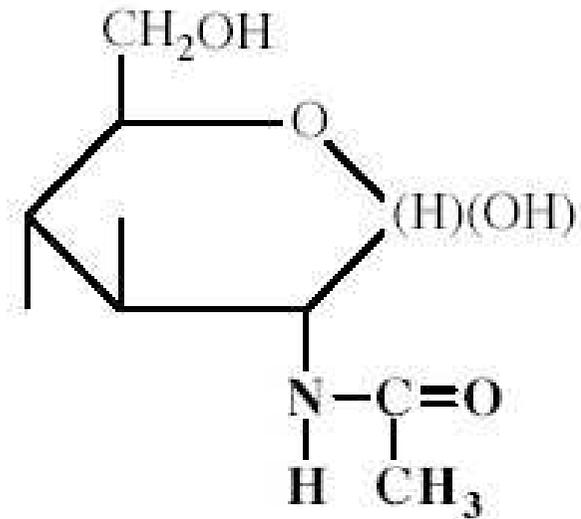


D(+)-fructose

- Les osamines



D-glucosamine (Glc-NH<sub>2</sub>)



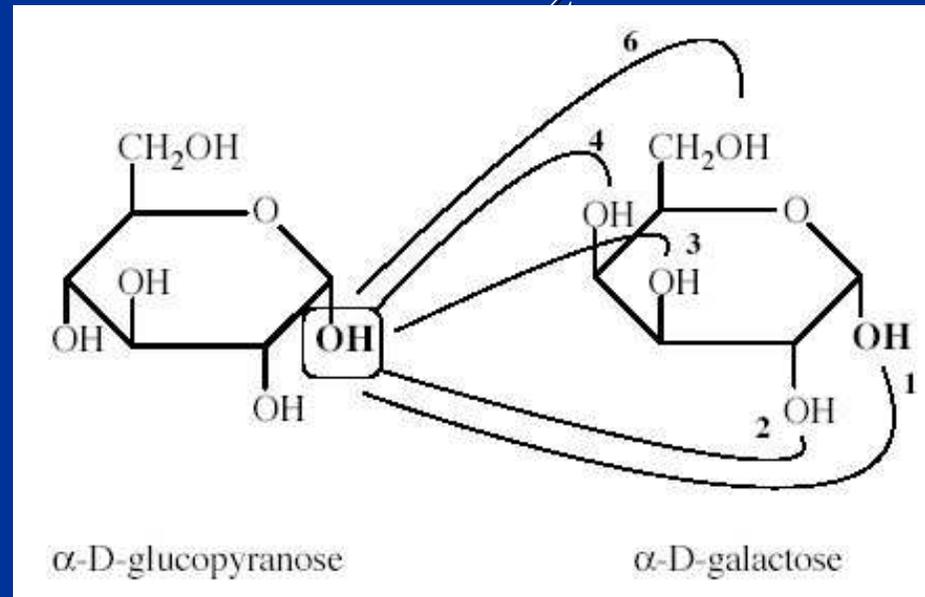
N-acétyl-D-glucosamine (Glc-Nac)

## 2.2 Les osides

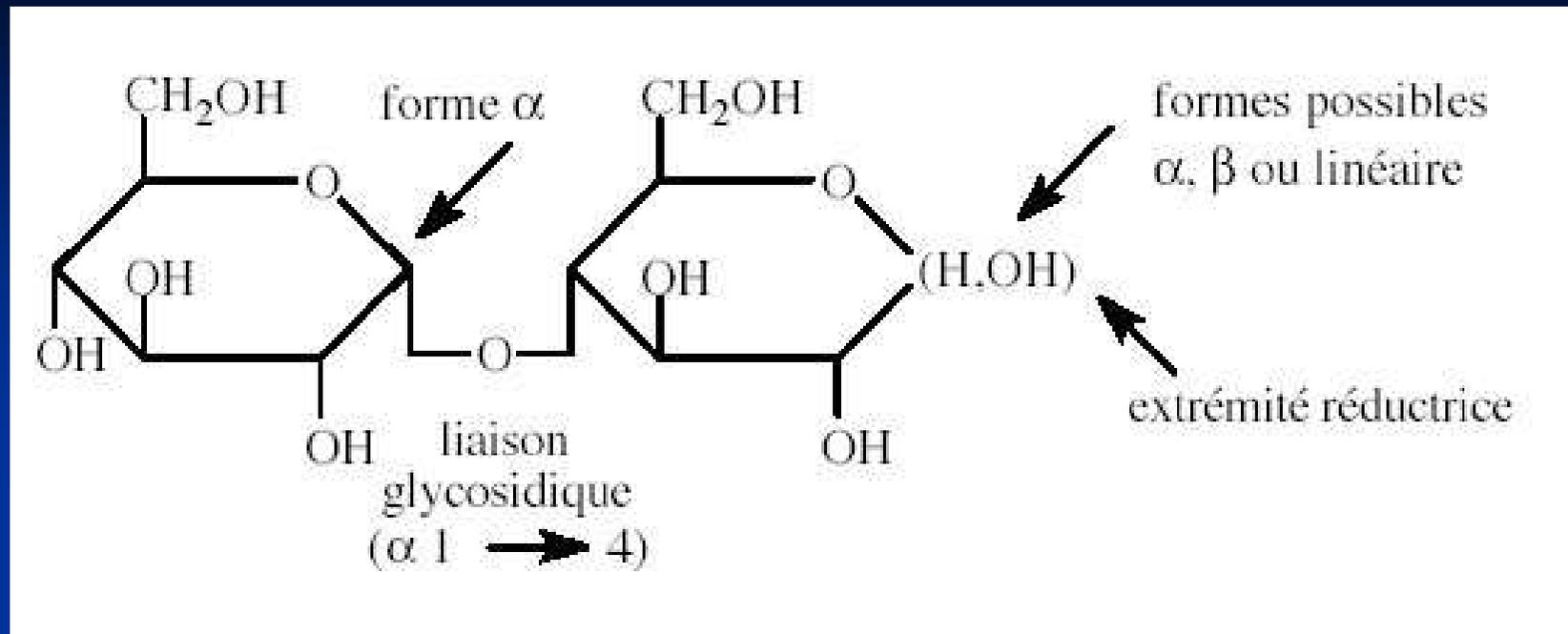
- Hétérosides: hydrolyse libère des oses et des composés non glucidiques (aglycone)
- Holosides: hydrolyse libère des oses (oligosides et polyosides)

## ■ Les oligosides

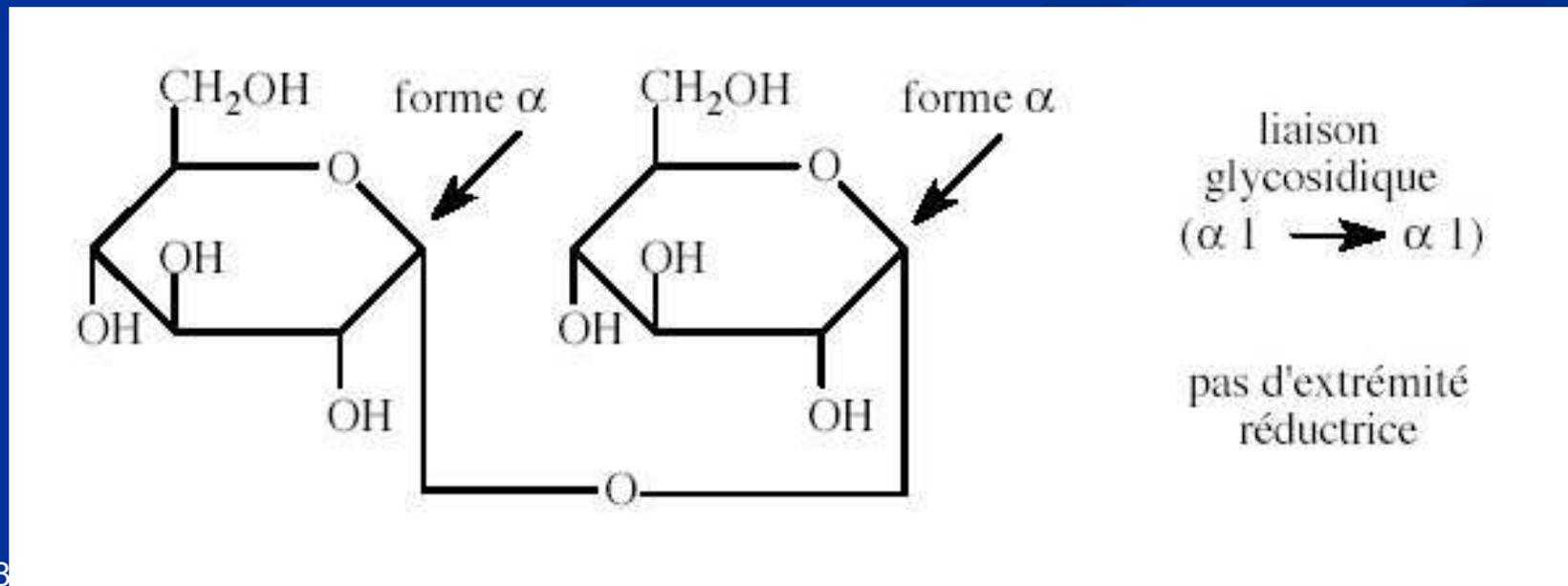
- la liaison osidique ou glycosidique



## D-glucopyranosido-( $\alpha$ 1- $\rightarrow$ 4) D-glucopyrannose



## D-glucopyranosido-( $\alpha$ 1- $\rightarrow$ $\alpha$ 1) D-glucopyrannose



## ■ Les diholosides

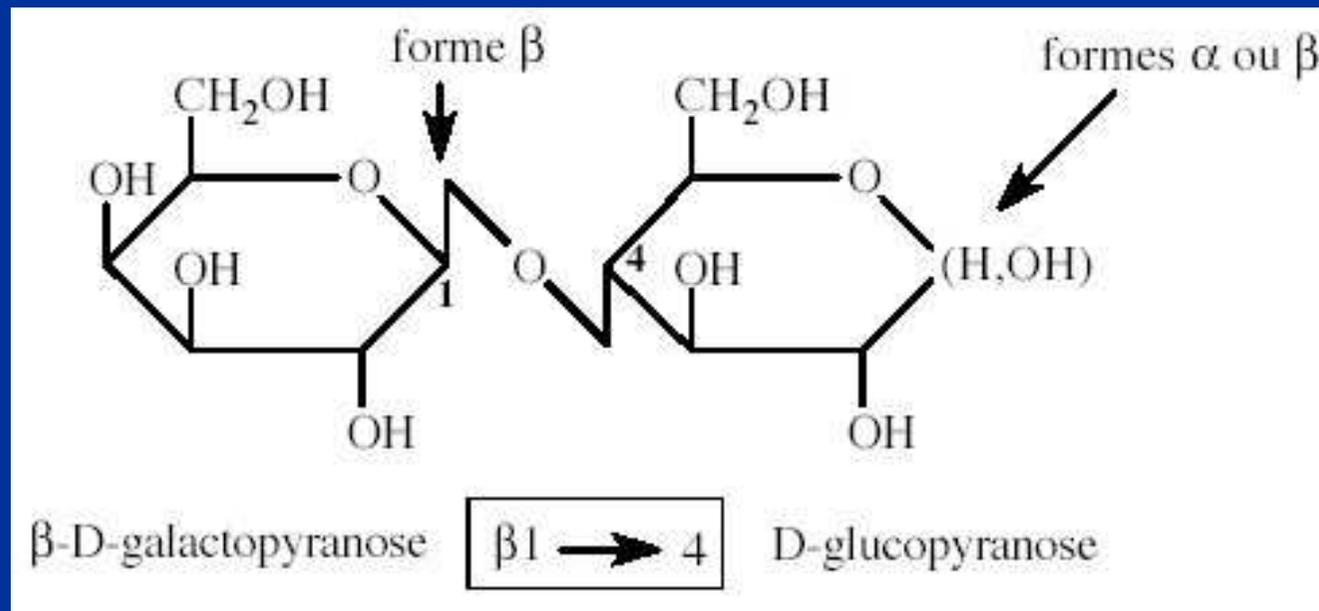
- Le lactose (lait animal)

- Le saccharose (végétal)

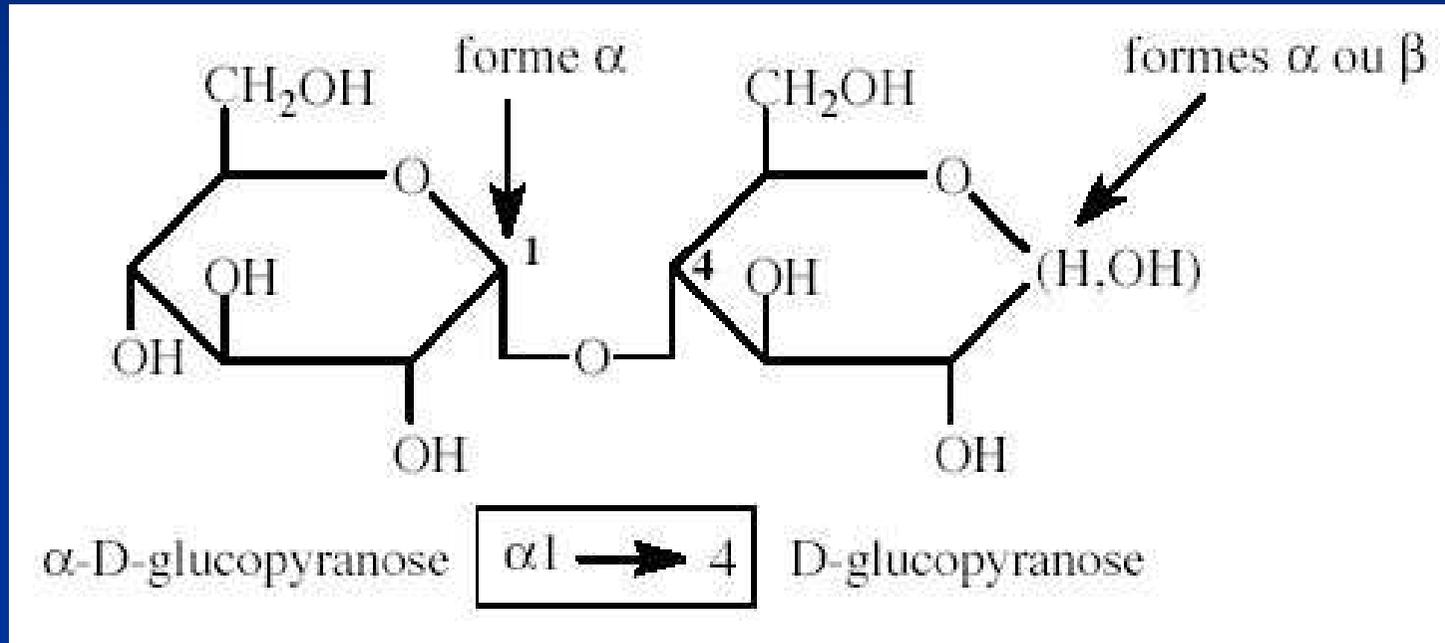
- Le thréalose (hémolymphe des insectes, champignons)

## - Diholosides réducteurs

### Le lactose



## - Le maltose



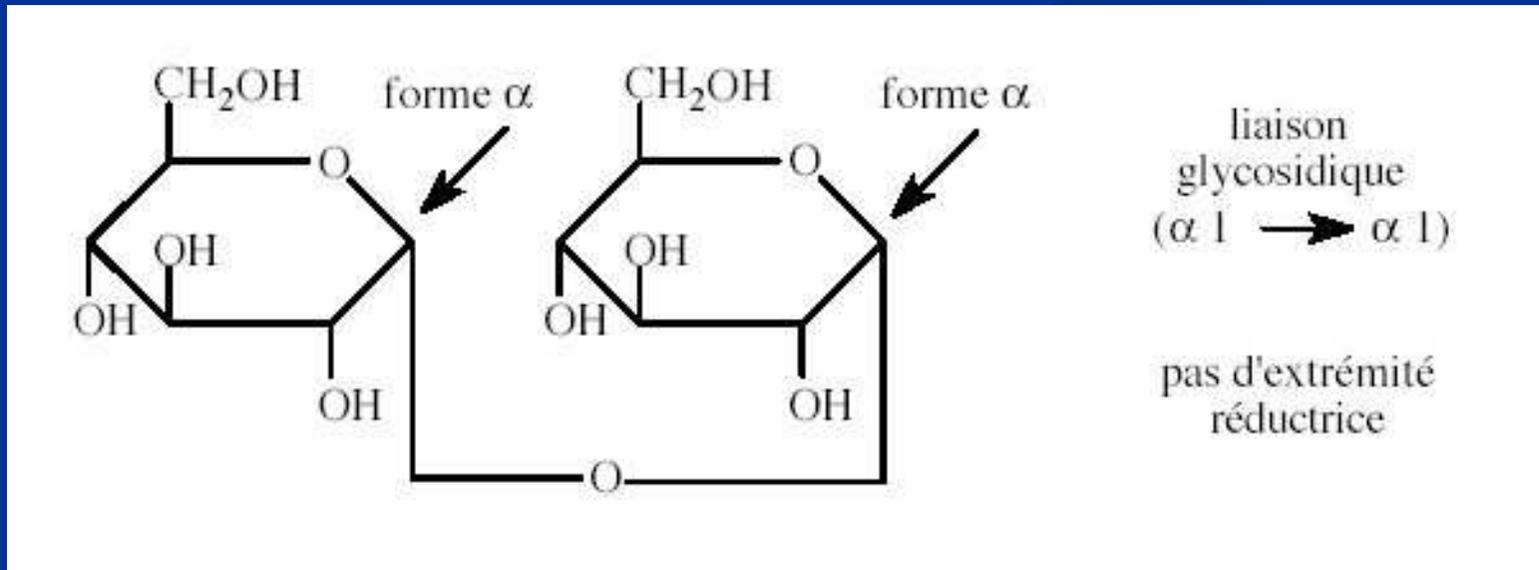
Isomaltose: D-glucopyranosido ( $\alpha 1 \rightarrow 6$ ) D-glucopyranose

Cellobiose: D-glucopyranosido ( $\beta 1 \rightarrow 4$ ) D-glucopyranose

- Disaccharides non réducteurs

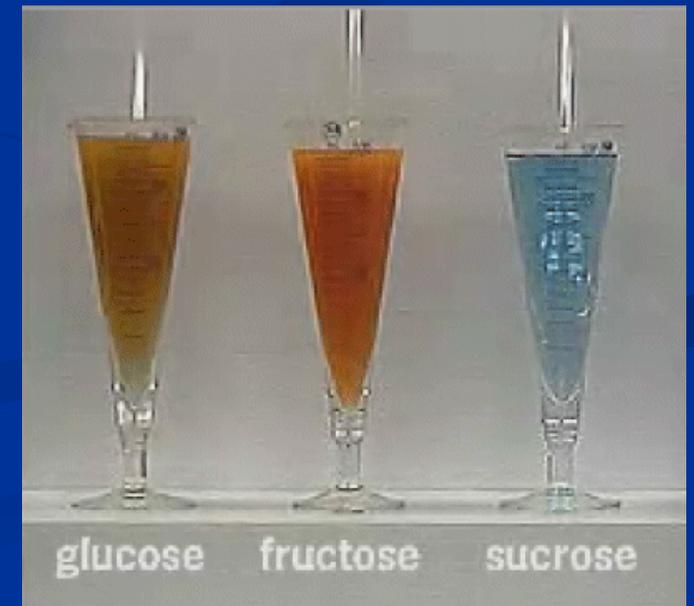
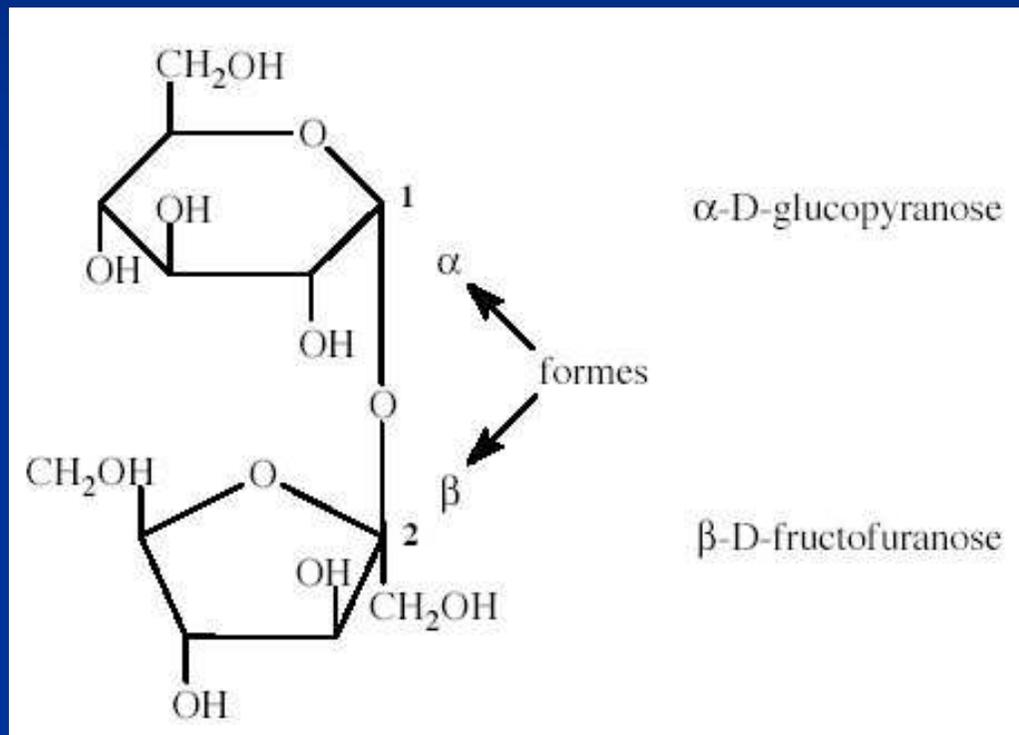
## Le tréhalose

D-glucopyranosido ( $\alpha 1 \rightarrow \alpha 1$ ) D-glucopyranoside



# Le saccharose

D-glucopyranosido ( $\alpha 1 \rightarrow \beta 2$ ) D-fructofuranoside



## ■ Les polysides homogènes

Les polysides de réserve

- L'amidon
- Le glycogène

Les polysides de structure

- La cellulose
- La chitine

## ■ Les polysides hétérogènes

- Les gommes
- Agar- agar ou gélose
- Alginates

## 2.3 Les hétérosides

- Les glycolipides
- Les protéoglycannes
- Les glycoprotéines
- Les peptidoglycannes

# 3. Amino-acides et peptides

- Les amino-acides constituent l'alphabet de la structure protéique
- Protéines sont des polymères de 20 acides amines reliés entre eux par des liaisons pseudo-amidiques

# Acides aminés

## ■ Formule générale



R: résidu variable appelé chaîne latérale:

- R aliphatiques à

- Chaîne carbonée de type carbure, linéaire ou branchée

- Chaîne carbonée portant des groupements fonctionnels

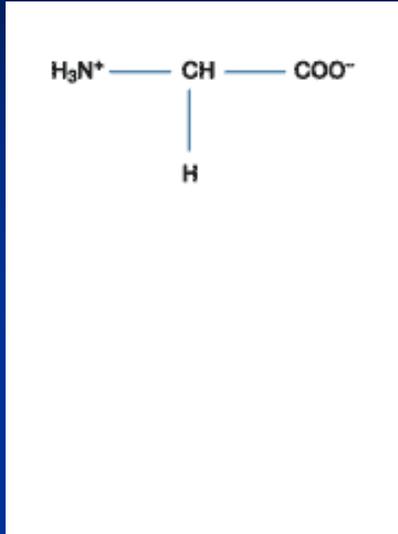
(acide, amide, alcool...)

- R cycliques

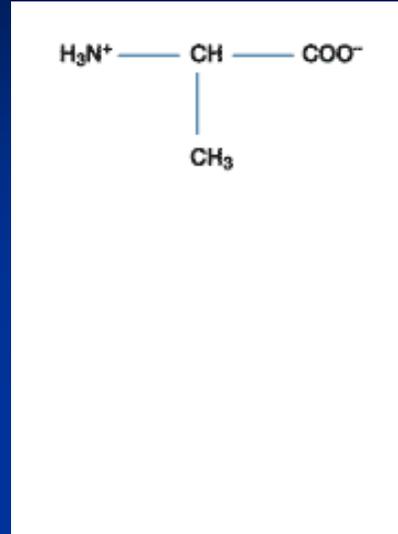
- aromatiques

- hétérocycles à azote

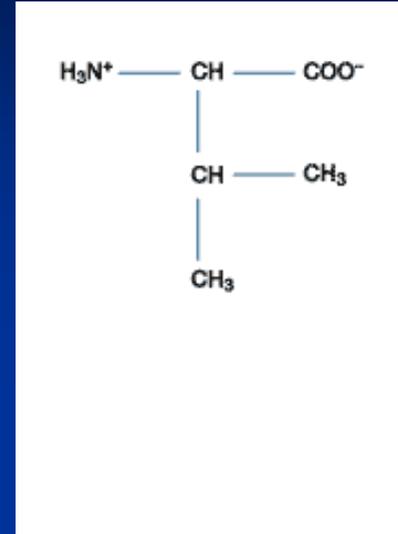
# GRUPE 1: Acides aminés aliphatiques



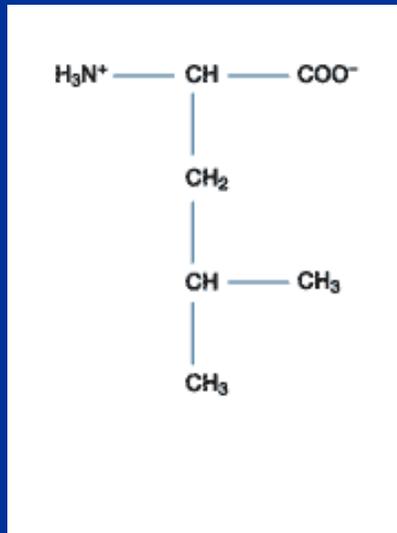
Glycine (Gly, G)



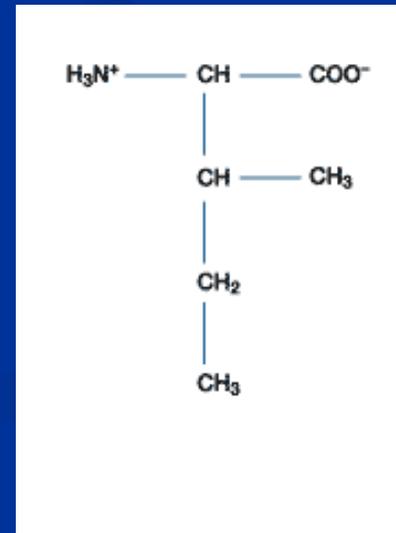
Alanine (Ala, A)



Valine (Val, V)

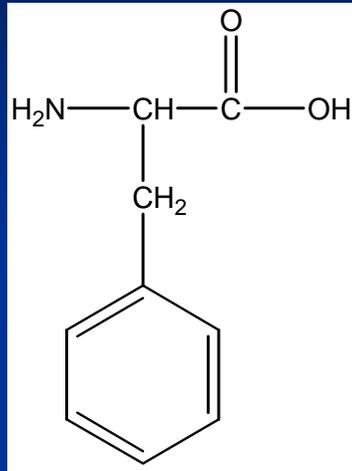


Leucine (Leu, L)

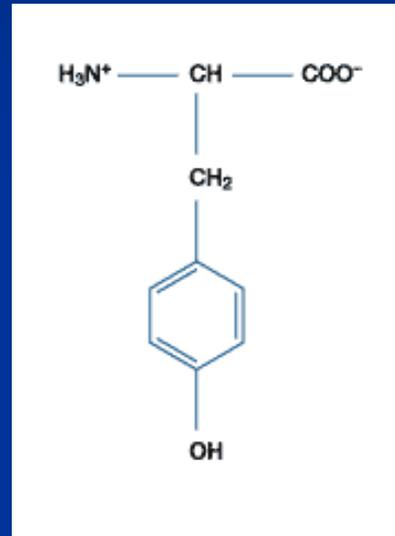


Isoleucine (Ile, I)

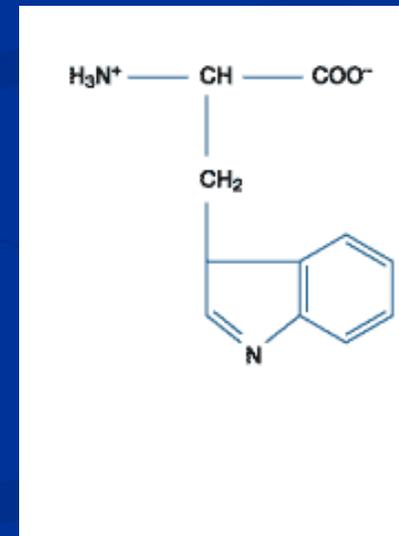
## GRUPE 2: Acides aminés aromatiques



Phenylalanine (Phe, F)

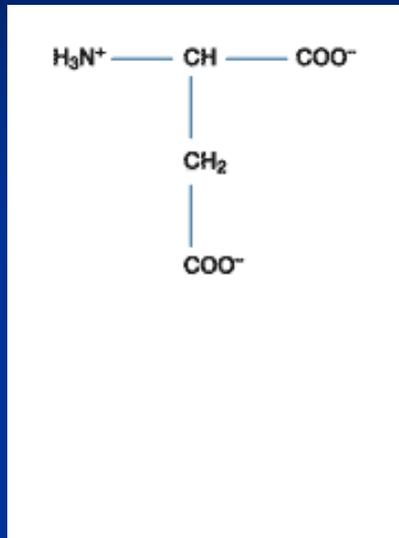


Tyrosine (Tyr, Y)

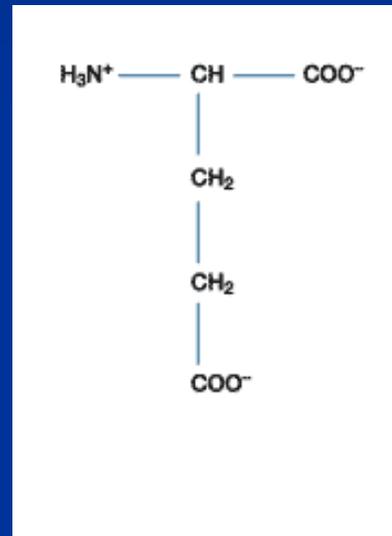


Tryptophane (Trp, W)

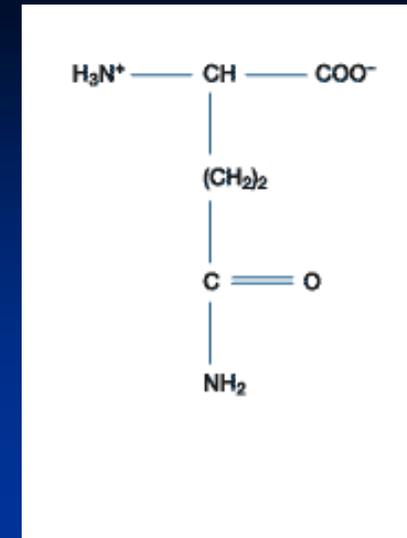
## GROUPE 3: Acides aminés dicarboxyliques



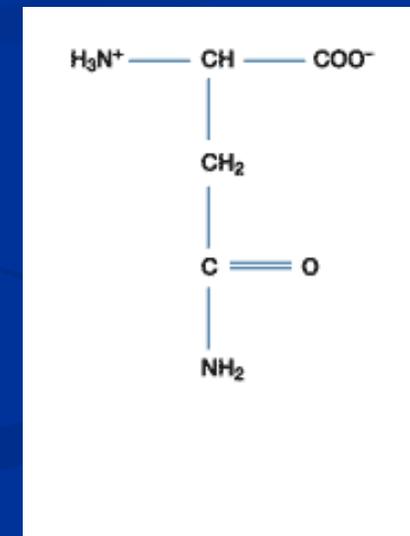
Acide aspartique (Asp, D)



Acide glutamique (Glu, E)

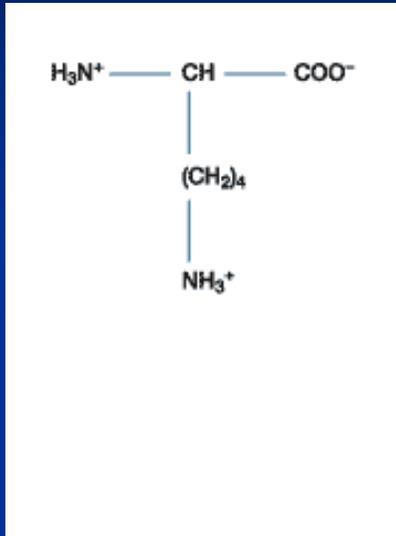


Glutamine (Gln, Q)

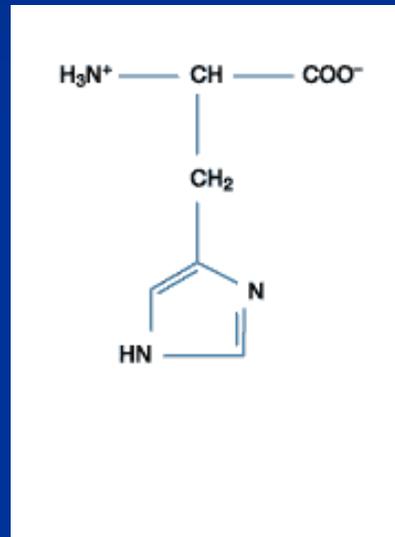


Asparagine (Asn, N)

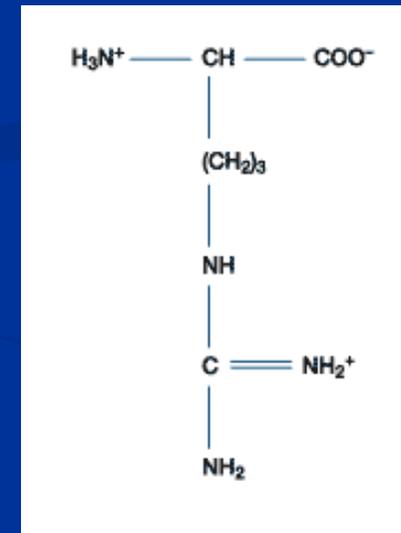
## GROUPE 4: Acides aminés dibasiques



Lysine (Lys, K)

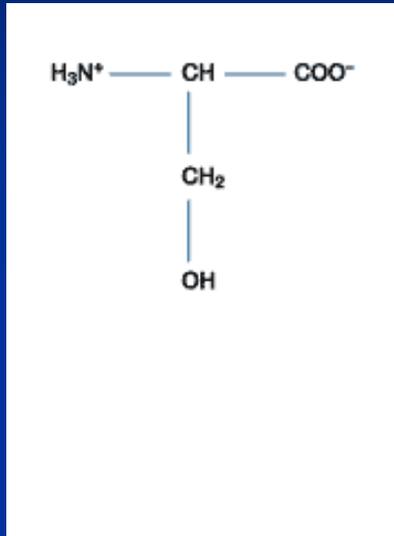


Histidine (His, H)

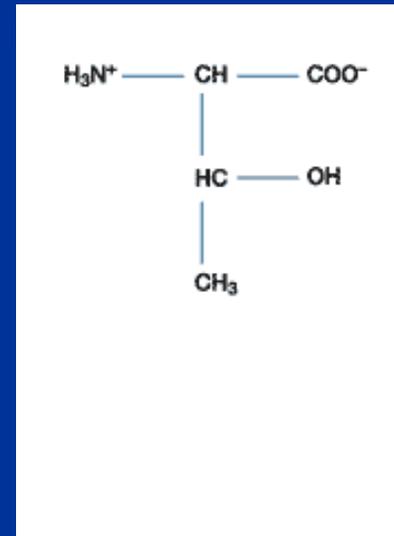


Arginine (Arg, R)

## GRUPE 5: Acides aminés alcools

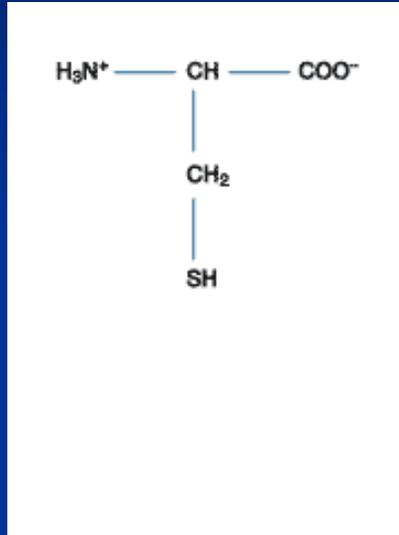


Sérine (Ser, S)

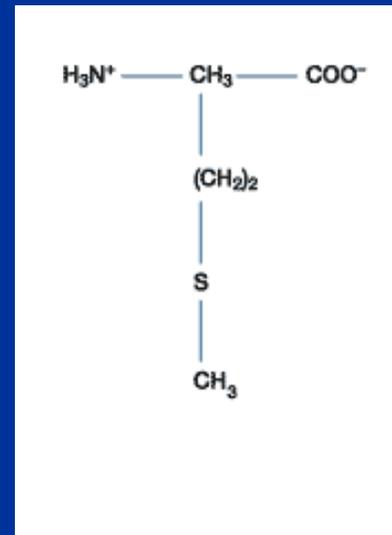


Thréonine (Thr, T)

## GRUPE 6: Acides aminés soufrés

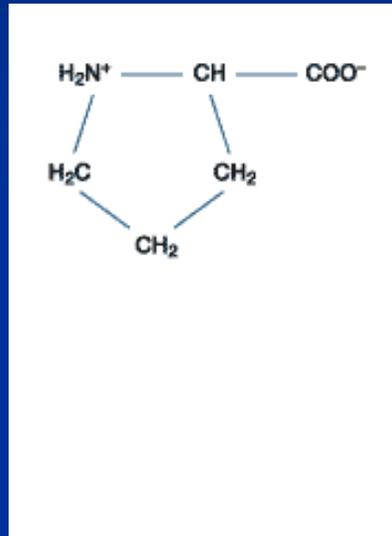


Cystéine (Cys, C)



Méthionine (Met, M)

## GROUPE 7: Iminoacide



Proline (Pro, P)

## ■ Propriétés physiques

- Chiralité - Pouvoir rotatoire

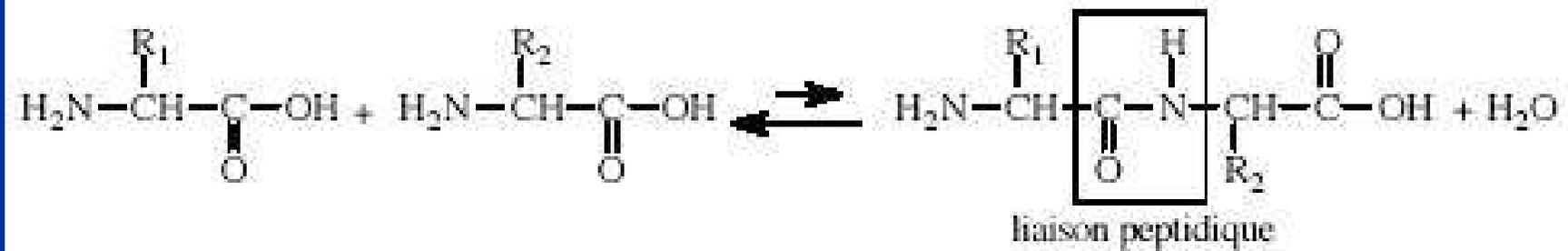
- Absorption

- Ionisation

# Les peptides

- **Peptide:** enchaînement d'un nombre d'acides aminés inférieur à 50. Oligopeptide aa < 10 et polypeptide aa > 10
- **Protéine:** enchaînement d'un nombre d'acides aminés supérieur à 50

## ■ La liaison peptidique



## ■ Peptides d'intérêt biologique

- Peptides à rôle physico-chimique

- le glutathion (tripeptide)

- l'aspartame (dipeptide de synthèse)

## - Peptides à activité de médiateur

### *Peptides hormonaux*

ocytocine, vasopressine [hypothalamus]

ACTH [lobe antérieur hypothalamus]

insuline, glucagon [pancréas]

sécrétine [muqueuse duodénale]

### *Les neuropeptides*

enképhalines, endorphine (peptide N-ter Tyr-Gly-Gly-Phe)

## *Les peptides vasomoteurs*

angiotensine [octapeptide]

endothéline [21 acides aminés]

$\alpha$ -ANP [28 acides aminés]

bradikynine [9 acides aminés]

## *Les molécules de l'inflammation*

histamine [décarboxylation de l'histidine]

sérotonine [hydroxytryptophane]

## - Peptides antibiotiques

- Peptides bactériens (intègrent des acides aminés de la série D)

- ☼ Famille des tyrocidines (decapeptides cycliques)

- ☼ Bacitracine A (peptide à 12 acides aminés dont 3 appartiennent à la série D)

- Peptides fongiques

- Pénicilline (produit par *Penicillium*) dipeptide de deux dérivés d'acides aminés

# Méthode du Biuret

- Basée sur la réduction du cuivre  $\text{Cu}^{2+}$  en  $\text{Cu}^+$ .
- $\text{Cu}^+$  réagit avec le tryptophane (Trp, W), la tyrosine (Tyr, Y) et la cystéine (Cys, C). Il leur donne une couleur bleue. Le pic d'absorption pour un test du biuret est à 550nm.
- Ce test est peu sensible.
- Il résiste assez bien aux différents composés présents dans les tampons mais est sensible aux sels d'ammonium, ce qui en fait un mauvais choix pour doser les protéines venant d'être précipitées par ce sel.

# Méthode de Lowry

- Basée sur la réaction du biuret, elle utilise aussi la réduction du  $\text{Cu}^{2+}$  en  $\text{Cu}^{+}$ . Depuis 1951, la méthode de Lowry est la plus citée de toutes dans la littérature scientifique.
- Dans la méthode de lowry, le  $\text{Cu}^{+}$  est utilisé pour réduire le réactif de Folin (une solution phénolique contenant des composés de tungstène et de molybdène) qui change sa couleur du jaune au bleu. On lit la réaction à 750 nm.
- Plus sensible que la réaction du biuret, la méthode de Lowry est utilisée pour des quantités de 2 — 100  $\mu\text{g}$ .
- Elle est sensible à plusieurs agents, dont l'EDTA, le DTT, le b-mercapto, l'Hepes, le Tris, le triton X-100, le NP-40, etc.

# Méthode de Bradford

- Le bleu de Coomassie se lie à l'arginine (Arg, R), la tyrosine (Tyr, Y), le tryptophane (Trp, W), l'histidine (His, H) et la phénylalanine (Phe, F) (surtout à R; huit fois plus qu'aux autres en fait).
- Il est assez insensible aux agents des tampons, mais est sensible aux détergents.
- En solution, il a une forme cationique rouge qui absorbe à 470nm. Lié aux protéines, il a une forme anionique bleue qui absorbe à 595nm.
- La méthode de Bradford est encore plus sensible que celle de Lowry (0,2 — 20 ug de protéines).

# 4 Les lipides

- Du grec *lipos* = graisse
- Substances organiques
  - insolubles dans l'eau
  - solubles dans les solvants organiques

- **Classification:** selon la nature et l'agencement de leur acide(s) gras et alcool(s) constitutifs:
  - **Acides gras:** acides carboxyliques à longue chaîne
  - **Cérides:** esters d'un acide gras et d'un alcool a longue chaîne aliphatique
  - **Triglycérides:** esters d'acides gras et d'un trialcool, le glycérol
  - **Glycérophospholipides:** esters d'acides gras et de glycérol, le dernier est uni à un alcool par un phosphate
  - **Sphingolipides:** esters de sphingosine et d'un acide gras
  - **Isoprénoïdes, terpènes et stéroïdes**

## ■ Les acides gras

- Les acides gras sont des acides carboxyliques (-COOH) à longue chaîne aliphatique (R)



## ■ Classification

- Le nombre d'atomes de carbone (n entre 4 et 32)
- Le nombre de double liaison
  - + Les acides gras saturés (sans double liaison)
  - + Les acides gras insaturés (avec une ou plusieurs doubles liaisons)

## ■ Nomenclature



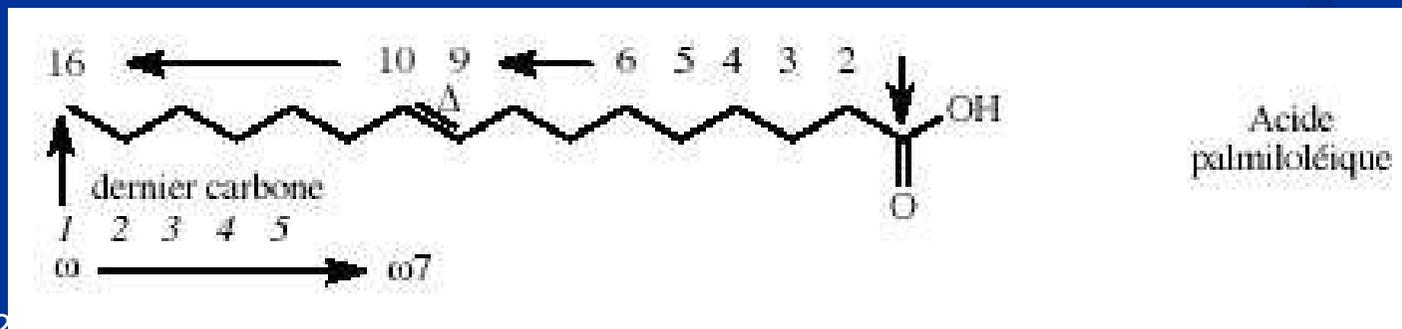
**C:** carbone

**N:** nombre de carbone

**X:** nombre de double liaison

**Δ:** double liaison

**M,n,o:** position des doubles liaisons à partir du carbone 1



# Acide gras saturés

longueur relative	nC	nom systématique	nom courant de l'acide	
chaîne courte	4	n-butanoïque	butyrique	<i>beurre</i>
	6	n-hexanoïque	caproïque	<i>lait de chèvre</i>
	8	n-octanoïque	caprylique	...
	10	n-décanoïque	caprique	...
chaîne moyenne	12	n-dodécanoïque	laurique (laurier)	<i>huile, graisses animales et végétales</i>
	14	n-tétradécanoïque	myristique (muscade)	
	16	n-hexadécanoïque	palmitique (palmier)	
	18	n-octadécanoïque	stéarique (suif)	
chaîne longue	20	n-icosanoïque	arachidique	<i>graines</i>
	22	n-docosanoïque	béhénique	
	24	n-tétracosanoïque	lignocérique	<i>cires des plantes bactéries insectes</i>
	26	n-hexacosanoïque	cérotique	
	28	n-octacosanoïque	montanique	
	30	n-triacontanoïque	mélissique	
32	n-dotriacontanoïque	lacéroïque		

# Les acides gras insaturés

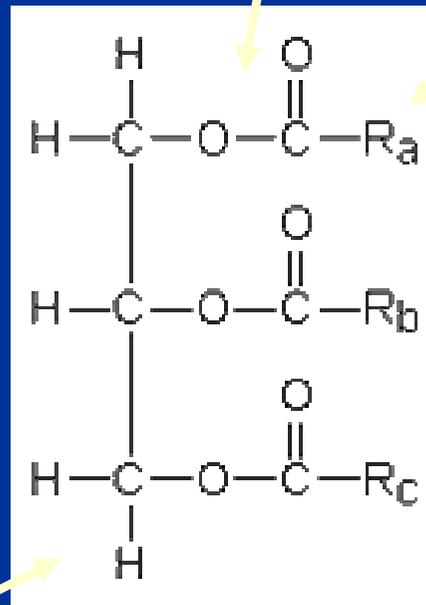
nC	nom systématique	nom courant	symbole	série	
<b>16</b>	cis-9-hexadécénoïque	palmitoléique	C16: 1(9)	$\omega$ 7	<i>très répandu</i>
<b>18</b>	cis-9-octadécénoïque	oléique	C18: 1(9)	$\omega$ 9	<i>très répandu</i>
	cis-11- octadécénoïque	vaccénique	C18: 1(11)	$\omega$ 7	<i>bactéries</i>
	cis, cis-9-12 octadécadiénoïque	linoléique	C18: 2(9, 12)	$\omega$ 6	<i>graines</i>
	tout cis-9-12-15 octadécatriénoïque	linoléinique	C18: 3(9, 12, 15)	$\omega$ 3	<i>graines</i>
<b>20</b>	tout cis-5-8-11-14 icosatétraénoïque	arachidonique	C20: 4(5, 8, 11, 14)	$\omega$ 6	<i>animaux</i>
	tout cis-5-8-11-14-17 icosapentaénoïque	EPA*	C20: 5(5, 8, 11, 14, 17)	$\omega$ 3	<i>huiles de poissons</i>
<b>24</b>	cis-15-tétracosénoïque	nervonique	C24: 1(15)	$\omega$ 9	<i>cerveau</i>

- Longue chaîne aliphatique non polaire
- Point de fusion
- A pH7, tous les acides gras sont ionisés
  - Petite tête polaire  $-\text{COO}^-$
  - Longue queue apolaire R

- Les triglycérides (esters d'acides gras et de glycérol)

Liaison ester

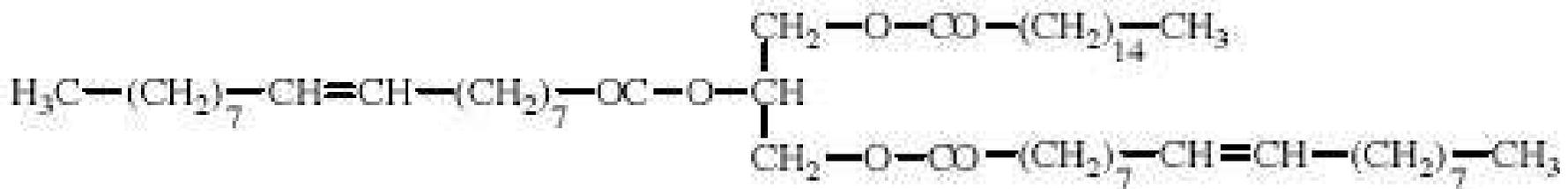
Groupe acyle



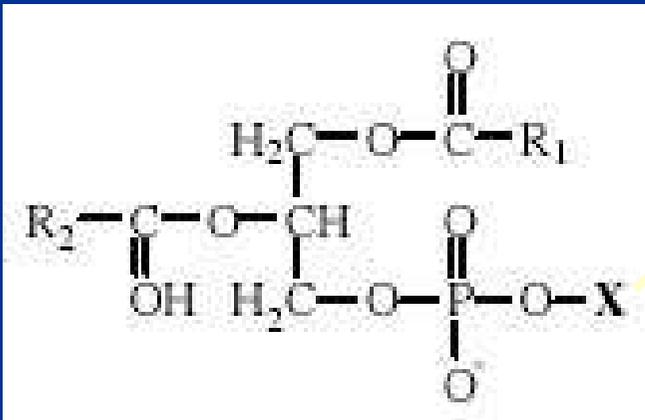
Squelette glycérol

- Triglycérides simples (ou homotriglycérides)
- Triglycérides mixtes (ou hétérotriglycérides)

Exemple : le triglycéride 1-palmityl-2,3-dioléyl-*sn*-glycérol



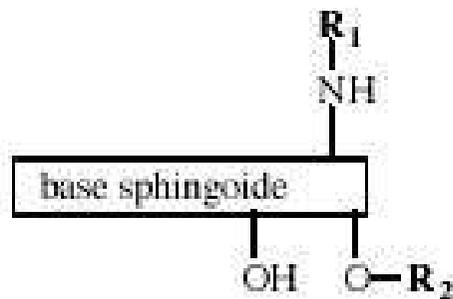
## ■ Les glycérophospholipides



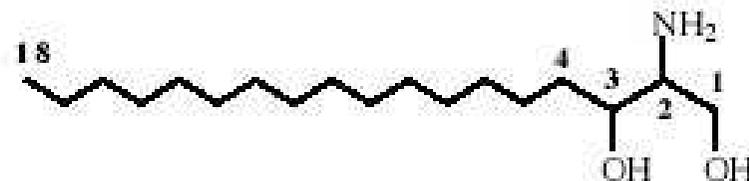
Ethanolamine = phosphatidyl éthanolamine  
Choline = phosphatidyl choline  
Sérine = phosphatidyl sérine  
Inositol = Phosphatidyl inositol  
Glycérol = Phosphatidyl glycérol

■ Molécule des glycérophospholipides est amphiphile

## ■ Les sphingolipides



Groupement R <sub>2</sub>	Noms
H	céramides
phosphate	céramides-1-phosphate
phosphocholine	sphingomyélines
glucide	glycosphingolipides
ose	cérébrosides
oside neutre	glycosphingolipides neutres
oside acide	glycosphingolipides acides
- sulfate	sulfo glycosphingolipides
- acide sialique	sialoglycosphingolipides ou gangliosides

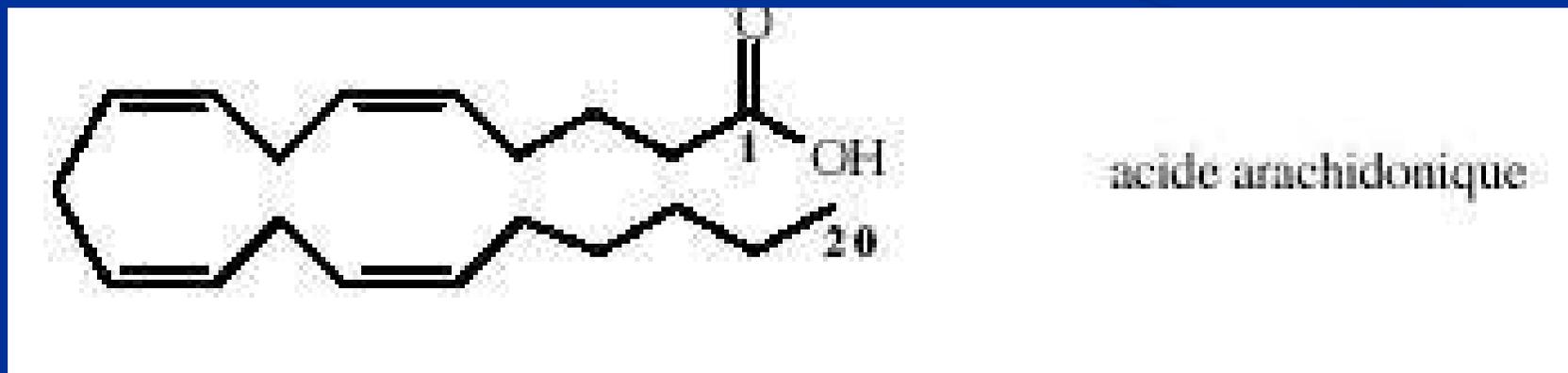


# Les composés à caractère lipidique

- Icosanoïdes

- Les dérivés de l'acide arachidonique

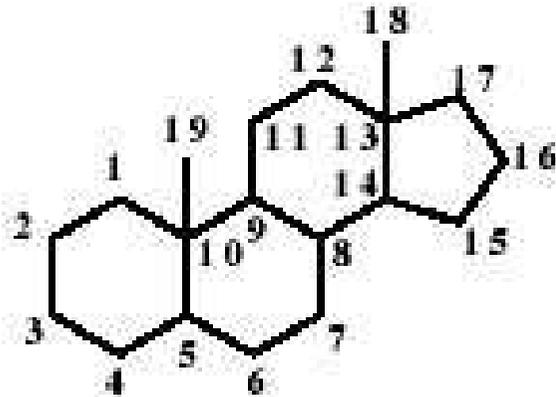
- Prostaglandine
    - Prostacycline
    - Tromboxane
    - Leucotriène



## ■ Les isoprénoïdes

- les monoterpènes sont trouvés dans les essences odorantes
- les sesquiterpènes ( $n=1,5$ ) sont trouvés dans les fractions lourdes d'essence et huiles essentielles mais aussi dans les hormones d'insectes et dans la prénylation des protéines
- les diterpènes ( $n=2$ ) sont trouvés chez les végétaux dans les résines, les hormones et chez les animaux dans les composants des vitamines liposolubles A et E.
- les triterpènes ( $n=3$ ) sont des constituants de revêtements chez les végétaux et le précurseur du cholestérol chez les animaux
- les tétraterpènes ( $n=4$ ) forment la famille des carotènes et des xanthophylles chez les végétaux et sont les précurseurs de la vitamine A chez les animaux
- les polyprénoïdes sont trouvés dans les gommes xanthophylles chez les végétaux et dans les polyprénols.

## ■ Les Stéroïdes



Noyau stérane des stéroïdes

Carbones chiraux  
 $C_5$   $C_8$   $C_9$   $C_{10}$   $C_{13}$   $C_{14}$

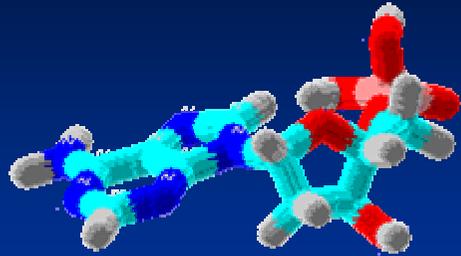
Les stérols (cholestérol...)

Les acides et sels biliaires (acide cholique...)

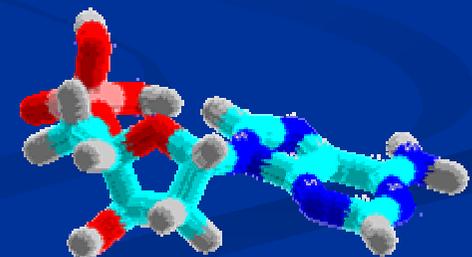
Les stéroïdes hormonaux (progestérone, testostérone, estrogènes...)

Les vitamines D (ergocalciférol, cholécalciférol...)

# 5. LES ACIDES NUCLEIQUES



## 5.1. Composants et liaisons chimiques de l'ADN



## L'ADN est un macromolécule

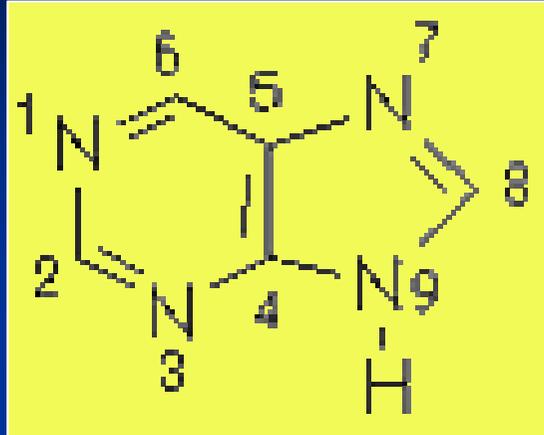
- c'est un polymère formé de 4 monomères
- Les monomères sont appelés désoxyribonucléotides

## Qu'est ce qu'un désoxyribonucléotide

Un desoxyribonucléotide est formé:

- Une base azotée
- Un sucre = 2' désoxyribose
- Un groupe phosphate

# 4.1.1 BASES



PURINES

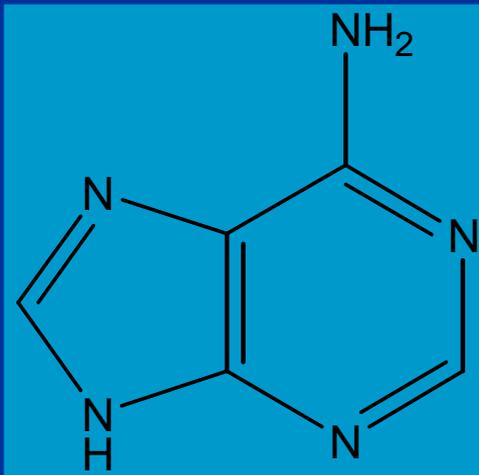
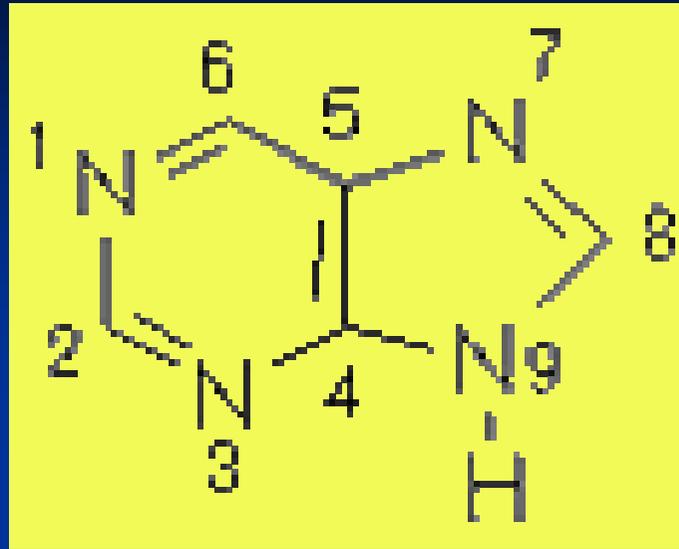
- **Composé bicyclique comprenant Un noyau pyrimidique et un noyau imidazole**



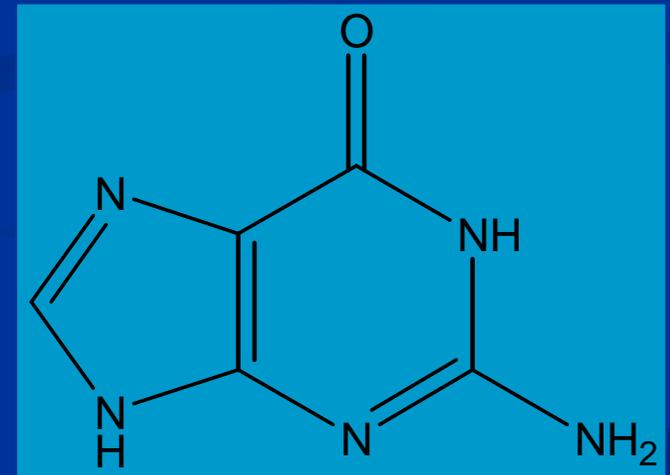
PYRIMIDINES

- **Hétérocycle avec 2 atomes d'azote et 4 atomes de carbone**

# PURINES

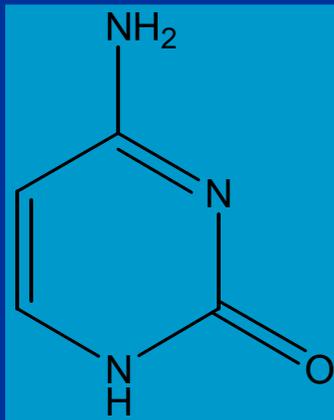
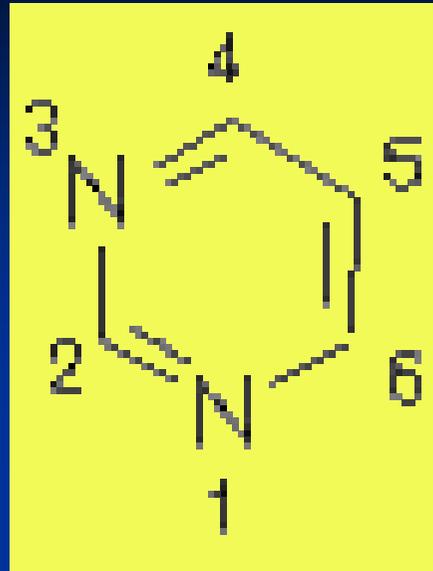


**ADENINE**

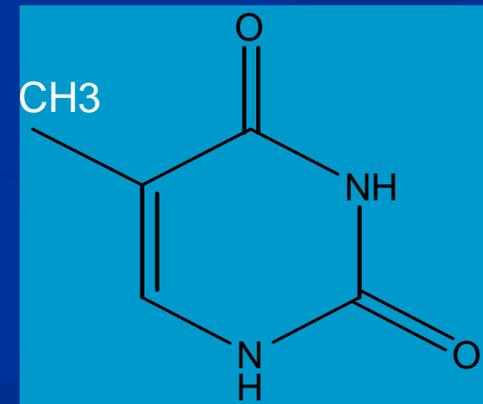


**GUANINE**

# PYRIMIDINES

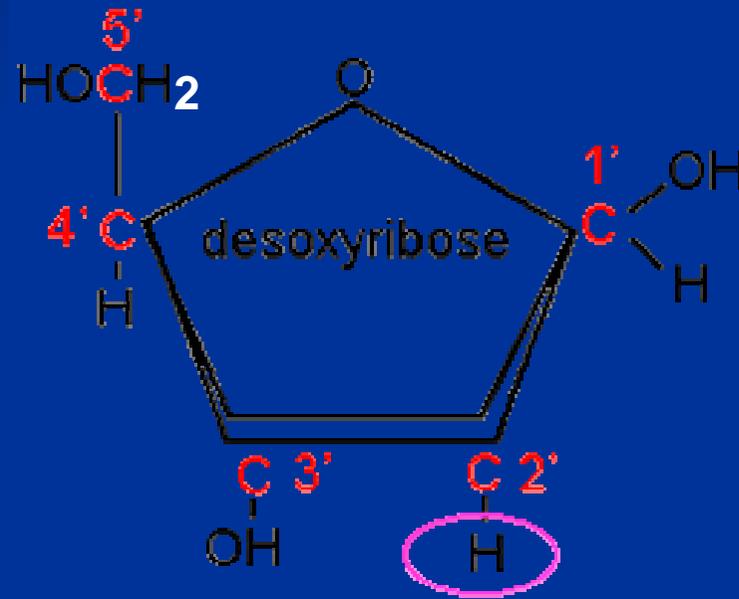


**CYTOSINE**



**THYMINE**

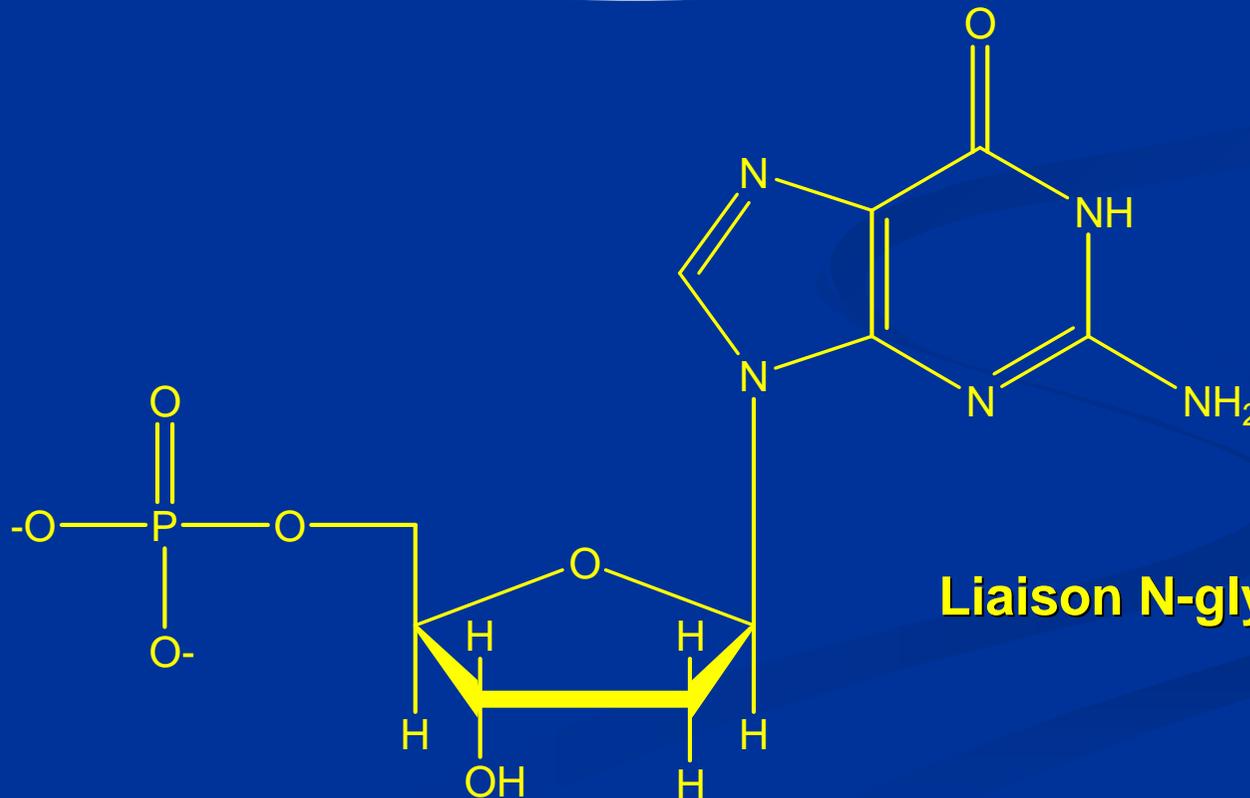
# 4.1.2 SUCRES



2'-désoxyribose

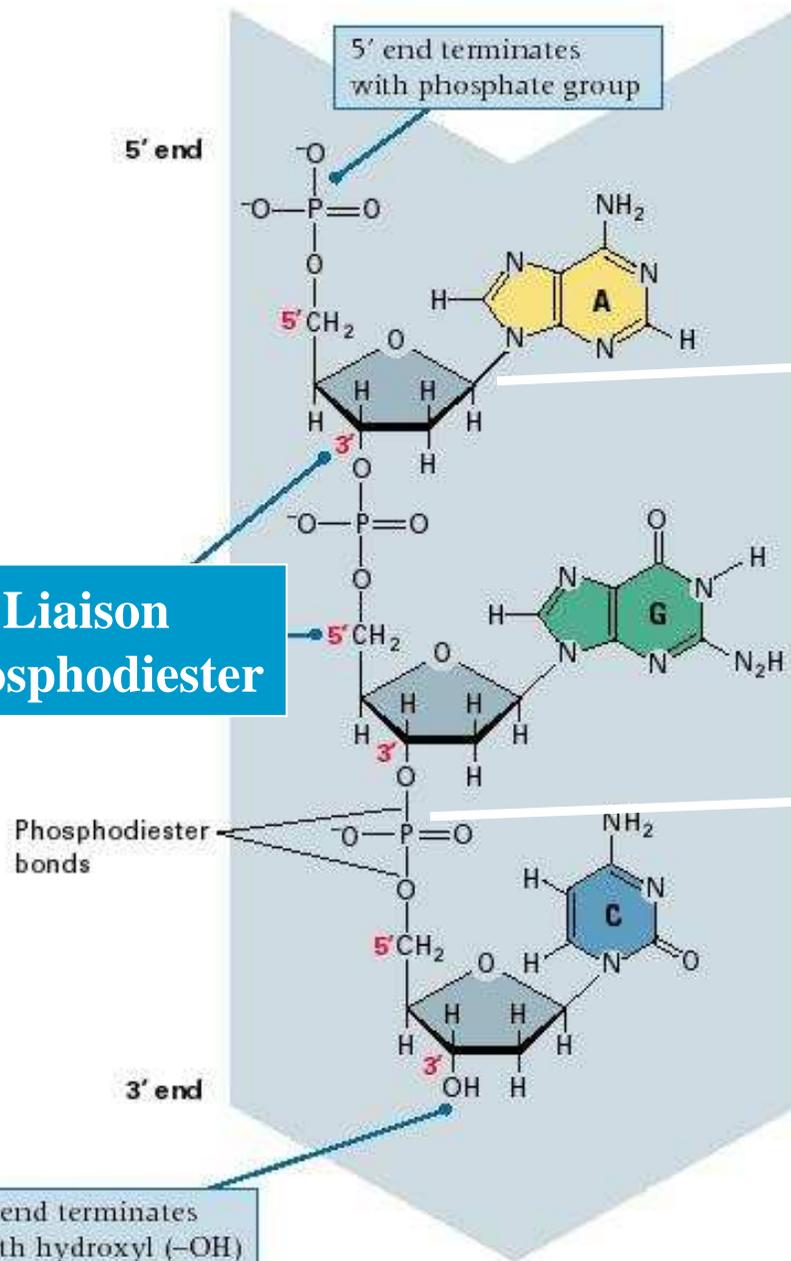
# 4.1.3 DESOXYRIBONUCLEOTIDE

Base + Sucre + Phosphate



Liaison N-glycosidique

(A)



## Liaison N-glycosidique:

**Pour Adenine et Guanine**

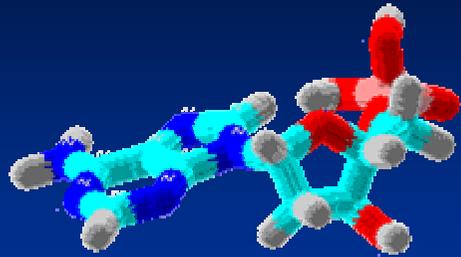
La liaison est située entre le **N9** de la base et le **C1'** de l'ose

**Pour Cytosine et Thymine**

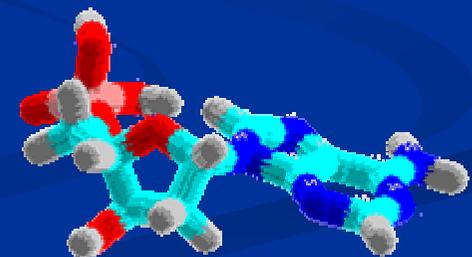
La liaison est située entre le **N1** de la base et le **C1'** de l'ose

## Liaison phosphodiester:

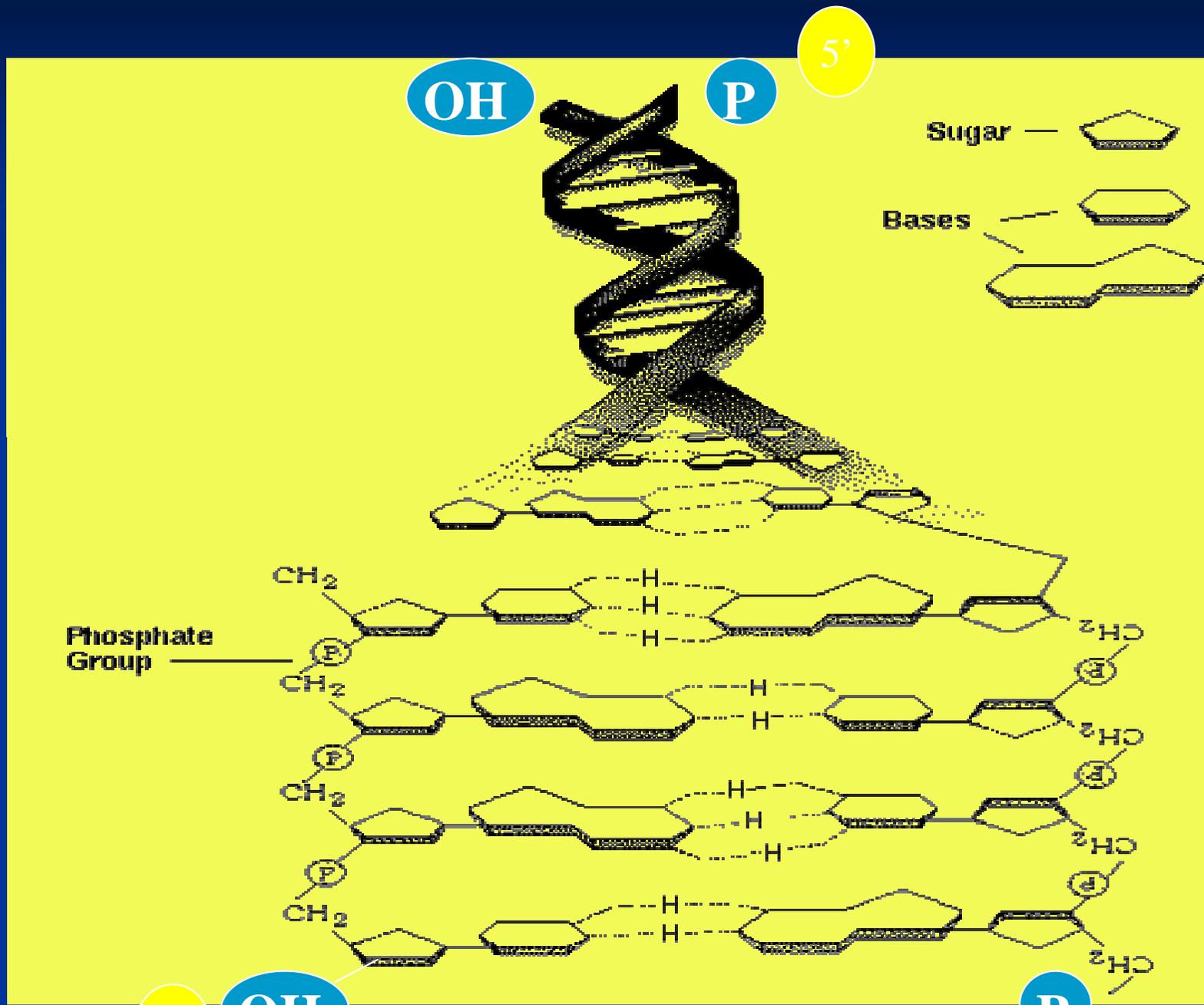
L'hydroxyle en **C3'** de l'ose d'un déoxyribonucléotide est lié au **C5'** de l'hydroxyle en 5' de l'ose du nucléotide voisin par un pont phosphate

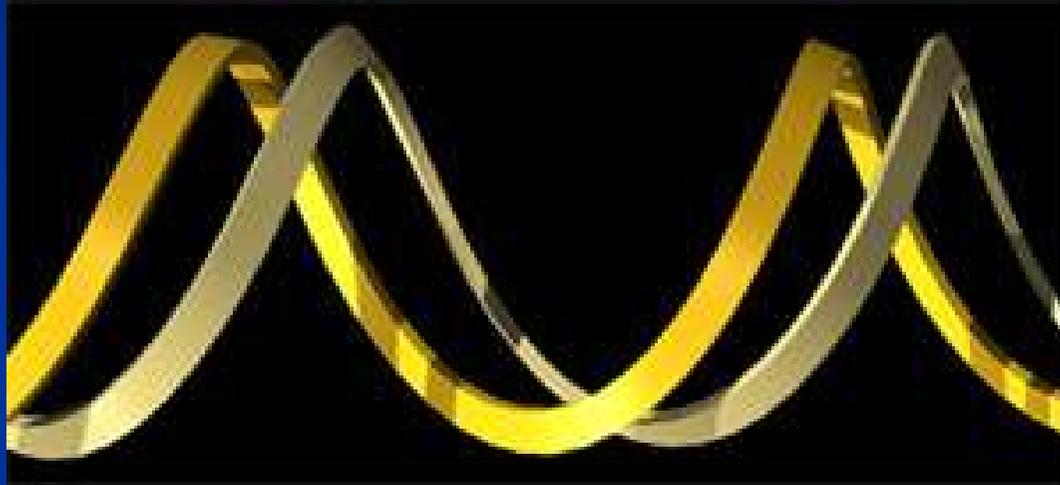


## 4.2. Structure en double-hélice



• L'ADN est une hélice à double brin





## 4.3. Dénaturation et renaturation de l'ADN

# Fusion ou dénaturation

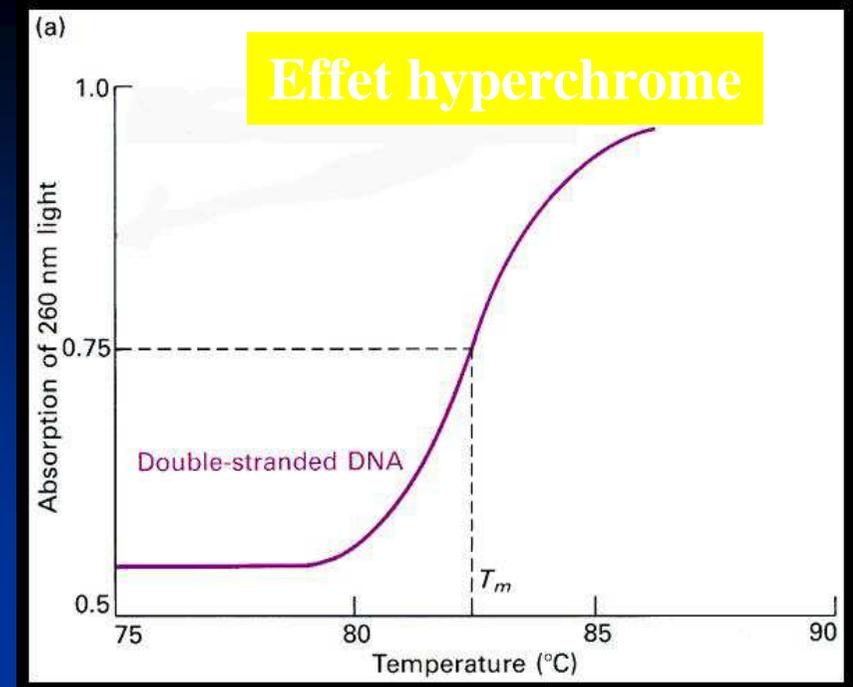
La dénaturation peut être obtenue:

En chauffant la solution d'ADN

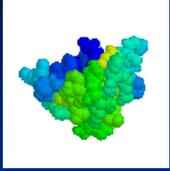
En modifiant le pH de la solution (alcalin)

■ La dénaturation est réversible:

■ Est appelée Renaturation ou Réassociation

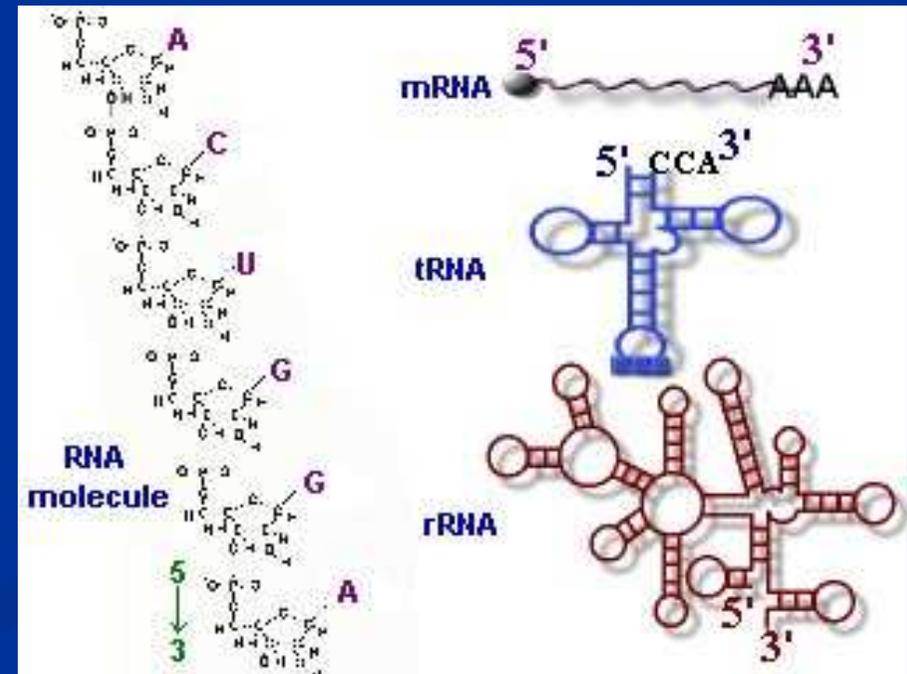


# 4.4. Structure et Propriétés des ARN



## *Trois grands types d'ARN*

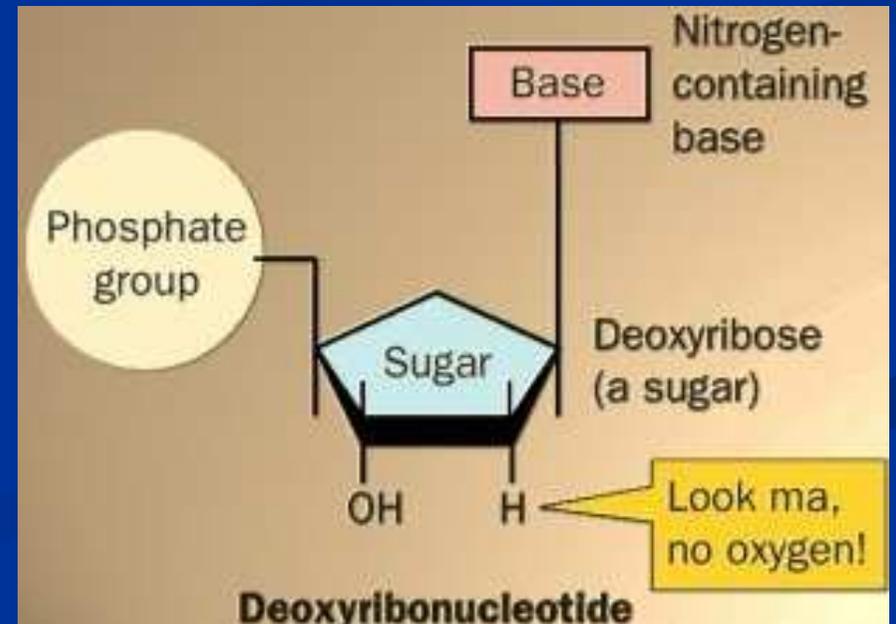
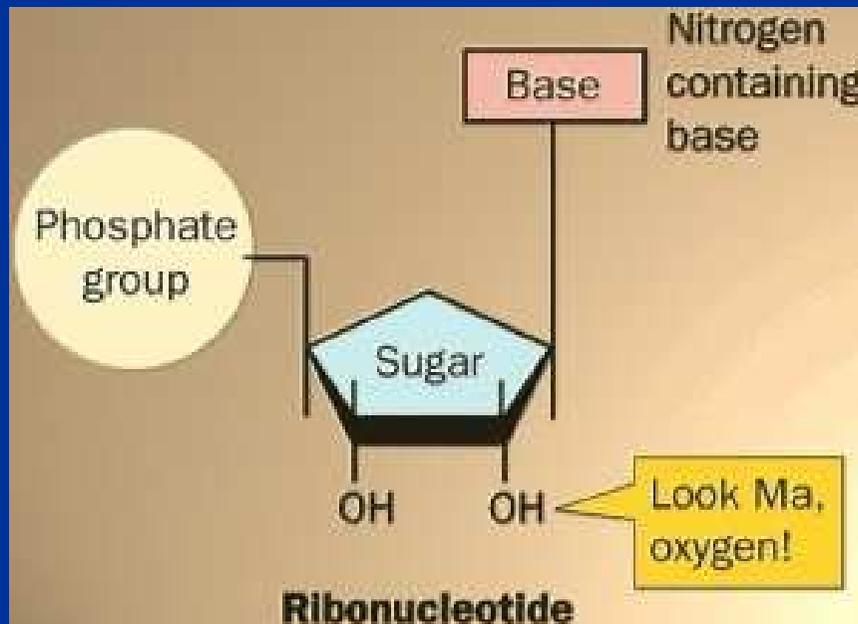
- ARN messenger ou ARNm (ou *mRNA*)
- ARN ribosomique ou ARNr (ou *rRNA*)
- ARN de transfert ou ARNt (ou *tRNA*)



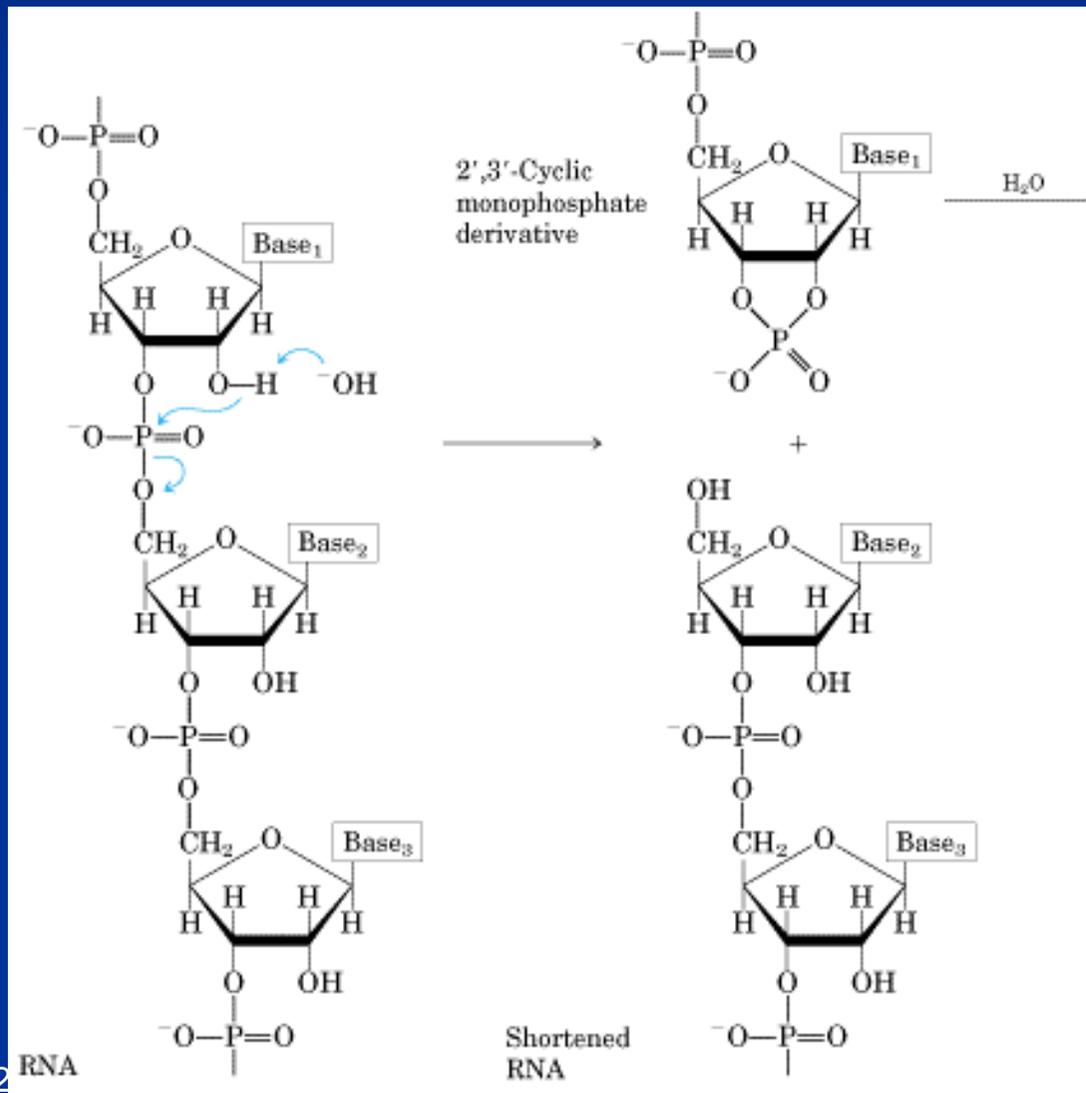
# Différences entre ADN et ARN

ARN

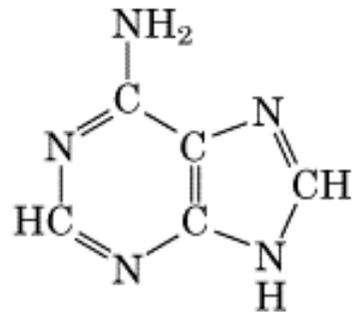
ADN



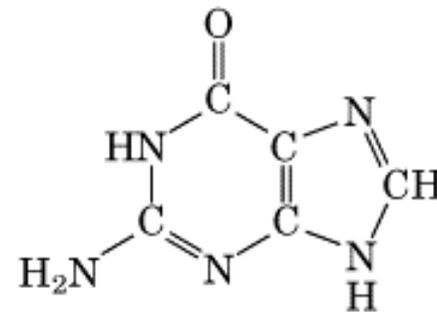
# Hydrolyse de l'ARN en milieu alcalin



# Les bases de l'ARN

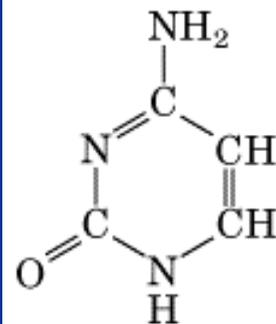


Adenine

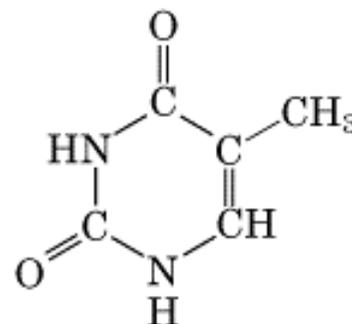


Guanine

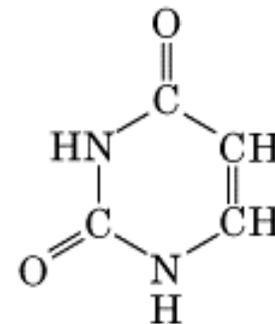
## Purines



Cytosine



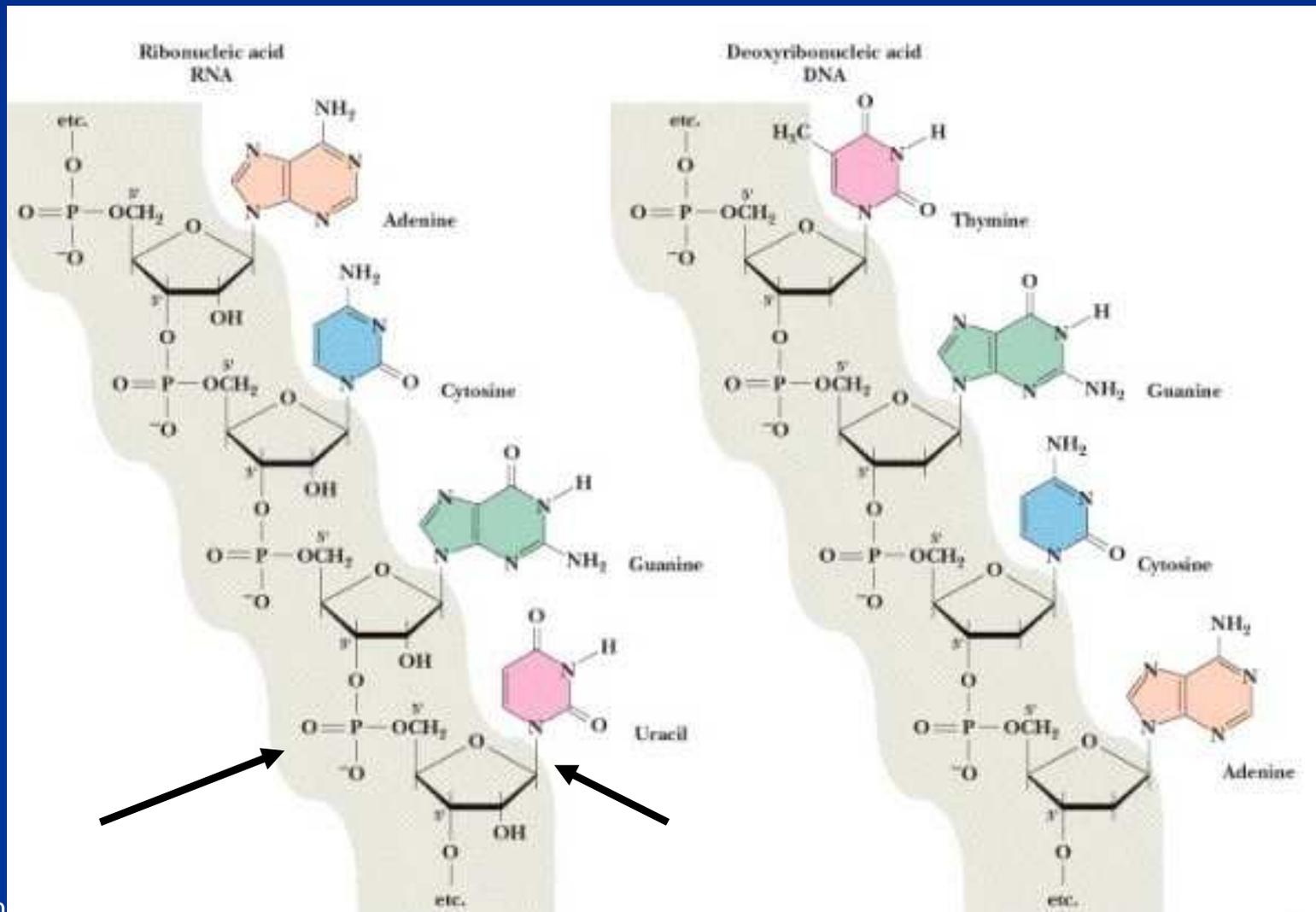
Thymine  
(DNA)



Uracil  
(RNA)

## Pyrimidines

# Les liaisons chimiques de l'ARN



## Les polysaccharides

- Stockage de l'énergie : amidon, glycogène
- Constituants cellulaires : cellulose
- Reconnaissance cellulaire : glycoprotéines et glycolipides

## Les lipides

- Stockage de l'énergie : tissu adipeux, huiles végétales
- Constituants majeurs des membranes

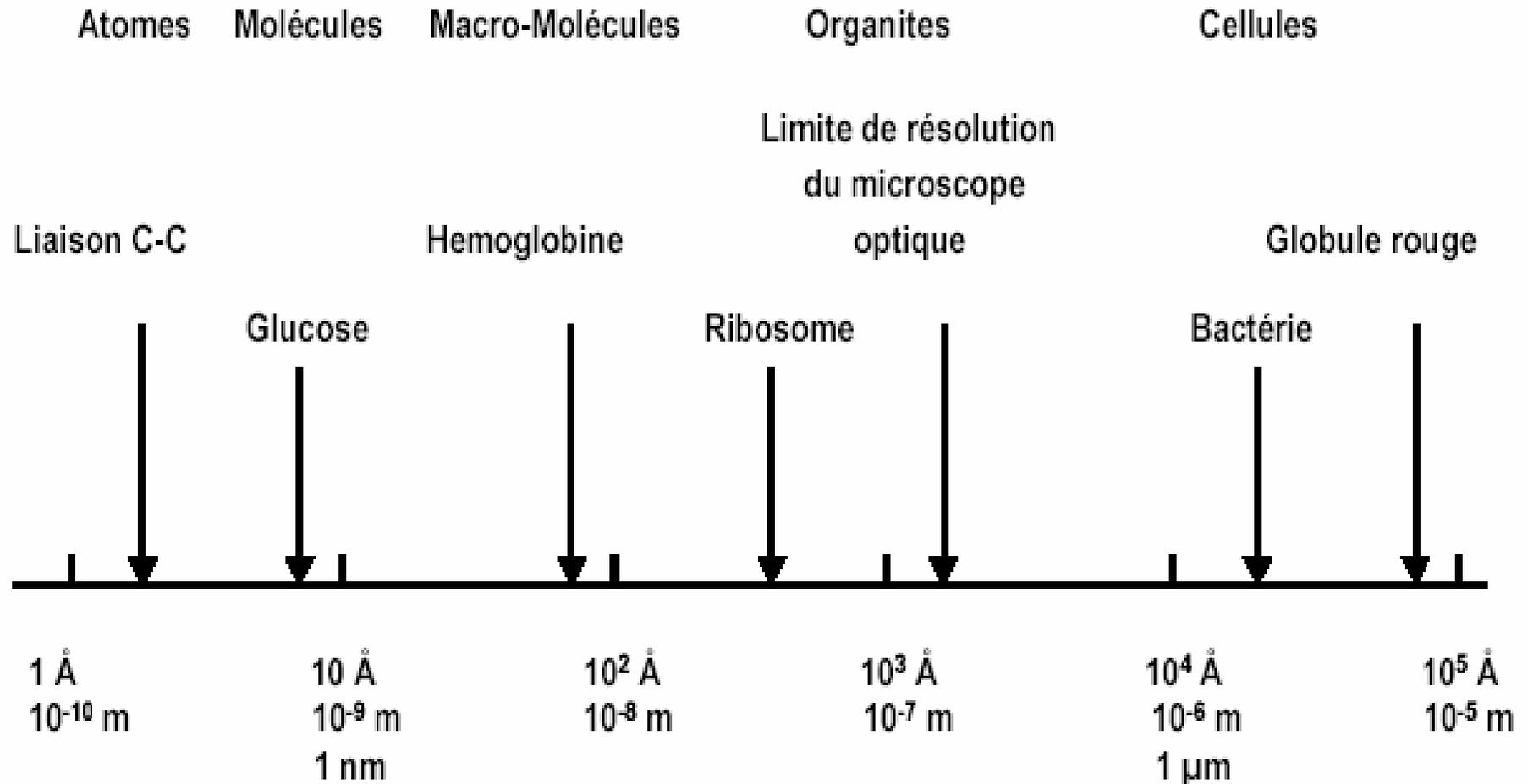
## Les protéines

- Catalyseurs des réactions du métabolisme (Enzymes)
- Éléments de structure (collagène,...)
- Contraction musculaire (Actine/myosine)
- Transport des solutés à travers les membranes
- reconnaissance spécifique : anticorps, récepteurs,...

## Les acides nucléiques

- Stockage de l'information génétique (ADN)
- transmission et traduction de cette information (ARN)

# Dimensions des molécules biologiques



## Niveaux d'organisation cellulaire

Organites		Masse moléculaire Daltons
	noyau mitochondrie golgi réticulum	
Assemblages supra moléculaires	membrane ribosome chromatine microtubule	$10^6$ - $10^9$
Macromolécules	protéine ADN ARN polysaccharide	$10^3$ - $10^6$
Molécules	acide aminé glucose et oses adénine et bases acide gras	50-250