

Les Glucides

Les Glucides

❖ 1- Définition, Calcification, Rôles;

❖ 2- Les monosaccharides;

- 2.1 Définition
- 2.2 Classification
- 2.3 Le système D et L
- 2.4 La stéréo-isomérie des oses
- 2.5 La cyclisation
- 2.6 Pouvoir rotatoire des monosaccharides
- 2.6 Propriétés chimiques des monosaccharides

❖ 3- Les disaccharides ;

- 3.1 Saccharose
- 3.2 Maltose
- 3.3 Lactose

❖ 4- Les polysaccharides ;

- 4.1 L'amidon
- 4.2 Le glycogène
- 4.3 La cellulose
- 4.4 La chitine

❖ 5- METABOLIMSE DES GLUCIDES

- 5.1 La Glycolyse
- 5.2 LA Néoglucogenèse
- 5.3 LE CYCLE DE KREBS

GLUCIDES

1-Définition, Calcification, Rôles

1.1 Définition

Les **glucides** appelés aussi les **saccharides** ou les **sucres**, ou **hydrates de carbone**, sont les composés organiques les plus abondants sur la terre, ils sont formés par les organismes photosynthétiques (les plantes vertes, les algues et certaines bactéries) ; qui grâce à la photosynthèse, ils peuvent utiliser l'énergie lumineuse pour transformer le CO_2 en glucides, ces derniers sont ainsi utilisés comme des précurseurs à la biosynthèse des lipides, des protéines et des acides nucléiques.

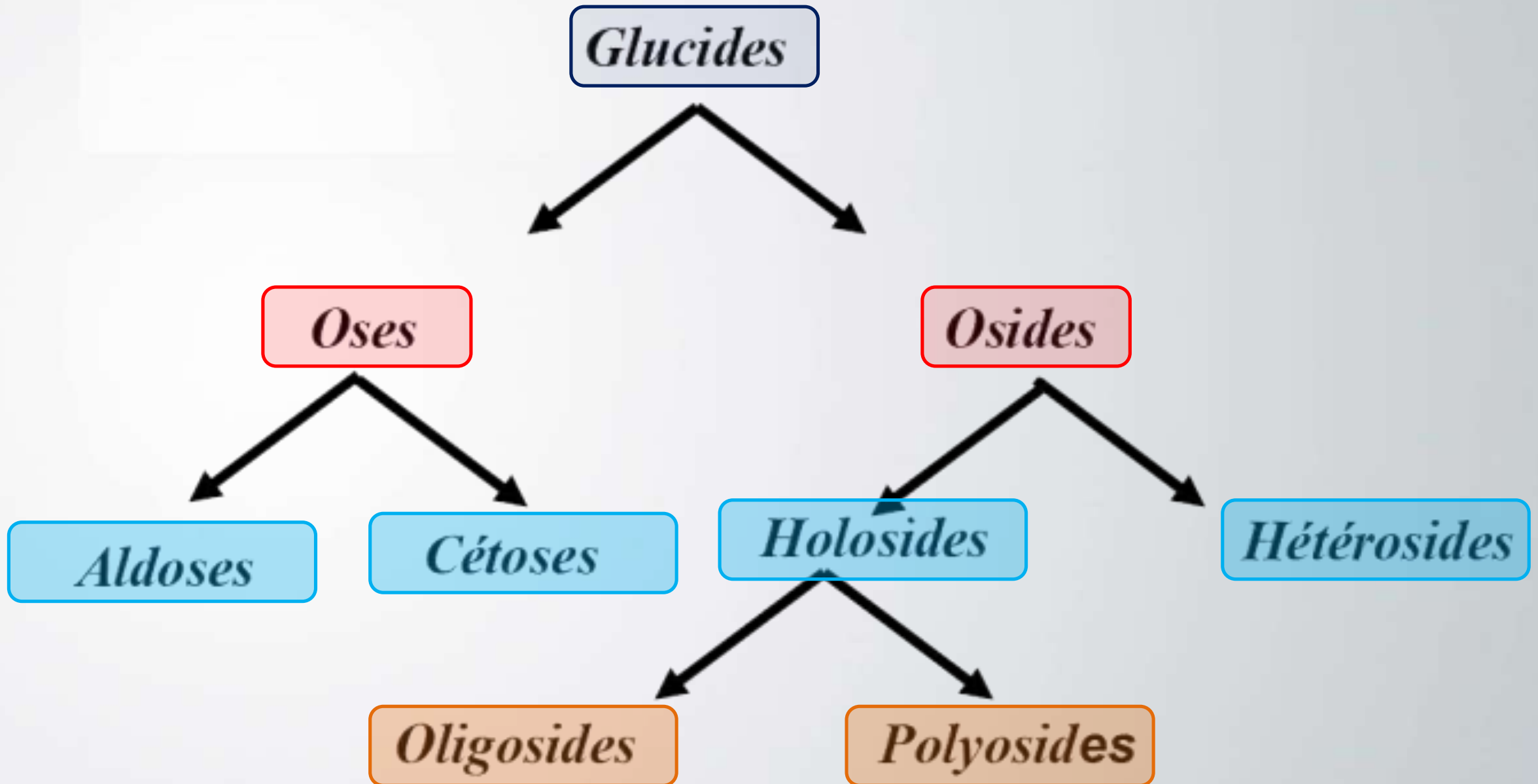
1.2 Classification

Les glucides sont classés en trois groupes :

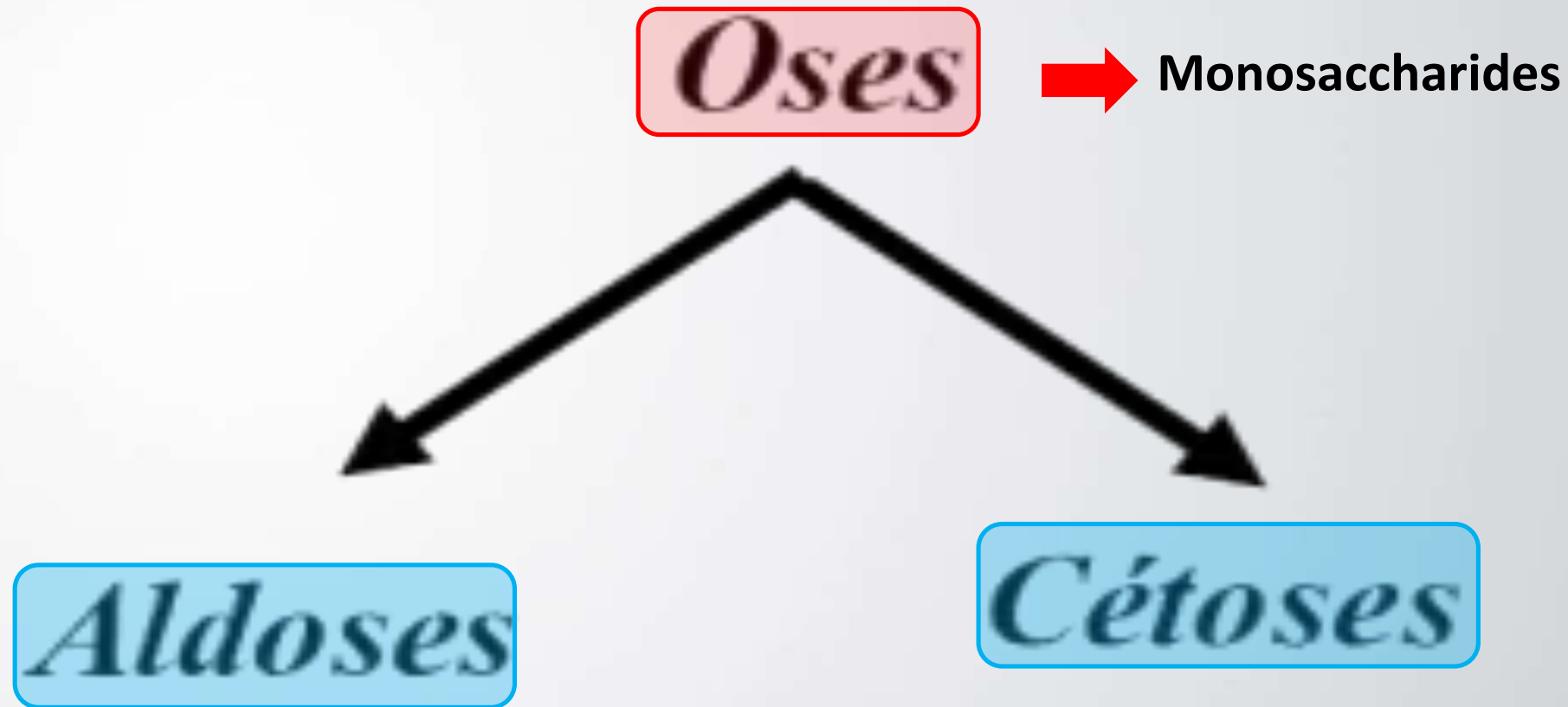
✓ 1^{er} Classification

- ❖ **Monosaccharides** : ce sont les sucres les plus simples, composés **d'une seule unité**, et ne peuvent pas être dégradés en molécules plus petites.
- ❖ **Oligosaccharides** : ce sont des sucres formés par l'union de plusieurs monosaccharides (entre 2 et 10).
- ❖ **Polysaccharides** : ce sont des sucres formés par l'union de plusieurs monosaccharides, qui peuvent atteindre des centaines ou des milliers.

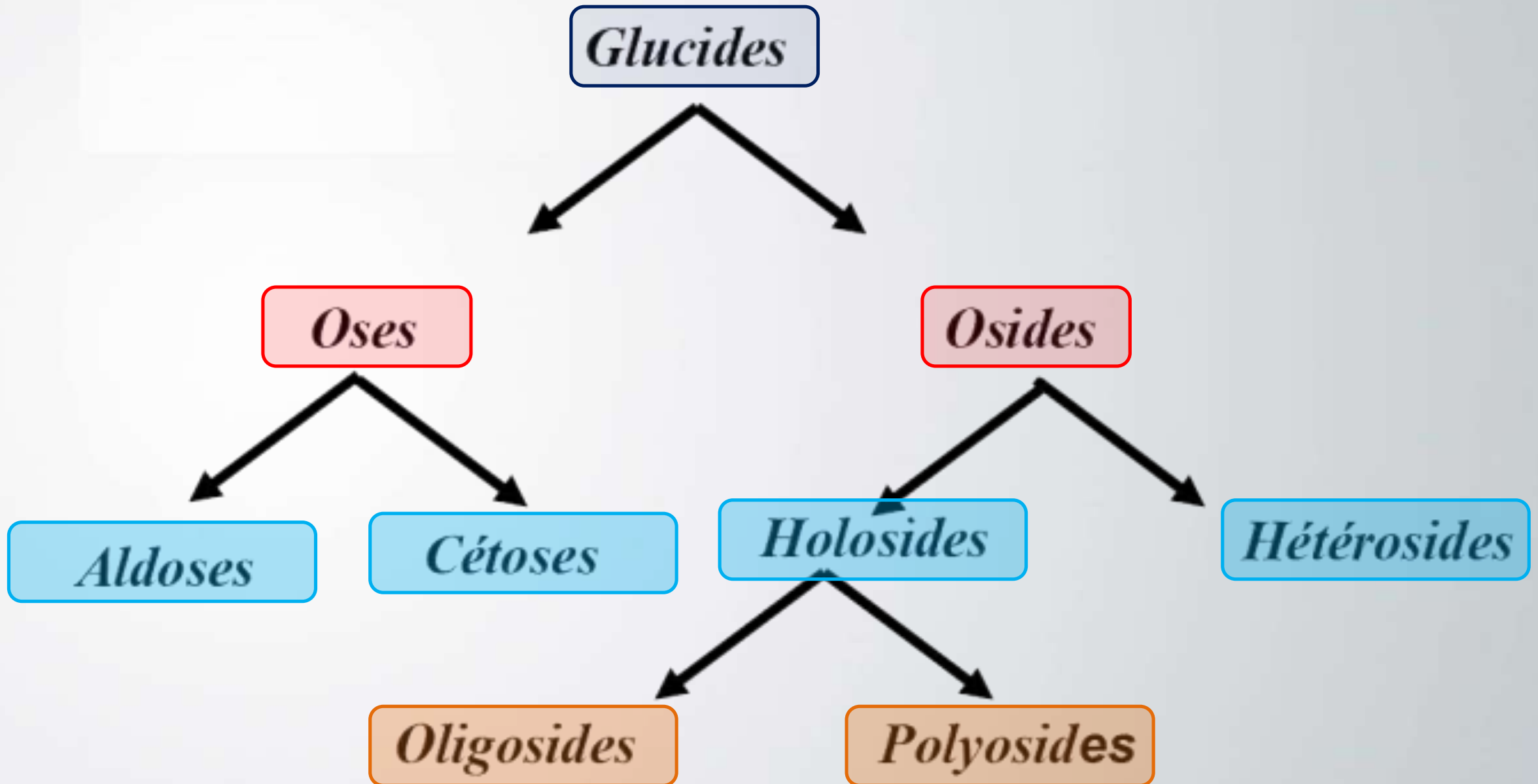
✓ 2^{em} Classification

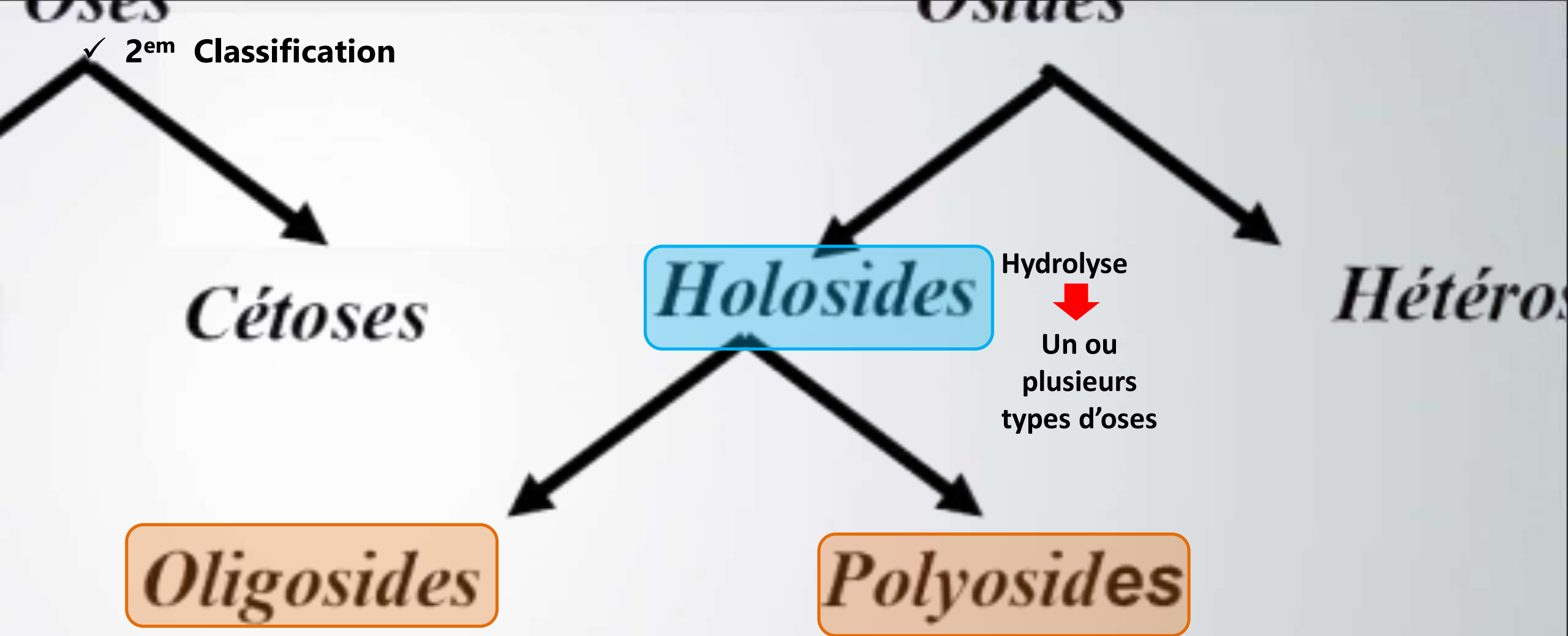


✓ 2^{em} Classification



✓ 2^{em} Classification





Aldoses

Cétooses

Holoside

Oligosides

Poly

$$2 \leq X \leq 10$$

X = 2 : Diholoside

X = 3 : Triholoside

X = 4 : Tetroholoside

....Ect

✓ 2^{em} Classification

Holosides

Hétérosides



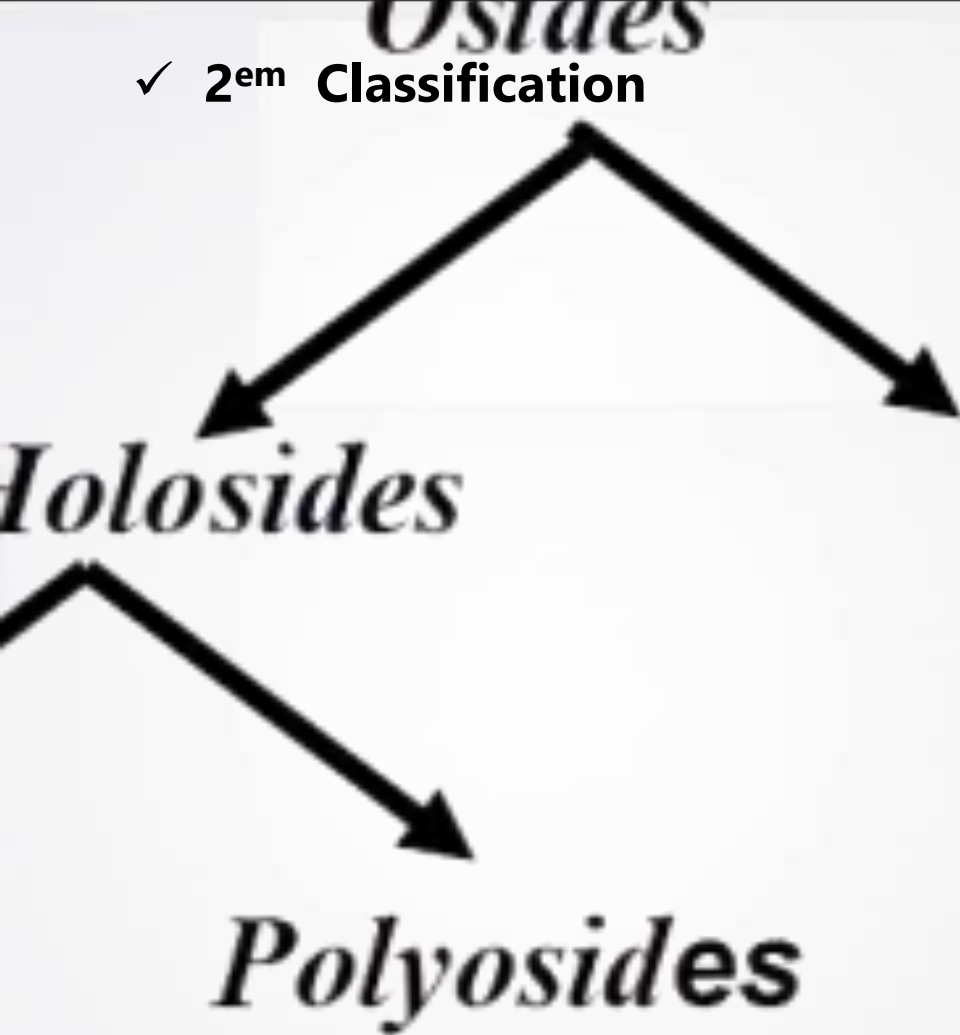
Polyosides

$X > 10$

❖ **Homo**PolyOsides (Un seul types d'ose)

❖ **Hétéro**PolyOsides (Plusieurs types d'ose)

✓ 2^{em} Classification



Hétérosides

- ❖ O- Hétérosides
- ❖ N- Hétérosides
- ❖ S- Hétérosides

Hydrolyse



Fraction
Glucidique

+

Fraction non
Glucidique



Aglycones

Protéine

Lipide

Autre...

1.3 Rôle

Les glucides sont des molécules de grande importance pour le maintien de la vie, ils jouent ainsi les rôles suivants :

❖ Les glucides représentent une réserve d'énergie

L'**amidon** et le **glycogène** sont des sucres trouvés dans les plantes et chez les animaux respectivement, et ils constituent une réserve d'énergie incontournable à la vie, en fait la dégradation de ces molécules fournit du glucose, un monosaccharide qui est oxydé dans la cellule pour donner de l'énergie sous forme **d'adénosine triphosphates (ATP)**.

❖ Les glucides jouent un rôle structural

- La cellulose, la chitine, et les osamines sont des sucres qui jouent un rôle important dans le maintien de la structure des parois des végétaux, des insectes et des bactéries respectivement.
- Le ribose et le désoxyribose sont des éléments structuraux importants des acides nucléiques.

- ❖ **Les glucides assurent la reconnaissance entre les cellules et entre les cellules et les molécules** : Les sucres qui sont liés à des lipides pour former les **glycolipides** ou à des protéines pour former les **glycoprotéines**, jouent un rôle dans les **interactions moléculaires** (communication, adhésion).

2 Les monosaccharides

2.1 Définition

Un monosaccharide est appelé aussi un **ose** ou un **sucresimple**, c'est une molécule qui porte à la fois une **fonction carbonyle** qui peut être un **aldéhyde** ou une **cétone**, et plusieurs **fonctions hydroxyles** (**fonction alcool**) (au moins 2), ce sont ainsi des **polyhydroxyaldéhydes** ou des **polyhydroxycétones**.

Les monosaccharides les plus simples sont ceux qui ont trois atomes de carbones, ce sont le **D** ou **L- glycéraldéhyde**, et la **dihydroxyacétone** (Figure 1).

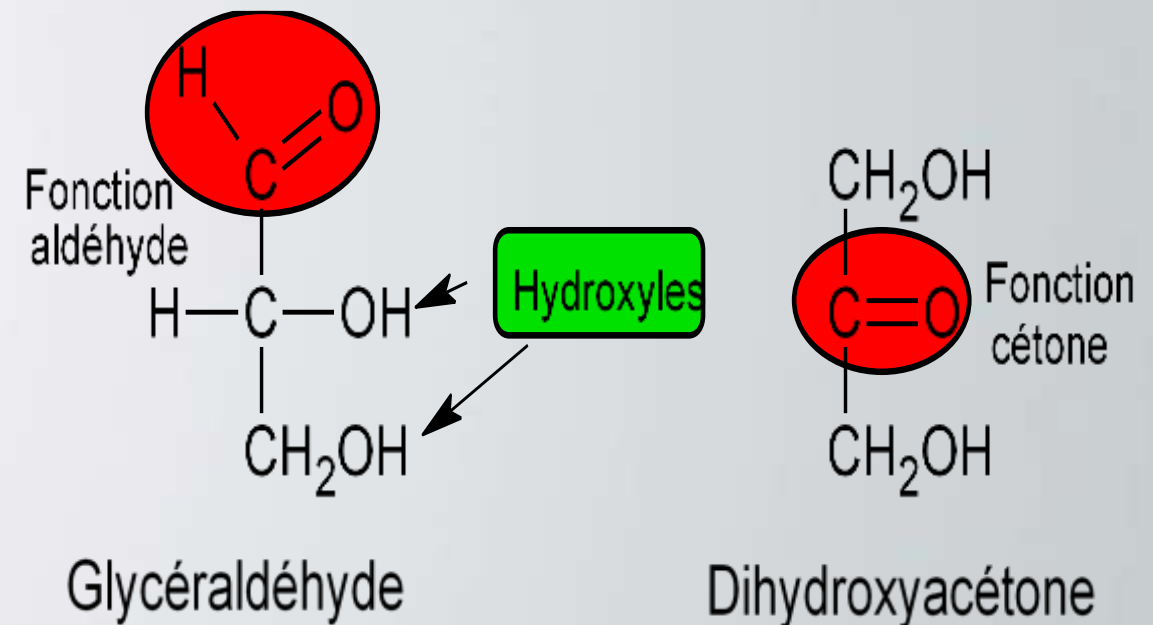
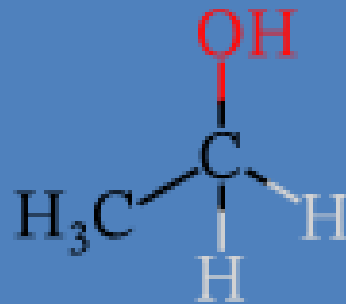


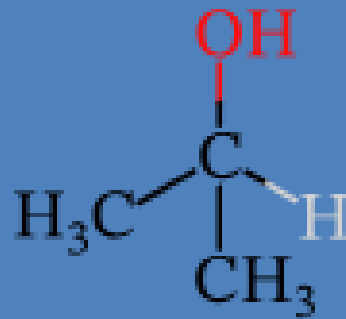
Figure 1: Structures des monosaccharides les plus simples.

c'est-à- dire des molécules caractérisées par :

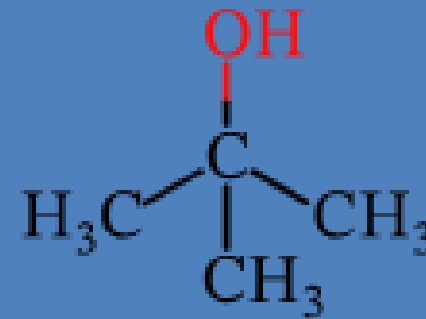
- une chaîne carbonée non ramifiée,
- une fonction aldéhyde ou cétone,
- une fonctions hydroxyles (fonction alcool) (primaire ou secondaire), sur tous les autres C.



Alcool primaire



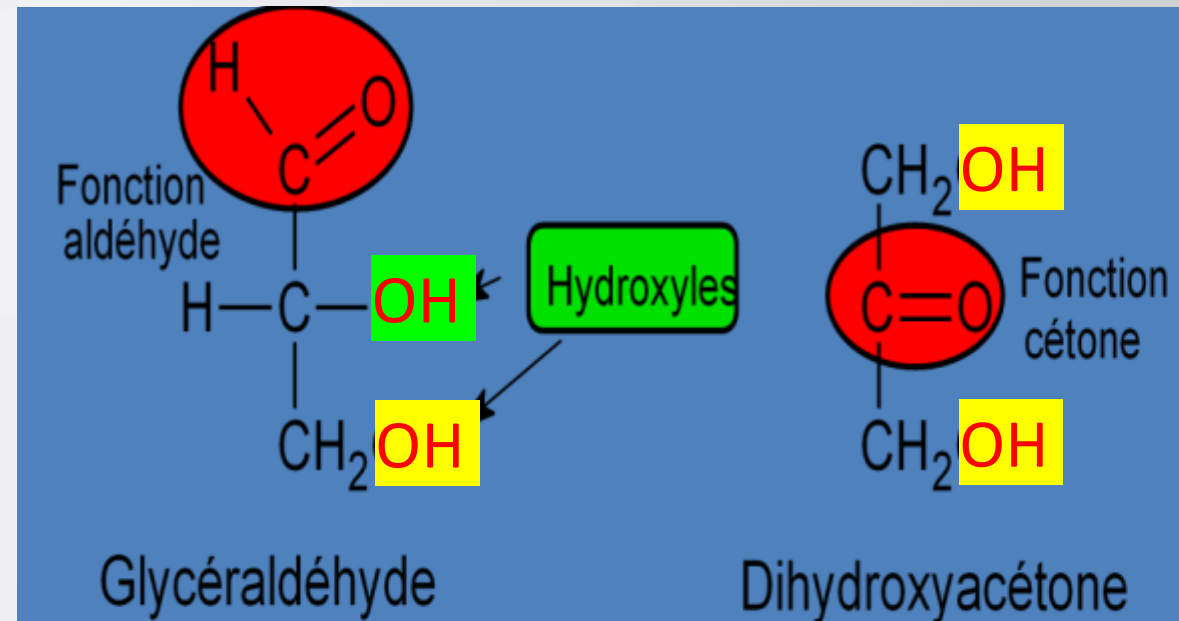
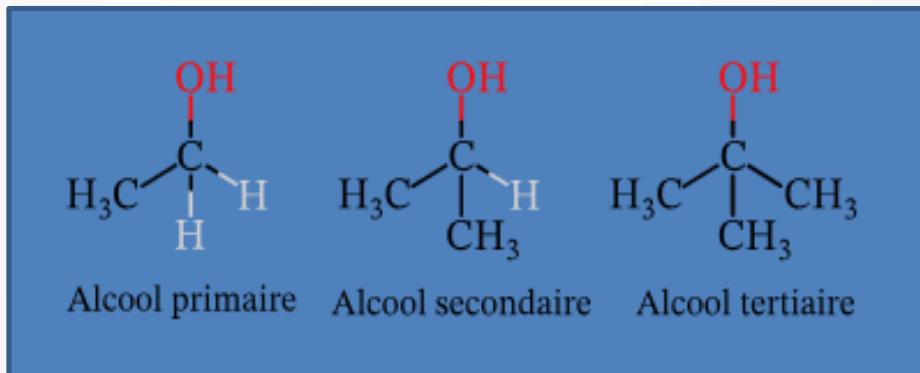
Alcool secondaire



Alcool tertiaire

c'est-à-dire des molécules caractérisées par :

- une chaîne carbonée non ramifiée,
- une fonction aldéhyde ou cétone,
- une fonctions hydroxyles (fonction alcool) (primaire ou secondaire), sur tous les autres C.



fonctions hydroxyles primaire

fonctions hydroxyles secondaire

GLUCIDES

Monosaccharides

c'est-à- dire des molécules caractérisées par :

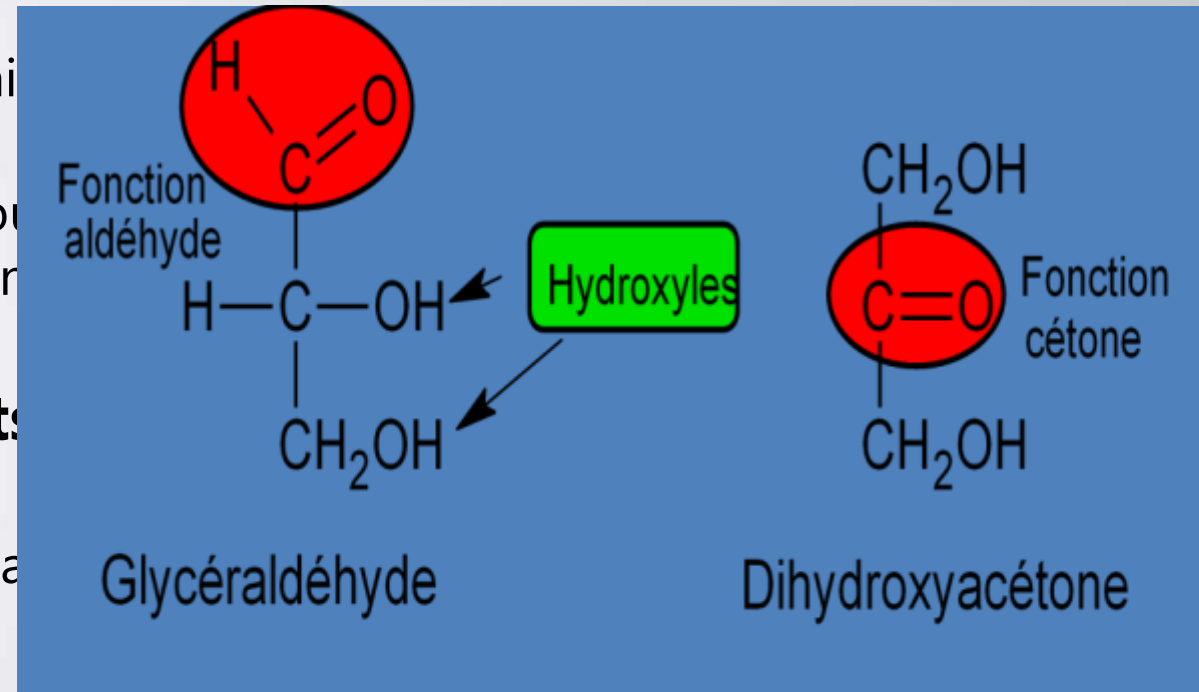
- une chaîne carbonée non ramifiée,
- une fonction aldéhyde ou cétone,
- une fonctions hydroxyles (fonction alcool) (primaire)

A cause de la présence de cette fonction **aldéhyde** ou **cétone**, on leur attribue le **pouvoir réducteur**, et d'ailleurs on les appelle les **oses**.

ose → **produit**

Les oses qui possèdent une fonction **aldéhyde** sont appelés des **aldoses**.
Les oses qui possèdent une fonction **cétone** sont appelés des **cétoses**.

❑ Formule brute : $C_nH_{2n}O_n$ → $C_3H_6O_3$



c'est-à- dire des molécules caractérisées par :

- une chaîne carbonée non ramifiée,
- une fonction aldéhyde ou cétone,
- une fonctions hydroxyles (fonction alcool) (primaire ou secondaire), sur tous les autres C.

A cause de la présence de cette fonction **aldéhyde** ou **cétone**, tous les oses présenteront donc un **pouvoir réducteur**, et d'ailleurs on les appelle les fonctions réductrices:

ose \longrightarrow **produits d'oxydation + n e-**

Les oses qui possèdent une fonction **aldéhyde** sont appelés des **aldoses** et ceux qui possèdent une fonction **cétone** sont appelés des **cétoses**.

❑ **Formule brute** : **C_nH_{2n}O_n** \longrightarrow **C₃H₆O₃**

❑ **Formules générales** : **CHO** — (CHOH)_{n-2} — CH₂OH \longrightarrow **Aldose**

CH₂OH — **CO** — (CHOH)_{n-3} — CH₂OH \longrightarrow **Cétose**

2.2 Classification

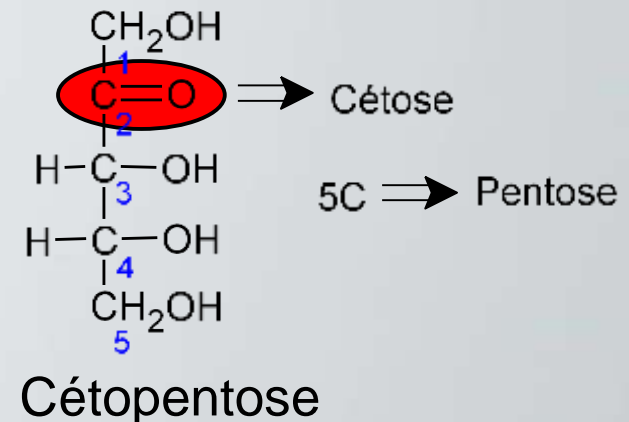
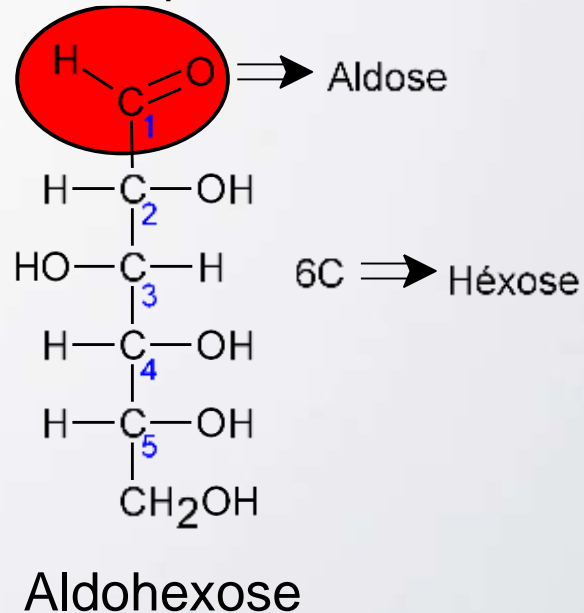
Les monosaccharides peuvent être classés selon deux critères :

❖ **La nature de la fonction carbonyle** : Si le monosaccharide porte une **fonction aldéhydrique**, il est appelé **un aldose**, et s'il porte une **fonction cétonique**, il est appelé **un cétose**.

❖ **Le nombre d'atome de carbone**. Si le monosaccharide contient trois atomes de carbone, il est appelé triose, s'il en contient quatre il est appelé tétrorse, cinq ; pentose, six ; hexose...

➤ La combinaison de ces deux critères nous donne un aldotriose, cétotriose, aldotétrorse, cétotétrorse, et ainsi de suite, la figure 2, donne l'exemple d'un **aldohexose** et un **cétopentose**.

Critères pour la classification
des oses (la représentation linéaire
ou plaine de **Fischer**)



Récapitulatif de la classification des oses (des monosaccharides)

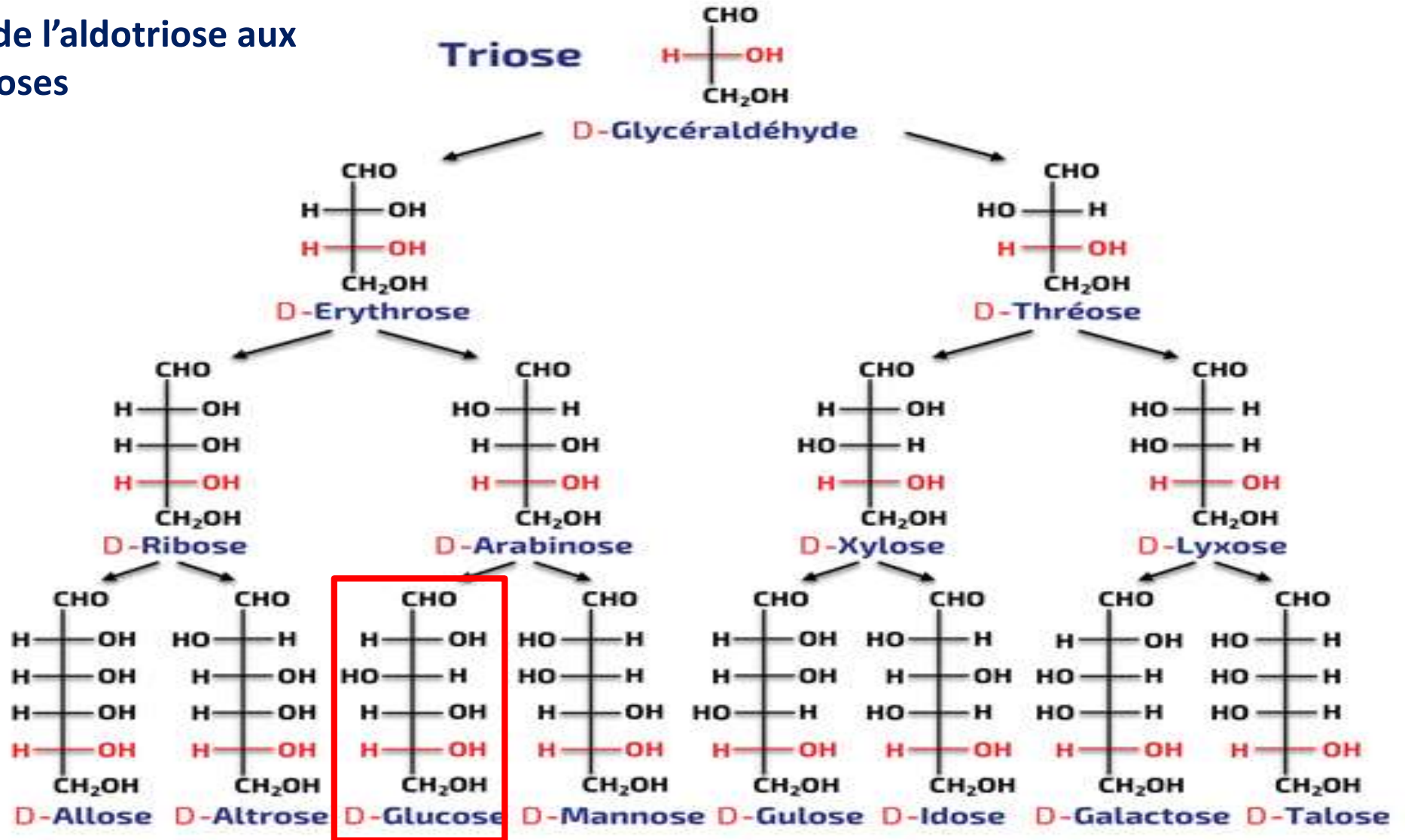
Nombre de carbone	Fonction aldéhyde CHO	Fonction cétone $=C=O$
3	aldotriose	cétotriose
4	aldotétrose	cétotétrose
5	Aldopentose	cétopentose
6	Aldohexose	cétohexose
7	aldoheptose	cétoheptose

Filiation de la série D de l'aldotriose aux aldohexoses

Tétroses
 $2^{4-2} = 4$ stéréoisomères
 (2 série D + 2 série L)

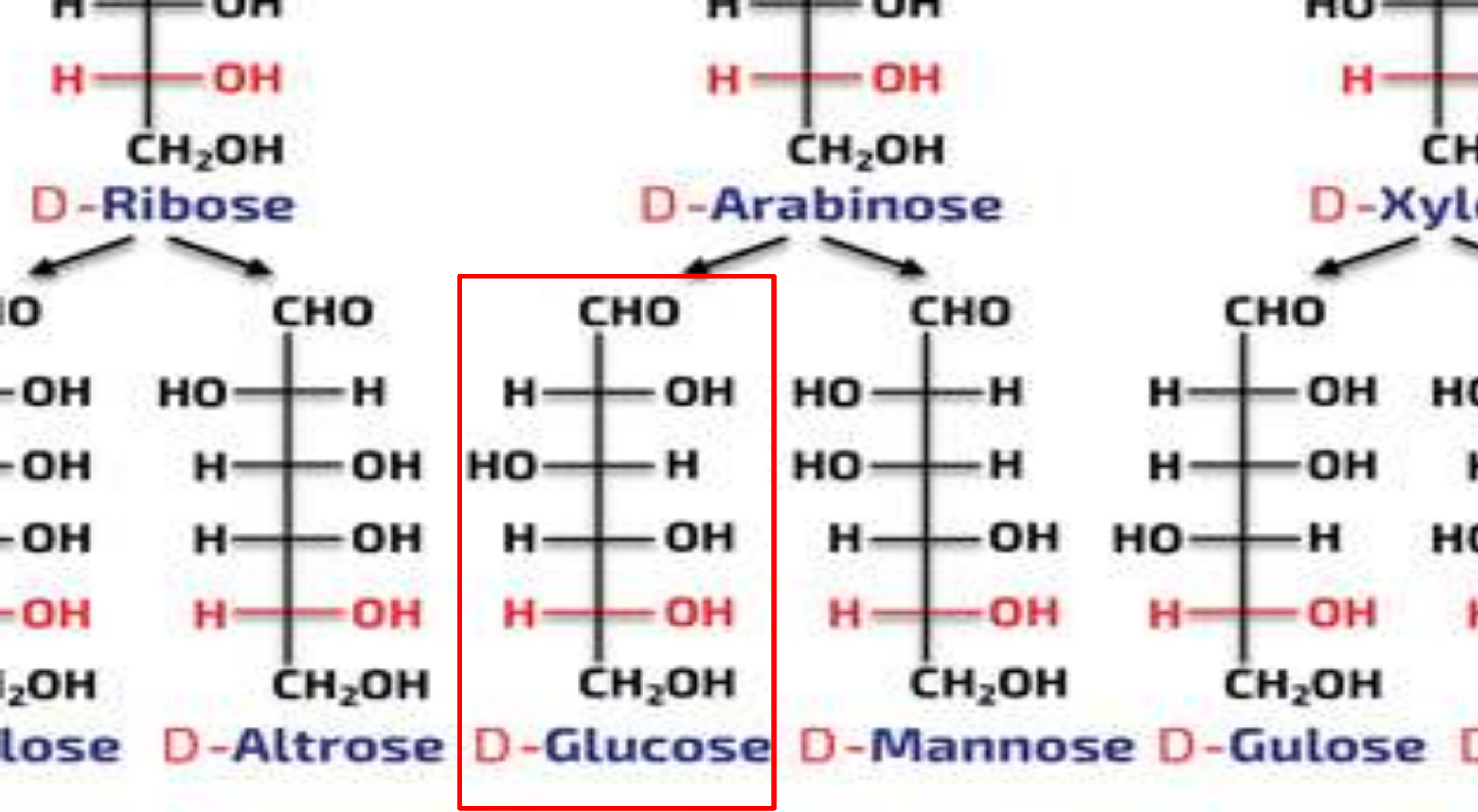
Pentoses
 $2^{5-2} = 8$ stéréoisomères
 (4 série D + 4 série L)

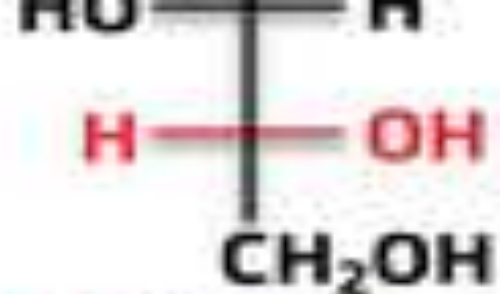
Hexoses
 $2^{6-2} = 16$ stéréoisomères
 (8 série D + 8 série L)



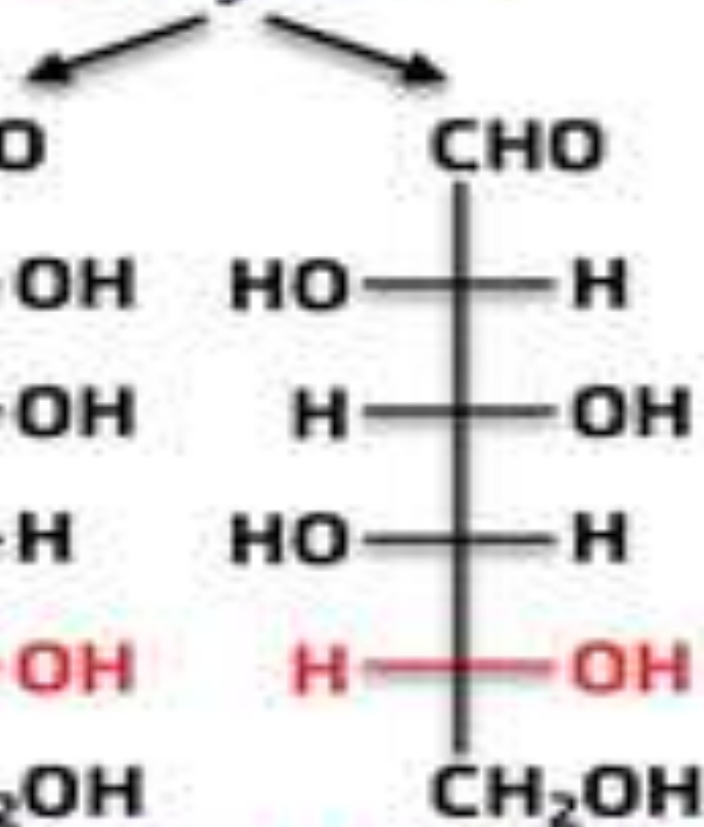
Structure des principaux D-aldoses.

(D'après Metzeler, D.E. Biochemistry: The chemical reactions of living cells, 2003).

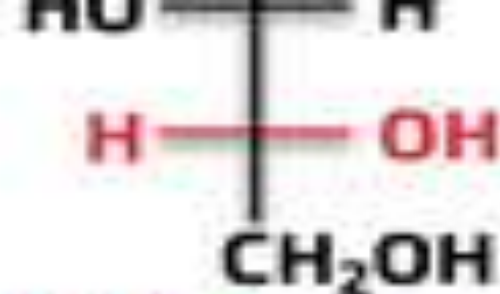




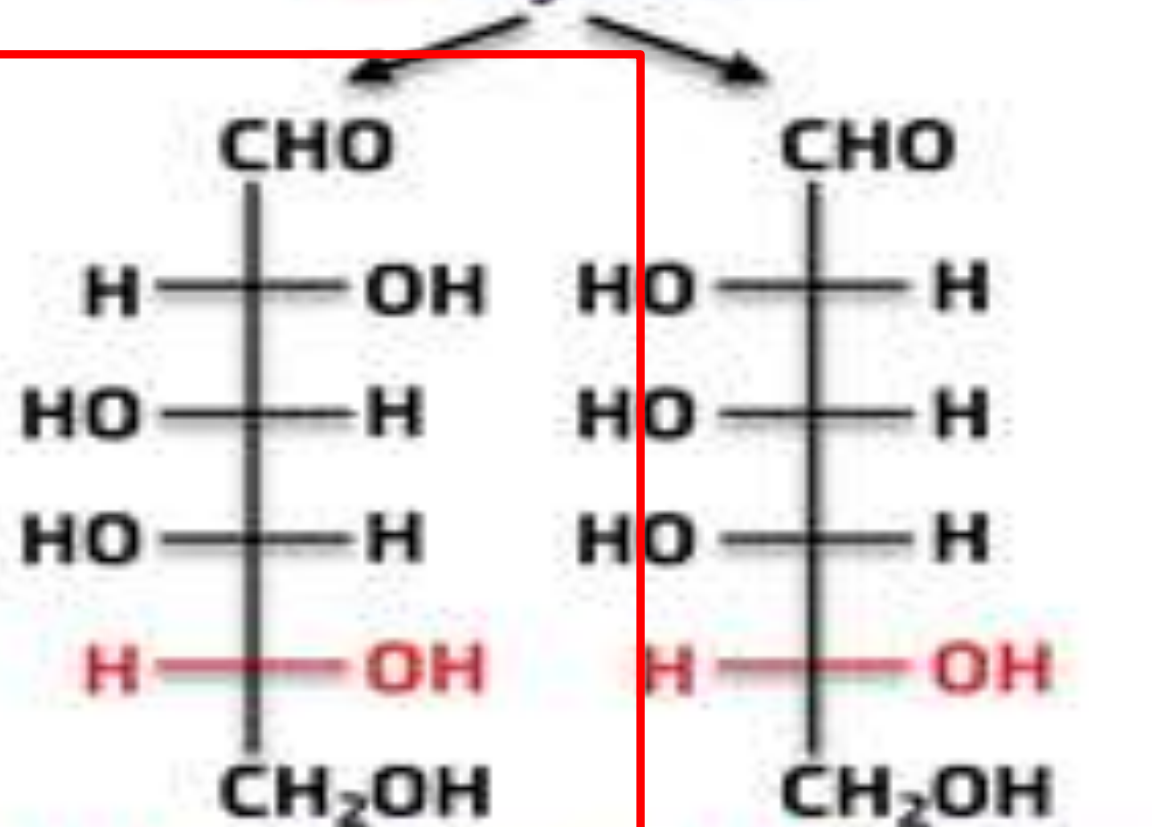
D-Xylose



D-Gulose **D-Idose**



D-Lyxose



D-Galactose **D-Talose**

Filiation de la série D de l'cétotriose aux cétohexoses

Tétroses

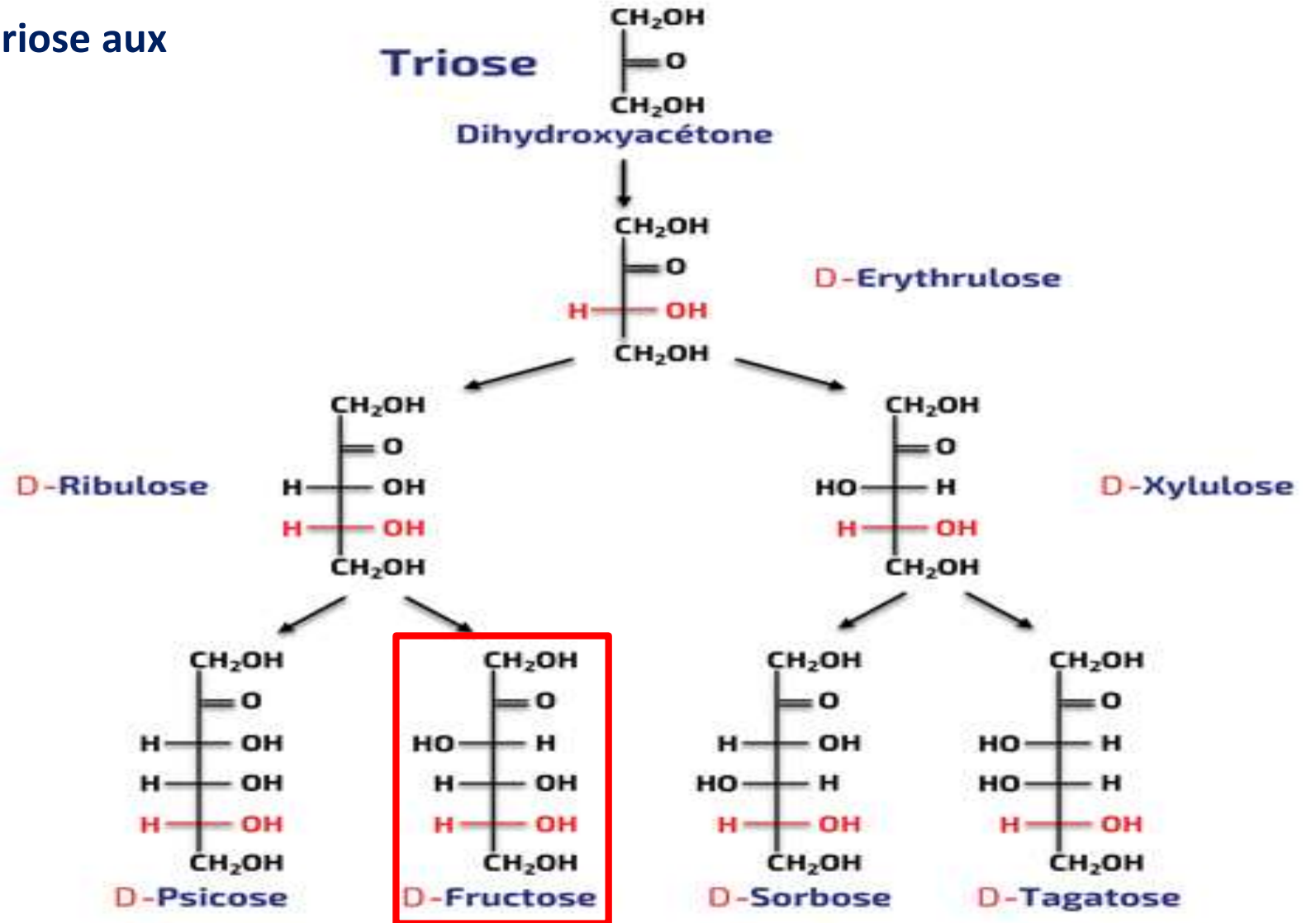
$2^{4-3} = 2$ stéréoisomères
(1 série D + 1 série L)

Pentoses

$2^{5-3} = 4$ stéréoisomères
(2 série D + 2 série L)

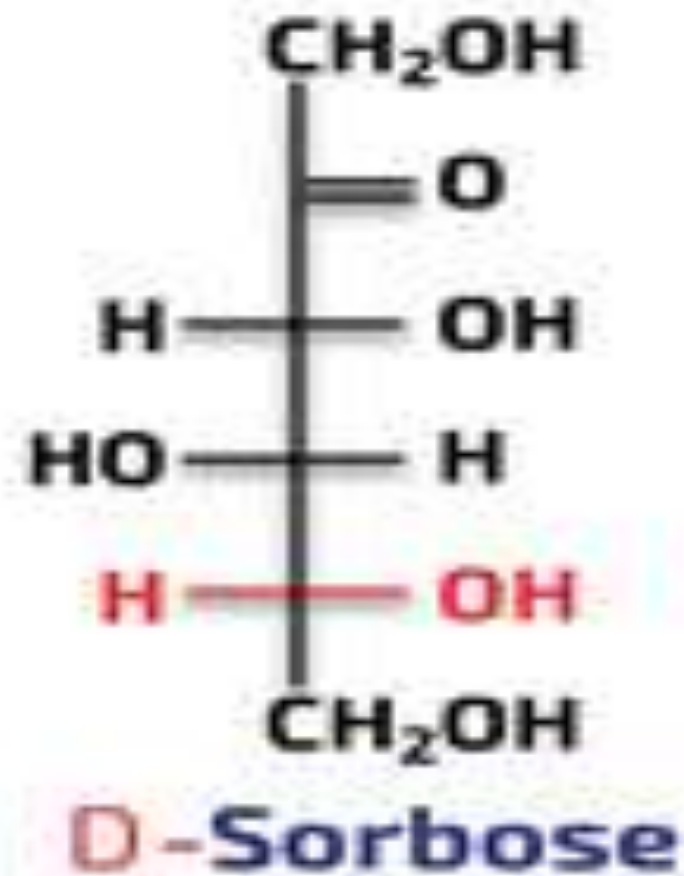
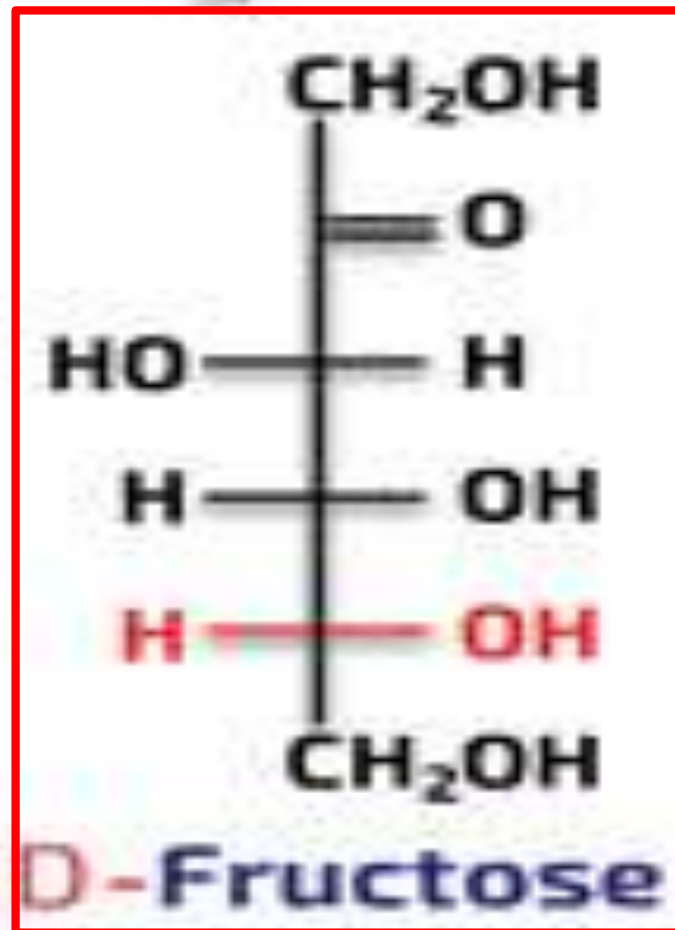
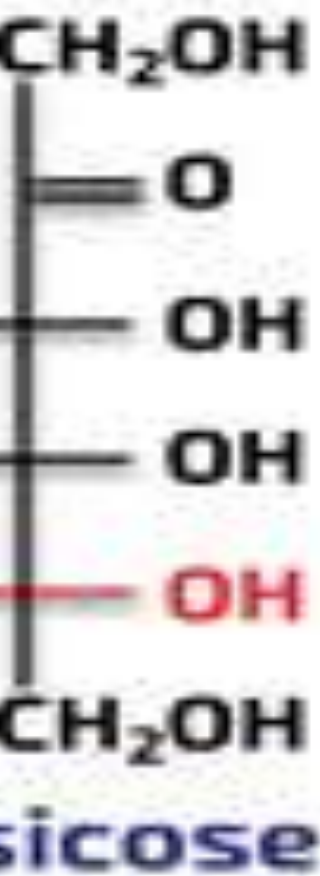
Hexoses

$2^{6-3} = 8$ stéréoisomères
(4 série D + 4 série L)



Structure des principaux D-cétooses.

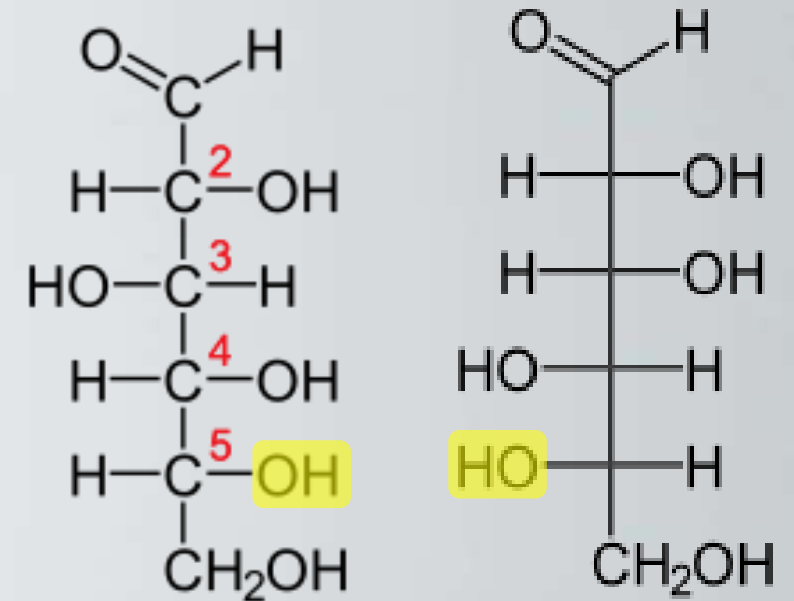
(D'après Metzeler, D.E. Biochemistry: The chemical reactions of living cells, 2003).



2.3 Le système D et L

L'appartenance à la série D ou L est déterminée dans la structure linéaire de Fischer par la configuration de **l'hydroxyle alcoolique secondaire** porté par le **carbone asymétrique le plus éloigné de la fonction carbonyle (la fonction la plus oxydée)**, c'est-à-dire le carbone préterminal (C_{n-1}), dans le cas où cet OH est situé à droite de la chaîne carbonée, la série est dite **D**, dans le cas contraire elle est dite **L**.

⚠ Remarque: La majorité des monosaccharides naturels appartiennent à la série D, mais il y a des exceptions ; **L- arabinose** et **L-fucose** existent naturellement.



D- Glucose

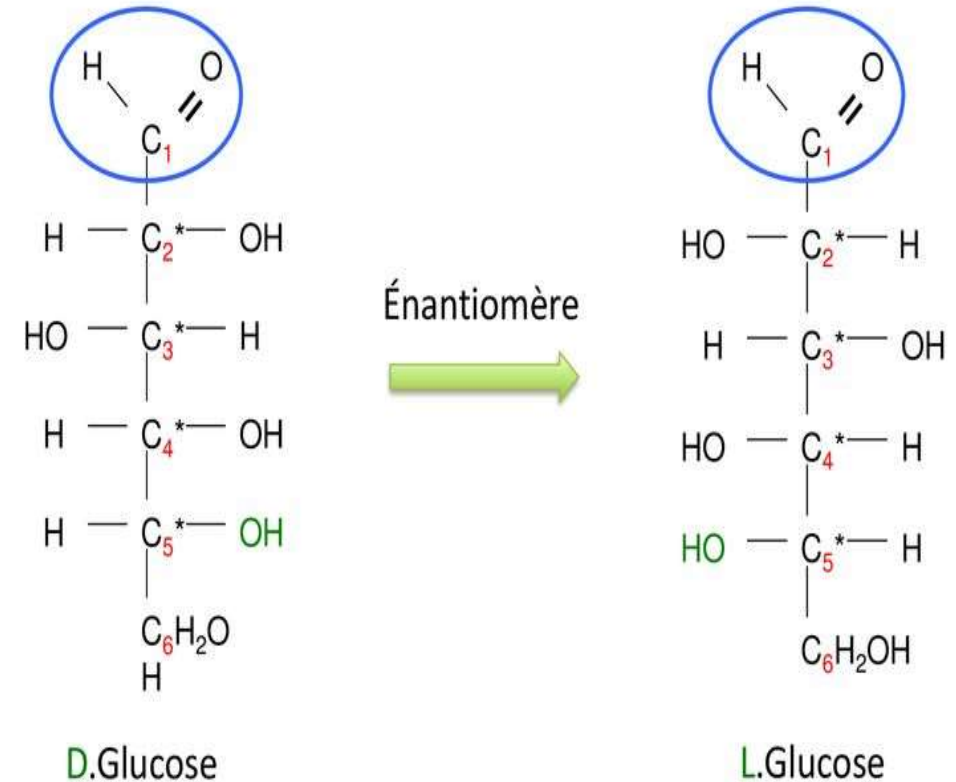
L- Mannose

Détermination de la série D ou L d'un ose.

2.4 La stéréo-isomérisie

Tous les **oses**, sauf la **dihydroxyacétone**, existent sous forme de stéréo-isomères. Les **stéréo-isomères** sont des molécules qui **ont la même formule brute, la même formule développée plane**, mais **un arrangement spatial différent**. On distingue les **énantiomères** et les **diastéré-isomères**.

❖ **Les énantiomères** : Ce sont deux molécules image l'une de l'autre dans un miroir, et qui sont non superposables. Les énantiomères ont les mêmes propriétés physico-chimiques, mais leurs **pouvoirs rotatoires sont différents** (égaux en valeur absolue, mais de signes opposés), les énantiomères sont appelés aussi des **isomères optiques**.

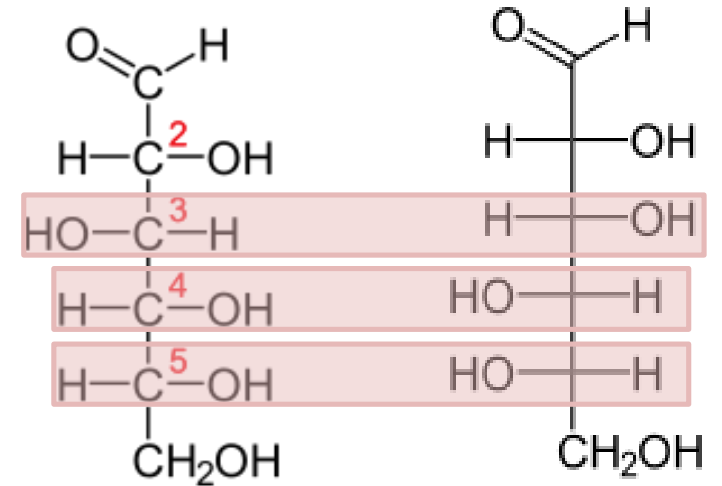


Famille : Aldo**hexose**

- ❖ **Les diastéréo-isomères** : Ce sont tous les stéréo-isomères qui ne sont pas des énantiomères, c'est-à-dire qui ne sont pas images miroir.

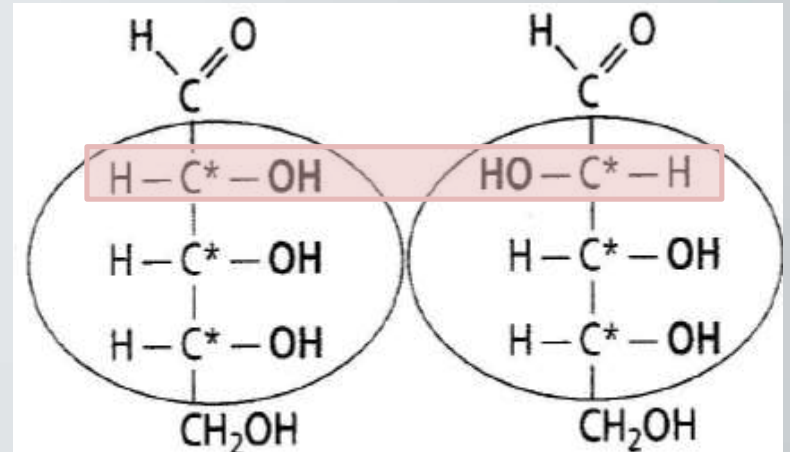
C* (**Carbone asymétrique**) est un carbone qui possède **4 substituants différents**, on l'appelle aussi un **centre chiral**.

- ❖ **Les épimères** : ce sont des **diastéréo-isomères** qui se différencient que par la configuration de l'hydroxyle d'un seul **carbone asymétrique**. par exemple Le D-ribose le D-arabinose (épimère en C2).



D-Glucose

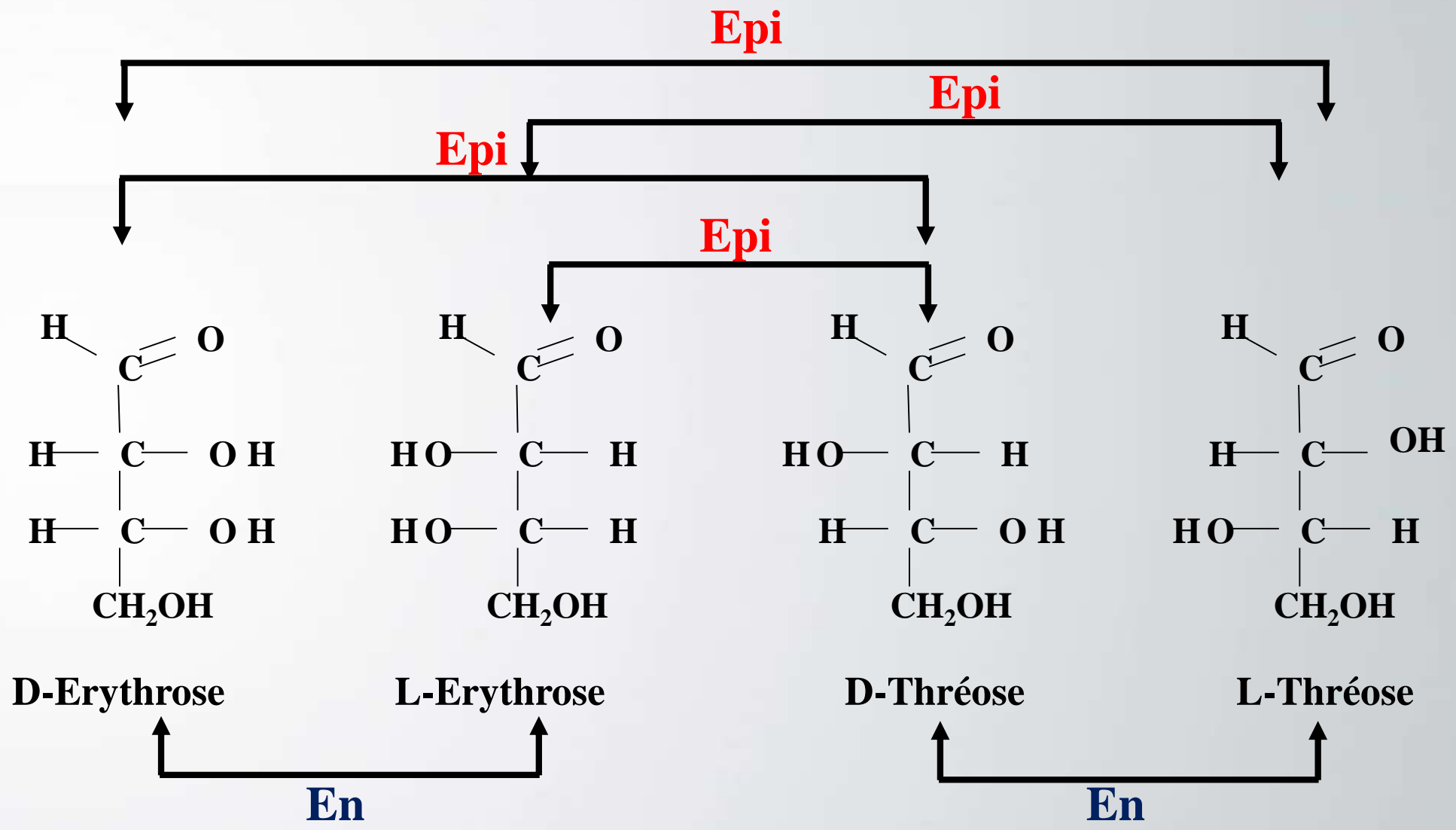
L-Mannose



D-ribose

D-arabinose

Epi : **Epimères**
En : **Enantiomères**



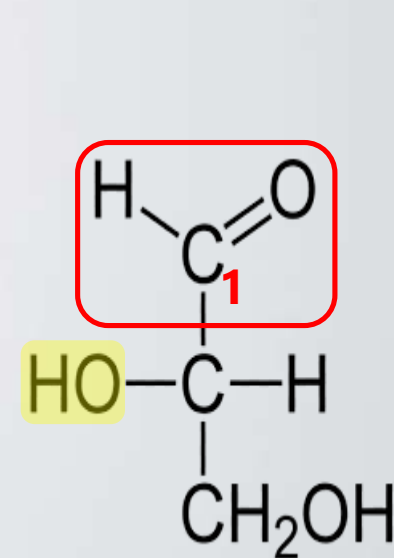
Filiation des oses (Synthèse cyanhydrique de (KILIANI-FISCHER)



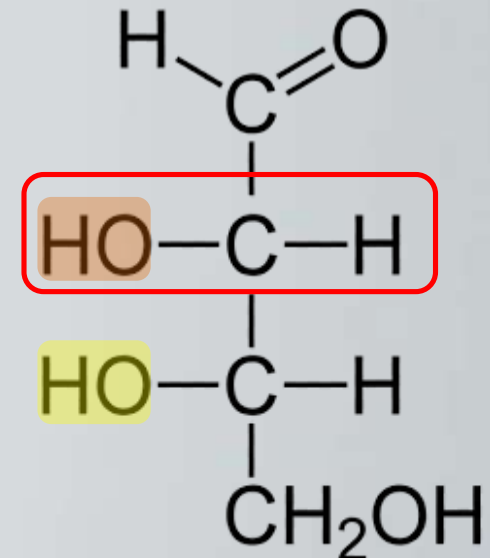
Régule générale: pour n C* (n atomes de carbone asymétriques), il existe 2^n stéréo-isomères différents, la moitié en configuration **D**, l'autre moitié en configuration **L** et 2^{n-1} couples **énantiomères**.

Dans le cas d'un **Cétose** à n C, on obtient 2^{n-3} stéréoisomères.

- ❖ Selon la voie de synthèse de KILIANI-FISCHER, à partir du glycéraldéhyde (D ou L), on peut augmenter le nombre d'atomes de carbone de la chaîne, en allongeant par son extrémité C1 portant la fonction aldéhyde;
- ❖ Ce nouveau C porte une fonction alcool secondaire (groupe H-C-OH) donc un C* supplémentaire;
- ❖ on passe du triose au tétrose, puis au pentose et enfin à l'hexose;
- ❖ On obtient : 2 tétroses, 4 pentoses et 8 hexoses;
- ❖ A chaque addition, il existe 2 possibilités : le groupement hydroxyle de nouveau C* peut se positionner à droite ou à gauche de l'axe de la chaîne carbonée;



L-glycéraldéhyde



L-Thréose

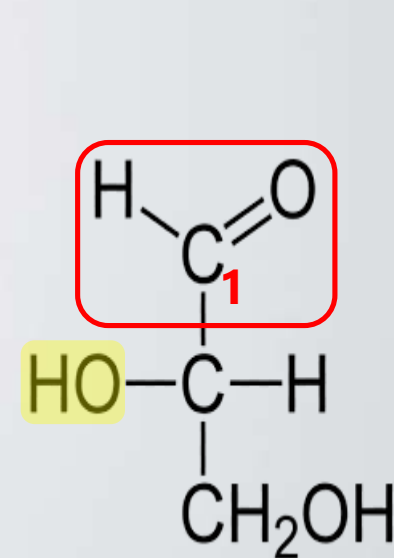
Filiation des oses (Synthèse cyanhydrique de (KILIANI-FISCHER)



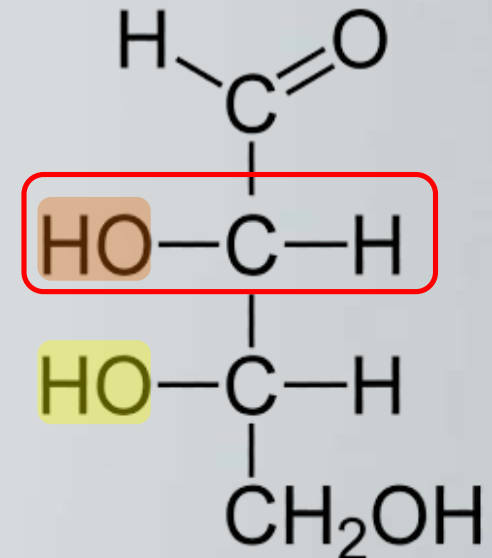
Règle générale: pour n C* (n atomes de carbone asymétriques), il existe 2^n stéréo-isomères différents, la moitié en configuration **D**, l'autre moitié en configuration **L** et 2^{n-1} couples **énantiomères**.

Dans le cas d'un **Cétose** à n C, on obtient 2^{n-3} stéréoisomères.

- ❖ Selon la voie de synthèse de KILIANI-FISCHER, à partir du glycéraldéhyde (D ou L), on peut augmenter le nombre d'atomes de carbone de la chaîne, en allongeant par son extrémité C1 portant la fonction aldéhyde;
- ❖ Ce nouveau C porte une fonction alcool secondaire (groupe H-C-OH) donc un C* supplémentaire;
- ❖ on passe du triose au tétrose, puis au pentose et enfin à l'hexose;
- ❖ On obtient : 2 tétroses, 4 pentoses et 8 hexoses;
- ❖ A chaque addition, il existe 2 possibilités : le groupement hydroxyle de nouveau C* peut se positionner à droite ou à gauche de l'axe de la chaîne carbonée;



L-glycéraldéhyde



L-Thréose

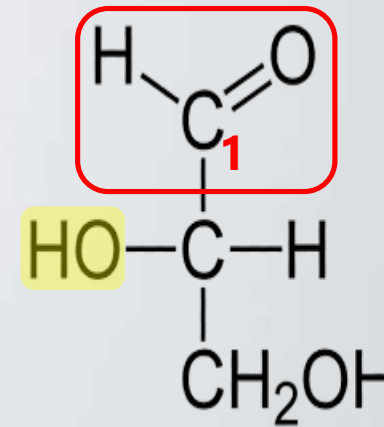
Filiation des oses (Synthèse cyanhydrique de (KILIANI-FISCHER)



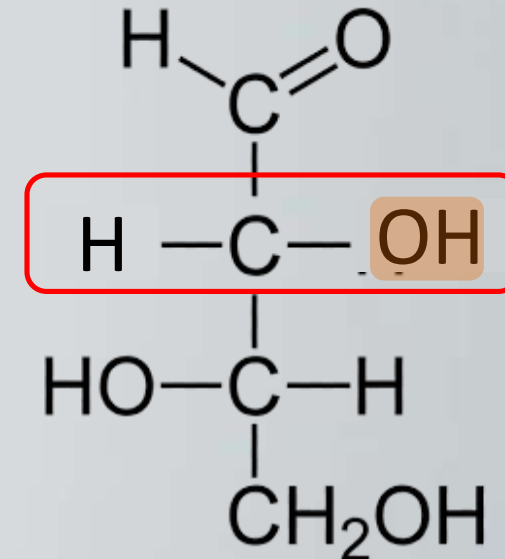
Règle générale: pour n C* (n atomes de carbone asymétriques), il existe 2^n stéréo-isomères différents, la moitié en configuration **D**, l'autre moitié en configuration **L** et 2^{n-1} couples **énantiomères**.

Dans le cas d'un **Cétose** à n C, on obtient 2^{n-3} stéréoisomères.

- ❖ Selon la voie de synthèse de KILIANI-FISCHER, à partir du glycéraldéhyde (D ou L), on peut augmenter le nombre d'atomes de carbone de la chaîne, en allongeant par son extrémité C1 portant la fonction aldéhyde;
- ❖ Ce nouveau C porte une fonction alcool secondaire (groupe H-C-OH) donc un C* supplémentaire;
- ❖ on passe du triose au tétrorse, puis au pentose et enfin à l'hexose;
- ❖ On obtient : 2 tétrorses, 4 pentoses et 8 hexoses;
- ❖ A chaque addition, il existe 2 possibilités : le groupement hydroxyle de nouveau C* peut se positionner à droite ou à gauche de l'axe de la chaîne carbonée;



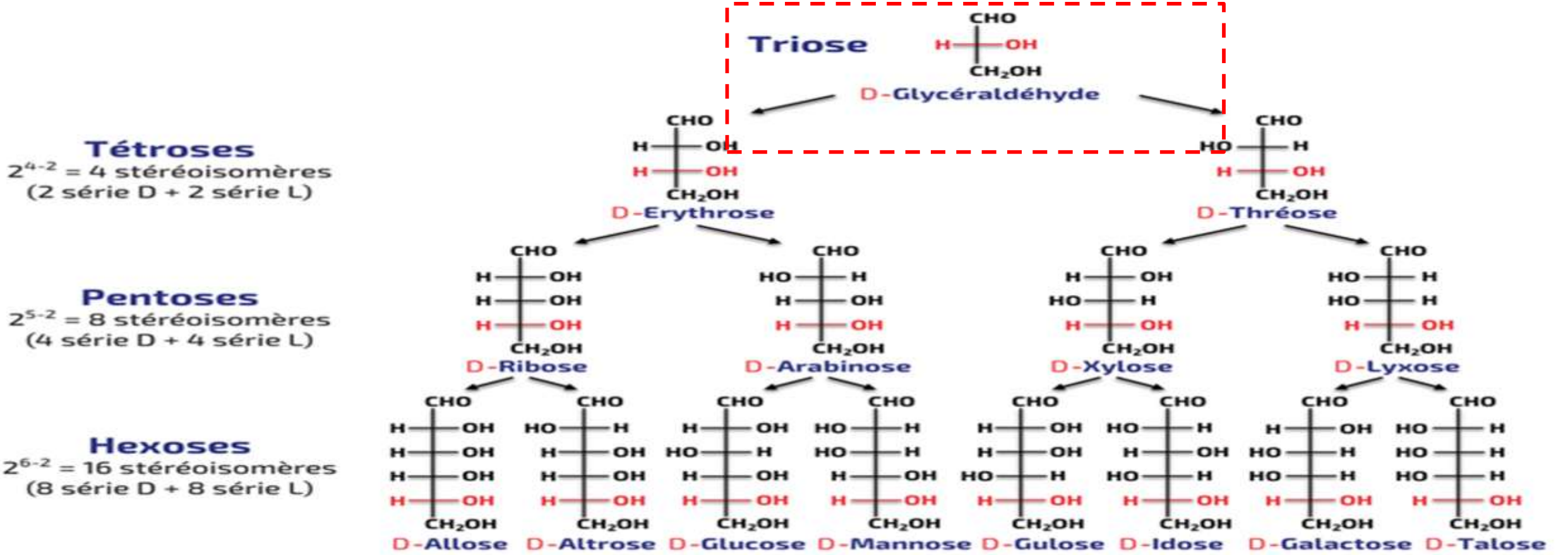
L-glycéraldéhyde



L-Erythrose

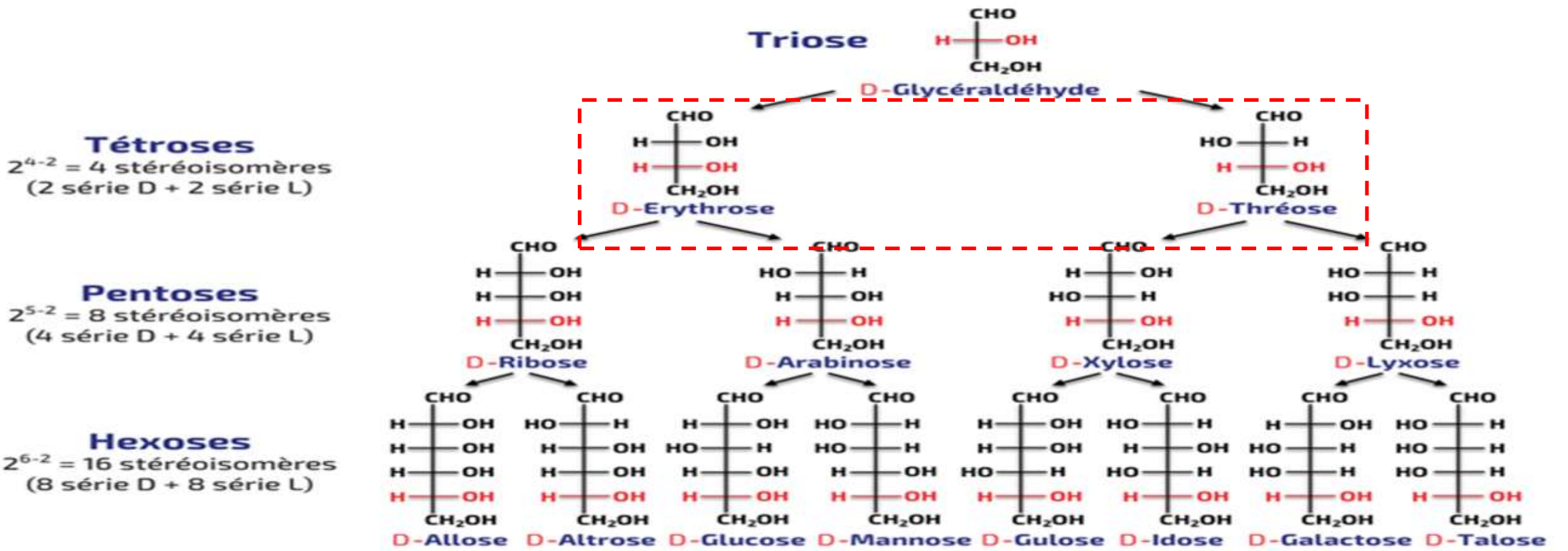
Récapitulatif

Aldotriose 1 C* $2^1 = 2$ isomères (L ou D glycéraldéhyde)	Aldotétrose 2 C* $2^2 = 4$ isomères (2 de série D, 2 de série L)	Aldopentose 3 C* $2^3 = 8$ isomères (4 de série D, 4 de série L)	Aldohexose 4 C* $2^4 = 16$ isomères (8 de série D, 8 de série L)
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------



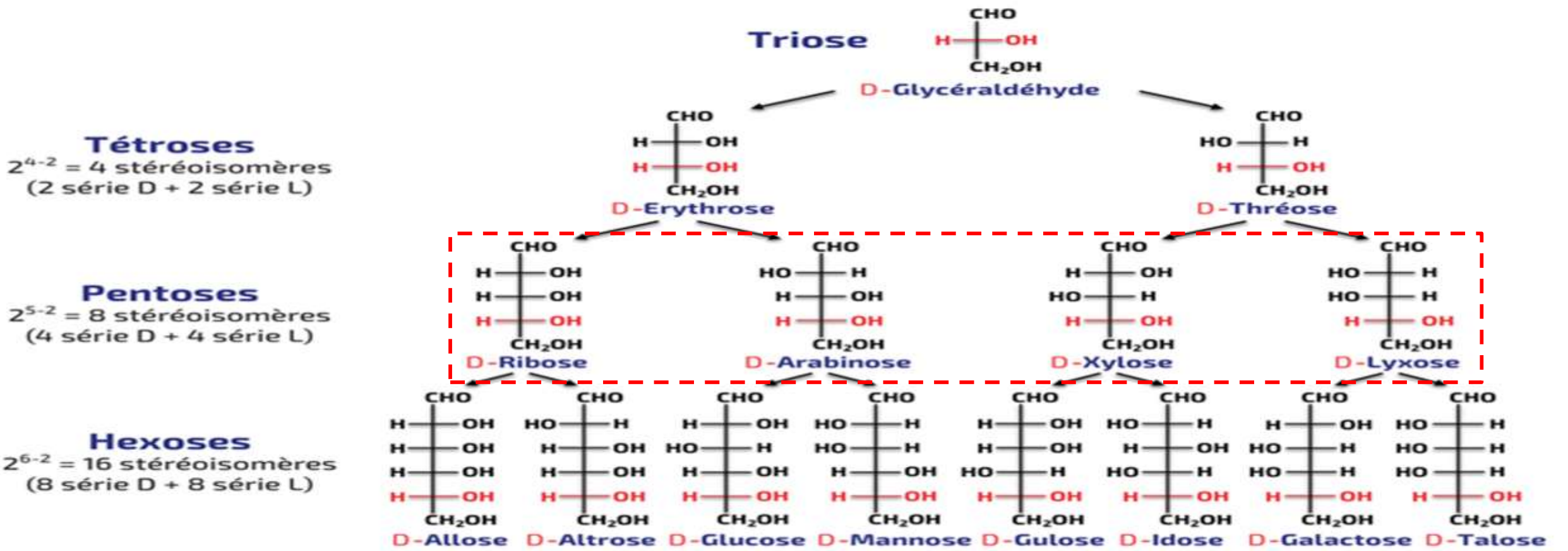
Récapitulatif

Aldotriose 1 C* $2^1 = 2$ isomères (L ou D glycéraldéhyde)	Aldotétrose 2 C* $2^2 = 4$ isomères (2 de série D, 2 de série L)	Aldopentose 3 C* $2^3 = 8$ isomères (4 de série D, 4 de série L)	Aldohexose 4 C* $2^4 = 16$ isomères (8 de série D, 8 de série L)
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------



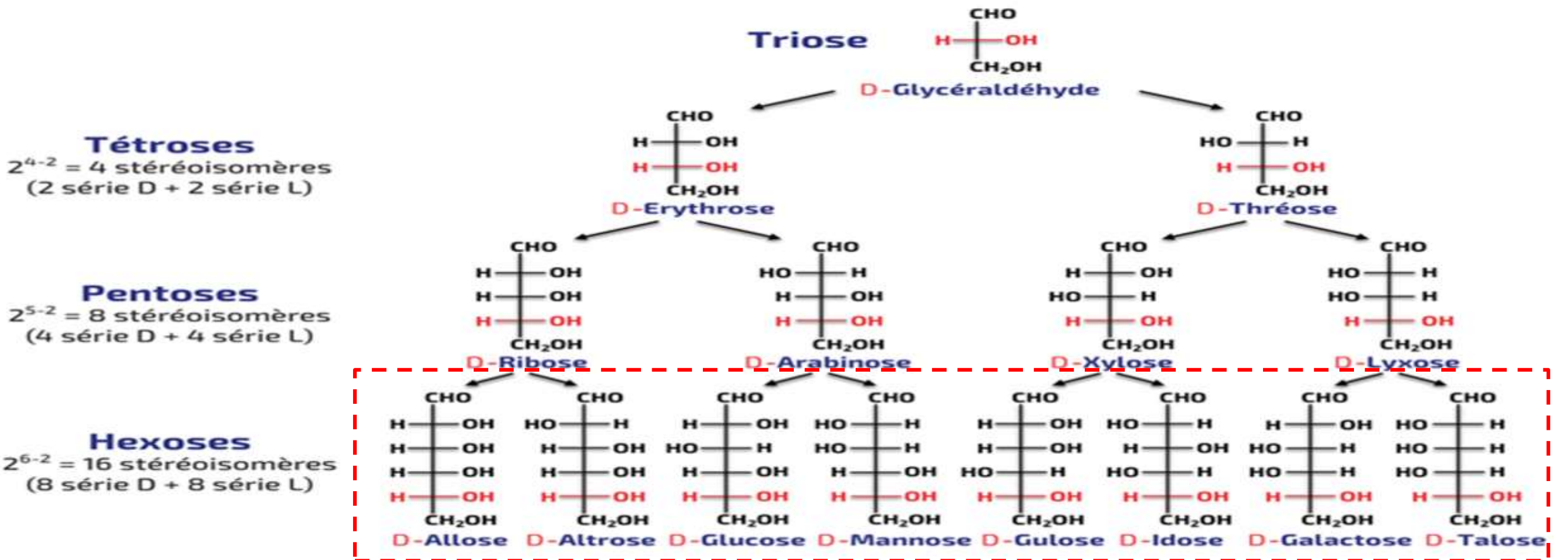
Récapitulatif

Aldotriose 1 C* $2^1 = 2$ isomères (L ou D glycéraldéhyde)	Aldotétrose 2 C* $2^2 = 4$ isomères (2 de série D, 2 de série L)	Aldopentose 3 C* $2^3 = 8$ isomères (4 de série D, 4 de série L)	Aldohexose 4 C* $2^4 = 16$ isomères (8 de série D, 8 de série L)
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------



Récapitulatif

Aldotriose 1 C* $2^1 = 2$ isomères (L ou D glycéraldéhyde)	Aldotétrose 2 C* $2^2 = 4$ isomères (2 de série D, 2 de série L)	Aldopentose 3 C* $2^3 = 8$ isomères (4 de série D, 4 de série L)	Aldohexose 4 C* $2^4 = 16$ isomères (8 de série D, 8 de série L)
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------



Monosaccharides

Stéréo-isomérisie (Filiation)

On peut appliquer les mêmes règles que pour les aldoses. La différence porte sur le nombre d'isomères obtenus, puisque **à nombre de carbone égal**, les cétooses présentent un **C* de moins** que les aldoses.

Cétotriose

0 C*

$2^0 = 1$ isomère
(Dihydroxyacétone)

Cétotétrose

1 C*

$2^1 = 2$ isomères
(1 de série D, 1 de série L)

Cétopentose

2 C*

$2^2 = 4$ isomères
(2 de série D, 2 de série L)

Cétohexose

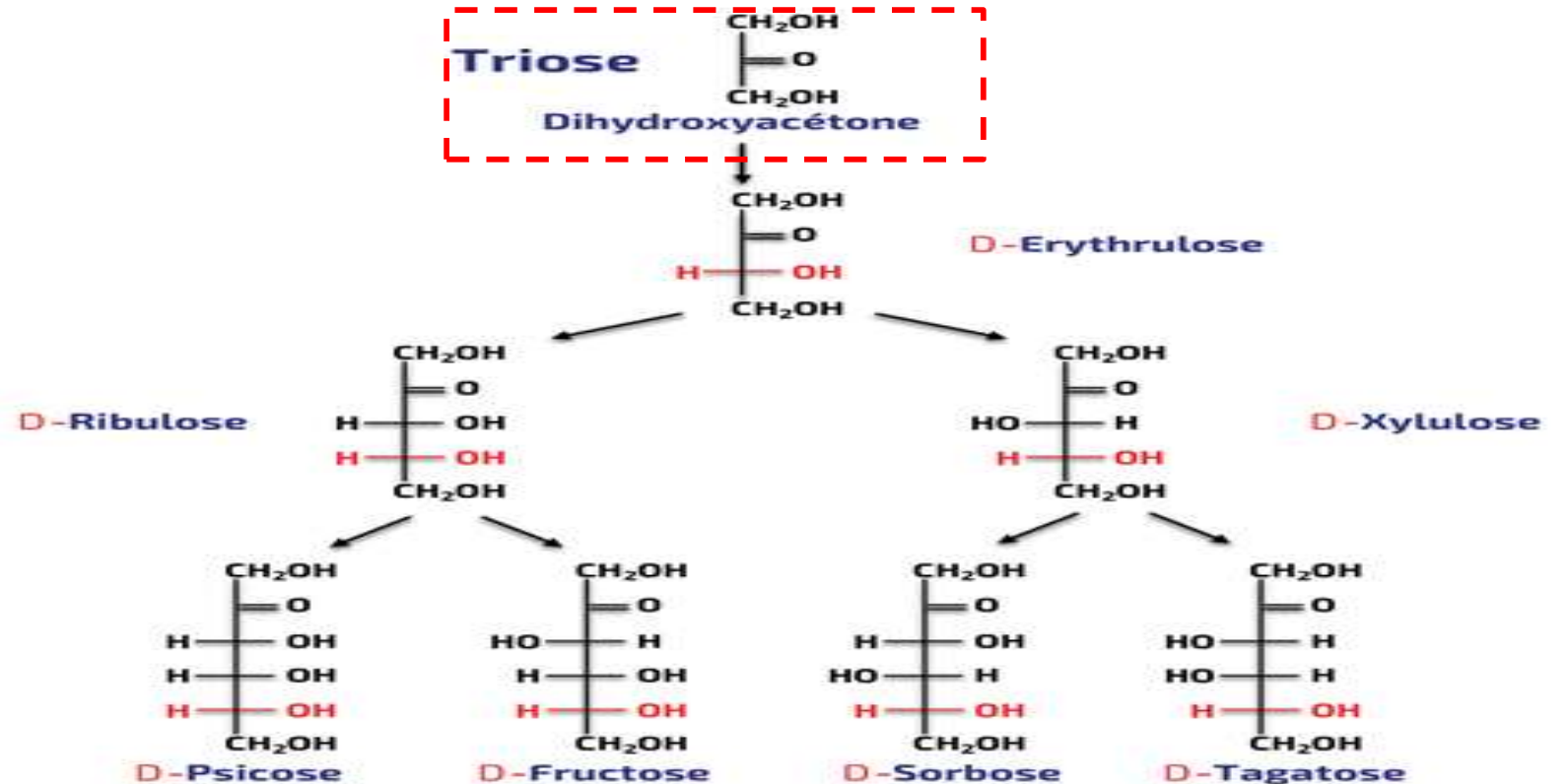
3 C*

$2^3 = 8$ isomères
(4 de série D, 4 de série L)

Tétroses
 $2^{4-3} = 2$ stéréoisomères
(1 série D + 1 série L)

Pentoses
 $2^{5-3} = 4$ stéréoisomères
(2 série D + 2 série L)

Hexoses
 $2^{6-3} = 8$ stéréoisomères
(4 série D + 4 série L)



Monosaccharides

Stéréo-isomérisie (Filiation)

On peut appliquer les mêmes règles que pour les aldoses. La différence porte sur le nombre d'isomères obtenus, puisque **à nombre de carbone égal**, les cétooses présentent un **C* de moins** que les aldoses.

Cétotriose

0 C*

$2^0 = 1$ isomère
(Dihydroxyacétone)

Cétotétrose

1 C*

$2^1 = 2$ isomères
(1 de série D, 1 de série L)

Cétopentose

2 C*

$2^2 = 4$ isomères
(2 de série D, 2 de série L)

Cétohexose

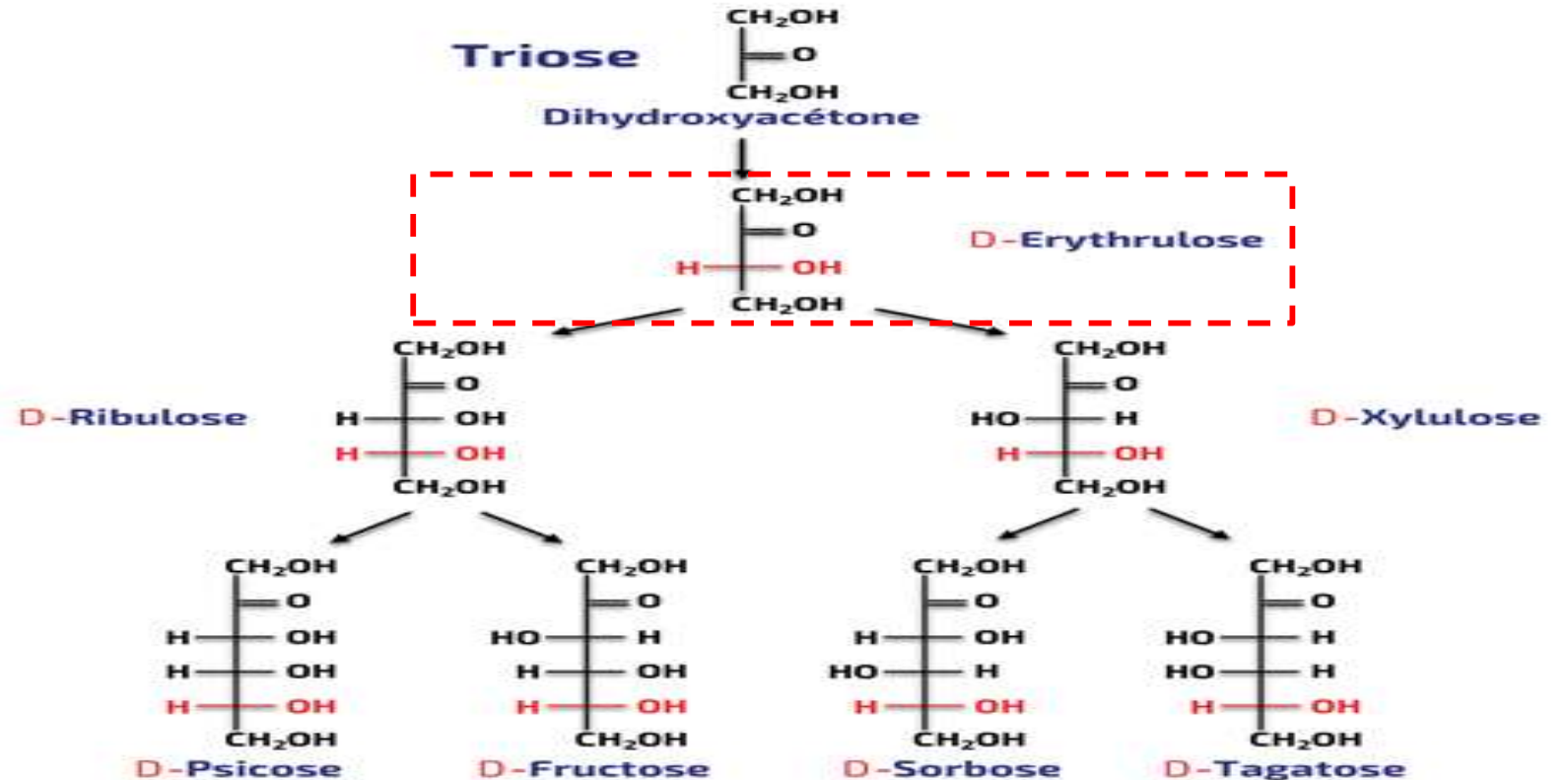
3 C*

$2^3 = 8$ isomères
(4 de série D, 4 de série L)

Tétroses
 $2^{4-3} = 2$ stéréoisomères
(1 série D + 1 série L)

Pentoses
 $2^{5-3} = 4$ stéréoisomères
(2 série D + 2 série L)

Hexoses
 $2^{6-3} = 8$ stéréoisomères
(4 série D + 4 série L)



Monosaccharides

Stéréo-isomérisie (Filiation)

On peut appliquer les mêmes règles que pour les aldoses. La différence porte sur le nombre d'isomères obtenus, puisque **à nombre de carbone égal**, les cétooses présentent un **C* de moins** que les aldoses.

Cétotriose

0 C*

$2^0 = 1$ isomère
(Dihydroxyacétone)

Cétotétrose

1 C*

$2^1 = 2$ isomères
(1 de série D, 1 de série L)

Cétopentose

2 C*

$2^2 = 4$ isomères
(2 de série D, 2 de série L)

Cétohexose

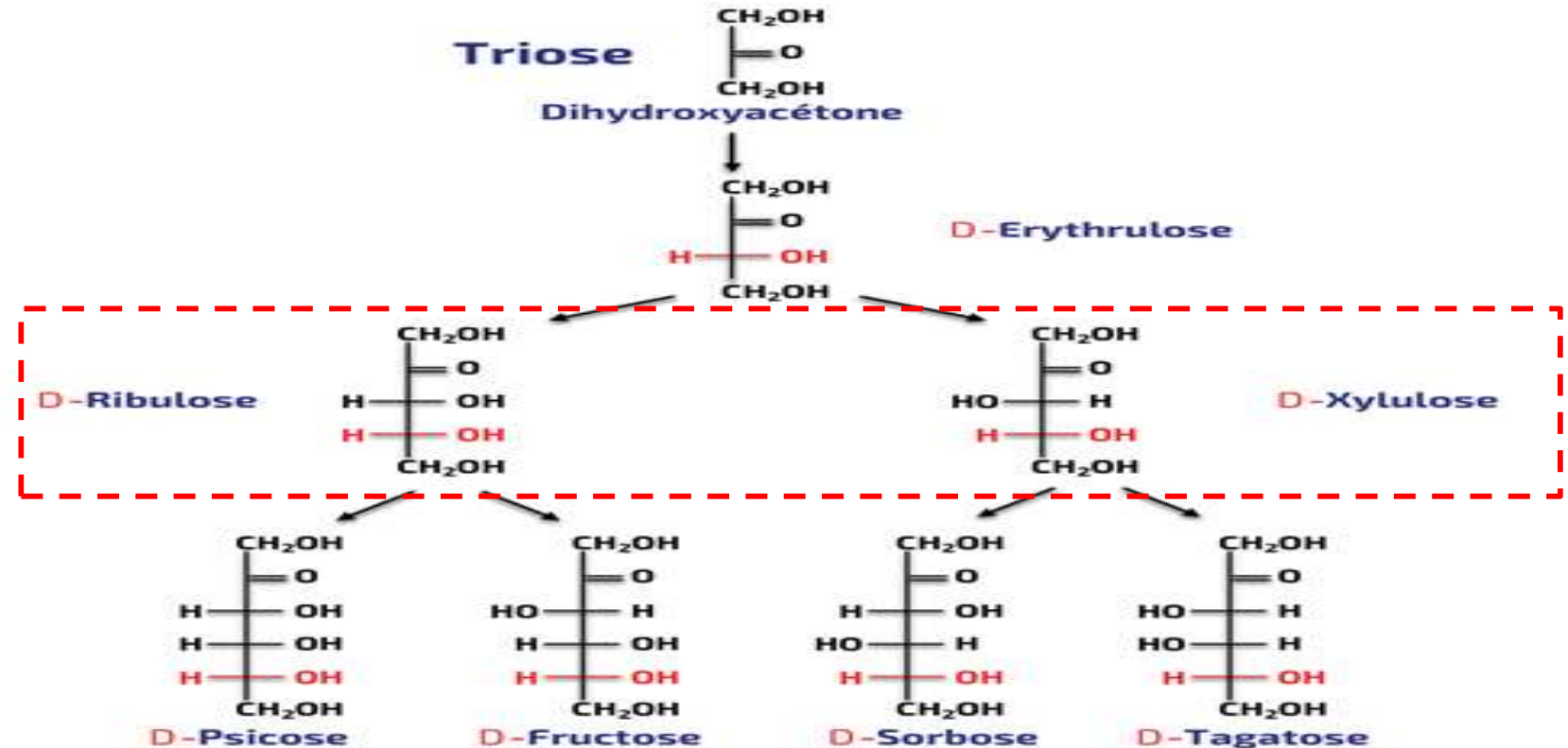
3 C*

$2^3 = 8$ isomères
(4 de série D, 4 de série L)

Tétroses
 $2^{4-3} = 2$ stéréoisomères
(1 série D + 1 série L)

Pentoses
 $2^{5-3} = 4$ stéréoisomères
(2 série D + 2 série L)

Hexoses
 $2^{6-3} = 8$ stéréoisomères
(4 série D + 4 série L)



Monosaccharides

Stéréo-isomérisie (Filiation)

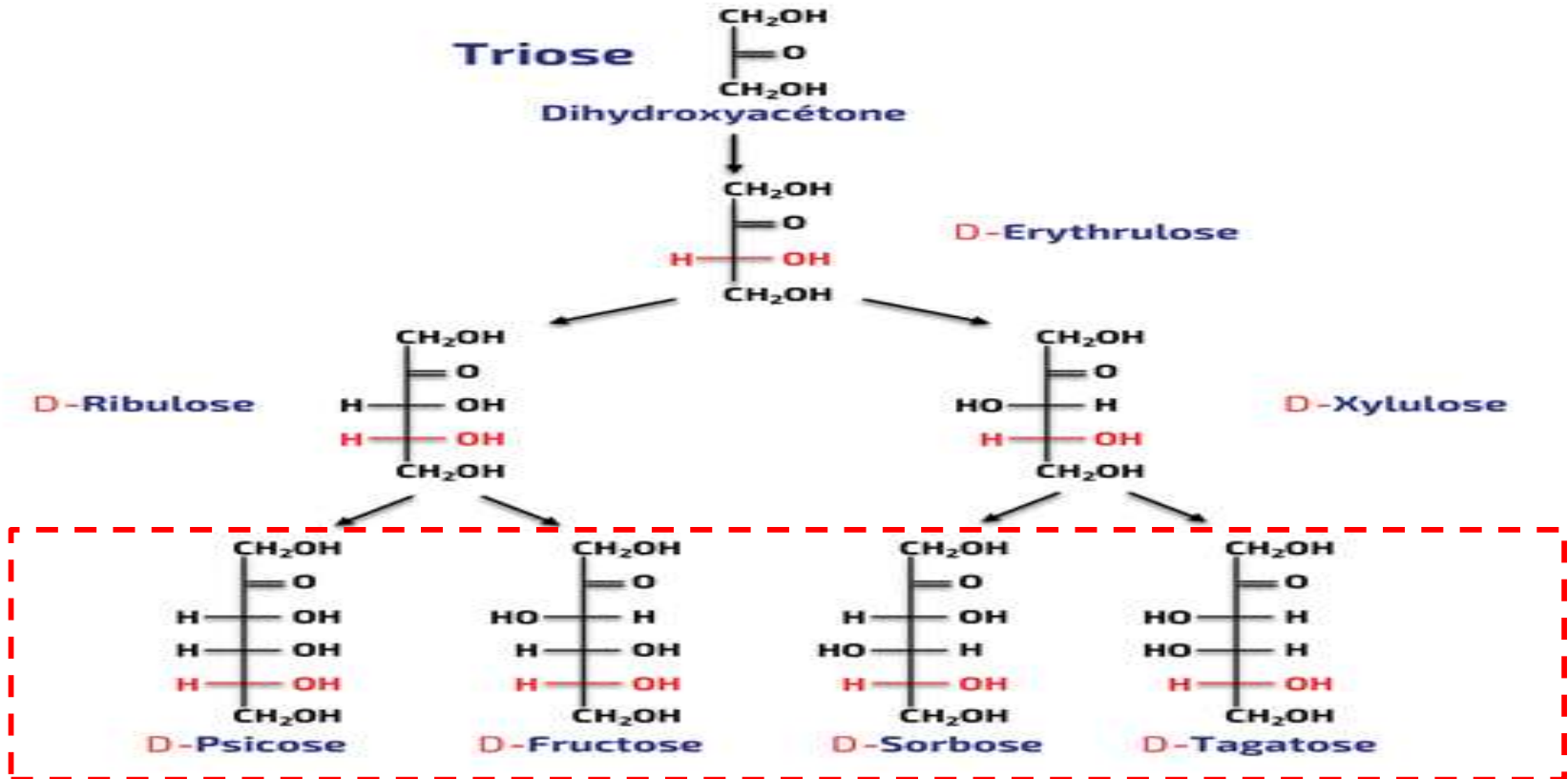
On peut appliquer les mêmes règles que pour les aldoses. La différence porte sur le nombre d'isomères obtenus, puisque **à nombre de carbone égal**, les cétooses présentent un **C* de moins** que les aldoses.

Cétotriose 0 C* $2^0 = 1$ isomère (Dihydroxyacétone)	Cétotétrose 1 C* $2^1 = 2$ isomères (1de série D, 1 de série L)	Cétopentose 2 C* $2^2 = 4$ isomères (2 de série D, 2de série L)	Cétohexose 3 C* $2^3 = 8$ isomères (4 de série D, 4 de série L)
-----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

Tétrooses
 $2^{4-3} = 2$ stéréoisomères
(1 série D + 1 série L)

Pentoses
 $2^{5-3} = 4$ stéréoisomères
(2 série D + 2 série L)

Hexoses
 $2^{6-3} = 8$ stéréoisomères
(4 série D + 4 série L)

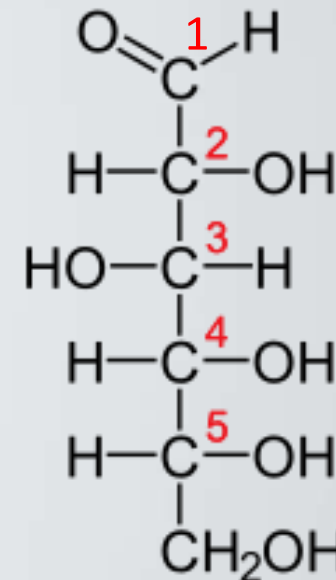


2.5 La cyclisation: Le passage de la forme linéaire (Fischer) à la forme cyclique (Haworth)

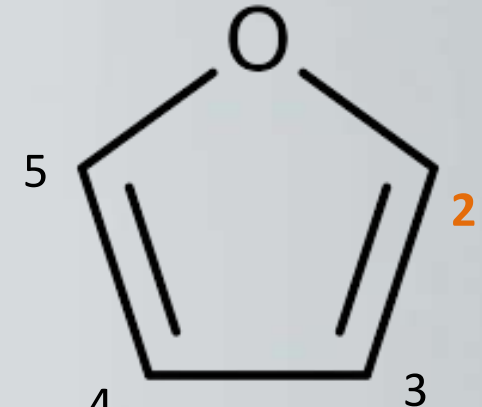
- La cyclisation des oses est une réaction intramoléculaire entre la fonction carbonyle **C1** ou **C2**, et une fonction alcool, la fonction qui en résulte est un hémiacétal ou hémicétal respectivement. Deux types de cycles stables sont possibles pour les oses :
- **Un furane** (cyclisation entre **C1** et **C4** ou entre **C2** et **C5**) et l'ose est appelé un furanose.
- **Un pyrane** (cyclisation entre **C1** et **C5** ou entre **C2** et **C6**) et l'ose est appelé un pyranose.
- La cyclisation des oses permet la création d'un nouvel atome de carbone asymétrique (**C1** ou **C2**) appelé **carbone anomérique**, le nombre de stéréo-isomères va donc doubler, on distingue les anomères **α** et **β**.



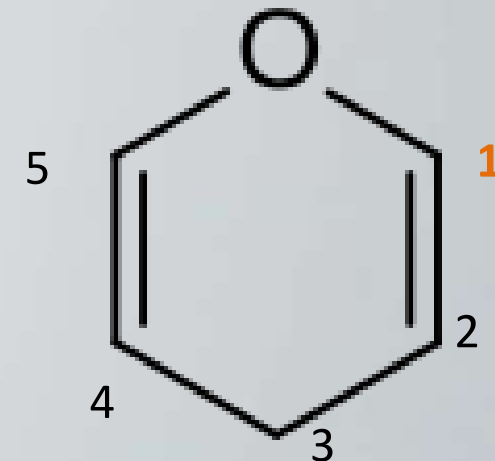
En solution aqueuse, les oses existent en majeure partie sous forme cyclique, la forme linéaire n'est que minoritaire (moins de 1%).



D-Glucose



Furane

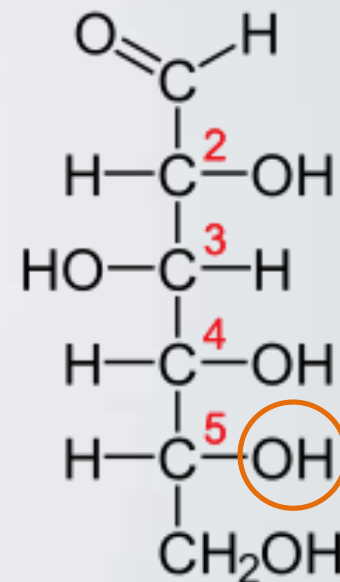


Pyrane

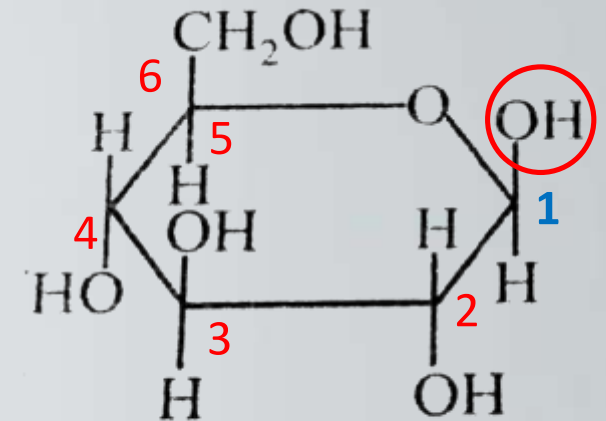
Monosaccharides

Le passage de la forme linéaire de Fischer à la forme cyclique de Haworth se fait selon les étapes suivantes.

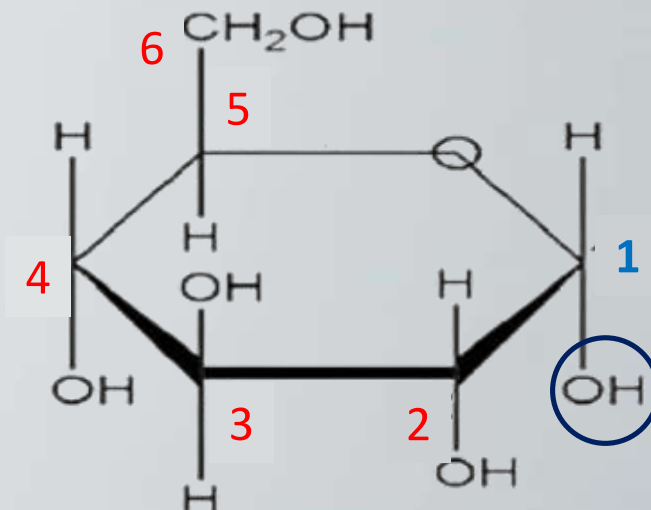
- ❖ La projection de Haworth est une représentation des cycles furanoses et pyranoses en perspective.
- ❖ Le carbone anomérique (1 ou 2) est représenté par convention à droite.
- ❖ Les groupements hydroxyles peuvent se trouver en dessous (ou au-dessus) du plan du cycle selon leurs positions en projection linéaire de Fischer à droite (ou à gauche) de la chaîne carbonée.
- ❖ La position du **OH** du **carbone anomérique** détermine si l'ose est un **anomère α** ou **β** , dans les **D**-oses le **OH** du carbone anomérique est en bas du cycle pour donner un anomère **α** , et en haut du cycle pour former un anomère **β** . Le contraire est juste dans les L-oses.



D-Glucose



β -D-Glucopyranose

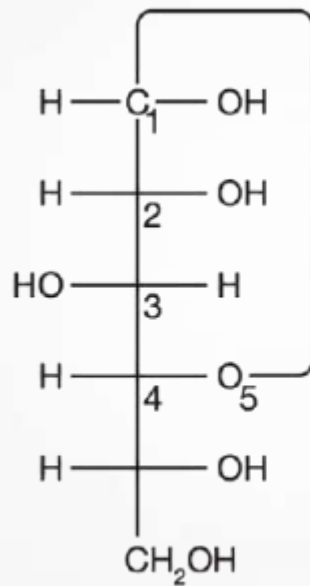


α -D-Glucopyranose

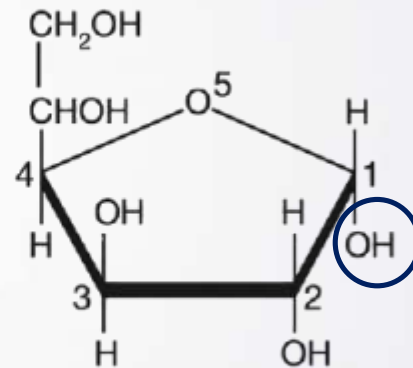
Cyclisation des oses

Cyclisation du Glucose entre la fonction aldéhyde et le C4 (C1-C4)

Représentation
de Tollens



Représentation
de Haworth



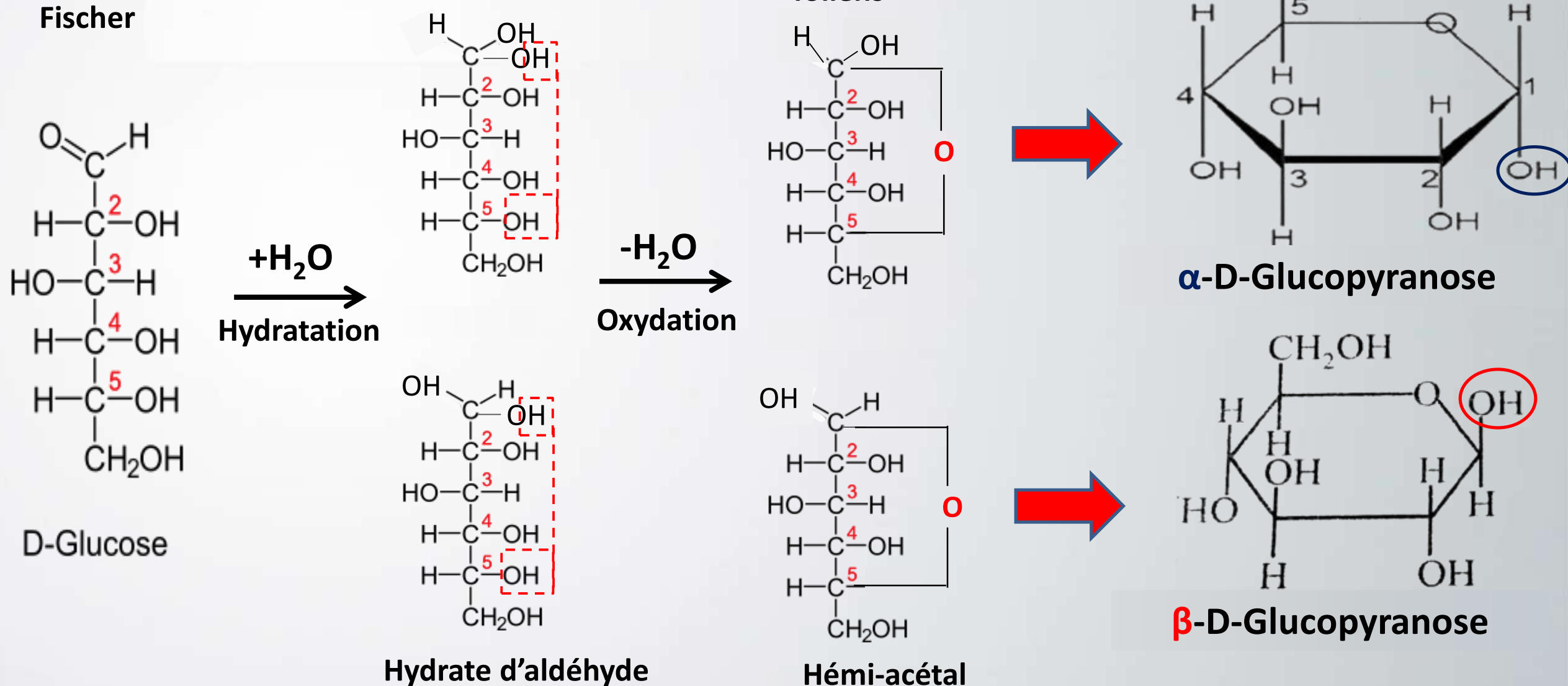
D-Glucofuranose

Pont d'oxydation C1-C4

Monosaccharides

Cyclisation des oses

Les étapes de la cyclisation du D-Glucose en C1-C5



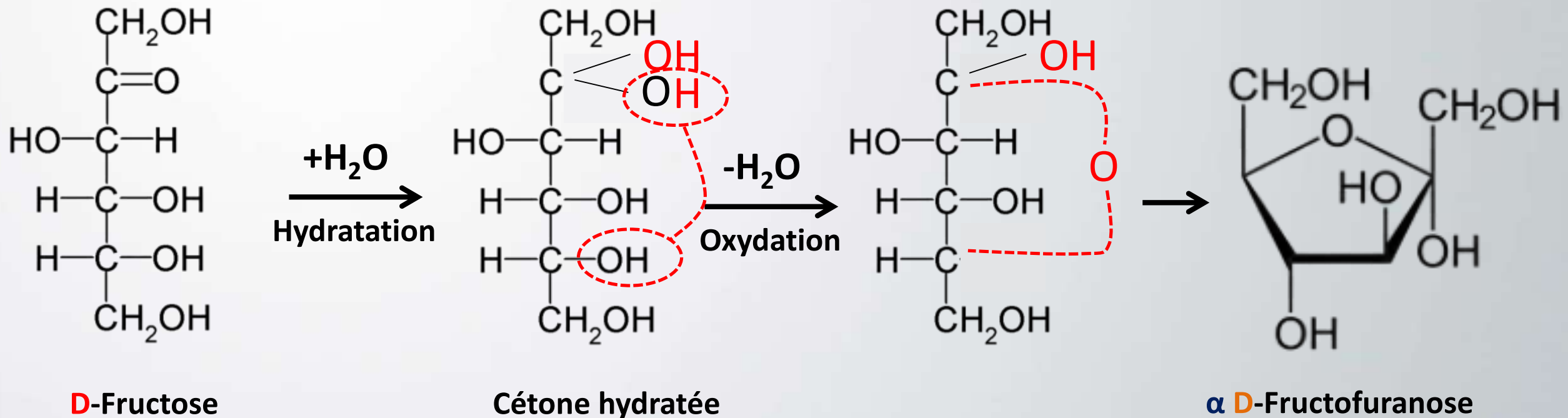
Monosaccharides

Cyclisation des oses

Récapitulatif

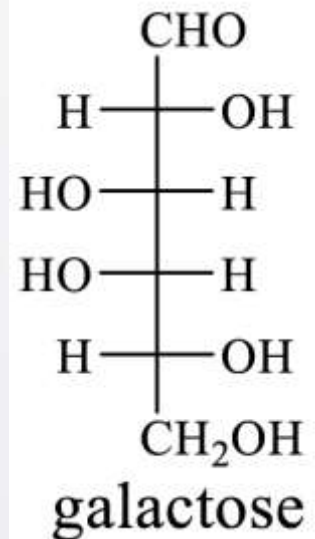
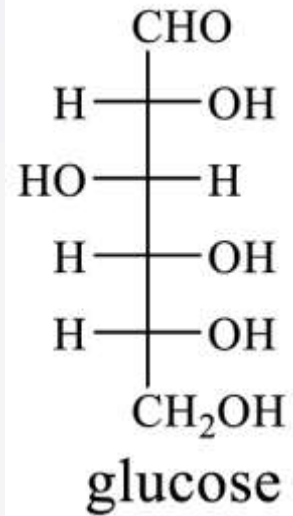
	Aldose	Cétose
Pyranose	C1-C5	C2-C6
Furanose	C1-C4	C2-C5

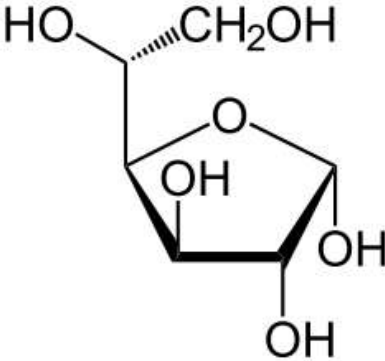
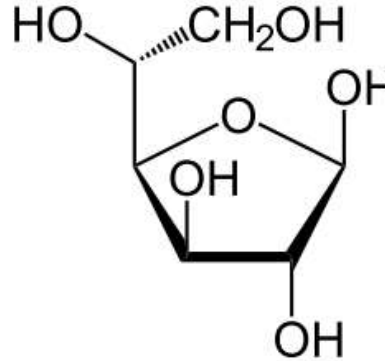
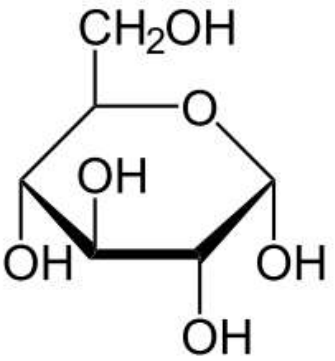
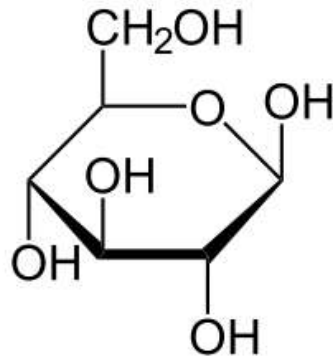
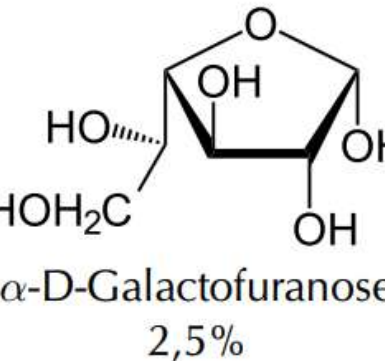
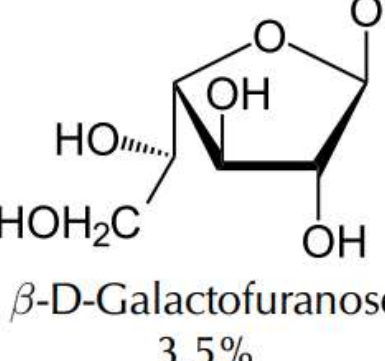
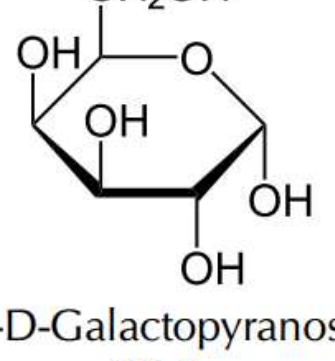
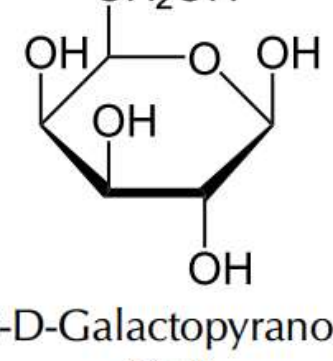
Cyclisation du D-Fructose C2-C5



Monosaccharides

Cyclisation des oses



Ose	Isomères cycliques			
Glucose	 α -D-Glucofuranose $<0,5\%$	 β -D-Glucofuranose $<0,5\%$	 α -D-Glucopyranose 35 %	 β -D-Glucopyranose 65 %
Galactose	 α -D-Galactofuranose 2,5%	 β -D-Galactofuranose 3,5%	 α -D-Galactopyranose 30 %	 β -D-Galactopyranose 64 %

Oligosaccharides

Les disaccharides (diholosides)

Les disaccharides (ou les diholosides) sont des molécules formées par deux monosaccharides (différents ou identiques) comme (Glucose, Manose, galactose, fructose), liés par **une liaison O-glycosidique** appelée aussi une **liaison osidique**, pour donner : Saccharose, Lactose, Maltose

Dans un disaccharide, **la liaison** est formée entre l'atome du **carbone anomérique du premier ose** et l'atome **d'oxygène d'un alcool ou d'un carbone anomérique du deuxième ose**, on se trouve ainsi entre deux situations :

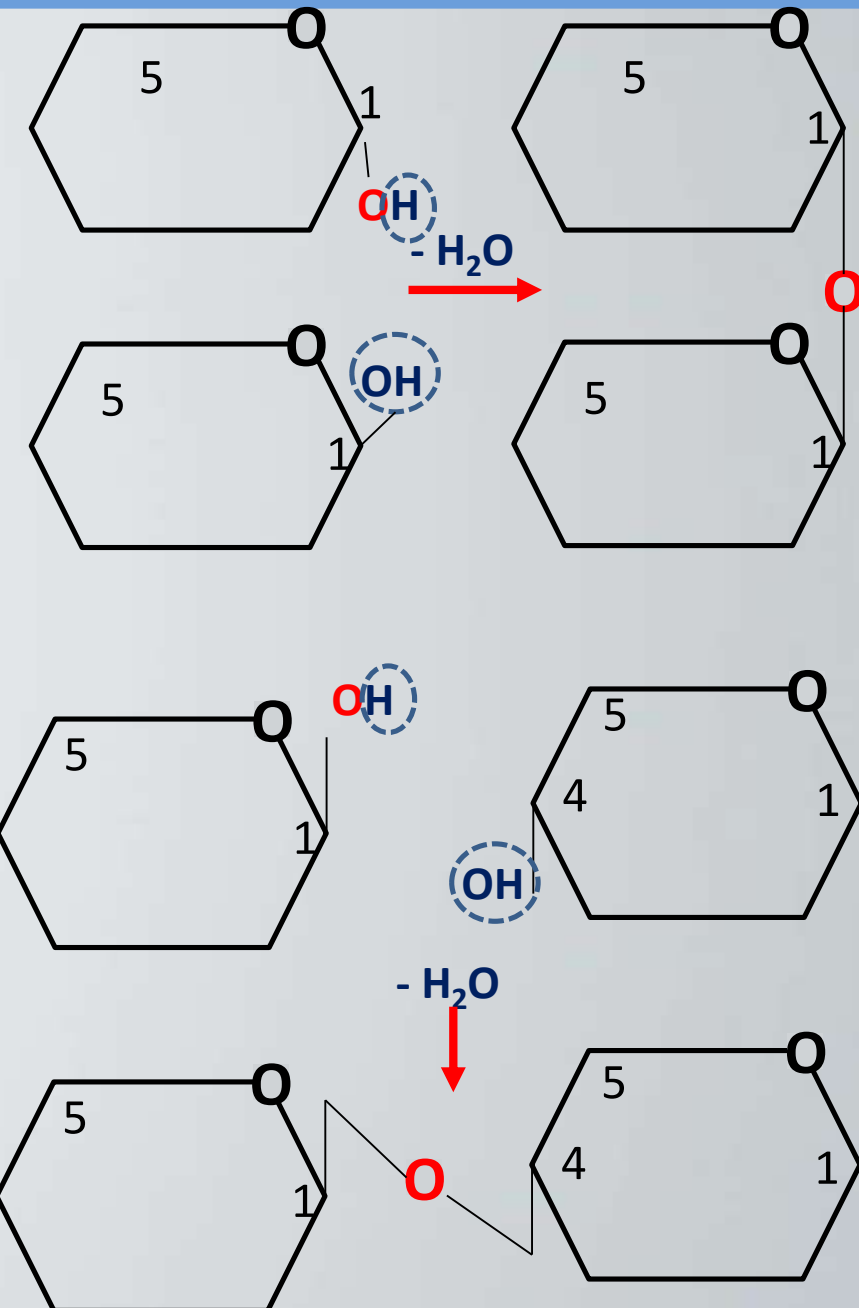
- ❖ carbone anomérique + oxygène d'un carbone anomérique = **Disaccharide non réducteur**.
- ❖ carbone anomérique + oxygène d'un alcool = **Disaccharide réducteur**

➤ Types de liaisons Osidiques

Ose: la fonction hémiacétalique de l'ose est libre;

Osyl: la fonction hémiacétalique du 1^{er} ose est engagée dans la liaison;

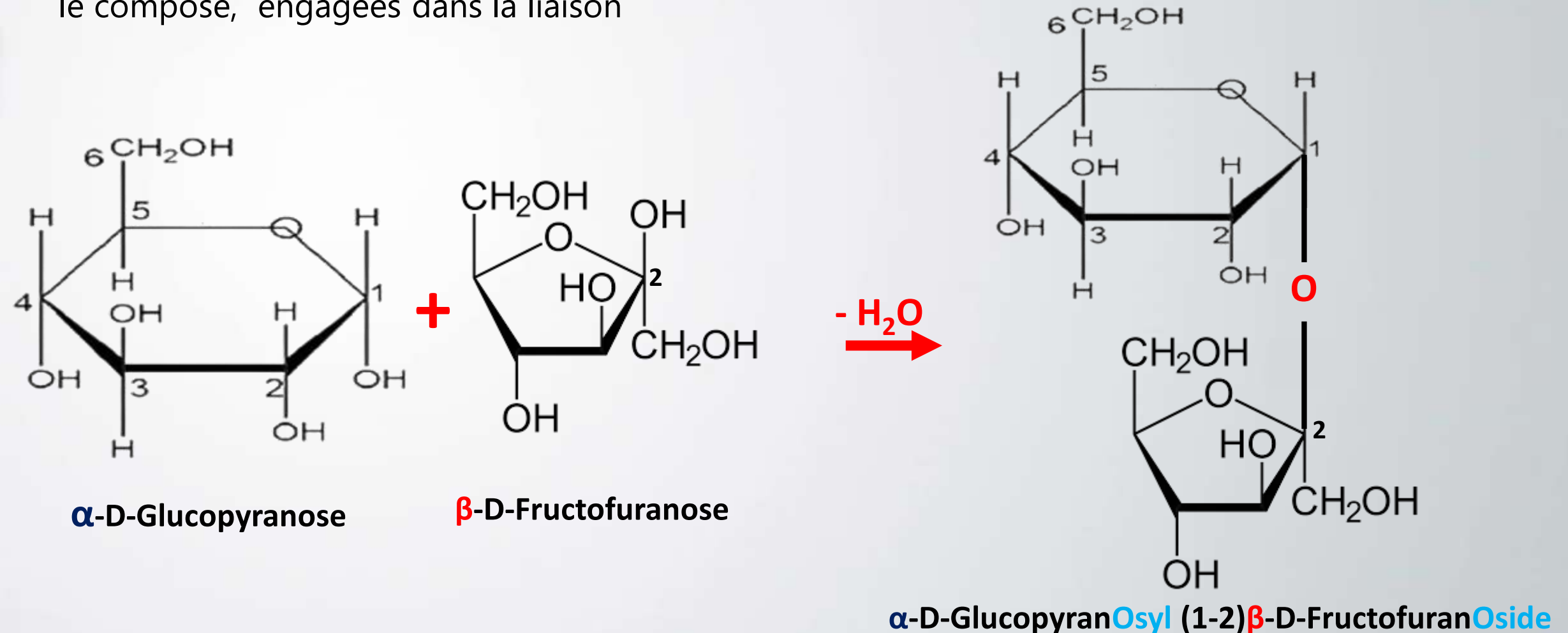
Oside: la fonction hémiacétalique du 2^{em} ose est engagée dans la liaison



Les disaccharides (diholosides)

Saccharose

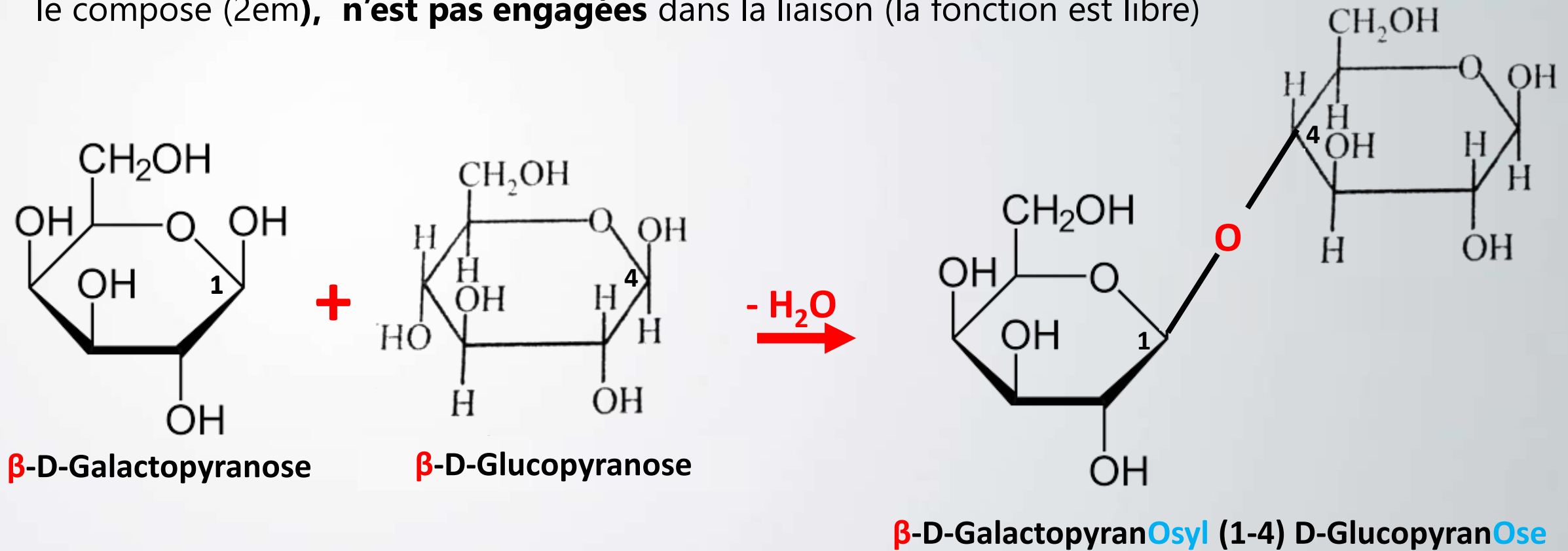
- ❖ Le **Saccharose** est le plus important des diholosides du règne végétal. On le trouve dans toutes les plantes qui font de la photosynthèse, constitué par l'association d'une molécule de **Glucose** et d'une molécule de **Fructose**.
- ❖ Le Saccharose est **non réducteur**, car les deux fonction hémiacétaliques des deux monosaccharides qui le compose, engagées dans la liaison



Les disaccharides (diholosides)

Lactose

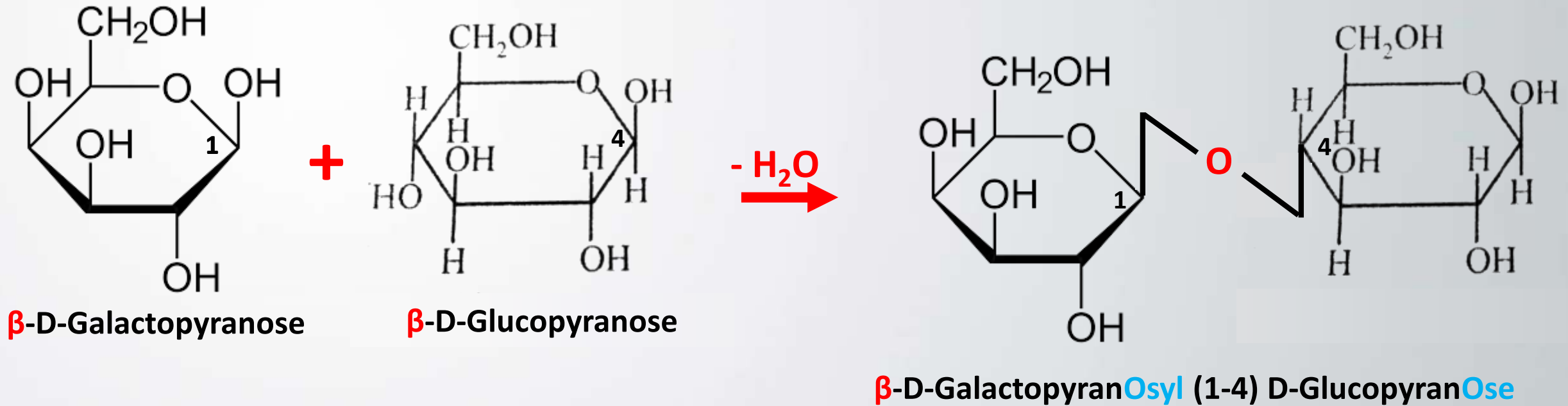
- ❖ Le **Lactose** est le sucre principal du lait, disaccharide constitué par l'association d'une molécule de **glucose** et d'une molécule de **galactose**.
- ❖ Le Lactose est **réducteur**, car une des deux **fonction hémiacétaliques** des deux monosaccharides qui le compose (2em), **n'est pas engagées** dans la liaison (la fonction est libre)



Les disaccharides (diholosides)

Lactose

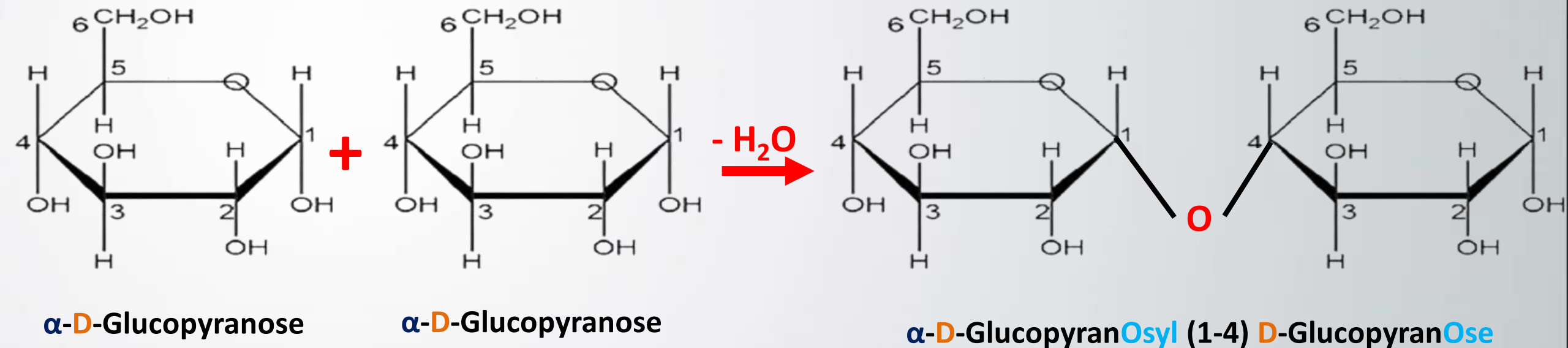
- ❖ Le **Lactose** est le sucre principal du lait, disaccharide constitué par l'association d'une molécule de **glucose** et d'une molécule de **galactose**.
- ❖ Le Lactose est **réducteur**, car une des deux **fonction hémiacétaliques** des deux monosaccharides qui le compose (2em), **n'est pas engagées** dans la liaison (la fonction est libre)



Les disaccharides (diholosides)

Maltose

- ❖ Le **Maltose** est le produit par hydrolyse partielle de l'amidon par l'enzyme amylase, disaccharide constitué par l'association de deux molécules de **glucose**.
- ❖ Le Maltose est **réducteur**, car une des deux fonction hémiacétaliques des deux monosaccharides qui le compose (2em), n'est pas engagées dans la liaison (la fonction est libre)



Les polysaccharides

4 Les polysaccharides

- Les polysaccharides sont des polymères, composés par l'enchaînement de plusieurs unités de monosaccharides (monomères). Les polysaccharides sont différents selon :
 - ❖ La nature du monosaccharide
 - ❖ La longueur de la chaîne (le nombre d'unités).
 - ❖ La nature de la liaison entre les unités
 - ❖ Le degré de ramification

- Il existe deux types de polysaccharides :
 - ❖ **Homo-polysaccharides** : Sont des molécules qui contiennent uniquement un seul type de monosaccharides.
 - ❖ **Hétéro-polysaccharides** : Sont des molécules qui contiennent deux ou plusieurs types de monosaccharides.

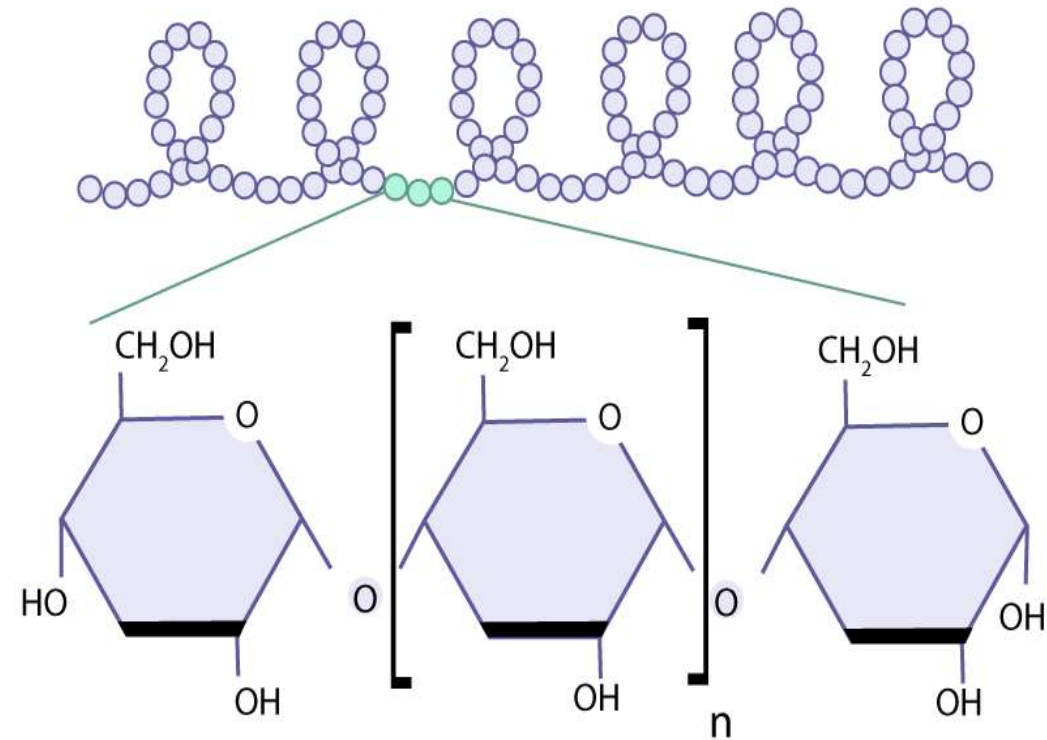
4.1 L'amidon

C'est un polysaccharide qui se trouve dans la cellule végétale sous forme de granules insolubles, il est composé de **deux poly-glucoses**, **amylose** et **amylopectine**, dont leur pourcentage varie selon l'espèce.

❖ Amylose

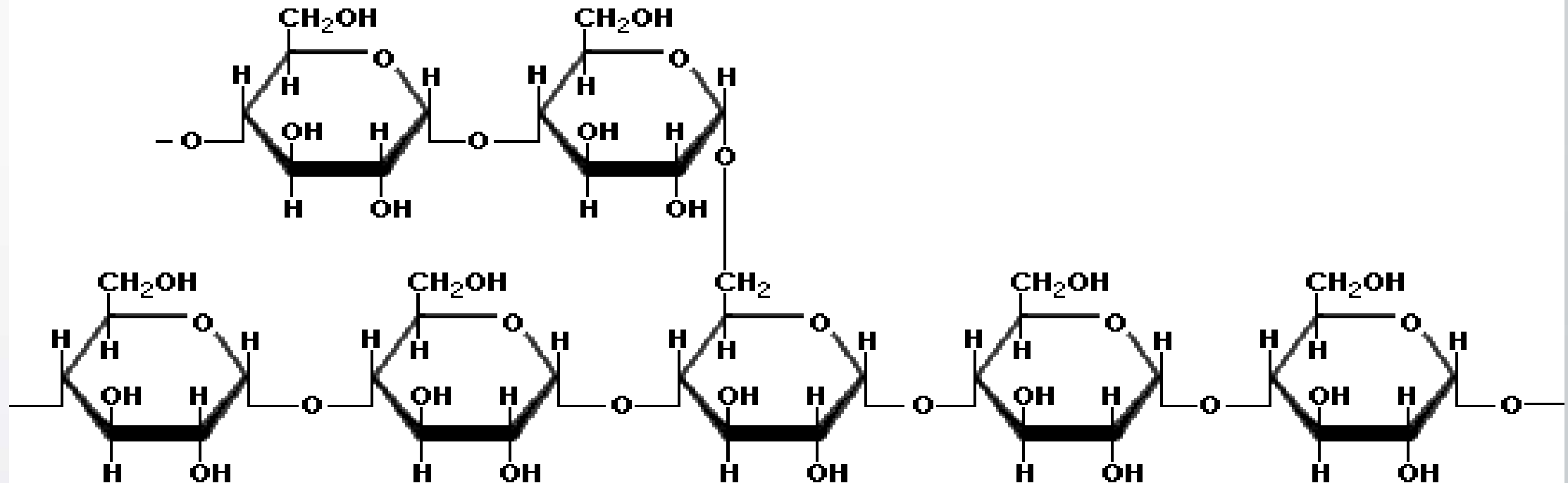
L'amylose résulte d'un enchaînement linéaire d'unités d' **α -D-glucose** unies par des liaisons osidiques **$\alpha(1-4)$** , elle forment ainsi une hélice stabilisée par des liaisons hydrogènes

L'indice de polymérisation **n** , c'est-à-dire le nombre d'unités de glucose réunies dans chaque chaîne dépasse la centaine, généralement de 200 à 2000 unités de glucose.



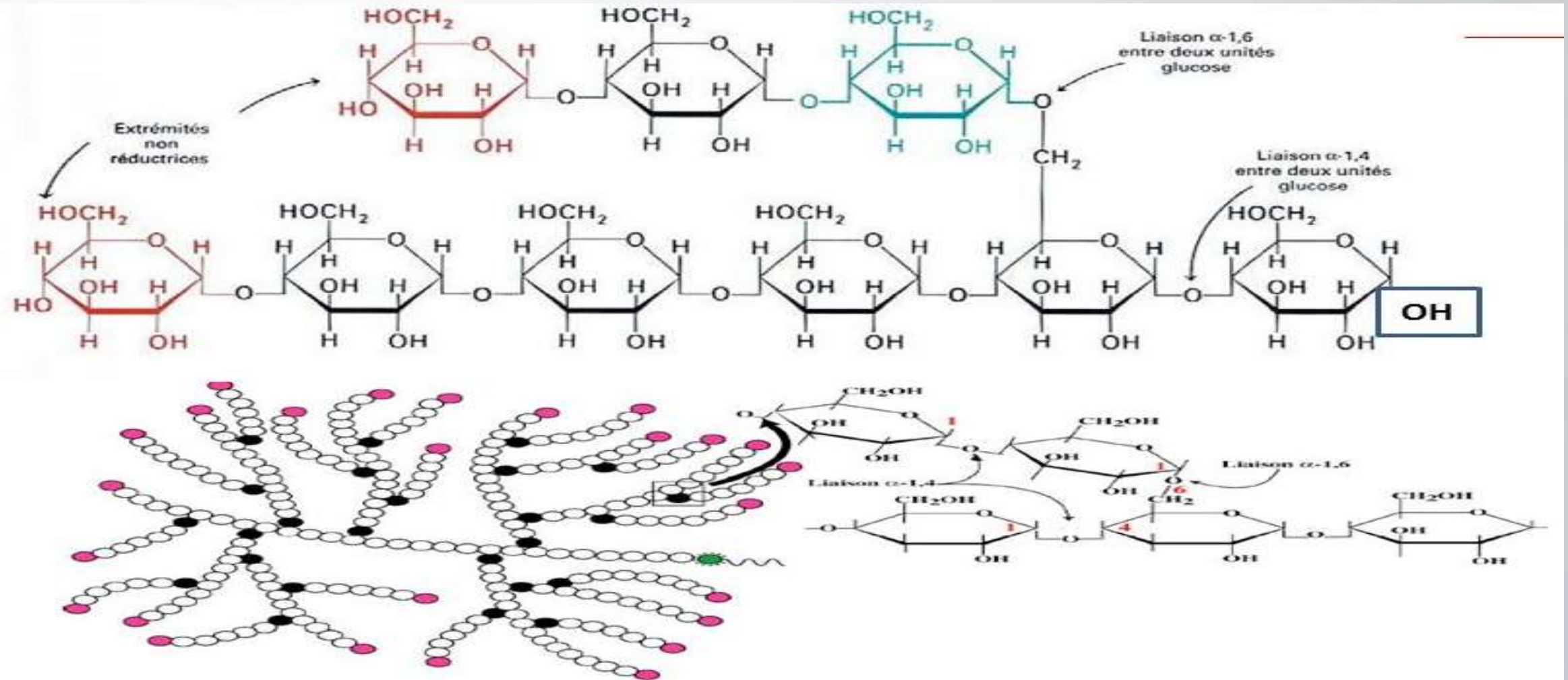
❖ Amylopectine

L'amylopectine est le second polysaccharide constituant l'amidon. Il diffère de l'amylose par la présence de **nombreux branchements**. Les glucoses sont liés de manière linéaire par des liaisons alpha **α -(1-4)** et les **ramifications** apparaissent avec une liaison **α -(1-6)** tous les 24 à 30 résidus. L'amylopectine a donc la forme d'un « buisson » .



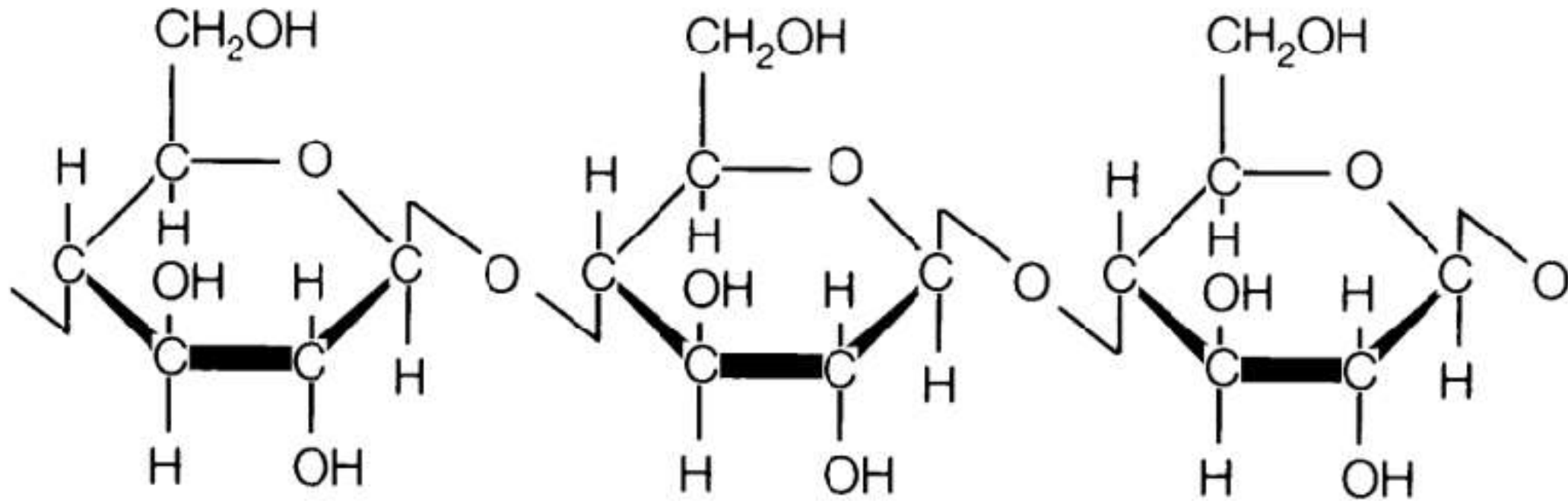
4.2 Le glycogène

C'est le principal polyoside de réserve des cellules animales, trouvé dans le foie et les muscles (forme de stockage), composé uniquement d'**amylopectine**, qui est **plus ramifiée** que celle de l'amidon. Il n'est pas réducteur.



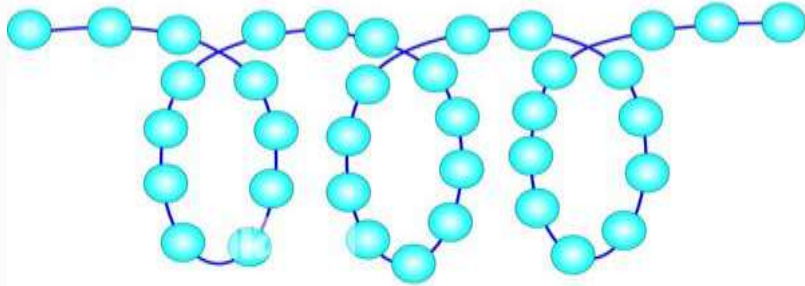
4.3 La cellulose

C'est un polysaccharide de structure, constitué de molécules de **D-glucose**, liées par des liaisons **β (1-4)**. Ces chaînes sont groupées en parallèles formant des microfibrilles stabilisées par des liaisons hydrogènes, c'est un constituant essentiel qui forme les parois des cellules végétales, il n'est pas réducteur.

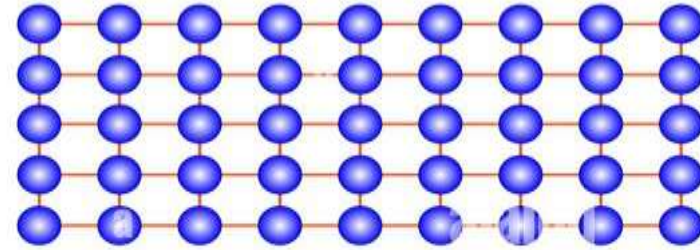


Les polysaccharides

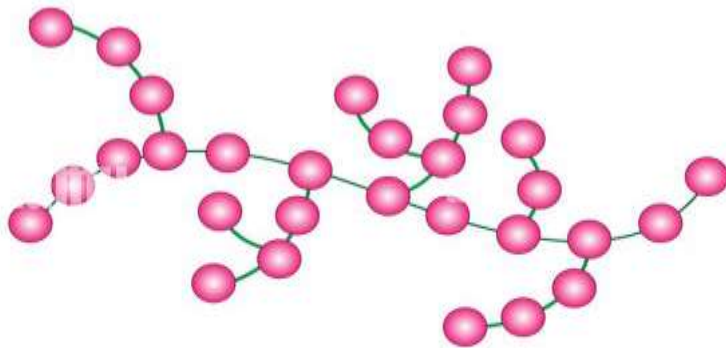
La représentation des différents types de polysaccharides



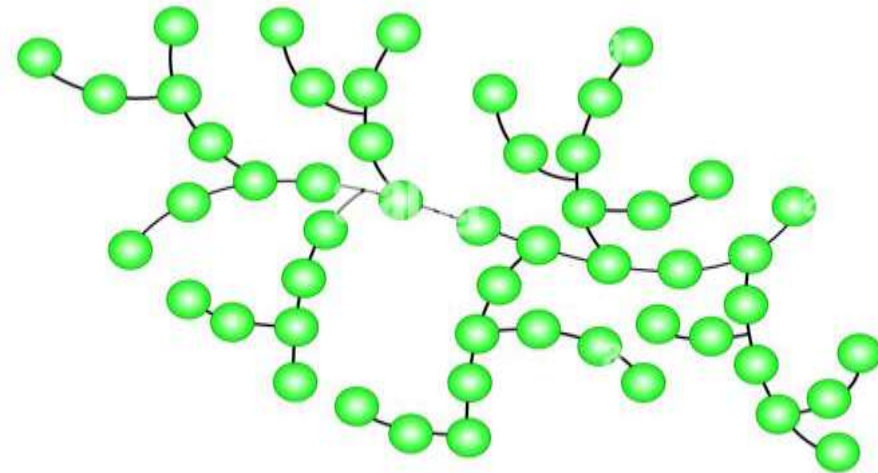
Amylose



Cellulose



Amylopectin



Glycogen

Hydrolyse enzymatique des osides et polyosides

Cette hydrolyse est réalisée par des **osidase** qui sont spécifiques et dépend:

- ❖ De la nature de l'ose
- ❖ De la configuration anomérique α ou β de la liaison osidique
- ❖ De la dimension des unités attaquées dans le polyoside

Hydrolyse des polyosides lors de la digestion

L'amidon représente la moitié des glucides apportés par l'alimentation chez l'homme. Sa digestion se fait dans le tube digestif grâce à différents enzymes spécifiques.

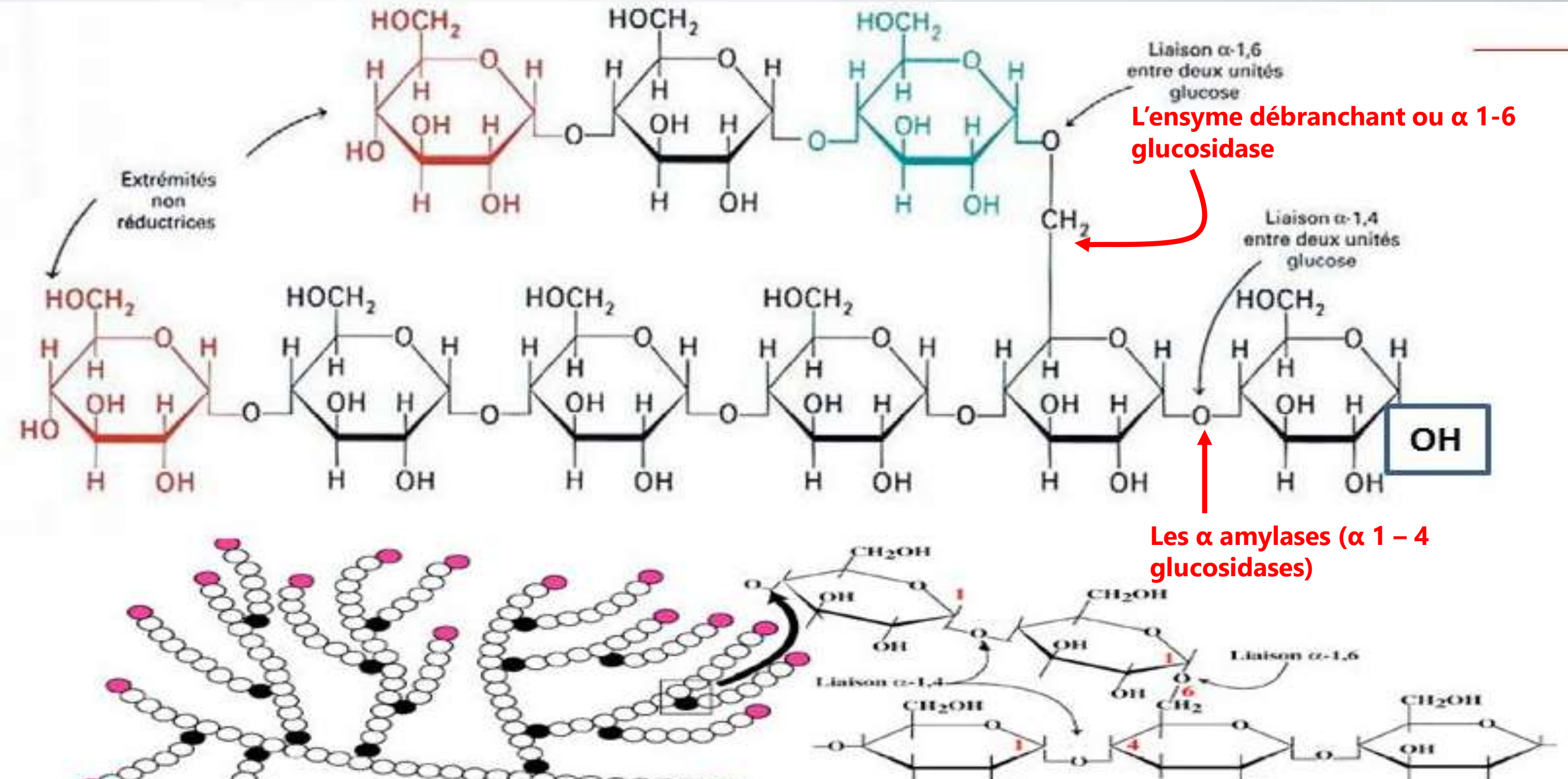
➤ **Les α amylases (α 1 – 4 glucosidases)**

- Elle agit en n'importe quel point de la chaîne sur les liaisons **α 1-4** pour donner des molécules de maltose et des dextrines
- Il existe une amylase salivaire, peu active car elle est inactivée par le pH acide de l'estomac et une amylase pancréatique très active.

➤ **L'enzyme débranchant ou α 1-6 glucosidase**

Il fractionne la liaison **α 1-6** glycosidique, c'est-à-dire les points de branchement. Il est présent dans la bordure en brosse de l'intestin.

Hydrolyse enzymatique des osides et polyosides



Hydrolyse enzymatique des osides et polyosides

Hydrolyse des diholosides

- **La β fructosidase:** (saccharase) hydrolyse le saccharose: ***Glucose* + *Fructose***.
- **La β galactosidase:** (lactase intestinal du nourisson) hydrolyse le lactose: ***Glucose* + *Galactose***.
- **La β glucosidase:** absente chez l'homme, hydrolyse la cellulose.
- **La maltase:** est une α 1-4 glucosidase spécifique qui hydrolyse le maltose en ***2 molécules de glucose***.

Métabolisme des Glucides

Par définition , le métabolisme est l'ensemble des transformations de matière et des échanges d'énergie dont l'être vivant est le siège .Il comporte deux phases concomitantes et inverses:

L'Anabolisme et le Catabolisme

- ❖ **L'Anabolisme** : ou assimilation (synthèse)
 - correspond à la synthèse de la matière vivante et des réserves c'est-à-dire à l'élaboration de molécules complexes à partir d'éléments ou de molécules simples.
 - Phase qui nécessite apport d'énergie suffisant
- ❖ **Le Catabolisme** : ou Dégradation de molécules complexes dont il résulte la formation de résidus et une production plus ou moins importante d'énergie

Exemple :

- La dégradation du glycogène musculaire en acide lactique et son oxydation en CO_2 et H_2O lors d'une contraction s'accompagne d'une libération d'énergie et parfois d'un travail ➡ c'est du **catabolisme**.
- La resynthèse dans le foie du glycogène à partir d'acide lactique musculaire transporté par le sang représente de **l'anabolisme**.

Ces deux étapes entrent dans le Métabolisme Glucidique.

La glycolyse et la glycogenolyse représentent les voies principales de la dégradation par ordre du glucose et du glycogène. Elle se déroule dans le **cytosol**. Ce mécanisme donne comme produit final le **pyruvate**

La Glycogénolyse:

C'est la dégradation du glycogène pour la production d'énergie (G6P). Elle représente le premier mécanisme correcteur (plus rapide) de l'hypoglycémie. Elle se fait grâce à deux enzymes:

- **Enzyme débranchante;**
- **Glycogène phosphorylase:** activé par l'**AMP cyclase** et le **glucagon** dans le foie, et par l'**adrinaline** et le **glucagon** dans le muscle.

La glycolyse ou voie d'Embden- Meyerhof ne **nécessite pas** la présence d'**O₂** elle est dite glycolyse **anaérobie**.

Elle représente la principale voie de dégradation du glucose en pyruvate par une succession de **10** réactions.

Ces réactions se déroulent en trois phases principales:

- 1- Phosphorylation des Héxoses:** Phase d'activation nécessite de l'énergie
- 2- Formation des trioses phosphates(C3)** par scission de la molécule de fructose biphosphate (C6)
- 3- Les oxydations anaérobies** conduisant au pyruvate,

La glycolyse d'une molécule de glucose en consomme 2 ATP et produit 4 ATP + 2 NADH + 2H⁺

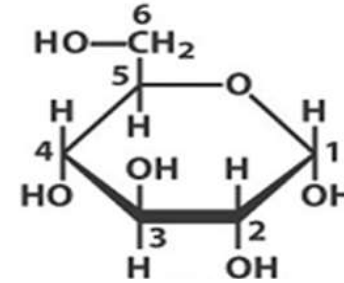
Le bilan total = 2 ATP + 2 NADH + 2 H⁺

Cytosol

1- Phosphorylation des
Héxoses

2 – Formation des trioses
phosphates

Glucose

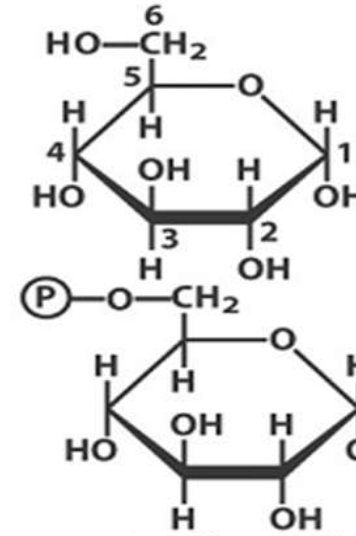
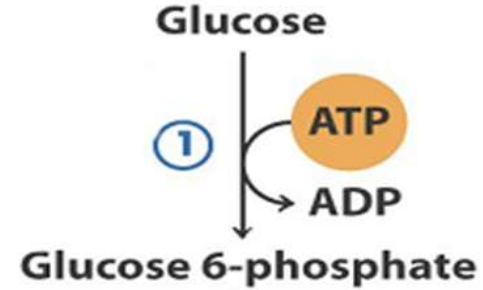


① Hexokinase

Cytosol

1- Phosphorylation des
Héxoses

Irréversible

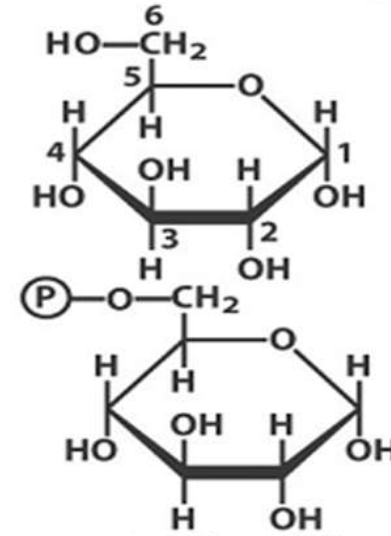
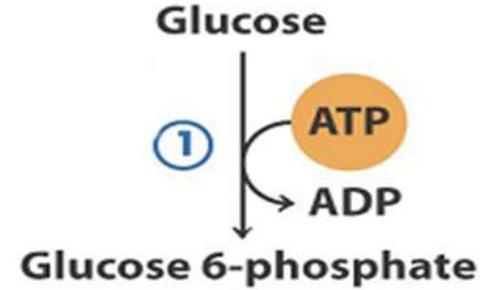


① Hexokinase

2 – Formation des trioses
phosphates

Cytosol

1- Phosphorylation des Héxoses



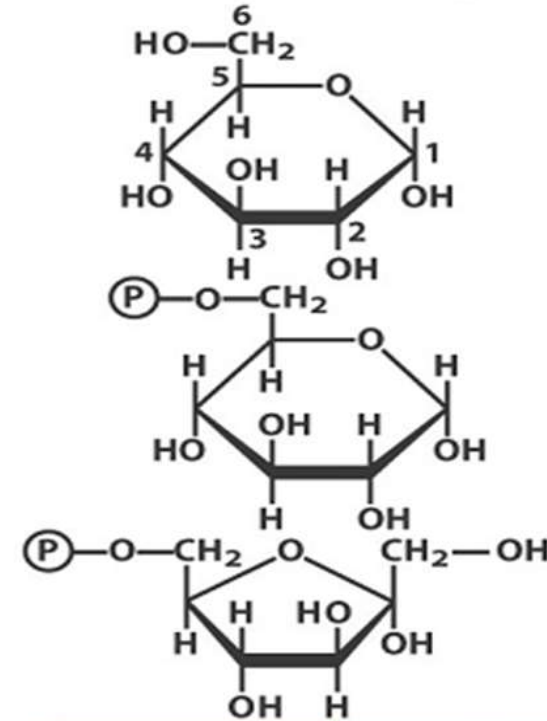
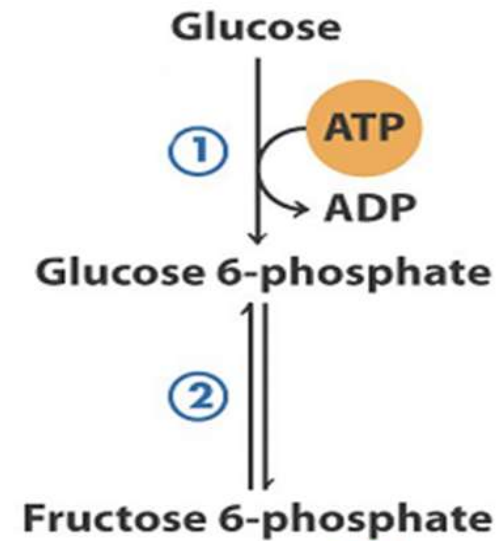
① Hexokinase

② Phosphohexose
isomerase

2 – Formation des trioses phosphates

Cytosol

1- Phosphorylation des Héxoses



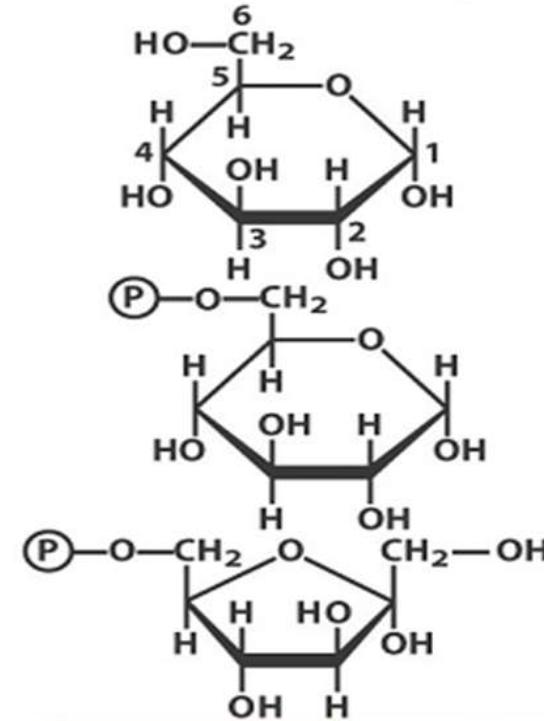
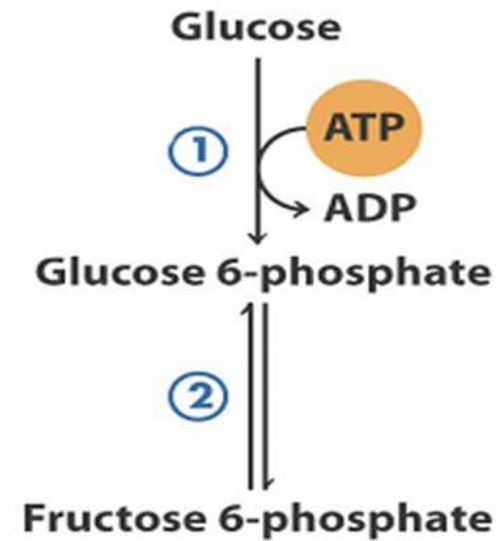
① Hexokinase

② Phosphohexose
isomerase

2 – Formation des trioses phosphates

Cytosol

1- Phosphorylation des Héxoses

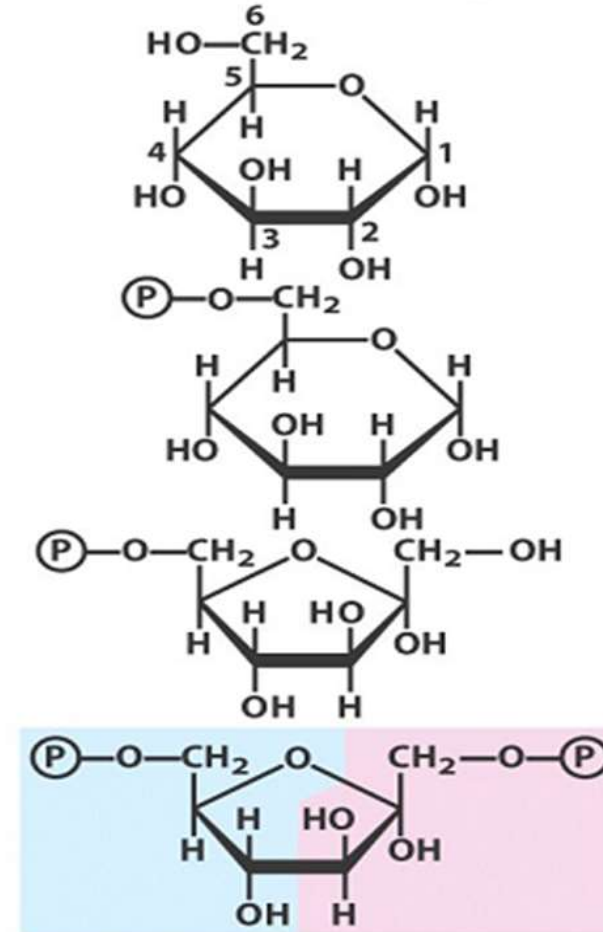
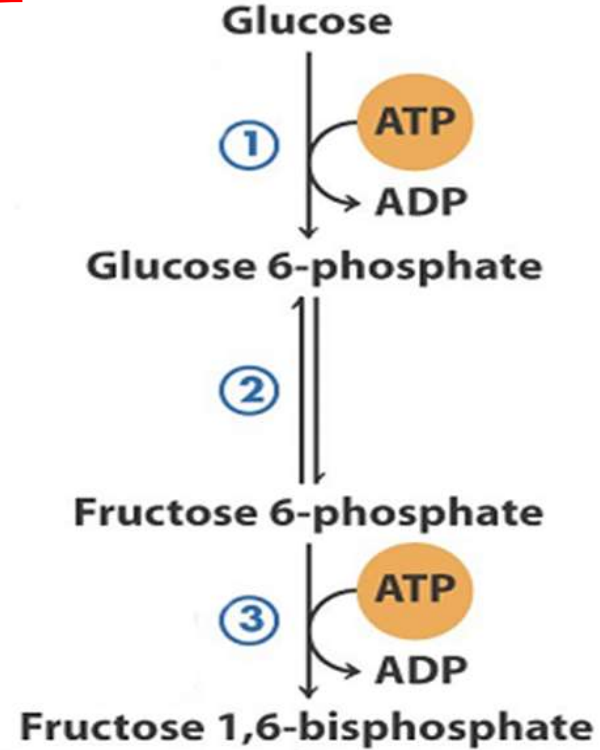


- ① Hexokinase
- ② Phosphohexose isomerase
- ③ Phospho-fructokinase-1

2 – Formation des trioses phosphates

Cytosol

1- Phosphorylation des Héxoses

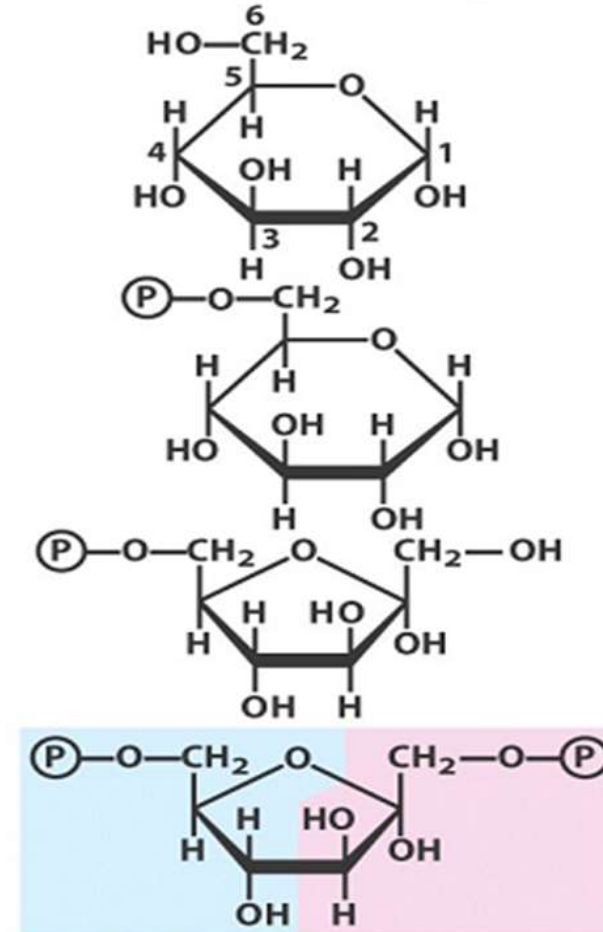
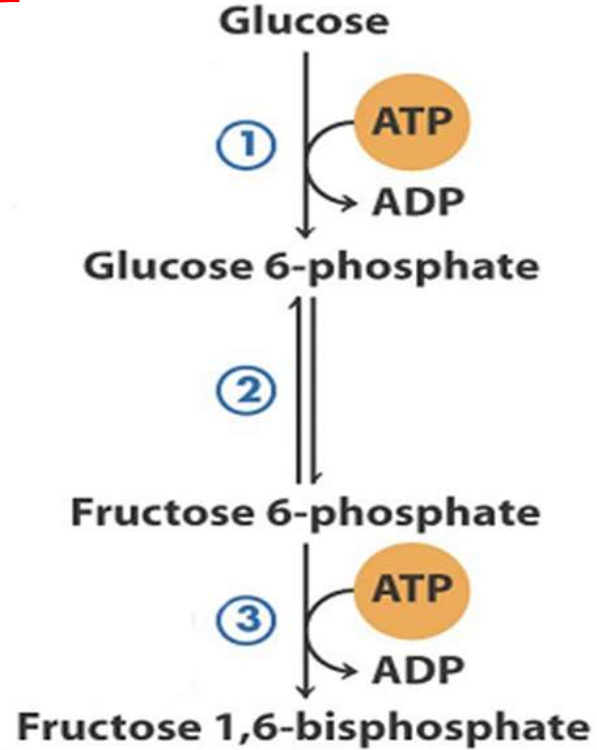


- ① Hexokinase
- ② Phosphohexose isomerase
- ③ Phospho-fructokinase-1

2 – Formation des trioses phosphates

Cytosol

1- Phosphorylation des Héxoses



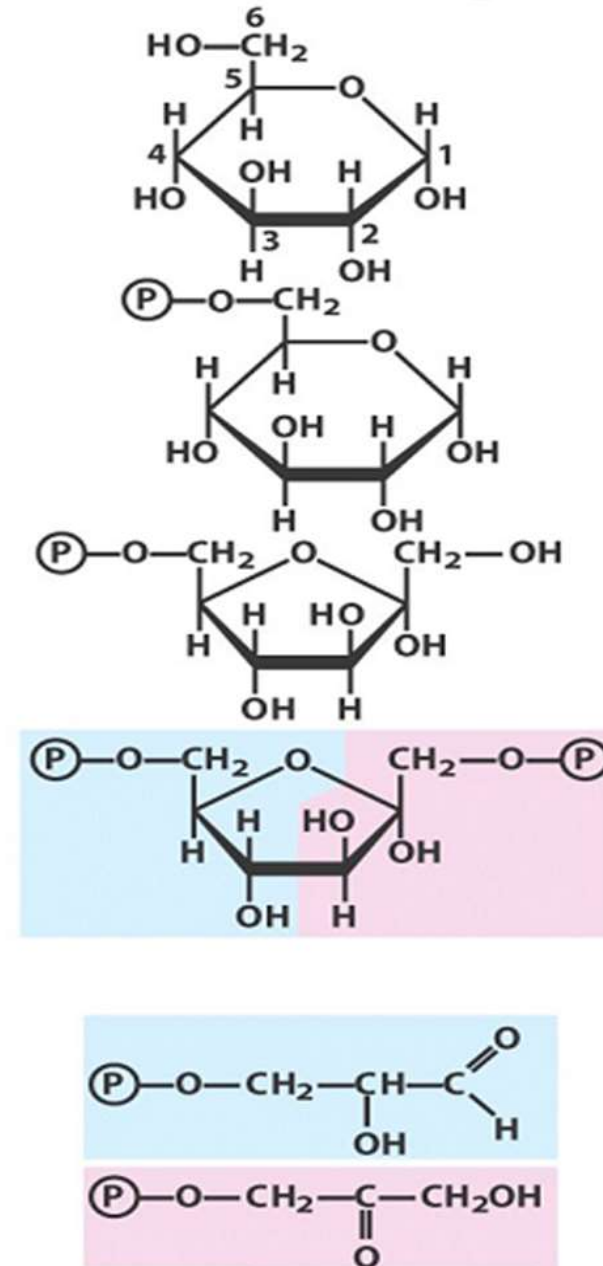
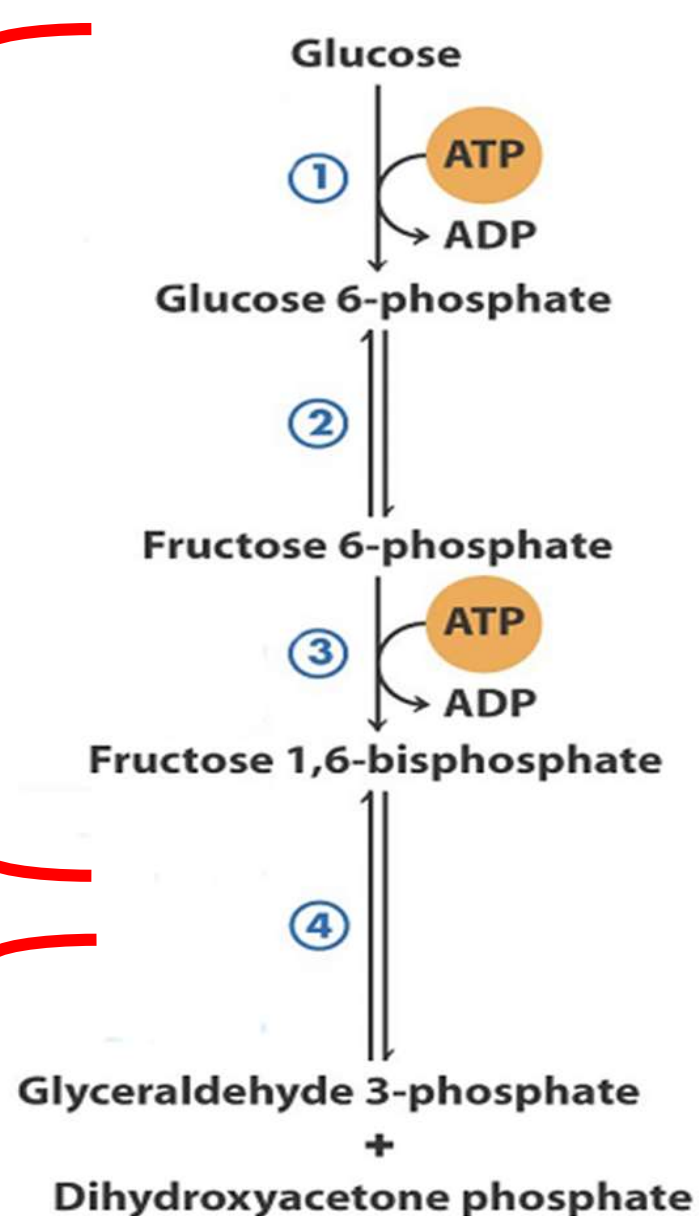
- ① Hexokinase
- ② Phosphohexose isomerase
- ③ Phospho-fructokinase-1
- ④ Aldolase

2 – Formation des trioses phosphates

Cytosol

1- Phosphorylation des Héxoses

2 – Formation des trioses phosphates



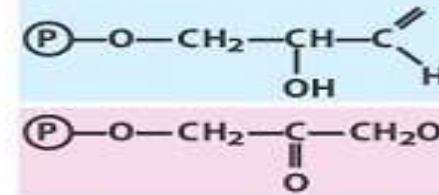
- ① Hexokinase
- ② Phosphohexose isomerase
- ③ Phospho-fructokinase-1
- ④ Aldolase

Cytosol

Glyceraldehyde 3-phosphate

+

Dihydroxyacetone phosphate



⑤ Triose
phosphate
isomerase

3- Les oxydations
anaérobies

Cytosol

Glyceraldehyde 3-phosphate

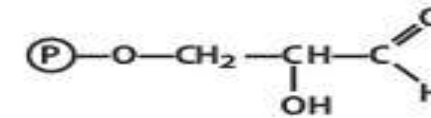
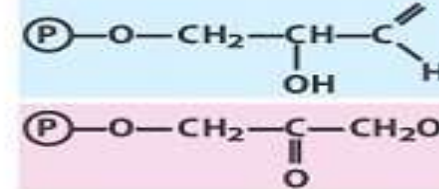
Dihydroxyacetone phosphate

(5)

(b)

Glyceraldehyde 3-phosphate

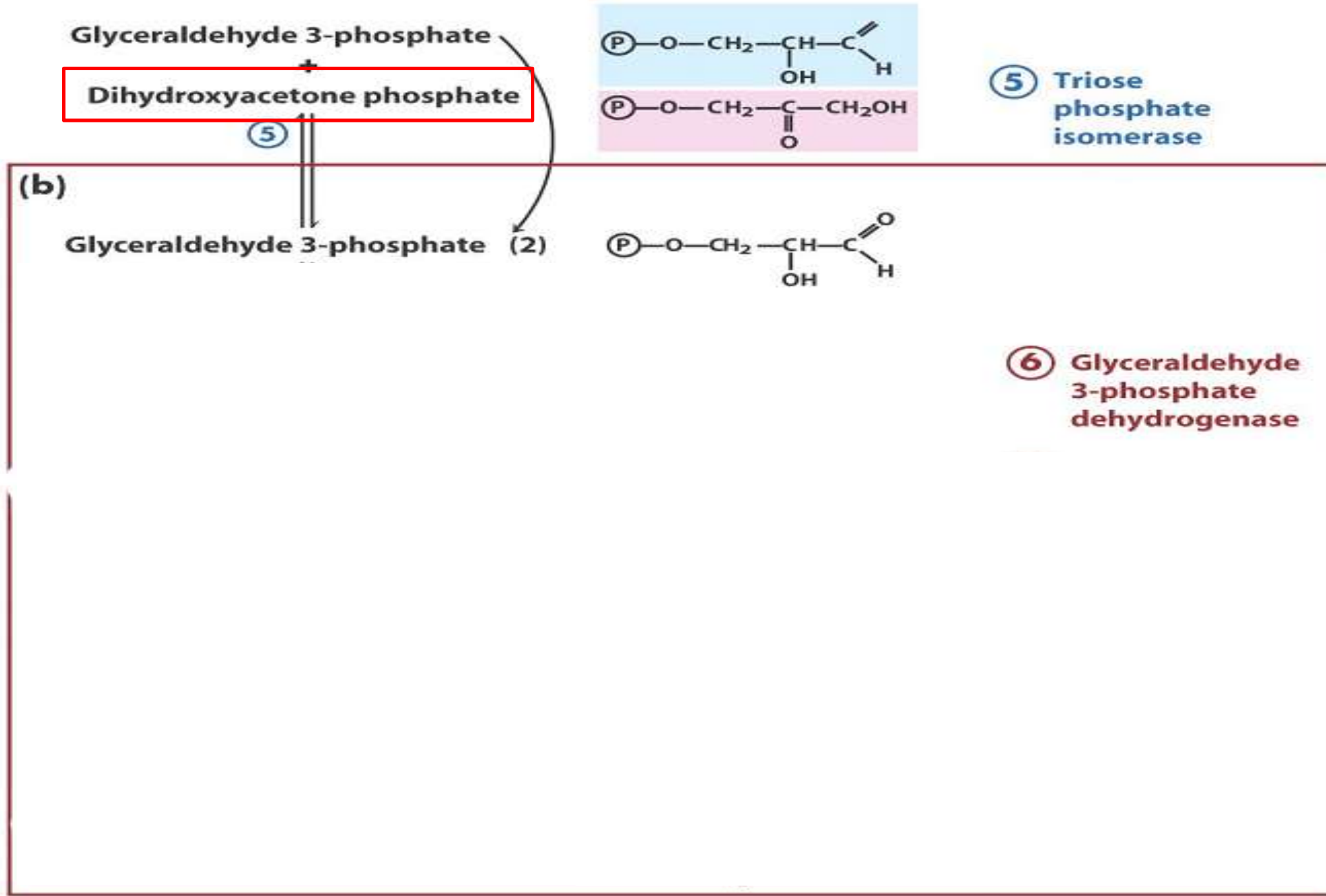
(2)



3- Les oxydations anaérobies

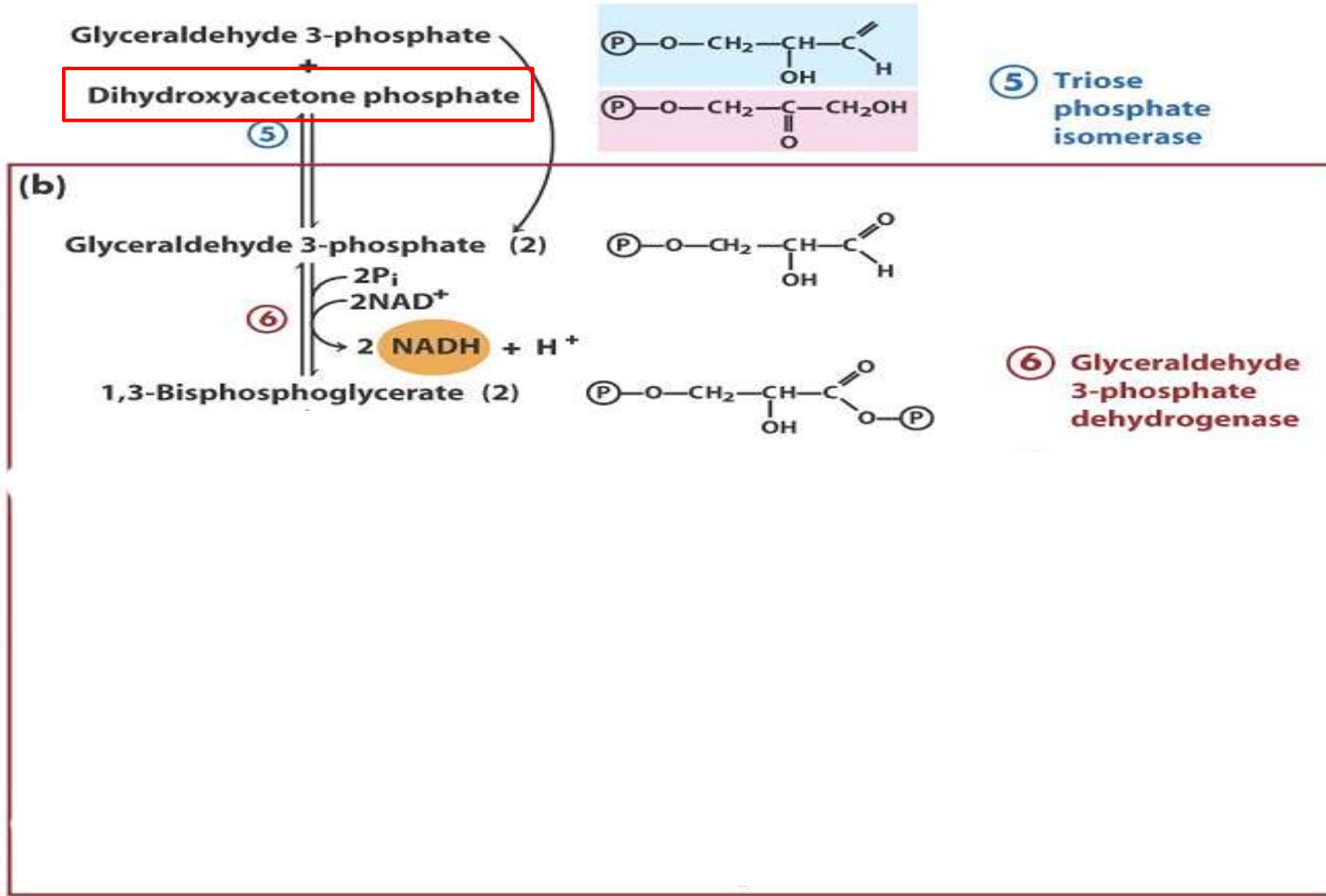
Cytosol

3- Les oxydations anaérobies



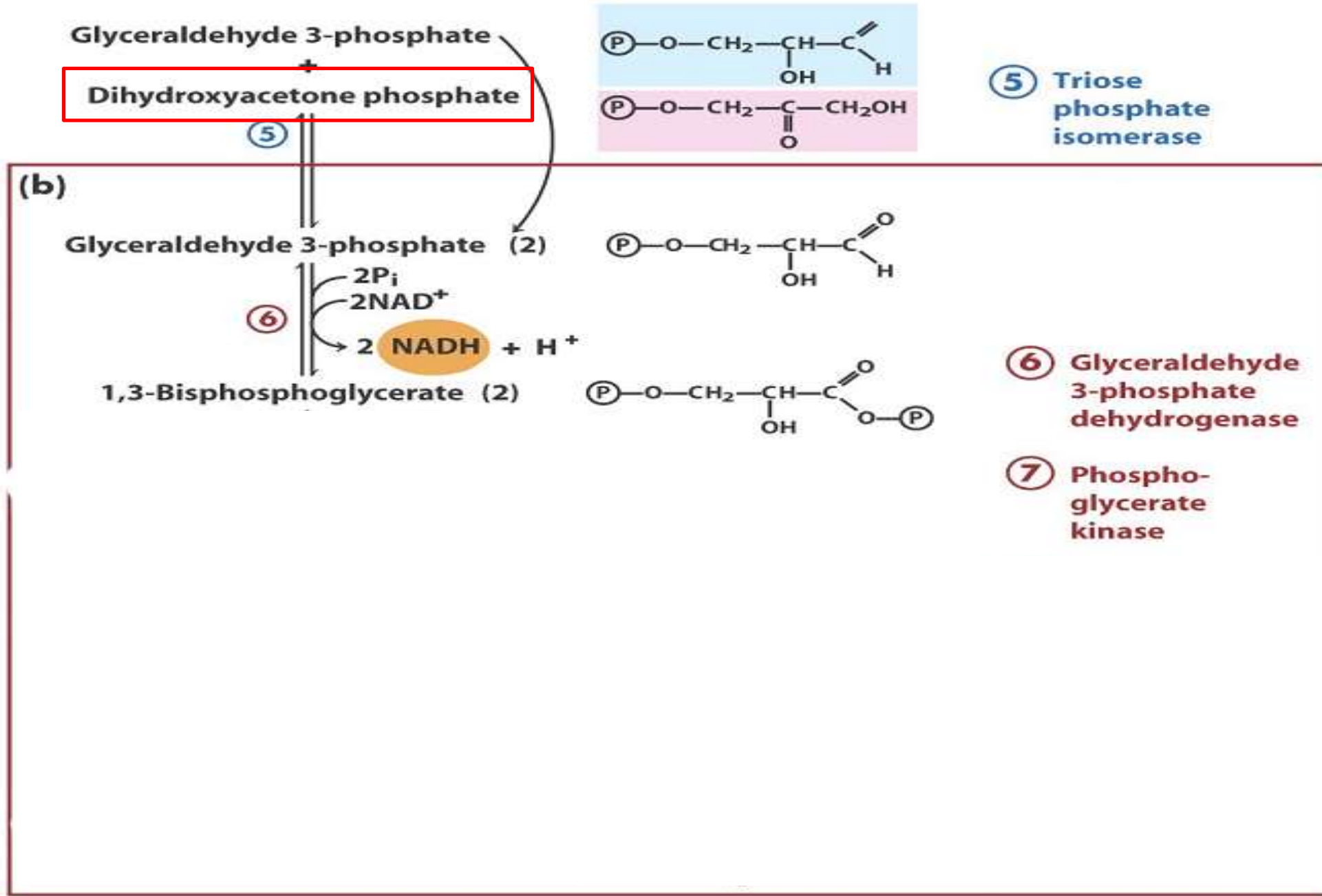
Cytosol

3- Les oxydations anaérobies



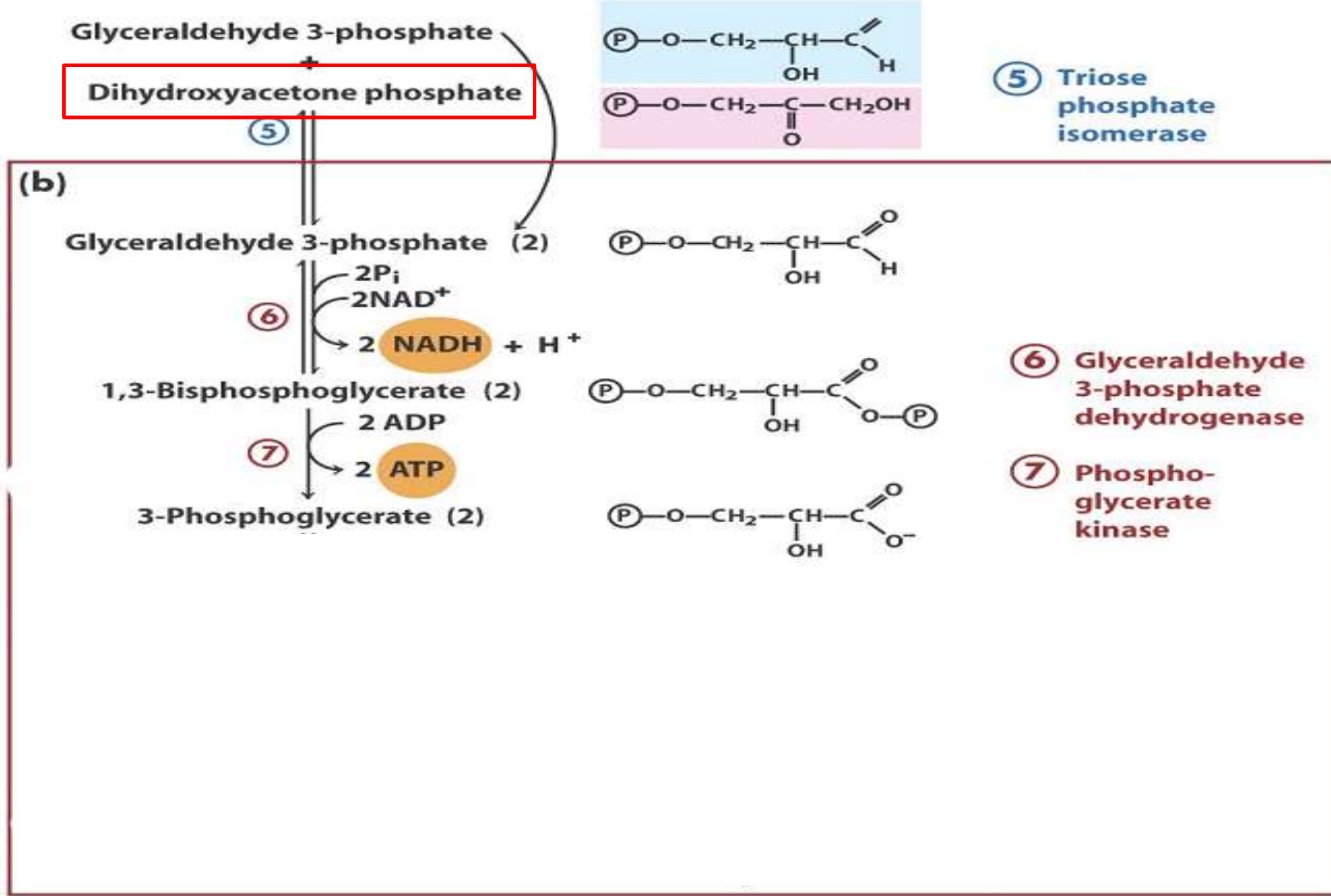
Cytosol

3- Les oxydations anaérobies



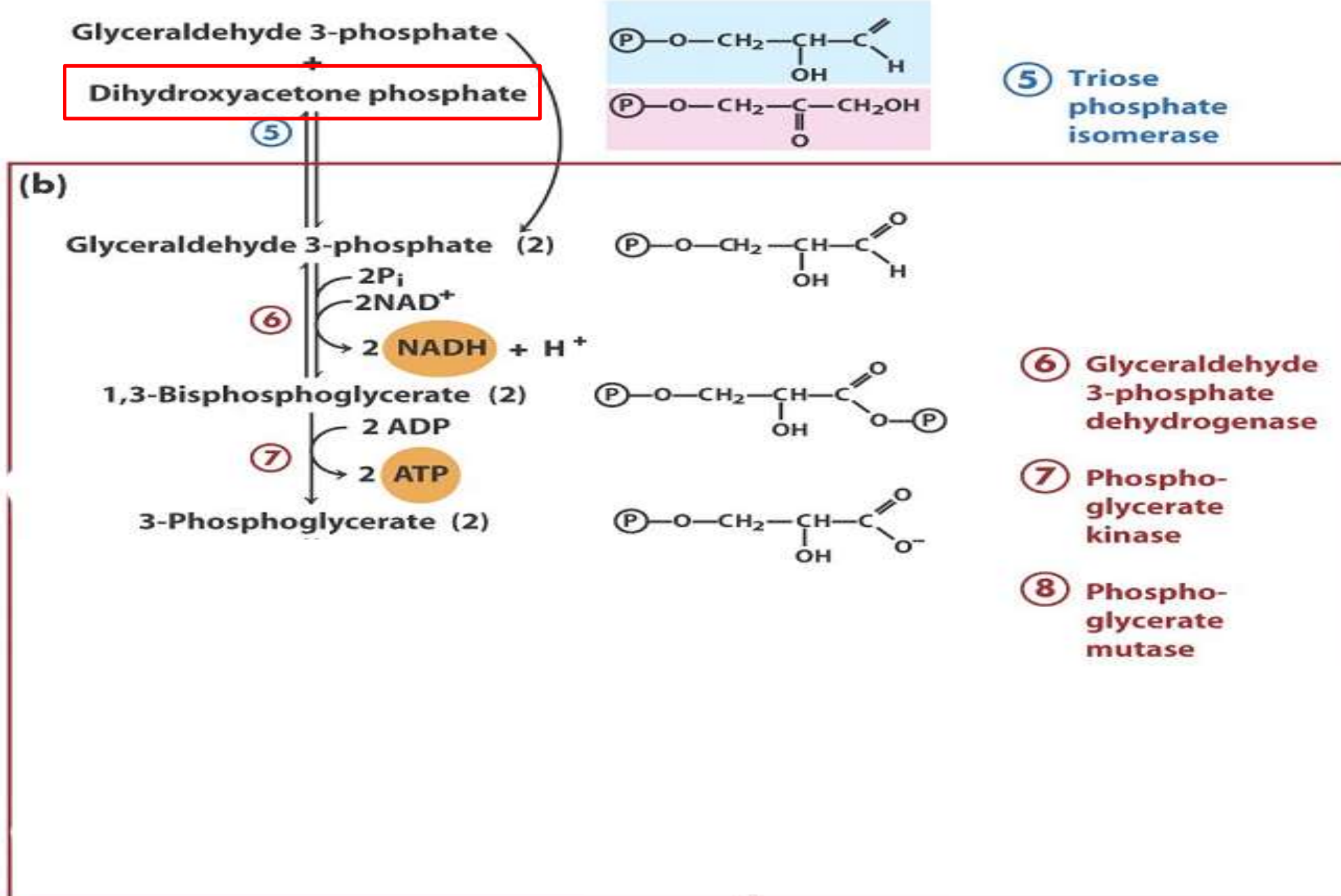
Cytosol

3- Les oxydations anaérobies



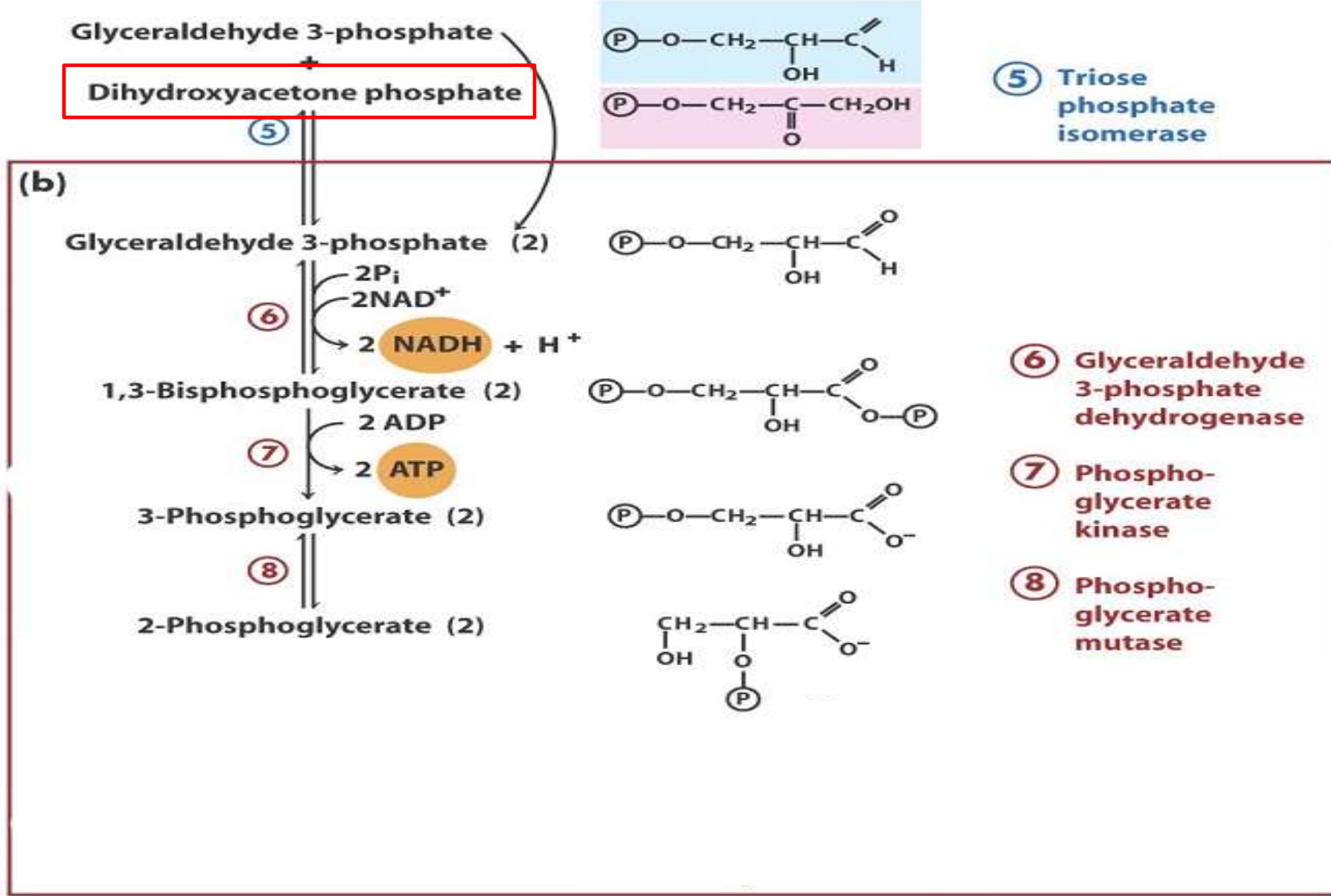
Cytosol

3- Les oxydations anaérobies



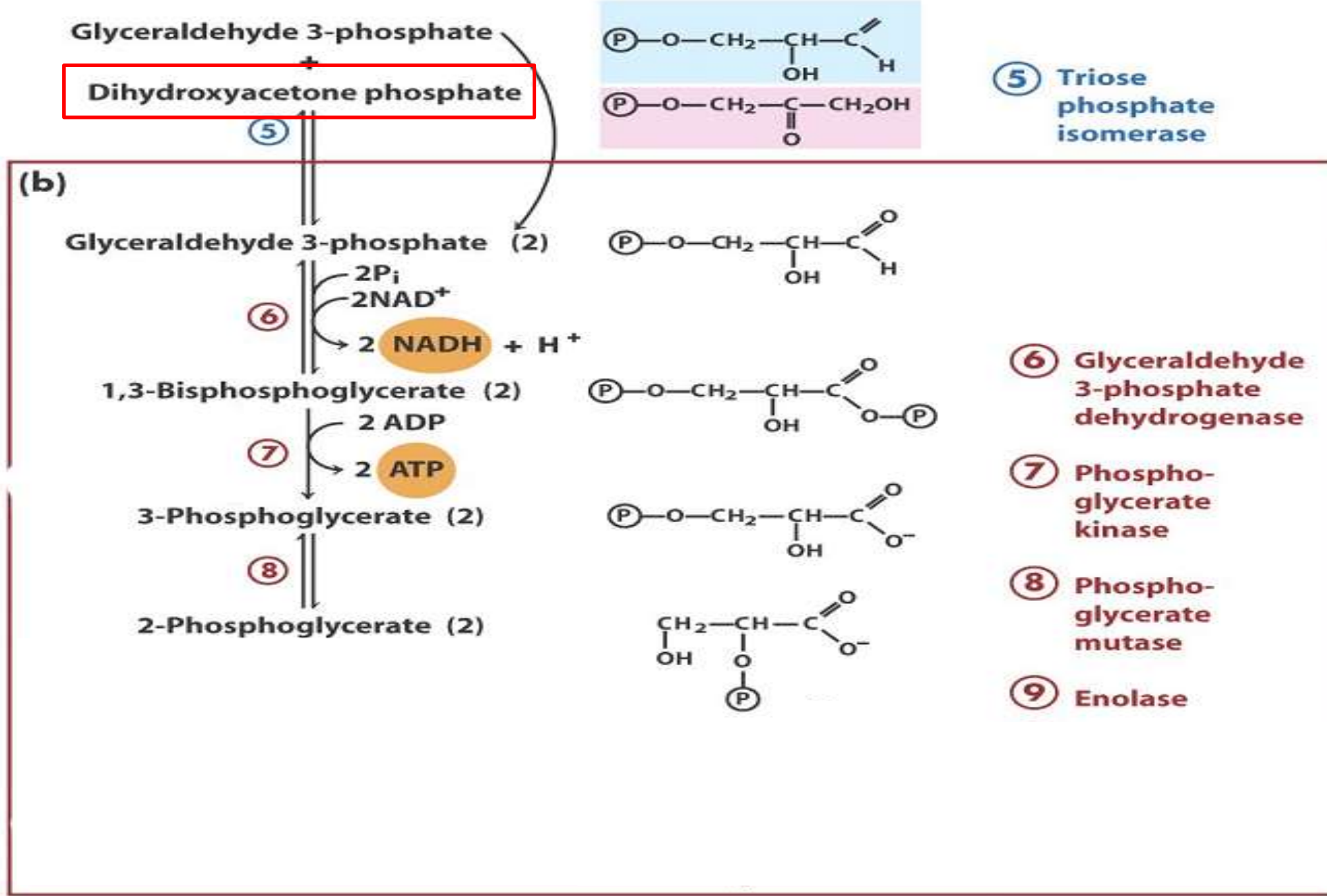
Cytosol

3- Les oxydations anaérobies



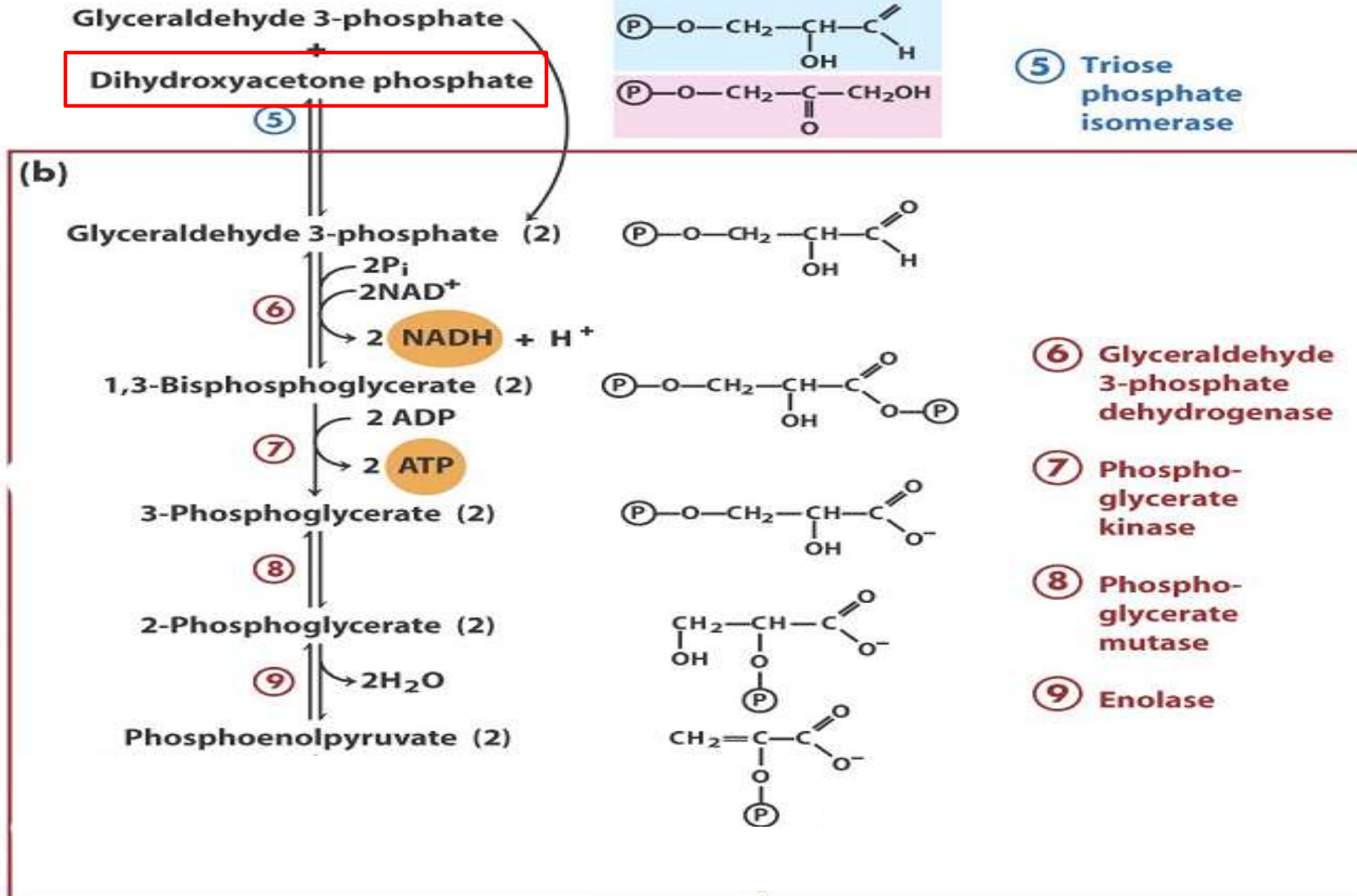
Cytosol

3- Les oxydations anaérobies



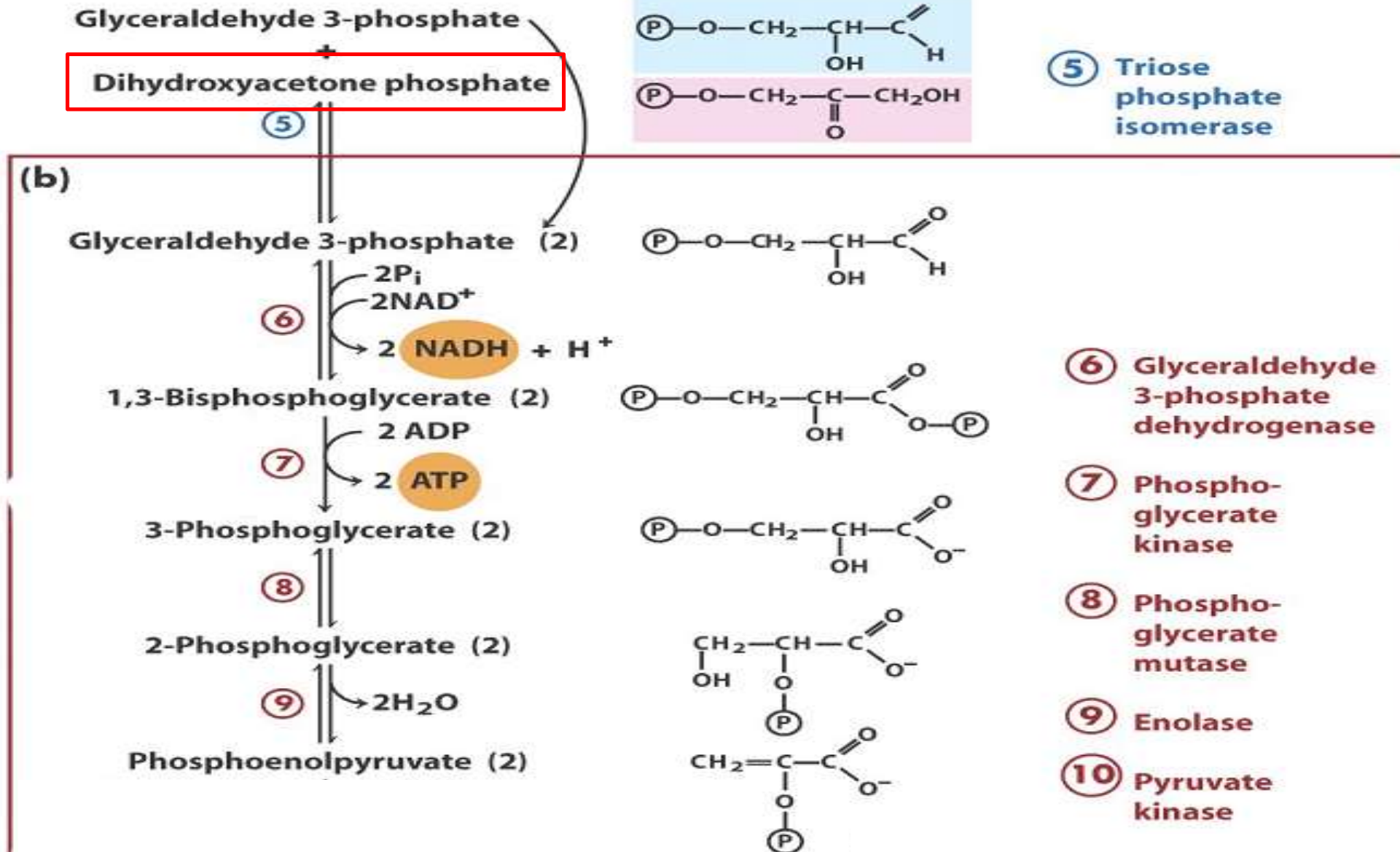
Cytosol

3- Les oxydations anaérobies



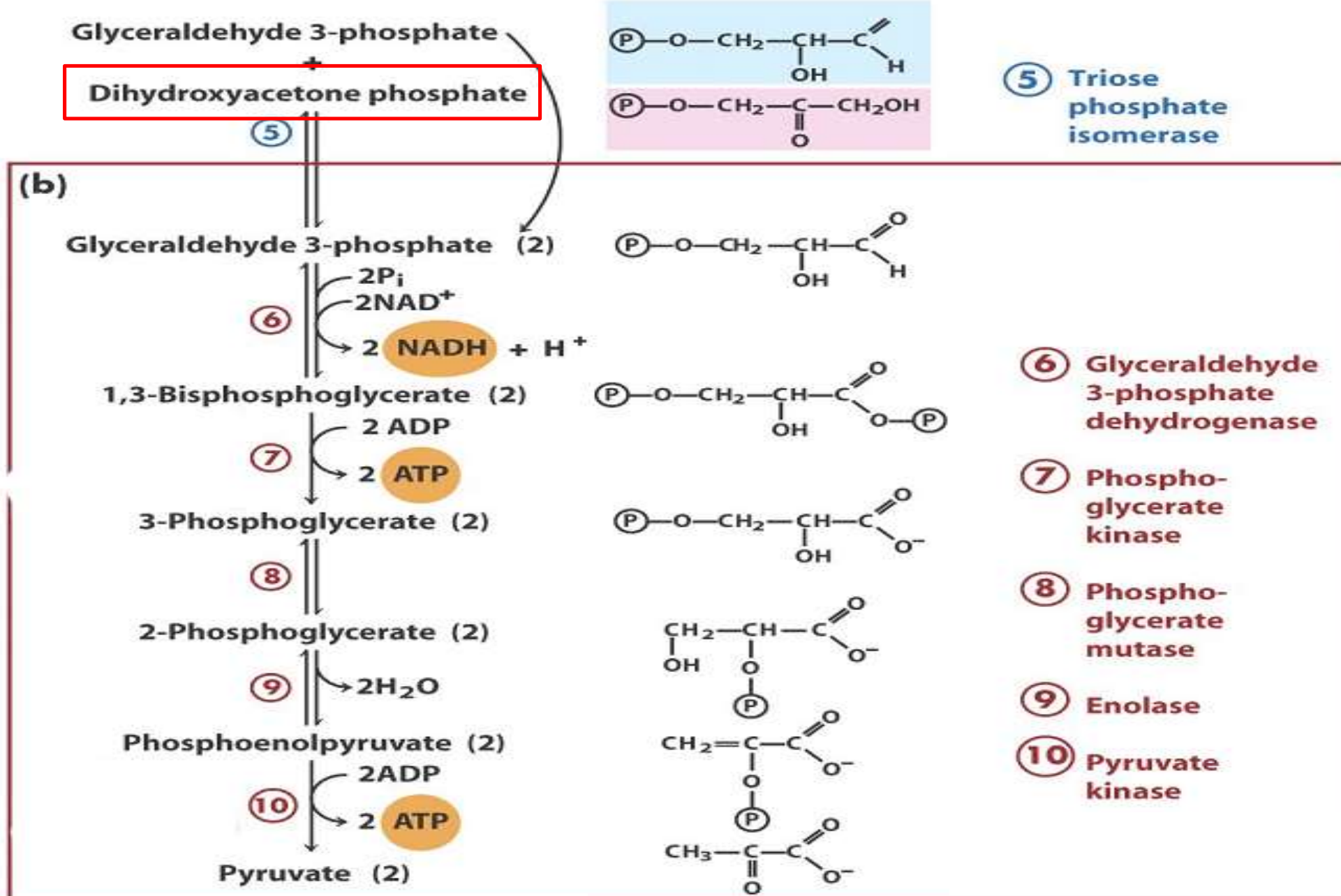
Cytosol

3- Les oxydations anaérobies



Cytosol

3- Les oxydations anaérobies

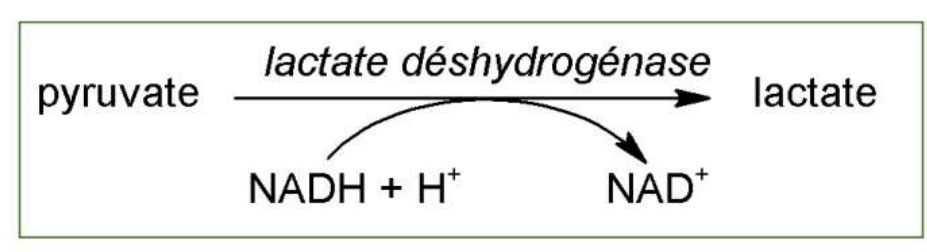


Le devenir du pyruvate

1-En anaérobiose (Absence d'O₂)

En anaérobiose, le pyruvate se transforme en lactate grâce à l'enzyme **LDH** (lactate déshydrogénase) qui a une action **réversible**. Cette réaction se déroule dans le muscle et les globules rouges

le bilan est 2 ATP



2- Dégradation oxydative:

La dégradation oxydative a lieu dans la **mitochondrie**, et ce en présence d'O₂.

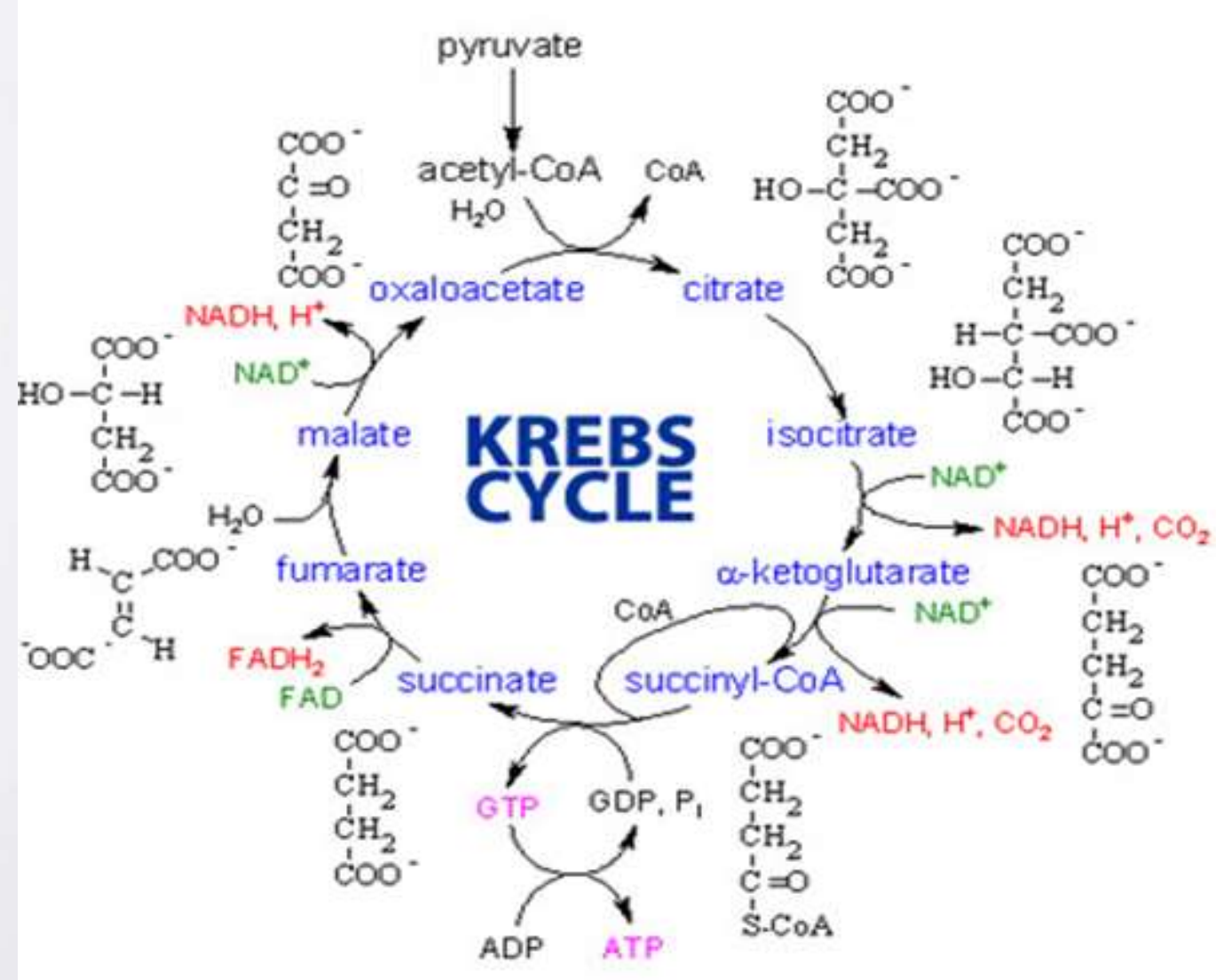
Suite à la glycolyse les deux pyruvates, formés à partir d'une molécule de glucose, auront plusieurs destinées:

- ❖ En aérobie (présence d'O₂), le pyruvate aura différents devenirs suivant les besoins de l'organisme: le pyruvate entrera dans la mitochondrie pour être transformé en **ACoA** (Acétylcoenzyme A). Cette étape sera responsable de la synthèse d'un **NADH, H⁺**.

L'ACoA aura lui aussi plusieurs destinées:

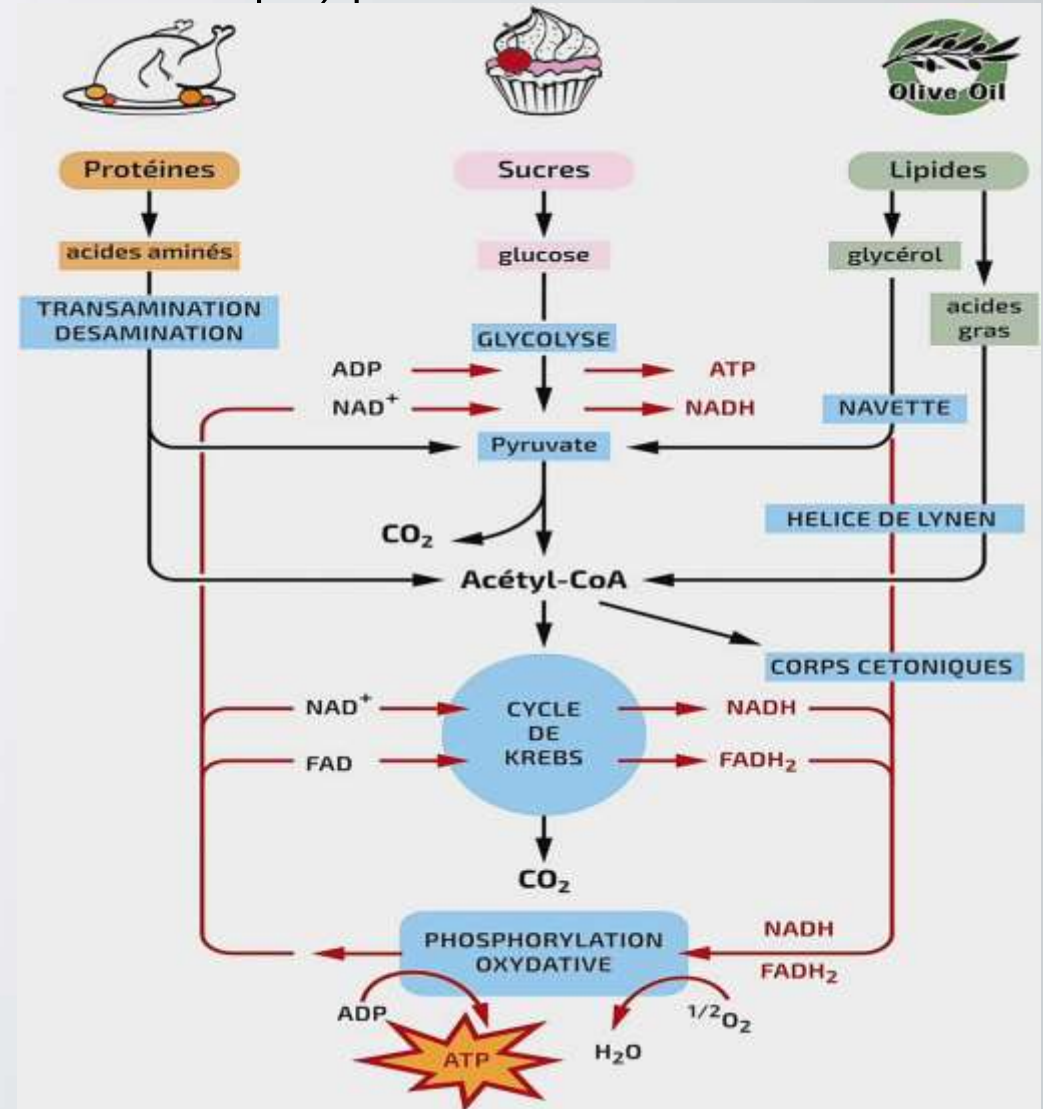
- Il entrera dans le cycle de Krebs;
- Il jouera le rôle de précurseurs pour les réaction de synthèse (comme le métabolisme des lipides);
- Le pyruvate pourra également jouer un rôle dans la synthèse d'acides aminés

Le cycle de Krebs est la voie unique du catabolisme aérobie permettant l'oxydation de l'acétyl coA en deux molécules dioxyde de carbone (CO_2). L'acétyl coA (carrefour métabolique) provient de :



Le cycle de Krebs est la voie unique du catabolisme aérobie permettant l'oxydation de l'acétyl coA en deux molécules dioxyde de carbone (CO_2). L'acétyl coA (carrefour métabolique) provient de :

- ❖ *décarboxylation oxydative du pyruvate;*
- ❖ *La β oxydation des acides gras;*
- ❖ *La dégradation de certains aminoacides en CO_2 .*

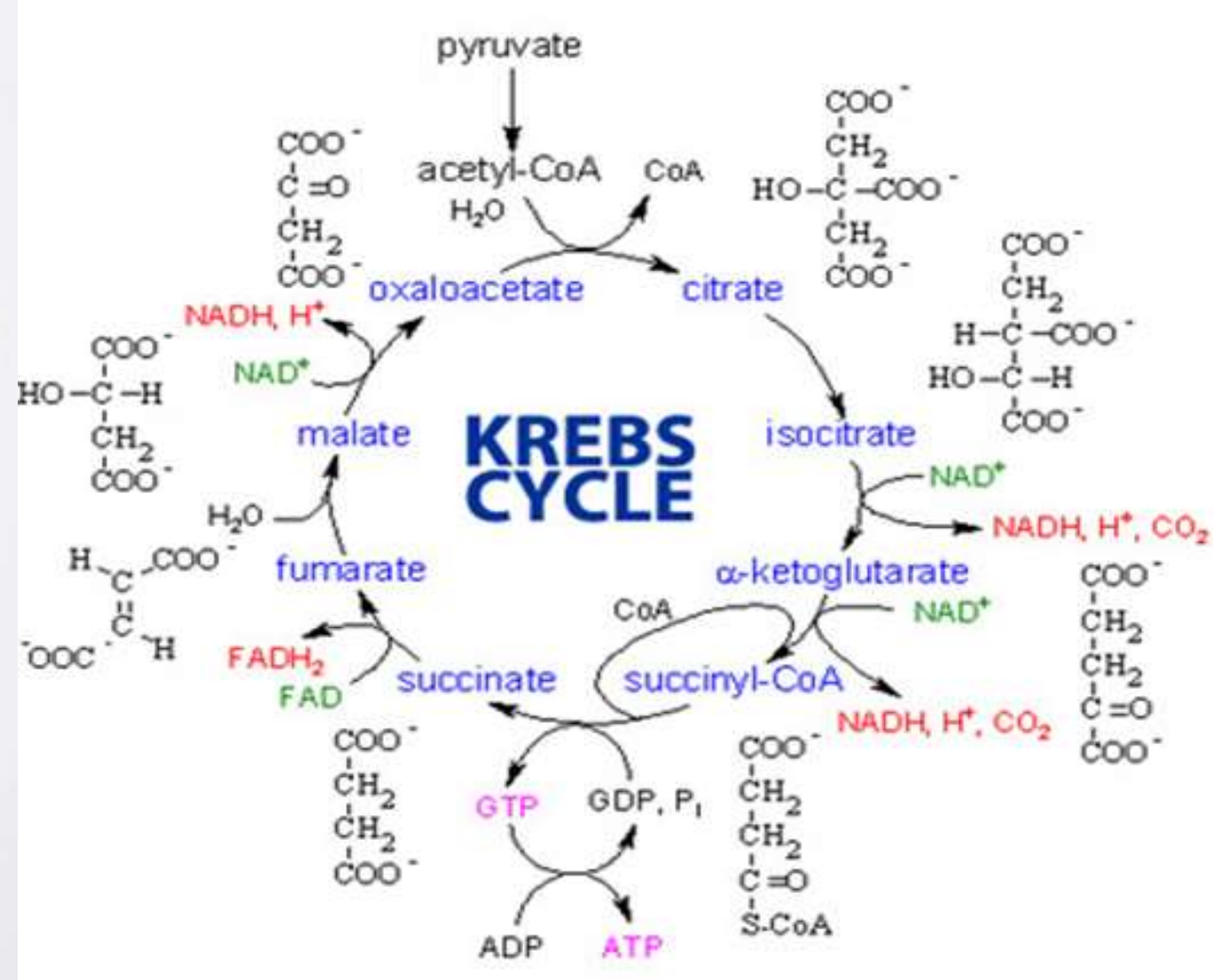
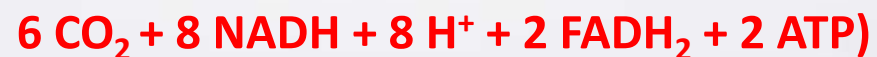
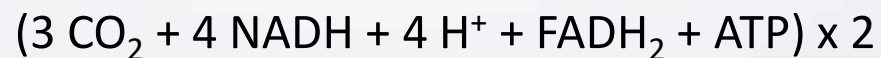


Le cycle de Krebs est la voie unique du catabolisme aérobie permettant l'oxydation de l'acétyl coA en deux molécules dioxyde de carbone (CO_2). L'acétyl coA (carrefour métabolique) provient de :

- ❖ *décarboxylation oxydative du pyruvate*
- ❖ *La β oxydation des acides gras*
- ❖ *La dégradation de certains aminoacides en CO_2*

De ce fait, le cycle de Krebs est une voie commune au catabolisme des glucides, des lipides et des protéines. Parmi les voies d'oxydation cellulaire, l'oxydation de l'acétyl coA est celle qui contribue le plus à la synthèse d'ATP.

Le bilan du cycle:



La chaîne respiratoire (la phosphorylation oxydative)

le **NADH,H⁺** et le **FADH₂** formés par la glycolyse et le cycle de Krebs sont des molécules riches en énergie parce qu'elles possèdent une paire d'électrons ayant un haut potentiel de transfert.

La phosphorylation oxydative, désigne le processus par lequel de l'ATP est formé, lorsque des électrons sont transférés du **NADH,H⁺** ou du **FADH₂** à l'oxygène (**O₂**), par une série de transporteurs d'électrons situés dans la membrane interne de la mitochondrie. Les NADH,H⁺ et le FADH₂ sont oxydés par la chaîne de transport d'électrons générant ainsi :

- ❖ 3 ATP par molécule de NADH oxydée.
- ❖ 2 ATP par molécule de FADH₂ oxydée.

Bilan énergétique pour une molécule de glucose

La glycolyse:

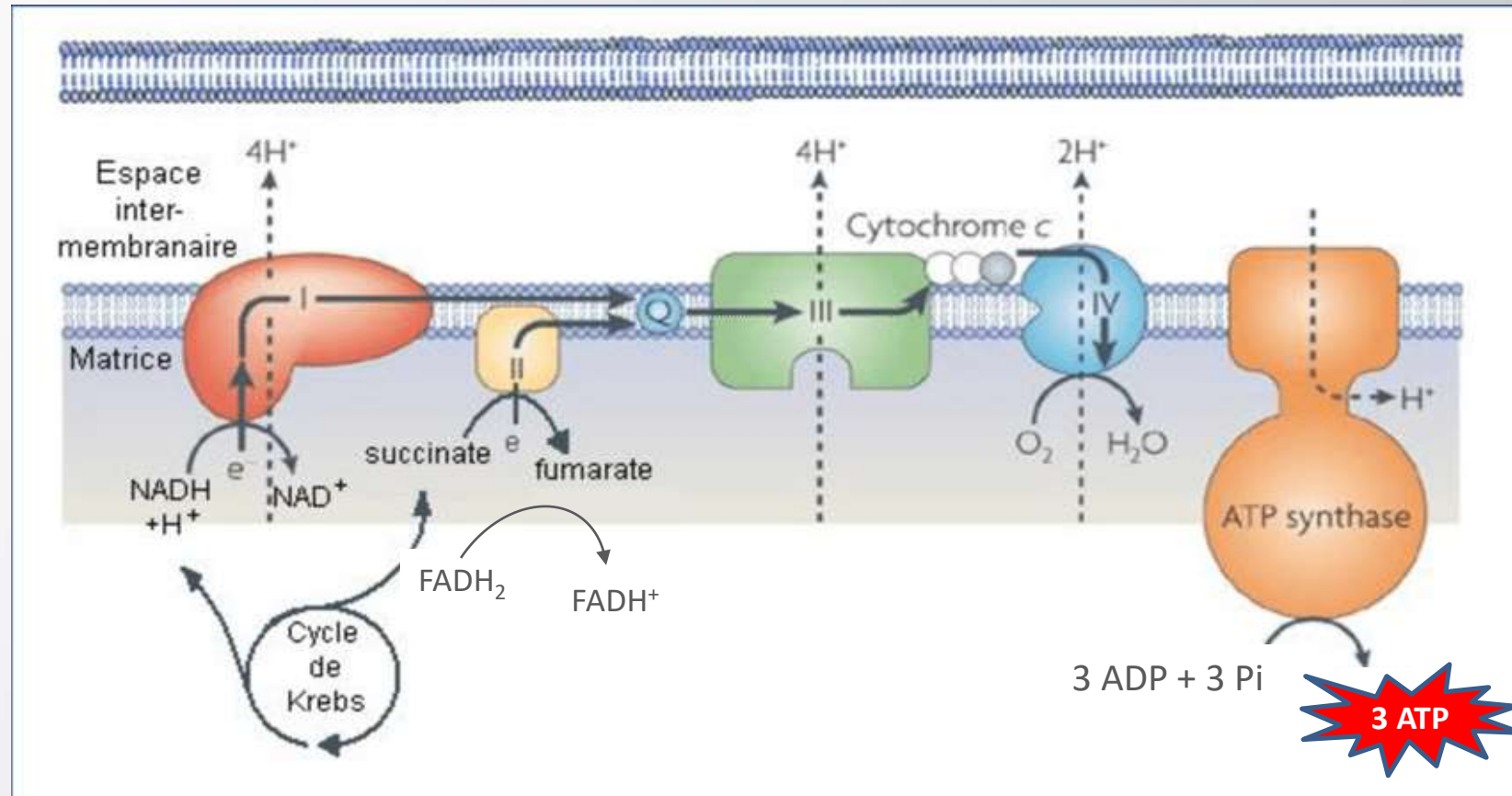
2 ATP + 2 NADH + 2 H⁺

Cycle de Krebs:

6 CO₂ + 8 NADH + 8 H⁺ + 2 FADH₂ + 2 ATP



38 ATP



La glycogénogenèse:

Le glycogène est la réserve animale du glucose. Il est stocké dans le foie et le muscle (pas de stockage dans le cerveau).

❖ **Rappel:** sur le plans structural, le glycogène présente des liaisons α (1-4) de glucose avec des branchements α (1-6).

Il existe deux enzymes responsables de la synthèse du glycogène:

- **Enzyme branchante:** amilo (1,4) transglucosidase; elle est responsable de la synthèse des branchements α (1-6)
- **Glycogène synthétase:** responsable de la synthèse des branchements α (1-4).
- ❖ **Remarque:** il y a 10 à 12 fois de liaisons α (1-6) que les liaisons α (1-4)

Néoglucogenèse:

La néoglucogenèse permet la production de glucide à partir de **précurseurs non glucidique**.

Elle est réalisée au niveau du **cytosol**, majoritairement au niveau du **foie** mais également au niveau du **rein**.

Elle est activée lors de jeûne prolongé, lorsque les nutriment apportés par la nutrition ainsi que les stocks de glycogène ne permettent plus de satisfaire les besoins énergétiques de l'organisme. On observe dans cette situation un **manque d'ATP** ainsi que **excès d'AMP**.

Les précurseurs non glucidiques sont de différents types:

Le **lactate** formé au niveau des muscles et transformé en pyruvate par l'action de la LDH, les **acides-aminés glucoformateurs** (l'alanine, la sérine, cystéine, la thréonine, la glycine, la tyrosine, la phénylalanine et l'isoleucine) provenant de l'alimentation et de la dégradation des protéines des muscle squelettiques, les **corps cétoniques** et le **glycérol** provenant de la dégradation des triglycérides au niveau des cellules adipeuses.

Ces précurseurs sont tout d'abord convertis en des intermédiaires de la glycolyse: **le pyruvate** pour le lactate, les acides aminés et les corps cétoniques; **le dihydroacétone** pour le glycérolé.