

Les glucides – Structure, fonction et pathologie

Dr Marie-José Stasia

PLAN

INTRODUCTION

Définition, Classification

I. LES OSES SIMPLES ET DIHOLOSIDES OU DISACCHARIDES ESSENTIELS

Principaux oses simples et disaccharides essentiels pour l'homme

Oses: glucose, fructose, ribose

Disaccharides: maltose , saccharose, lactose

Propriétés utiles des oses simples et des disaccharides

II. UN POLYSACCHARIDE ESSENTIEL, L'AMIDON

Description

dégradation digestive

III. SUCRES ET DIETETIQUE

Sucres lents, sucres rapides et index glycémique (IG)

Les oligosaccharides ou FOS (le bifidus actif)

IV. AUTRES POLYSACCHARIDES IMPORTANTS

Le glycogène

Les alginates

PLAN (suite)

V. LES GLUCIDES COMPLEXES OU LES GLYCOCONJUGUES

Les glycoprotéines; synthèse et rôle

Conséquences physiologiques et physiopathologiques de la glycosylation des protéines

Les Mannose Binding Lectines (MBL) ou antigènes glucidiques

Les glycoprotéines du HIV

Importance de l'étiquette mannose-6-phosphate – Défaut d'adressage des enzymes lysosomiaux

Les Glycolipides, intérêt pour la distinction des groupes sanguins

VI. LES GLUCIDES ULTRA-COMPLEXES OU LES PROTEOGLYCANES ET PEPTIDOGLYCANES

Les protéoglycanes

La matrice extracellulaire (MEC), charpente et colle biologique des tissus

Les peptidoglycanes de la paroi bactérienne, action de la pénicilline

Introduction

Ils sont des :

- réserves énergétiques (glycogène pour les mammifères, la cellulose pour les végétaux)
- éléments de structure (matrice extracellulaire, charpente et colle des tissus)
- composants de métabolites fondamentaux (ADN, ARN, les vitamines...)

Ils sont considérés maintenant comme des :

- signaux de reconnaissance qui permettent une localisation correcte des protéines et enzymes dans la cellule
- déterminants antigéniques (détermination du groupe sanguin selon la structure glucidique des antigènes de surface du globule rouge)

Ils entrent dans la composition de produits de synthèse comme les :

Vaccins polysaccharidiques

Formes nouvelles d'administration de médicaments

Alimentation allégée (Aspartam, Fibres alimentaires)

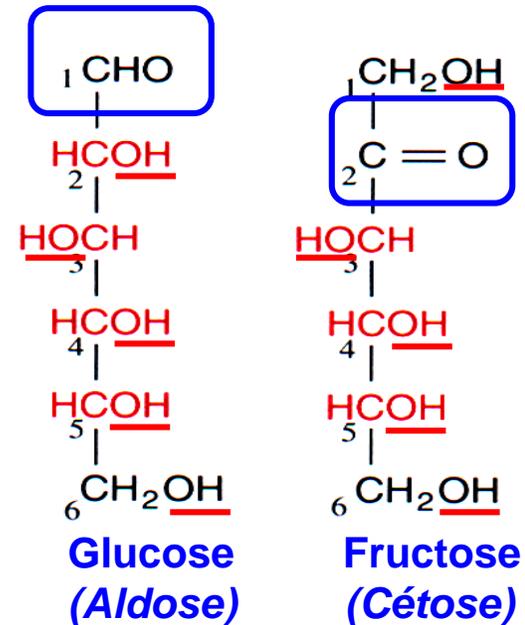
Définition

Les glucides sont une classe de molécules organiques contenant un groupement carbonyle [soit aldéhyde (CHO) soit cétone (CO)] et plusieurs groupements alcool (OH) (cf formule ci-dessous).

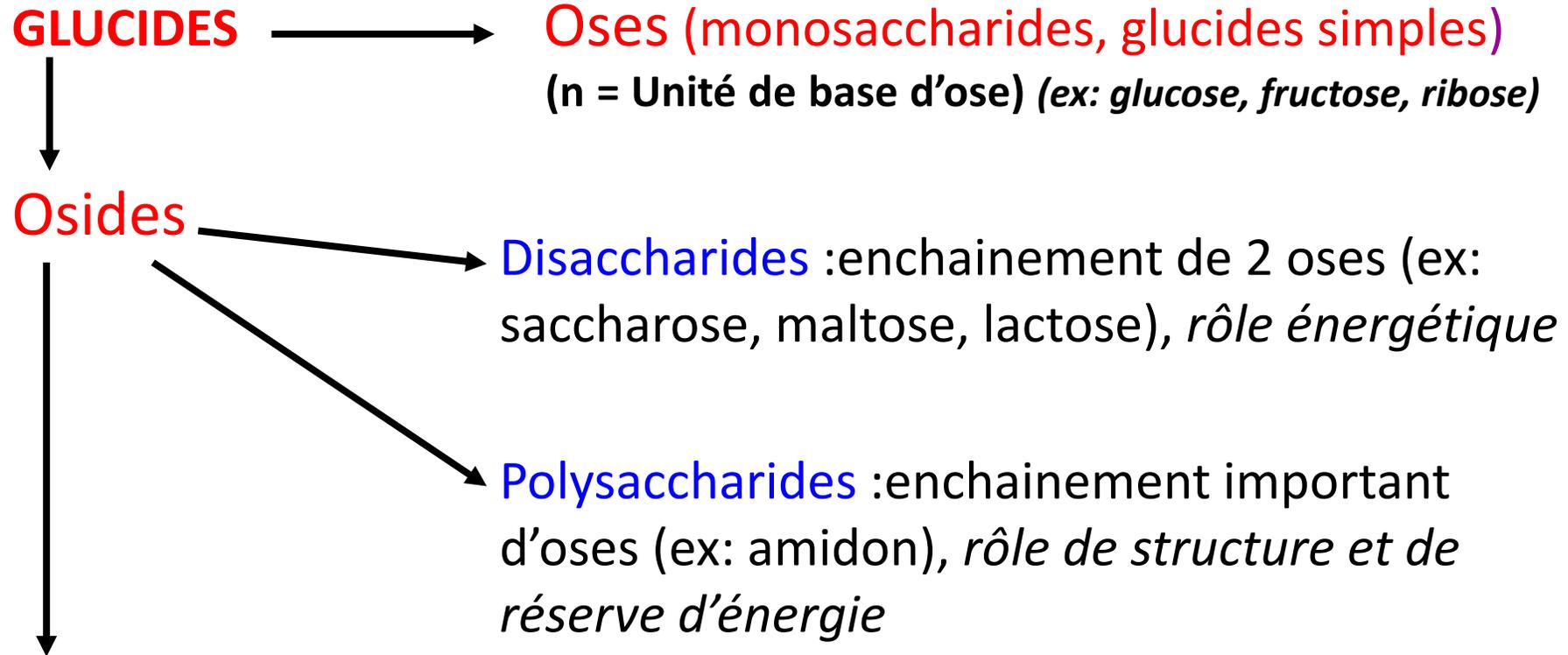
- Les glucides sont historiquement appelés hydrates de carbone.

Leur formule chimique est basée sur le modèle $C_n(H_2O)_p$ (d'où le nom historique d'hydrate de carbone)

- Le sucre ou glucide le plus simple est l'OSE ou monosaccharide
- Leur formule peut contenir des atomes d'azote ou de phosphore par exemple
- La plupart des monosaccharides que l'on retrouve chez les êtres vivants ont 5 carbones (pentoses comme le ribose) ou 6 carbones (hexoses comme le glucose ou le fructose)



Classification des glucides selon leur structure



Glycoconjugués : Structures glucidiques complexes composés de glucides liés à une protéine (glycoprotéines) ou à un lipide (glycolipides) ou à un peptide (peptidoglycanes).

I. Oses simples et disaccharides essentiels

Le glucose ose simple de référence

1 - Le glucose: (hexose – 6 C)

Ose majeur dans tous les métabolismes glucidiques fondamentaux (néoglucogénèse, glycolyse...), source de génération d'ATP donc d'énergie

Le taux normal de glucose dans le sang ou glycémie : 0,7- 1,1 g/L soit 1 g/L correspondant à 5,5 mM

Si > 1,2 g/L alors diabète **Excès de Glucose dans le sang**

mesure de la glycémie à jeun

glycosurie (glucose dans les urines) si glycémie > [1,8g/L]

- **Diabète de type 1 (DID) ou juvénile**

maladie autoimmune : destruction des cellules (îlots β) du pancréas productrices d'insuline.

- **Diabète de type 2 (DNID) après 50 ans**

absence de réponse des tissus périphériques à l'insuline.

- **L'hémoglobine glyquée (AGE) est un excellent marqueur pour le suivi des DID** : Il s'agit d'une modification de l'hémoglobine circulant par glycosylation anormale dû à un excès de glucose dans le sang des diabétiques

Autres oses simples essentiels pour l'homme

2 – Fructose (hexose – 6 C)

Structure proche du glucose, , retrouvé dans les fruits, le miel, les sécrétions séminales

Ose aussi fondamental que le glucose entre dans tous les métabolismes glucidiques de l'organisme

3 – Ribose (pentose – 5 C)

Ose très important car il entre dans la composition des acides nucléiques (ADN, ARN), Mais aussi dans la structure des coenzymes activateurs d'enzymes essentiels aux métabolismes de l'organisme (NAD, NADP, FAD) et des molécules énergétiques tels que des nucléotides (ATP, ADP)

4 - Les oses phosphorylés (glucose, fructose et mannose)

Sont la seule forme active des oses. Pour être efficace et entrer dans les métabolismes glucidiques de l'organisme (néoglucogénèse, glycolyse, glycogénolyse...) les oses doivent être phosphorylés Ex: Glucose-6-phosphate, mannose-6-phosphate, fructose-6-phosphate.

Principaux diholosides ou disaccharides utiles à l'homme

Le maltose

Formé par l'union de 2 molécules de glucose.

Produit d'hydrolyse obtenu par digestion des polysaccharides (amidon et glycogène) par les amylases.

Le saccharose

Le saccharose est extrait de la canne à sucre et de la betterave. Il est cristallisable et soluble dans l'eau. C'est le sucre de table.

Le lactose

Il est présent dans le lait de tous les mammifères.

Rôle Des disaccharidases intestinales

- ✓ Véritables scapels spécifiques des dissacharides maltose, saccharose et lactose (maltases, saccharases, lactases)
- ✓ Elles participent à la digestion et l'absorption des nutriments

Intolérance au lactose chez les nouveaux-nés

- ✓ **Signes:** vomissements, diarrhées/constipation, douleurs abdominales – Arrêt au changement d'alimentation
- ✓ Dans l'intolérance au lactose, disparition de l'activité lactase des cellules intestinales
- ✓ Le lactose ne peut entrer directement dans les cellules intestinales: Il faut une lactase intestinale pour l'hydrolyser en galactose + glucose, qui eux sont absorbés par les cellules intestinales.

Quelques propriétés des oses simples et disaccharides

- Seuls les oses simples (ou monosaccharide) et les disaccharides ont un pouvoir sucrant, les polysaccharides (comme l'amidon) étant insipides
- Les **monosaccharides** (glucose, fructose, galactose) sont des molécules simples, **non hydrolysables**, formant des cristaux.
- Les **disaccharides** (maltose, saccharose, lactose) et les **polysaccharides** (amidon, glycogène) sont constitués de polymères d'oses liés par **une liaison osidique**. Ils sont **hydrolysables**, c'est-à-dire que la liaison osidique peut être rompue pour donner des oses simples à partir de di ou polysaccharides.
- **Les mono ou disaccharides sont très solubles dans l'eau** grâce aux nombreuses fonctions alcool (OH) de leur structure.
- **Les mono ou disaccharides peuvent être oxydés ou réduits**. Par exemple sous forme oxydée le glucose entre dans la composition de la vitamine C et sous forme réduite il forme le sorbitol qui est un laxatif.

Propriétés utiles des mono et disaccharides...

1 - Le pouvoir sucrant c'est-à-dire le goût sucré

glucides et édulcorants	pouvoir sucrant relatif
<i>glucides</i>	
xylose	40
galactose	30
glucose	75
fructose (lévulose)	170
saccharose	100
sucre interverti	130
maltose	30
lactose	15
<i>Edulcorants non nutritifs</i>	
cyclamate (interdit)	3000
saccharine	45000
aspartame	16 à 20000
sucralose	80000
<i>Edulcorants de substitution</i>	
xylitol	un peu < 100
sorbitol	50

✓ Le glucide de référence est le saccharose ou sucre de table

✓ Les édulcorants non nutritifs ou sucres de synthèse ont un pouvoir sucrant très élevé sans valeur calorique (cyclamate, aspartame...)

✓ Le sorbitol a un pouvoir sucrant faible qui influence peu la glycémie et possède des propriétés laxatives

II. Un polysaccharide essentiel, l'amidon

L'amidon, un polysaccharide d'intérêt alimentaire important

Description

- ✓ Principale forme de réserve de glucides chez les végétaux (blé, maïs, pomme de terre).
- ✓ Représente la moitié des glucides apportés par l'alimentation chez l'homme.
- ✓ Structure compacte en hélice constituée d'un enchainement d'unité maltose.
- ✓ L'amidon est hétérogène car formé de 2 types de molécules présentes en proportion variable selon l'origine de l'amidon; l'amylose et l'amylopectine (cf dia 19 et 20).
- ✓ L'amidon est peu soluble dans l'eau et donne une coloration bleu par l'iode

Dégradation digestive de l'amidon

- ✓ Lors de la digestion l'amidon est dégradé l'**amylases salivaire** dans la salive puis dans le tube digestif par l'**amylase pancréatique** déversées par le suc pancréatique.
- ✓ **Le cortisol et l'insuline active l'amylase pancréatique donc favorise la dégradation de l'amidon**
- ✓ La digestion se poursuit grâce **la maltase intestinale** (disaccharidase qui dégrade le maltose)

III. Sucres et Diététique

Qu'elle est l'incidence physiopathologique de ces différentes structures osidiques?

La notion de sucres lents et sucres rapides

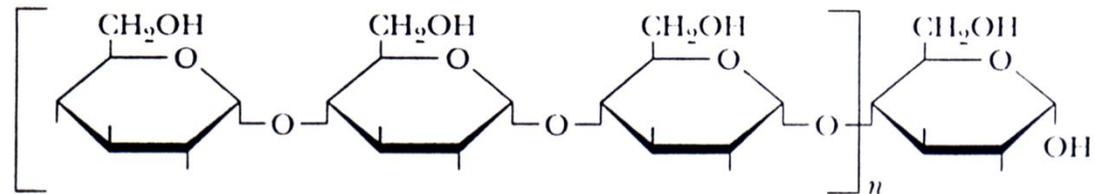
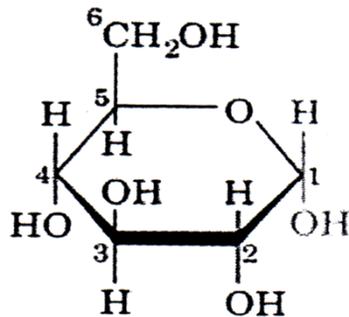
Définition ancestrale de sucre

Sucres simples (monosaccharides)
rapides, non hydrolysables ?

ex: glucose, fructose (une unité d'ose)

Sucres complexes (polysaccharides)
Lents, hydrolysables ?

ex: comme l'amidon (enchaînement d'unités d'oses)



La structure des sucres est essentielle mais pas suffisante pour classer *comme lents ou rapides*

Sucres lents et sucres rapides

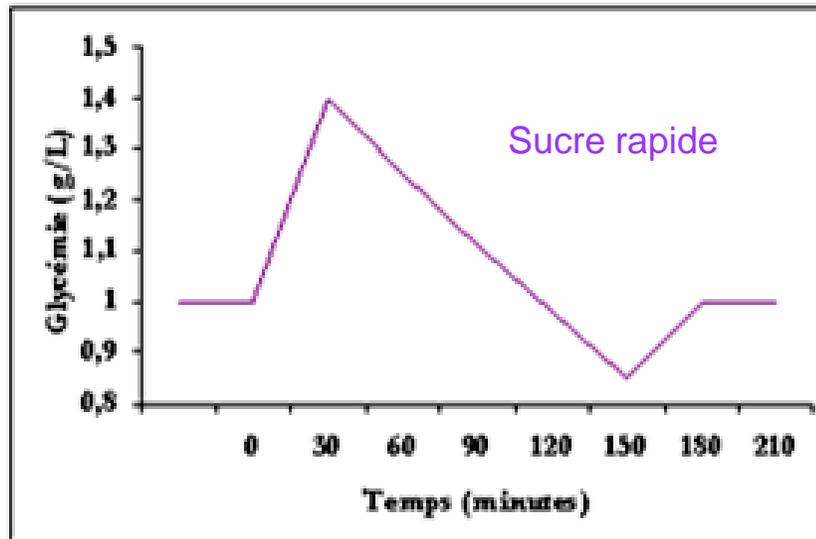
Notion d'Index glycémique (IG)

DEFINITION

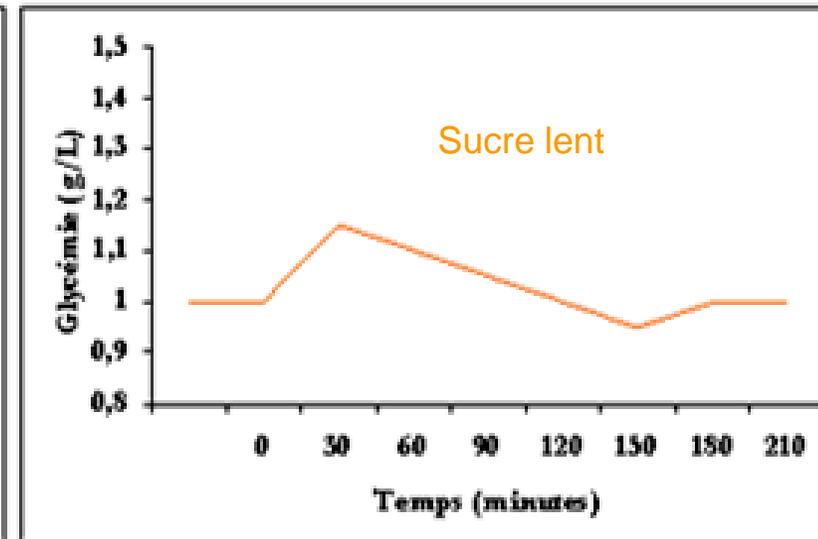
Capacité d'un glucide donné à élever la glycémie après le repas par rapport à un standard de référence qui est le glucose pur (IG=100)

Sucres rapides $IG \geq 70$

Sucre lents $IG < 70$



Index glycémique élevé



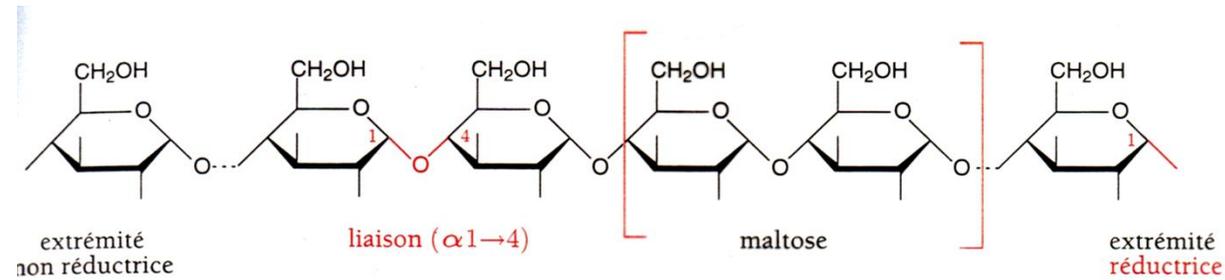
Index glycémique bas

Exemple d'IG de sucres simples (mono ou disaccharides)

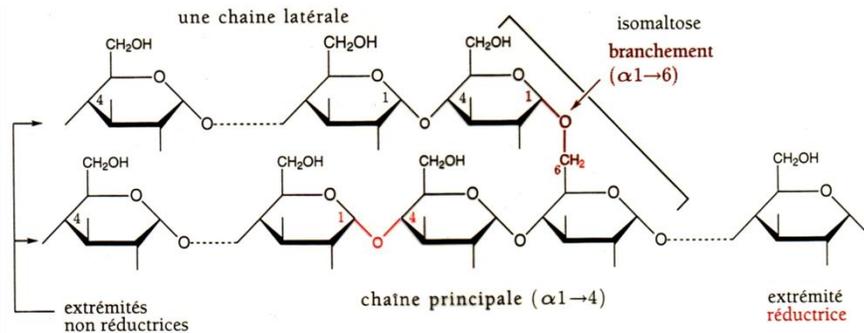
Sucres	Type	IG
Glucose	monosaccharides	100
Lactose	dissacharide	40
Saccharose (sucre blanc)	dissacharide	70
Fructose	dissacharide	20

- ✓ Le glucose a une IG important car c'est un monosaccharide immédiatement disponible et absorbé par la circulation sanguine et les tissus.
- ✓ Le lactose et le saccharose (sucre de table) ont des IG plus faibles par rapport au glucose car se sont des disaccharides (enchaînement de 2 molécules d'oses simples) qui doivent être hydrolysés en monosaccharides pour être efficaces et utilisés
- ✓ Le fructose est aussi un dissacharide mais d'IG inférieur au lactose et saccharose. Il sert à la formation de glucides de stockage préférentiellement et est moins facilement hydrolysé et métabolisé donc moins disponible rapidement.

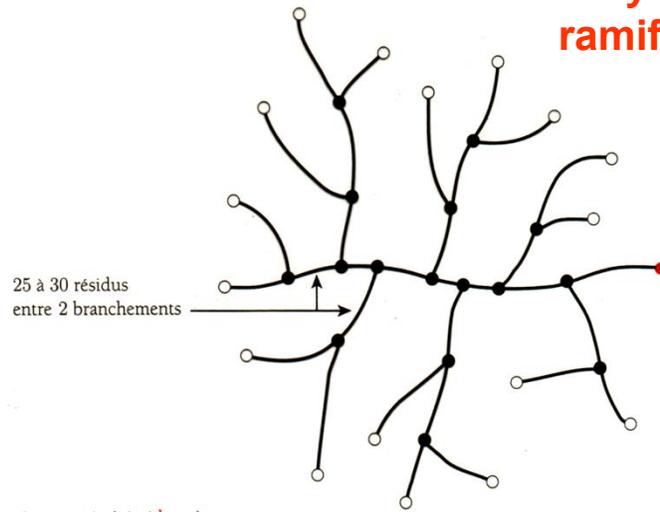
Notion de l'existence des amidons: rapport amylose/amylopectine (amidon partiellement digéré)



Amylose : structure linéaire



Amylopectine: structure ramifiée de l'amylose



Rapport amylose/amylopectine essentiel pour la rapidité de digestion des féculents

Les sucres complexes dit lents mais pas toujours lents...

Sucres complexes (polysaccharides)	IG	
Pain blanc	90	Sucres rapides
Pain complet	65	Sucres lents
Pommes de terre purée/Four	85/90	Sucres rapides
Pommes de terre/eau	65	Sucres lents
Riz blanc standard	70	Sucres rapides
Riz Basmati long	50	Sucres lents
Pâtes complètes (blé entier)	50	Sucres lents
Spaghettis bien cuits	55	Sucres lents
Spaghettis al dente	40	Sucres lents

⇒ IG dépend du rapport amylose/amylopectine, du temps et du mode de cuisson des aliments

Sucres et alimentation allégée

Oligosaccharides ou Oligosaccharines

Production:

✓ Les Oligosaccharides sont produits par tonne industriellement à partir de l'amidon ou du saccharose ou du lactose, ex: FOS ou Fructo-Oligo-S et sont utilisés comme fibres alimentaires dans de nombreux produits (yaourts, céréales...)

✓ **Propriétés :**

- **Non hydrolysés, pas métabolisés, pas d'absorption intestinale**

→ Améliore le transit intestinale (fibres alimentaires)

- **Substrats de la flore intestinale saprophyte**

→ Les FOS sont utilisées par la flore intestinale pour sa croissance naturelle, donc stimule les défenses immunes intestinales naturelles (ex: yaourt au bifidus actif)

IV. Autres polysaccharides importants

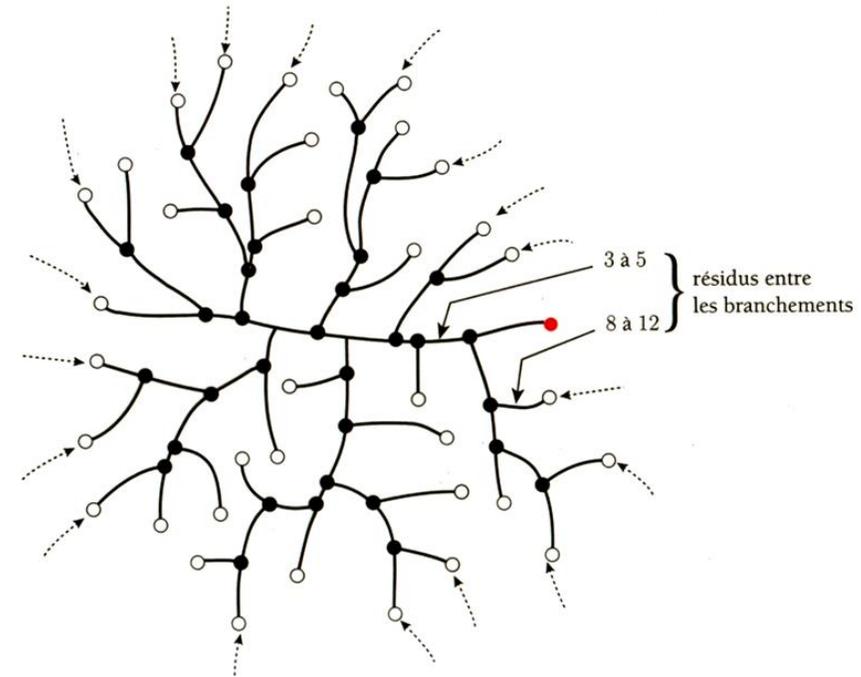
Le glycogène

Réserve dans le règne animal :

- Structure proche de l'amidon
(enchaînement de glucose mais plus de ramifications)

Poids moléculaire très élevé

- **Foie** : 10 % à 12 % du poids frais
- **Muscles** : 50 % du glycogène total
- Pas de glycogène dans le plasma



Dégradation digestive possible comme l'amidon

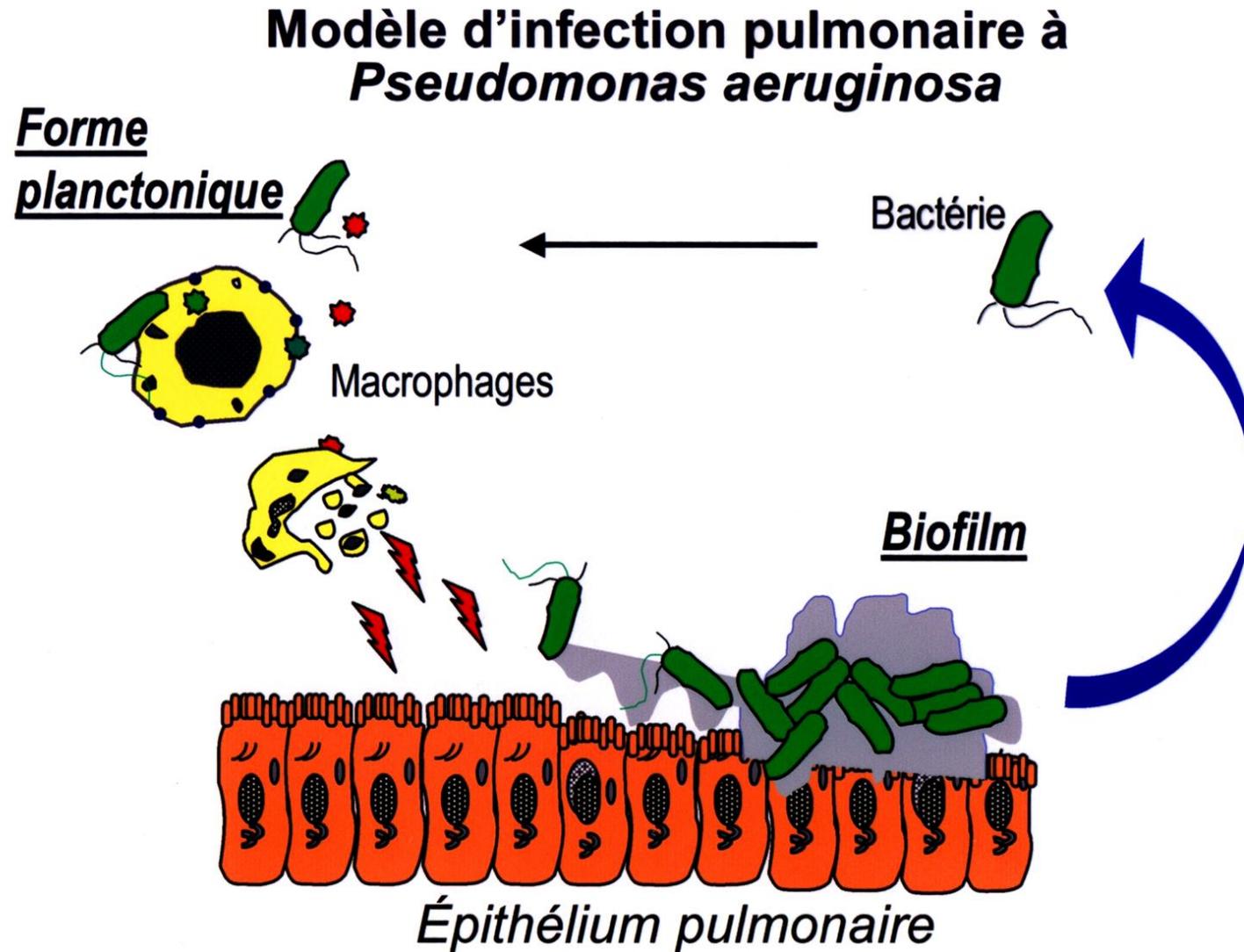
Dégradation cellulaire dans le foie et le muscle

- glycogène par glycolyse
- régulée en permanence (hormones)

Réserves faibles sur le plan énergétique :

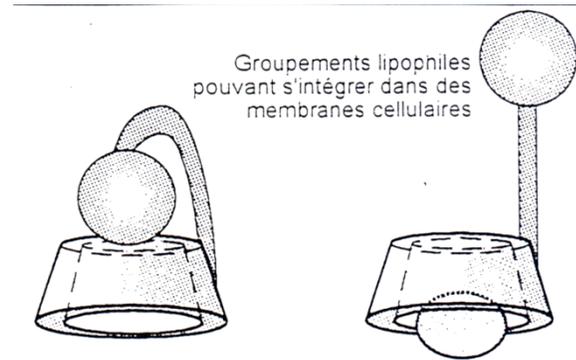
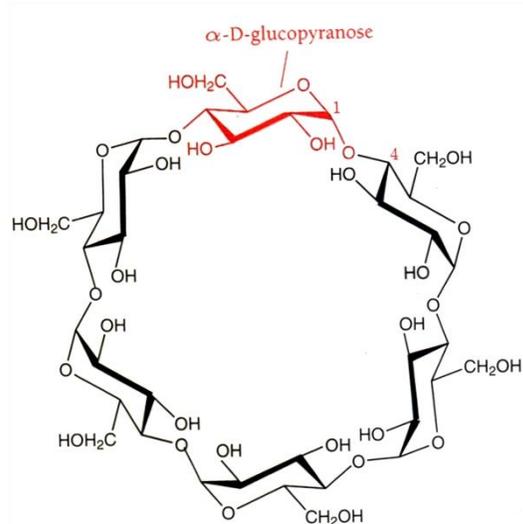
- Régulation de la glycémie
- Approvisionnement des tissus

Les alginate nocifs dans la mucoviscidose



Les alginates utiles

- Exemple de polysaccharides de synthèse utilisés en pharmacologie – les cyclodextrines



Complexation des principes actifs pour mieux contrôler leur passage dans le circuit sanguin ou la progressivité de leur diffusion

- Polysaccharides formant des gels durs utilisés comme aditifs alimentaires, épaississants, gélifiants (desserts lactés, jambon, panés)
- Utilisés en cosmétique, dans les peintures, encres, moulage
- Encapsulation de médicaments, enzymes, cellules

V. Les glucides complexes ou les glycoconjugués

Les glycoprotéines

Glucide + Protéine: variation du taux de glucides de
1 % → 70 %

Liaison covalente : glycosylation (eucaryotes)

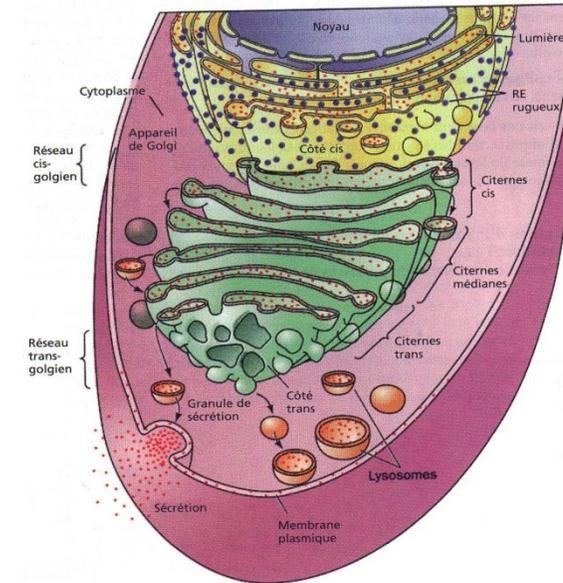
La glycosylation des protéines se déroule
dans le RE (en vert sur le schéma) et l'appareil de Golgi
de la cellule (en jaune).

Principales glycoprotéines

- Protéines de sécrétion (enzymes, hormones, anticorps)
- Protéines situées à la surface cellulaire dans la membrane plasmique (récepteurs)
- Protéines plasmatiques

Rôle de la glycosylation

- Maturation
- Solubilisation, protection contre protéolyse
- Diversité de structure, spécificité structurale, reconnaissance (Ag de surface) – MBL
- Communication intercellulaire, cellule/hormone, cellule /virus – HIV



**Conséquences physiologiques et
physiopathologiques de la glycosylation des
protéines**

Collectines ou M B L ou antigène de nature glucidique

Les collectines ou MBL sont des glycoprotéines circulantes (plasma)

Structure

- oligomérique

Propriétés

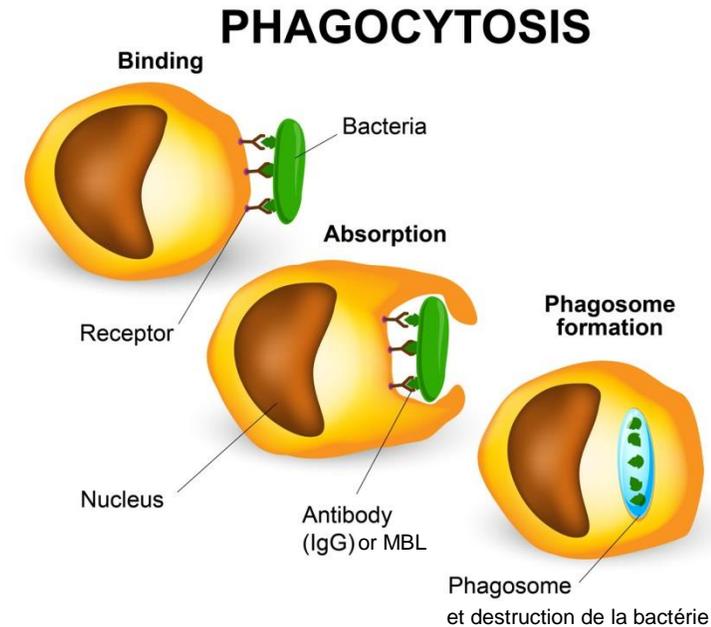
- spécificité de reconnaissance large

Fonction

- anticorps universel comme les Immunoglobulines G (IgG)

Récepteur

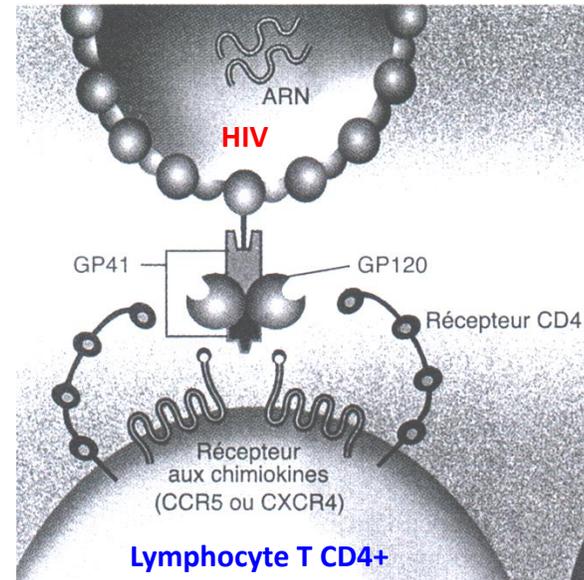
- surface des phagocytes



Les glycoprotéines d'enveloppe du VIH

Structure glucidique $\approx 50\%$, formée de 2 sous-unités
gp120 et gp41

gp 120 Liaison sur la cellule hôte
gp 41 Fusion membranaire

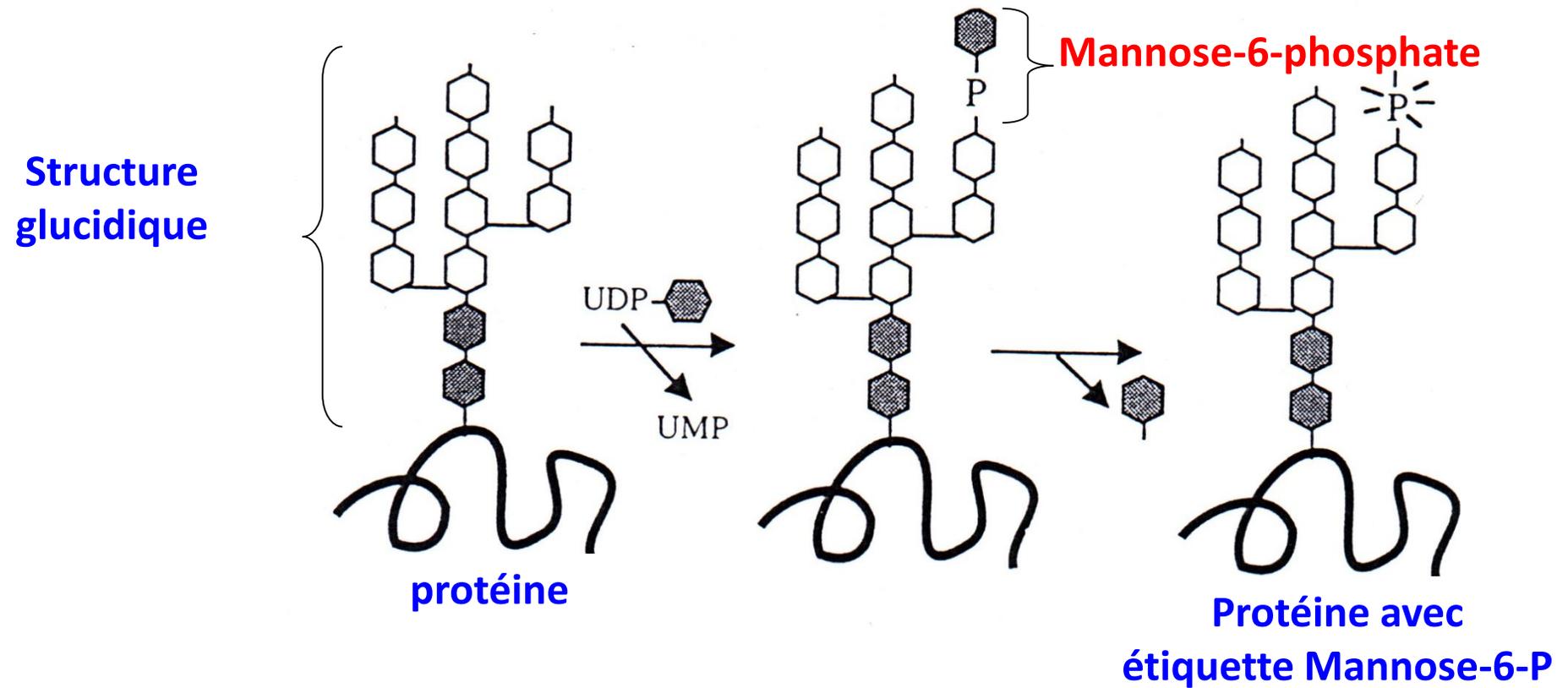


Glycoprotéine Interaction **Récepteur**

VIH gp 120 \longleftrightarrow CD4 **glycoprotéine de surface du lymphocyte T**

Cette interaction va favoriser la pénétration de gp41 dans la membrane du lymphocyte T qui sera fragilisée et perméable à l'ARN du virus HIV

Trafic intracellulaire ou l'étiquette mannose -6-phosphate



Les enzymes dépourvus de l'étiquette **mannose-6P** ne sont pas acheminés vers le lysosome

Enzymopathies – Défaut d'adressage des enzymes lysosomiaux

La mucopolisaccharidose de type II, maladie génétique de transmission autosomique récessive

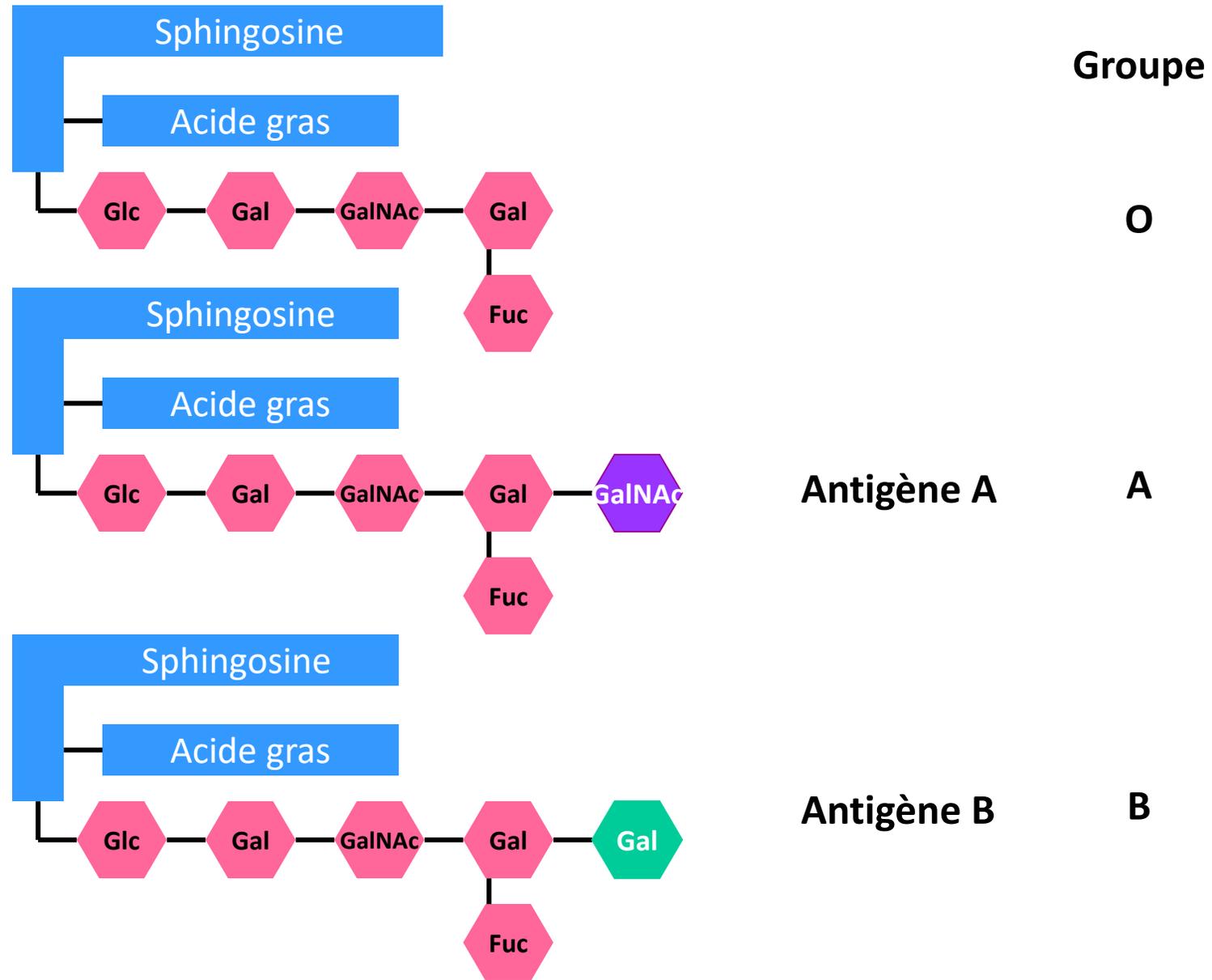
Dû à un déficit en transferase permettant la synthèse de l'étiquette mannose- 6-phosphate

→ Défaut d'adressage d'enzymes lysosomales

Clinique grave, surdité, retard psychomoteur, hirsutisme, limitation articulaire, décès dans l'enfance par complication cardiorespiratoires

Traitement symptomatique; ex biphosphonates pour atteinte osseuse, greffe de moelle osseuse

Groupes sanguins – spécificité apportés par les oses



VI. Les glucides ultra-complexes

PROTEOGLYCANES

PEPTIDOGLYCANES

La matrice extracellulaire (MEC)

Réseau de protéines fibreuses (collagènes) dans un gel polysaccharidique hydraté (glycosaminoglycanes ou GAG)

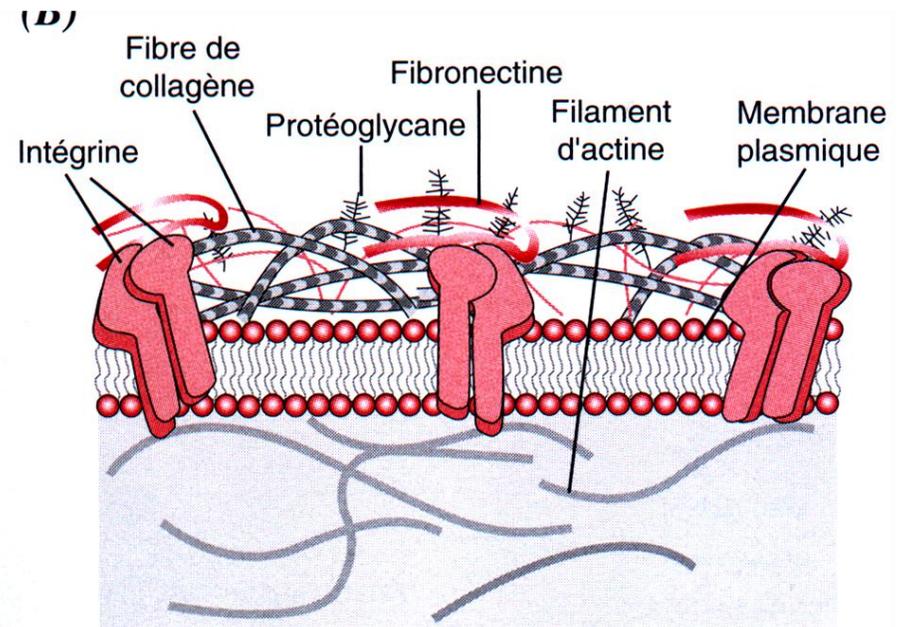
Molécules synthétisées par les cellules qui baignent dans la MEC (fibroblastes, chondroblastes, macrophages, mastocytes...)

Charpente et colle biologique des tissus

Favorise la diffusion des métabolites, hormones, nutriments

Favorise le fonctionnement, la mobilisation de cellules de la MEC

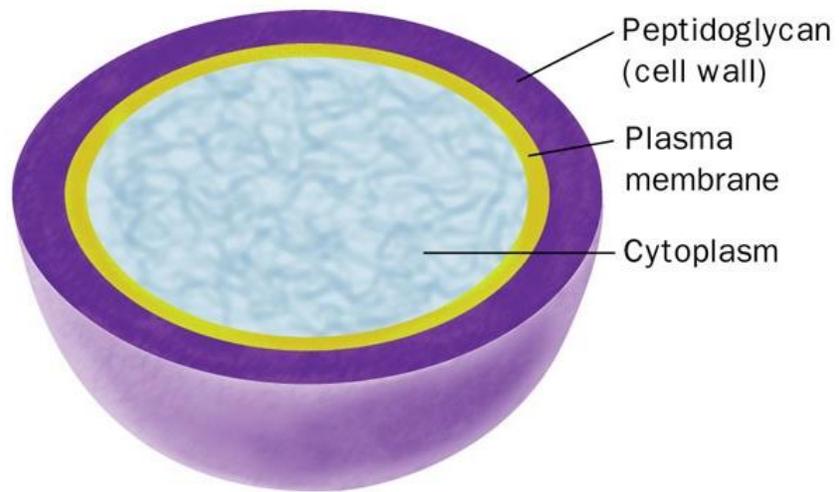
Les cellules, les **GAG associées à des protéines formant des PROTEOGLYCANES**, les collagènes, l'élastine constituent le tissu conjonctif (peau, os, cerveau)



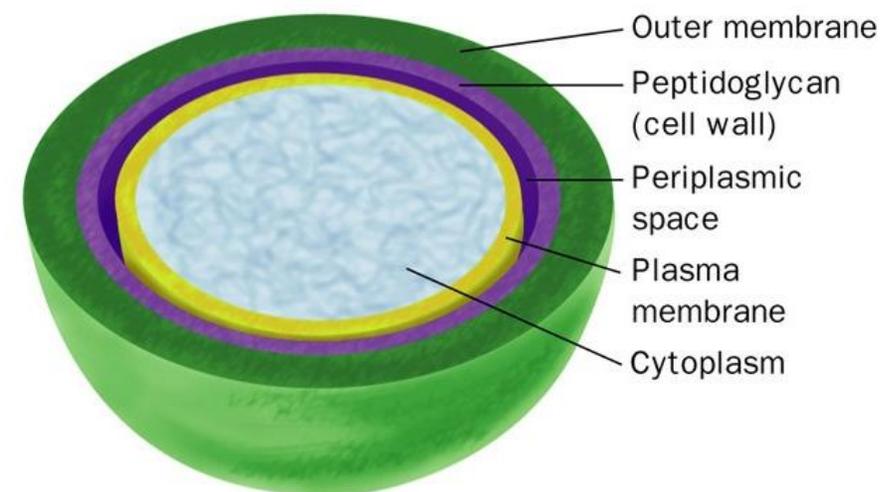
Relations entre les protéoglycanes et les protéines matricielles ou intracellulaires.

Les peptidoglycanes de la paroi bactérienne

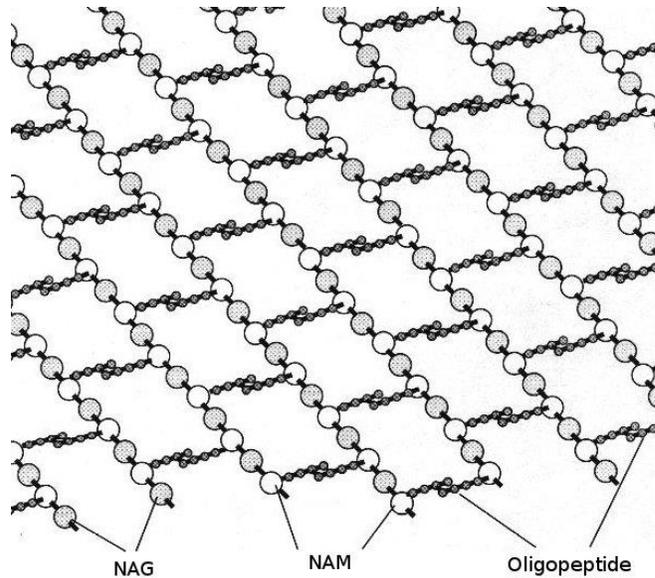
(a) Gram-positive bacteria



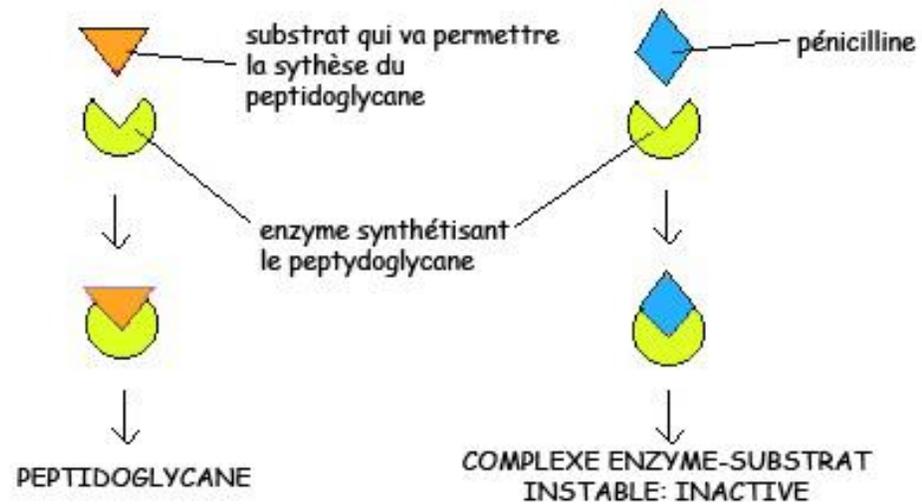
(b) Gram-negative bacteria



Les pénicillines inhibent la synthèse du peptidoglycane



Mode d'action des pénicillines



Résistance à la pénicilline par production par la bactérie de pénicillinase qui inactive la molécule de pénicilline

Mentions légales

L'ensemble de ce document relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle. Tous les droits de reproduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Ce document est interdit à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées aux Instituts de Formation en Soins Infirmiers de la région Auvergne Rhône-Alpes.

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits dans les Instituts de Formation en Soins Infirmiers de la région Auvergne Rhône-Alpes, et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.