

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
UNIVERSITE D'ALGER 1  
FACULTE DE MEDECINE D'ALGER

1<sup>ère</sup> année médecine

**BIOCHIMIE Structurale et Métabolique**

**LES GLUCIDES**  
**STRUCTURE et PROPRIÉTÉS**

Dr. Belahadji

2022 – 2023

Email : belhadj.ahmed@live.fr

# PLAN

## **Partie A : Structure et propriétés des glucides**

Définition

Intérêts biologiques

Classification

Oses : structure et propriétés

Osides : structure et propriétés

## **Partie B : Métabolisme des glucides**

La Glycolyse


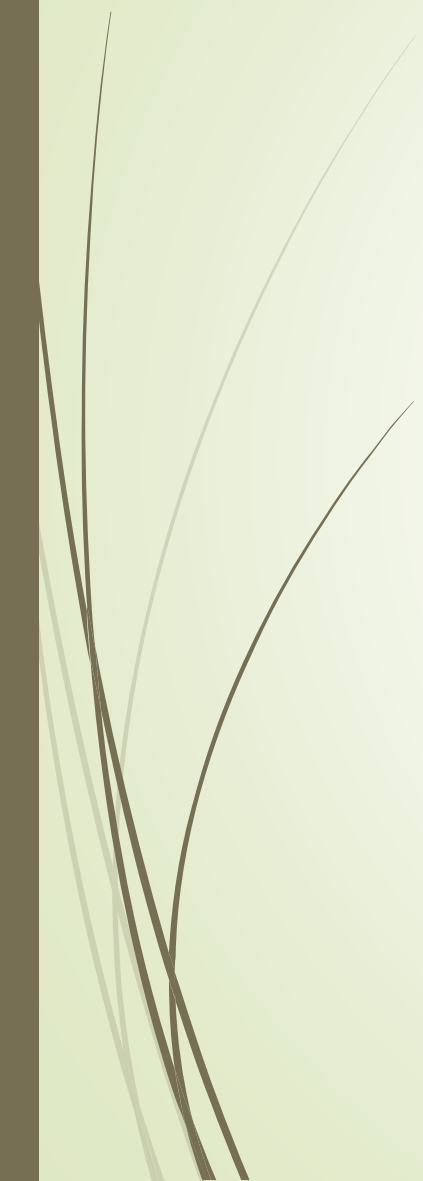
Le Cycle de Krebs

La Néoglucogenèse

La Voie des Pentoses Phosphates

Le Métabolisme du galactose et du fructose

Le Métabolisme du glycogène

- 
- 
- Le glucose est un substrat énergétique car son oxydation totale en  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$  permet la synthèse d'adénosine triphosphate (ATP).
  - Durant ce processus de dégradation, le glucose est transformé en pyruvate et en lactate.
  - le pyruvate et le lactate peuvent se diffuser dans d'autres cellules afin d'être retransformés en glucose ou d'être oxydés dans les mitochondries.

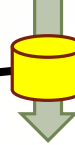
# Source du glucose

## **Alimentation :**

Polysaccharide : amidon  
Disaccharides : lactose ...

**Réserves**  
:Glycogène

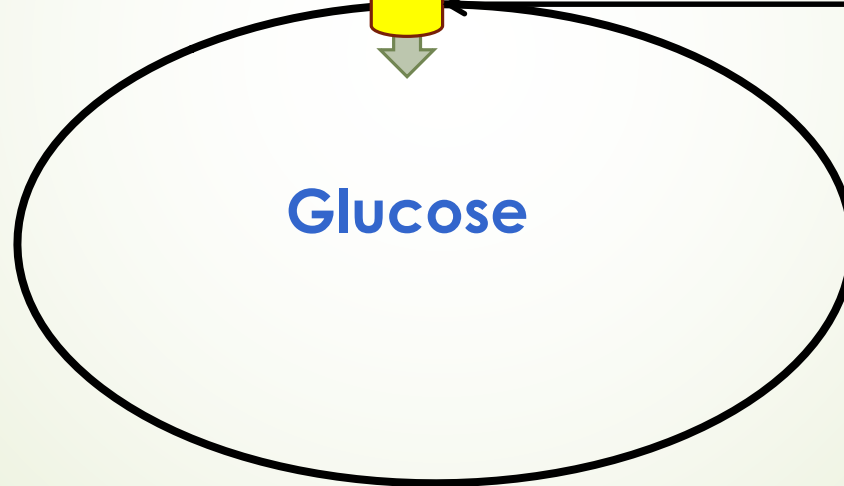
**Sang**



**Perméase**  
**Ex: GLUT**

**Cellule**

**Glucose**



# INTRODUCTION

## Les biomolécules

```
graph TD; A["Les  
biomolécules"] --- B["Les glucides"]; A --- C["Les lipides"]; A --- D["Les Acides aminé/  
Protéines"]; A --- E["Les acides nucléiques"];
```

**Les glucides**

**Les lipides**

**Les Acides  
aminé/  
Protéines**

**Les acides  
nucléiques**

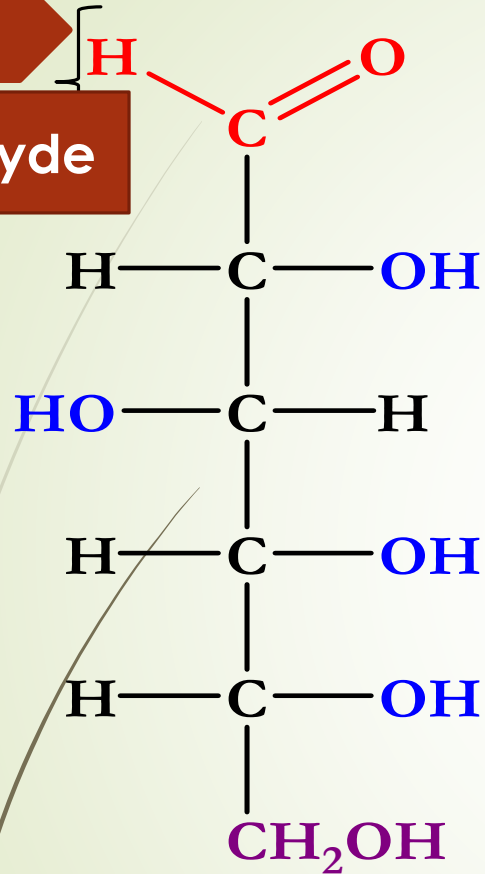
# INTRODUCTION

- Les glucides constituent, avec les lipides, les protéines et les acides nucléiques, les 04 principales classes des **Biomolécules** essentielles pour les êtres vivants.
- La connaissance de la structure et des propriétés des glucides est particulièrement **essentielle** à la compréhension de leur rôle ainsi à diagnostiquer et traiter les maladies en relation avec les glucides telles que le diabète sucré, la galactosémie, les intolérances au fructose ,les glycogénoses etc...

# DEFINITION

- ✓ Les **glucides** ou **saccharides** ou **Hydrates de carbones** sont les biomolécules les plus abondantes dans la matière vivante.
- ✓ Ce sont des molécules **organiques**, constituées d'une chaîne **carbonée** porteuse de :
  - Plusieurs fonctions **hydroxyles (OH)** : **Alcool primaire ou secondaire**
  - Une ou plusieurs fonctions **carbonyles** : **Aldéhyde (CHO) ou Cétone (C=O)**
  - Parfois d'autres atomes tel que : le phosphore (P), l'azote (N) ou le soufre (S).

Aldéhyde



D- Glucose

Fonction  
Carbonyle

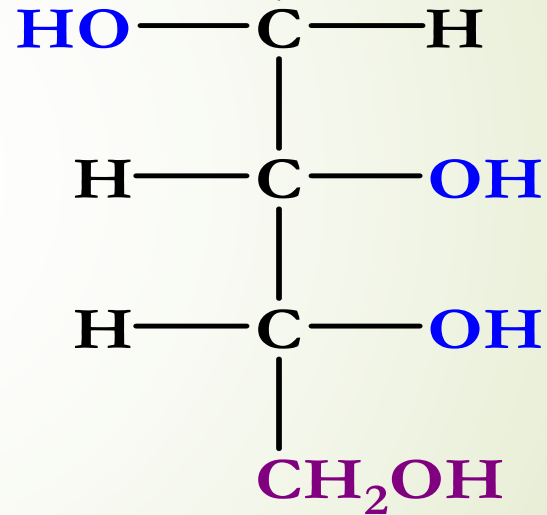
Fonction OH  
secondaire

Fonction OH  
primaire

CH<sub>2</sub>OH

C=O

Cétone



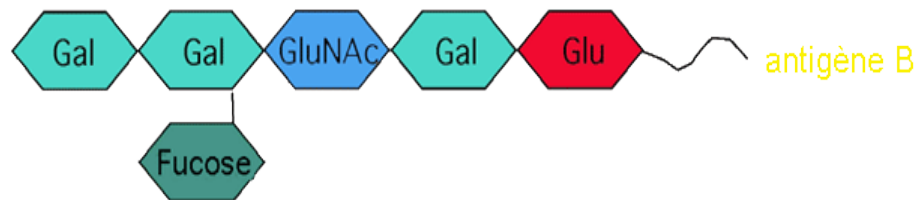
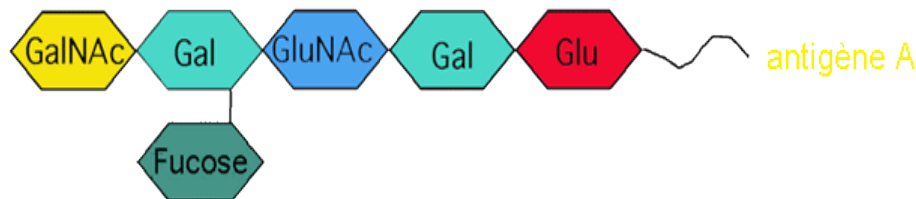
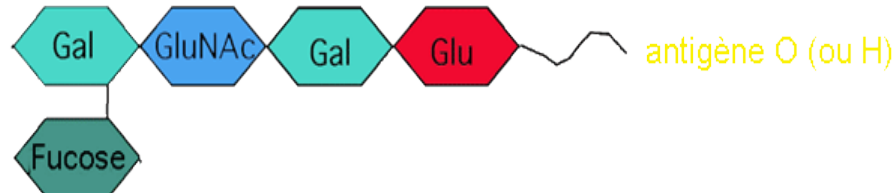
D- Fructose



## Structural

Soutien et protection des structures biologiques (cellulose – chitine – GAG)

Constituants nucléiques



## Fonctionnel

Impliqués dans les processus de

ance  
ous forme liés  
es  
O) ou Lipides

## Métabolisme

Intermédiaires métaboliques

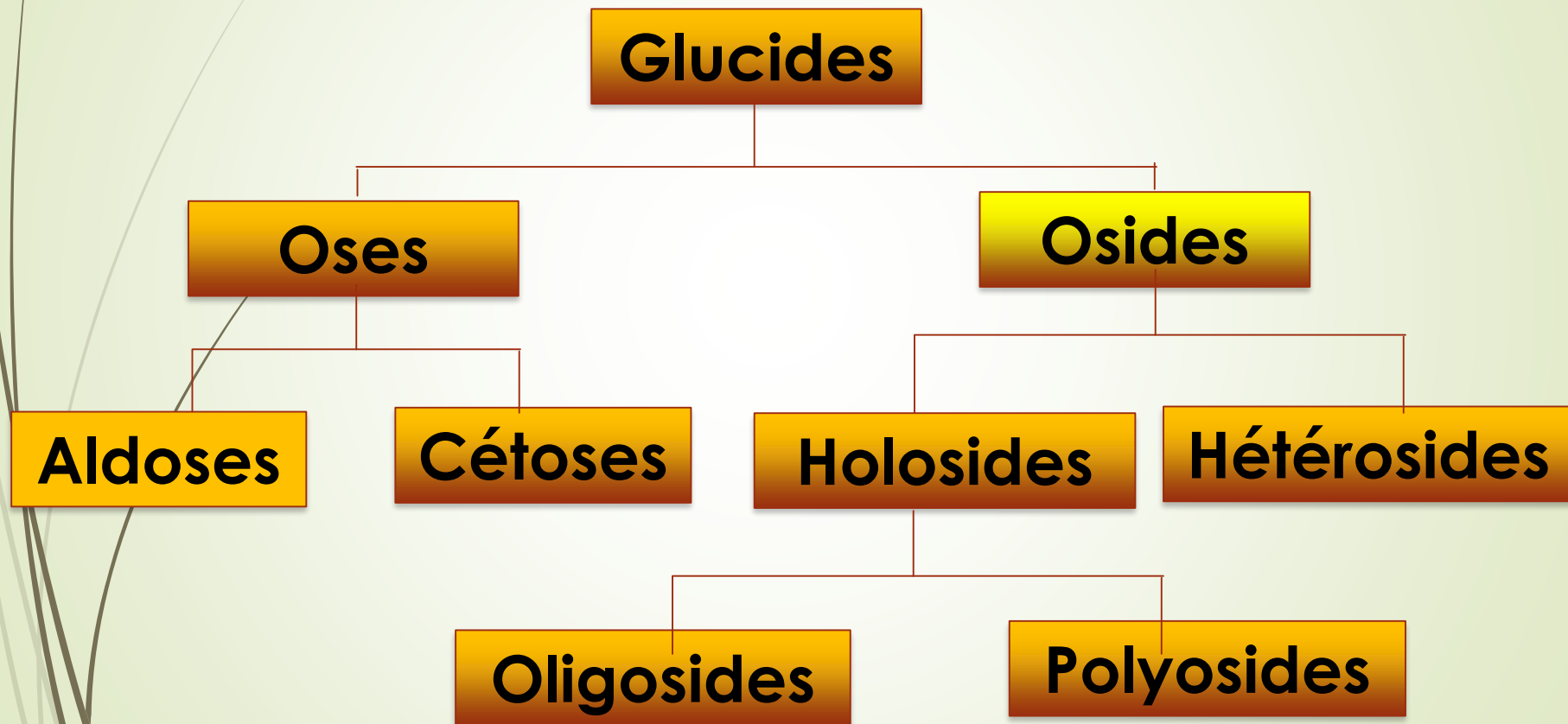
Transformés d'intérêt biologique (AMPc, NAD...)

tique

on d'énergie

énergétique  
(amidon - glycogène)

# CLASSIFICATION





**I- Définition**

**II- Classification**

**III- Structure linéaire**

**IV- Structure cyclique**

**V- Propriétés  
physicochimiques**

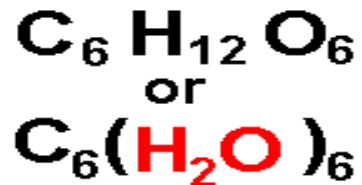
**IV- Oses d'intérêt  
biologique**

**Les oses =  
Monosaccharides**

# I- Définition

- Oses = Monosaccharides = Sucres simples
- Glucide non hydrolysable = Unité de base des Glucides
- Formule brute  **$C_n(H_2O)_n$**  ou  **$C_nH_{2n}O_n$**  /  $n \geq 3$

Carbohydrate: hydrated carbon, carbon plus water

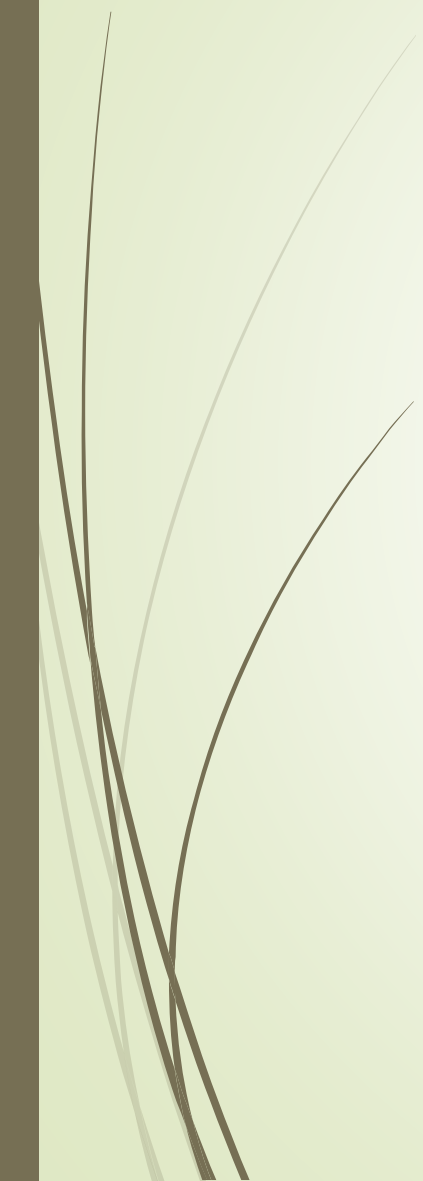


- Un ose comporte une chaîne hydrocarbonée, de **3 à 7 atomes de carbone**, une fonction **carbonyle** (Aldéhyde ou Cétone) et (n-1) fonctions **hydroxyles**.



## II- Classification

On classe les oses selon les critères suivants :

- ➡ la nature de la fonction carbonyle
  - ➡ le nombre d'atomes de carbones
  - ➡ la position des fonctions alcools
- 

## II- Classification

- Selon la nature de la fonction carbonyle :
  - . Fonction Aldéhydrique → **Aldose**
  - . Fonction Cétonique → **Cétose**
- Selon le nombre de leurs atomes de carbones :
  - .  $n = 3$  → Triose
  - .  $n = 4$  → Tétrose
  - .  $n = 5$  → Pentose
  - .  $n = 6$  → Hexose
  - .  $n = 7$  → Heptose

## II- Classification

- La combinaison des deux critères permet de caractériser un ose.
- Exemples :
  - 6 atomes de carbone
  - 1 groupement aldéhydrique
  - 5 fonctions hydroxyles
- 5 atomes de carbone
  - 1 groupement cétonique
  - 4 fonctions hydroxyles

**Aldohéxose**

**Cétopentose**

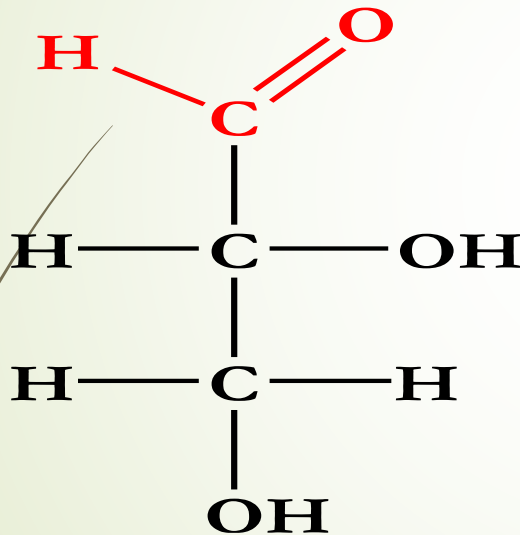
## II- Classification

	(C3) Triose	(C4) Tétrose	(C5) Pentose	(C6) Héxose
Aldose	Aldotriose	Aldotétrose	Aldopentose	Aldohéxose
Cétose	Cétotriose	Cétotétrose	Cétopentose	Cétohexose

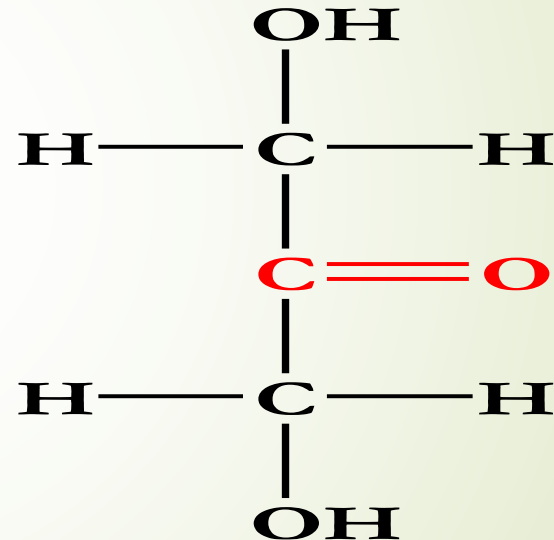


## II- Classification

- Les plus petits oses sont des oses en C3 ou Trioses, il s'agit du **glycéraldéhyde** et la **dihydroxyacétone**.



Glycéraldéhyde



Dihydroxyacétone

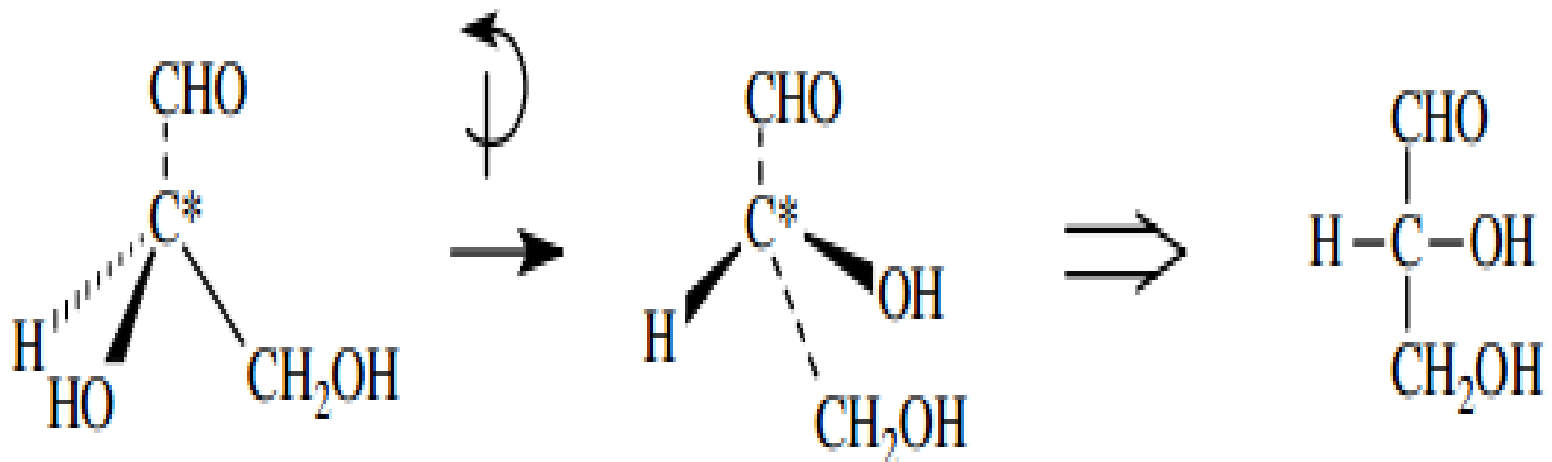
- Glycéraldéhyde et Dihydroxyacétone sont des **isomères de fonction**

# III- Structure linéaire des Oses

## III-1 - Projection de FISHER

La molécule d'ose est représentée dans un plan par projection en respectant les règles suivantes :

- La chaîne carbonée est alignée verticalement.
- La fonction aldéhyde est au sommet de la chaîne
- Les substituants (-H et -OH) sont représentés de part et d'autre de la chaîne.



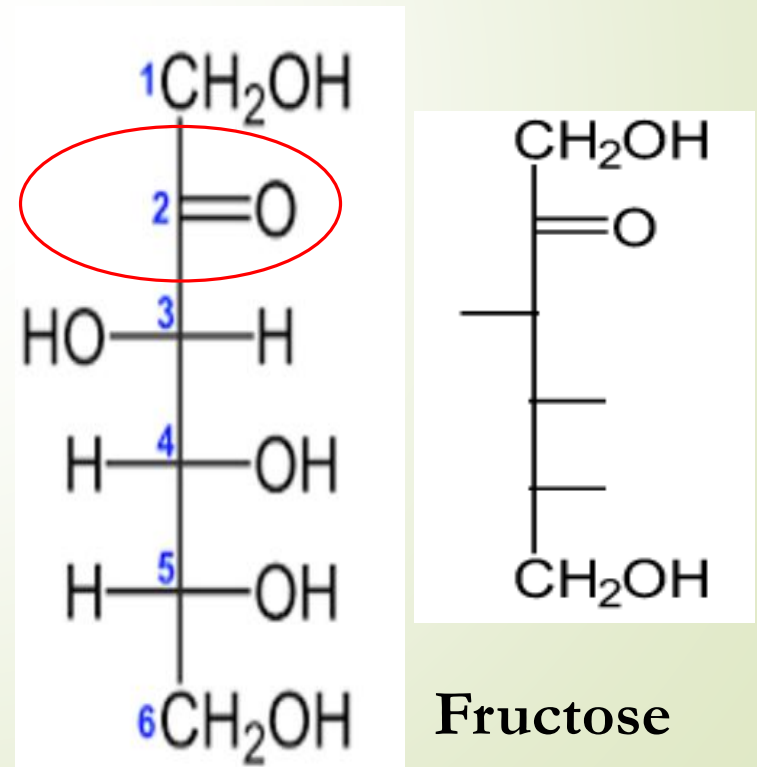
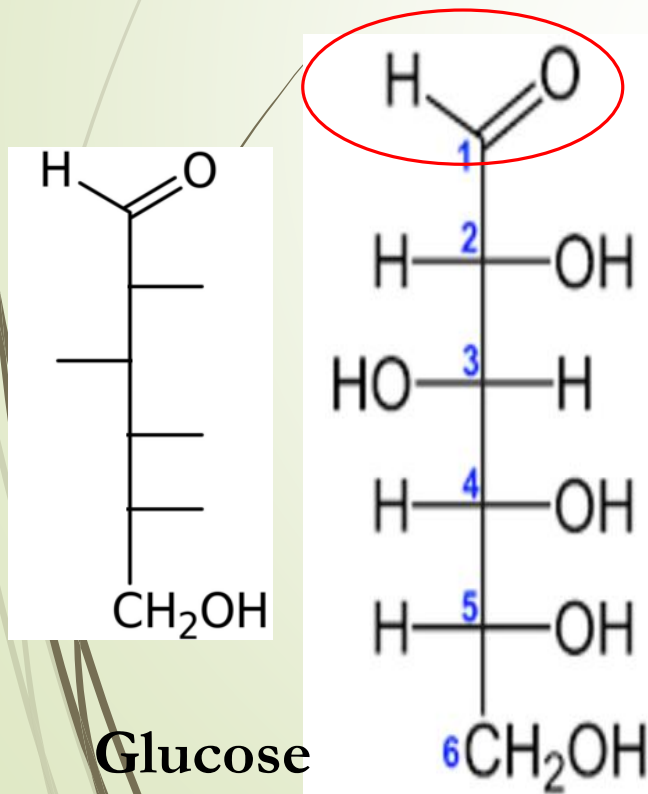
# III- Structure linéaire des Oses

## III-2- Nomenclature

- Le carbone portant le groupement carbonyle a toujours le numéro le plus petit, à savoir :

N° 1 → ALDOSE

N° 2 → CETOSE



## III- Structure linéaire des Oses

### III-3- Filiation des oses

#### Synthèse de KILIANI FISHER :

- À partir du Glycéraldéhyde (D ou L), on peut augmenter le nombre d'atomes de carbone de la chaîne, en l'allongeant par son extrémité C1;

- on passe du :

Triose → Tétrose → Pentose → Hexose  
3C                      4C                      5C                      6C

# Filiation des Aldohéxose de la série D

D(+)-glycéraldéhyde



C<sub>4</sub>



D(+)-thréose

C<sub>5</sub>



D(-)-ribose



D(-)-arabinose

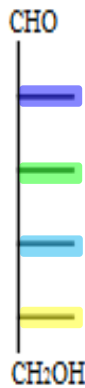


D(-)-lyxose



D(+)-xylose

C<sub>6</sub>



D(+)-allose



D(+)-altrose



D(+)-glucose



D(+)-mannose



D(+)-talose



D(+)-galactose

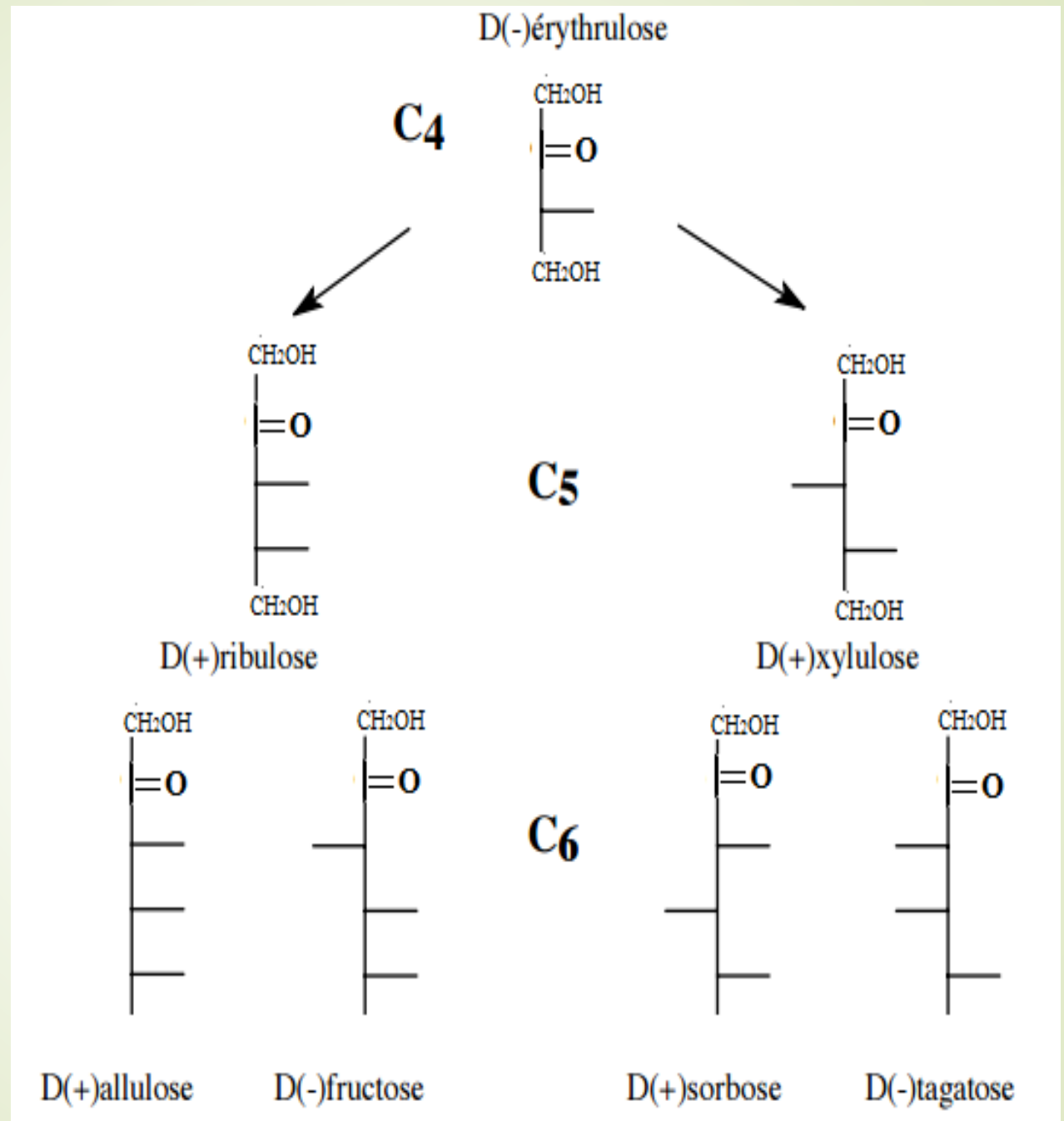


D(+)-idose



D(-)-gulose

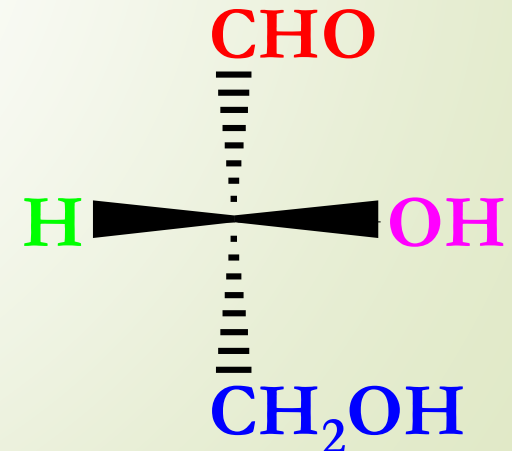
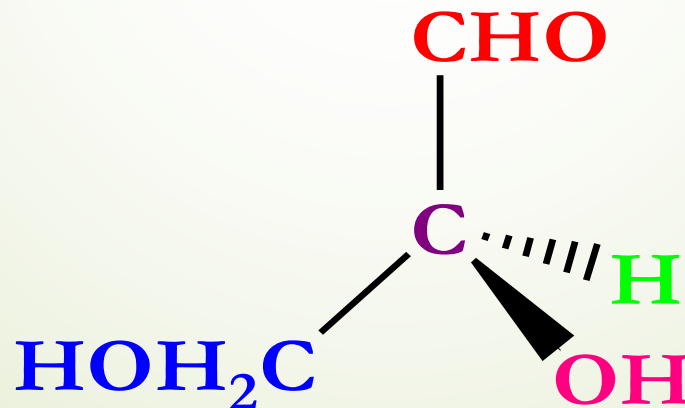
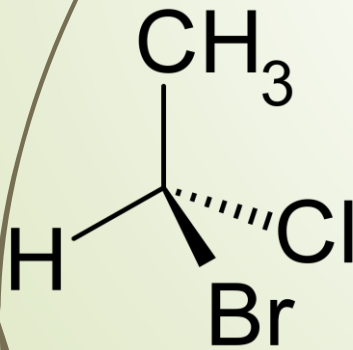
# Filiation des Cétohexose de la série D



### III- Structure linéaire des Oses

#### III-4- Séries D et L

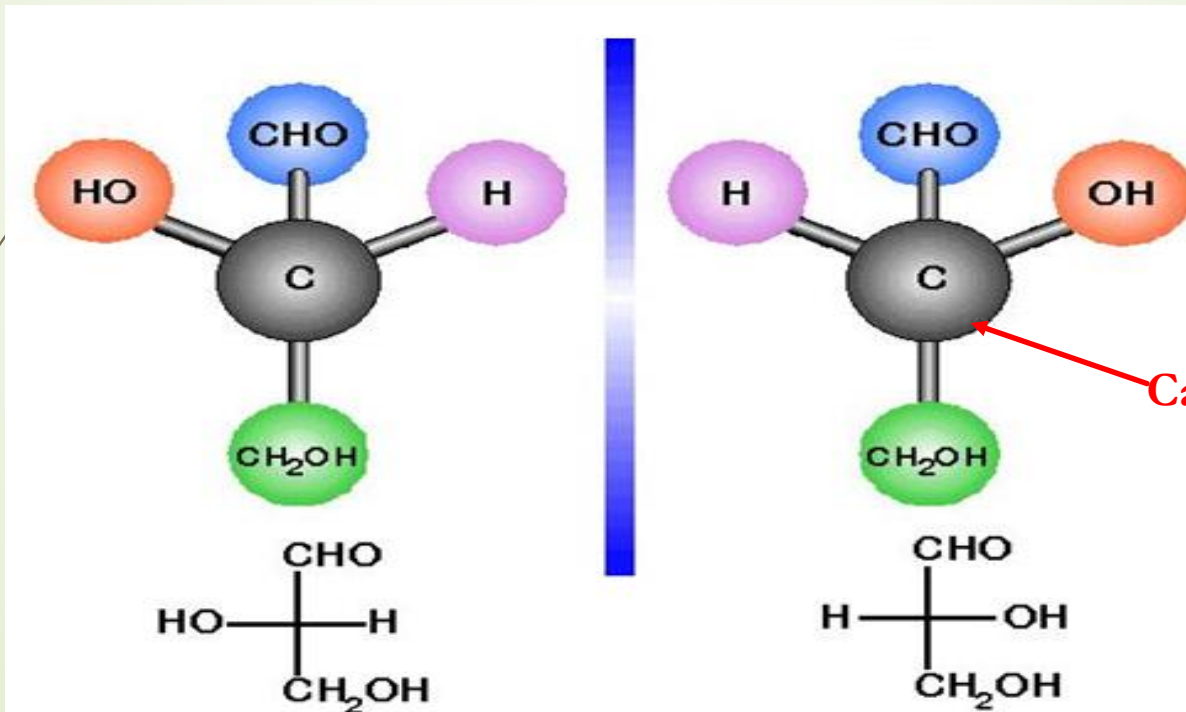
- Dans le glycéraldéhyde, le **C2** possède quatre substituants de nature différentes.
- C'est un **carbone asymétrique (C\*)**



# III- Structure linéaire des Oses

## III-4- Séries D et L

Il existe donc **2 Stéréo-isomères** de configuration :  
**Enantiomères** (image en miroir)

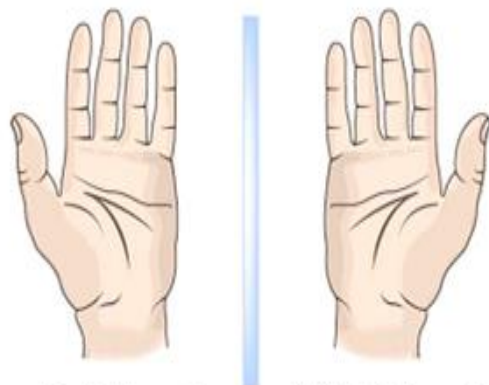


**L** – Glycéraldéhyde  
(OH à gauche)

**D** – Glycéraldéhyde  
(OH à droite)



**Mirror**



**Left hand**

**Right hand**



*Cannot be  
Superimposed*



*(a) Chiral Objects*

**Mirror**



**Flask**

**Flask**



*Can be  
Superimposed*



*(b) Achiral Objects*

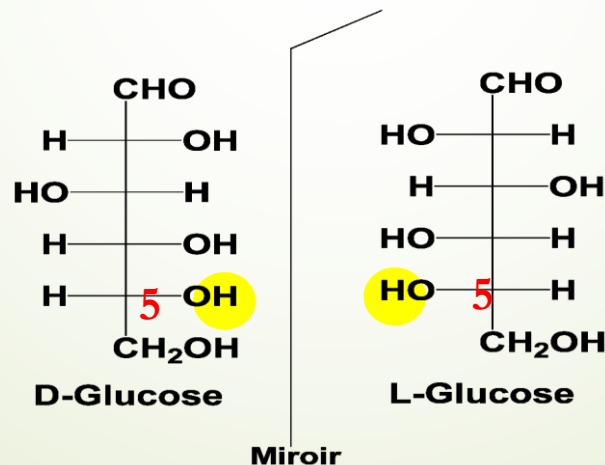
# III- Structure linéaire des Oses

## III-4- Séries D et L

Pour déterminer la série d'un ose on se base sur la position du OH porté par le carbone asymétrique le plus éloigné de la fonction aldéhyde ou cétone. S'il est placé :

à droite → Série D

à gauche → Série L



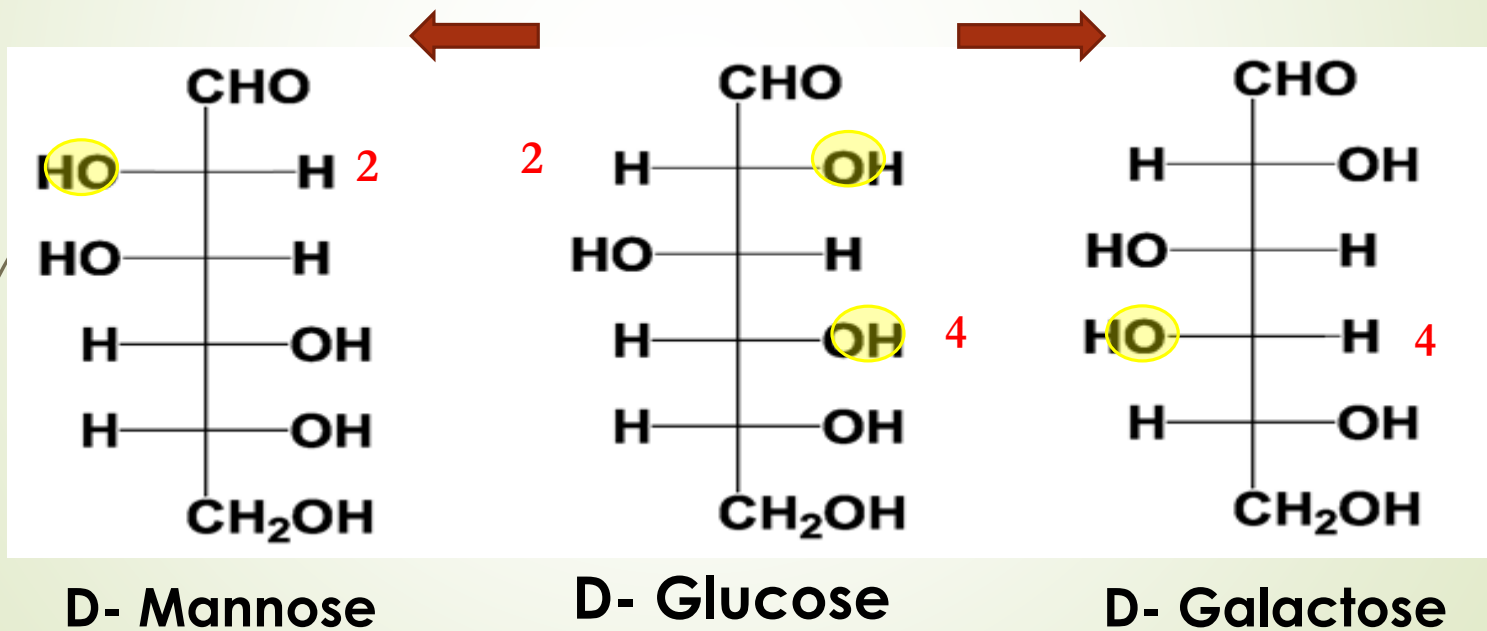
**Enantiomères**  
(image en miroir)

**NB:** La plupart des **oses naturels** appartiennent à la **série D**

# III- Structure linéaire des Oses

## III-4- Séries D et L

Si les molécules ne sont pas des images en miroir, et diffèrent que par la configuration absolue d'un seul C\*, on parle d' **Épimères**



# III- Structure linéaire des Oses

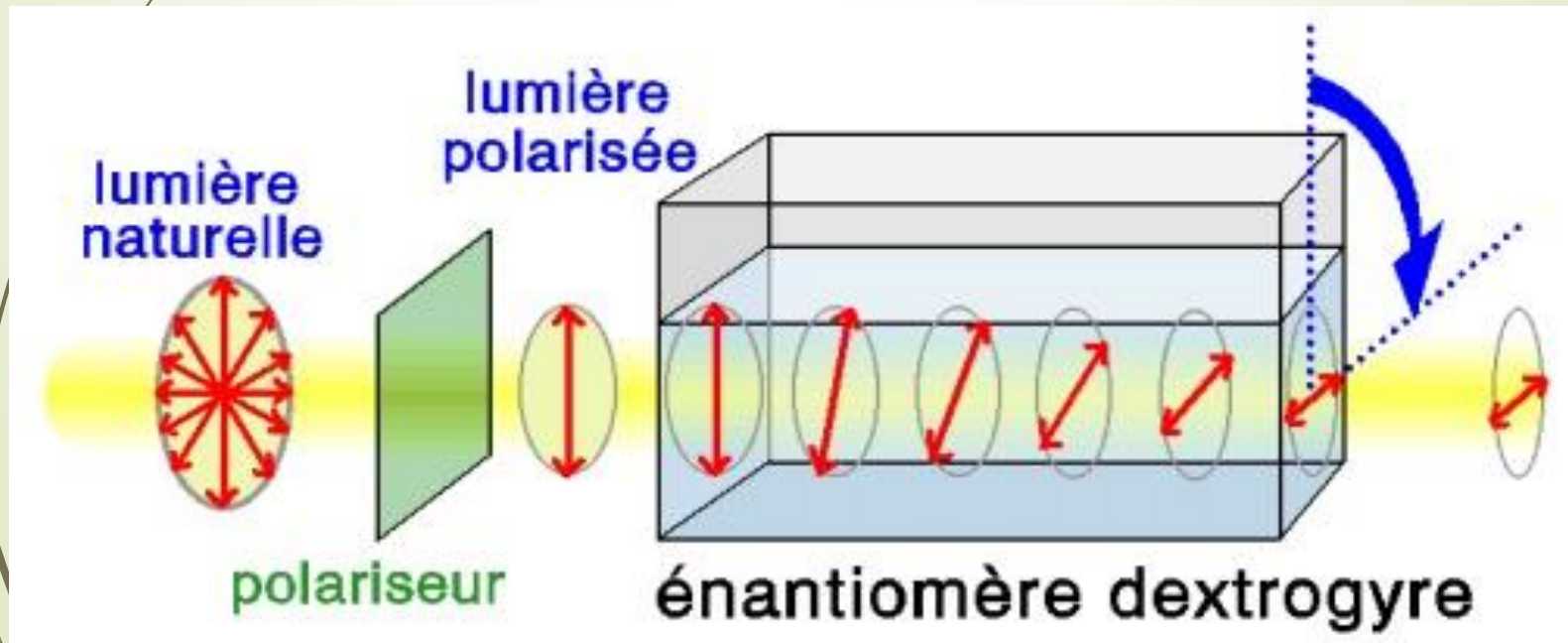
## III-4- Séries D et L

- Le **Mannose** est épimère du **Glucose** en C 2.
- Le **Galactose** est épimère du **Glucose** en C 4.
- L'épimérisation se fait par voie chimique ou enzymatique (**épimérase**).
- L'absence d'épimérase empêche la transformation du Galactose en Glucose et entraîne une des formes de la galactosémie congénitale du nouveau-né.

# III- Structure linéaire des Oses

## III-5- Activité optique

- La présence des **C\*** asymétriques donne à la molécule une activité optique dite pouvoir rotatoire.
- Le **pouvoir rotatoire** = la capacité de dévier le plan de la lumière polarisée plane.



## III- Structure linéaire des Oses

### III-5- Activité optique

- Si la lumière polarisée est déviée vers la droite : la substance est dite **dextrogyre** et noté (+) ou (d)
- Si la déviation se fait vers la gauche : la substance est dite **lévogyre** et notée (-) ou (l)
- Les **isomères optiques (énantiomères)** : ont les mêmes propriétés chimiques et physiques, sauf leur pouvoirs rotatoires spécifiques qui sont égaux en valeur absolue mais de signes contraires.



# III- Structure linéaire des Oses

## III-5- Activité optique

**ATTENTION** : Ne pas confondre :

- ➡ série D avec dextrogyre, et
  - ➡ série L avec lévogyre !!!!!!!
- L'appartenance à une série ne préjuge pas du sens du pouvoir rotatoire.

### **Exemples:**

- ➡ D(+) Glucose = + 52,7                      D(-) Fructose = - 92,2

## IV- Structure Cyclique des Oses

### IV-1- Objection à la structure linéaire des oses

- La forme linéaire n'explique pas certaines réactions chimiques des oses en solution.
- **Exemple** : le réactif de SCHIFF.

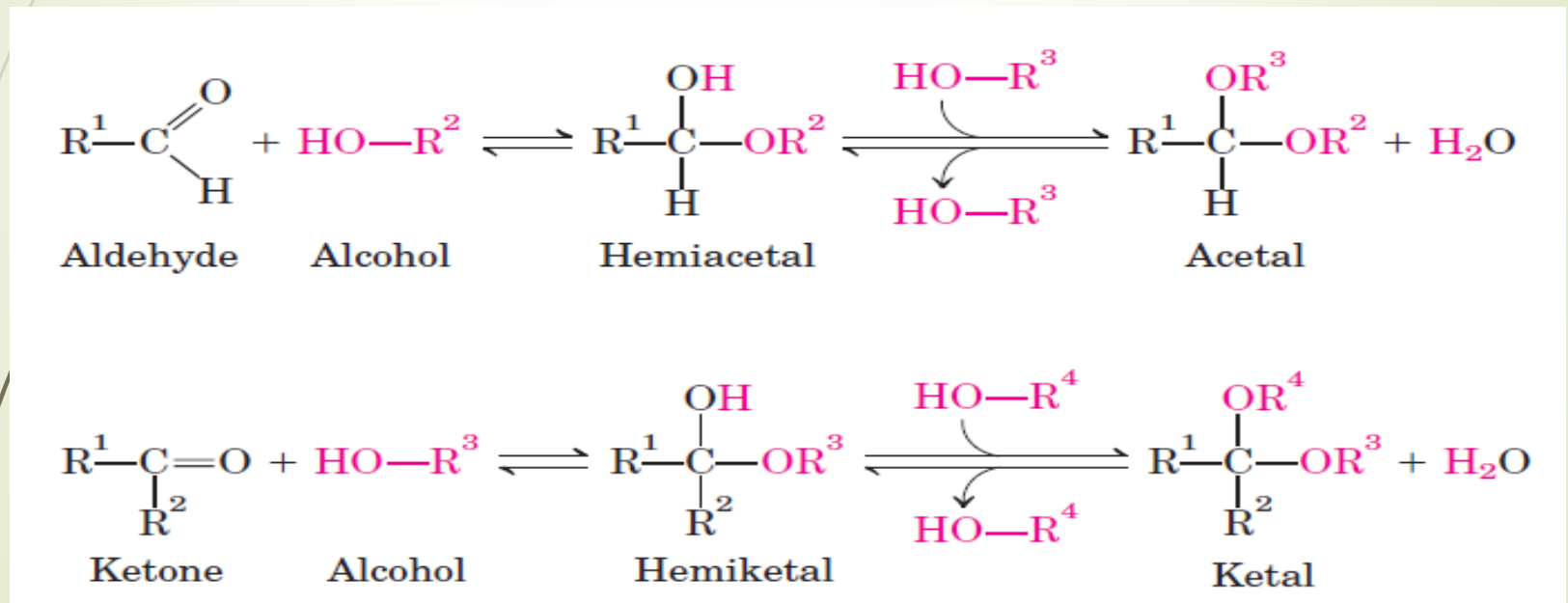




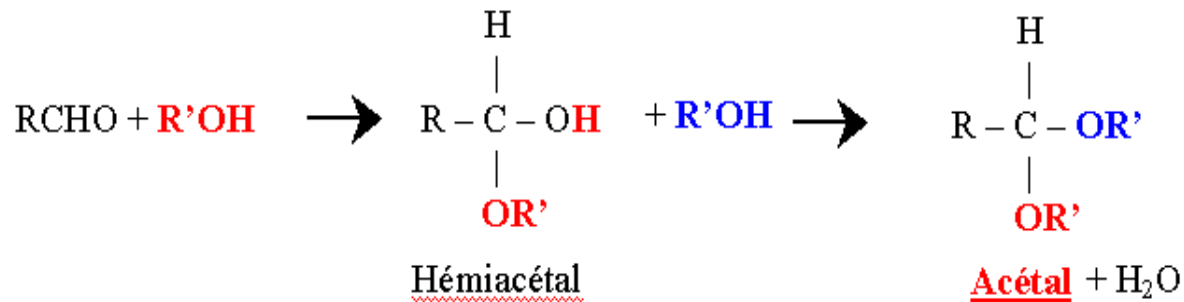
## IV- Structure Cyclique des Oses

### IV-1- Objection à la structure linéaire des oses

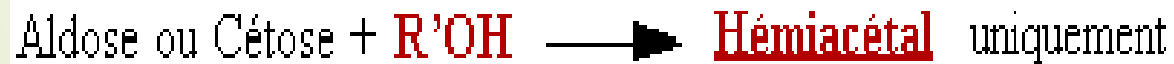
- Le glucose ne donne pas avec les alcools un acétal, mais seulement un hémiacétal



- aldéhyde ou un cétone vrais fixe deux molécules d'alcool



- Un aldose ou un cétose ne fixent qu'une seule molécule d'alcool .



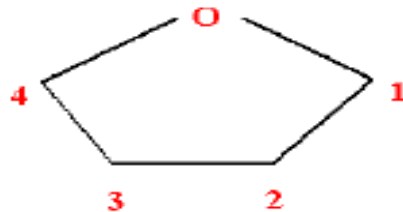
# IV- Structure Cyclique des Oses

## IV-2- Représentation de la forme cyclique

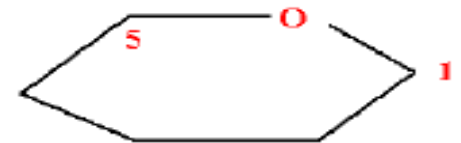
- En solution les oses sont essentiellement présents sous forme **cyclique**.
- L'angle des liaisons C-C du squelette du sucre rapprochent la fonction  $-C=O$  des fonctions  $-OH$  de carbones 4 et 5.
- La fonction  $-C=O$  réagit avec une fonction  $-OH$  pour former un **hémi-acétal**.
- On obtient donc un cycle à 6 côtés (**Pyrane**) ou à 5 côtés (**Furane**).

Deux structures cycliques sont possibles.

- La forme pyranique correspond à un hétérocycle à 6 sommets (5 C et 1 O).
- La forme furanique correspond à un hétérocycle à 5 sommets (4 C et 1 O).



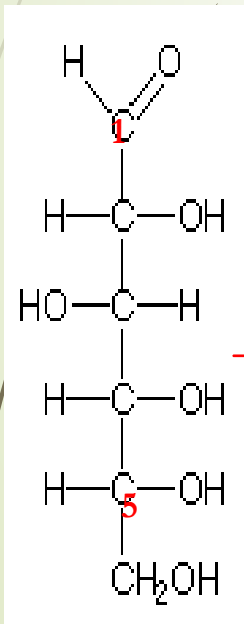
Furane réduit



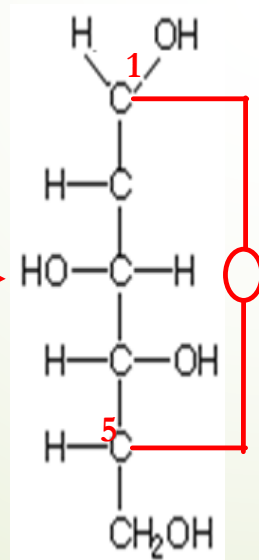
Pyrane réduit

# IV- Structure Cyclique des Oses

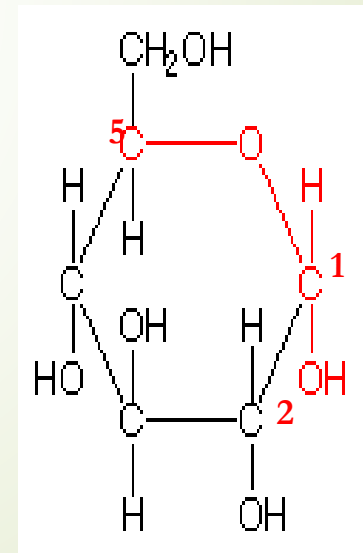
## IV-2- Représentation de la forme cyclique



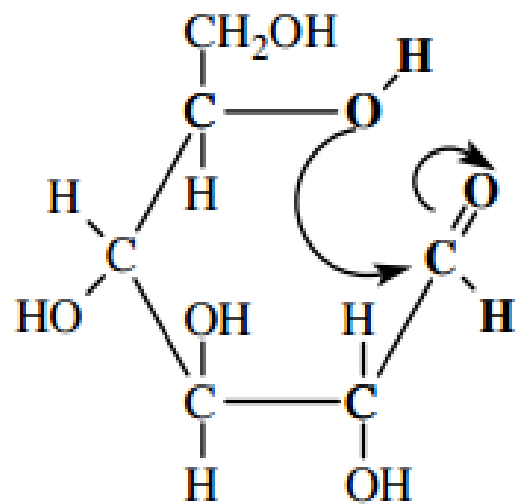
Représentation linéaire  
de Fisher



Représentation cyclique  
de Tollens

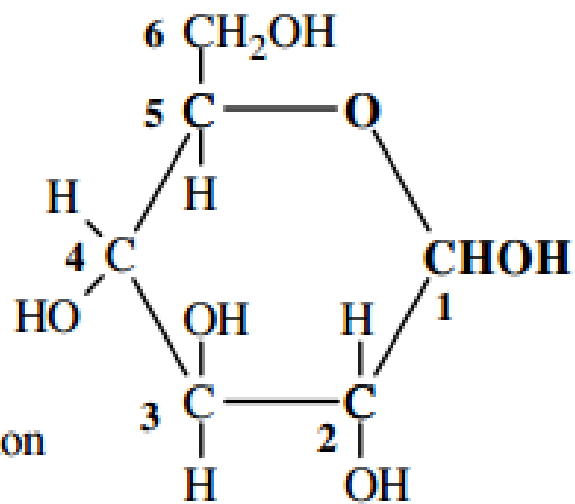


Représentation cyclique  
de Haworth

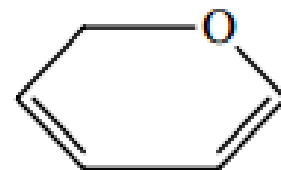


D-glucose

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

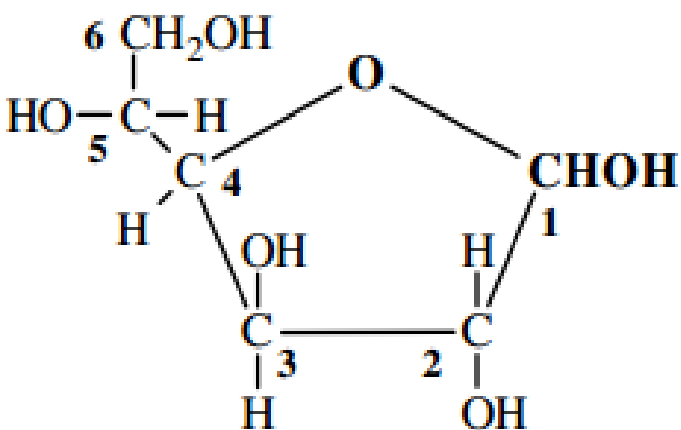


pyranose

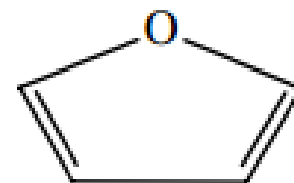


pyrane

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



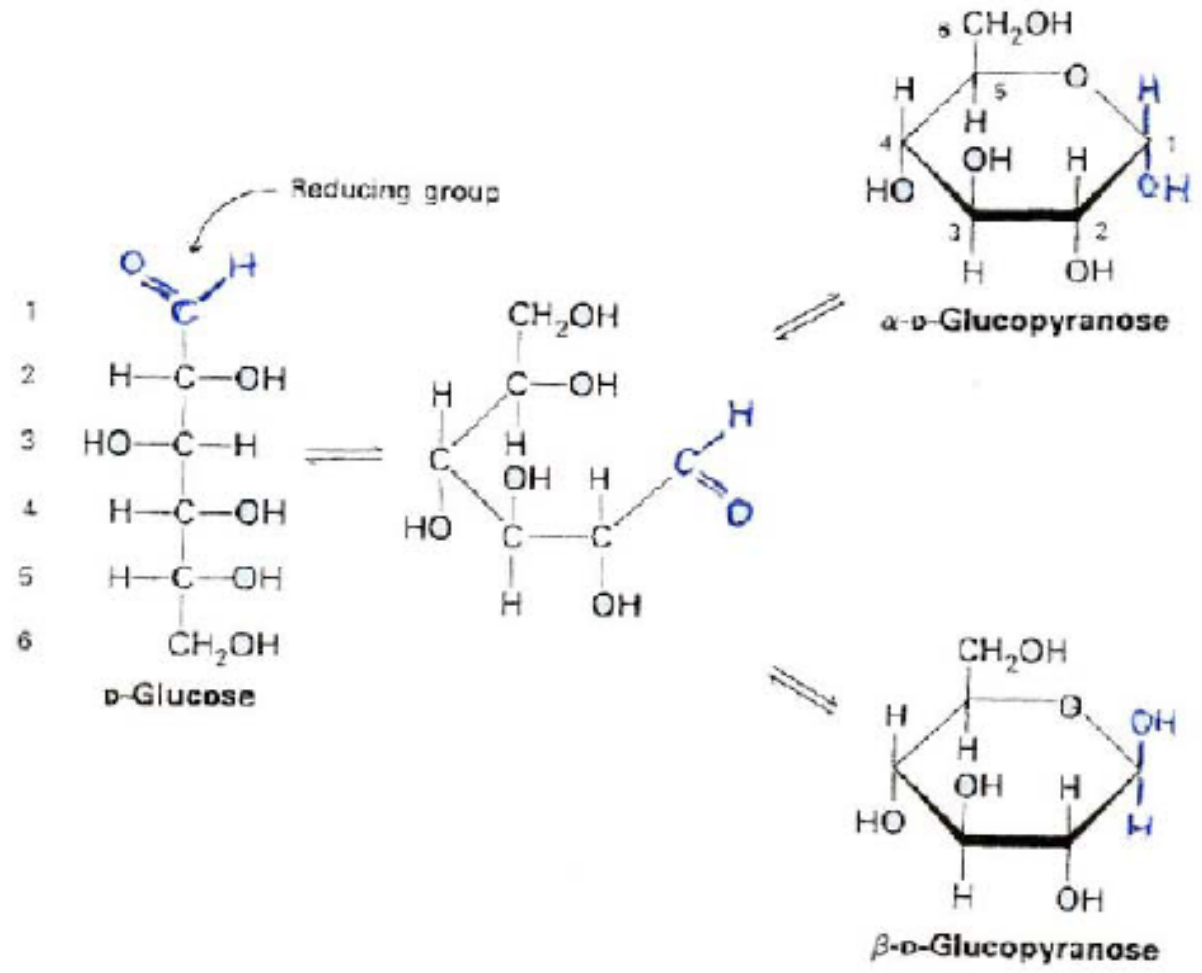
furanose



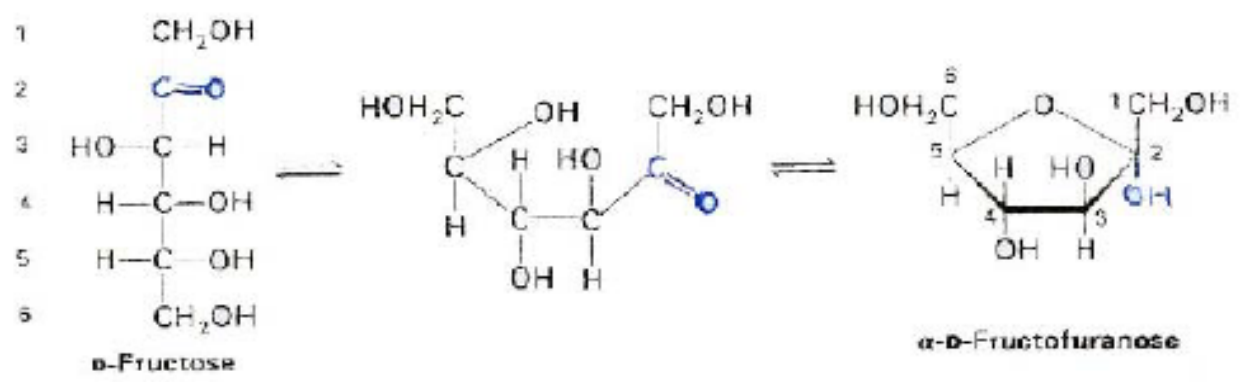
furane

# Formation de cycles

## Glucose



## Fructose



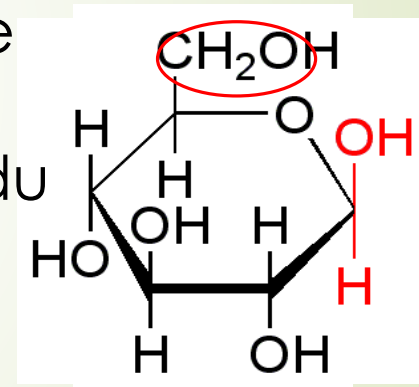
## IV- Structure Cyclique des Oses

### IV-3- Conséquence de la forme cyclique

La cyclisation rend le carbone C1 asymétrique ce qui induit 2 nouvelles configurations de stéréoisomères : les **anomères  $\alpha$  et  $\beta$** .

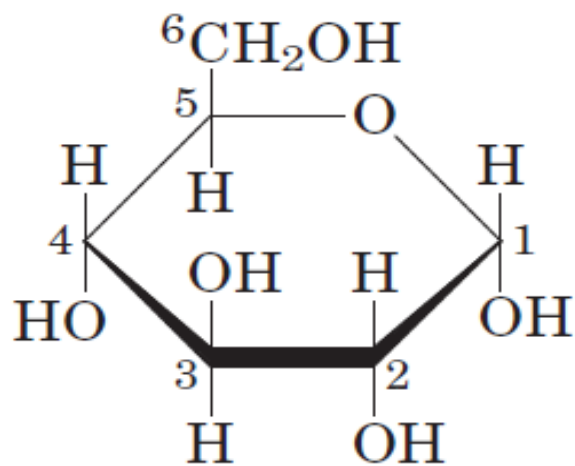
Le C1 est dit carbone anomérique.

- Si le groupement -OH anomérique et le groupement -CH<sub>2</sub>OH distal sont en position **opposée** ( de part et d'autre du cycle), l'anomère est dit **alpha ( $\alpha$ )** ou (**trans**).

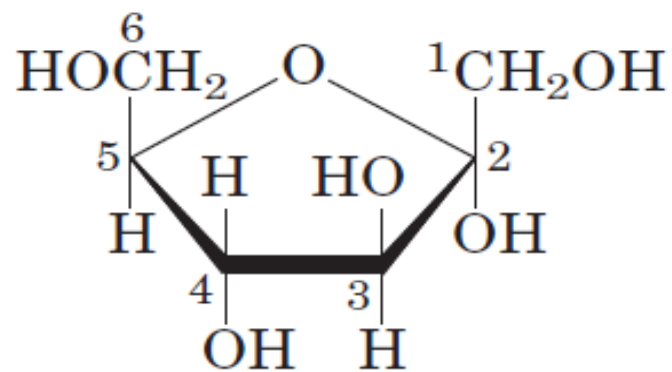


$\beta$  - D Glucopyranose

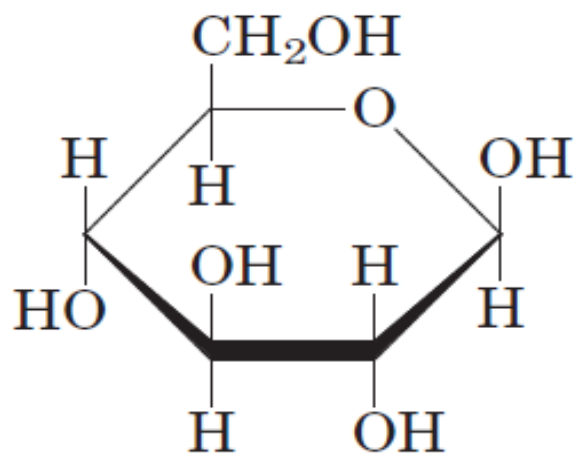
- Si le groupement -OH anomérique et le groupement -CH<sub>2</sub>OH distal sont en position **commune** ( du même cote du cycle), l'anomère est dit **béta ( $\beta$ )** ou (**cis**).



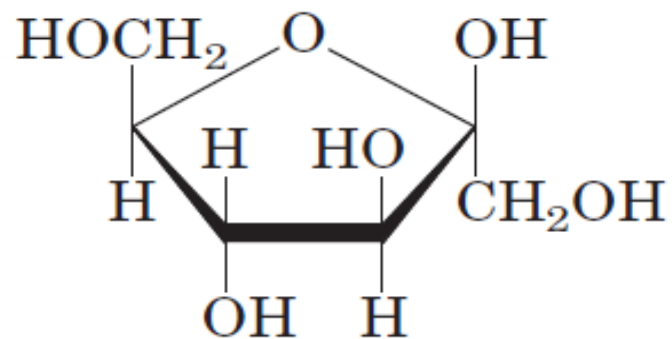
$\alpha$ -D-Glucopyranose



$\alpha$ -D-Fructofuranose



$\beta$ -D-Glucopyranose



$\beta$ -D-Fructofuranose

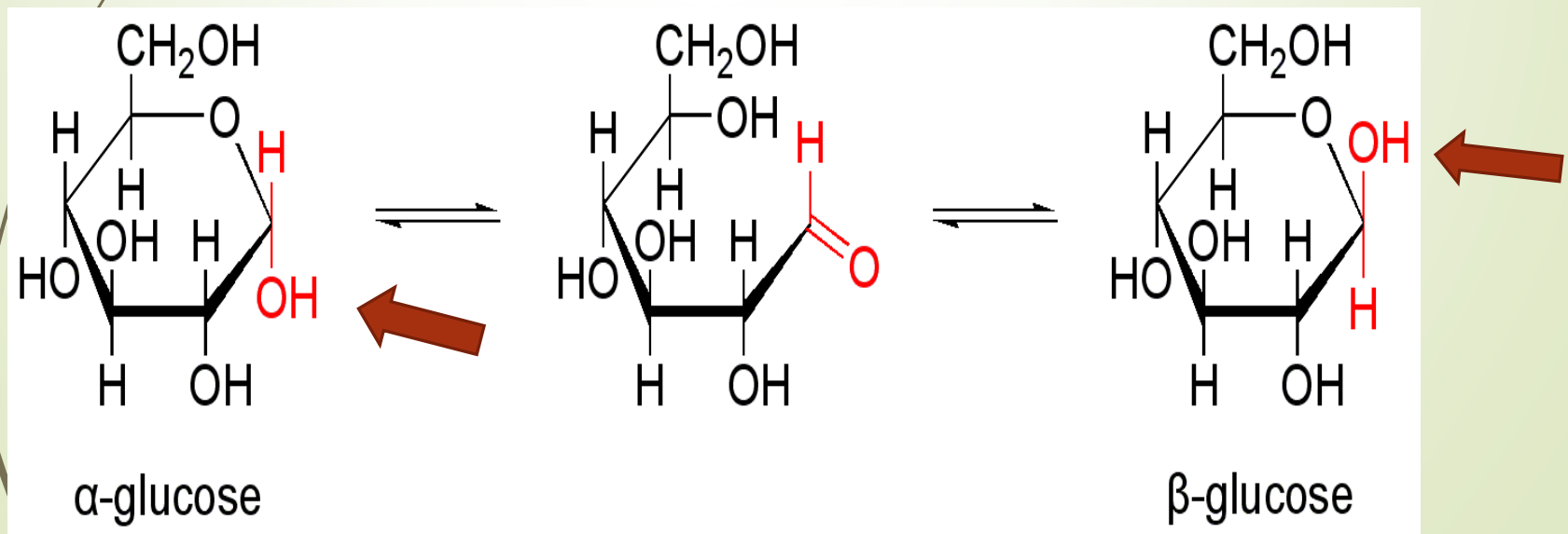


## IV- Structure Cyclique des Oses

### IV-3- Conséquence de la forme cyclique

Le passage d'une **forme anomérique** à une autre se fait par ouverture du cycle sous forme hémiacétalique puis recyclisation; c'est le phénomène de **Mutarotation**.

$\alpha$ -D-glucose (36%)  $\Leftrightarrow$  glucose linéaire  $\Leftrightarrow$   $\beta$ -D-glucose (64%)



## IV- Structure Cyclique des Oses

### IV-3- Conséquence de la forme cyclique

- La distinction entre anomères  $\alpha$  et  $\beta$  est très importante en biochimie métabolique ;
- l'homme possède les enzymes ( **$\alpha$ -Glucosidase**) responsables de la dégradation des polysides résultant de l'association d'anomères  $\alpha$  tels que l'amidon et le glycogène.
- Mais il ne possède pas les enzymes ( **$\beta$ -Glucosidase**), donc la cellulose (résultant de la condensation d'anomères  $\beta$ ) n'est pas hydrolysable par l'homme.

## IV- Structure Cyclique des Oses

### IV-4- Conformation spatiale des oses

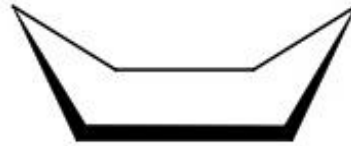
- La représentation cyclique telle qu'on la propose (**représentation d'Haworth**) n'est qu'une approximation;
- En effet le cycle osidique n'est pas plan; il prend une certaine **conformation** dans l'espace.
- Le **cycle pyrane** existe sous deux formes non planes interchangeables :
  - **forme chaise** (plus stable )
  - **forme bateau**

## IV- Structure Cyclique des Oses

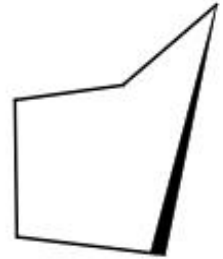
### IV-4- Conformation spatiale des oses



Conformation Chaise



Conformation Bateau



Conformation enveloppe



**Pyranose**



**Furanose**

Ce type d'isomérisie est appelé **isomères de conformation**

# V- Propriétés des oses

## V-1- Propriétés physiques

### Propriétés

### Caractéristiques

#### P. Optiques

- \* Modification de l'indice de réfraction et du pouvoir rotatoire
- \* Absorbent très peu dans le visible et UV
- \* Possèdent un spectre IR caractéristique

#### Solubilité

Les oses sont très solubles dans l'eau (grâce aux groupements -OH)

#### Thermo dégradables

Caramélisation

# \* Pouvoir rotatoire et comportement chromatographique

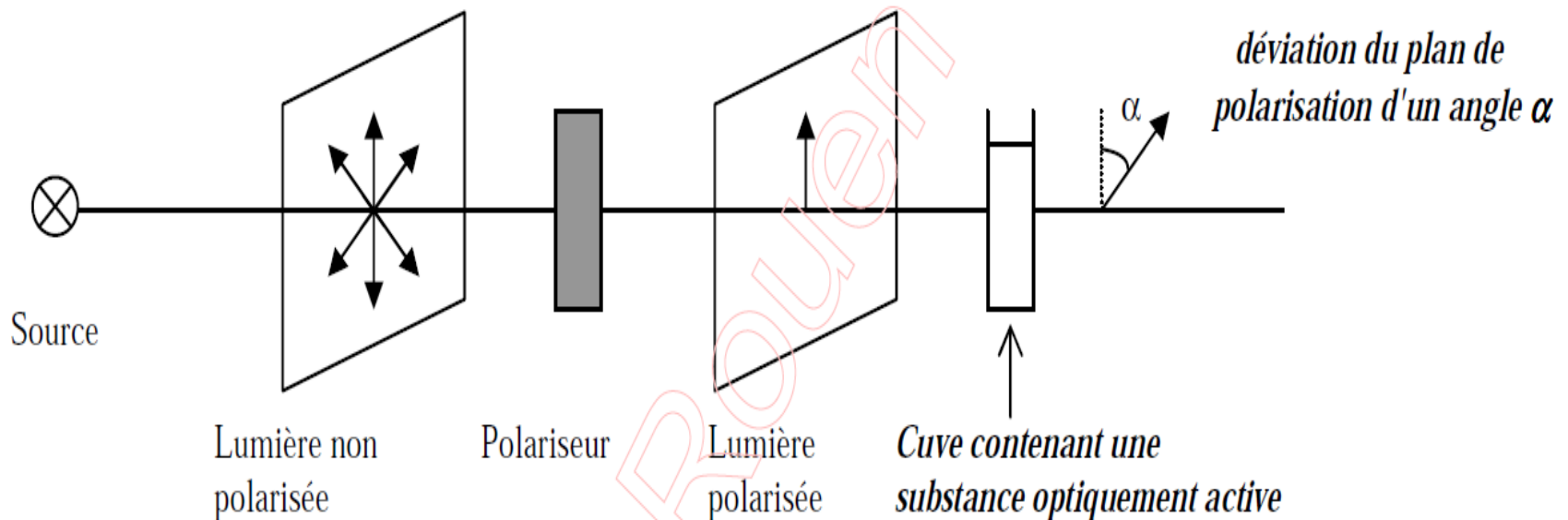
Deux propriétés fondamentales servent à leur identification :

- \* Le pouvoir rotatoire  $c^*$  asymétrique
- \* Le comportement chromatographique

-

# Le pouvoir rotatoire

- La présence des **C\*** asymétriques donne à la molécule une activité optique dite pouvoir rotatoire.
- = la capacité de dévier le plan de la lumière polarisée plane.







## **\* Solubilité**

- **Très solubles dans l'eau**
- **Peu solubles dans l'éthanol, plus facilement soluble dans le méthanol**

# Résumé sur l'isomérisation

- On parle d'isomérisation lorsque deux molécules possèdent la même formule brute mais diffèrent :
  - Soit par leur formule développée (isomérisation de constitution).
  - Soit par leur représentation dans l'espace = isomérisation de configuration (stéréoisomérisation).
- Ces molécules, appelées isomères, peuvent avoir des propriétés physiques, chimiques et biologiques différentes.

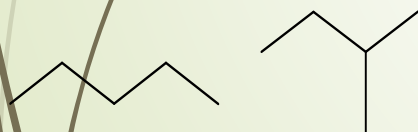
# Résumé sur l'isomérie

## Isomérie de constitution

(même formule brute mais formule développée différente)

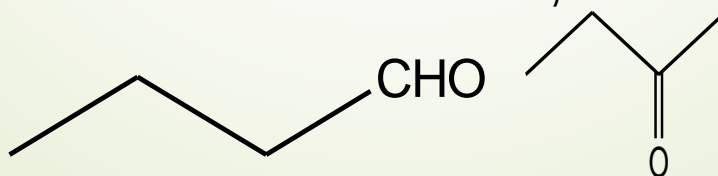
### Isomérie de chaîne

(chaines carbonées différentes)



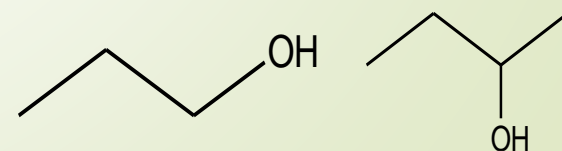
### Isomérie de fonction

(même chaîne mais groupements fonctionnels différents)



### Isomérie de position

(même chaîne, même groupements fonctionnels mais en positions différentes)



# **Stéréoisomérisie**

(même formule brute, même  
formule développée mais  
structure spatiale différentes)

## **Stéréoisomérisie de conformation**

(interconversion sans rupture de  
liaison chimique)

## **Stéréoisomérisie de configuration**

(interconversion avec rupture de  
liaison chimique)

**Diastérisoisomérisie**  
(ne sont pas image en miroir)

**Enantiomérisie**  
(image en miroir)

**Anomérisie**  
(différent que par un C  
hémiacétalique)

**Epimérisie**  
(différent que par un C\*)

## V- Propriétés des oses

### V-2- Propriétés chimiques

1-Stabilité chimique

2-Propriétés dues à la présence du groupement carbonyle

Propriétés  
chimiques

3-Propriétés dues à la présence de la fonction alcoolique

4-Propriétés dues à l'association de la fonction alcool et la fonction carbonyle

## V-2- Propriétés chimiques

### 1- Stabilité chimique

En milieu **acide** et à **chaud** → Déshydratation interne → **Cyclisation** de la molécule → **Dérivés furfural** → méthode de dosage (O. toluidine + hexose → coloration bleu vert )

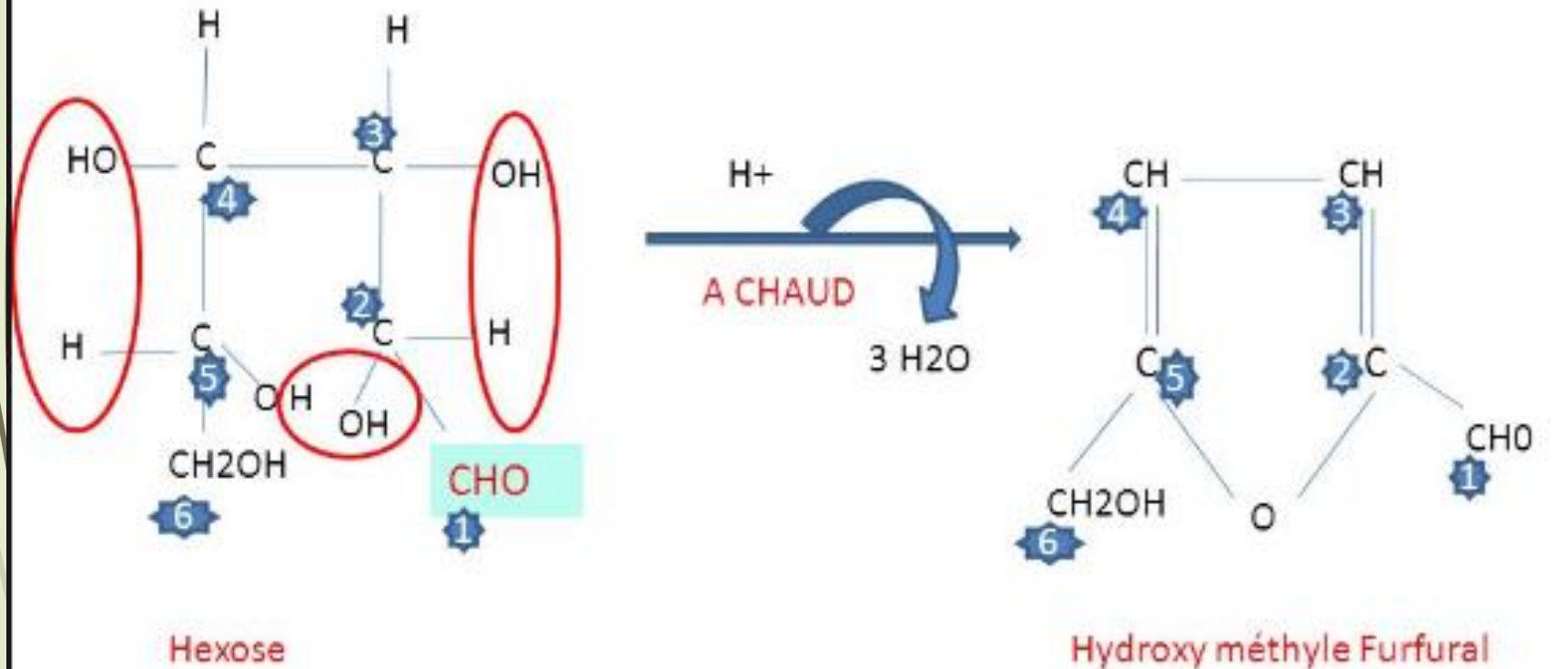
En milieu **alcalin** et à **froid** → soit une **interconversion** ou une **épimerisation** de l'ose

En milieu **acide** et à **froid** → oses restent **stables**.

En milieu **alcalin** et à **chaud** → la **dégradation** totale des oses.

# MILIEU ACIDE/A CHAUD

- Déshydratation interne et cyclisation



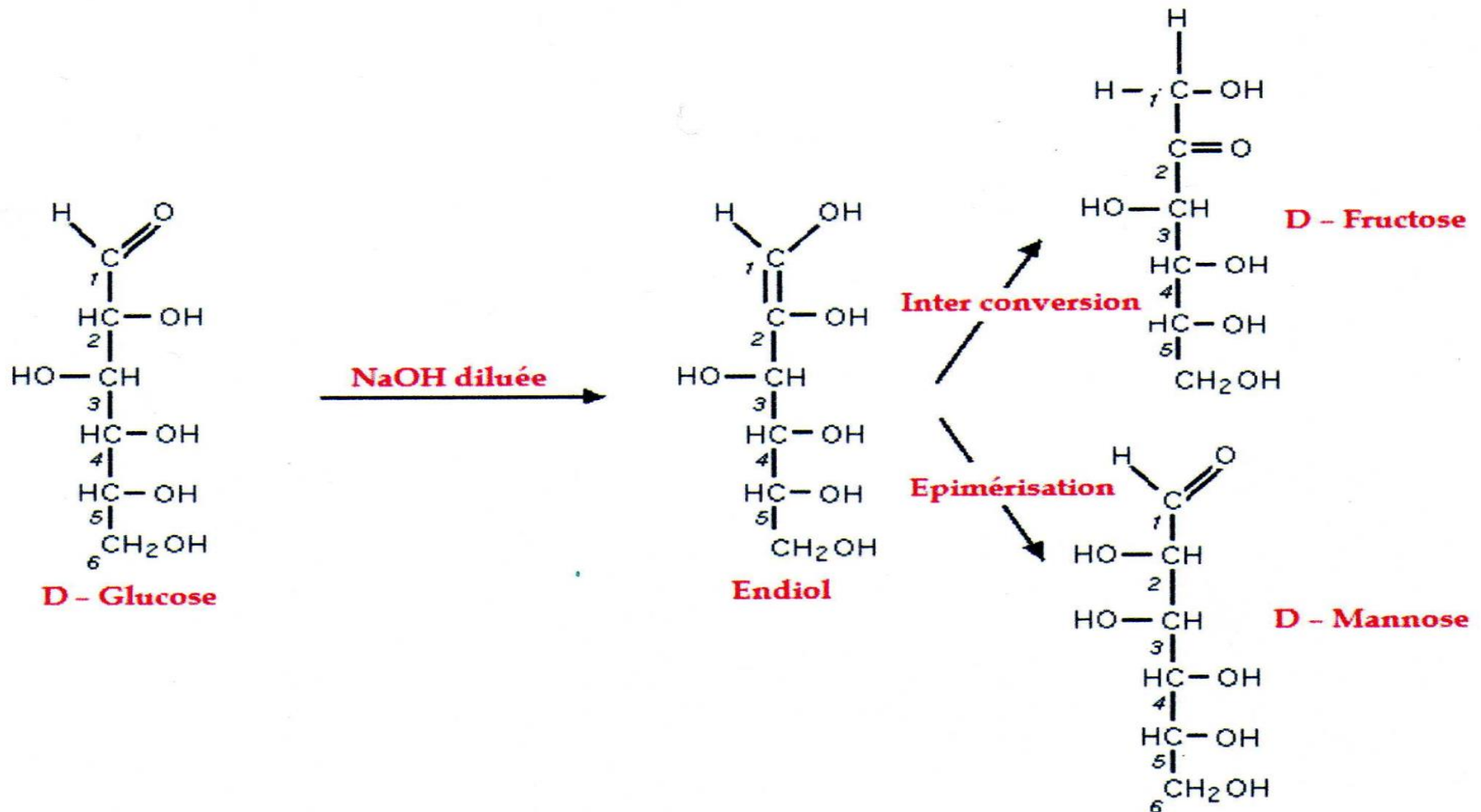
**Dérivés furfural:** ils ont la propriété de se condenser avec des phénols, amines aromatiques ou des hétérocycles azotés pour donner naissance à des produits colorés

Méthode de dosage

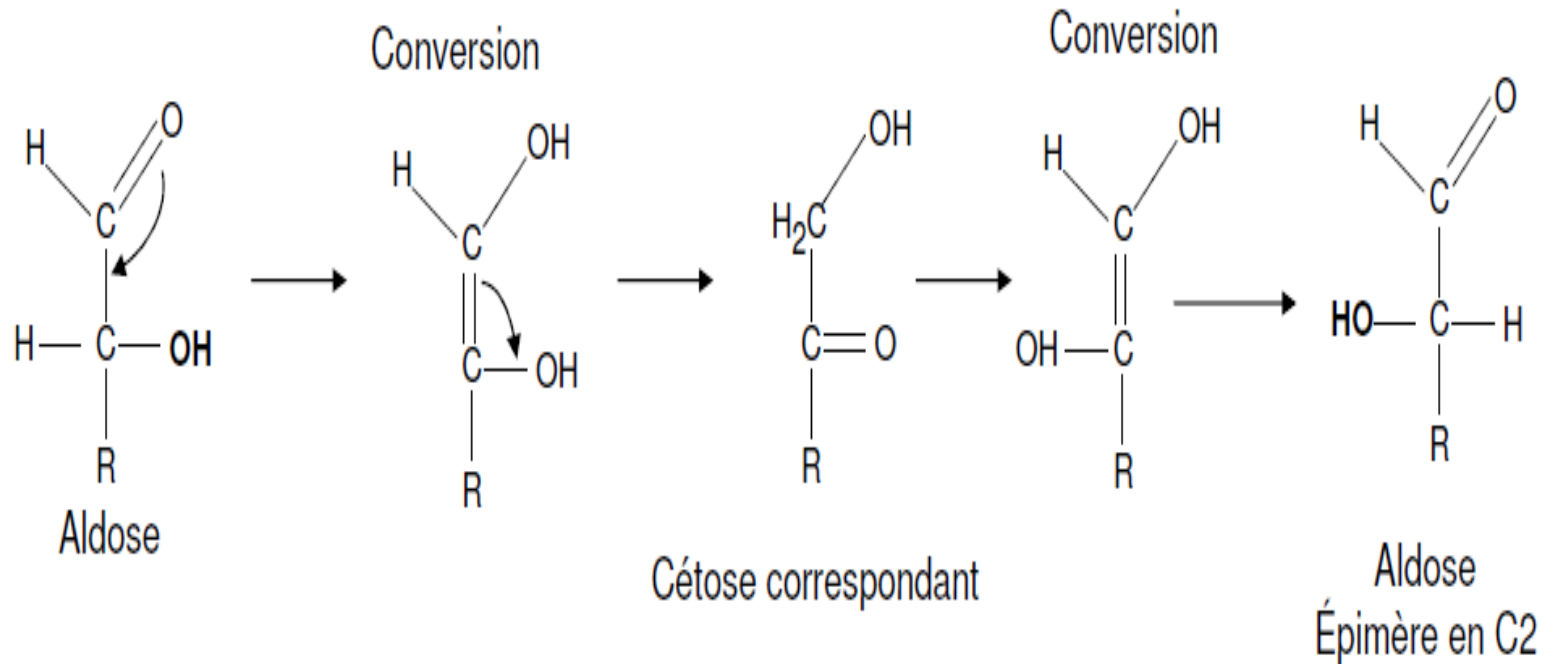


# MILIEU ALCALIN / À FROID

→ Intercoversion / épimerisation



## EPIMERISATION



- 
- 
- **En milieu alcalin et à chaud, les oses sont totalement dégradés.**

## V-2- Propriétés chimiques

### 2- Propriétés dues au groupement carbonyle

#### Réduction

- Donne naissance à des **polyalcool**
- Elle peut se faire par :
  - ► voie enzymatique (réversible) par des enzymes spécifiques : « **réductases** »
  - ► voie chimique (irréversible)

#### Oxydation

- Donne naissance à des **acides**
- Oxydant doux → **acide aldonique**
- Oxydant fort → **acide aldorique**
- Fonction alcool primaire → **Acide uronique**
- Notion des sucres réducteurs

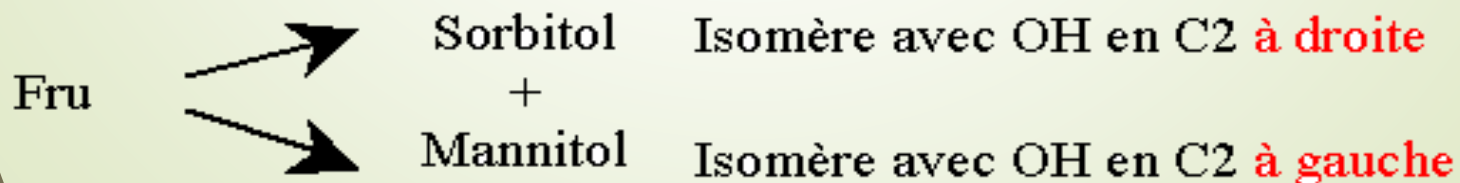
# Réduction

Les oses se réduisent en polyols par voie chimique ou enzymatique

➤ La fonction aldéhydrique ou cétonique des oses est réduite en alcool

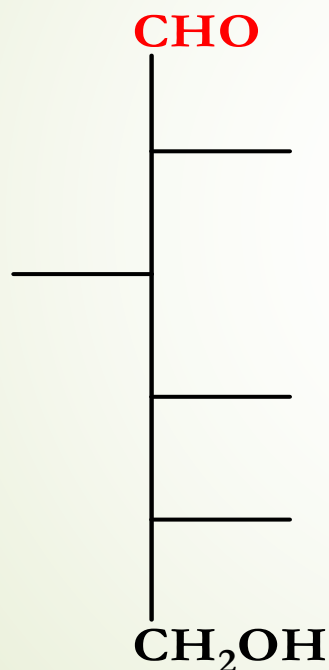
- Glucose → Glucitol (ou Sorbitol)
- Galactose → Galactitol (ou Dulcitol)
- Mannose → Mannitol

➤ Le Fructose donne 2 polyols car la réduction du  $C=O$  entraîne la formation d'un  $^*C$  asymétrique :



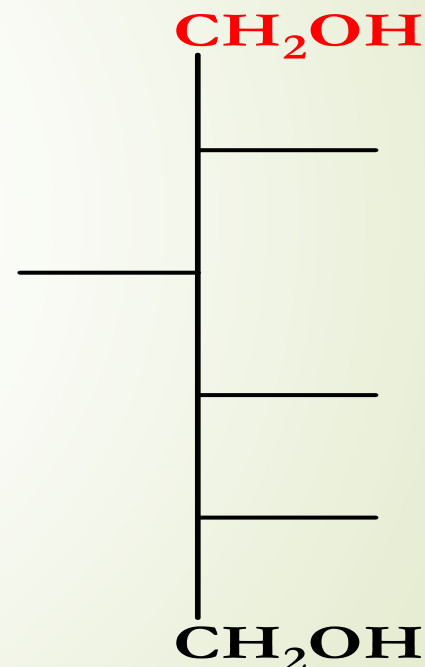
# Réduction

La réduction des oses donnent naissance à des *polyalcools*



D - Glucose

NaBH<sub>4</sub>  
tetrahydruob  
orate de Na

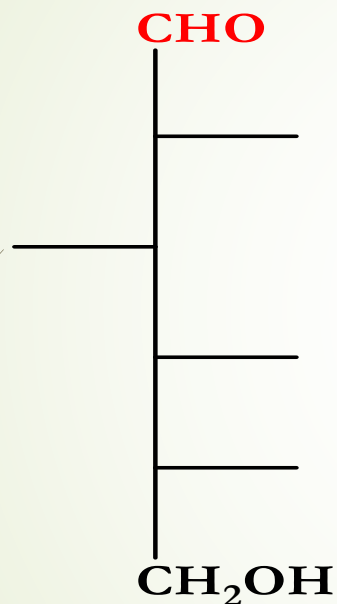


D - Sorbitol

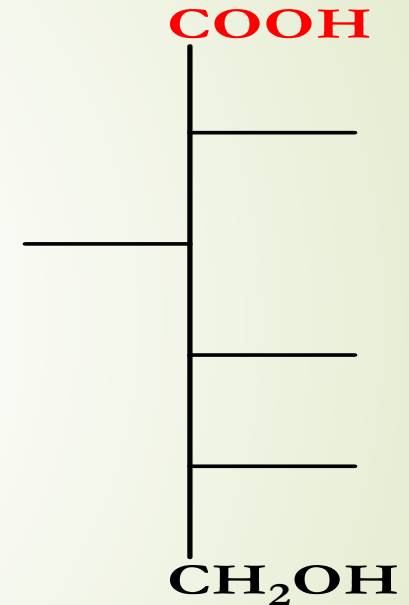
# Oxydation

L'oxydation des oses donnent naissance à des *Acides*

➤ *Oxydants doux (faibles)* → *Acides Aldoniques*



**Glucose**



**Acide Gluconique**

NB : Cette oxydation est possible par voie enzymatique :

**Glucose oxydase (GOD)**

**Glucose**

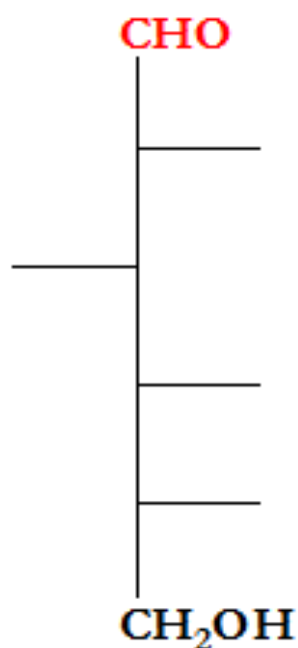


**acide gluconique**

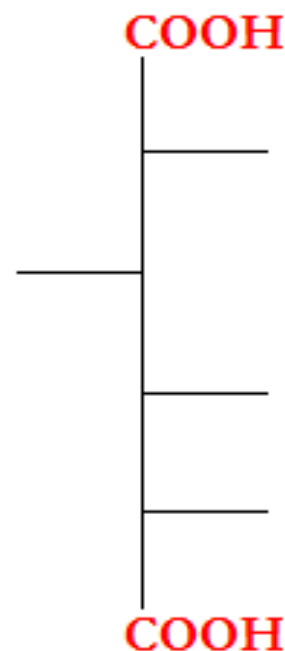
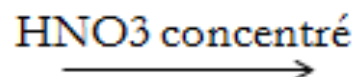
# Oxydation

L'oxydation des oses donnent naissance à des *Acides*

➤ *Oxydants forts* → *Acides Aldariques*



Glucose



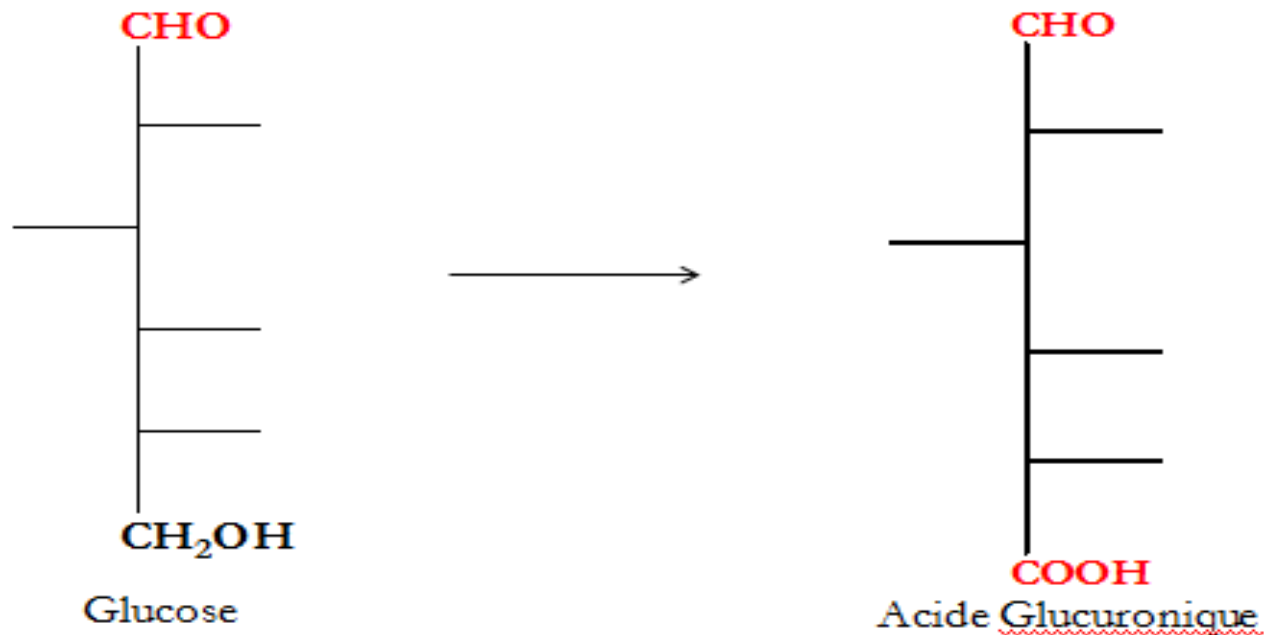
Acide Glucarique



# Oxydation

L'oxydation des oses donnent naissance à des *Acides*


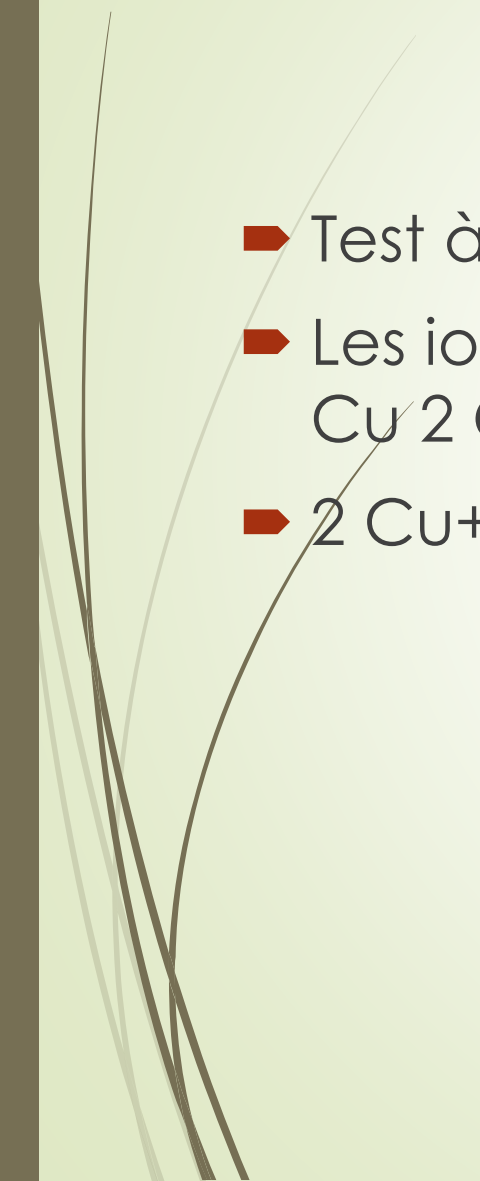
➤ *Fonction alcool primaire* → *Acides Uroniques*



**Acide Glucuronique : GAG – Conjugaison hépatique  
(glucuroconjugaison)**

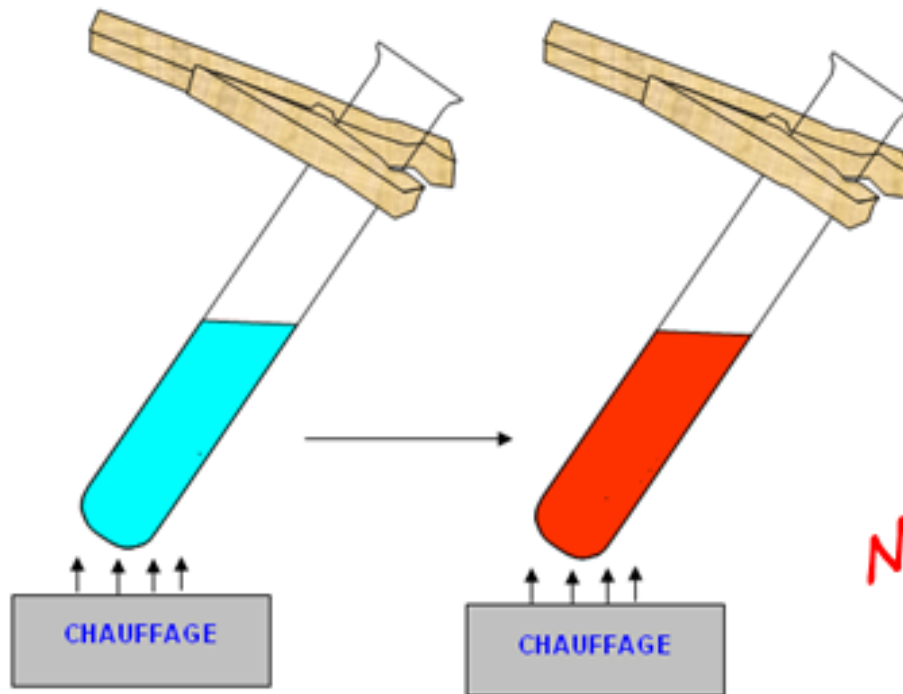
# NOTION DE SUCRE REDUCTEUR

- Un sucre est dit **réducteur** s'il est capable de réduire ou être oxydé par des oxydants doux  $\text{Cu}^{2+}$  ou  $\text{Fe}^{3+}$ .
- le carbone du **carbonyle** est oxydé en **acide carboxylique** et le  $\text{Cu}^{2+}$  est réduit en  $\text{Cu}^{+}$ .
- Cette propriété est à la base de la réaction de **Fehling** : Formation de **précipité rouge**  $\text{Cu}_2\text{O}$ .
- **L'extrémité réductrice** d'un ose est celle qui contient un **groupement carbonyle libre** ( $-\text{OH}$  sur le carbone anomère libre).

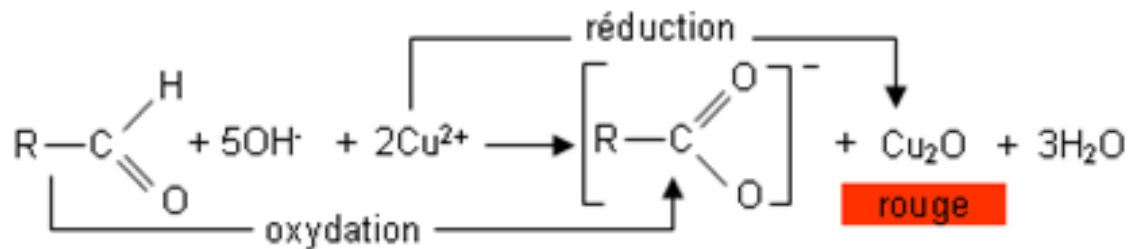
- 
- 
- Test à la liqueur de Fehling :
  - Les ions  $\text{Cu}^{2+}$  sont réduits en oxyde de cuivre  $\text{Cu}_2\text{O}$  (précipité rouge brique)
  - $2 \text{Cu}^{++} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{Cu}_2\text{O}$

# NOTION DE SUCRE REDUCTEUR

Exemple : la liqueur de FEHLING



*Notion de sucres  
Réducteurs*



## V-2- Propriétés chimiques


### 3- Propriétés dues au groupement hydroxyle

#### Estérification

Les fonctions alcool primaires et secondaire peuvent être estérifiées par les acides minéraux:

Exemples :

- **Esters nitriques** : vasodilatateurs utilisés en thérapeutique cardiovasculaire.
- **Esters sulfuriques** : rencontrés dans les glycosaminoglycannes (GAG) du tissu conjonctif.
- **Esters boriques** : résultent de l'estérification de deux fonctions alcools voisines par une molécule  $H_3BO_3$ .



La réaction d'estérification est une réaction d'un acide et d'un alcool. Le produit de la réaction est un ester. La réaction inverse est l'hydrolyse.



Comme tous les alcools (les glucides ont des polyalcools), les fonctions hydroxydes (-OH) des oses réagissent avec les acides, pour donner des esters. Cette réaction est appelée:

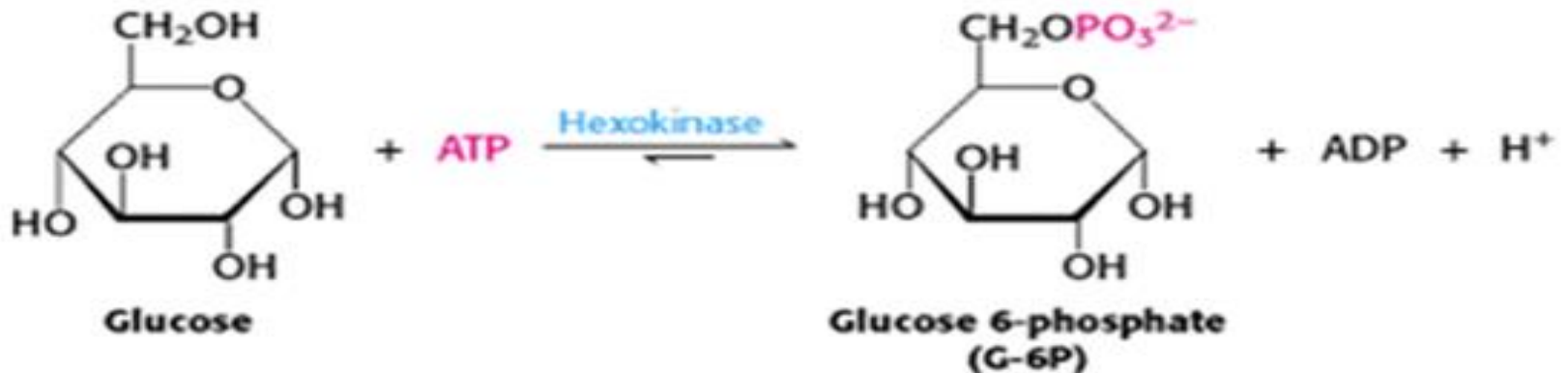
**estérification des glucides.**

## V-2- Propriétés chimiques

### 3- Propriétés dues au groupement hydroxyle

#### Estérification

- **Esters phosphoriques +++** : Action de l'acide orthophosphorique ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )  $\rightarrow$  formation des esters :
  - Mono-phosphoriques , exp : Glucose-6-phosphate
  - Di-phosphoriques, exp : fructose-1,6-biphosphates
  - Tri-phosphoriques, exp : ATP



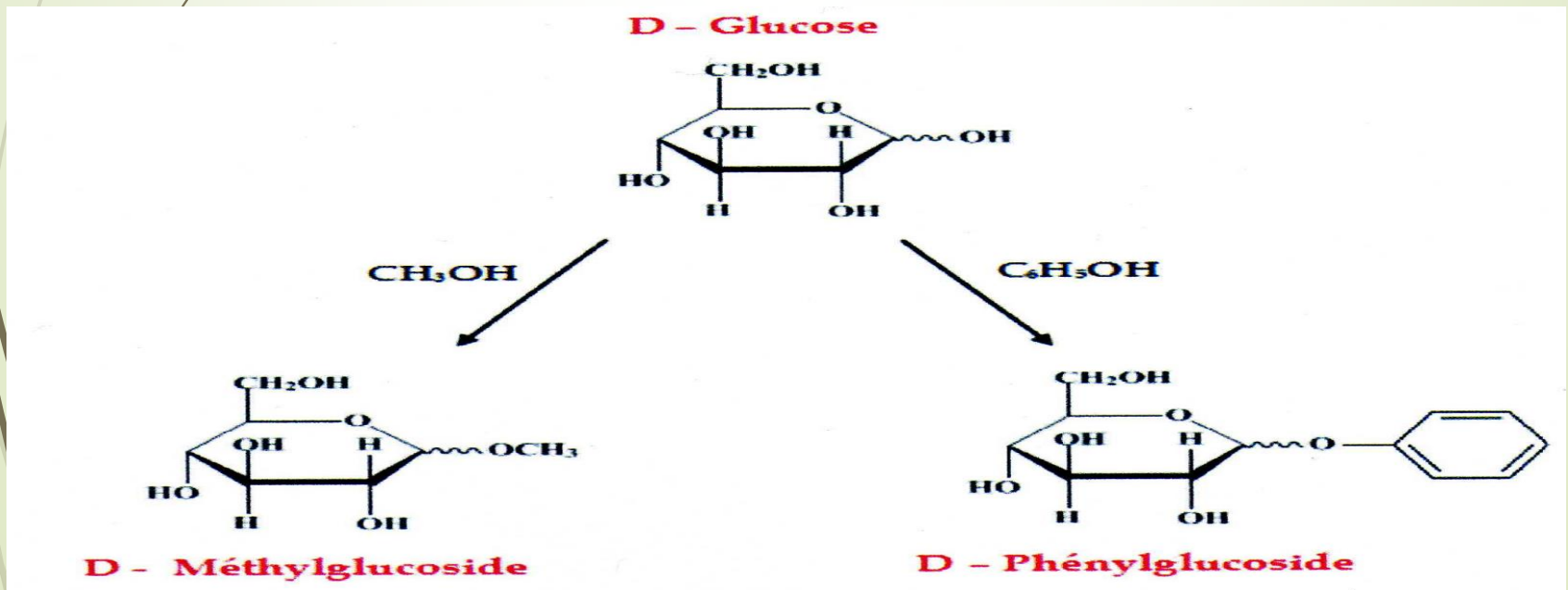


## V-2- Propriétés chimiques

### 5- Réactions d'addition et de substitution

#### a- Action des Alcools et phénols

- La fonction hémiacétalique d'un ose peut se condenser avec un groupement hydroxyle (OH) d'une autre molécule et conduit à l'obtention d'un **oside** (hétéroside ou holoside).



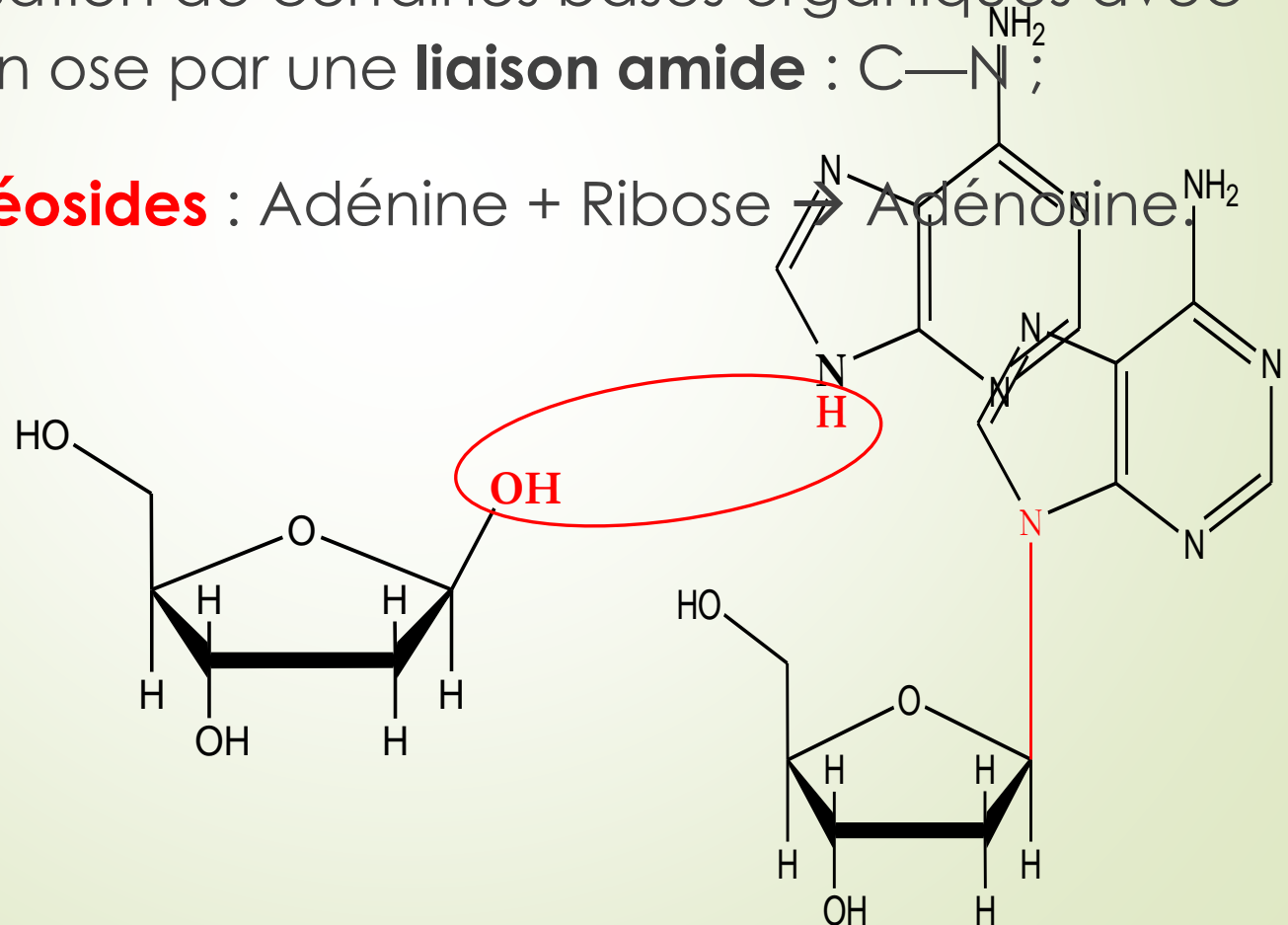


## V-2- Propriétés chimiques

### 5- Réaction d'addition et de substitution

#### b- Action des Amines

- Condensation de certaines bases organiques avec le C<sub>1</sub> d'un ose par une **liaison amide** : C—N<sup>H<sub>2</sub></sup> ;
- Ex : **Nucléosides** : Adénine + Ribose → Adénosine.

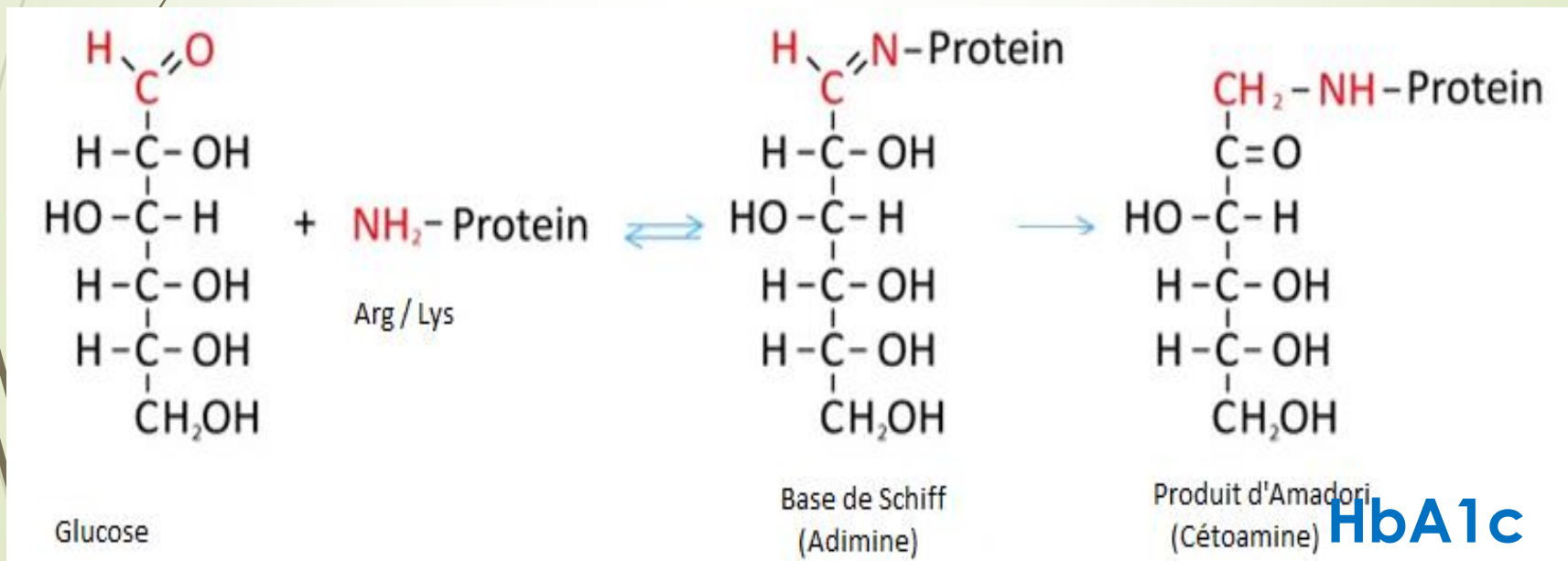


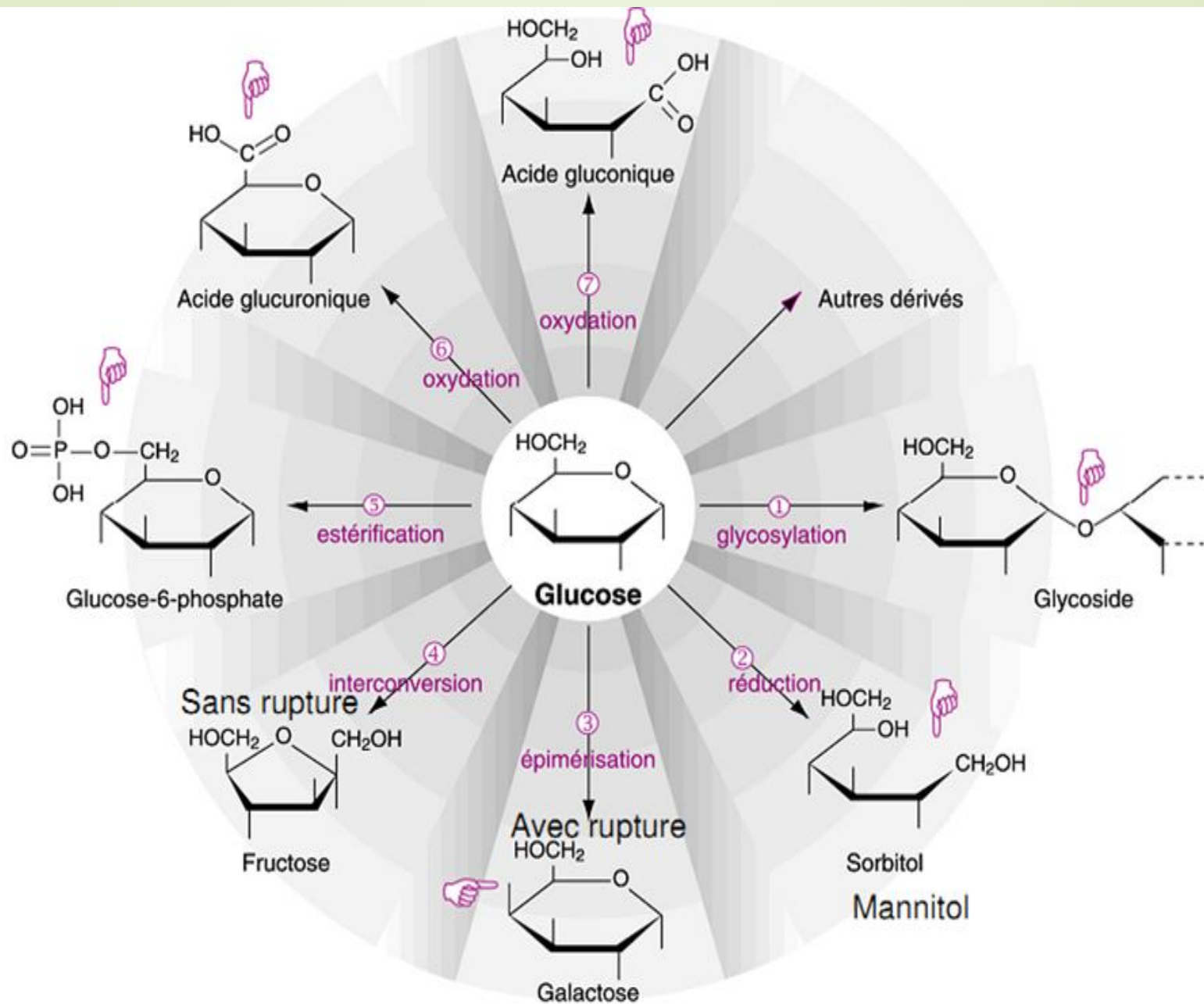
## V-2- Propriétés chimiques

### 5- Réaction d'addition et de substitution

#### b- Action des Amines

- Condensation du groupement carbonyle de l'ose avec la fonction amine d'une protéine pour donner une **protéine glyquée**.
- Exp: **Hémoglobine glyquée (HbA1c)**





## VI- Les oses d'intérêt biologique

- Glycéraldéhyde\*
- Érythrose
- Ribose\*
- Xylose
- Glucose\*
- Galactose\*
- Mannose\*
- Dihydroxyacétone\*
- Érythrulose
- Ribulose
- Xylulose
- Fructose\*

# Glucose (D-Glucopyranose)

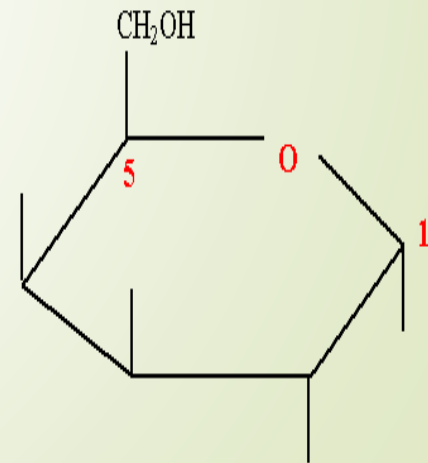
- Le Glucose naturel (D (+) Glucose) est très répandu dans la nature.
- C'est le principal carburant de l'organisme.
- La glycémie est la concentration de Glucose dans le sang.

## Galactose (D-Galactopyranose)

Il intervient dans la composition du :

- Lactose = D Gal + D Glc
- Cérébrogalactosides du cerveau
- Certains glycolipides et glycoprotéines

Liaison 1 - 5

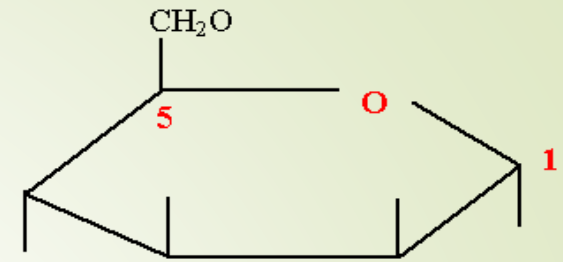


$\alpha$ D Galactopyranose

Son pouvoir rotatoire est dextrogyre.

## Mannose (D-Mannopyranose)

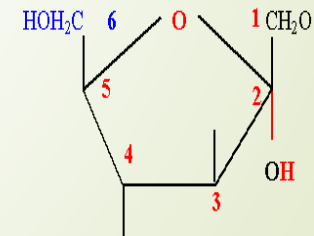
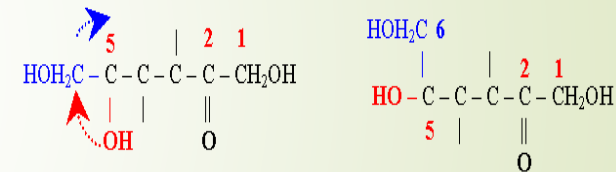
- Il est présent surtout dans les végétaux.
- C'est un constituant des glycoprotéines chez l'homme.
- Son pouvoir rotatoire est dextrogyre.



$\alpha$ D Mannopyranose

## Fructose (D-Fructofuranose)

- On le trouve surtout dans les fruits
- Son pouvoir rotatoire est lévogyre d'où son nom de Lévulose.
- Il est présent dans le liquide spermatique chez l'homme où il participe au mouvement des spermatozoïdes.
- Il est présent sous forme furanique dans le saccharose.



$\alpha$ D Fructofuranose

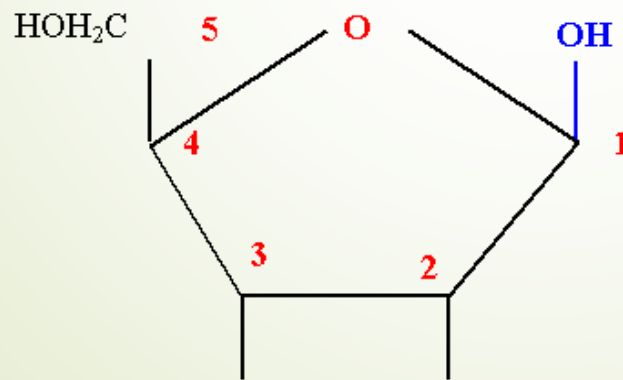
Position des substituants sur le C2 :

- 1 - On place d'abord le OH hémiacétalique qui donne la configuration  $\alpha$  ou  $\beta$
- 2 - Le  $\text{CH}_2\text{OH}$  en 1 prend la position vacante



## Ribose (D-Ribofuranose)

- La forme furaniquue est la forme habituelle des pentoses combinés dans les acides nucléiques (ARN).
- Le  $\beta$ -D- Ribofuranose est lié aux bases puriques et pyrimidiques par une liaison N-osidique (nucléosides, nucléotides).
- Il intervient dans la structure des coenzymes : NAD, NADP, ATP.



$\beta$  D- Ribofuranose

→ Nucléosides, Nucléotides





**I- Définition**

**II- Mode de  
liaison des oses**

**III- Classification**

**IV- les Holosides  
IV-1- les Oligosides**

**IV- les Holosides  
IV-2- les Polyosides**

**V- les Hétérosides**

**Les Osides =  
Sucres complexes**

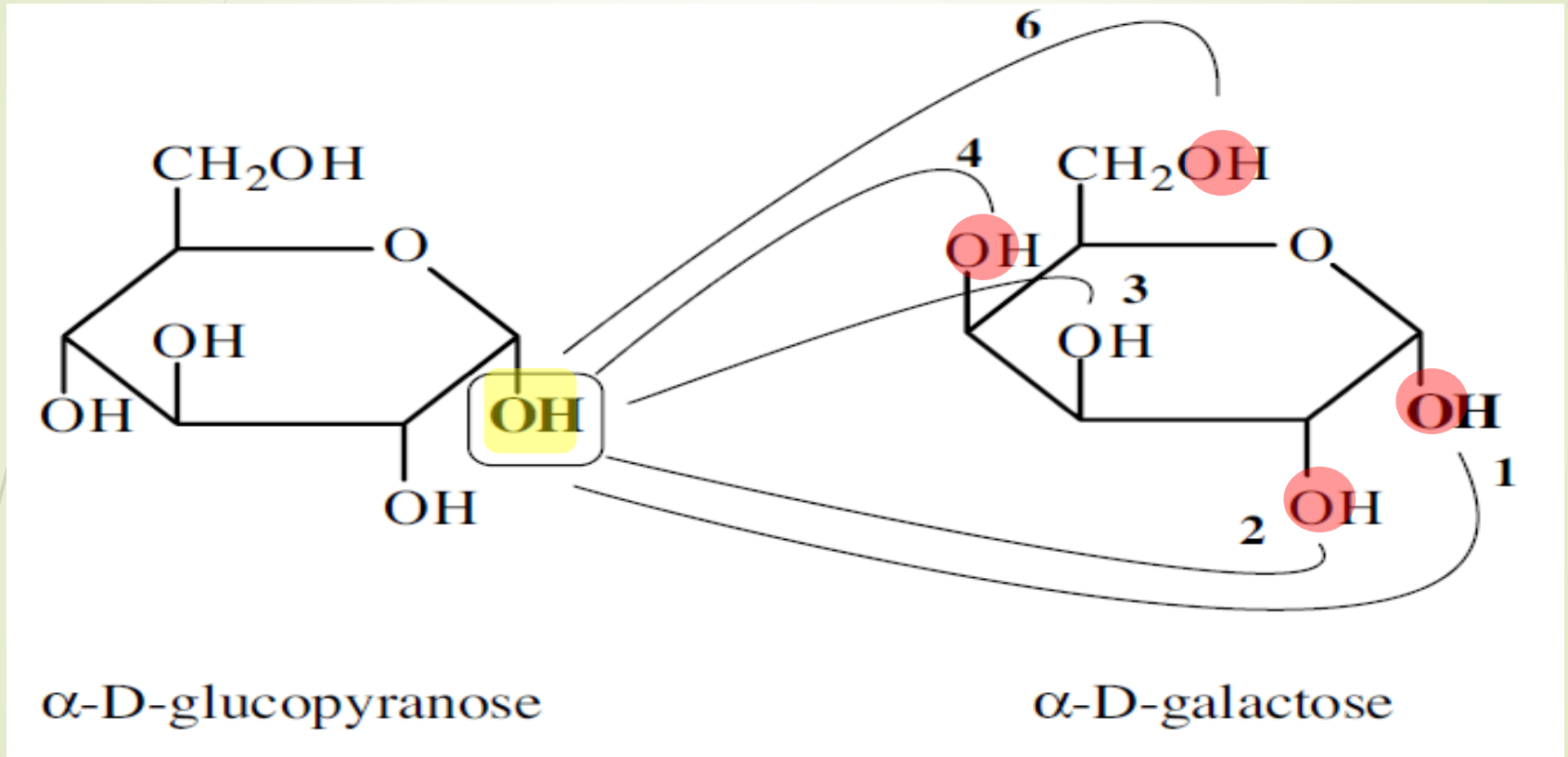
# I- Définition des osides

- Les osides sont des molécules qui donnent par hydrolyse 2 ou plusieurs molécules d'oses.
- Ils résultent de la condensation de 2 à plusieurs molécules d'oses.
- Ces oses sont reliés entre eux par une **liaison osidique**
- Ces oses peuvent être identiques ou différents.

## II- Mode de liaison des oses

- Deux oses sont unis entre eux par une **liaison osidique** (ou **glycosidique**) pour donner un diholoside.
- La liaison osidique se fait entre l'**hydroxyle** (-OH) du groupement hémiacétalique **du carbone anomérique** du premier ose (C1 pour les aldoses, le C2 pour les cétones) et le **groupement hydroxylique** d'un autre ose.

## II- Mode de liaison des oses



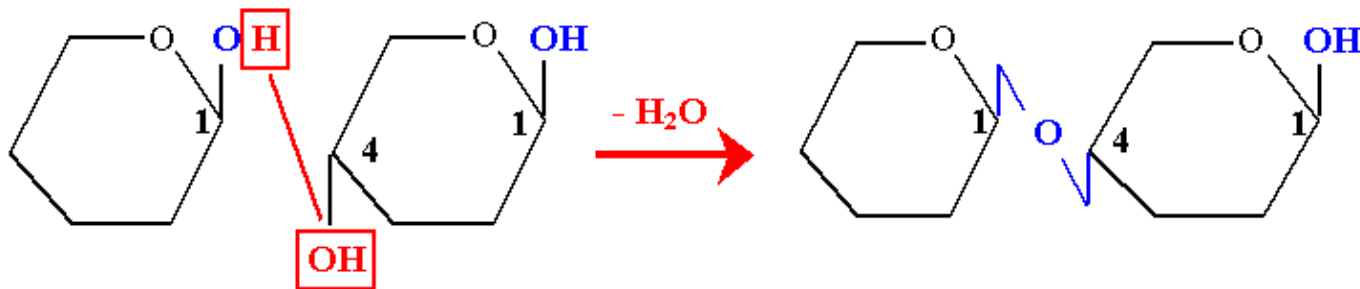
Selon le mode de liaison des 2 oses, le diholoside est soit : **Réducteur** ou **Non réducteur**.

## II- Mode de liaison des oses

### Diholoside réducteur :

Il y a condensation d'une fonction hémiacétalique d'un ose avec une fonction alcoolique d'un second ose par une **liaison osido-osidique**.

Il reste donc dans le diholoside un **-OH hémiacétalique libre**



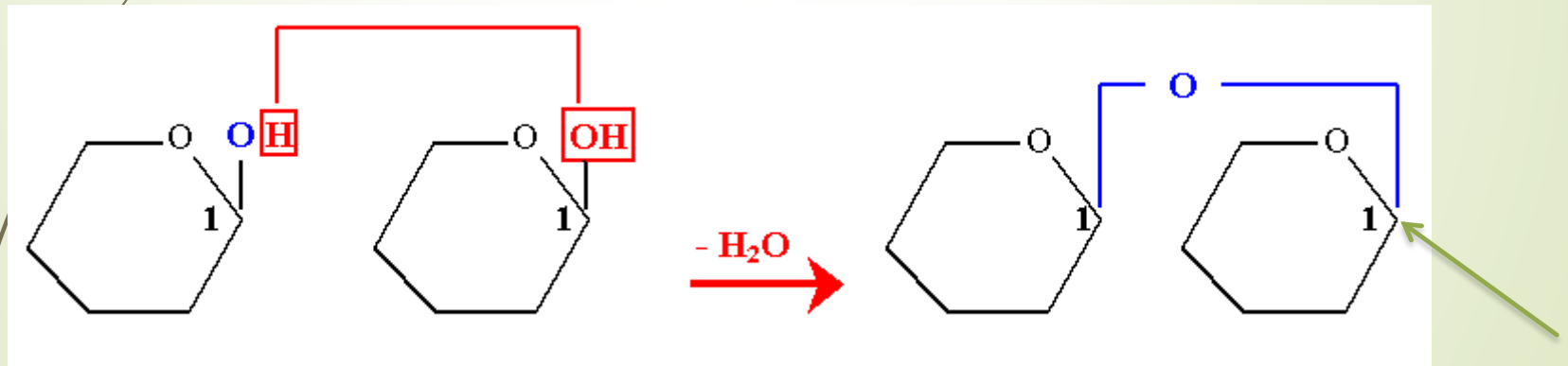
OH hémiacétalique libre  
responsable du pouvoir réducteur  
de la molécule

## II- Mode de liaison des oses

### Diholoside non réducteur :

Il y a condensation de la fonction hémiacétalique de chaque ose par une **liaison osido-oside**.

Donc dans le diholoside **-OH hémiacétalique est non libre**



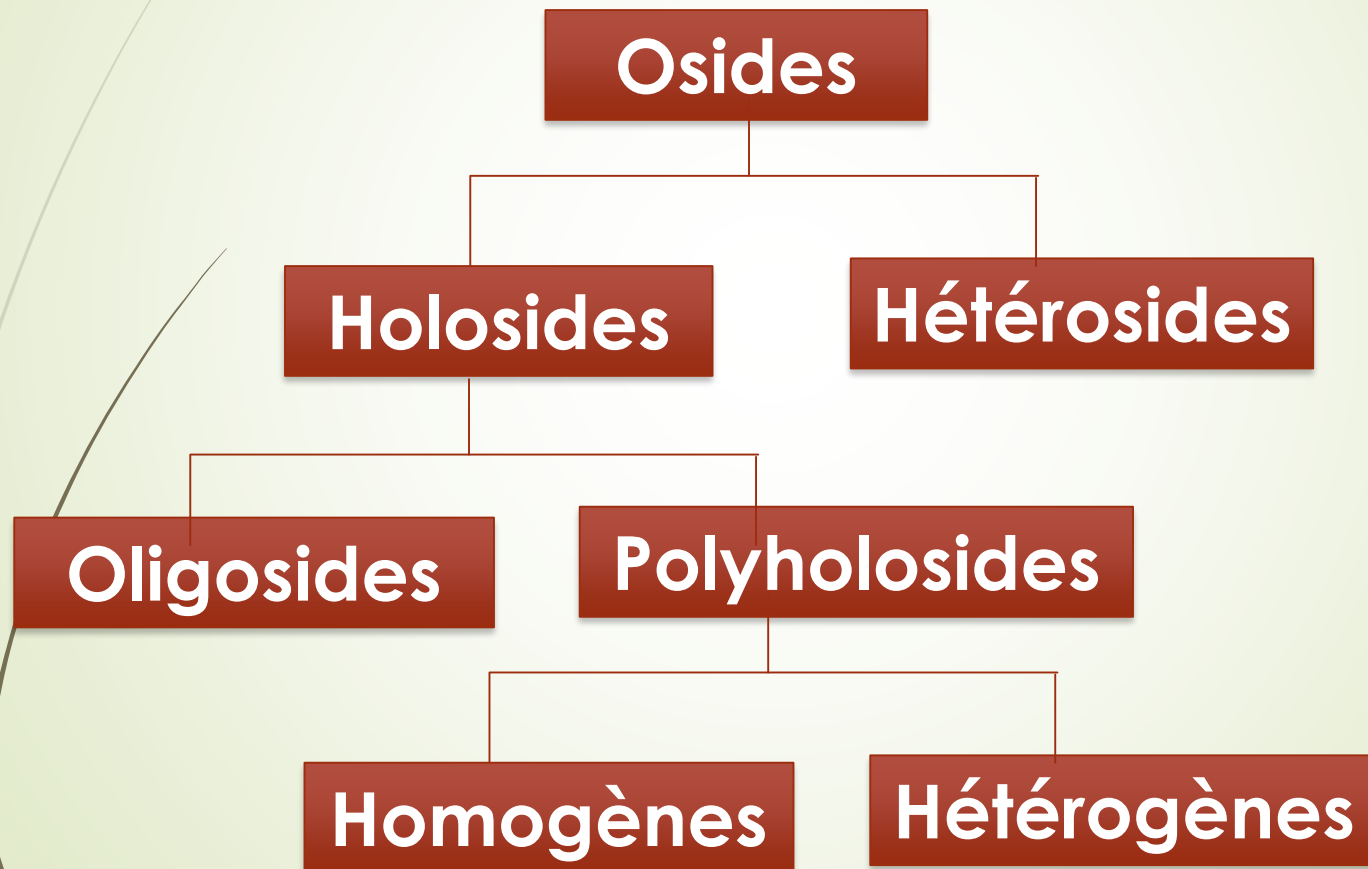
OH hémiacétalique  
condencé ( non libre) →  
sucre non réducteur

## II- Mode de liaison des oses

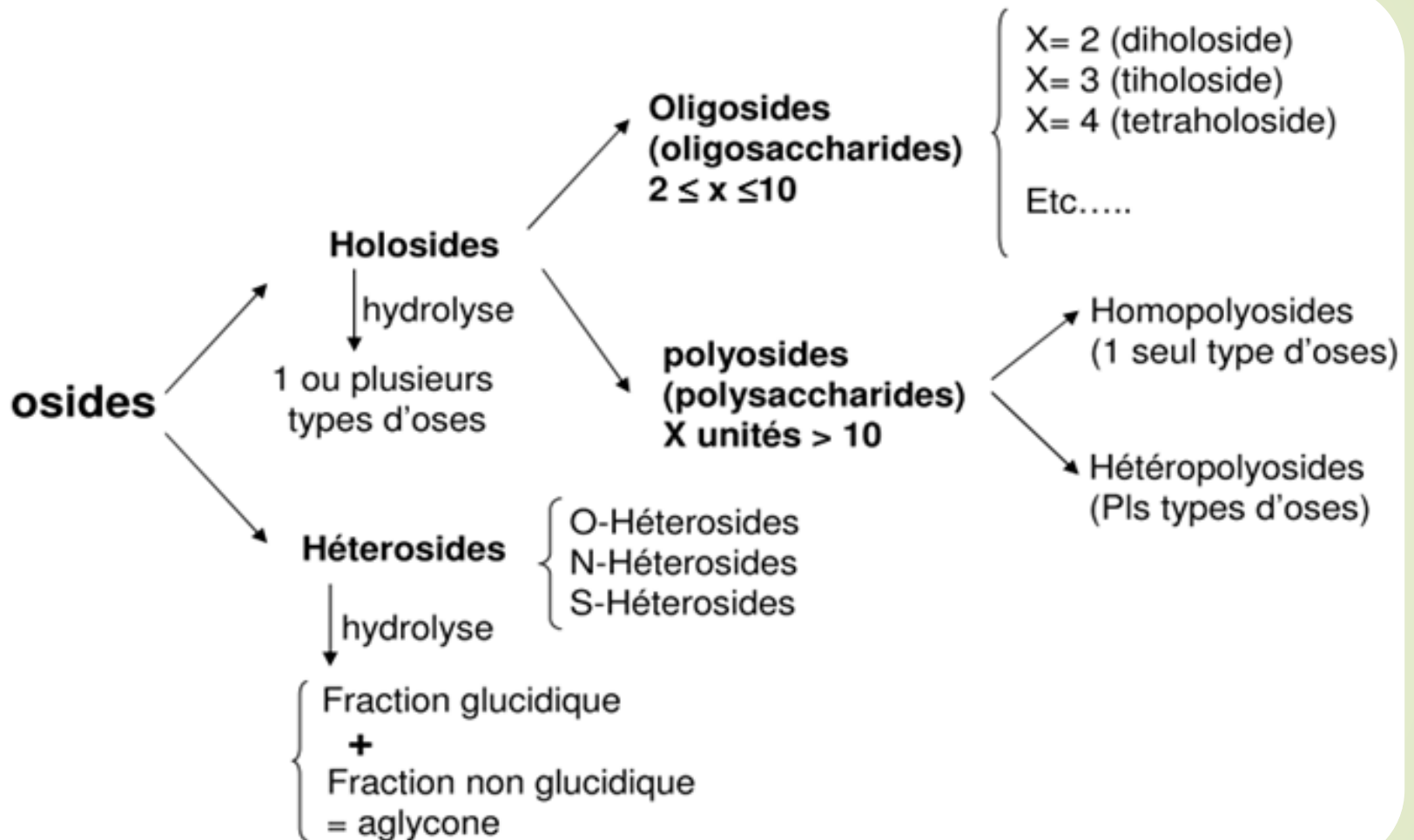
- La **liaison osidique** est très stable en milieu alcalin mais elle est facilement rompue par **hydrolyse acide** ou **enzymatique**.
- La liaison osidique peut être établie aussi entre l'hydroxyle du groupement hémiacétalique et le groupement (**-NH<sub>2</sub>**, **-SH**) d'une autre molécule.



### III- Classification des osides



# III- Classification des osides



$\left\{ \begin{array}{l} = \text{aglycone} \\ \text{Fraction non glucidique} \\ + \\ \text{Fraction glucidique} \end{array} \right.$

# IV- Etude des holosides

## IV-1- les Oligosides

### Définition

- Ils résultent de la condensation de 2 à 10 résidus glucidiques reliés entre eux par une **liaison osidique**
- L'association de 2 oses donne un **diholoside**, de 3 oses donne un triholoside, etc...
- Un oligoside est dit réducteur lorsqu'il possède un -OH anomérique libre (non engagé dans une liaison osidique).

# IV- Etude des holosides

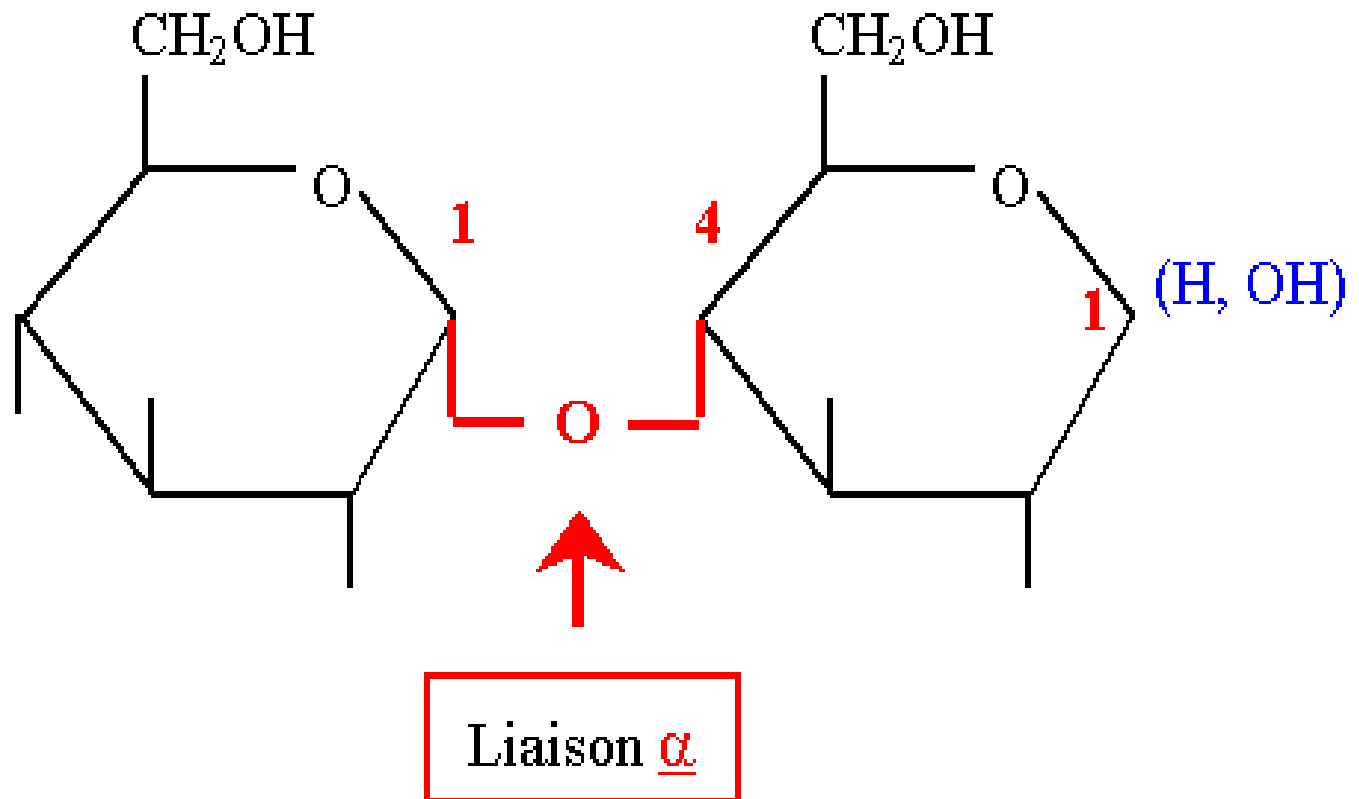
## IV-1- les Oligosides

### Les principaux diholosides

- Maltose
  - Isomaltose
  - Lactose
  - Saccharose
- } **diholosides réducteurs**
- diholoside non réducteur**

## Les principaux diholosides réducteurs

Maltose =  $\alpha$  D-Glucopyranosyl (1-4) D-Glucopyranose



# Les principaux diholosides réducteurs

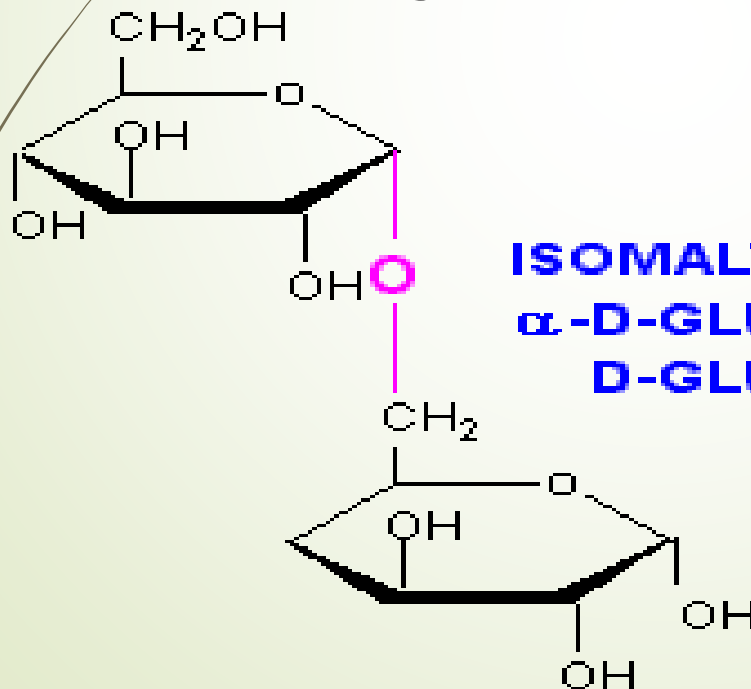
## 1. Le Maltose (Glucose + Glucose)

- Il est formé par l'union de 2 molécules de glucose unies en  **$\alpha$  (1-4)**
- C'est un oside réducteur.
- C'est un **produit d'hydrolyse** obtenu lors de la digestion des polysides (**amidon** et **glycogène**) par les *amylases*.
- Il est hydrolysé en 2 molécules de glucose par une enzyme spécifique, la **maltase**.

# Les principaux diholosides réducteurs

## 2. Isomaltose (Glucose + Glucose)

- Deux résidus glucose unis par une liaison  $\alpha(1-6)$  glycosidique
- Issue de la dégradation du glycogène et amidon



**ISOMALTOSE**

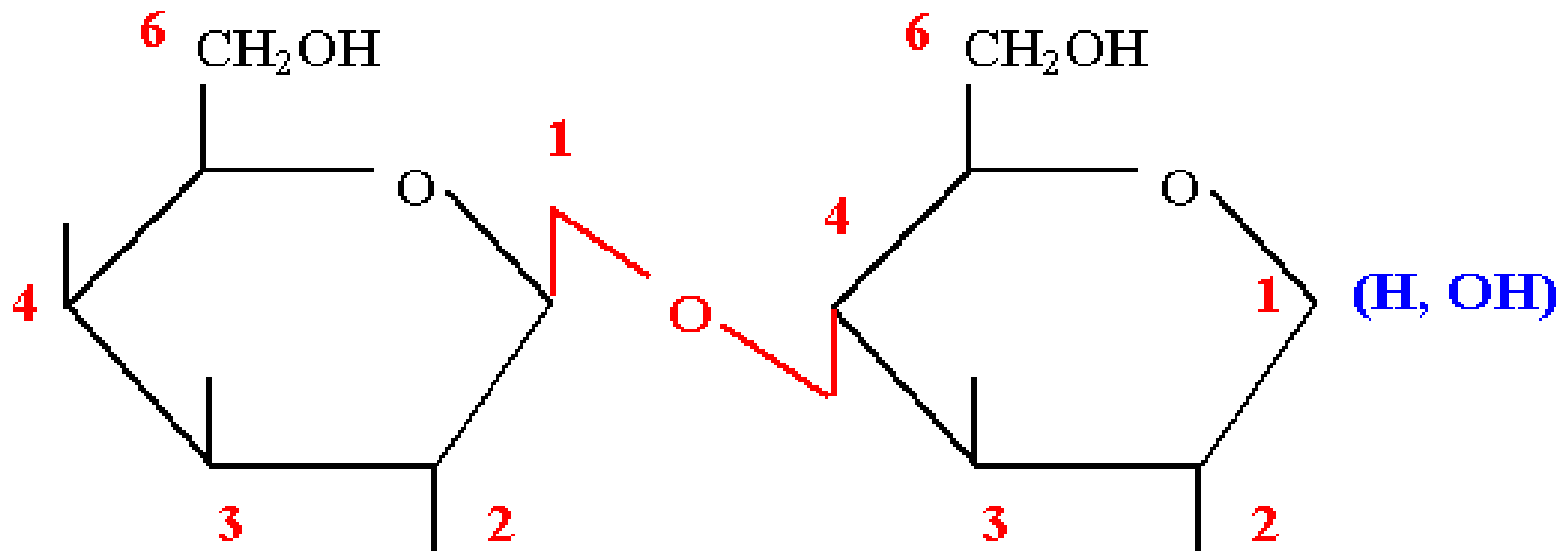
**$\alpha$ -D-GLUCOPYRANOSYL (1→6)**

**D-GLUCOPYRANOSIDE**



# Les principaux diholosides réducteurs

## 3. Le Lactose (Galactose + Glucose)



β D- Galactopyranosido (1 - 4) D- Glucopyranose  
osyl

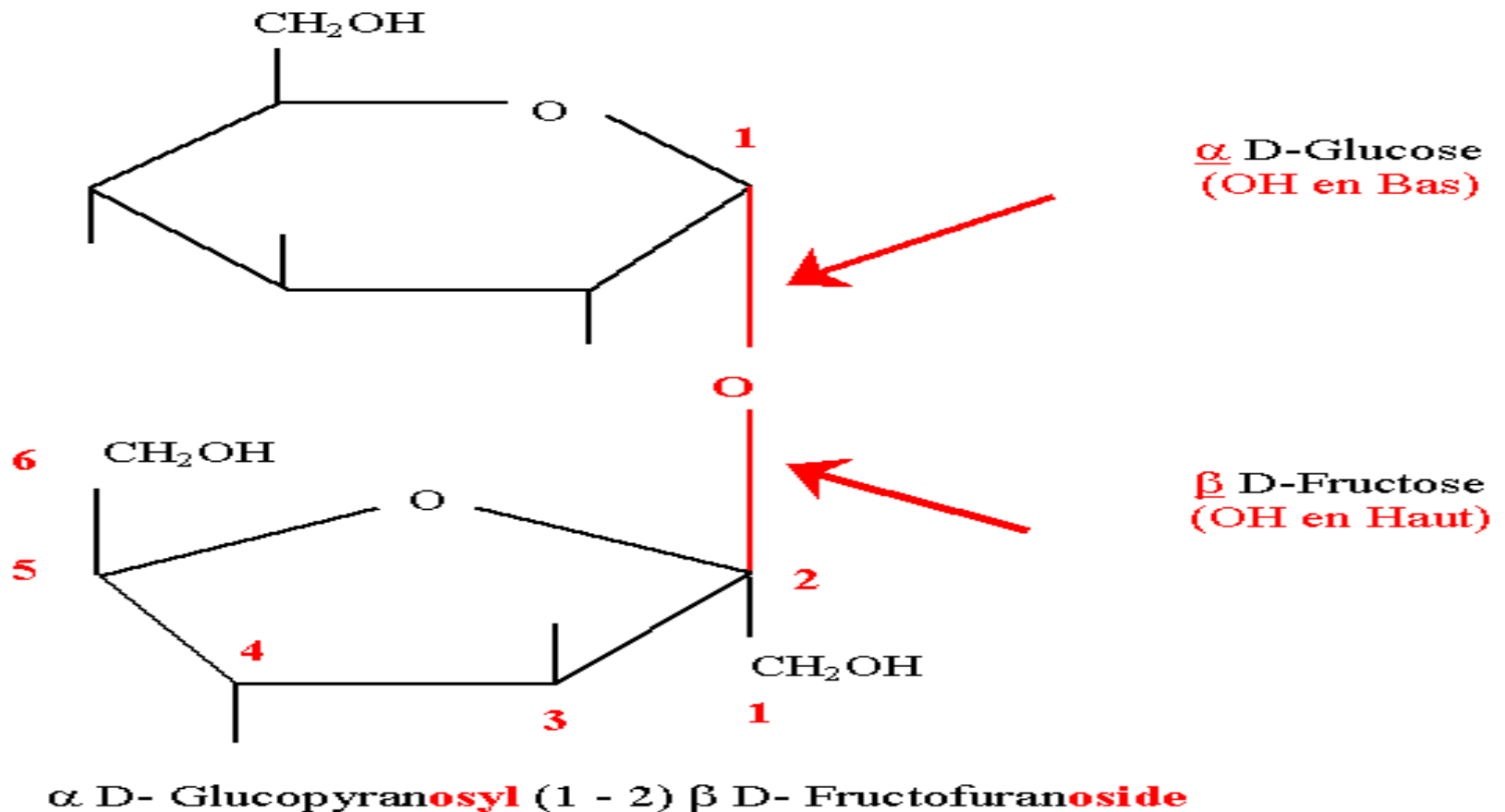
# Les principaux diholosides réducteurs

## 3. Le Lactose (Galactose + Glucose)

- C'est un diholoside réducteur constitué d'une molécule de Gal et d'une molécule de Glc
- unies par une liaison  **$\beta(1-4)$**  osidique.
- Il est présent dans le **lait** de tous les mammifères.
- La  **$\beta$ galactosidase** (lactase intestinale du nourrisson) hydrolyse le lactose pour donner : Glucose + Galactose.

# Le principal diholoside Non réducteur

## Le Saccharose (Glucose + Fructose)



# Le principal diholoside Non réducteur

## Le Saccharose (Glucose + Fructose)

- C'est un diholoside non réducteur constitué d'une molécule de Glu et d'une molécule de Fru
- Unies par une liaison  **$\alpha(1-2)\beta$**  osidique.
- C'est le sucre de table
- Très répandu dans les végétaux (betterave)
- Le saccharose est hydrolysable par voie enzymatique avec une  **$\alpha$  glucosidase** ou une  **$\beta$  fructosidase**

# IV- Etude des holosides

## IV-2- Les polyosides

Résultent de la condensation d'un grand nombre (>10) de résidus glucidiques.

### Polyosides Homogènes

- Constitués **d'un seul type d'ose**.
- Ce sont soit des polyosides de réserve (amidon, glycogène)
- Soit des polyosides de structure (cellulose)

### Polyosides Hétérogènes

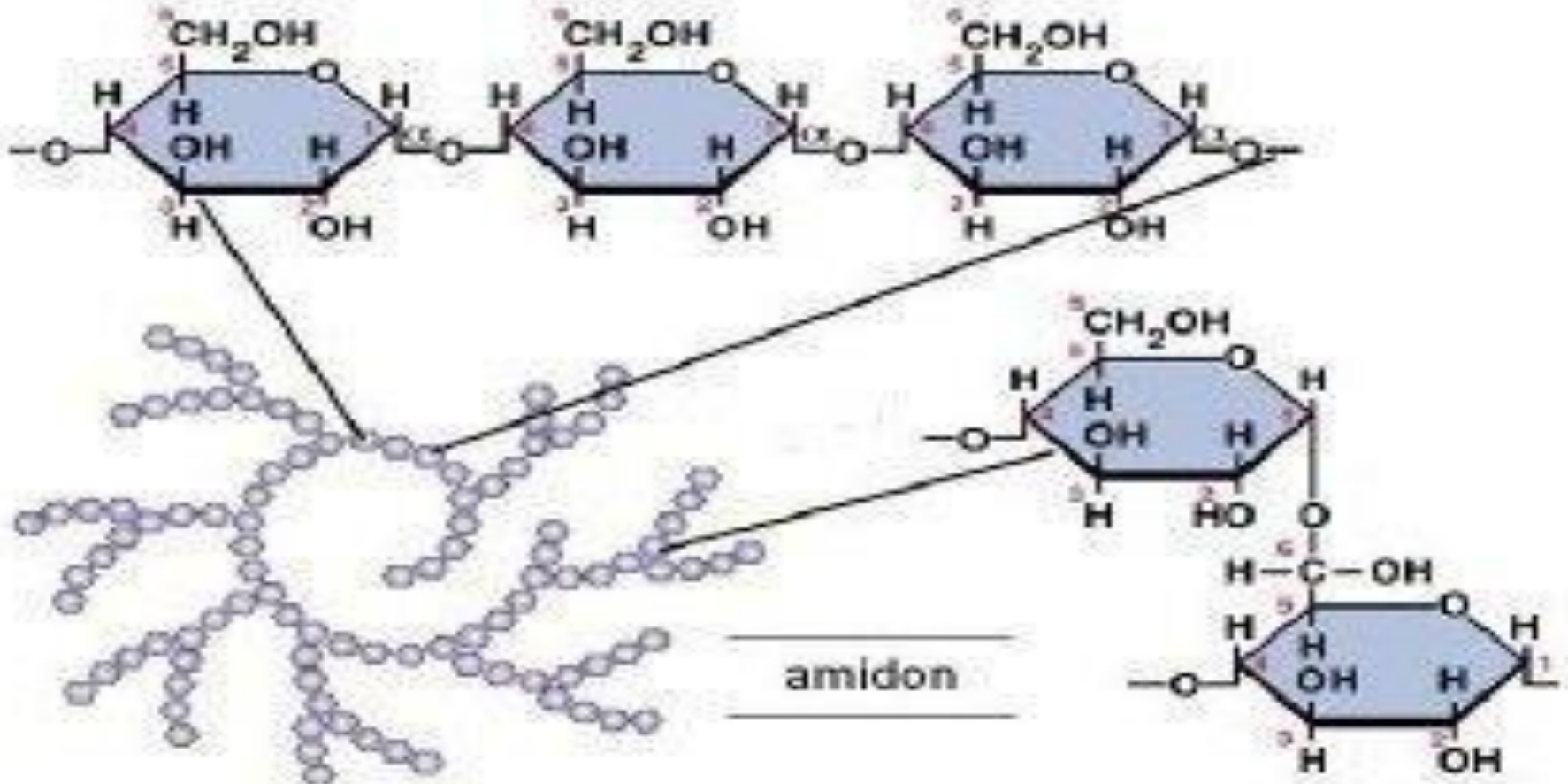
- Constitués de deux ou **plusieurs types** différents d'unités monomériques.
- Exp :  
Glycosaminoglycane ; Agarose

# Les principaux Polyosides Homogènes

## 1- Amidon

- Forme de mise en **réserve** glucidique chez les **végétaux**.
- Comporte deux types de **polymères de glucose** :
  - **Amylose** (20 %) : longue chaîne non ramifiée d'unité D-Glucose liées par des liaisons  $\alpha(1-4)$ .
  - **Amylopectine** (80%) : unités de D-Glucose unis par des liaisons  **$\alpha(1-4)$  linéaires** ; ramifiée après chaque **24-30 résidus** par des liaisons  $\alpha(1-6)$ .

# Les principaux Polyosides Homogènes

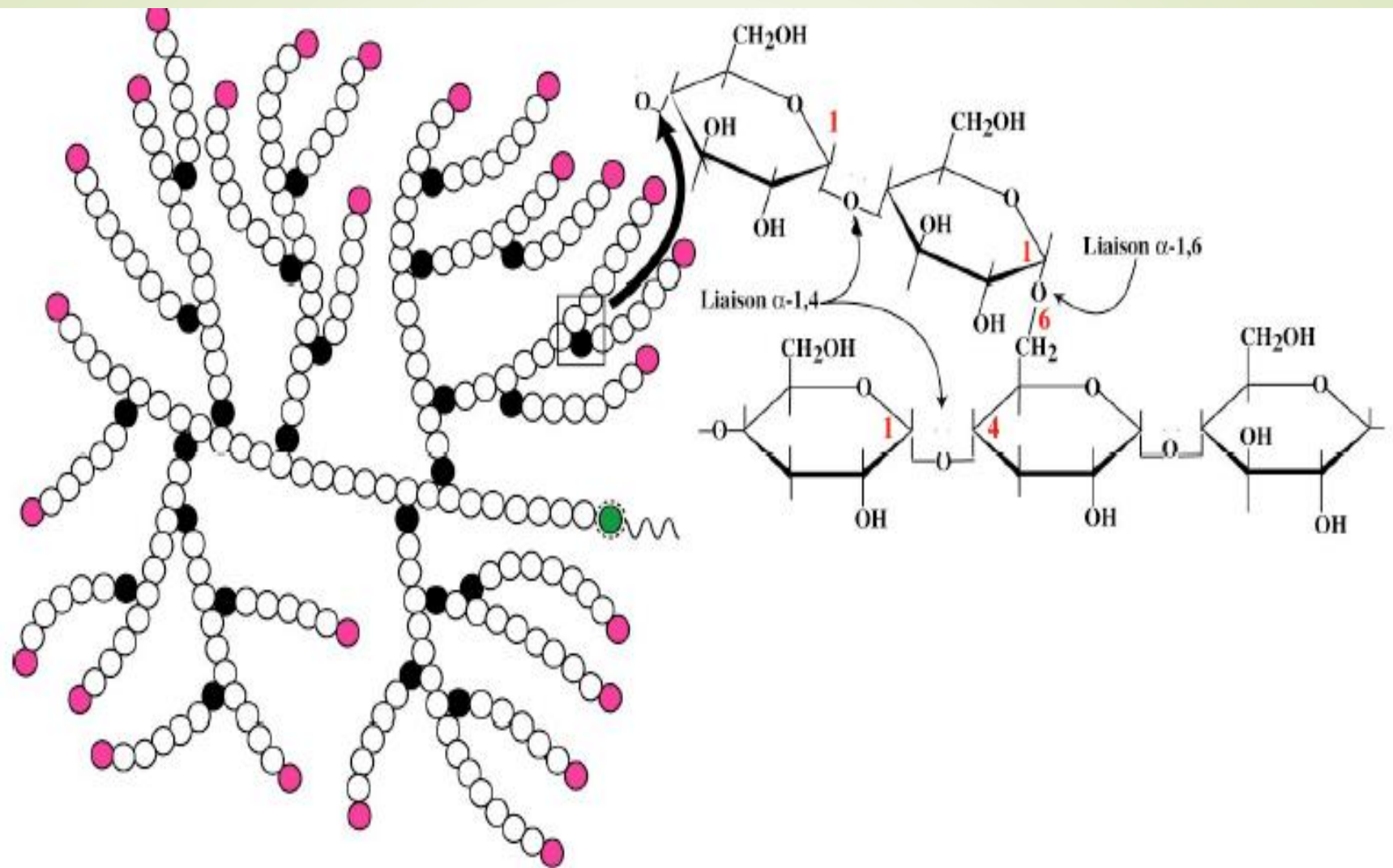




# Les principaux Polyosides Homogènes

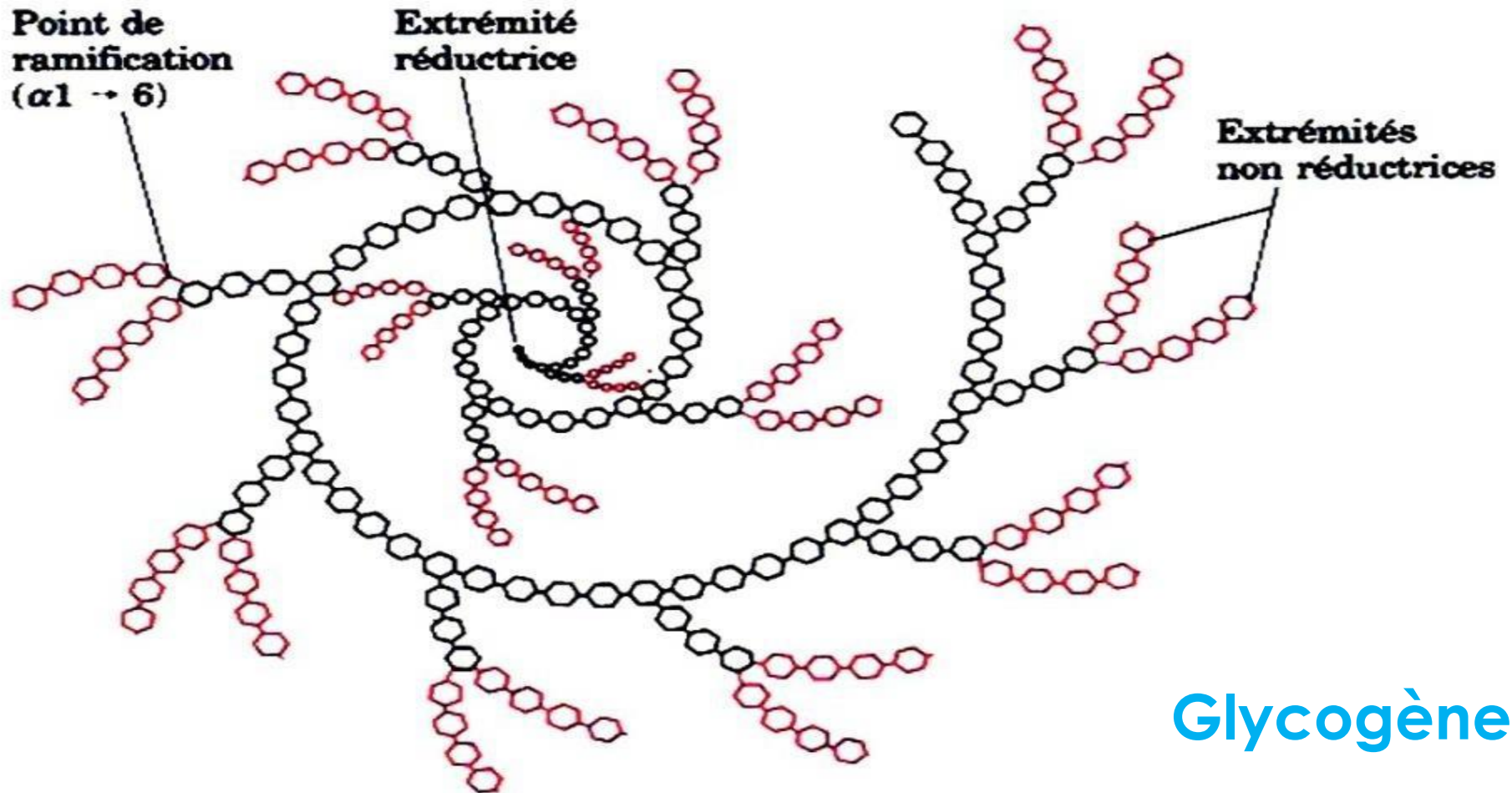
## 2- Glycogène

- ❑ Forme de **stockage** du **glucose** dans les cellules **animales**
- ❑ Formé de sous unité **glucose** liés par des liaisons  **$\alpha(1-4)$**  ; **Ramifiée** après chaque **8-12 résidus** par des liaisons  **$\alpha(1-6)$** .
- ❑ Structure **arborescente** plus compacte que l'amylopectine.



- Glucose lié en  $\alpha$ -1,4
- Glucose lié en  $\alpha$ -1,6
- Extrémité réductrice attachée à la glycogénine
- Extrémités non réductrices

# Les principaux Polyosides Homogènes



# Les principaux Polyosides Homogènes

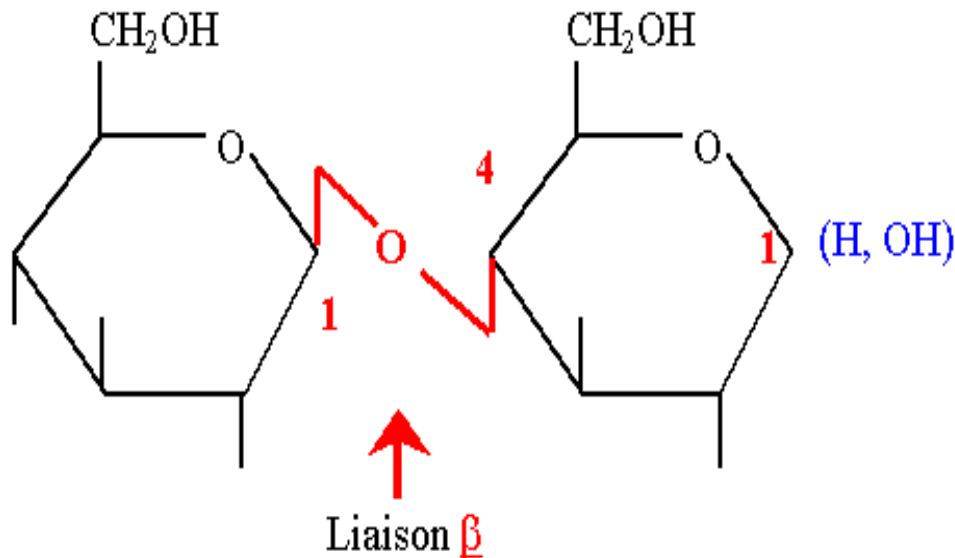
## 3- Cellulose

- Principal constituant **structural** des parois cellulaires végétales
- Il est formé de l'union de 2 **Glucoses** unis en  **$\beta(1-4)$**  (cellobiose).
- Il prend la forme de **longues chaînes linéaires** de 5 à **15000 unités**.
- Il est hydrolysé par une  **$\beta$  glucosidase** (cellulase) non présente dans le tube digestif chez l'homme. La cellulose n'est donc **pas hydrolysée** lors de la digestion chez l'homme.

# Les principaux Polyosides Homogènes

## 3- Cellulose

**$\beta$**  D-Glucopyranosyl (1-4) D-Glucopyranose



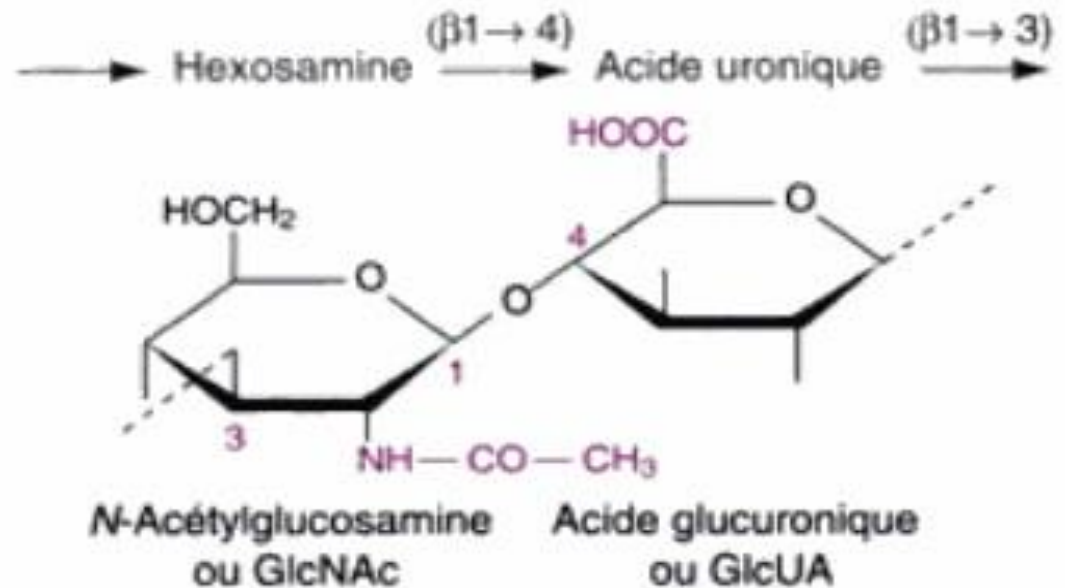
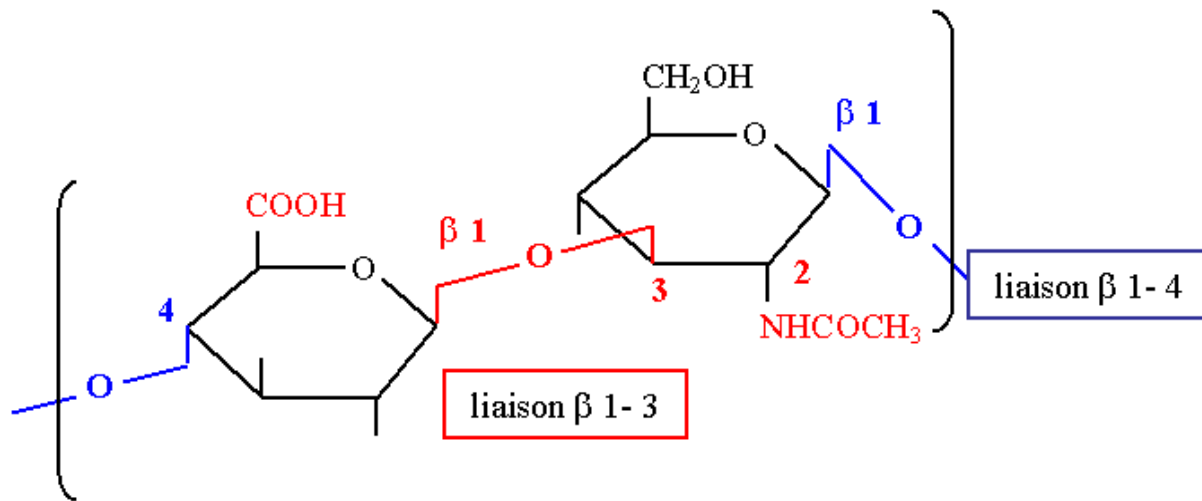


# Les principaux Polyosides Hétérogènes

## 1- Glycoaminoglycanes (GAG)

- Glycoaminoglycanes (**GAG**) ou **Muccopolysaccharides** (**MPS**) sont des **hétéropolysaccharides** de longues chaînes linéaires.
- condensation **d'unité disaccharidiques** répétitives ; dont le 1<sup>er</sup> sucre est une **osamine** (glucosamine ou galactosamine) et le 2<sup>ème</sup> est un **acide uronique** (ex: acide glucuronique)
- Unis par des liaisons  **$\beta$  (1-3)** dans le motif et  **$\beta$  (1-4)** entre les motifs.
- L'un des deux sucres (ou les deux) est porteur des **groupements sulfates** → caractère anionique → molécules très **hydrophiles**.

# Les principaux Polyosides Hétérogènes





# Les principaux Polyosides Hétérogènes

## 1- GAG ou MPS

Selon leur rôle biologique, on distingue :

### \* **Les GAG de structure :**

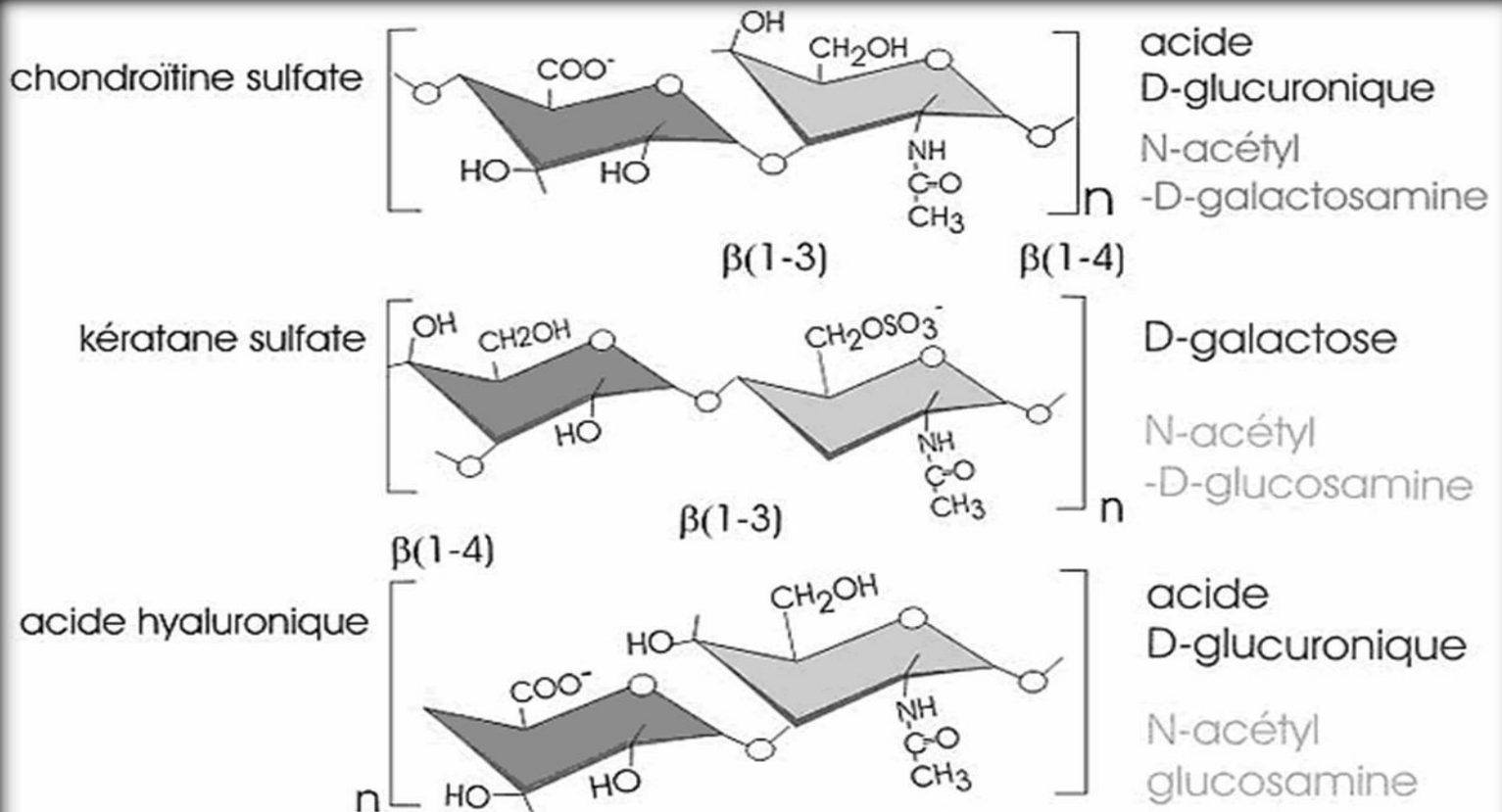
- Molécules étirées et rigides (grâce à la configuration  $\beta$ )
- Poly anioniques et très hydrophiles
- Composants de la matrice extracellulaire
- Ex : acide hyaluronique, chondroitines sulfates, kératanes sulfate, dermatanes sulfates...

### \* **Les GAG de sécrétion :**

- Ex : héparine et dérivés (Anticoagulants)...

# Les principaux Polyosides Hétérogènes

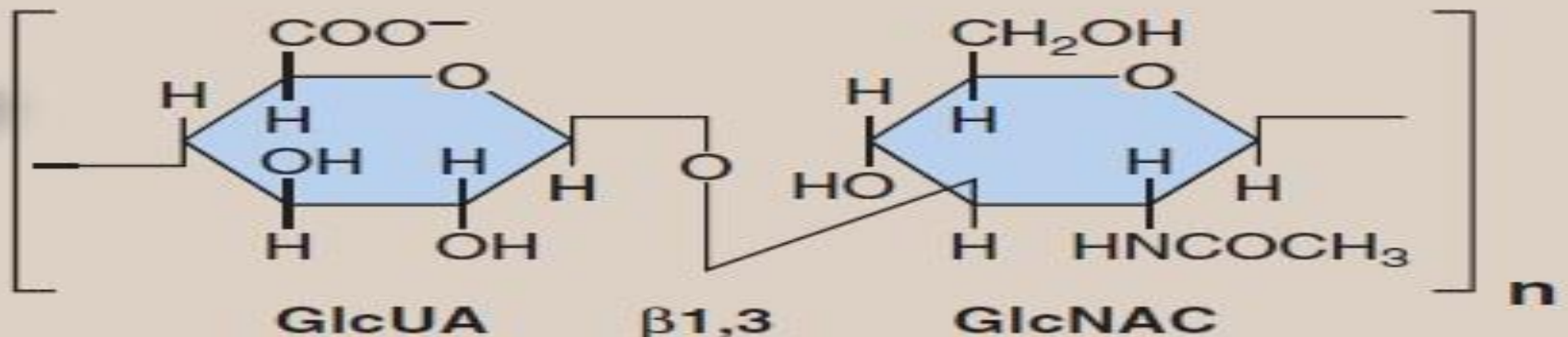
## EXEMPLES DE GAG



# Les principaux Polyosides Hétérogènes

## Exemple de GAG : L'acide hyaluronique

- C'est le plus simple des glycosaminoglycanes.
- Il est présent dans l'humeur vitrée et dans les articulations où il a un rôle de lubrifiant.
- Il est constitué de motifs disaccharidiques répétés  $n$  fois : [Acide  $\beta$ -D-Glucuronique + N-acétyl D-glucosamine] $n$  = GlcNAc ( $\beta$  1-4) GlcUA ( $\beta$  1-3)



## V- Etude des Hétérosides

### V-1- Définition

- ❑ Les hétérosides résultent de la combinaison d'une ou plusieurs molécules d'**oses** avec une fraction non glucidique appelée: **aglycone** ou **génine**.
- ❑ La liaison se fait le plus souvent au niveau de la fonction hémiacétale.

# V- Etude des Hétérosides

## V-2- Classification

- L'aglycone peut être de nature **lipidique**, **protéique** ou une **base azotée** (acide nucléique).
- En fonction du type de liaison sucre-aglycone, on distingue:
  - Les **O-hétérosides** : par condensation avec un groupement alcoolique ou phénolique (OH)
  - Les **S-hétérosides** : par condensation avec un groupement thiol (SH)
  - Les **N-hétérosides** : par condensation avec un groupement aminé (NH<sub>2</sub>)

# V- Etude des Hétérosides

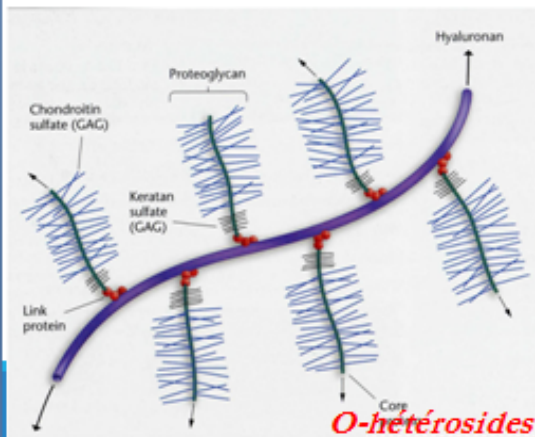
## V-2- Classification

### Glucides + Protéines

#### PROTEOGLYCANES

GAG associés à une protéine

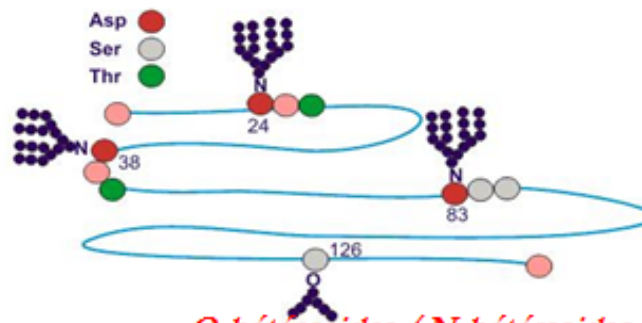
Glucides : 50 - 95%



#### GLYCOPROTEINES

Protéines sur lesquelles sont greffées des chaînes glucidiques courtes

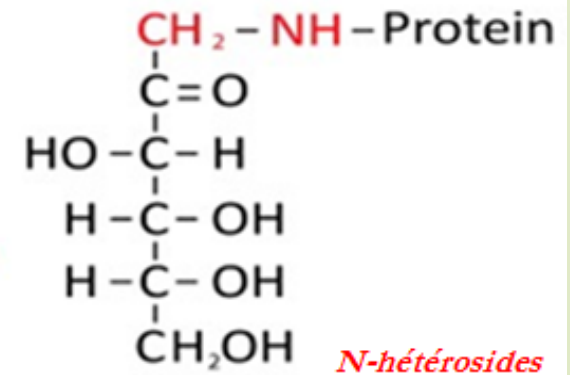
Glucides : 05 - 40 %



#### PROTEINES GLYQUEES

Produits de la fixation d'un ose sur une protéine

Hémoglobine glyquée





# V- Etude des Hétérosides

## V-2- Classification

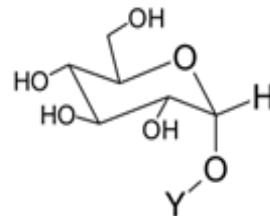
### Hétérosides

Glucides + Lipides



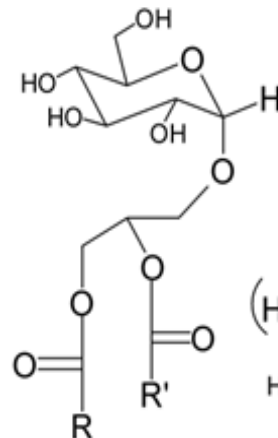
GLYCOLIPIDES

Glycolipide

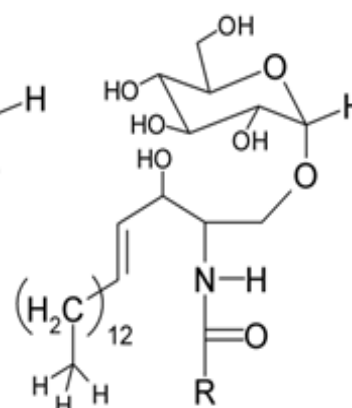


Y = Lipid-Rest

Glycero-Glycolipide



Sphingo-Glycolipide



*O-hétérosides*



# V- Etude des Hétérosides

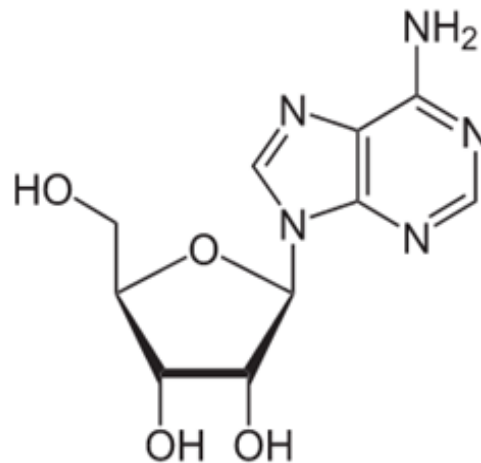
## V-2- Classification

GLYCOSYLAMINES

Glucides + Base nucléiques



NUCLEOSIDES



Adénosine

*N-hétérosides*

# V- Etude des Hétérosides

## V-3- Rôle biologique

Les fractions glucidiques des hétérosides permettent :

- **La reconnaissance** spécifique par d'autres protéines comme les lectines
- **L'interaction** cellule-cellule : contact, transfert d'information,...
- **La protection** des protéines contre les protéases
- **La spécificité des groupes sanguins** (glycoprotéines des globules rouges)