

1. Apport des glucides dans l'alimentation :

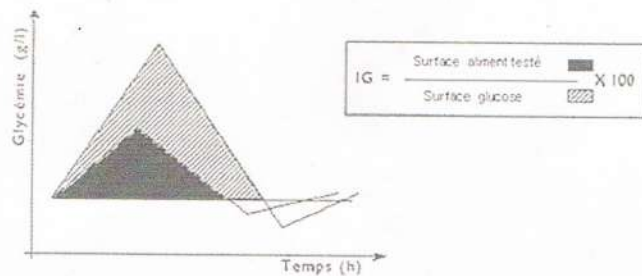
- L'alimentation apporte environ 400g de glucides par jour (moitié de la ration énergétique).
- Les aliments riches en glucides sont: céréales, fruits, légumes, féculents, les sucres raffinés et le lait.
- Les différents glucides retrouvés dans l'alimentation sont :
 - Amidon alimentaire (50%).
 - Disaccharides comme le saccharose (30%) et le lactose(10%).
 - Ainsi que des monosaccharides (glucose, fructose)

Glucides	Lipides	Protides
55 % (soit 400 g.j ⁻¹) dont : <ul style="list-style-type: none">• amidon : 50 %• saccharose : 30 %• lactose : 10 %• autres : 10 %	12 %	33 %

Sources	% masse sèche
Céréales	
blé :	65 à 70
maïs :	65 à 80
riz :	75 à 90
Tubercules	
pommes de terre :	60 à 65
manioc	80 à 85
Légumineuses	
Haricot :	30 à 35
Pois :	40 à 50
Fruits	
Banane :	15 à 25

□ Notion d'index glycémique IG

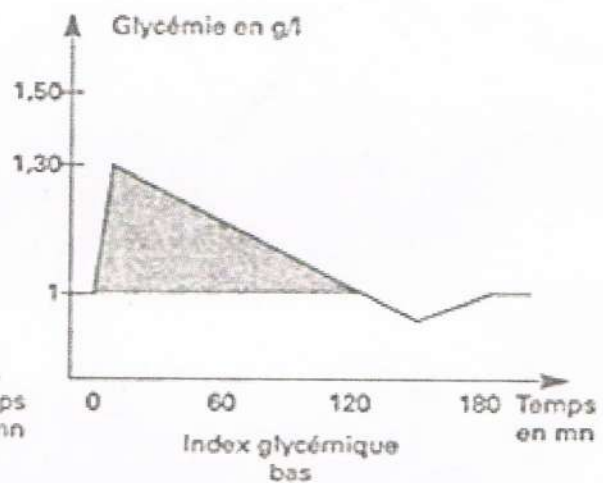
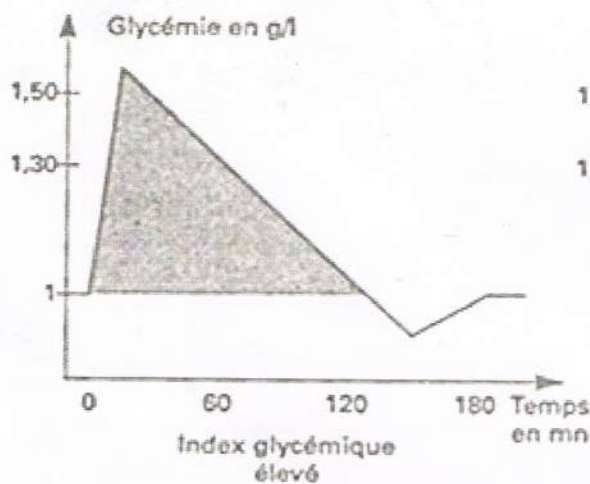
- L'index glycémique mesure la capacité d'un glucide donné à élever la glycémie après le repas par rapport à un standard de référence qui est le glucose pur.
- L'IG est une mesure permettant de décrire l'influence du sucre (provenant des aliments) sur la glycémie.
- C'est la mesure de l'importance et de la rapidité de l'élévation de la glycémie après l'absorption d'un aliment contenant des glucides.
- nous renseigne sur la qualité de ses glucides ,pas sur la quantité.



IG au-dessus 70	élevé
IG entre 55-69	Moyen
IG inférieur à 55	bas

- IG dépend de nombreux facteurs:

- Nature de ses glucides (simples ou complexes)
- Proportion et la nature de l'amidon (glucides des céréales)
- La présence de lipides ,de fibres
- Etat physique (solide ou liquide)
- Traitements subis par l'aliment



- Un aliment à IG élevé a un effet important sur la glycémie tandis qu'un aliment à IG bas contient des glucides dont l'effet est moindre sur la glycémie
- Donc, plus on consomme des aliments à IG ↑, + pics élevés de la glycémie, fabrication d'insuline → ↑ la faim (ouvrent l'appétit) → prise de poids (engraisse)
- le pancréas, excessivement sollicité, se fatigue ↑ le risque de diabète de type 2.

☐ Notion de charge glycémique CG

- On la calcule : $CG = [IG \times \text{quantité de glucides d'une portion d'aliment (g)}] / 100$
- prend à la fois en compte l'IG de l'aliment et la quantité de glucides que vous avalez.
- permet d'évaluer la capacité d'une portion précise (en g) d'un aliment à élever le sucre dans le sang
- le melon d'eau a un IG élevé (67), sa charge glycémique pour une portion normale de 100 g est 4.
- le riz blanc $CG=14$ pour une portion de 100 g.
- Une seule portion de riz blanc apporte donc la même charge glycémique que ≈ 4 portions de melon d'eau.

Aliment	IG	CG (pour 100g)
Navet	70	2
Melon	65	4
Pastèque	75	5
Potiron	75	5
Carotte cuite	85	5
Fèves cuites	80	6
Banane	65	13
Pomme de terre (purée)	90	13
Riz long blanc	60	14

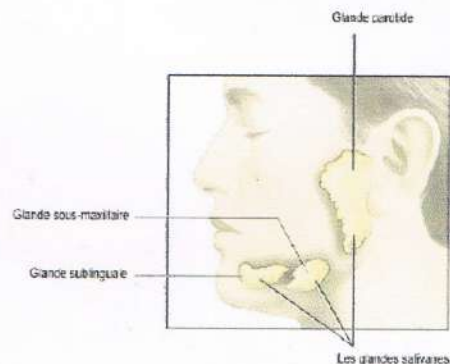
CG au-dessus 20	élevé
CG entre 11-19	Moyen
CG inférieur à 10	bas

7. **Digestion des glucides**

- La digestion est l'hydrolyse.
- Glucides : Alimentation principalement composée de **polysaccharides** (amidon, cellulose, ...) et de **disaccharides** (saccharose, lactose).

A-D digestion pré-intestinale : la digestion commence dans la bouche, sous l'action de l'amylase salivaire, enzyme produite par les glandes salivaires.

-elle est inactives pour un $pH < 4.5$ et permet de digérer chez l'Homme environ **70% de l'amidon**.



- Hormone Hypoglycémisante = insuline.
- Hormones Hyperglycémisantes = glucagon, adrénaline, cortisol ...

➤ 2 Origines du glucose:

- Exogène: absorption et digestion des glucides alimentaires.
 - intestin en période post-prandiale (sang portal à distribution aux tissus sous l'action de l'insuline).
- Endogène
 - foie en période de jeûne (glycogénolyse et néoglucogenèse sous l'action du glucagon).

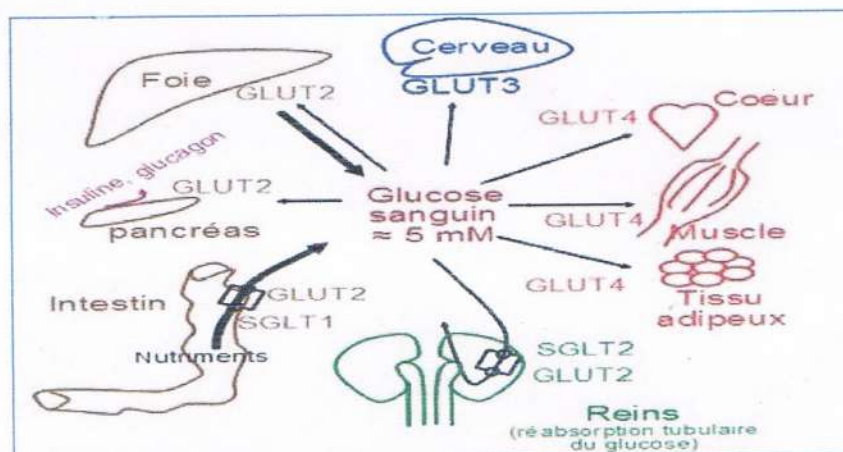
2. Le transport cellulaire : On distingue 2 familles de transporteurs :

a. **SGLT (Sodium/Glucose Transporteur):** absorption active secondaire.

- -Transport conjoint du Na et du glucose (sans utilisation d'ATP)
- -Le Na expulsé du pôle basal de l'entérocyte grâce au Na/K-ATPase (utilisation d'ATP)

b. **GLUT (Glucose Transporter):** diffusion facilitée ne nécessite pas d'ATP.

- Glycoprotéines transmembranaires.
- Codés par des gènes différents.
- Classés suivant ordre chronologique de découverte.
- Expression variable en fonction des cellules.
- **Se distinguent par leur Km pour le glucose, dépendance de l'insuline.**
- Pénétration du glucose suivant le gradient de concentration.
- La famille des GLUT (14 membres).



CARBOHYDRATE DIGESTION

In intestinal lumen

starch \rightarrow limit dextrins + maltose

at enterocyte surface





lactose \rightarrow glucose + galactose

trehalose \rightarrow glucose

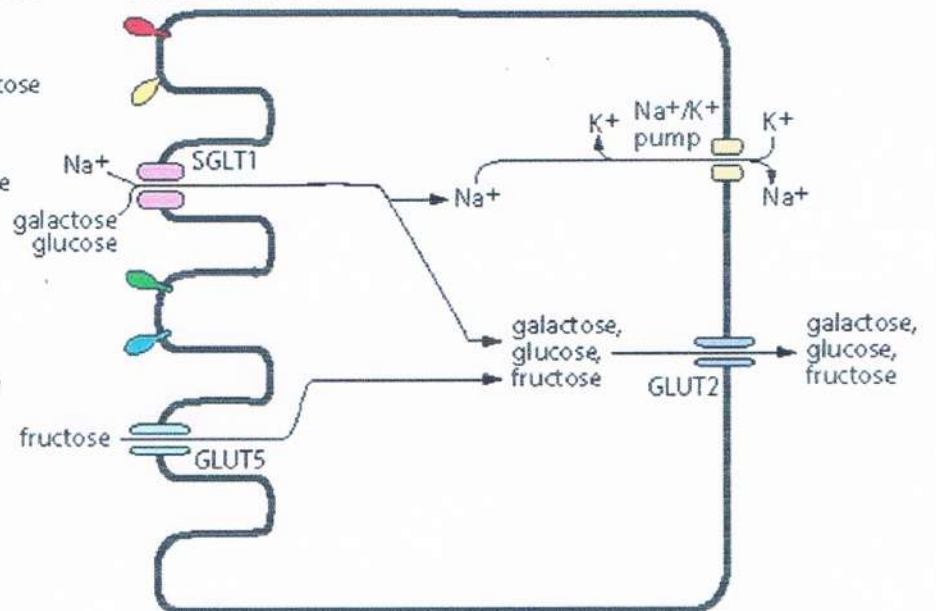
maltose \rightarrow glucose

limit dextrins \rightarrow glucose

sucrose \rightarrow glucose + fructose

-  lactase
-  trehalase
-  maltase-glucoamylase
-  sucrase-isomaltase

HEXOSE UPTAKE



3. Régulation des GLUT:

- Sensibilité à l'insuline en fonction des tissus.
- Foie (GLUT2): nombreux, mobiles, insensibles. très efficaces → équilibre rapide de la glycémie entrée du glucose étape non limitante du métabolisme.
- Adipocyte + Cellules musculaires (GLUT4) = **sensibles à l'insuline** qui stimule leur synthèse, leur déplacement à la membrane → stimule l'affinité du récepteur pour le Glu.
- Moyen de régulation du métabolisme du glucose = transport musculaire = étape limitante du métabolisme.

Elimination du glucose : au niveau du rein le glucose subit

- Une filtration glomérulaire puis
- Une réabsorption tubulaire totale → pas de glucose dans les urines (glucosurie) quand la glycémie est normale.
- Si glycémie > capacités de réabsorption tubulaire (>1,80 g/l) → passage du glucose dans les urines = glucosurie.

Transporteurs des monosaccharides (glucose, fructose, galactose) GLUT

	Principale localisation cellulaire	Affinité pour oses	Dépendance de l'insuline
GLUT 1	Hématies	Forte (glucose, galactose)	Non
GLUT 2	Foie, pancréas, rein, intestin	Faible (glucose, galactose, fructose)	Non
GLUT 3	Cerveau	Forte (glucose, galactose)	Non
GLUT 4	Muscle, adipocyte	Forte (glucose)	Oui
GLUT 5	Intestin	Faible (fructose)	Non

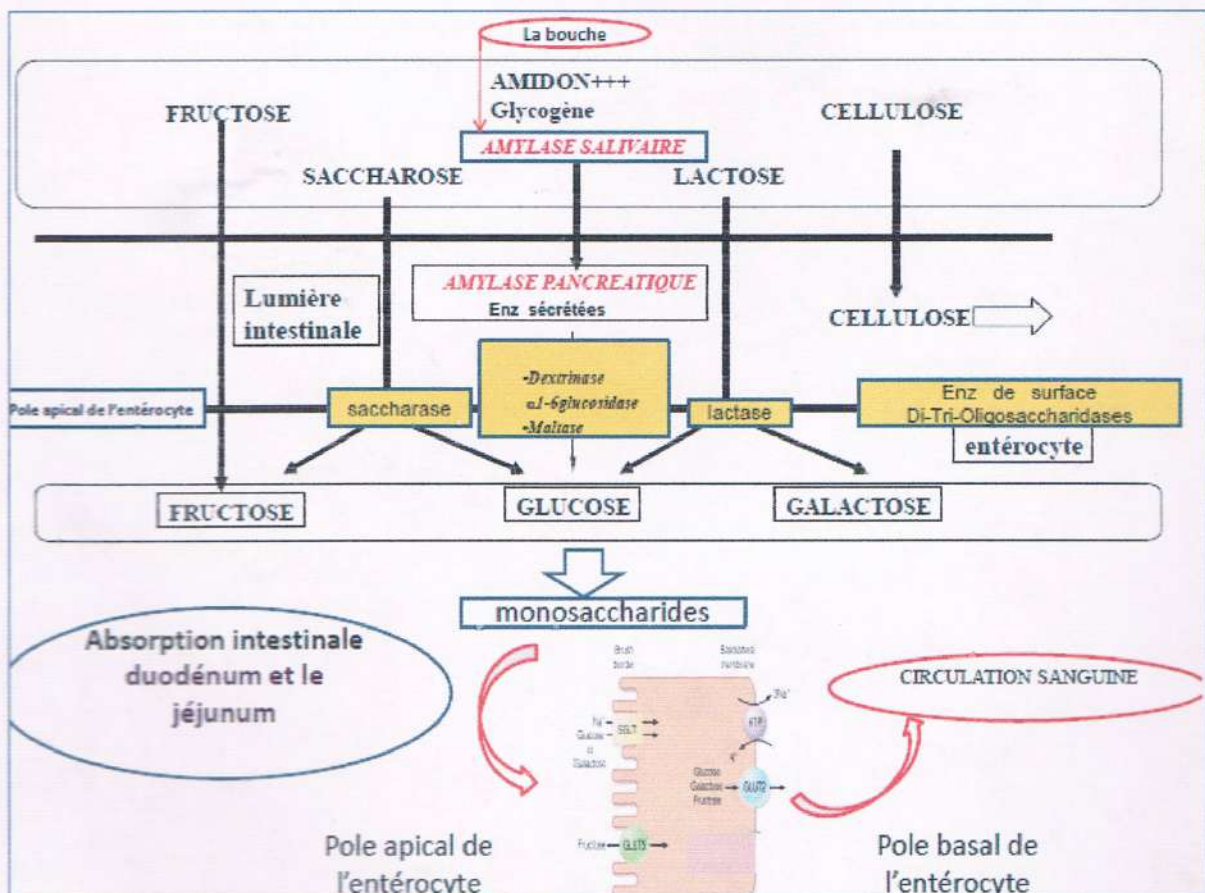
Anomalies de l'absorption et transport des glucides

1. Anomalies de l'absorption et de la digestion:

- Déficits en disaccharidases le plus fréquent en **lactase**= intolérance au lactose (diarrhées après ingestion de lait).

2. Anomalies du transport cellulaire :

- Déficit en transporteur GLUT2 : syndrome de TONI DEBRE FANCONI
 - Accumulation de glycogène dans le foie Hépatosplénomégalie et les reins.
 - Hépatosplénomégalie.
 - Insuffisance rénale tubulaire sévère.
- Déficit en transporteur SGLUT2 : glycosurie rénale ou diabète rénal.
 - Clinique glycosurie bénigne avec glycémie normale.
- Insulino-résistance périphérique qui s'exprime au niveau des cellules musculaires : les GLUT4 ne répondent plus à l'insuline → sécrétion importante d'insuline → hyperinsulinisme (diabète sucré et obésité).



La Glycolyse

Rappel des objectifs

- Connaître l'origine biologique du glucose.
- Décrire les étapes de la glycolyse (lieu, intérêt, enzymes, les réactions réversibles et irréversibles).
- Connaître le métabolisme du pyruvate en aérobose et en anaérobose
- Faire les bilans énergétiques de la combustion du glucose en aérobose et en anaérobose.
- Connaître les enzymes clés (enzymes de régulation), les hormones de régulation.
- Connaître les pathologies de la voie de la glycolyse.

1. **Définition** : la glycolyse ou Voie Embden-mayerhof.

- la glycolyse dérive du mot grecque *glik* (sucre) et *lysis* (dissolution ou dégradation).

- **La glycolyse est une voie du catabolisme oxydatif, cytoplasmique, anaérobie avec production de:**

- 2 Molécules de pyruvate (C3).
- Molécules riches en énergie (NADH, H⁺ et ATP).

- ✓ **voie du catabolisme** : dégrade une molécule de glucose (6 carbones) en 2 molécules de Pyruvate (3 carbones).
- ✓ **Oxydatif** : enlèvement d'un atome d'hydrogène dont l'accepteur est le NAD⁺ se transformant en NADH, H⁺.
- ✓ **Cytoplasmique** : 10 enzymes cytosolique.
- ✓ **Anaérobie** : ne nécessite pas d'oxygène, mais a lieu même en présence d'oxygène.

- En 1940: Embden, Mayerhof et Parnas proposent la séquence des 10 réactions de la glycolyse.

➤ Origines du glucose :

1. Exogène : d'origine alimentaire par digestion de polysaccharides (amidon, glycogène) et de disaccharides (saccharose, lactose), et à partir de monosaccharides: fructose et galactose.

2. Endogène : d'origine métabolique par catabolisme du glycogène hépatique et musculaire, précurseurs non glucidiques (néoglucogenèse hépatique).

➤ Lieu de la glycolyse : Le glucose traverse les membranes plasmiques grâce à des protéines transporteuses : les perméases (GLUT)

-Elle a lieu dans toutes les Cellule : procaryotes et eucaryotes.

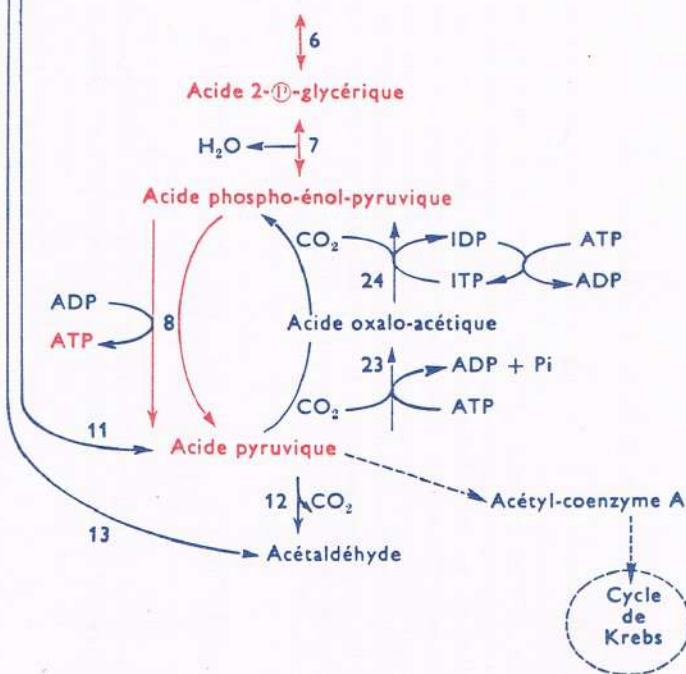
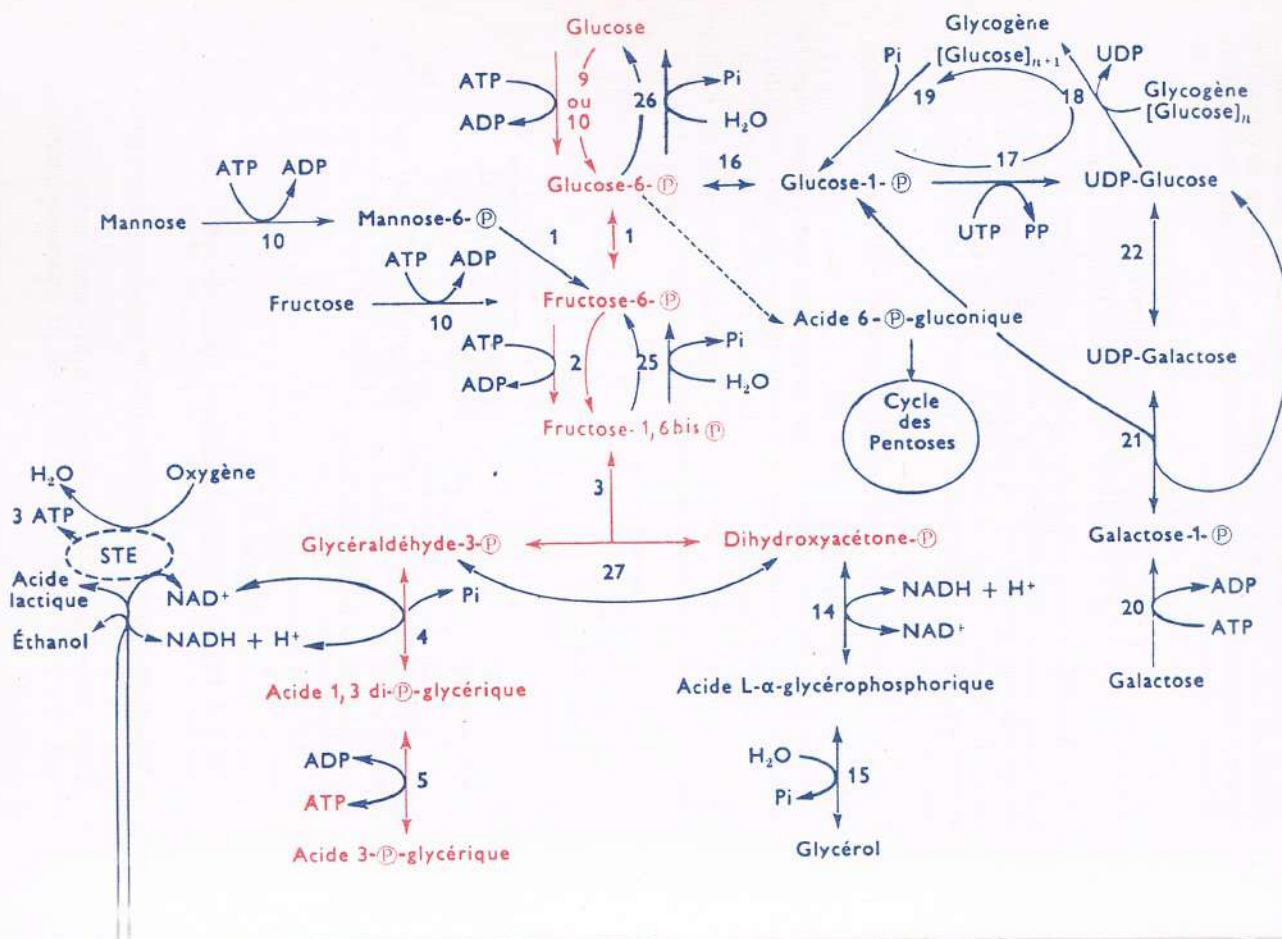
-Mais à des degrés divers :

- ✓ Les globules rouge et le cerveau : sont des tissus dits gluco-dépendants.
- ✓ Le muscle et le myocarde: surtout en période d'activité musculaire.
- ✓ Foie et tissu adipeux: utilisent peu le glucose.

-Compartiment : fraction soluble du cytoplasme ou cytosol = 10 enzymes cytosolique.

➤ L'intérêt de la glycolyse : le principal but est de fournir aux cellules de l'énergie sous forme :

- ATP Adénosine triphosphate.
- NADH, H⁺ Nicotinamide adénine dinucléotide.

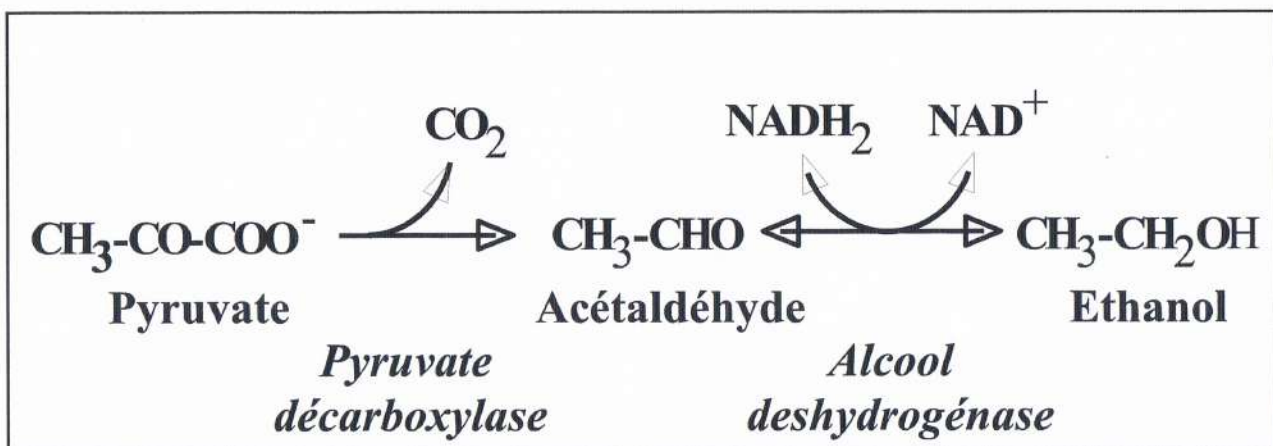


ENZYMES

1. Phosphohexose isomérase.
2. Phosphofructokinase.
3. Aldolase.
4. Glycéraldéhyde 3-P-déshydrogénase.
5. Phosphoglycérate kinase.
6. Phosphoglycérate mutase.
7. Énolase.
8. Pyruvate kinase.
9. Glucokinase.
10. Hexokinase.
11. Lacticodéshydrogénase.
12. Pyruvate décarboxylase.
13. Alcool-déshydrogénase.
14. α-glycérophosphate-déshydrogénase.
15. Phosphatase.
16. Phosphoglucomutase.
17. UDP-glucose-pyrophosphorylase.
18. Glycogène-synthétase.
19. Phosphorylase a.
20. Galactokinase.
21. Phosphogalactose-uridylyl-transférase.
22. UDP-galactose-4-épimérase.
23. Pyruvate-carboxylase.
24. Phospho-énol-pyruvate-carboxykinase.
25. Fructose-1,6-bisphosphatase.
26. Glucose-6-phosphatase.
27. Triosephosphate-isomérase.

FIG. 4-35. — Schéma récapitulatif des réactions de la glycolyse anaérobie et de quelques réactions qui s'y rattachent directement. Les pointillés (STE = système transporteur d'électrons, décarboxylation oxydative en acétyl-coenzyme A, cycle de Krebs) rappellent qu'il s'agit de réactions n'ayant lieu qu'en aérobie.

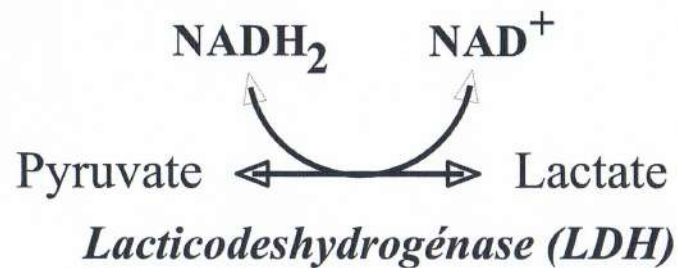
Fermentation alcoolique



- Décarboxylation préalable du pyruvate.
- L'acétaldéhyde accepte les éléments réducteurs.

6)

Fermentation lactique



- Le pyruvate, produit terminal de la fermentation, accepte les éléments réducteurs.
- Le NAD⁺ est régénéré.
- Le lactate est libéré dans la circulation, et recyclé par le foie.

A- GLYCOLYSE

régulation

adapter la vitesse aux besoins énergétiques de la cellule

4 NIVEAUX DE CONTRÔLE

- Entrée du glucose
- Phosphorylation du glucose
- Phosphorylation du F6P
- Production du pyruvate

Deux régulateurs principaux

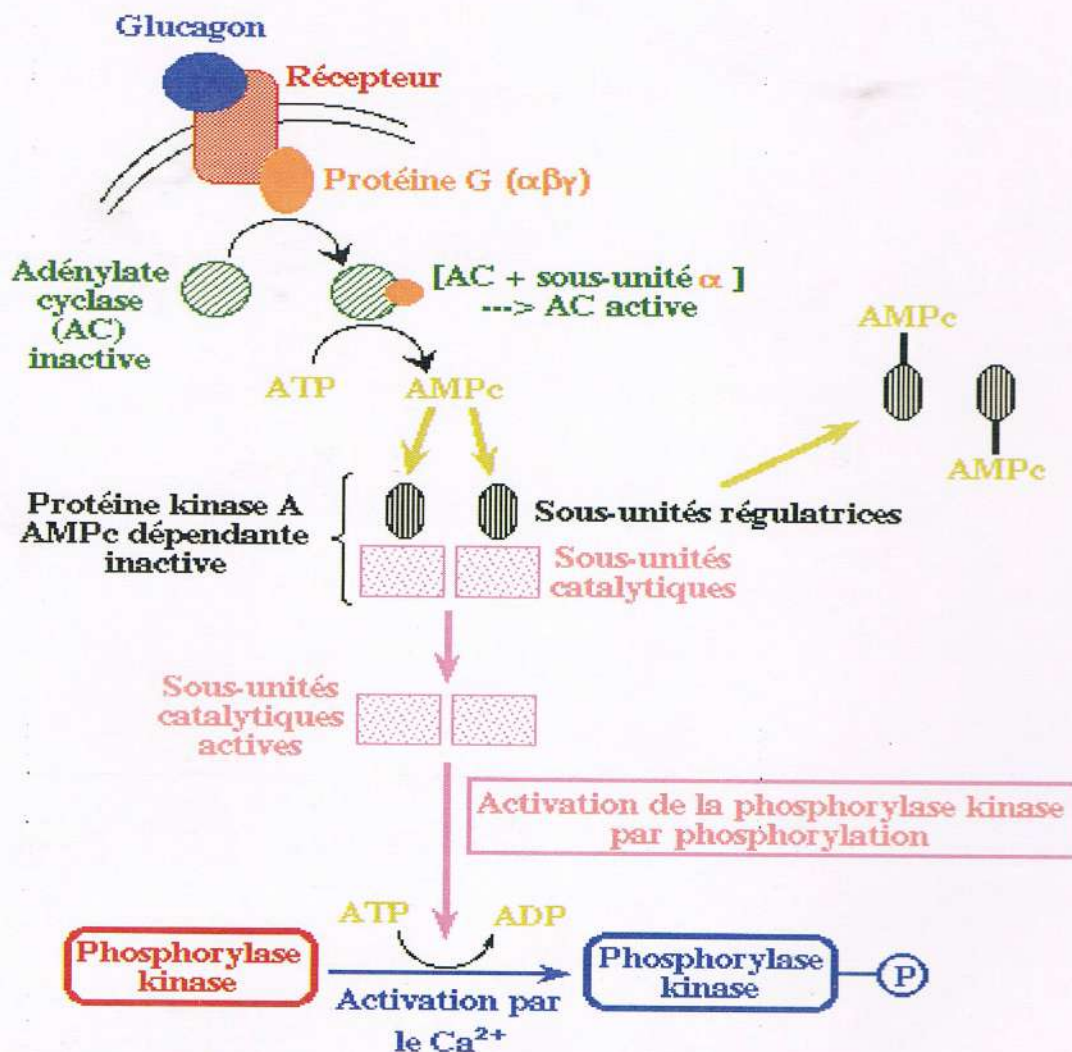
- ATP
- Fructose 2-6 diphosphate

- ✓ Ce sont des enzymes allostériques ont une activité évoluée en fonction de la présence d'effecteur qui peuvent les activer ou les inhibés.
- ✓ Ces enzymes sont également l'objet d'une modulation de l'activité par des modifications covalentes qui correspond à des fixations des phosphates.
- ✓ Par une régulation de la transcription des gènes en fonction des besoins de l'organisme.

La régulation est aussi assurée par 2 systèmes hormonaux :

- ✓ Hyperglycémiant : « Glucagon, Adrénaline et Cortisol »
- ✓ Hypoglycémiant : « Insuline »

Leur perturbation provoque Les diabètes.



E. Jaspard (2006)

Régulation de la glycolyse :

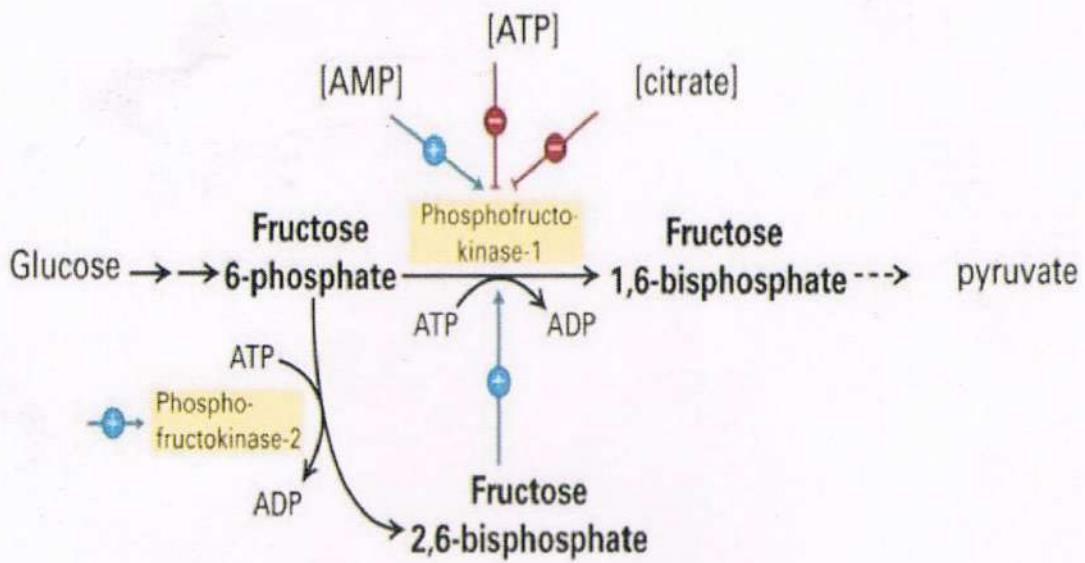
La régulation de la glycolyse pour adapter la vitesse aux besoins énergétiques de la cellule.

4 Niveaux contrôle :

- ✓ Entrée du glucose
- ✓ Phosphorylation du glucose
- ✓ Phosphorylation du F 6 P
- ✓ Production du pyruvate

Deux régulateurs principaux :

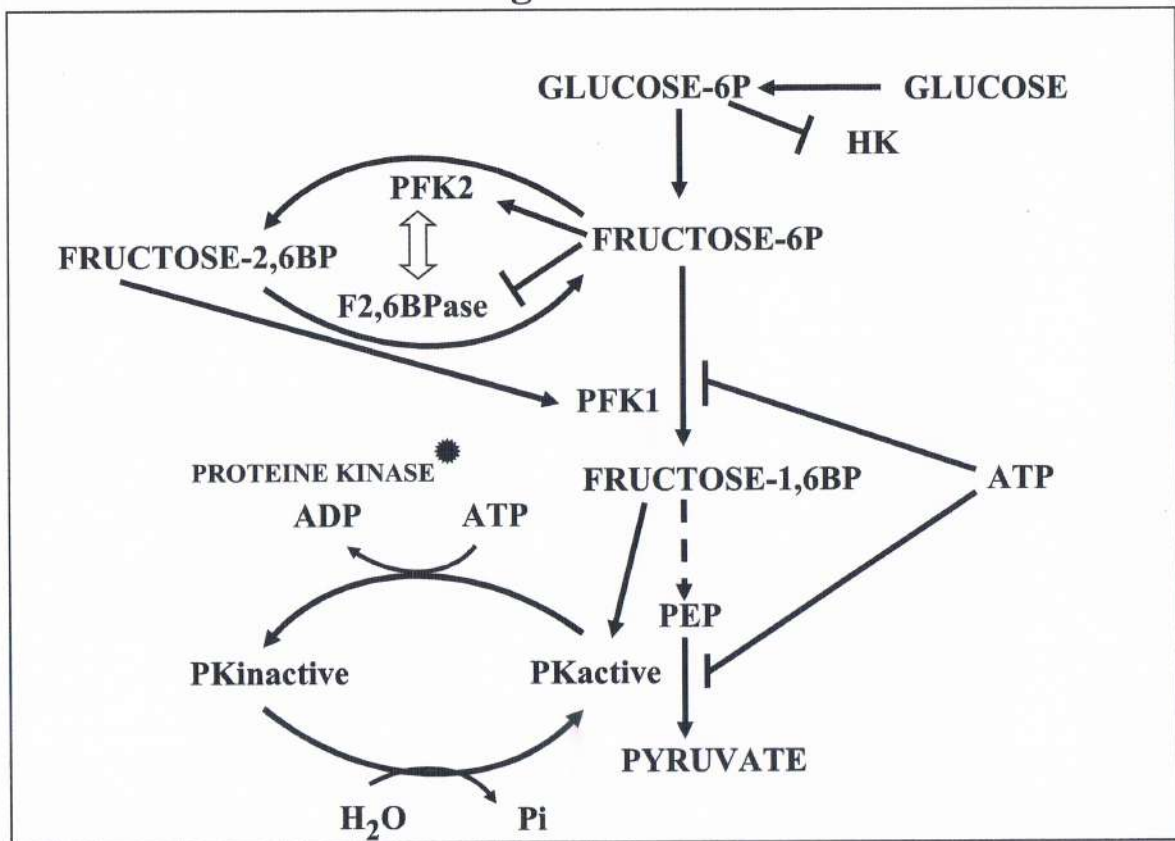
- ✓ ATP
- ✓ Fructose 2 – 6 di phosphate



L'activité des enzymes de régulation de la glycolyse « Hexokinase, Phosphofructokinase (PFK) et Pyruvate kinase » sont réguler par 3 mécanisme :

A- GLYCOLYSE

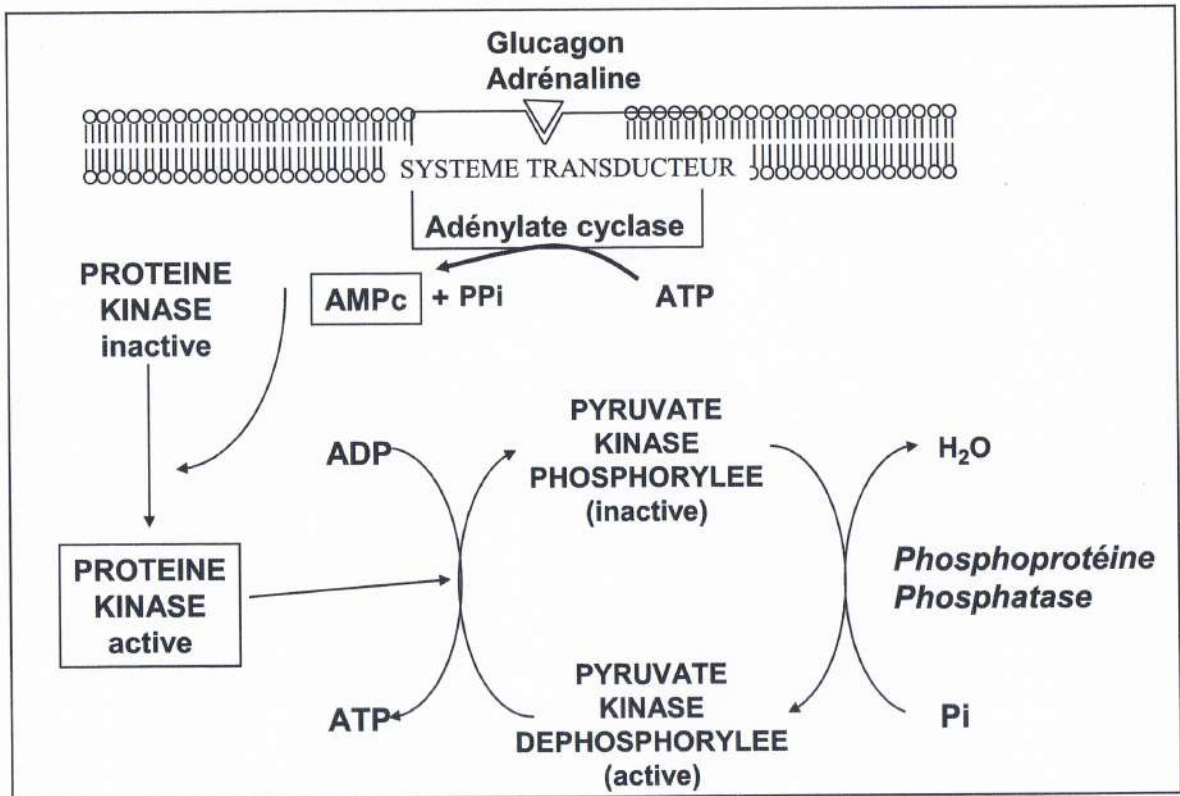
régulation



11

LES ENZYMES A REGULATION COVALENTE

Implications dans la transduction du signal



Vue d'ensemble

Retentissements métaboliques

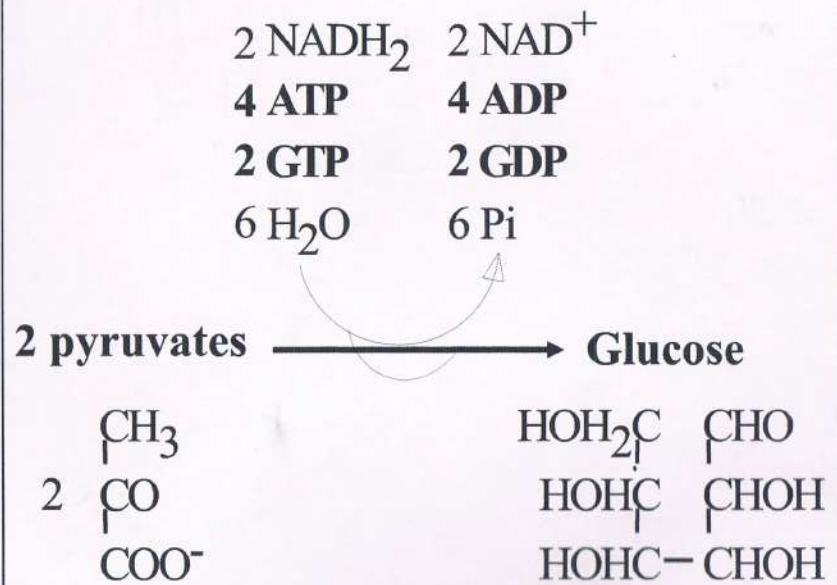
- Elle s'accompagne en général de **cétogénèse**
 - Stimulée par le **glucagon** qui provoque une **lipolyse**, et inhibée par l'**insuline**).
- Elle peut être précédée de **protéolyse**
 - Stimulée par le **cortisol** dans le cadre de sa fonction métabolique "glucido-protidique").

la néoglycogénèse

Vue d'ensemble

Equation réactionnelle

- Le précurseur direct est le **pyruvate**.
- C'est une voie **endergonique**
- **6 équivalents ATP** consommés par molécule de glucose.



La néoglucogenèse

1. Introduction :

-Néo : nouveau.

-Glucogenèse : synthèse de molécule de glucose.

-La néoglucogenèse ou gluconéogenèse : l'ensemble des mécanismes et toutes les voies responsables de la synthèse du glucose à partir de substances non glucidiques.

Intérêt :

❖ Le glucose est :

- Comme source d'énergie,
 - ✓ Nécessaire à toutes les cellules,
 - ✓ Indispensable :
 - Aux cellules glucodépendantes (globules rouges+Cerveau).
 - et aux cellules qui, en anaérobiose, dépendent de la glycolyse (muscles).
- Comme précurseur indispensable à la biosynthèse de molécules d'intérêt biologique.

❖ Les besoins en glucose de l'organisme sont couverts :

- par l'alimentation.
- par la glycogénolyse hépatique.
- par la néoglucogenèse.

-Lieu :- hépatique dans 90%.

- cortex rénal (rein) dans 10%.

-Compartiment cellulaire : cytoplasme-mitochondrie-réticulum endoplasmique.

-Les principaux précurseurs:

- **le Pyruvate/ lactate (1/3):** Proviennent des globules rouges et des cellules musculaires.
- **alanine (1/3) :** Proviennent des cellules musculaires.
- **le glycérol (1/12):** Proviennent du catabolisme des triglycérides (alimentaires, tissu adipeux, des lipoprotéines circulantes).
- Diverses molécules:
 - A.a glucoformateurs: aliments, protéines tissulaires.
 - Propionate (Propionyl CoA): catabolisme des acides gras (AG) à nombre impair de carbones C.

La néoglucogenèse intervient pendant **le jeûne**:

Entre les repas, lactate, alanine et glycérol sont les précurseurs les plus abondants.

Lors d'un jeun plus long, ce sont les acides aminés glucoformateurs.

NEOGLUCOGENESE

