


Intitulé de la licence	Physiologie Animale	
Module	Structure, biosynthèse et fonction des complexes biologiques	
Unité d'enseignement	Transversale	
Crédits	4	
Coefficient	2	
Enseignante	Dr. NABTI.D	
Horaire	Théorie : Mercredi 20 /10/2016 au Décembre 2016 Salle : 61 42 heures TD+Cours	

CHAPITRE 2 : STRUCTURE, BIOSYNTHESE ET FONCTION DES COMPLEXES FORMÉS AVEC LES GLUCIDES

Introduction

Les glucides ou sucre forment un groupe de biomolécule, tant d'un point de vue qualitatif que quantitatif . Il sont des composés essentiels pour tous les organismes vivants, et sont les molécules biologiques les plus abondantes. Leur formule brute générale : $(C \cdot H_2O)_n$ où $n \geq 3$. Les glucides constituent un ensemble de substances dont les unités de base sont appelés oses qui sont des molécules nécessaire du métabolisme et la biosynthèse des glucides (glucose sanguin). Ces molécules présentent different classes et formules par rapport à des propriétés chimiques.

Objectifs de l'enseignant

- *Familiariser les connaissances de la structure et la fonction des complexes formés avec les glucides.
- *Compléter les connaissances relatives au métabolisme et la biosynthèse des glucides en vue de leur importance biologique.

I. Définition et importance biologique

I.1. Définition :

Elles constituent un ensemble de substances dont les unités de base sont les sucres simples appelés oses ou monosaccharides.

Très répandus dans la matière vivante : 5% poids sec animaux, 70% poids sec végétaux. En les retrouvent dans l'alimentation : pain, sucre, céréales, lait

Ce sont des molécules organiques dont les carbones sont porteurs :

- *de fonctions alcools (alcool secondaire, alcool primaire)
- *d'une fonction aldéhyde ou cétonique (fonction carbonyle)
- * parfois d'une fonction acide ou aminée.

I.2. Importance biologique

Les glucides jouent plusieurs rôles capitaux dans les cellules :

A. Rôle énergétique

- *40 à 50 % des calories apportées par l'alimentation humaine sont des glucides
- *ils servent de réserve énergétique sous forme polymérisée : amidon et glycogène.

B. Rôle structural

Les glucides interviennent comme :

- *Eléments de soutien les mucopolysaccharides chez les animaux supérieurs, la cellulose chez les végétaux.
- *Constituants de molécules fondamentales : acides nucléiques, vitamines, coenzymes et les antibiotiques.

C. Rôle dans la communication cellulaire

- *Ils interviennent comme éléments de reconnaissance et de communication entre cellules : les polysides des groupes sanguins, les polysides antigéniques des bactéries.

II. Classification des glucides

On distingue les oses et les osides.

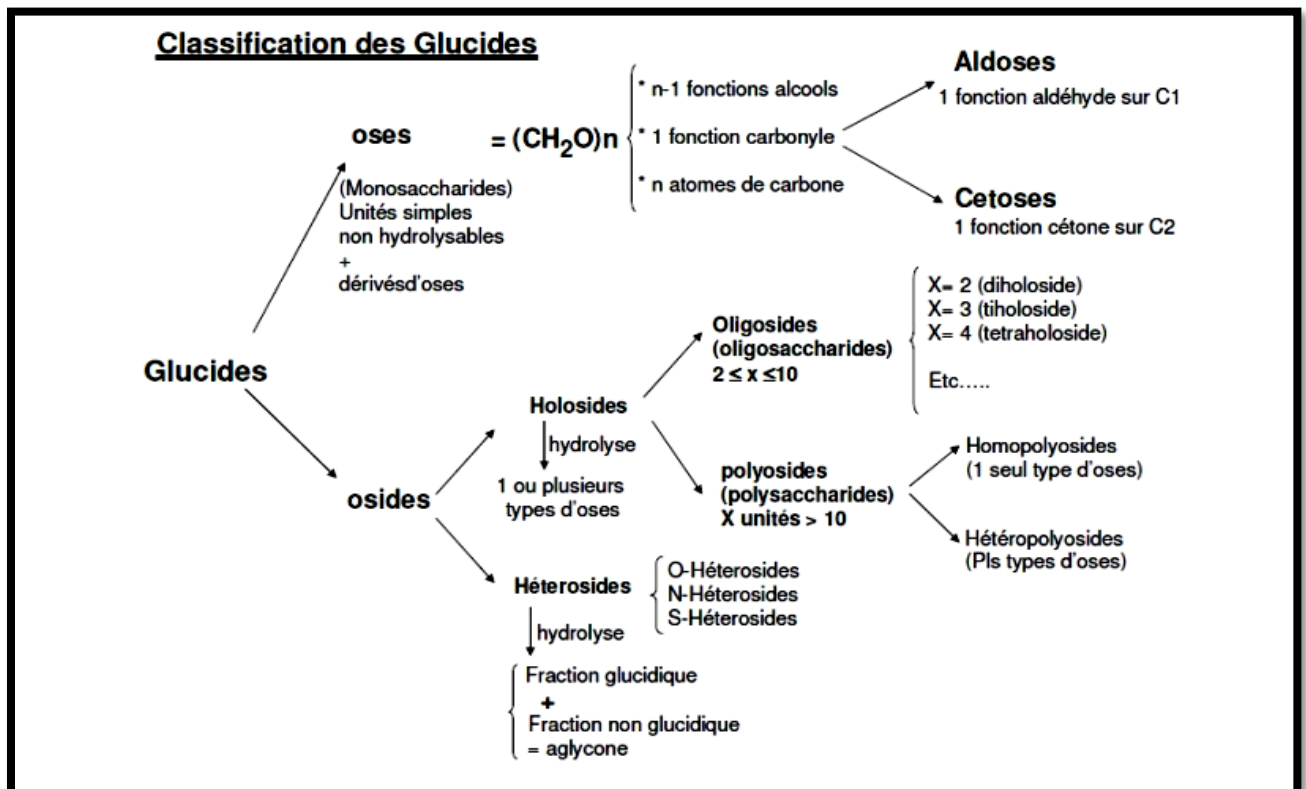


Figure 1 : Classification des glucides.

II.1. Les oses:

II.1.1. Définition

Sont les unités de base des glucides

Un ose comporte une chaîne hydrocarbonée*, possédant 2 types de fonctions :

1 . **une fonction carbonyle** (fonction réductrice) [C=O]

2.**des fonctions alcools**. [-OH]

II.1.2. Classification

La classification des oses repose à la fois sur :

a. La nature de la fonction réductrice

1. **Aldéhyde** → Aldose : possèdent une fonction aldéhyde sur le premier carbone, exemple: glucose et galactose.

2.**Cétone** → Cétose : possèdent une fonction cétone sur le deuxième carbone le plus simple et un cétotriose :la dihydroxyacétone, exemple :le fructose et le cétohexose

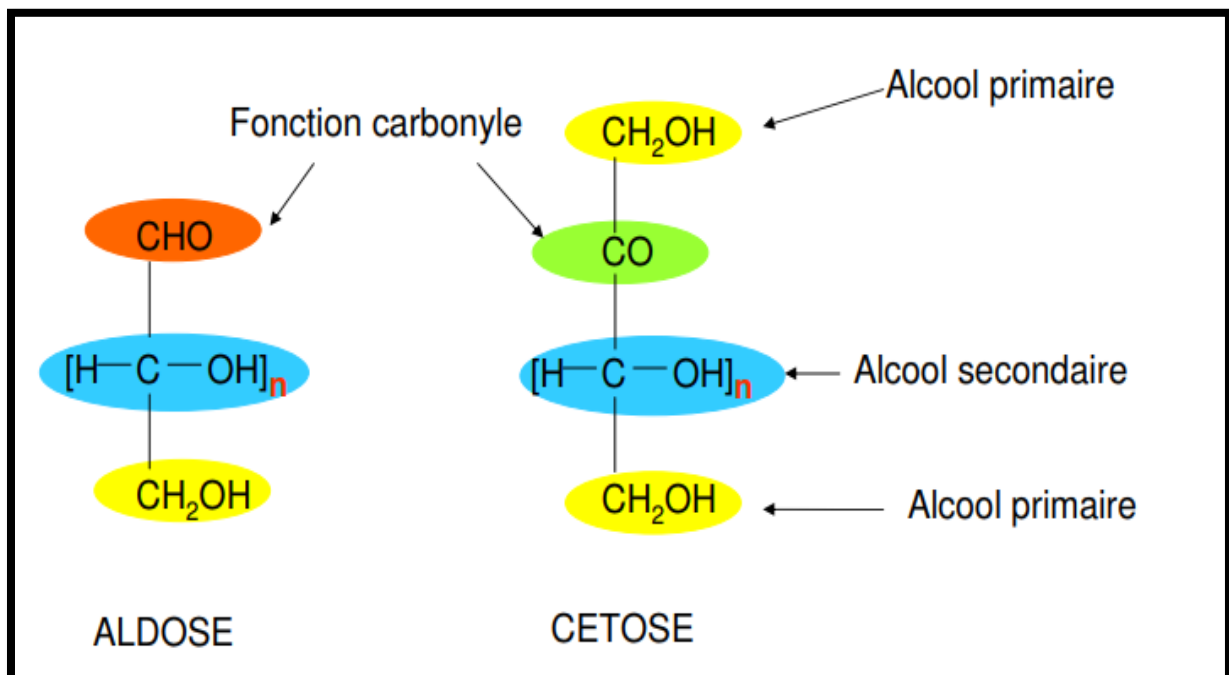


Figure 2: Classification des oses selon la nature de la fonction réductrice .



b. Le nombre d'atomes de carbones de la chaîne : 3C (triose) ; 6C (hexose)

Tableau 1 : La classification des oses selon la nature de la fonction le nombre d'atomes de carbones

	3C TRIOSE*	4C TÉTROSE *	5C PENTOSE*	6C HEXOSE*
Aldose	Aldotriose	Aldotétrade	Aldopentose	Aldohexose
Cétose	Cétotriose	Cétotétrade	Cétopentose	Cétohexose

II.1.3. Isomérisation

***Isomère de fonction** : 2 molécules identiques qui diffèrent par leurs fonctions

***Isomère D/L (série)** : donné par la position du OH du Carbone préterminal

***Enantiomère (is optique)** : 2 molécules identiques, l'une est l'image de l'autre dans 1 miroir

***Épipimères** : 2 oses identiques qui ne diffèrent que par la position d'un seul OH.

Exemple 1 : le D-glucose et le D-mannose sont des épimères en ce qui concerne leur C2 (figure 4).

***Stéréoisomères** : molécules ayant la même formule structurale mais différents dans la configuration : $2^n \rightarrow$ D glucose possède 4 C* et présente donc 16 stéréoisomères (8D et 8L), n=Nombre de carbone asymétrique

***Diastéréoisomères** : tous les stéréoisomères qui ne sont pas énantiomères

***Anomères** : 2 oses cycliques identiques qui diffèrent par la position du OH du C anomères

Exemple 2 :

Le représentant majeur des glucides est le glucose de par :

_ son importance quantitative

_ son rôle biologique*

son intervention dans la structure de nombreux glucides

II.1.4. Représentation et filiation des oses

II.1.4.1. Formule linéaire des oses : modèle de Fischer

* Selon la représentation d'Emile Fischer, la structure d'un ose simple est linéaire, la numérotation des carbones commence par le carbone aldéhydique.

* Dans la forme *D*, le groupe alcool (-OH) porté par le carbone *n-1* est à *droite* (en représentation de Fischer).

* Dans la forme *L*, le groupe alcool porté par le carbone *n-1* est à *gauche* (en représentation de Fischer).

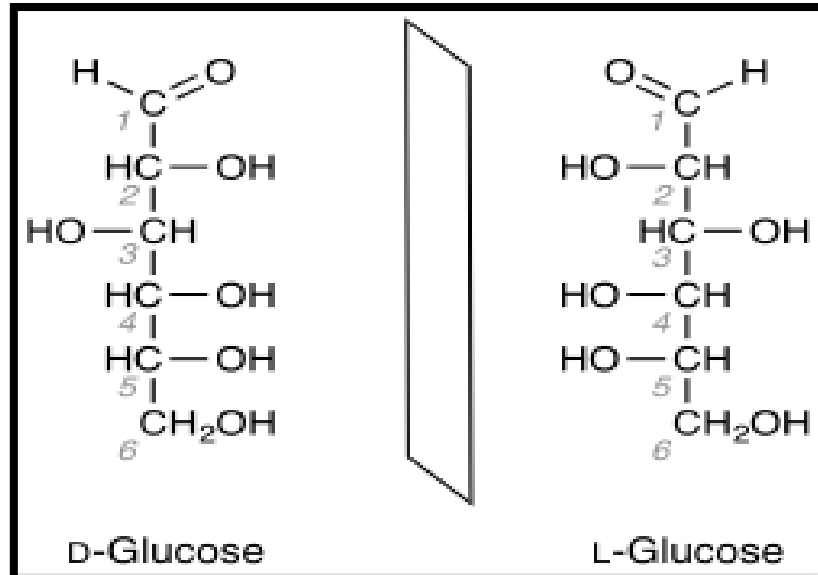


Figure 3 : Configuration selon Fischer du D et L glucose.

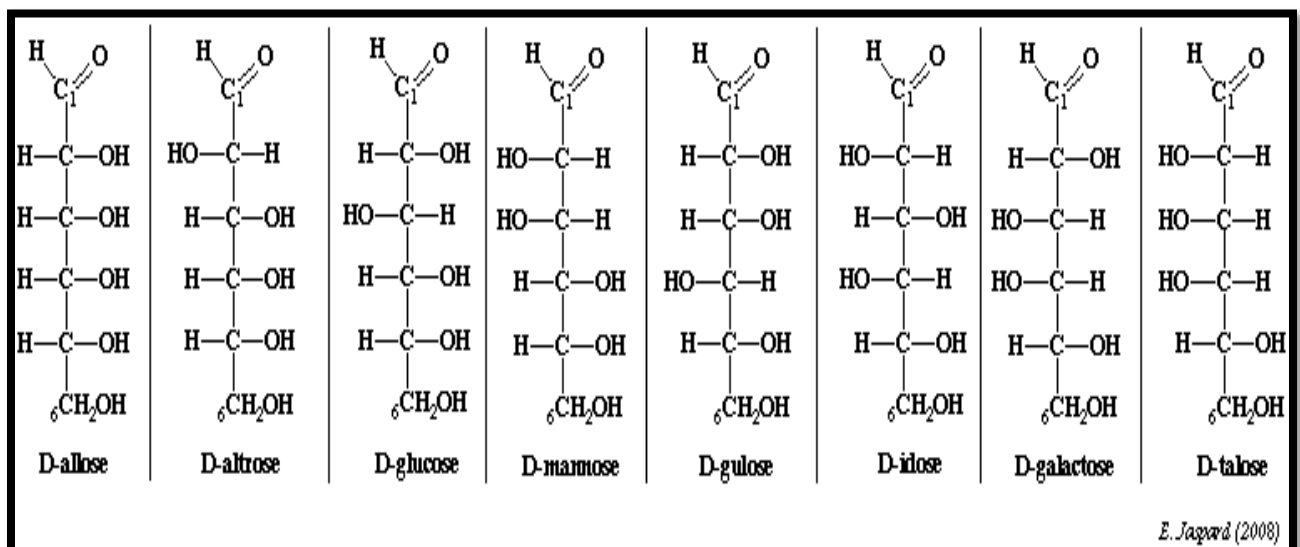


Figure 4 : Représentation des chaîne linéaire des différents sucres.

II.1.4.2. Cyclisation des oses : modèle de Haworth

Les oses ne sont pas des structures rigides et rectilignes. La structure linéaire ne permet pas d'expliquer les propriétés des oses. Elle est réalisée par réaction de la fonction aldéhyde ou cétone avec une fonction alcool portée par la même molécule. il se forme alors :

→ Un hémiacétal : le produit de la condensation d'un alcool avec un aldéhyde.

→ Un hémicétal : une cétone avec un alcool, les oses sont sous forme cyclique avec dans le cycle un atome d'oxygène appelé pont oxydique.

les hydroxyles situés à droite dans la projection de Fischer sont dirigés vers le bas dans le cycle et ceux situés à gauche sont dirigés vers le haut.

Le mécanisme est le suivant :

*du fait de ces conventions, l'hydroxyle porté par le carbone 5 se retrouve en **dessous du cycle**.

*il s'effectue une rotation de 90° autour de la liaison entre le carbone 4 et le carbone 5 de telle sorte que l'hydroxyle du carbone 5 se rapproche du groupement **aldéhydique** du carbone 1.

*de ce fait, le carbone 6 subit une rotation **équivalente** et se retrouve **au dessus** du cycle.

*à partir de ce moment l'un des doublets libres de l'atome d'oxygène peut réagir d'un côté ou l'autre de l'atome de carbone et l'on obtient l' α -D-glucopyranose si l'hydroxyle porté par le carbone 1 est **en dessous** du cycle ou le β -D-glucopyranose dans le cas contraire.

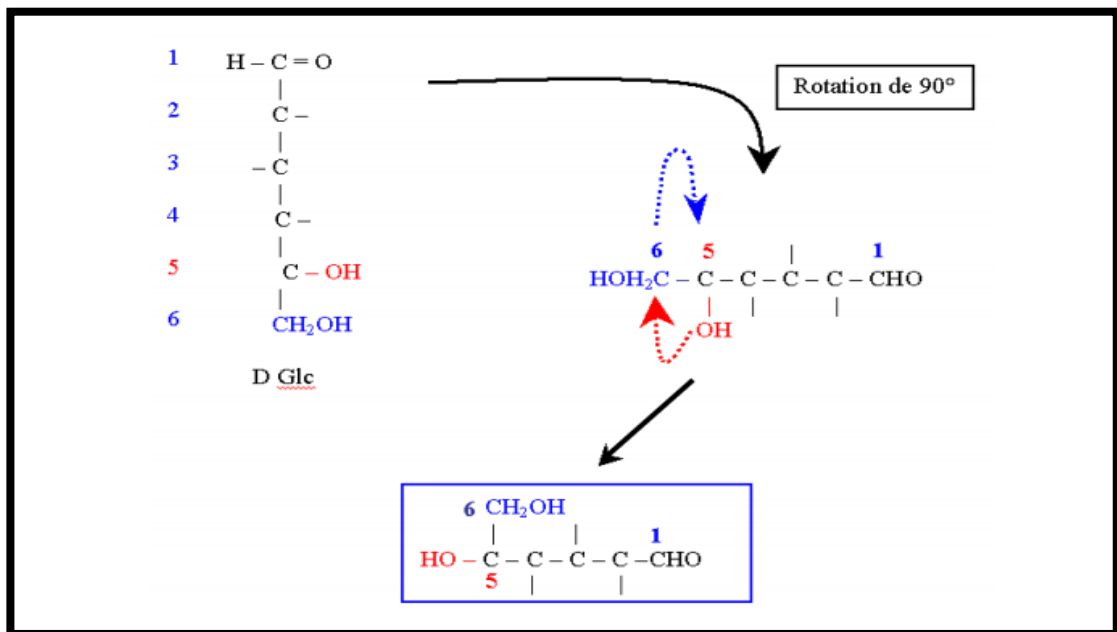


Figure 5 : Structure cyclique des oses Modèle de Haworth (Touitou. 2006).

A. Cyclisation des aldoses

***Cycle pyranique** : (C1-C5) quand le cycle résultant comporte 6 sommets, il est hexagonal et porte le nom cycle pyranique, dans ce cas l'ose est appelée pyranose.

***Cycle furanique** : (C1-C4) quand le cycle est pentagonal, il est appelé furanique dans ce cas l'ose est appelée furanose.



B. Cyclisation des cétooses

*Cycle pyranique : (C2-C6) quand le cycle résultant comporte 6 sommets.

*Cycle furanique : (C2-C5) quand le cycle est pentagonal.

Remarque : le D-Glucose et le D-Galactose ont la même formule brute $C_6H_{12}O_6$ et leurs formules développées sont très proches, la seule différence porte sur la position du groupement hydroxyle [-OH] en C4.

II.2. Les osides

On subdivise les glucides aussi selon leur degré de polymérisation : Ils sont appelés des osides

II.2.1. Définition

Ce sont des molécules dont l'hydrolyse fournit 2 ou plusieurs molécules d'oses. Ces oses sont identiques ou différents.

II.2.2. Classification

On en distingue 2 grands groupes : Holosides et Hétérosides.

II.2.2.1. des holosides ou homosaccharides : sont composés seulement d'oses

*Liaison de n molécules d'oses par des liaisons glycosidiques.

*Selon le nombre d'oses constitutifs : Di-, Tri, Tétra ... holosides.

*Oligosides : jusqu'à quelques dizaines d'oses.

*Polyosides : quelques centaines d'oses (cellulose, amidon).

les holosides subdivise aussi en deux sous classe qui sont :

*les oligosaccharides sont des polymères de 2 à 20 résidus d'oses, les plus communs étant les disaccharides (Mitsuru et al., 2016).

Exemple des oligoholosides (diholosides) : Le Maltose

*C'est un produit d'hydrolyse obtenu lors de la digestion des polyosides (amidon et glycogène) par les amylases.

*Il est formé par l'union de 2 molécules de glucose unies en α 1-4. C'est un oside réducteur.

*Il est hydrolysé en 2 molécules de glucose par une enzyme spécifique, la maltase.

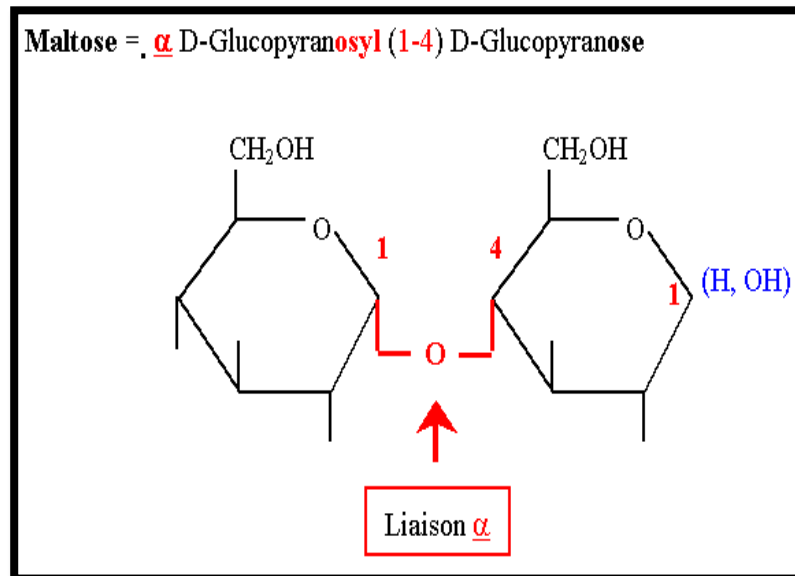


Figure 6 : Structure moléculaire du maltose.

Exemple des oligoholosides (diholosides) : Le Lactose

*Il est présent dans le lait de tous les mammifères.

*C'est un diholoside réducteur constitué d'une molécule de Gal (galactose) et d'une molécule de Glc (glucose) unies par une liaison β 1-4 osidique.

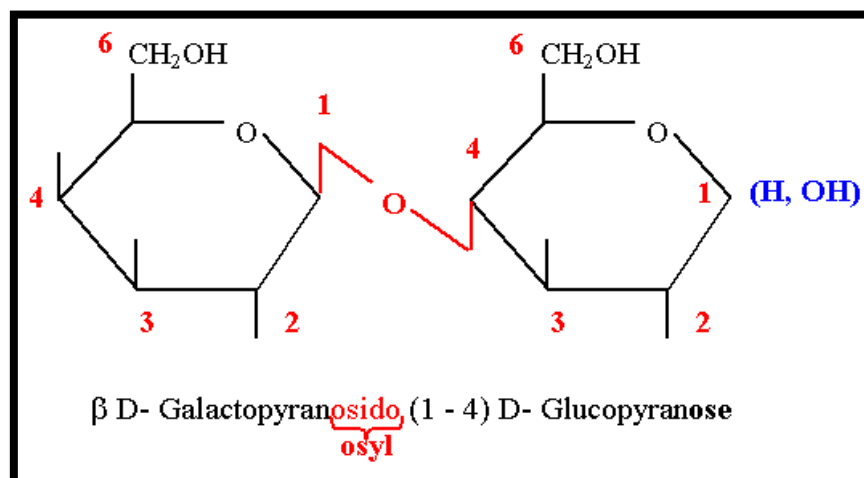


Figure 7 : Structure moléculaire du lactose.

Exemple des oligoholosides (diholosides) : Le Saccharose

*C'est un diholoside non réducteur, très répandu dans les végétaux. C'est le sucre de table. Le saccharose a un pouvoir rotatoire dextrogyre. Par hydrolyse il donne naissance à un mélange lévogyre. Ceci s'explique car, dans le mélange, le pouvoir rotatoire lévogyre du fructose (- 92°) est supérieur au pouvoir rotatoire dextrogyre du glucose (+ 52°). Cette propriété a valu au mélange le nom de sucre interverti. Le saccharose est hydrolysable par voie enzymatique avec une α glucosidase ou une β fructosidase.

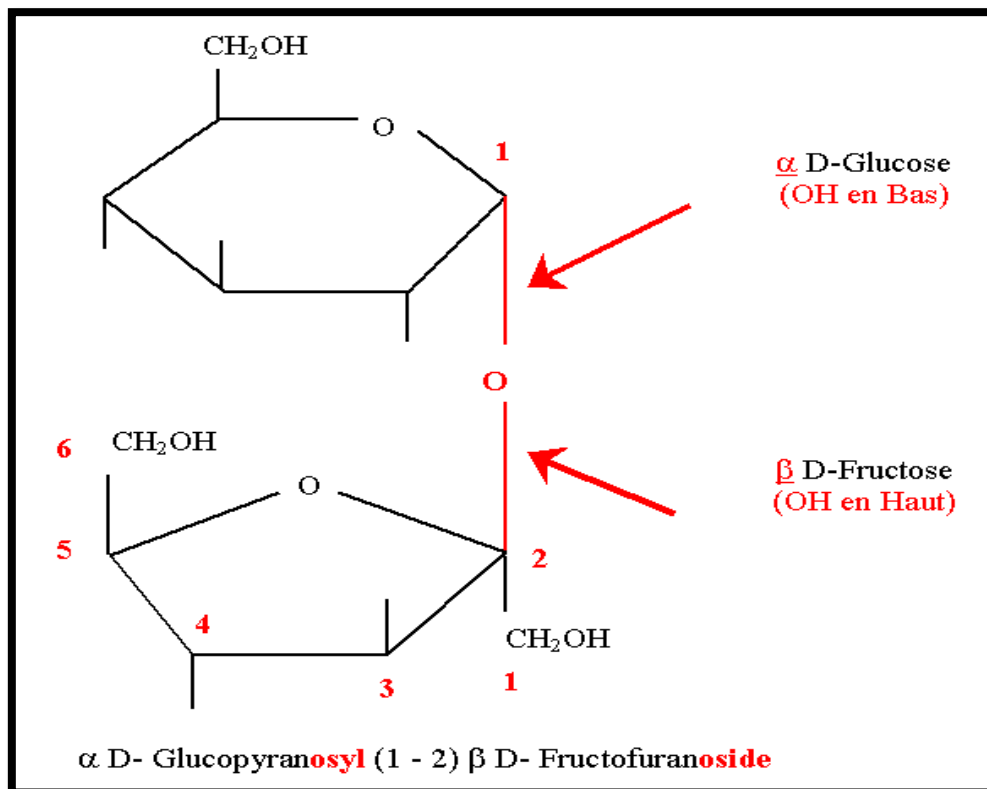


Figure 8 : Structure moléculaire du saccharose.

II.2.2.2. Les polysaccharides : sont composés de plus de 20 unités (Alexander et al., 2017)

Exemple des polyholosides (homopolyosides) : L'Amidon

*C'est le polyside végétal le plus abondant (réserve glucidique, blé75%, pomme de terre 65%), qui a un rôle nutritionnel, important chez l'homme et l'animal.

*Il est synthétisé dans les grains d'amyloplastes des cellules végétales.

*Son poids moléculaire est variable selon l'espèce végétale et peut atteindre plusieurs millions. Il est constitué de :

Amylose (= 25%) : chaîne linéaire ($n > 1000$ glucoses) avec des liaisons α 1-4. Forme une hélice stabilisée par des liaisons hydrogènes (6 à 7 unités par tour d'hélice).

Amylopectine (=75%) : structure arborescence comme celle de glycogène ($n > 10.000$) chaîne linéaire α -1-4 avec des ramifications α -1-6 tous les 20 à 25 résidu.

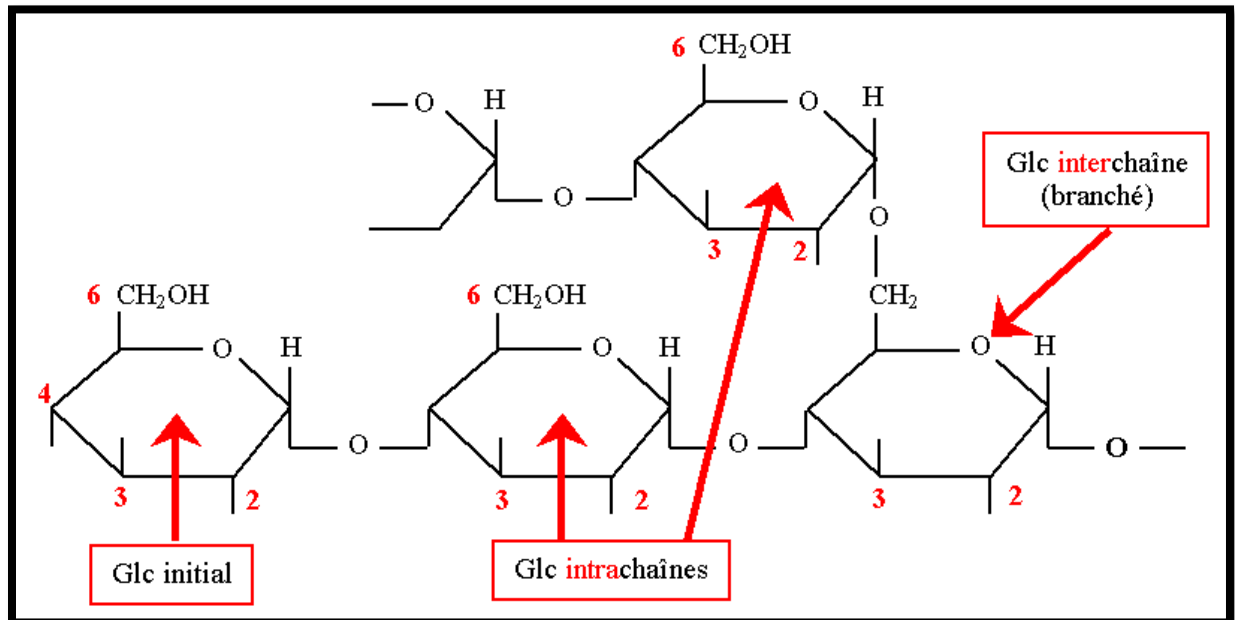


Figure 9 : Structure moléculaire de l'amidon.

II.2.2.3. Des hétérosides ou hétérosaccharides : sont composés d'oses et d'une partie non glucidique (ou aglycone).

*Ils donnent par hydrolyse : oses + aglycone (partie non sucrée).

*Liaison à des Protéines (glycoprotéines), à des lipides (glycolipides).

III. Métabolisme et biosynthèse des glucides

Au cours de l'anabolisme des glucides, des acides organiques simples peuvent être convertis en oses tels que le glucose, puis être polymérisés en polysaccharides tels que l'amidon. La biosynthèse du glucose à partir de composés tels que pyruvate, lactate, glycérol, 3-phosphoglycérate et acides aminés est appelée *néoglucogenèse*. La néoglucogenèse convertit le pyruvate en glucose-6-phosphate en passant par une série de métabolites dont de nombreux sont également des intermédiaires de la glycolyse (Clara et al., 2004). Cependant, cette voie métabolique ne doit pas être vue comme la glycolyse prise en sens inverse car plusieurs de ses étapes sont catalysées par des enzymes différentes de la glycolyse. Ce point est important car il permet de réguler la biosynthèse et la dégradation du glucose de façon distincte l'une de l'autre et donc d'empêcher de voir ces deux processus fonctionner en même temps, l'un détruisant l'autre en pure perte (Boiteux et al., 1981 ; Pilkis et al., 1990). Les polysaccharides et les glycanes sont produits par addition séquentielle d'oses par une glycosyltransférase à partir d'un donneur ose-phosphate tel que l'uridine diphosphate glucose (UDP-glucose) sur un

groupe hydroxyle accepteur d'un polysaccharide en cours de biosynthèse. Comme chacun des groupes hydroxyle du substrat peut être accepteur, les polysaccharides peuvent être linéaires ou ramifiés (Rademacher *et al.*, 1988). Les polysaccharides produits peuvent avoir un rôle structural ou métabolique en eux-mêmes, ou bien encore être transférés à des lipides ou à des protéines par des enzymes appelées oligosaccharyltransférases.

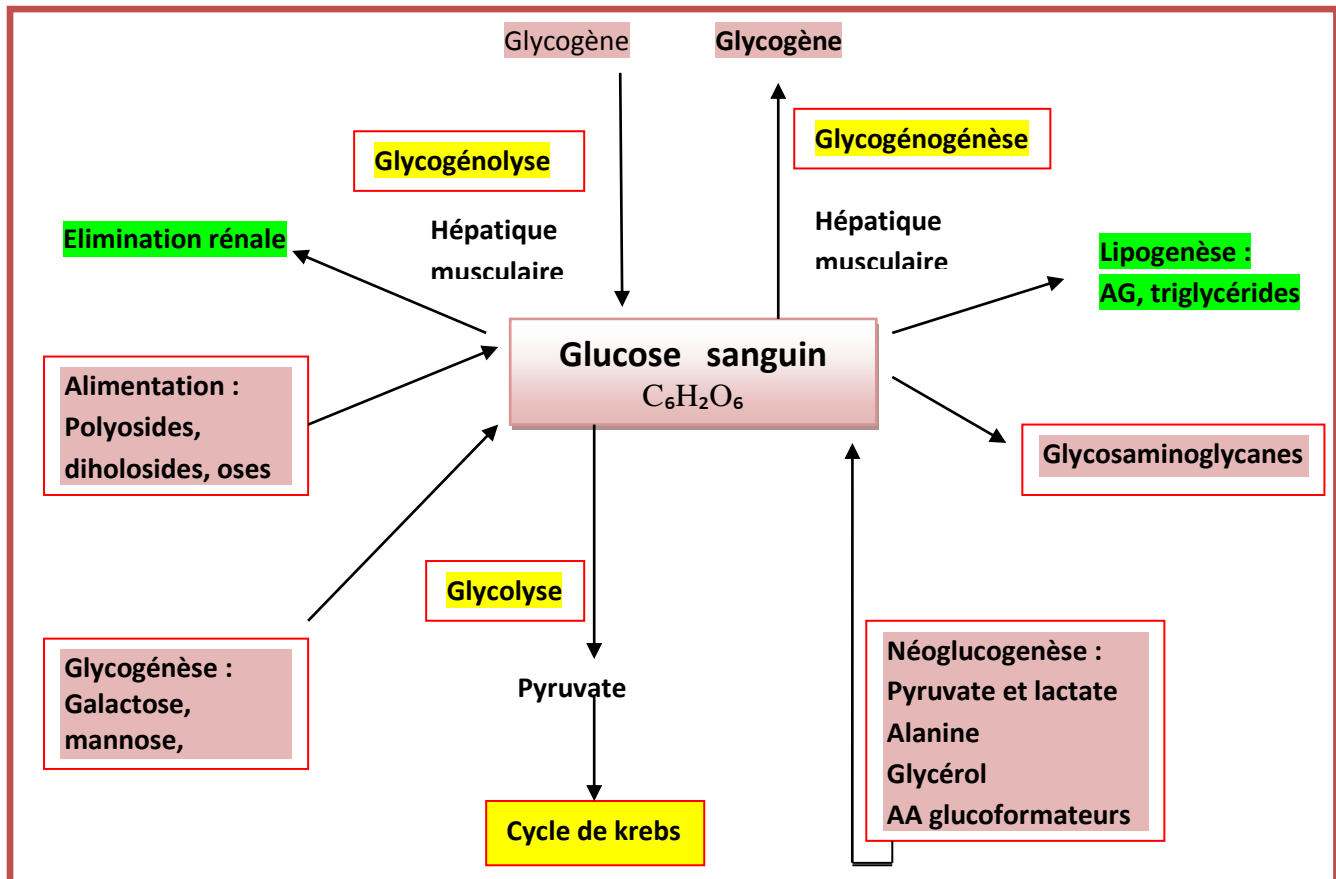


Figure 10 : Origines et destinées du glucose sanguin

Exercices

Exercice 1 : Cocher la réponse juste 6pt

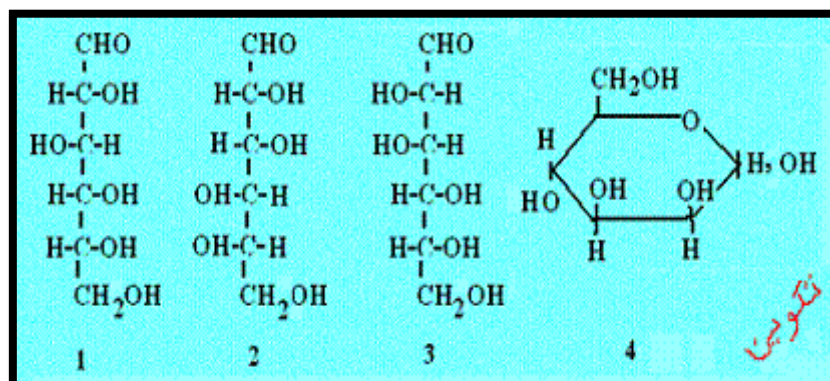
QUESTION 1 : Le glycogène est constitué des éléments suivants :

- a) Glucose
 b) Fructose
 c) Glucose et Fructose

QUESTION 2 : Le glycogène est présent dans le(s) règne (s) :

- a) Végétal
 b) Animal
 c) Végétal et Animal

QUESTION 1 : Cocher la définition vraie relative à la structure des glucides (sucres) ci-dessous.



- a) Les hexoses de structure ci dessus sont des aldoses
 b) Les représentations 1, 2 et 3 sont des conformations spatiales d' hexoses

QUESTION 2. Quelle est la proposition vraie relative aux 4 structures des hexoses (glucides) ci dessus ?

- a) La représentation 4 est une conformation spatiale d'un hexose
 b) Les représentations 1, 2 et 3 sont des hexoses en projection de Fisher

QUESTION 3. Les sucres (glucides) ayant les mêmes formules brutes mais des formes développées différentes (comme le cas du glucose et du fructose) de formule brute C₆H₁₂O₆, sont dits:

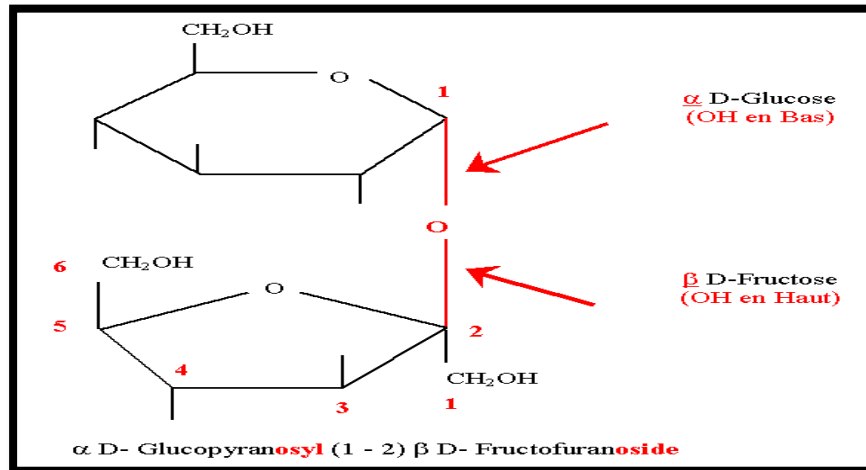
- a) Epimères
 b) Anomères
 c) Enantiomères
 d) Isomères

QUESTION 4 : La glycogénolyse dégrade:

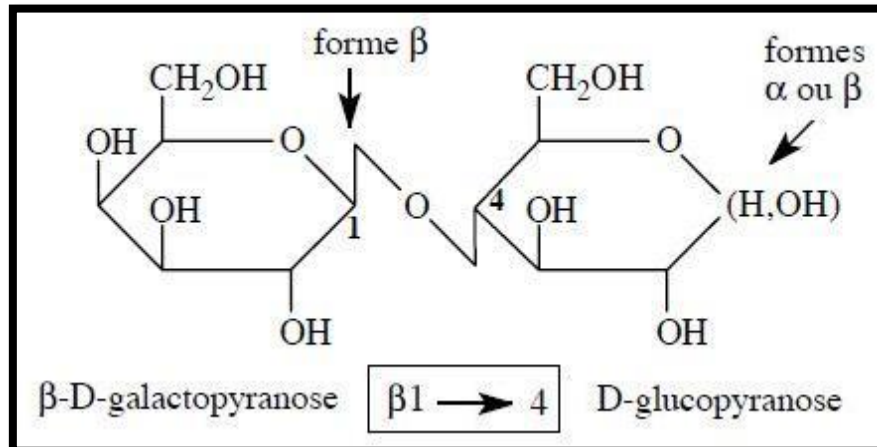
- a) Le glucose en pyruvate
- b) Les extrémités des ramifications du glycogène voire même toute la molécule
-

Exercice 2 :

QUESTION 1 : Spécifier le nom exact du sucre diholoside correspondant à la figure suivante et définir le. 2pt



QUESTION2 : Spécifier le nom exact du sucre diholoside correspondant à la figure suivante: (cocher la réponse juste) 2pt



- a) Maltose
- b) Lactose
- c) Saccharose



Reference

Alexander S., Shashkov., Bin Liu., Johanna J., Kenyon., Anastasiya V., Popova., Mikhail M., Shneider., Sofya N., Senchenkova., Nikolay P., Arbatsky., Konstantin A., Miroshnikov., Lei Wang., Yuriy A., Knirel. **2017**. Structures of the K35 and K15 capsular polysaccharides of *Acinetobacter baumannii* LUH5535 and LUH5554 containing amino and diamino uronic acids. *Carbohydrate Research*, **Volume 448**, P. **28-34**.

Boiteux A. et Hess B., **1981**. « Design of Glycolysis », *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences*, **vol. 293**, n° **1063**, p. **5-22**.

Clara Bouché, Shanti Serdy, C. Ronald Kahn et Allison B. Goldfine, **2004**. « The Cellular Fate of Glucose and Its Relevance in Type 2 Diabetes », *Endocrine Reviews*, **vol. 25**, n° **5**, p. **807-830**. PMID 15466941, DOI **10.1210/ER.2003-0026**.

Mitsuru Tashiro., Takashi Fujimoto., Kazuo Furihata., Yohei Sakaki., Takako Hirano, Wataru Hakamata & Toshiyuki Nishio. **2016**. Enzymatic synthesis and the structure elucidation of novel trisaccharides comprised of D-Galactose, N-acetyl-D-glucosamine, and D-fructose. *Journal of Carbohydrate Chemistry*, **Vol. 35**, Iss. **7**, **2016**.

Pilkis S. J., El-Maghrabi M. R. et Claus T. H., **1990**. « Fructose-2,6-Bisphosphate in Control of Hepatic Gluconeogenesis: From Metabolites to Molecular Genetics », *Diabetes Care*, **vol. 13**, n° **6**, p. **582-599**.

PMID 2162755, DOI **10.2337/DIACARE.13.6.582**.

PMID 6115423, DOI **10.1098/RSTB.1981.0056**.

Rademacher T. W., Parekh R. B. et Dwek R. A., **1988**. « Glycobiology », *Annual Review of Biochemistry*, **vol. 57** p. **785-838**.

PMID 3052290, DOI **10.1146/ANNUREV.BI.57.070188.004033**.

Touitou. Y. **2006**. Structure des glucides et lipides. Université Pierre et Marie Curie, Biochimie Niveau PAES 2005 – 2006 ; p. **13-48**.