

**Cours**

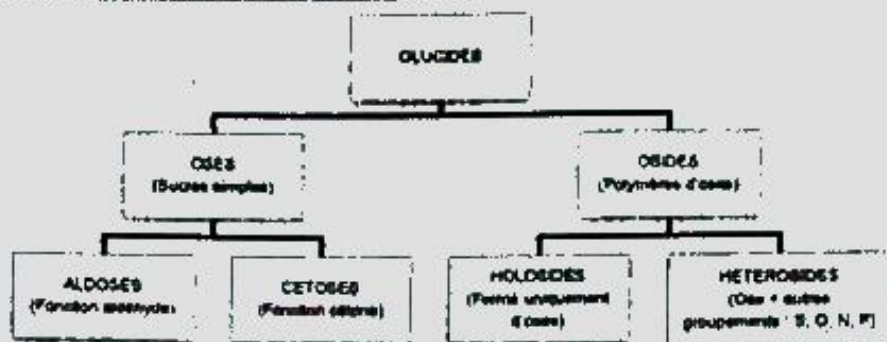
**Biochimie**

**usthb**

**(Cours de base de prof a  
comprendre pour  
l'examen )**

Composés organiques naturels, ils constituent l'infrastructure des végétaux. Ils jouent un rôle dans le stockage de l'énergie. Ils sont un élément fondamental de l'alimentation. Ce sont des composés polyfonctionnels qui ont pour formule globale  $C_n(H_2O)_n$ , d'où le nom d'hydrates de carbones.

## 1. CLASSIFICATION DES GLUCIDES :



- Les sucres, ou monosaccharides, ou oses : Ce sont des molécules de petites tailles, élément des glucides de grandes tailles.

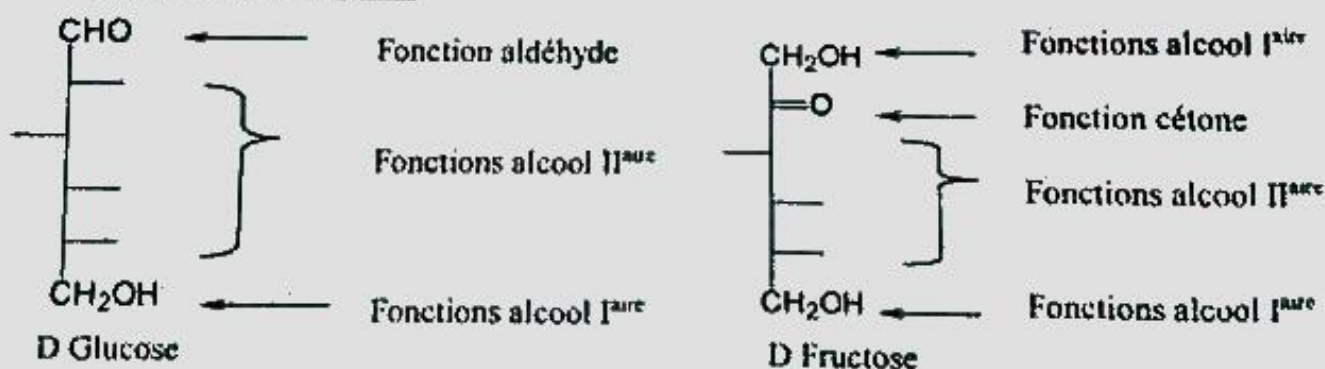
- Les Osides : sont divisés en deux

▪ **Holosides** composés d'oses uniquement. Selon leur taille les holosides sont classés en :  
Oligoholosides ou oligosaccharides comportant un nombre d'oses restreint  $< 10$

Polyholosides ou polysaccharides comportant un grand nombre d'oses jusqu'à 3000.

▪ **Hétérosides** composés d'oses et de molécules dites aglycones révélant d'autres fonctions chimiques

## 2. NOMENCLATURE :



### Représentation linéaire de Fischer

Nombre de C	3	4	5	6	7
Nom	triose	térose	pentose	hexose	heptose

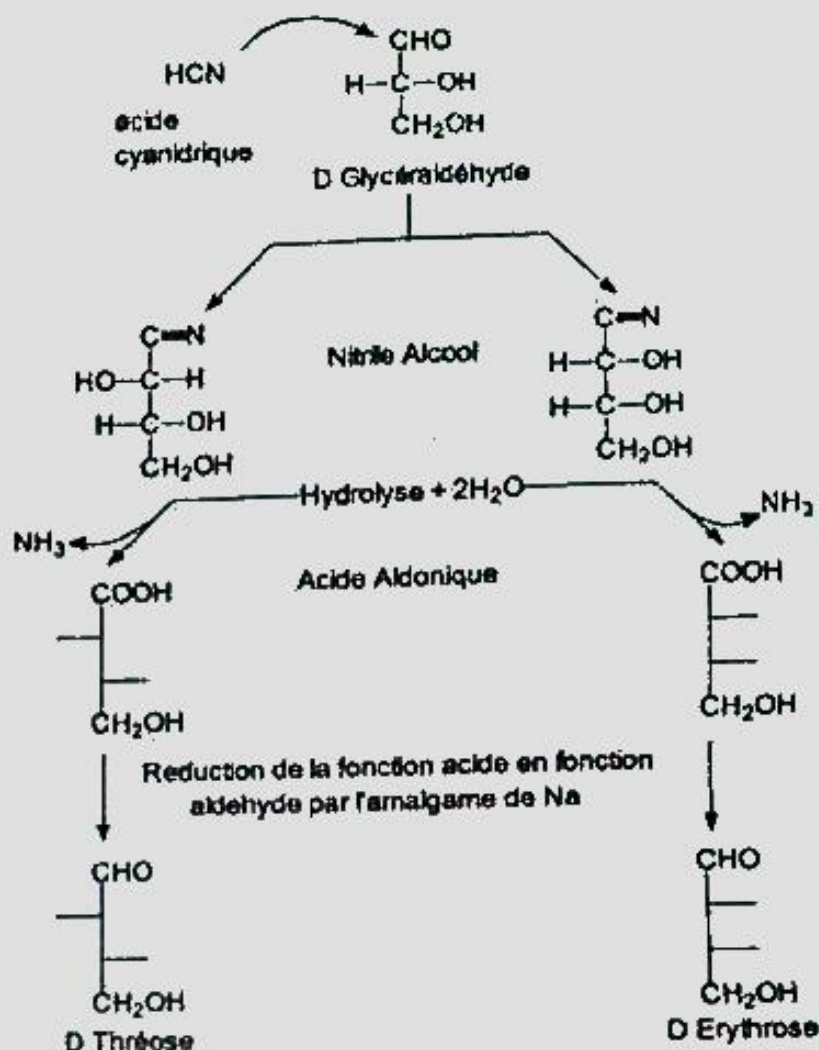
Pour tous les oses, la position de l'avant dernier OH permet de définir la nomenclature selon Fischer : D si cet OH est à droite de la ligne verticale, et L s'il est à gauche.

### 3. FILIATION DES OSES : SYNTHÈSE DE KILIANI-FISCHER :

#### 3.1. Formation des aldoses :

En partant du D Glycéraldéhyde et du L Glycéraldéhyde il est possible d'augmenter le nombre de C de la chaîne unité par unité pour obtenir à partir de ce triose, 4 pentoses et 8 hexoses.

Tous les oses qui dérivent du D Glycéraldéhyde appartiennent à la série D, et ceux qui dérivent du L Glycéraldéhyde appartiennent à la série L.



#### 3.2. Formation des cétooses :

La formation des cétooses débute à partir du Dihydroxyacétone et ce fait de la même façon que Pour les aldoses par la synthèse de Kiliani-Fischer.



#### Remarques :

- A partir du D glyc on obtient 8 hexoses série D (aldohexoses)
- A partir de Dihydroxyacétone on obtient 4 D cétohexoses
  - Aldoses à nC le nombre de stéréoisomères : est égale à  $2^{n-2}$  (2 : 1 fonction alcool 1, 1 fonction aldéhyde). Le nombre de C\* = n-2
  - Cétooses à nC le nombre est égale à  $2^{n-3}$  (3 : 2 fonction alcool 1, 1 fonction céto) Nombre de C\* = n-3, les cétooses ont toujours un C\* en moins/aldoses.

Glc : C<sub>6</sub> aldohexose :  $2^4 = 16$  stéréoisomères (8 série D, 8 série L)

Fru : C<sub>6</sub> cétohexoses :  $2^3 = 8$  stéréoisomères (4 série D, 4 série L)

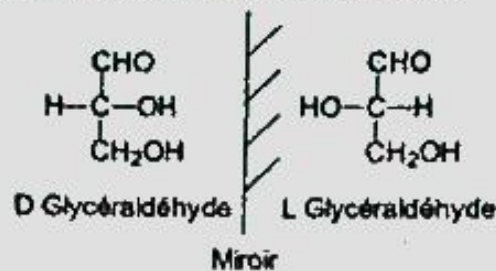


#### 4. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES OSES :

##### 4.1. Propriétés physiques :

- Solubilité : les oses sont solubles dans l'eau grâce à leur multiple fonction alcool
- Propriétés spectrales : les oses absorbent dans l'infrarouge ( $> 800 \text{ nm}$ )
- Activité optique des oses et pouvoir rotatoire :

Le plus simple des oses : le glycéraldéhyde est le précurseur de tous les aldoses, il possède un carbone *asymétrique* ( $C^*$ ) ou *chiral* (les 4 substitutions sont différentes). Il est doté d'activité optique et peut dévier la lumière polarisée. Grâce à son  $C^*$ , il peut exister sous 2 formes différentes, image l'une de l'autre dans un miroir et donc non superposables : les *énantiomères*, représentés en Fischer de la manière suivante :



Le D Glycéraldéhyde dévie la lumière à droite  $[\alpha]_D^{20} = +14^\circ$ . Isomère dextrogyre (+)

Le L Glycéraldéhyde dévie la lumière à gauche  $[\alpha]_D^{20} = -14^\circ$ . Isomère lévogyre (-)

Les lettres L et D placées devant le nom de l'ose ne sont qu'une indication de la série, il n'y a aucune relation entre configuration stéréochimique de l'ose et son pouvoir rotatoire. Le sens de déviation de la lumière est indiqué par un (+) ou (-). Le mélange équimoléculaire des 2 isomères : le Racémique (DL) est inactif sur la lumière polarisée.

Tous les oses dévient le plan de la lumière polarisée sauf le dihydroxyacétone car il ne possède pas de  $C^*$ .

##### 4.2 Propriétés chimiques :

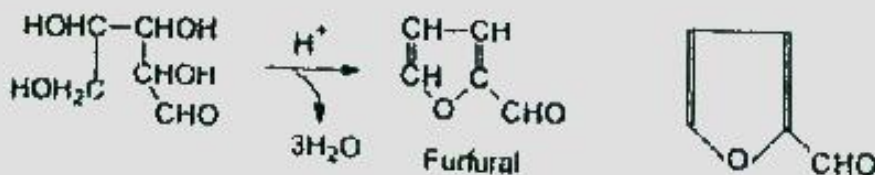
➤ En milieu basique :

- A froid les oses subissent soit une interconversion aldose  $\rightleftharpoons$  cétose (DGlc  $\rightleftharpoons$  DFru) ou une épimérisation DGal  $\rightleftharpoons$  DGlc  $\rightleftharpoons$  DMan
- A chaud ils subissent une polymérisation ou une dégradation

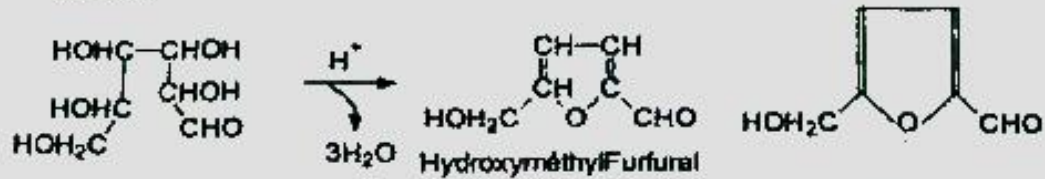
➤ En milieu acide :

Les oses sont stables mais en milieu acide concentré ils subissent une déshydrogénation et une cyclisation en *furfural*

Exemple : Pentose



### Hexose



Les furfurals donnent avec les phénols, les amines cycliques et les hétérocycles azotés des produits dont la coloration est spécifique de l'ose initial

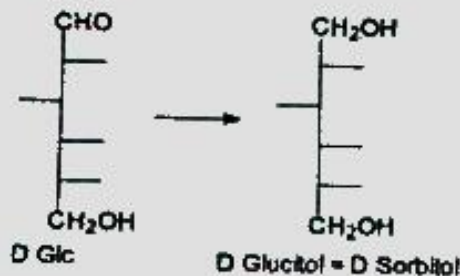
Cétose + résorcinol  $\rightarrow$  rouge

Pentose + orcinol  $\rightarrow$  bleu-violet (utilisé pour doser le ribose des acides nucléiques)

### 4.2.2 Propriétés liées à la fonction carboxyl :

#### 1. Réduction :

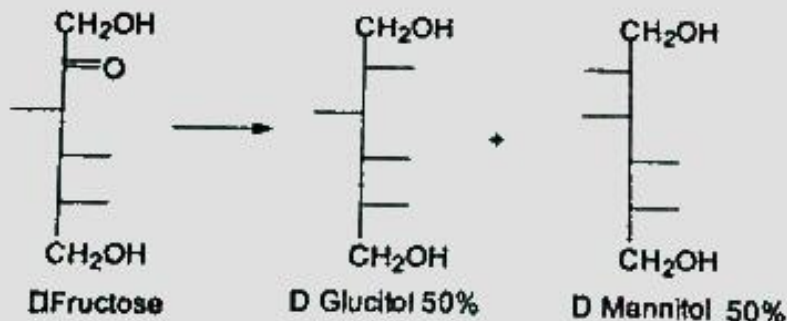
- **Aldoses :**



Réduction enzymatique ou chimique  
au  $\text{NaBH}_4$  puissant agent réducteur

Aldose donne 1 polyol

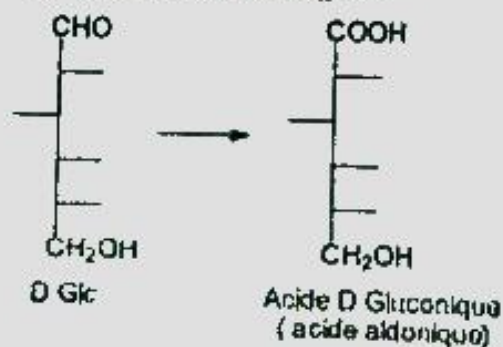
- **Cétooses :**



Cétose donne 2 polyols  
épimères en C2

#### 2. Oxydation :

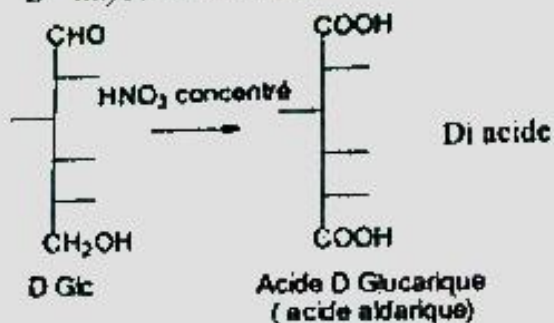
A- **Oxydation Ménagée :**



Les aldoses en présence d'oxydants  
doux (brome, chlore,  $\text{HNO}_3$  dilué, iode)  
en milieu alcalin donnent un acide  
aldonique

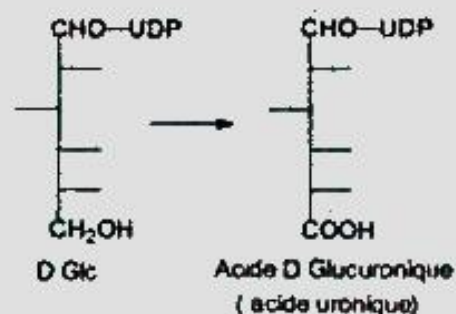
Les cétooses ne sont pas touchés

### B- Oxydation Poussée



Cette oxydation coupe les molécules de cétooses

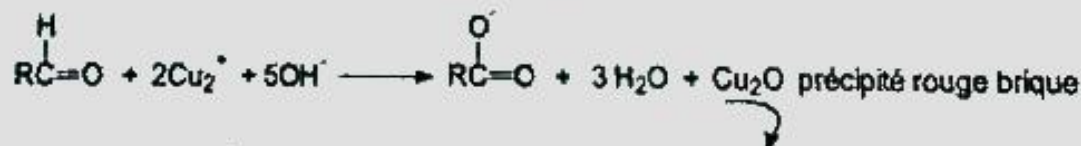
### C- Oxydation de la fonction alcool I



Pour oxyder cette fonction alcool I, la fonction carboxyl doit être protégée par l'UDP

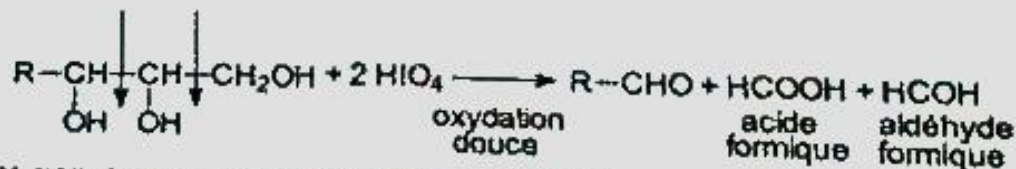
### D- Oxydation par les cations métalliques :

La liqueur de Fehling en présence d'un aldose, à chaud produit un précipité rouge d'oxyde cuivreux et transforme l'aldose en acide gluconique :



### E- Oxydation par l'acide périodique :

L'acide périodique  $\text{HIO}_4$  coupe entre 2 C porteurs de fonctions α glycols (2 C portant 2 OH libres)



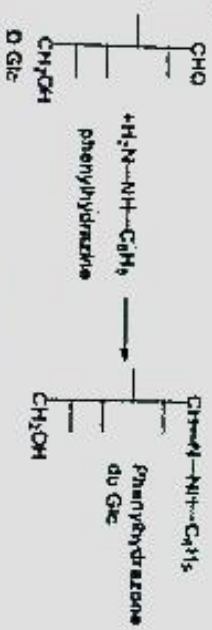
Alcool I ( $\text{CH}_2\text{OH}$ ) donne un aldéhyde formique ( $\text{HCOH}$ )

Alcool II ( $\text{CHOH}$ ) donne un acide formique ( $\text{HCOOH}$ )

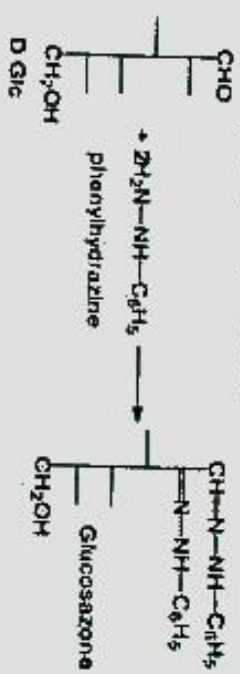


Ex. Action de la phénylhydrazine :

→ A froid l'eau réagit avec 1 molécule de phénylhydrazine. le produit est une phénylhydrazone



→ A chaud : on a 2 phénylhydrazine → osazone



Les oses épi- et diastéréoisomères en C2 et le cétose qui leur correspond donnent la même osazone avec la phénylhydrazine à chaud

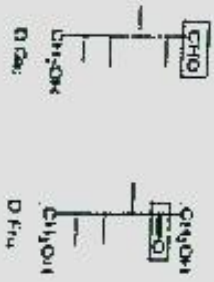
### 5. ISOMERIE :

Deux stéréoisomères peuvent être :

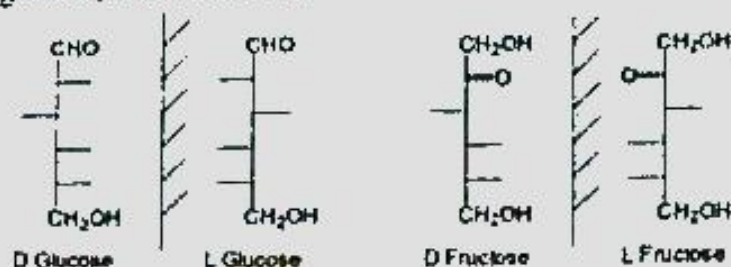
- *Epimères* : ne diffèrent entre eux que par la configuration d'un seul carbone (exemple : le mannose est l'épimère en C2 du glucose)



- *Isomères de fonction* : la seule différence réside au niveau de la fonction aldéhyde qui est remplacée par la fonction cétole ou inversement (exemple : D Glc et D Fru)



- **Enantiomères** : sont l'image l'un de l'autre dans un miroir et sont non superposables (exemple : D et L glucose, D et L fructose)



- **Diastéréoisomères** : diffèrent entre par la configuration de plus d'un carbone mais pas de tous (exemple : mannose et galactose)

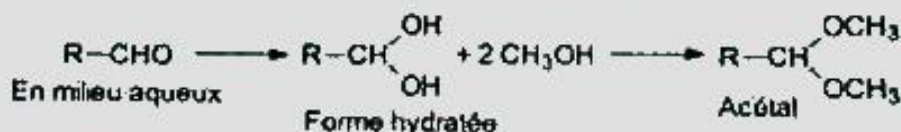
- **Anomères** : ne diffèrent entre eux que par la configuration du carbone C1 (anomérique) (exemple :  $\alpha$  et  $\beta$  glucose).

## 6. STRUCTURE CYCLIQUE DES OSES :

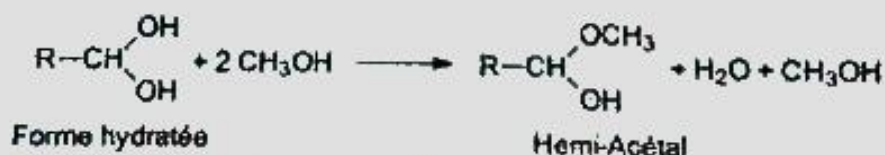
La structure linéaire des oses n'explique pas leurs propriétés physico-chimiques.

➤ En présence de Fuchsiine les composés ayant une fonction cétone ou aldéhyde donne une coloration rouge alors qu'il n'y a pas de réaction en présence d'oses : la fonction cétone ou aldéhyde dans les oses n'est pas libre

➤ Alcool (tel que méthanol) + fonction aldéhyde  $\rightarrow$  acétal

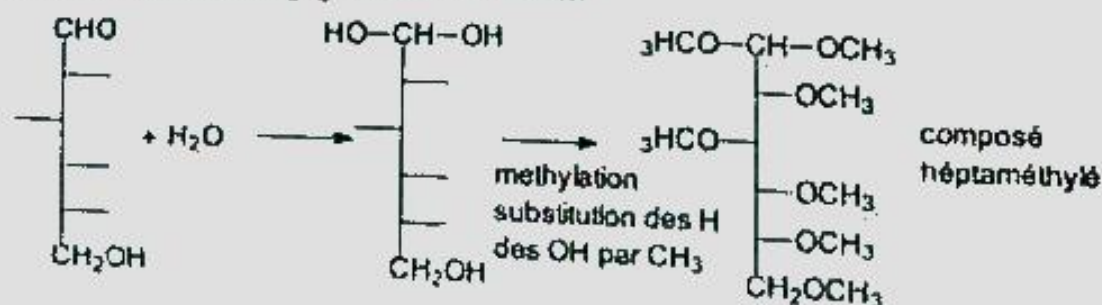


Mais avec le DGLc (aldose) il y a fixation d'une mole d'alcool au lieu de 2 pour donner un héli-acétal



$\Rightarrow$  La 2ème fonction OH n'a pas réagi, elle est impliquée dans une liaison ou protégée par une structure

➤ Après méthylation du DGLc on devrait obtenir théoriquement un composé heptaméthylé mais en réalité on obtient un composé pentaméthylé donc les 2 OH non méthylés sont à l'abri ou engagés dans une liaison





# Extra Biochimie usthb

**(Informations externe  
sur la biochimie hors  
cours du prof)**

# 01. METABOLISME DES GLUCIDES

## I. INTRODUCTION :

Il est assez logique de considérer d'abord le métabolisme du glucose avant celui des autres oses car il occupe une place physiologique privilégiée. C'est le sucre circulant des organismes animaux, il est en réserve sous forme d'un polymère de glucose qui est le glycogène (ce qui diminue fortement l'osmolarité). Il est stocké au niveau du foie et au niveau du muscle.

Donc, le glucose est le combustible normal de toutes les cellules aussi bien animale que végétale.

Le métabolisme glucidique est déterminé par celui du glucose qui est une source d'énergie primordiale (ATP) et par la glycémie qui est toujours constante chez le sujet normal.

**Dans les conditions physiologiques normales, il n'existe aucune élimination des glucides dans les urines.**

La constante de la glycémie ne peut être donc assurée que par un équilibre entre l'apport des glucides et leurs utilisations par les tissus.

Le cerveau ou les cellules cérébrales sont les seules cellules de l'organisme à être glyco-dépendantes, leur seule source d'apport provient de la circulation.

Toutes les cellules de l'organisme sont capables de stocker le glycogène sauf les cellules cérébrales.

En période de manque d'apport, le glycogène stocké est utilisé, la seule cellule qui libère du glucose dans la circulation est la cellule hépatique.

Certains glucides synthétisés par l'organisme ont des fonctions biologiques fondamentales. D'autres servent de précurseurs de nombreuses molécules biologiques.

Sur le plan nutritionnel, on a deux états pour l'organisme :

### I. ETAT POST PRANDIAL :

Il correspond à la période d'apport. Les glucides importants sur le plan métabolique sont utilisés pour fournir de l'énergie directement utilisable (fournir par la voie de la glycolyse) ou bien mis en réserve sous forme de glycogène par la voie glycogénogénèse ou de lipogénèse.

Ces deux voies anaboliques (glycogénogénèse et lipogénèse) ainsi que la voie de la glycolyse sont sous la dépendance d'une hormone qui est : l'insuline.

L'insuline peut être considérée comme une hormone d'utilisation et de mise en réserve de l'énergie.

### I. ETAT DE JEUNE :

Les régulations métaboliques sont inversées. Elles ont pour but de maintenir le capital énergétique constant (glycémie) par la voie glycogénolyse et par la voie néoglucogénèse. Ces deux voies ont pour but la libération du glucose dans la circulation.

Il existe une troisième voie s'appelle la cétogenèse. Le catabolisme est déclenché par la sécrétion de plusieurs hormones, la plus importante est le Glucagon qui est considéré comme une hormone des besoins en énergie

## II. SOURCES GLUCIDIQUES :

Il existe deux types de sources :

### 1) SOURCE EXOGENE :

Ce sont les glucides de l'alimentation qui représente 60 % de la ration alimentaire et qui sont représentés essentiellement par :

- $\frac{3}{4}$  des sucres sont des polysaccharides : Amidon, Glycogène.
- $\frac{1}{4}$  des sucres sont des disaccharides : Saccharose (betterave : Glucose+Fructose), Lactose (principal sucre du lait : Glucose +Galactose), Maltose (dégradation de l'Amidon) soit en monosaccharide : Glucose, Galactose, Arabinose (pentose végétal sur tout dans les fruits), Fructose.

### 2) SOURCE ENDOGENE :

En principe la cellule animale trouve suffisamment de glucose dans son alimentation pour ne pas avoir besoin à en synthétiser, mais plusieurs circonstances peuvent l'amener à en synthétiser tel que :

- Le jeûne glucidique (période inter prandiale qui se prolonge plus de cinq heures).
- Un catabolisme protéique ou un travail musculaire : donne un excès de l'acide lactique qui est pris par la cellule hépatique pour la régénération du glucose, car l'homme a besoin d'un minimum de glucose pour assurer les besoins énergétiques de certaines cellules strictement gluco-dépendantes comme les cellules du cerveau (cellule nerveuse cérébrale).
- Ces sources endogènes peuvent être soit de nature glucidique ou non glucidique.

#### A. SOURCE ENDOGENE « DE NATURE GLUCIDIQUE » :

- Glycogène hépatique :
- Il est stocké au niveau du foie qui seul constitue une source de glucose pour toutes les cellules de l'organisme.

Foie  $\rightarrow$  G6P/G6Pase  $\rightarrow$  Glucose  $\rightarrow$  Organisme.

- Glycogène musculaire :
- c'est une réserve locale utilisée par la contraction musculaire.
- Autres oses :
  - Galactose, Mannose, Fructose...il va y avoir une inter-conversion de ces sucres au niveau du foie en Glucose.

#### B. SOURCE ENDOGENE « DE NATURE NON GLUCIDIQUES » : (NEOGLUCOGENESE) :

- Acide pyruvique : dégradation des glucides.
- Acide lactique.



- Acides aminés glycoformateurs : 50 % des protéines donnent des glucoses par désamination.

Toute correction d'un déficit de glucose par métabolisme excessif des acides aminés glycoformateurs entraîne la négativation de la balance azoté.

- Lipides : qui sont une source d'énergie pour les cellules de l'organisme non strictement gluco-dépendantes.

En effet, il existe équilibre alterné entre la consommation du glucose et celle de l'acide gras par exemple, une molécule de glucose à 6 carbones fournit 38 ATP par contre une molécule d'acide gras à 6 carbones fournit 45 ATP.

Les lipides sont une source peu importante des glucoses par l'intermédiaire du glycérol qui rejoint la voie de la néoglucogenèse.

L'appel aux sources non glucidiques est un processus métabolique plus long, car il est plus complexe et il n'intervient qu'après certain délai dans la correction de l'hypoglycémie.

### III. DIGESTION DES GLUCIDES :

Elle scinde les grosses molécules (amidon, glycogène) en leurs différents constituants qui seuls pourront être absorbés par la muqueuse intestinale.

#### 1. ALPHA AMYLASE :

Elle est produite par les glandes salivaires et le pancréas. Cette enzyme hydrolyse (l'amidon cuit s'hydrate et devient plus facilement hydrolysable par l'amylase).

cette enzyme coupe les liens  $\alpha$ -1-4 mais ne coupe pas les liens de ramification  $\alpha$ -1-6. Son action libère principalement le maltose, dextrine et également le maltotriose.

#### 2. BETA AMYLASE : EXO AMYLASE :

Cette enzyme libère les résidus maltose à partir des extrémités non réductrices des chaînes d'amylose et d'amylo-pectine. Donc, elle va scinder les liaisons glucidiques  $\alpha$ -1-4.

#### 3. A 1-6 GLUCODIDASE :

C'est une enzyme débranchant ou enzyme déramifiante qui hydrolyse les liaisons  $\alpha$  1-6.

Ces enzymes sont présentes dans tous les tissus animaux essentiellement dans le foie, la muqueuse intestinale et dans les muscles.

#### 4. SACCHARASE :

c'est une enzyme qui hydrolyse le saccharose et le sucrose pour libérer ses constituants : fructose et glucose.

#### 5. GALACTOSE : LACTASE

Cette enzyme hydrolyse le lactose et libère le glucose et le galactose. La synthèse de cette enzyme est induite par la présence intestinale du lactose.

L'intolérance découle du fait que ce sont les bactéries du gros intestin qui métabolisent le lactose par un processus de fermentation et ceci cause, en général des crampes abdominales intenses. De

plus, la concentration élevée en lactose dans le gros intestin crée une pression osmotique importante qui attire l'eau des tissus vers la lumière intestinale provoquant ainsi des diarrhées par fois extrêmement importantes.

Ce phénomène est causé par l'absence ou la perte du bêta galactosidase chez ces individus

## 6. MALTASE :

- Cette enzyme hydrolyse le maltose qui est obtenu par la dégradation de l'amidon par les amylases (amylase salivaire et amylase pancréatique) pour libérer du glucose qui pourra être absorbé par les enzymes glycolytiques digestives. Ils ne seront pas absorbés au niveau intestinal.
- Dans ce cas, ils sont métabolisées par les bactéries intestinales en acides gras à courtes chaîne, en lactose et en gaz (hydrogène, méthane  $\text{CO}_2$ ...) ce qui entraîne la sécrétion de liquides : augmentation de la motilité intestinales (mouvement) : crampes d'estomac.
- Les produits majeurs de la dégradation des sucres sont les suivants : D glucose, D galactose et le D fructose.

## IV. ABSORPTION :

Elle se fait au niveau de l'intestin grêle, en particulier au niveau du jéjunum la vitesse de l'absorption est plus élevée dans la partie proximale et elle varie avec nature des oses

Exemple : la vitesse d'absorption du Galactose et très rapide, s'ensuit celle du Glucose, Fructose, Xylose et Arabinose (pentose).

- Les oses absorbés par la voie sanguine sont retrouvés dans la veine porte et ensuite dans le foie.
- On a deux mécanismes des transports qui assurent l'absorption des monosaccharides :
  - L'un assurant le co-transport du  $\text{Na}^+$  qui est spécifique du glucose et du galactose. Ainsi les cellules de la bordure en brosse de l'intestin grêle utilisent le gradient de concentration du  $\text{Na}^+$  afin de transporter via un transporteur unique de ces deux sucres. Il s'agit d'un mécanisme de transport actif secondaire.
  - L'autre système est indépendant du transport de  $\text{Na}^+$ , c'est un mécanisme de diffusion facilitée, spécifique au D fructose. Ainsi il y a un transporteur dans la membrane des cellules de l'intestin qui facilite la translocation du D fructose à travers la membrane sans toute fois une nécessité de dépense d'énergie ou de gradient de concentration d'ion.

Une fois parvenus à l'intestin des cellules de la paroi intestinale, ces monosaccharides seront acheminés à la surface basale. De là, ils seront transloqués à nouveau à travers la membrane par diffusion facilitée de façon à les faire entrer dans la circulation sanguine.

Un réseau de vaisseaux sanguins (capillaires) irrigue efficacement l'intestin, ce qui permet une assimilation efficace des sucres.

## Indexe glycémique : IG

Bien souvent, on associe la vitesse d'absorption des glucides à la taille de la molécule considérée.

Un glucide complexe, comme l'amidon, serait assimilé (absorbé) lentement tandis qu'un sucre simple serait absorbé rapidement.

Or, les glucides ne sont pratiquement jamais consommés seuls, la plus part du temps, ils sont associés à des protéines et à des lipides.

Donc, la vitesse d'absorption des glucides varie en fonction de plusieurs facteurs :

- la durée et la température de cuisson des aliments.
- la nature de l'aliment (liquide ou solide).
- le mode de consommation (seul ou avec d'autres aliments).

De plus, chaque glucide consommé isolément n'induit pas la même réponse glycémique.

Glucide	Index glycémique
Maltose	105
Glucose	100
Miel	73
Saccharose	65
Lactose	46
fructose	23



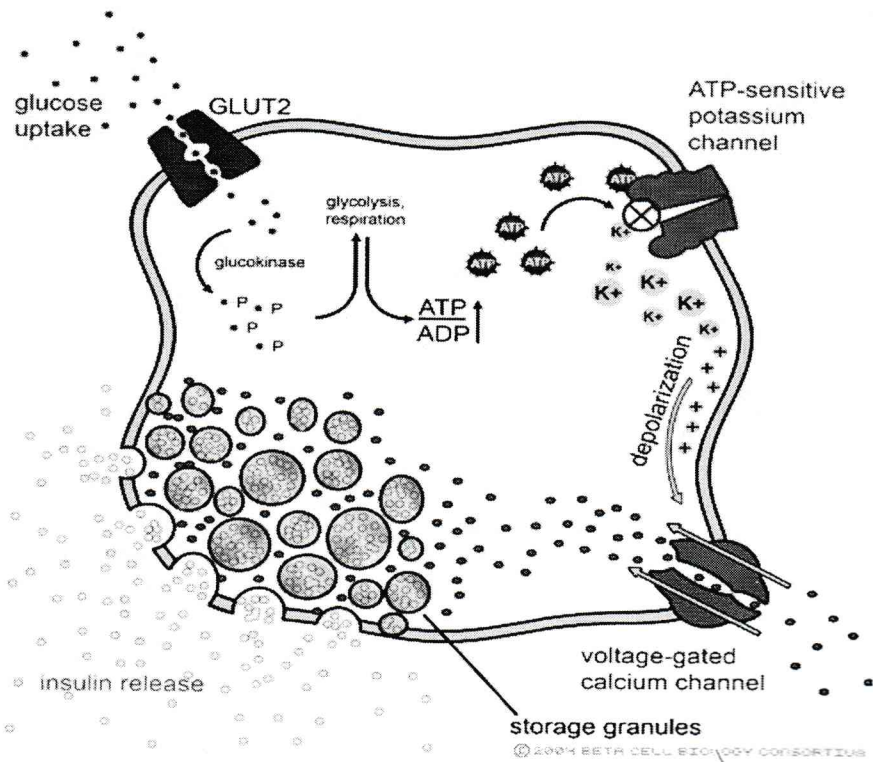
## V. ELIMINATION DES GLUCIDES :

Dans les conditions physiologiques normales, les glucides n'existent pas dans les urines (pas d'élimination) c'est-à-dire que l'élimination est nulle.

Mais lorsque le seuil de réabsorption du glucose est ré augmenté à 1 :80 (c'est-à-dire dépassé) on assiste à une élimination du glucose. C'est ce qu'on appelle : la glycosurie du diabète sucré.

## VI. DESTINEES DES OSES ABSORBES :

Les oses traversent tous obligatoirement le foie, après un repas, la concentration des monosaccharides augmente dans la circulation, notamment celle du glucose, donc la glycémie augmente (hyperglycémie) qui va induire la sécrétion de l'insuline.



Donc, la plus part des maladies du foie retiennent sur la régulation de la glycémie.

- Quelque soit leur nature, ils se transforment tous en une substance intermédiaire, c'est le G6P grâce à la Glucose 6 phosphatase.

La première étape du catabolisme des monosaccharides consiste à une phosphorylation qui assurée par une enzyme kinase (spécifique).