

جامعة السلطان مولاي سليمان
Université Sultan Moulay Slimane

BIOCHIMIE ALIMENTAIRE

Filière Industrie Agroalimentaire

Pr. F. BELLALI

f.bellali@usms.ma

Année Universitaire 2019-2020

SOMMAIRE

PARTIE 1:

LES CONSTITUANTS DES ALIMENTS

- Chapitre 1. Protéines
- Chapitre 2. Glucides
- Chapitre 3. Lipides
- Chapitre 4. Minéraux
- Chapitre 5. Vitamines

PARTIE 2 :

BIOCHIMIE DES PRINCIPAUX ALIMENTS

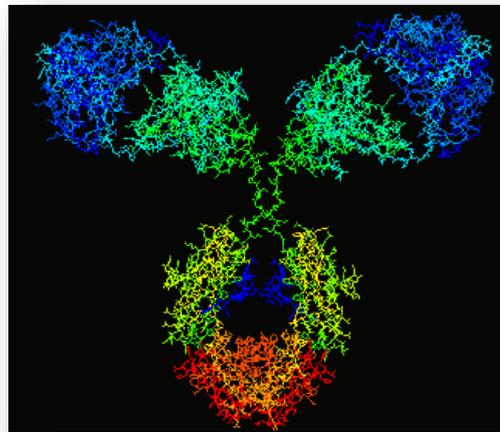
- Chapitre 1. Viandes et poissons
- Chapitre 2. les céréales-le pain
- Chapitre 3. légumineuses
- Chapitre 4. laits et produits laitiers
- chapitre 5. œufs
- Chapitre 6. huiles
- Chapitre 7. boissons fermentés
- Chapitre 8. Additifs

PARTIE 1:

LES CONSTITUANTS DES ALIMENTS

CHAPITRE I

PROTEINES



Introduction

Tous les organismes vivants contiennent une quantité importante des protéines, qu'il s'agisse de bactéries, des plantes ou des animaux ou même d'organismes n'ayant pas de vie propre indépendante comme les virus, ou ne représentent qu'une potentialité de vie comme les spores.

Définition et classification

A. Les Acides Aminés

Définition

- Unité de base des protéines
- Substances organiques
- Ils sont les unités structurales, caractérisés par la présence :
 - d'une fonction carboxylique
 - d'une fonction amine attachés au carbone alpha
- Seule exception: taurine dont le groupe acide est $-\text{SO}_3\text{H}$.

A. Les Acides Aminés

Définition

- 20 AA constituent les être vivants et les aliments
 - Variant dans leur taille, la forme, la charge et la réactivité chimique

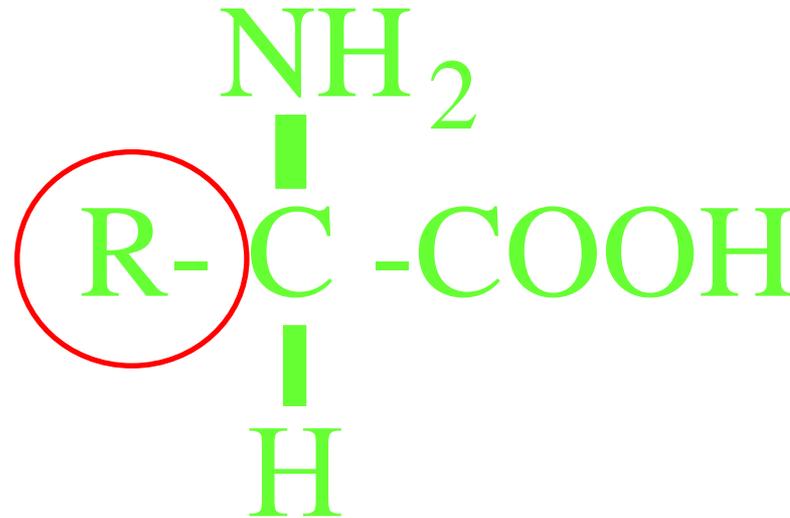
- Acides aminés peuvent s'unir entre eux via des liens peptidiques et sous forme de chaîne linéaire

- Forment des chaînes de longueur variable:
 - Peptides ou polypeptides: < 100 AA
 - Protéines: >100 AA
 - Protides = protéines, polypeptides ou acides aminés

A. Les Acides Aminés

Structure

- La formule structurale générale des acides aminés



Ils diffèrent les uns des autres par leur chaîne latérale ou groupement R, dont la structure, la taille et la charge électrique varient et influencent la solubilité des acides aminés dans l'eau

A. Les Acides Aminés

Classification

- Classification des AA selon la polarité de la chaîne latérale:
 - AA **non polaires** ou hydrophobes
Gly, Ala, Val, Leu, Ile, Met, Phe, Trp, Pro
 - AA **neutres** (non chargés) mais polaire
Ser, Thr, Cys, Asn, Gln, Tyr
 - AA **acides**
Asp, Glu
 - AA **basiques**
Lys, Arg

A. Les Acides Aminés

Classification

Les 20 acides aminés

Acide glutamique	Glu	E
Acide aspartique	Asp	D
Alanine	Ala	A
Arginine	Arg	R
Asparagine	Asn	N
Cystéine	Cys	C
Glutamine	Gln	Q
Glycine	Gly	G
Histidine	His	H
Isoleucine	Ile	I

Leucine	Leu	L
Lysine	Lys	K
Méthionine	Met	M
Phénylalanine	Phe	F
Proline	Pro	P
Sérine	Ser	S
Thréonine	Thr	T
Tryptophane	Trp	W
Tyrosine	Tyr	Y
Valine	Val	V

A. Les Acides Aminés

Classification

➤ Parmi ces 20 acides aminés on distingue:

- 8 essentiels ou indispensables :

ils doivent être apportés par l'alimentation, ne peuvent être synthétisés par l'organisme.

Les 20 acides aminés

Acide glutamique	Glu	E	Leucine	Leu	L
Acide aspartique	Asp	D	Lysine	Lys	K
Alanine	Ala	A	Méthionine	Met	M
Arginine	Arg	R	Phénylalanine	Phe	F
Asparagine	Asn	N	Proline	Pro	P
Cystéine	Cys	C	Sérine	Ser	S
Glutamine	Gln	Q	Thréonine	Thr	T
Glycine	Gly	G	Tryptophane	Trp	W
Histidine	His	H	Tyrosine	Tyr	Y
Isoleucine	Ile	I	Valine	Val	V

A. Les Acides Aminés

Classification

➤ Parmi ces 20 acides aminés on distingue:

- 2 acides aminés semi-indispensables:

Arg et **His** qui sont synthétisés dans les tissus mais à un taux insuffisant pour le soutien de la croissance chez l'enfant

Les 20 acides aminés

Acide glutamique	Glu	E	Leucine	Leu	L
Acide aspartique	Asp	D	Lysine	Lys	K
Alanine	Ala	A	Méthionine	Met	M
Arginine	Arg	R	Phénylalanine	Phe	F
Asparagine	Asn	N	Proline	Pro	P
Cystéine	Cys	C	Sérine	Ser	S
Glutamine	Gln	Q	Thréonine	Thr	T
Glycine	Gly	G	Tryptophane	Trp	W
Histidine	His	H	Tyrosine	Tyr	Y
Isoleucine	Ile	I	Valine	Val	V

A. Les Acides Aminés

Classification

- Ce sont surtout les protéines animales qui contiennent ces AA, indispensables à la croissance et au maintien de l'équilibre azoté.
- Les protéines végétales sont incomplètes de ce point de vue

Les 20 acides aminés

Acide glutamique	Glu	E	Leucine	Leu	L
Acide aspartique	Asp	D	Lysine	Lys	K
Alanine	Ala	A	Méthionine	Met	M
Arginine	Arg	R	Phénylalanine	Phe	F
Asparagine	Asn	N	Proline	Pro	P
Cystéine	Cys	C	Sérine	Ser	S
Glutamine	Gln	Q	Thréonine	Thr	T
Glycine	Gly	G	Tryptophane	Trp	W
Histidine	His	H	Tyrosine	Tyr	Y
Isoleucine	Ile	I	Valine	Val	V

A. Les Acides Aminés

Classification

- En plus des 20 AA standard communs à toutes les protéines, d'autres acides aminés sont dans certains types de protéines.
- Ces AA sont formés après incorporation de l'AA dans la molécules protéique:
 - la **4-hydroxyproline**, dérivée de la proline, sont présentés dans la protéine fibreuse du tissu conjonctif, le collagène.
 - Le **γ -Carboxygutamate** est présenté dans la prothrombine
 - L'**orthophosphosérine** est présenté dans certains hormones

A. Les Acides Aminés

Classification

- Il existe environ 300 AA supplémentaires dans les cellules qui ont des fonctions extrêmement déversés .
- Ils ne sont pas constituants des protéines, mais libres dans les cellules.

Exemple: L'**Ornithine** et la **Citruline**, intermédiaires clés dans la biosynthèse de l'arginine et dans le cycle de l'urée

A. Les Acides Aminés

Propriétés physico-chimiques générale

❖ Propriétés physiques

- A- Solubilité
- B- Stéréochimie des acides α aminés (Notation D, L)
- C- Pouvoir rotatoire des Aa
- D- Propriétés ioniques
- E- Propriétés spectrales

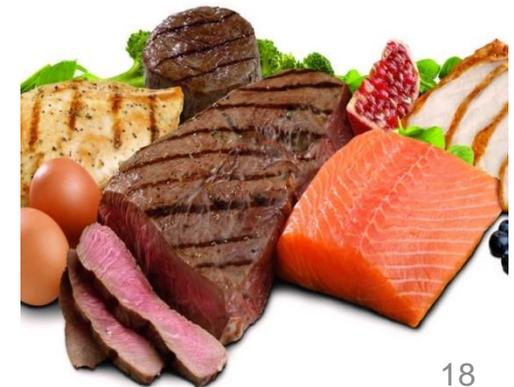
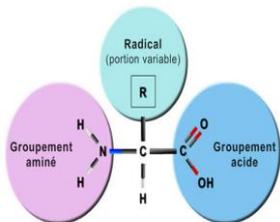
❖ Propriétés chimiques :

- A- Propriétés de la fonction carboxylique
 - Estérification par un alcool
 - Formation d'amide (liaison peptidique)
 - Réaction de décarboxylation
- B- Propriétés générales liées au groupe NH₂
 - Formation d'imine « base de Schiff » : réaction avec un aldéhyde
 - N-Acylation
 - Action du 1-fluoro 2,4-dinitrobenzène
 - Action du phénylisothiocyanate
 - Dansylation
 - Désamination, transamination
 - Réaction avec la ninhydrine : désamination oxydative
- C- Propriétés des chaînes latérales.

B. Les Protéines

Définition

- Les protéines sont des molécules organiques composés d'atome de carbones, d'hydrogène et d'oxygène.
- Ces macromolécules sont composées de monomères ou unités de construction: les acides aminés
- Les protéines sont la principale source de l'azote pour l'organisme
- Source d'énergie: 4 kcal/g



B. Les Protéines

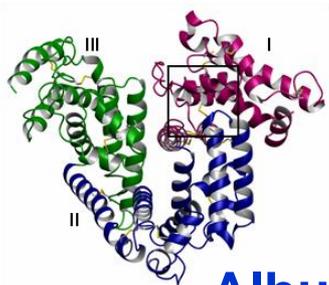
Définition

➤ Les protéines diffèrent en:

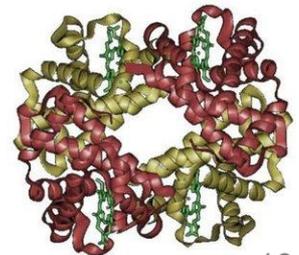
- Nombre d' AA
- Proportion de chacun des AA qui les composent
- Séquence des AA à l' intérieur de leur chaîne

➤ Des fois, il y a présence des atomes de soufre, de phosphore ou d' ion métallique

==> ces paramètres déterminent la configuration 3D et l' activité fonctionnelle de la protéine



Albumine

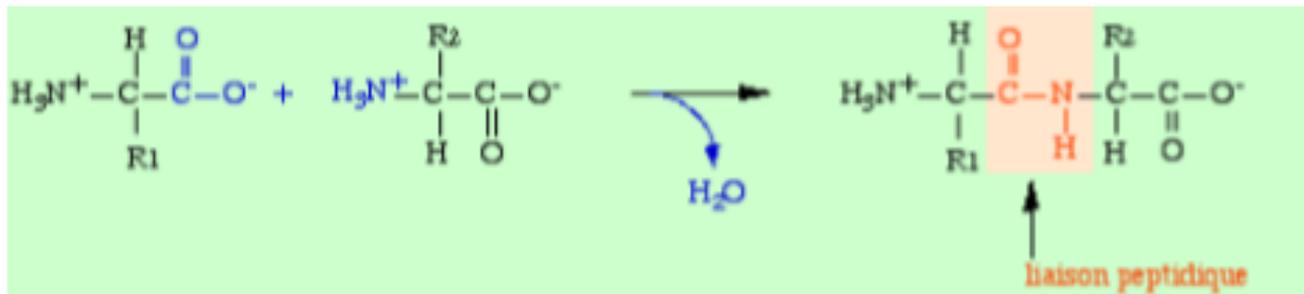


Hémoglobine

B. Les Protéines

Liaison peptidique

- C'est une liaison entre un groupement NH₂ d'un acide aminé et un groupement COOH
- Les acides aminés sont reliés entre eux par l'intermédiaire de liaison peptidique



B. Les Protéines

Classification

- Les protéines se lient davantage avec entre elles ou avec d'autres molécules pour remplir leur fonctions.

1. SELON LA COMPOSITION

- Protéines simples ou **Holoprotéines**: constituées uniquement d'AA
- Protéines conjuguées ou **Hétéroprotéines**: sont combinées à une autre espèce chimique

B. Les Protéines

Classification

- Protéines simples ou **Holoprotéines**:
 - ✓ les albumines, solubles dans l'eau,
 - ✓ les globulines, solubles dans les solutions salines neutres,
 - ✓ les prolamines, solubles dans l'alcool à 70 %,
 - ✓ les glutélines, qui constituent le résidu insoluble.

B. Les Protéines

Classification

- Protéines conjuguées ou **Hétéroprotéines**:

Nom	Partie Protéique	Partie Non- Protéique	Fonction
Hémoglobine	Globine	Hème	Transport d' O2 dans le sang
Rhodopsine	Opsines	Vitamine A	Vision
Lipoprotéine	Apo- ipoprotéine	Lipides	Transport des lipides dans le sang
Ferritine	Apoferritine	Ferritine	Stockage du fer dans le foie

B. Les Protéines

Classification

2. SELON SA FONCTION

- **Protéines structurales**
- **Protéines plasmatiques** et des liquides biologiques (sang, lait..)
- **Protéines à activités biologique**: Enzymes, hormones, transporteurs...
- **Protéines alimentaires** : Protéines économiquement favorisées, digestibles et savoureuses

B. Les Protéines

Classification

2. SELON LA STRUCTURE TRIDIMENTIONNELLE

- **Protéines fibreuses ou scléroprotéines :**

accomplissent des tâches structurelles sont trouvées dans les tissus et les éléments de structure comme les muscles, les os, la peau, les composants ou les membranes cellulaires.

– **Exemple: collagène et la kératine**

B. Les Protéines

Classification

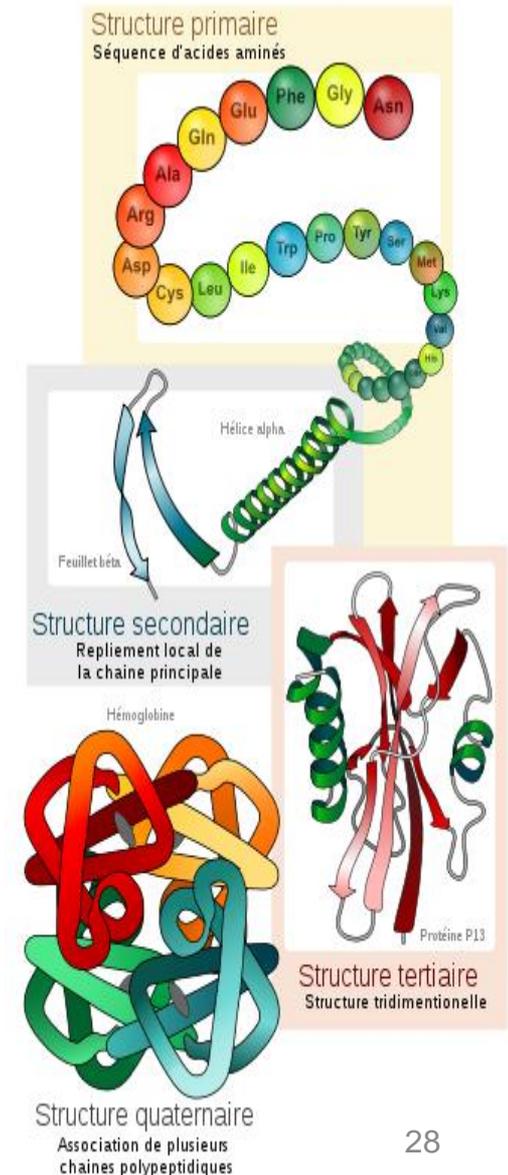
2. SELON LA STRUCTURE TRIDIMENTIONNELLE

- **Protéines globulaires ou sphéroprotéines :** possédant une activité catabolique hautement spécifique
 - Exemple:
 - les hormones: insuline
 - Protéines motrices: la myosine
 - Protéines de transport: hémoglobine
 - Protéines de l'immunité: immunoglobuline
 - Protéines de stockage: ovalbumine de l'œuf

Structures et leurs conséquences

A. Structures des protéines

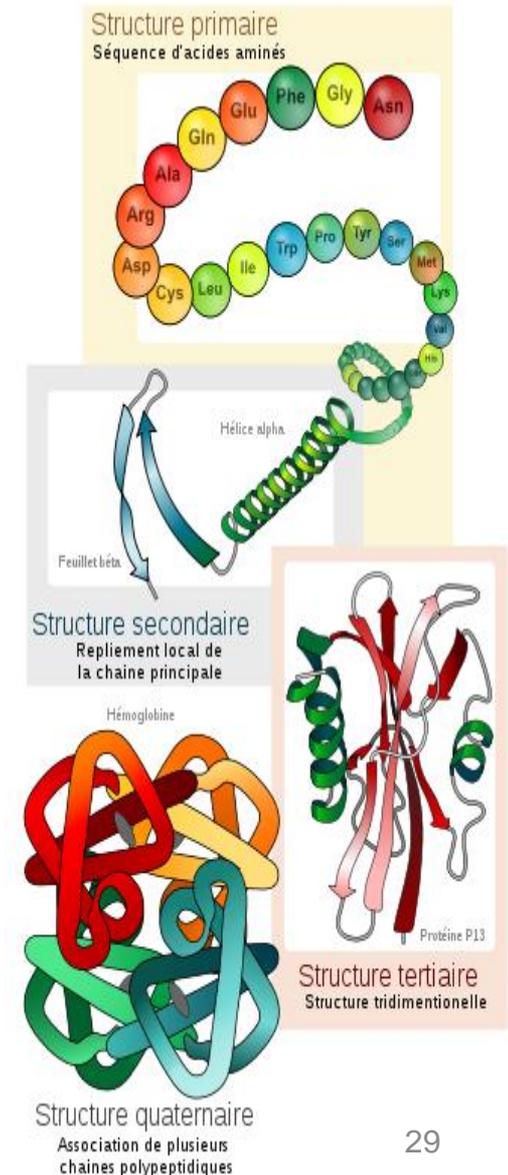
- Les protéines présentent différents niveaux de structure au sein de l'organisme.
- Ces niveaux varient suivant le type de protéine (i.e. suivant la séquence en acides aminés de la protéine définissant sa fonctionnalité), le niveau de maturation d'une protéine, ou encore suivant le milieu dans lequel la protéine se trouve.



A. Structures des protéines

On distingue ainsi 4 niveaux de structure :

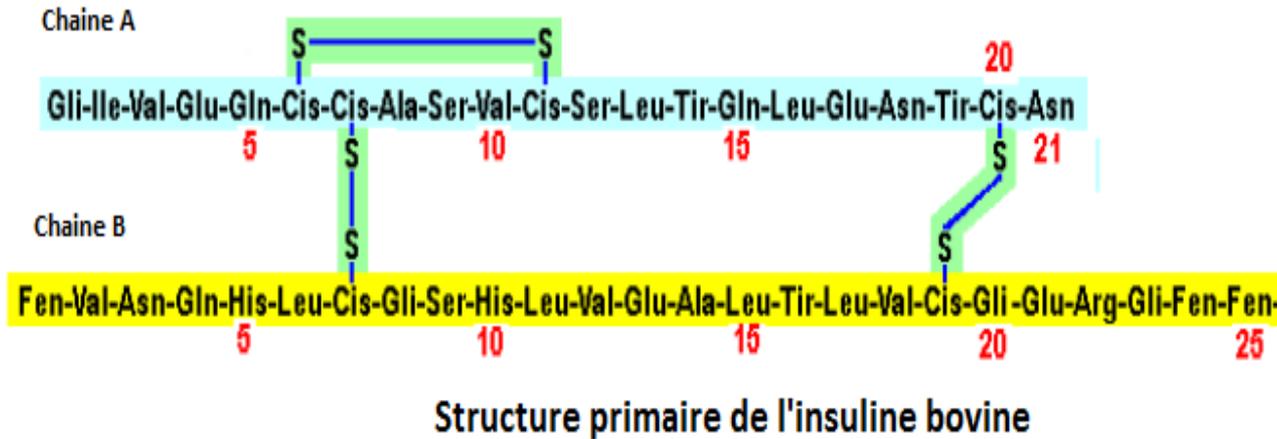
- La **structure primaire**
- La **structure secondaire**
- La **structure tertiaire**
- La **structure quaternaire**



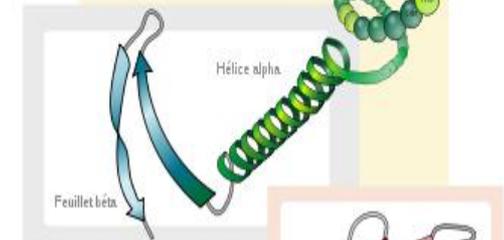
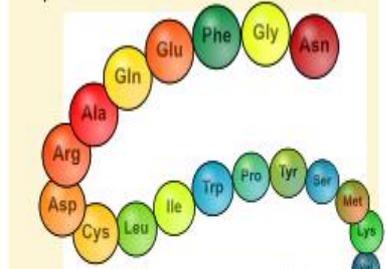
A. Structures des protéines

Structure primaire des protéines

- La **structure primaire** correspond à la séquence en acides-aminés de la protéine.



Structure primaire
Séquence d'acides aminés

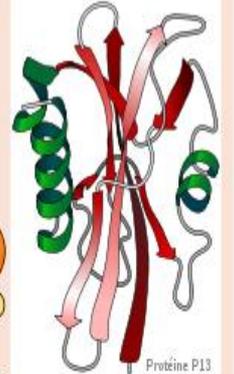


Structure secondaire
Repliement local de la chaîne principale

Hémoglobine



Structure quaternaire
Association de plusieurs chaînes polypeptidiques

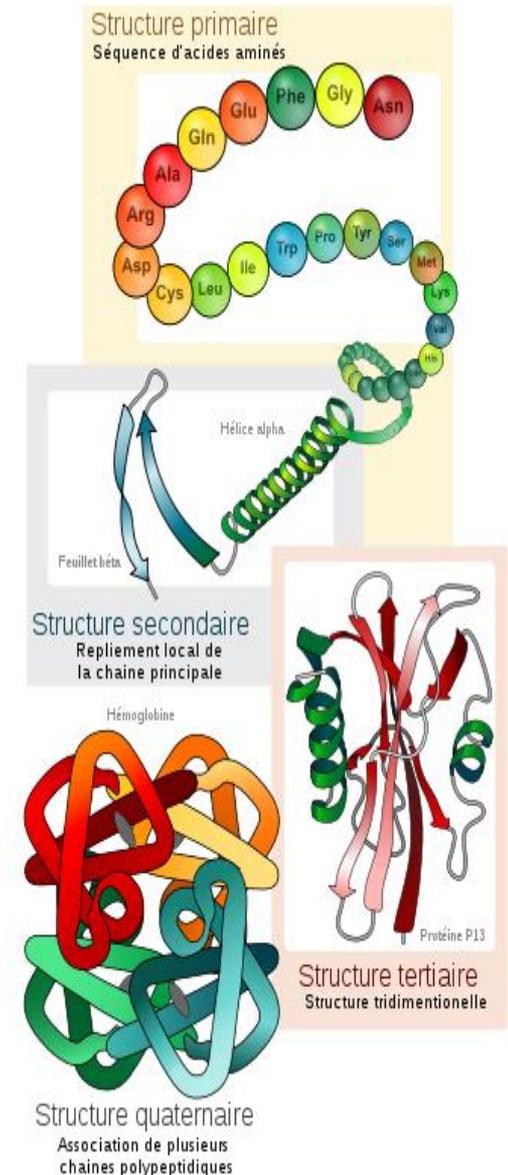


Structure tertiaire
Structure tridimensionnelle

A. Structures des protéines

Structure secondaire

- La structure secondaire est relative au premier niveau de compaction des protéines ;
- Elle est stabilisée par des liaisons hydrogène entre les groupes de l'ossature
- deux structures sont observées :
 - les **hélices α** (alpha):
 - les **feuilletts β** (bêta).



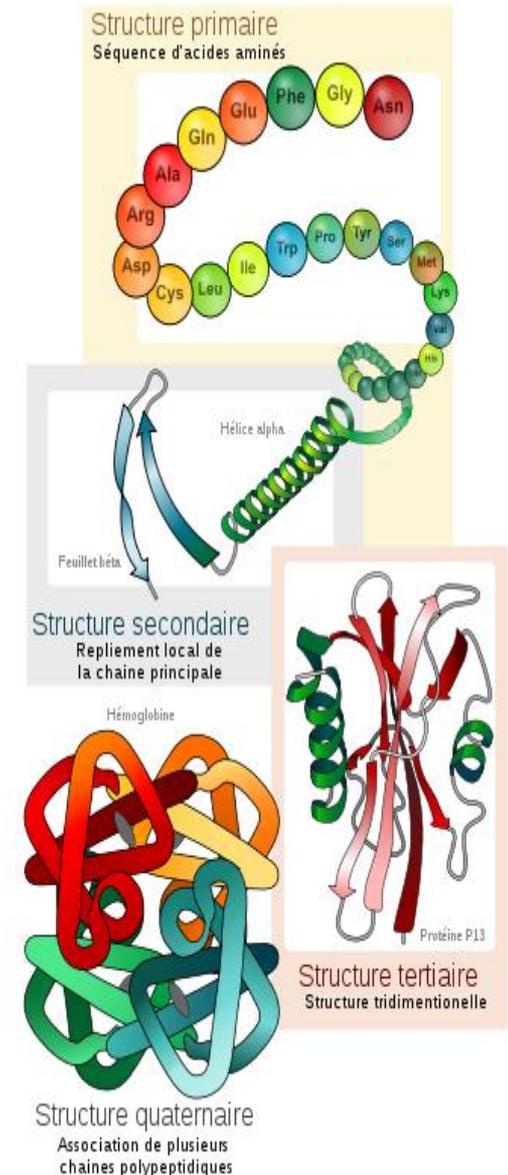
A. Structures des protéines

structure tertiaire

La structure tertiaire correspond à la compaction des structures secondaires entre elles.

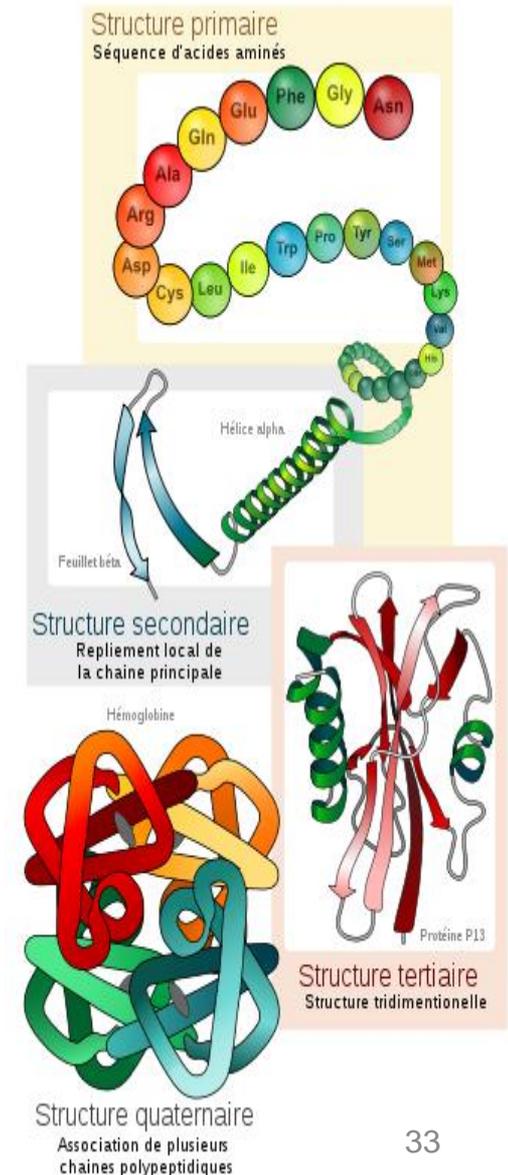
structure quaternaire

La structure quaternaire est caractérisée par l'assemblage de plusieurs sous-unités protéiques (présentant chacune une structure tertiaire) entre elles. L'exemple se prêtant le mieux est l'hémoglobine.



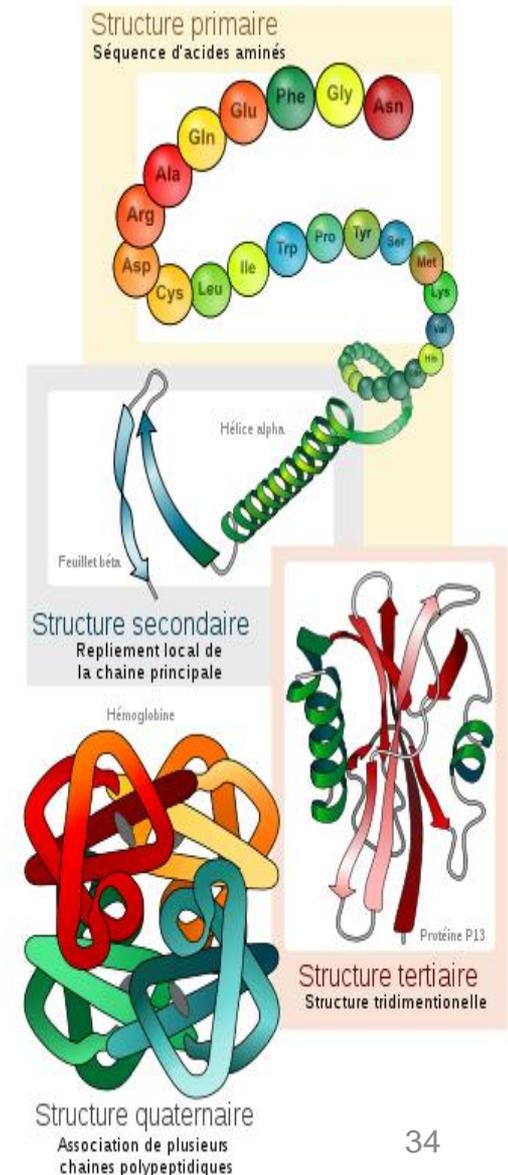
A. Structures des protéines

L'ensemble de ces structures représente l'état d'énergie minimale ce qui correspond à un état thermodynamiquement la plus stable et on parle d'une forme native c'est-à-dire d'une forme **biologiquement active**



A. Structures des protéines

Toute modification de la structure non covalente produit une perte d'activité biologique et on parle d'une protéine dénaturée



B. Dénaturation des protéines

- ❑ C'est une propriété singulière des protéines qui résulte d'une modification de la structure spatiale sans aucune rupture de liaison peptidique, donc sans décomposition.

- ❑ Dénaturation= la protéine perd sa forme qui la caractérise.

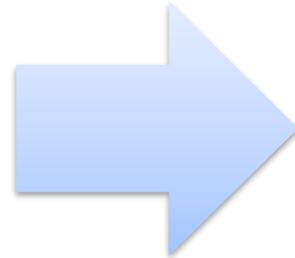
- ❑ Les principaux effets de la dénaturation:
 - perte d'activités biologique;
 - chute de la solubilité
 - sensibilité accrue aux protéines
 - problèmes de cristallisation

B. Dénaturation des protéines

- La dénaturation est le résultat de l'action d'agents varies:
 - **physique**: température, radiations (UV, ionisation), agitation prolongé....
 - **chimique** : acides, certaines molécules organiques (urée, solvants.....)

B. Dénaturation des protéines

pH
ou
Température

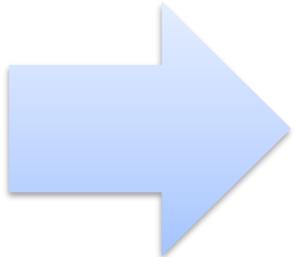


Rupture des
liaisons
hydrogènes



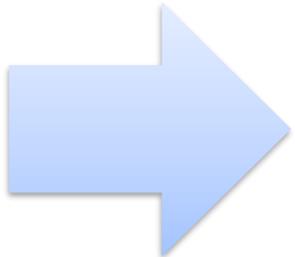
Perte de la
structure
secondaire

Solvants organiques
(éthanol, acétone..)



Interfère avec ces liaisons en se
substituant aux molécules d'eau qui
enveloppent la protéine

Détergents
(SDS, urée ...)



Agissent au niveau des interactions
hydrophobes qui stabilisent la
structure tertiaire

Propriétés fonctionnelles des protéines

III. Propriétés fonctionnelles des protéines

- les protéines possèdent des propriétés physico-chimiques qui permettent de les employer avantageusement en technologie alimentaire
- En technologie des aliments, les protéines jouent un rôle primordial. On peut ainsi les classer:

les propriétés d'hydratation

les propriétés de surface

les propriétés de structure

CHAPITRE I: PROTEINES

III. Propriétés fonctionnelles des protéines

Propriétés physico-chimiques	Propriétés fonctionnelles	Mode d'action	Systèmes alimentaires
<u>Hydratation</u>	Solubilité	Solubilité des protéines	Boissons
	Absorption et rétention d'eau	Rétention de l'eau Liaisons hydrogènes	Viandes Saucisses Pain Biscuits
<u>Structure-Rhéologie</u>	Viscosité	Epaississant Fixation d'eau	Soupes Sauces
	Propriétés gélifiantes	Formation d'une matrice protéique	Viandes Caillés Fromages
	Cohésion-adhésion	Protéines agissant comme adhésif	Viandes Saucisses Produits cuits Fromages Pâtes
	Elasticité	Liaisons non covalentes et ponts disulfures dans gluten et gels	Viandes Produits boulangers
<u>Propriété de surface</u>	Propriétés émulsifiantes	Formation et stabilisation des émulsions	Saucisses Soupes Mortadelle Gâteaux
	Adsorption de lipides	Fixation de lipides	Viandes Saucisses Beignets
	Fixation d'arômes	Absorption Rétention Libération	Protéines végétales filées remplaçant la viande Produits boulangers
	Propriétés moussantes	Formation de films stables	Gâteaux de Savoie Crème fouettée Entremets

III. Propriétés fonctionnelles des protéines

- C'est ainsi qu'elles sont utilisées à des fins d'émulsification, de gélification, d'aération, d'absorption et de rétention des graisses et de l'eau, de formation de film, d'augmentation de la viscosité des aliments, de contrôle de couleur et d'expansion

III. Propriétés fonctionnelles des protéines

- Ces propriétés varient en fonction de la source de protéines, de la concentration, de la fraction protéique, des traitements et des conditions expérimentales:
 - changement de pH
 - changement de concentration en ions
 - traitement thermique
 - hydrolyse chimique ou enzymatique
 - modification chimique de la protéine

III. Propriétés fonctionnelles des protéines

- Ces propriétés fonctionnelles déterminent l'utilisation des protéines dans les aliments à base de viande, le pain, la pâtisserie, les produits diététiques, les analogues du lait

CHAPITRE I: PROTEINES

III. Propriétés fonctionnelles des protéines

Propriétés physico-chimiques	Propriétés fonctionnelles	Mode d'action	Systèmes alimentaires
<u>Hydratation</u>	Solubilité	Solubilité des protéines	Boissons
	Absorption et rétention d'eau	Rétention de l'eau Liaisons hydrogènes	Viandes Saucisses Pain Biscuits
<u>Structure-Rhéologie</u>	Viscosité	Epaississant Fixation d'eau	Soupes Sauces
	Propriétés gélifiantes	Formation d'une matrice protéique	Viandes Caillés Fromages
	Cohésion-adhésion	Protéines agissant comme adhésif	Viandes Saucisses Produits cuits Fromages Pâtes
	Elasticité	Liaisons non covalentes et ponts disulfures dans gluten et gels	Viandes Produits boulangers
<u>Propriété de surface</u>	Propriétés émulsifiantes	Formation et stabilisation des émulsions	Saucisses Soupes Mortadelle Gâteaux
	Adsorption de lipides	Fixation de lipides	Viandes Saucisses Beignets
	Fixation d'arômes	Absorption Rétention Libération	Protéines végétales filées remplaçant la viande Produits boulangers
	Propriétés moussantes	Formation de films stables	Gâteaux de Savoie Crème fouettée Entremets

A. Propriétés d'hydratation

Solubilité

- On trouve de grandes différences dans le monde des protéines. On peut distinguer 3 cas:
 - solubilité dans l'eau pure : **albumine, petites globulines...**;
 - solubilité seulement en présence de sels neutres: **euglobulines**;
 - insolubilité dans l'eau, solubilité en milieu alcalin ou acide (**scléroprotéines**), ou en présence d'éthanol (**prolamines**)

A. Propriétés d'hydratation

Solubilité

- La solubilité apparente dépend des conditions de milieu:
 - les **sels neutres** interviennent par leur force ionique : concentration et valences des ions, selon deux modalités:
 - un effet dissolvant (salting in) à faible concentration
 - un effet précipitant à forte concentration (salting out)

A. Propriétés d'hydratation

Solubilité

- La solubilité apparente dépend des conditions de milieu:
 - Les **solvants miscibles** à l'eau (éthanol, acétone) diminuent la constante diélectrique, ce qui réduit les forces de répulsion des protéines et favorise leur agrégation élevée, d'où la précipitation.

A. Propriétés d'hydratation

Solubilité

- La solubilité apparente dépend des conditions de milieu:
 - Le **pH du milieu** est important, selon le point isoélectrique de la protéine.

La solubilité est toujours plus basse au pH_i qu'aux valeurs au-dessus (chargé négative) ou au-dessous (chargé positive)

Certaines protéines sont pratiquement insoluble au pH_i .

A. Propriétés d'hydratation

Absorption et rétention d'eau

- Une protéine sèche reprend progressivement, et plus ou moins rapidement, de l'eau du milieu:
 - eau de « **structure** » ou de « **constitution** »:
 - fixation sur des liaisons d'hydrogène
 - eau congelable
 - non solvante et non réactive
 - très abondante
 - eau de la « **couche moléculaire** »:
 - absorbée par les LH ou électrostatique
 - non congelable
 - solvante et réactive

A. Propriétés d'hydratation

Absorption et rétention d'eau

- Une protéine sèche reprend progressivement, et plus ou moins rapidement, de l'eau du milieu:
 - eau d' « **imbibition** » ou de « **capillaire** »:
 - retenu physiquement entre les molécules protéiques
 - incluse dans les pores des aliments
 - solvante et réactive
 - eau d' « **hydratation** »:
 - entoure les molécules
 - se comporte comme l'eau libre
 - agit sur la viscosité

VOIR TD1 POUR LES AUTRES PROPRIETES

Viscosité

Gélification

Emulsion

Protéolyse

- Les protéines sont des aliments qui ne sont absorbés qu'après une dégradation en acides aminés.
- Dans la digestion humaine, ce sont des enzymes protéolytiques qui interviennent dans l'estomac et dans l'intestin.

- La chaîne polypeptidique est découpée en peptides par quatre principales **endopeptidase** :
 - Pepsine
 - Trypsine
 - Chymotrypsine
 - Elastase

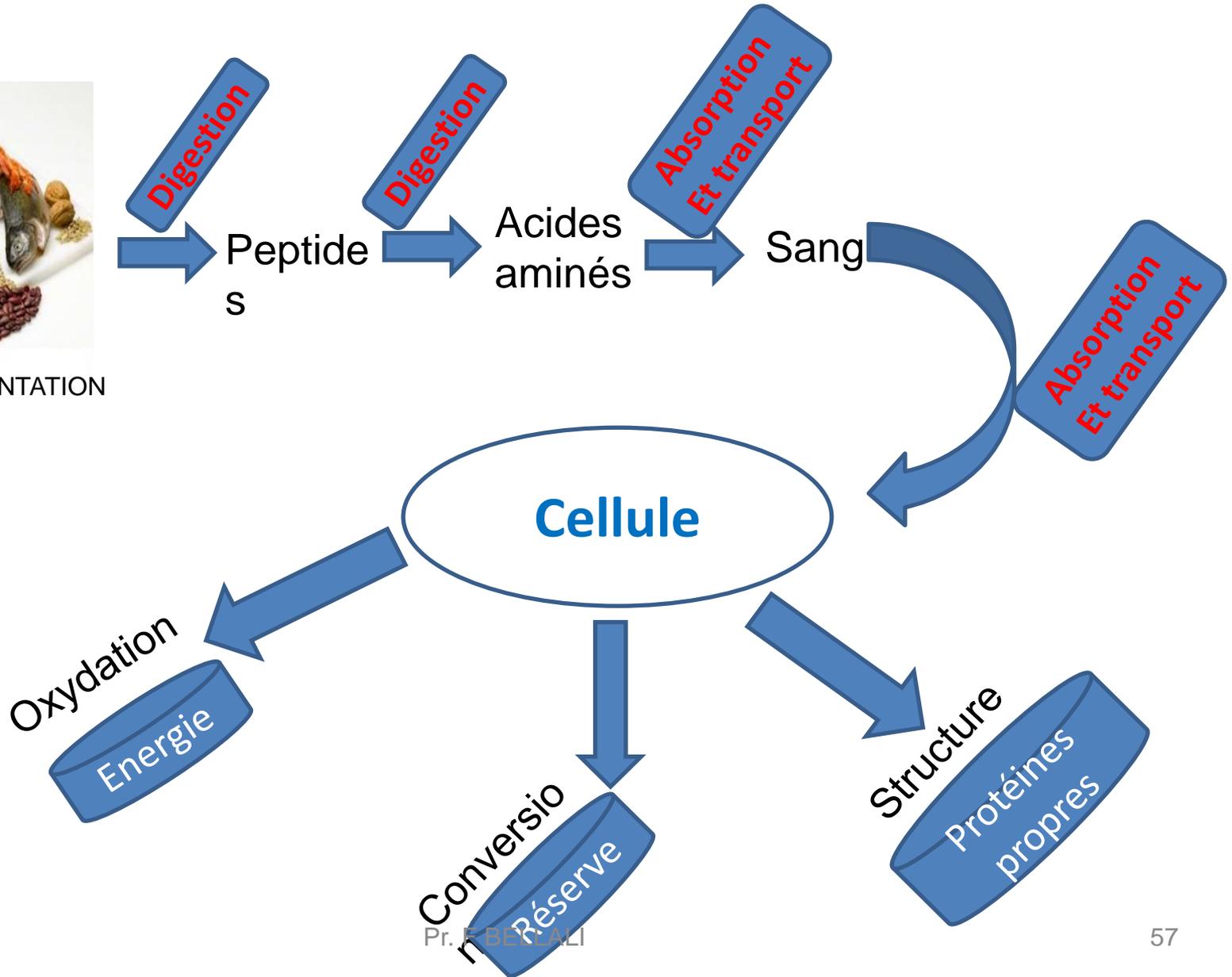
- La chaîne polypeptidique est découpée en peptides par quatre principales **endopeptidase** :
 - **Pepsine**, stomacale : rompt les liaisons $-\text{CO}-\text{NH}-$ après un résidu d'AA à chaîne latérale volumineuse et hydrophobe (Phe, Leu, Tyr)
 - **Trypsine**, pancréatique: coupe la liaison peptidiques après un résidu d'AA à chaîne latérale basique (Arg, Lys)
 - **Chymotrypsine**, pancréatique: coupe les liaisons $-\text{CO}-\text{NH}-$ après un résidu d'AA à chaîne latérale volumineuse et hydrophobe (Phe, Leu, Tyr)
 - **Elastase** pancréatique: coupe la liaison peptidiques après un résidu d'AA à petite chaîne latérale non chargée

- Des **exo-peptidase** réduisent la longueur des chaînes polypeptidiques :
 - **Carboxypeptidase A et B**, pancréatiques: détachent les résidus d'AA C-terminaux, à l'exception de la proline
 - **Aminopeptidase**, intestinale: détache les résidus d'AA N-terminaux

CHAPITRE I: PROTEINES
IV. Protéolyse



PROTEINES ALIMENTATION



Les différentes sources de protéines alimentaires

Protéines animales:
qualité protéique
élevée



Lait et dérivés

Oeufs



Viandes



Poulet



Poisson



**Sources
des protéines**

Protéines végétales
qualité protéique
moyenne



Noix/amandes



Épinards



Choux



Légumineuses

V. Différentes sources de protéines alimentaires

A. Les sources de protéines végétales

- Les protéines alimentaires doivent être saines, économiques, nutritives, avoir des qualités organoleptiques acceptables et posséder des propriétés fonctionnelles.
- La classification selon la valeur protéique permet de distinguer six groupes d'aliments

Groupes d'aliments	I	II	III	IV	V	VI
Produits	Viande Poissons Oeufs	Lait Produits laitiers	Concentrés et isolés obtenus à partir du groupe IV	Graines de légumineuses	Graines de céréales	Légumes frais Tubercules Fruits
% Protéines	13 à 22	3,5 à 26	65 à 98	16 à 30	6 à 13	0,5 à 5

Groupes d'aliments protéiques

V. Différentes sources de protéines alimentaires

A. Les sources de protéines végétales

- Ces protéines sont consommées dans les aliments en l'état ou sous forme d'extrait protéiques pour certaines matières premières.
- Les graines de légumineuses ne peuvent être consommées en quantité importante sans technologie préalable qui permet d'inactiver ou d'éliminer les nombreuses substances indésirables (quinones résultant de l'oxydation des phénols, inhibiteurs d'enzymes, vicine, convicine, facteurs de flatulence par exemple).

V. Différentes sources de protéines alimentaires

A. Les sources de protéines végétales

- Le fractionnement des matières premières provenant des grandes cultures constitue une étape décisive pour leur valorisation dans le domaine alimentaire.
- Il met en œuvre des procédés utilisant la voie sèche (décorticage, mouture, etc..) ou humide (extraction, fractionnement, glutennerie) pour obtenir des fractions végétales (farine) ou des produits à base de protéines végétales (isolés, concentrés, gluten) qui constituent les produits intermédiaires mis en œuvre par la seconde transformation

V. Différentes sources de protéines alimentaires

B. Les sources de protéines animales

- les animaux sont d'excellents fournisseurs de protéines alimentaires : titre élevé en protéines de bonne qualité et absence de toxines. En particulier, elles contiennent les acides aminés en proportion des apports recommandés de l'homme
 - Mais le rendement de transformation des végétaux en protéines par les animaux est faible.
- Les principales sources de protéines animales sont la viande, le poisson, le lait et les œufs.

B. Les sources de protéines animales

- **La viande et le poisson**

La viande correspond aux muscles striés squelettiques des animaux. C'est l'aliment le plus riche en protéines (50 à 90 % de protéines par rapport à la matière sèche)

Chaque muscle est constitué par un très grand nombre de myofibrilles.

Les myofibrilles sont la première source de protéines du muscle (40-45 %) :

myosine (27% des protéines du muscle, 50-55 % des protéines des myofibrilles),

protéine C, protéine M, actine, tropomyosine, (3, 4, 20 et 5 % des protéines des myofibrilles, respectivement)

V. Différentes sources de protéines alimentaires

B. Les sources de protéines animales

- **La viande et le poisson**

Les muscles de poisson présentent de nombreuses analogies avec ceux de la viande.

Parmi les différences, la teneur moins grande en tissu conjonctif confère au poisson une tendreté plus importante,

V. Différentes sources de protéines alimentaires

B. Les sources de protéines animales

- **Les protéines de l'oeuf**

Dans l'œuf, les protéines se répartissent dans l'albumen (le blanc) et le vitellus (le jaune).

Ce sont d'excellentes protéines quant à leur valeur alimentaire.

L'ovalbumine est la protéine majoritaire du blanc (54 %).

C'est une phospho-glycoprotéine avec 4 groupes sulfhydryle et 2 ponts disulfure, aux propriétés gélifiantes remarquables.

Conalbumine et ovomucoïde (glycoprotéines), et ovoglobuline sont minoritaires.

V. Différentes sources de protéines alimentaires

B. Les sources de protéines animales

- **Les protéines du lait**

Les protéines du lait sont représentées principalement par les caséines dans la phase micellaire, la β lactoglobuline et l' α -lactalbumine dans le lactosérum.

CHAPITRE I: PROTEINES

V. Différentes sources de protéines alimentaires

B. Les sources de protéines animales

Composition des protéines alimentaires

	<u>Viande et poisson</u>	% protéines totales
Collagène		8
Myosine		27
Protéines sarcoplasmiques et mitochondriales		30-35
Actine		11
Myoglobine		1,5
Protéines insolubles		8
	<u>Oeuf de poule</u>	% albumen
<u>Albumen (blanc)</u>	Ovalbumine	54
	Conalbumine, ovomucoïde, ovoglobuline	46
		% vitellus
<u>Vitellus (jaune)</u>	Phosvitine	10
	Lipovitellines α et β	36
	Livétines α , β et γ	30
	Lipovitellinines	24
	<u>Lait de vache</u>	% protéines totales
<u>Caséines</u>	Caséine α	80
	Caséine β	
	Caséine γ	
<u>Lactosérum</u>	β -lactoglobuline	20
	α -lactalbumine	
	Autres	

Rôle des protéines

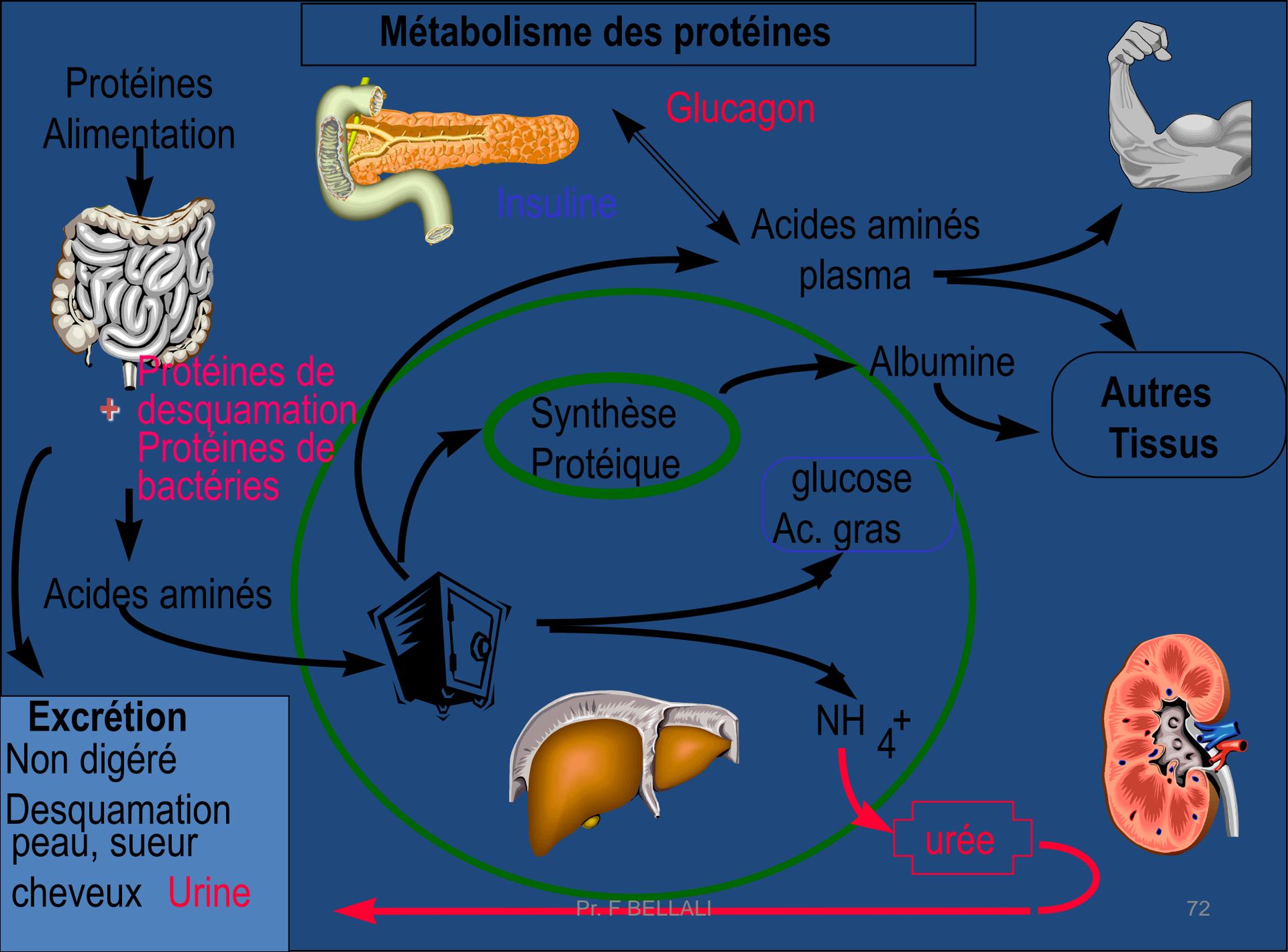
VI. Rôle des protéines

- **Rôle structural:**
 - Actine et myosine: protéines musculaires
 - Kératine: Constituant des ongles, cheveux et épiderme
 - Collagène: entre les os, cartilage et vaisseaux sanguins
- **Génération et transmission des impulsions nerveuses:**
 - Médiateurs chimiques de la transmission nerveuse sont des molécules simple
 - Récepteurs de ces médiateurs sont des protéines.
- **Contrôle de la croissance et de la différenciation**
- **Maintien de l'équilibre hydrique:** Albumine
- **Maintien de l'équilibre acido-basique**

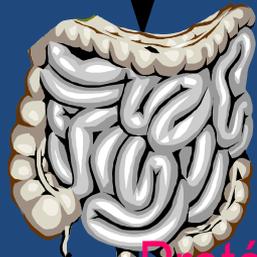
VI. Rôle des protéines

- **Catalyse enzymatique:**
 - Toutes les enzymes sont des protéines
- Transport et stockage
 - Hémoglobine: O₂ transporté par l' hémoglobine dans le sang et se stocke dans la myoglobine dans le muscle
- **Mouvement coordonné:**
 - Les protéines sont le composé principal du muscle et responsable de son mouvement.
 - Flagelle des spermatozoïdes
 - la force de la tension de la peau ou de l' os est due au collagène, qui est une protéine fibreuse
- **Support mécanique**
- **Protection immune:** Anticorps

Métabolisme des protéines



Protéines Alimentation



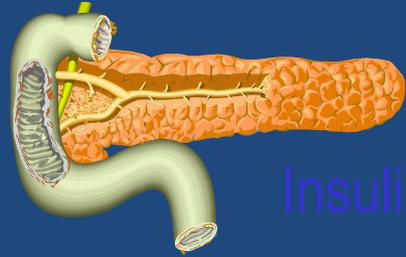
Protéines de desquamation +
Protéines de bactéries

Acides aminés

Excrétion

Non digéré
Desquamation peau, sueur
cheveux **Urine**

Métabolisme des protéines



Insuline

Glucagon

Acides aminés plasma

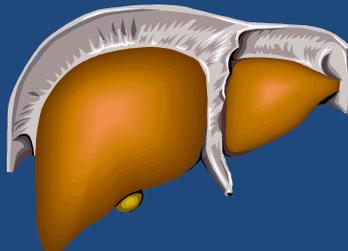
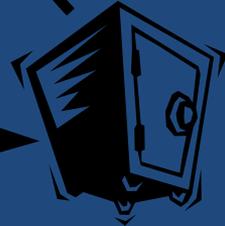


Albumine

Autres Tissus

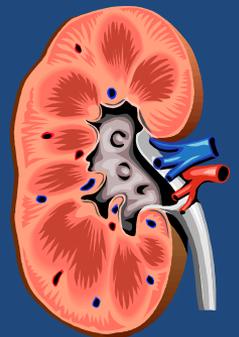
Synthèse Protéique

glucose
Ac. gras



NH₄⁺

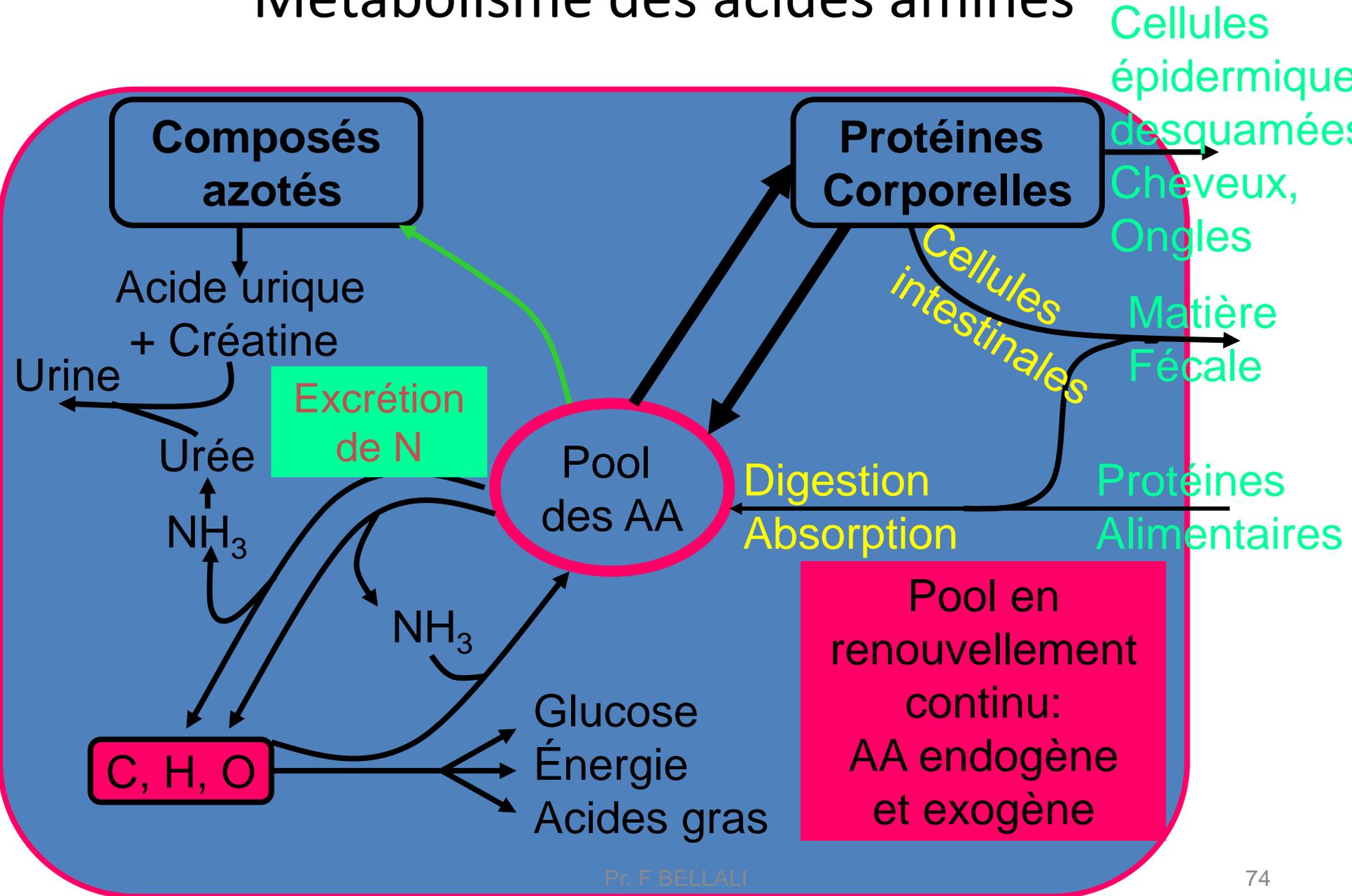
urée



Notion de renouvellement protéique

- Le procédé qui permet aux protéines de l'organisme d'être continuellement dégradées et re-synthétisées
- Les protéines tissulaires sont dégradées pour éliminer les protéines erronées → fournir des acides aminés et pour renouveler le tissu
- Les protéines du foie et de l'intestin comptent pour 50% du renouvellement protéique (quantitativement peu abondantes)

Métabolisme des acides aminés



Métabolisme à jeûne/ Apport insuffisant en énergie

- Catabolisme protéique musculaire
 - Gluconéogenèse: à partir du glycérol des triglycérides
 - Provoquant une émaciation rapide qui peut donner lieu à des symptômes de débilité
- Catabolisme des réserves de lipides:
 - Est plus lent que celui des protéines
 - Libération des corps cétoniques dans la circulation sanguine
 - Augmenté l'acidité sanguine
- Compensation d'acidité → déviation du métabolisme protéique → formation de l'ammoniaque (dans le rein) au lieu de l'urée
- Dans le cas où la cétose ne peut pas être corrigée → cétoacidose née d'une perte des cations (Na et K) → Déshydratation

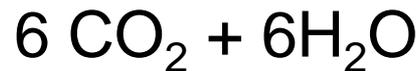
CHAPITRE II

GLUCIDES



I- Définition

- Ce sont des composés organiques largement répandues chez tous les êtres vivants.
- La plupart des glucides proviennent des plantes, produits de la photosynthèse:



I- Définition

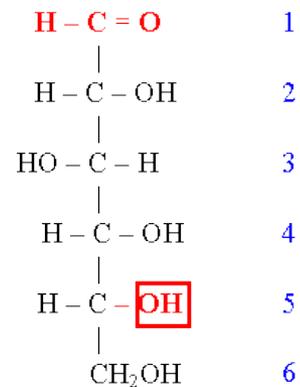
- Ils possèdent :
 - une fonction réductrice : **cétonique** ($C=O$) ou **aldéhydique** (CHO)
 - plusieurs fonctions **alcool secondaires** ($CHOH$)
 - Un ou deux groupements **alcool primaire** (CH_2OH)



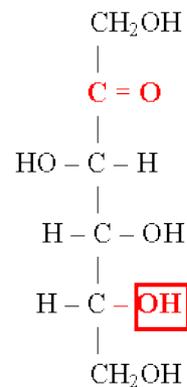
I- Définition

- Sont des composés solubles dans l'eau
- La position du carbonyle détermine la formation de :
 - Aldose
 - Cétose

D Aldohexose



D Cétohexose



II- Classification

- Selon le nombre de monomères:
 - simples (monosaccharides et disaccharides)
 - complexes (polysaccharides)

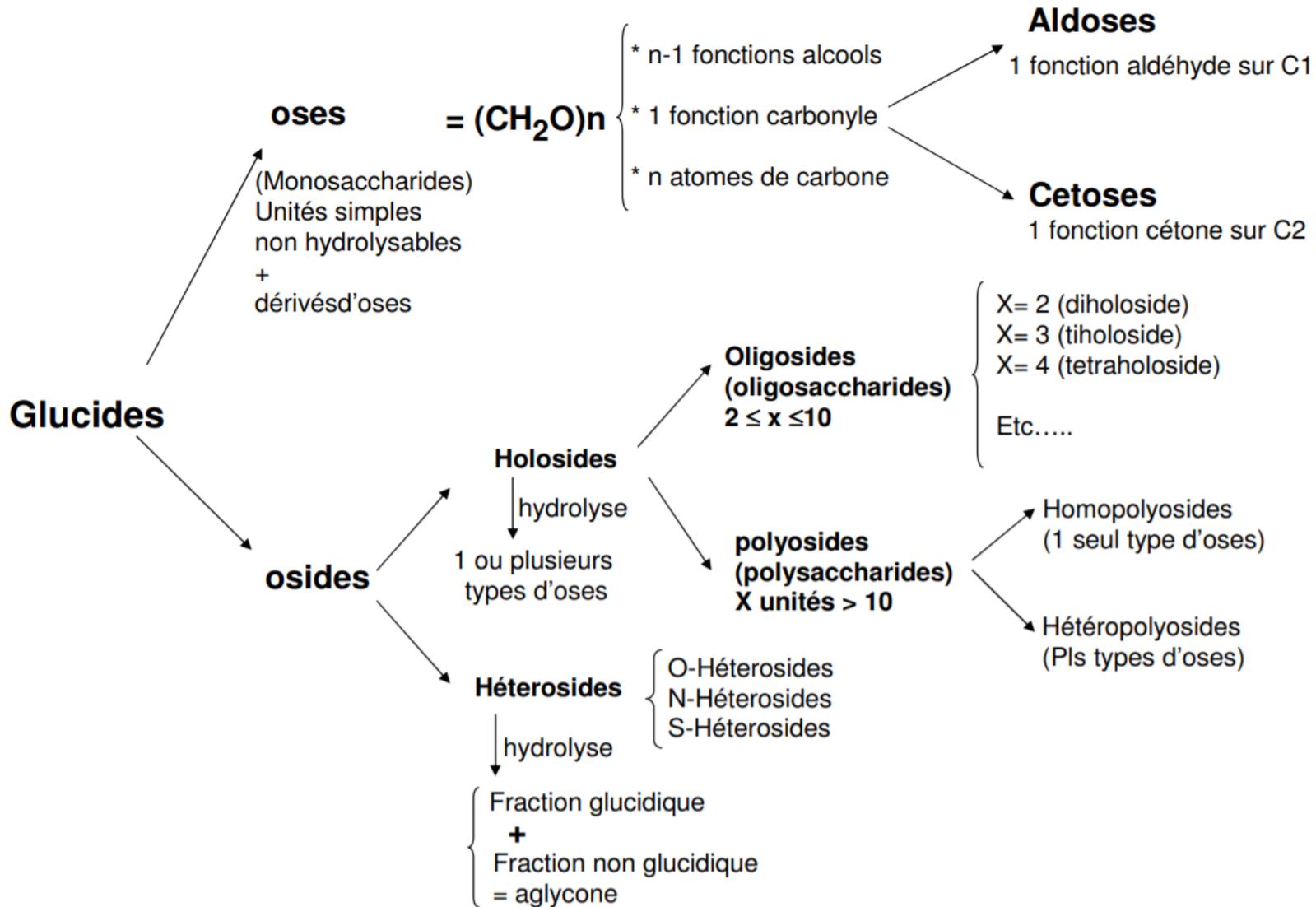
- Selon leur digestibilité:
 - digestibles (sucres et amidon)
 - non digestibles (fibre)

II- Classification

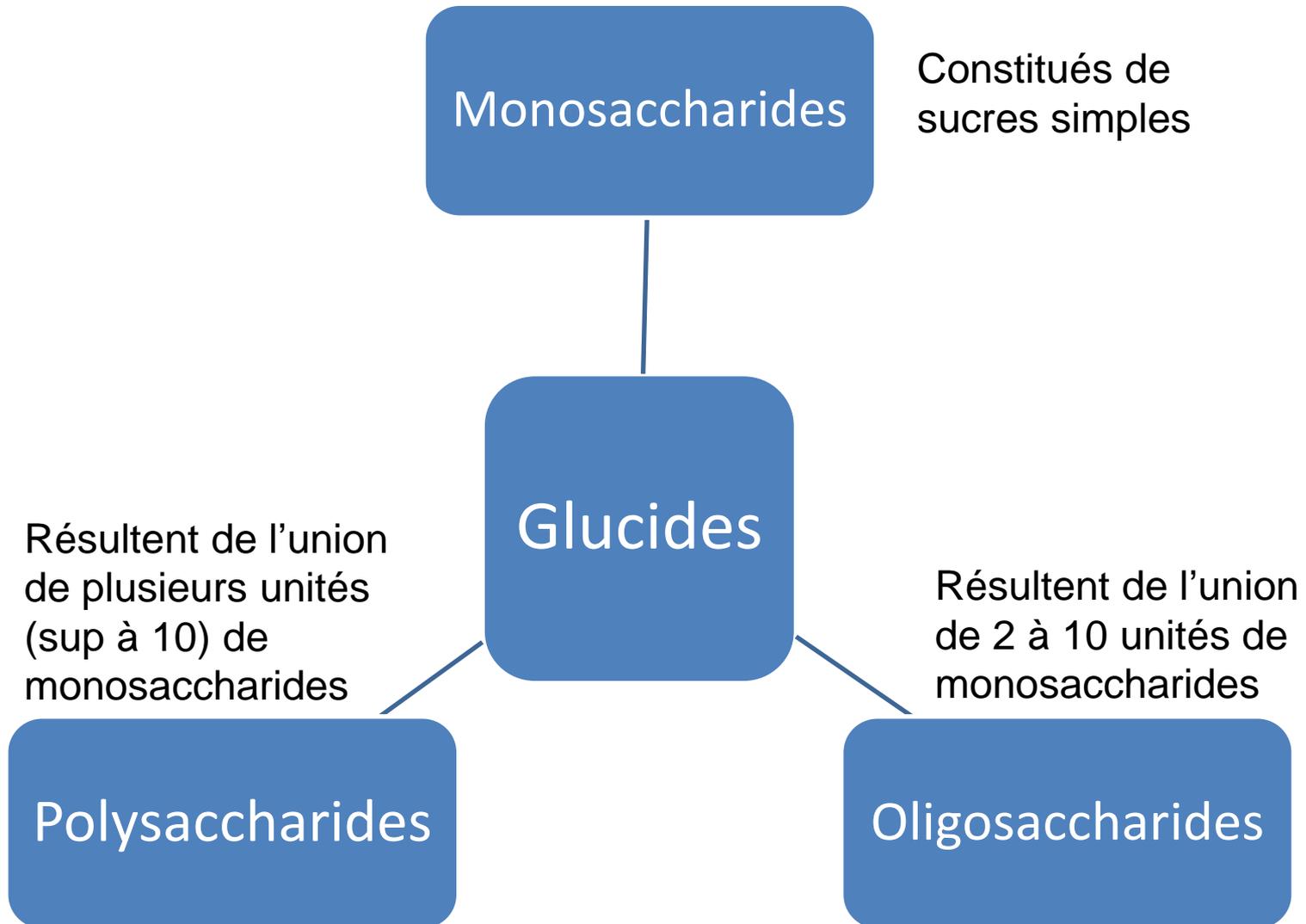
- L'unité de base des glucides est le Monosaccharide.
- La combinaison de différents monosaccharides donne des glucides, et selon le nombre.
- On distingue:
 - Monosaccharides: 1 seul monosaccharide
 - Disaccharides: 2 monosaccharides
 - Polysaccharides: plusieurs parfois des milliers de monosaccharides

} **Sucres**

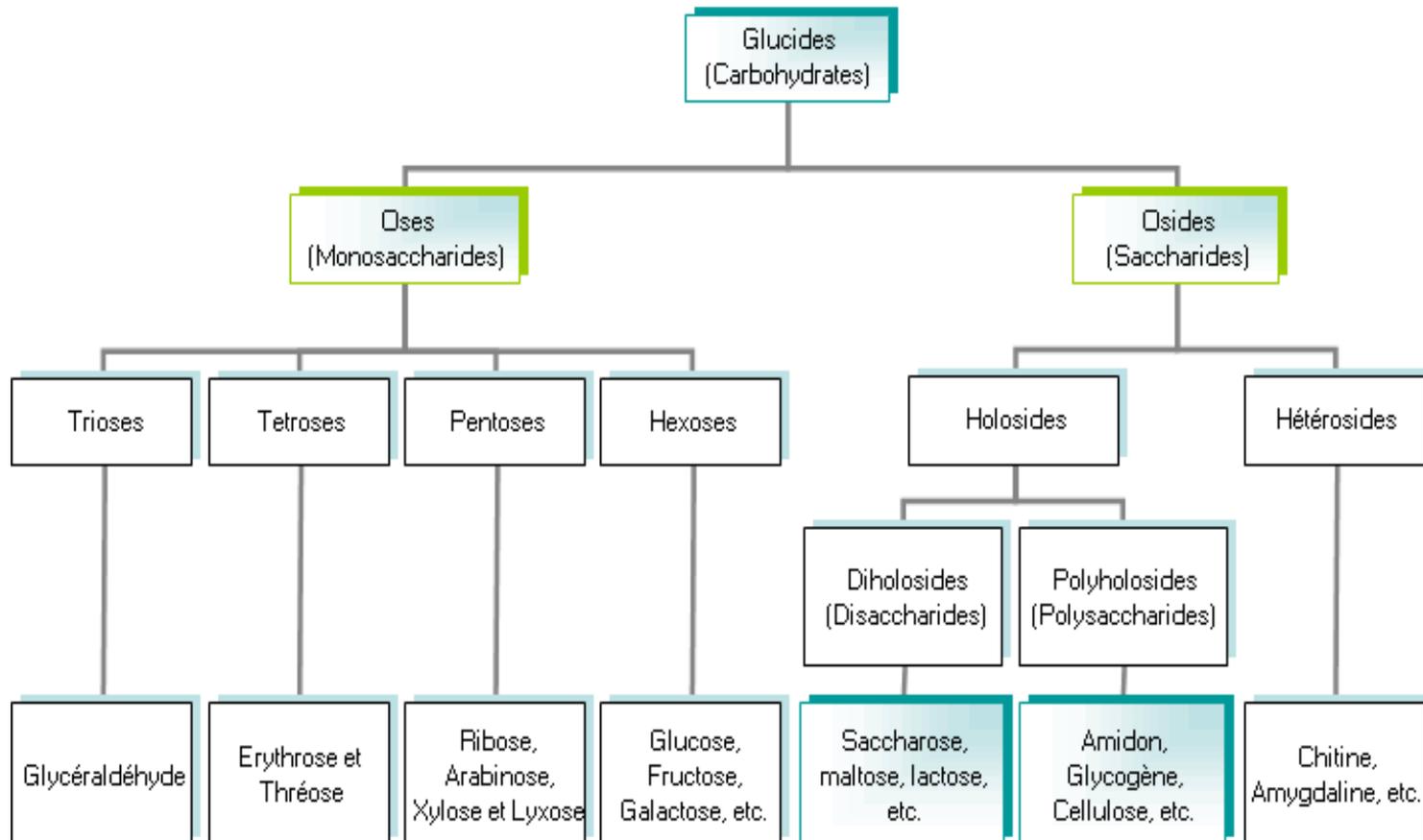
II- Classification



II- Classification

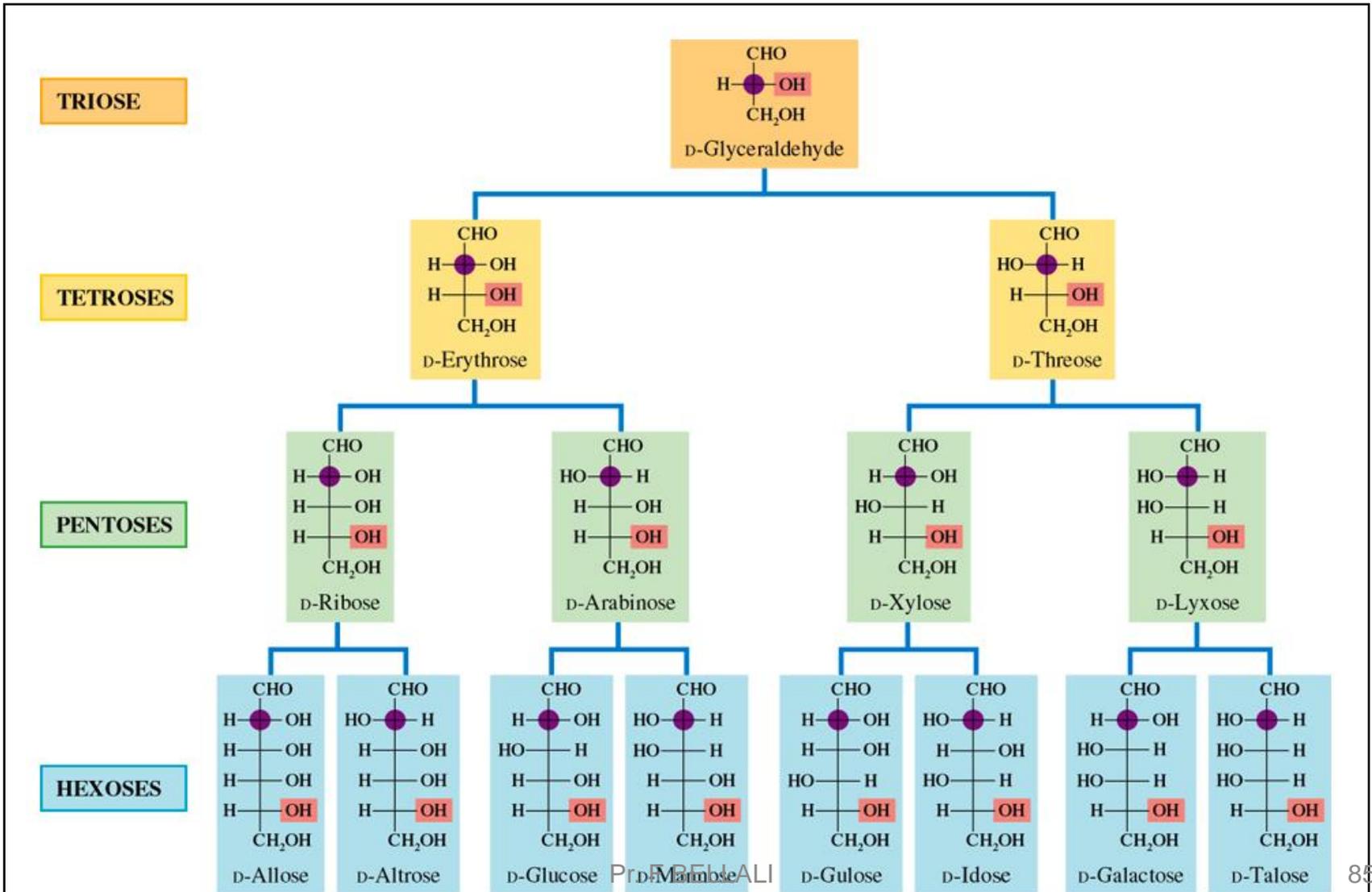


II- Classification



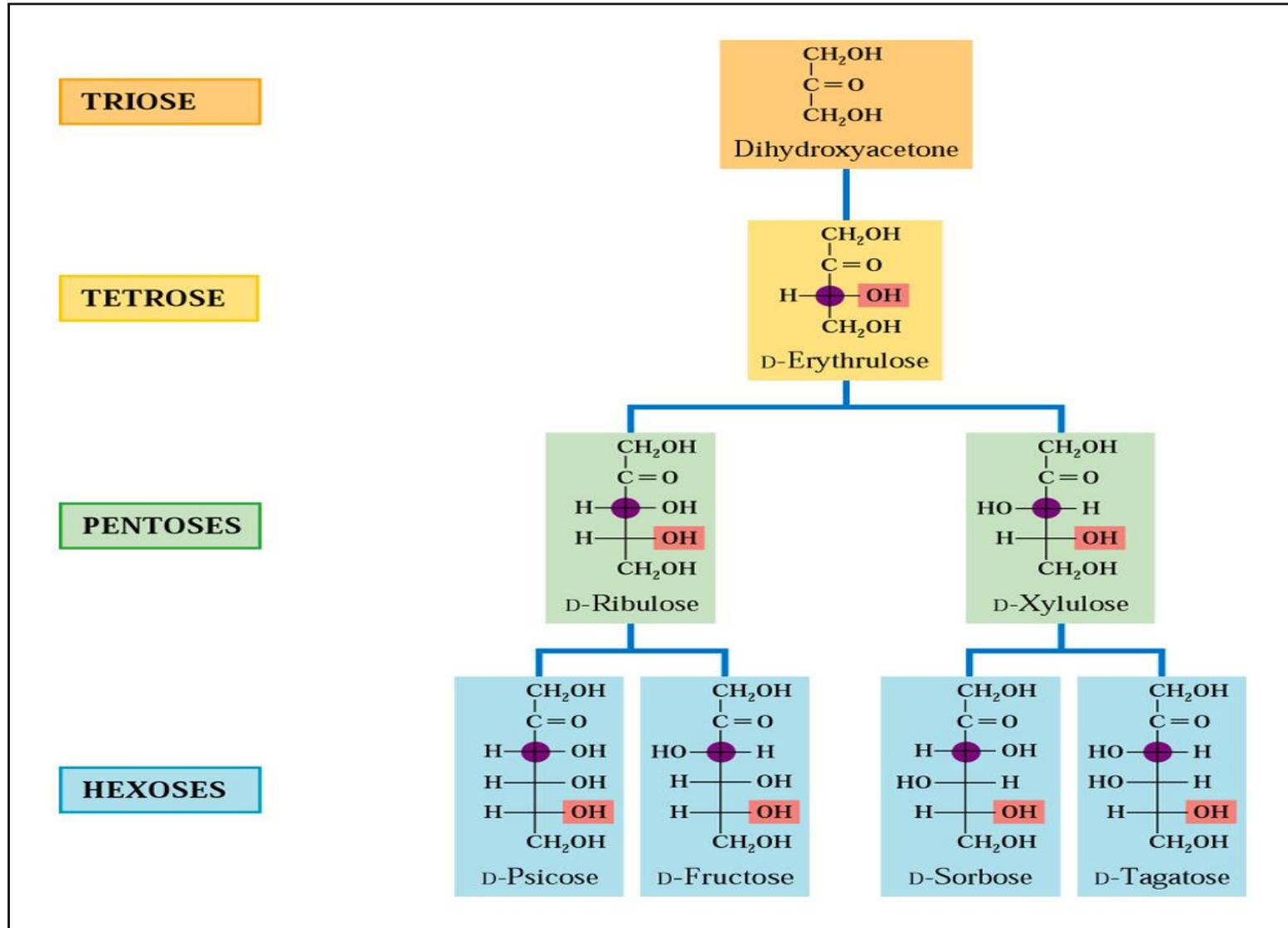
III- Monosaccharides

Les oses : (Monosaccharides) CAS DES **ALDOSES**



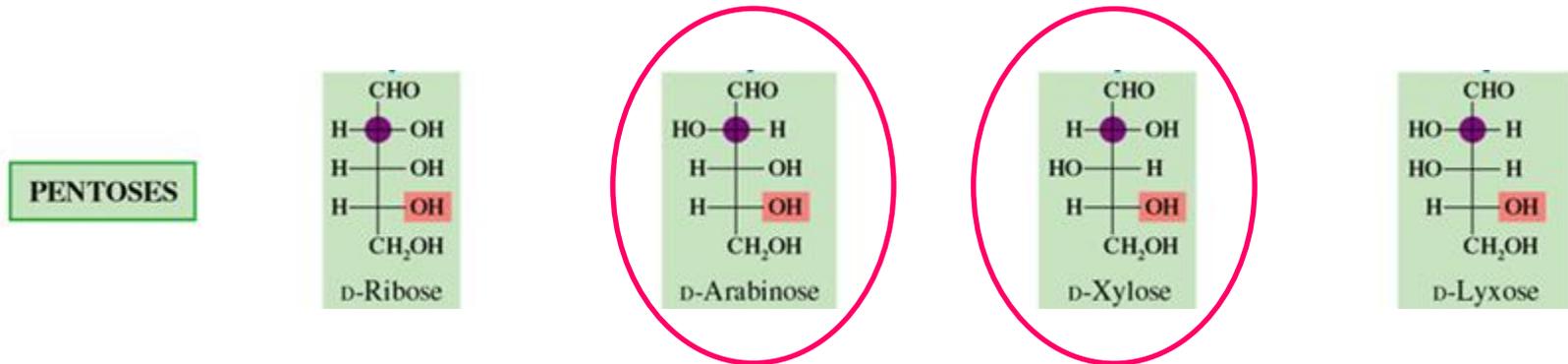
III- Monosaccharides

Les oses : (Monosaccharides) CAS DES **CETOSES**



III- Monosaccharides

1. LES PENTOSES

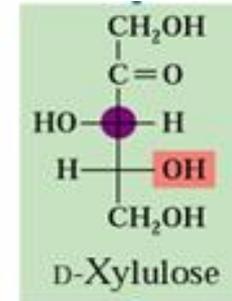
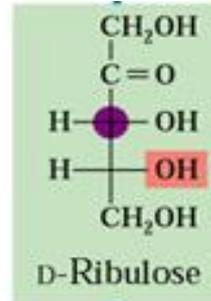


- Nous ne retiendrons que deux aldoses: arabinose et xylose.
- Le ribose est un composant des acides nucléiques et de certaines coenzymes qui sont présents dans toutes les cellules, mais en très faibles proportions.
- Le lyxose n'est pas un ose naturel.

III- Monosaccharides

1. LES PENTOSES

PENTOSES



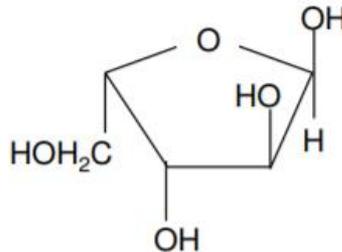
Les deux cétose, ribulose et xylulose n'apparaissent, sous forme phosphorylée, que dans les biosynthèse.

III- Monosaccharides

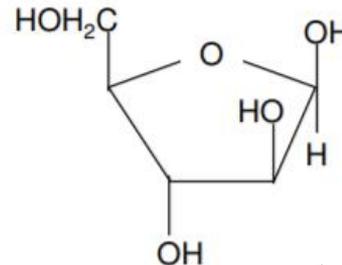
1. LES PENTOSES

Arabinose

L-arabinose



D-arabinose

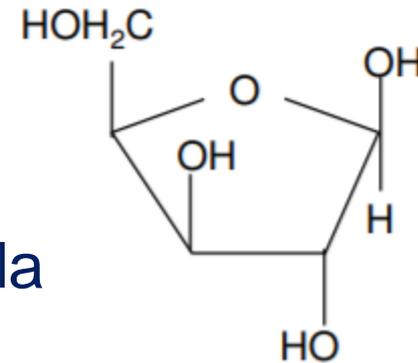


- Le **L-arabinose**:
 - C'est l'un des rares sucres naturels de la série L.
 - On le trouve dans toutes les plantes.
 - Non métabolisé par l'homme, il est éliminé directement dans les urines.
 - on le trouve → à l'état libre en quantité faible: fruits+bulbes (cerise, oignon, etc)
 - à l'état combiné se trouvent dans les gommés des acacias
- Le **D-arabinose** : précurseur du D-glucose et D-mannose.

III- Monosaccharides

1. LES PENTOSES

Xylose



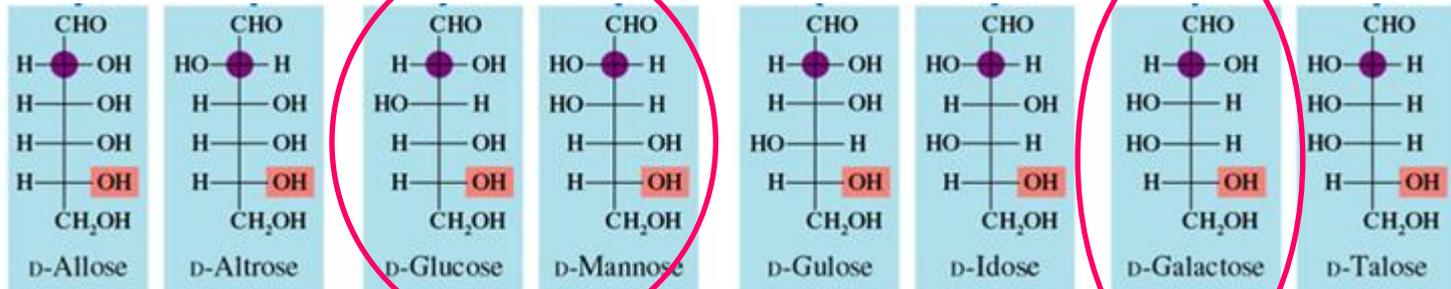
- ❑ Le D-xylose paraît être la seule dans la nature, avec une structure pyranique
- ❑ Peu abondant à l'état libre : fruit (abricot)
- ❑ Il est abondant à l'état condensé dans les produits d'hydrolyse du bois et de la paille.

III- Monosaccharides

2. LES HEXOSES

ALDOHEXOSES

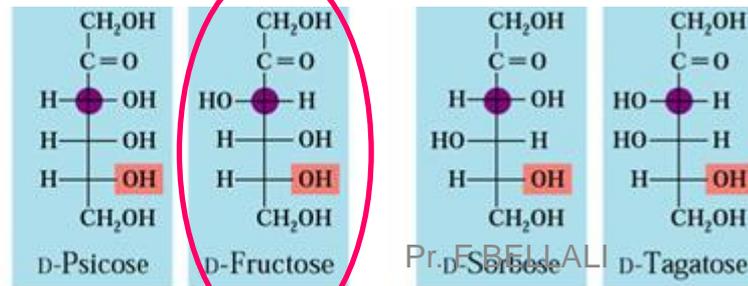
HEXOSES



Ils jouent un rôle important en Biochimie Alimentaire

HEXOCETOSES

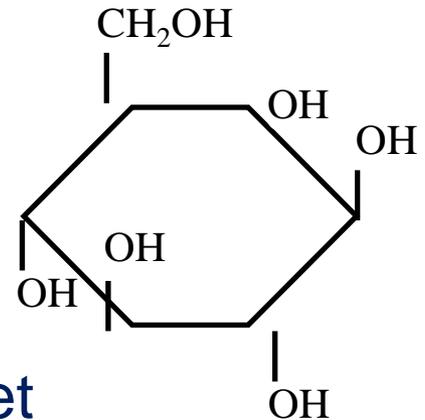
HEXOSES



III- Monosaccharides

2. LES HEXOSES

D-glucose



- Le plus répondeu dans les milieux végétaux et animaux à l'état libre et à l'état combinés.
- La "molécule carburant" du monde vivant. abondant à dans miel et fruits.
- Sous forme polymérisée constitue les réserves énergétiques (amidon végétal, glycogène animal).

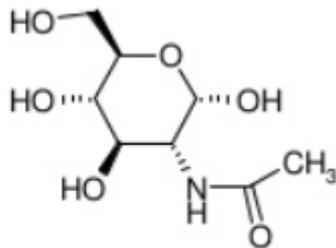
III- Monosaccharides

2. LES HEXOSES

D-glucose

- **Nombreux dérivés:** monoses et polyols

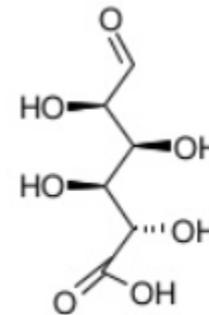
Glucosamine



N-acétyl-D-glucosamine

- Hydroxyle du C2 est remplacé par une amine
- Exemple: chitine, lait humains...

Acide glucuronique



Acide D glucuronique

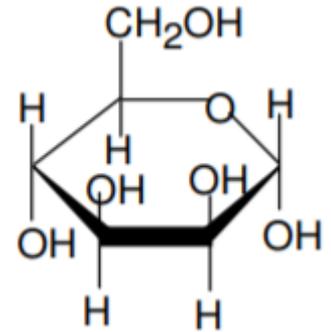
- Oxydation de la fonction alcool I en fonction carboxylique
- Forme de détoxication

III- Monosaccharides

2. LES HEXOSES

D-mannose

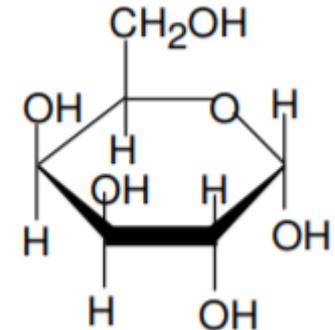
- Peu abondant à l'état libre dans les cellules animales et végétales;
- Mannose libre rare ;
- Il ne forme pas d'oligoholosides importants ;
- Il entre dans la constitution de polymères tels les mannanes, ou encore de glycoprotéines;
- Solubilité dans l'eau est très grande;
- Solubilité est faible dans l'alcool.



III- Monosaccharides

2. LES HEXOSES

D-galactose



- Le **L galactose** :
 - naturel (moins abondant),
 - un des composants de la gélose des algues, du mucilage des graines de lin...

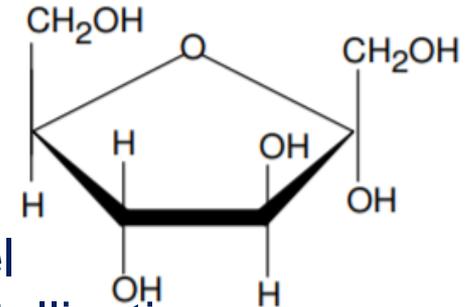
- Le **D galactose** :
 - le plus réponde après glucose
 - peu abondant à l'état libre
 - fréquemment présent dans des combinaisons : lactose du lait des mammifères.

III- Monosaccharides

2. LES HEXOSES

D-fructose

- C'est l'un des rares sucres cétoniques naturels : on le trouve à l'état naturel dans les fruits et le miel auquel il donne sa consistance à cause de sa cristallisation difficile.
- Il est abondant à l'état libre chez les végétaux
- Il entre dans la composition du saccharose.
- pouvoir sucrant est élevés
- solubilité dans l'eau très grande



III- Monosaccharides

3. LES POLYOLS

Alditols

- Non oses car pas de carboxyle
- Dérivent des monoses
- Se trouvent dans des fruits et des végétaux
- Utilisation : traitement de l'obésité, du diabète, ..
- Métabolisés : glycolyse, Krebs, pentose.....

Sorbitol

- Le plus répandu
- Constituant important de nombreux aliments: fruits
- Même valeur énergétique que le glucose
- Non fermentescible
- Avantage dans l'industrie alimentaire :
 - remplacement du sucre inverti
 - Fixation de l'eau élevée
 - résistance à la température
 - peu sucrant
 - viscosité faible
 - retarde la cristallisation

III- Monosaccharides

3. LES POLYOLS

Mannitol

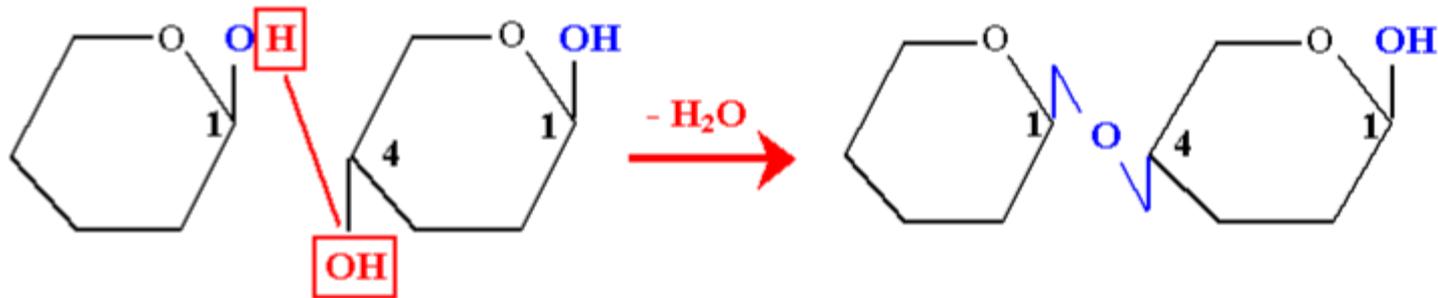
- Abondant chez les végétaux : champignons
- Faible assimilation
- Favorise la diurèse

Xylitol

- Se trouve en faible concentration dans de nombreux fruits
- Extrait de l'hémicellulose
- Même valeur énergétique, même aspect, même pouvoir sucrant que le saccharose
- Non cariogénique (ne détériore pas les dents)

IV- Disaccharides

- Molécules formées de 2 monosaccharides



- Elle associe le groupement réducteur d'un ose et un groupe OH \longrightarrow formation d'un acétal non réducteur

III- Monosaccharides

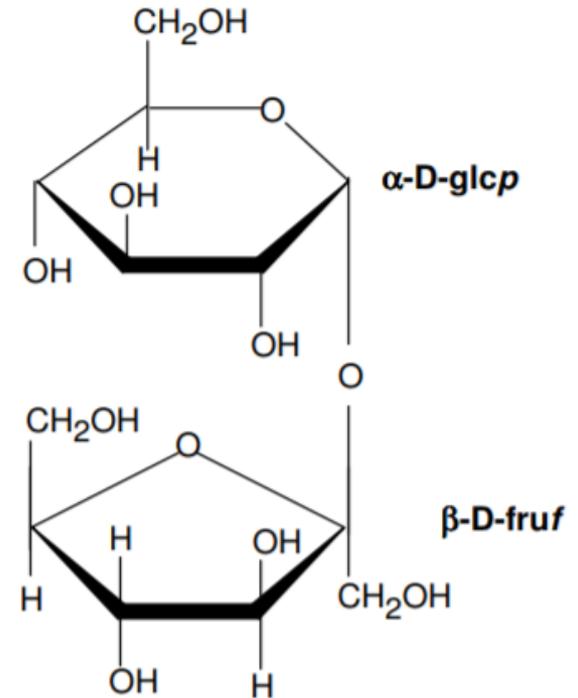
- Molécules formées de 2 monosaccharides
- Les plus importants sont:



IV- Disaccharides

1. Saccharose

Saccharose = Glucose + Fructose



C'est le « sucre » ordinaire, de betterave ou de canne

IV- Disaccharides

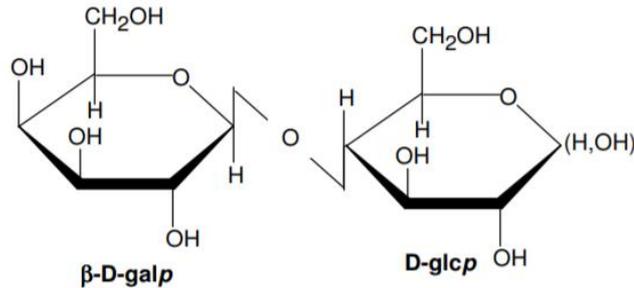
1. Saccharose

- Le saccharose est très abondant dans la nature, on l'a trouvé dans tous les végétaux chlorophylliens, car c'est le principal produit de la photosynthèse
- Il entre également dans la composition des caramels d'aromatisation.
- Le saccharose est un aliment glucidique très important pour les individus des pays développés.
- le seul aliment pur et cristallisé consommé; assimilation rapide
- Hydrolyse acide facile
- Hydrolyse enzymatique par α glucosidase

IV- Disaccharides

2. Lactose

Lactose = Glucose + Galactose



- C'est le glucide du lait; on ne le trouve nulle part ailleurs
- On le trouve très prédominant dans le lait des ruminants, 5% chez la vache.
- Dans le lait humain : 6,5%. Il est très bas taux dans les laits des cétacés, environ 1%
- Il est peu soluble : Séparation facile par cristallisation
- Peu sucrant

IV- Disaccharides

2. Lactose

- L'hydrolyse chimique est plus difficile que celle du saccharose; il est nécessaire de traiter à chaud avec un acide
- L'hydrolyse enzymatique pose des problèmes, le lactase est peu ré pondue.



Très abondant dans le lait

IV- Disaccharides

3. Oligoholosides végétaux dérivés du saccharose

α -galactosides

- Ce sont des substance de réserve
Ils comprennent un ou plusieurs α -galactosides
- Liés par la liaison 1 et 6 au glucose du saccharose
- Exemple:
 - Saccharose: Glu-Fru
 - Raffinose: Gal-Glu-Fru
 - Stacchyose: Gal-Gal-Glu-Fru
 - Verbascose: Gal-Gal-Gal-Glu-Fru
 - Ajugose: Gal-Gal-Gal-Gal-Glu-Fru
- Ils contiennent jusqu'à 8 galactoses
- Raffinose: associé au saccharose dans la mélasse sucre de betterave

Triholosides

- Plantéose
- Mélézitose
- Gentianose
- Umbelliférose

IV- Disaccharides

4. Oligoholosides animaux

- Nombreux dans le lait des monogastriques.
- Isolés plus de 30 (composés de 5 à 15 oses) chez la femme.

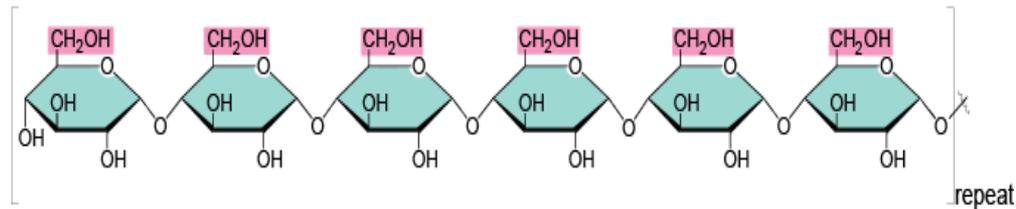
IV- Disaccharides

5. Hétérosides

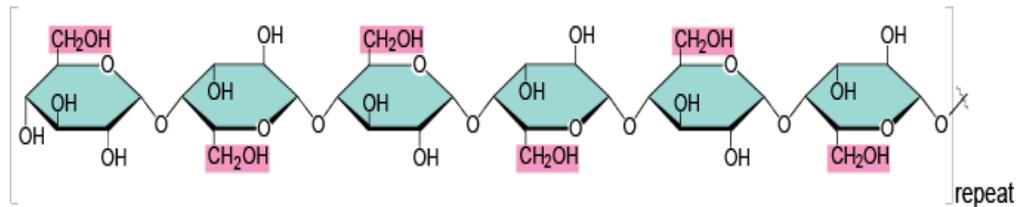
- ❑ Ose + aglycone ou génine (non glucidique)
- ❑ Hétérosides cyangénétiques : 2Glu+nitrile alcoolique
- ❑ Hétérosides de phénols : Flavonoïdes (orange et citron)
- ❑ Hétérosides de stérols : solanine (insecticide),
digitonine (cardiotonique)
- ❑ Hétérosides antibiotiques: streptomicyne

V- Polysaccharides

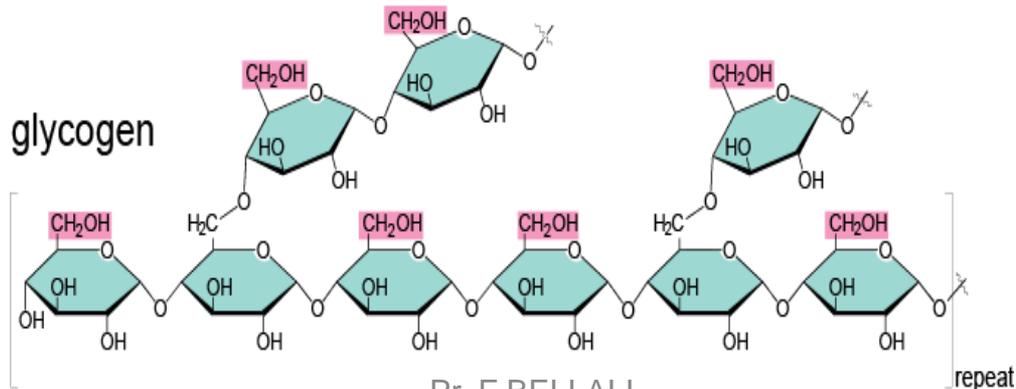
starch



cellulose



glycogen



V- Polysaccharides

- Les glucides complexes de grosses molécules;
- Formée de nombreux résidus d'ose variés;
- Ils comprennent les substances alimentaires les plus consommées en Occident: amidon
- La forme de stockage chez les animaux: glycogène
- Ils sont des agents technologiques importants: épaississants, gélifiants...
- Ils comprennent les substances de structures :
 - des parois végétales: cellulose;
 - du squelette des arthropodes (chitine)

V- Polysaccharides

- De nombreux monosaccharides liés les uns aux autres:
 - Des liaisons que les enzymes digestives humaines peuvent briser, présents dans les polysaccharides assimilables
 - Des liaisons qui résistent à l'action enzymatique humaine qui sont présentes dans les polysaccharides non assimilables: fibres alimentaires

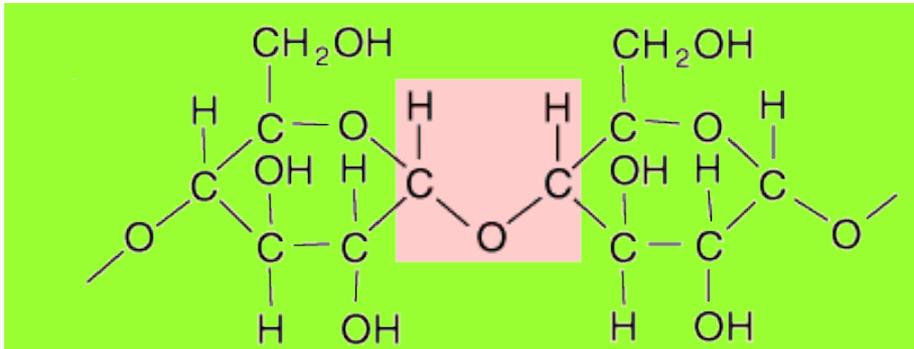
V- Polysaccharides

Polysaccharides assimilables

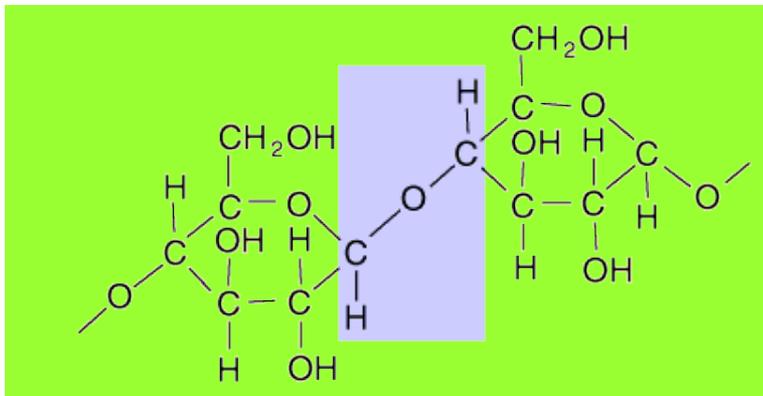
- Le plus abondant dans l'alimentation est:
 - l'**amidon**: forme de stockage et d'énergie chez les plantes
 - Longues chaînes linéaires: amylose
 - Longues chaînes ramifiées: amylopectine
 - La dégradation de l'amylose donne des dextrines: molécules plus petites que l'amidon
 - Le **glycogène**: se trouve chez les animaux, chaîne fortement ramifiées de glucose

V- Polysaccharides

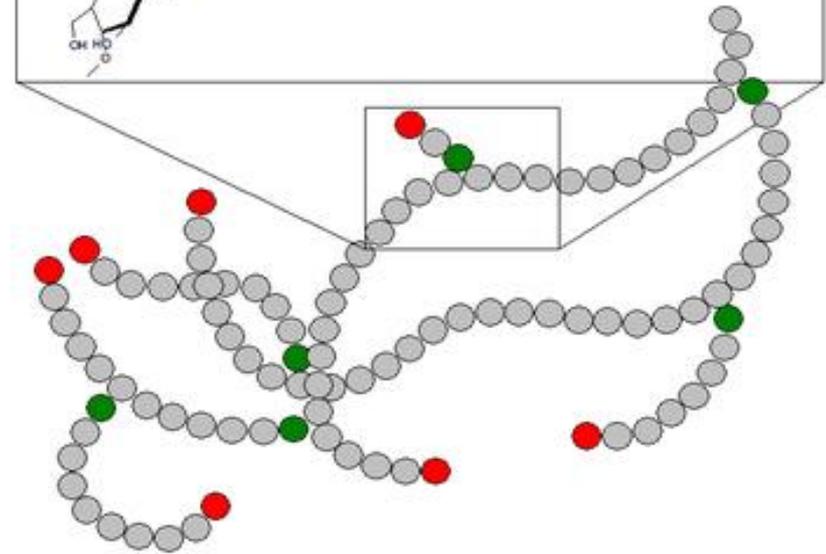
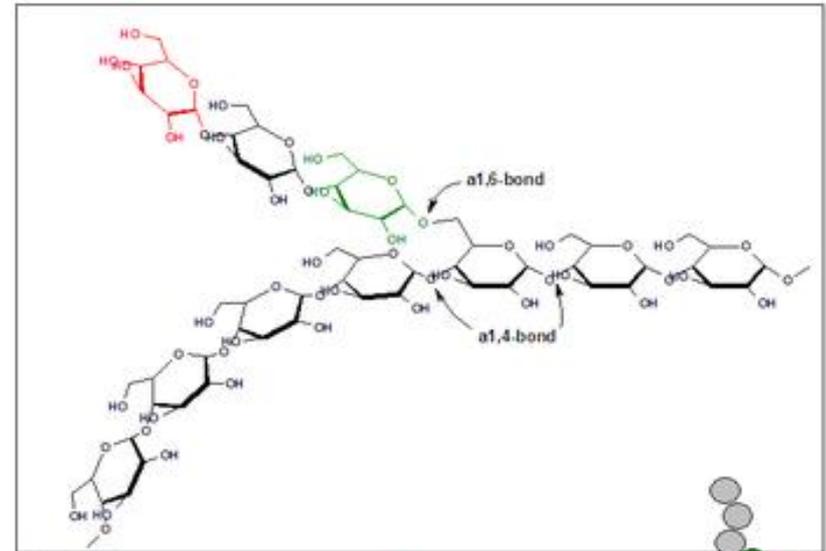
Polysaccharides assimilables



Amidon: digestible



Cellulose: non digestible



Glycogène

V- Polysaccharides

1- Amidon



- Le polysaccharide végétal le plus abondant, qui a un rôle nutritionnel important chez l'homme et l'animal.
- Il est constitué d'une chaîne principale faite de glucose
- L'amidon est un polymère insoluble dans l'eau froide.
- Les végétaux accumulent les glucides photosynthétisés sous forme d'amidon.

V- Polysaccharides

1- Amidon



Il est constitué de:

- l'**amylose** qui représente 20% de l'amidon est soluble dans l'eau tiède et cristallise par refroidissement.
- l'**amylopectine** qui représente 80% de l'amidon donne à chaud un empois visqueux (gel).

L'amylose et l'amylopectine possèdent une seule extrémité réductrice et n'ont pas la propriété des sucres réducteurs.

L'hydrolyse de l'amidon coupe le polymère en chaînes assez courtes : les dextrines qui sont réductrices.

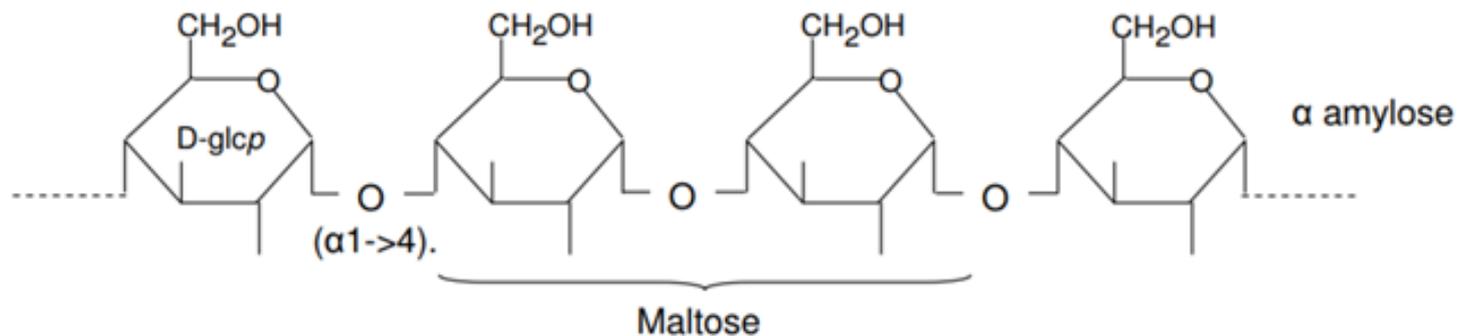
- l'action d'un acide minéral à chaud libère du D-glucose;
- l'action d'un enzyme (maltase) aboutit à la libération de maltose.

V- Polysaccharides

1- Amidon

L'amylose

- L'amylose est le constituant le moins abondant
- Sa molécule est la plus simple et la plus petite (MM de 150 000 à 600 000 Da)
- C'est un enchaînement linéaire répétitif de 1000 à 4000 monomères de D-glucose sans branchement, liés par une liaison glycosidique α (1- \rightarrow 4).

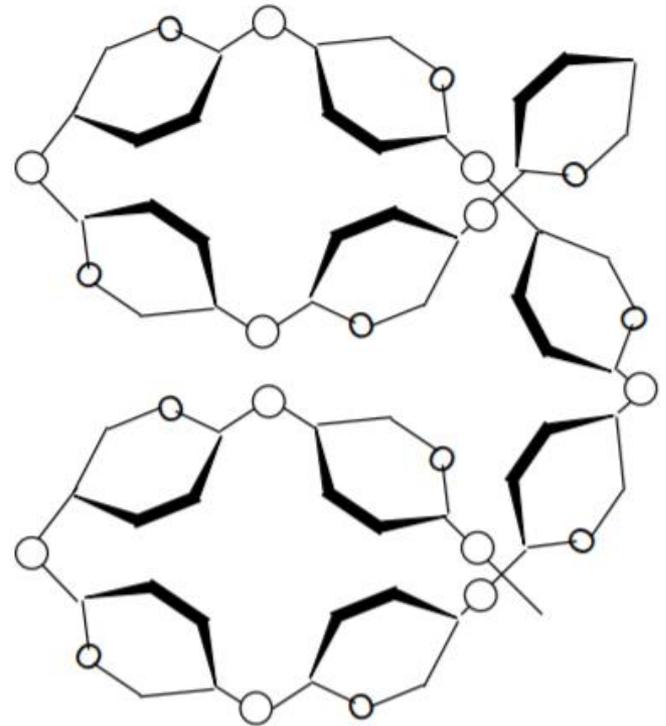


V- Polysaccharides

1- Amidon

L'amylose

- L'amylose a une structure hélicoïdale par rotation autour de la liaison glycosidique ($\alpha 1 \rightarrow 4$) \longrightarrow une forte absorption de la lumière
- Chaque hélice a 6 glucoses par tour.

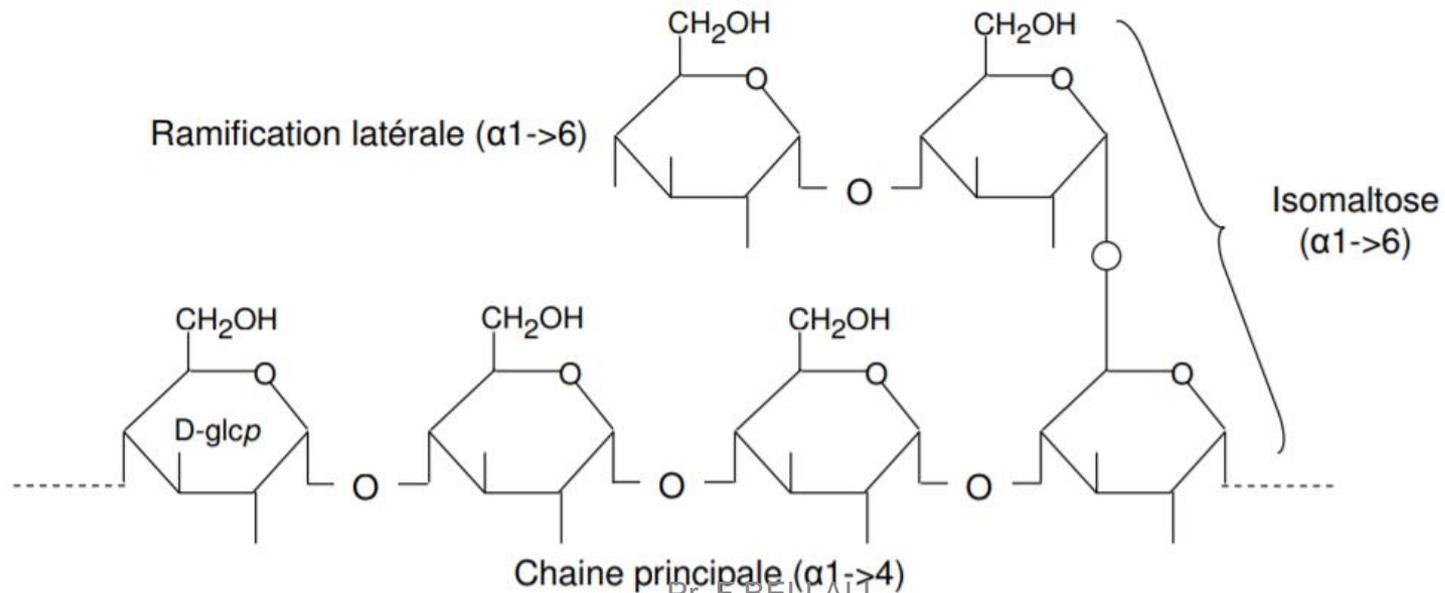


V- Polysaccharides

1- Amidon

L'amylopectine

- L'amylopectine se distingue par un nombre de glucose supérieur
- une structure ramifiée.
- Sur la chaîne principale ($\alpha 1 \rightarrow 4$) des points de branchement, se répétant environ tous les 20 à 30 résidus, sont formés par une liaison ($\alpha 1 \rightarrow 6$) où le carbone anomérique appartient à la ramification.



V- Polysaccharides

1- Amidon

Origines et variations

Origine

Céréales	Tubercules	Légumes
Maïs	Pomme de terre	Pois
Blé	Manioc	
Riz		

variations

Amidon	% amylose	% amylopectine
Maïs standard	24	76
Pomme de terre	20	80
Riz	18,5	81,5
Blé	25	75

V- Polysaccharides

1- Amidon

Propriétés physiques et fonctionnelles

VOIR TD 1

V- Polysaccharides

1- Amidon

Hydrolyse enzymatique

Les glycosyl-hydrolases=glucosidase peuvent être classées en trois groupes :

- Les α -amylases sont des α (1->4) endoglycosidases (**bleu**) qui agissent sur des polymères de glucose d'au moins trois résidus.
- Les β -amylases sont des α (1->4) exoglycosidases (**rouge**) libèrent des maltoses des extrémités non réductrices.
- Les enzymes débranchantes sont des α (1->6) endoglycosidase (**vert**)

Amylopectine

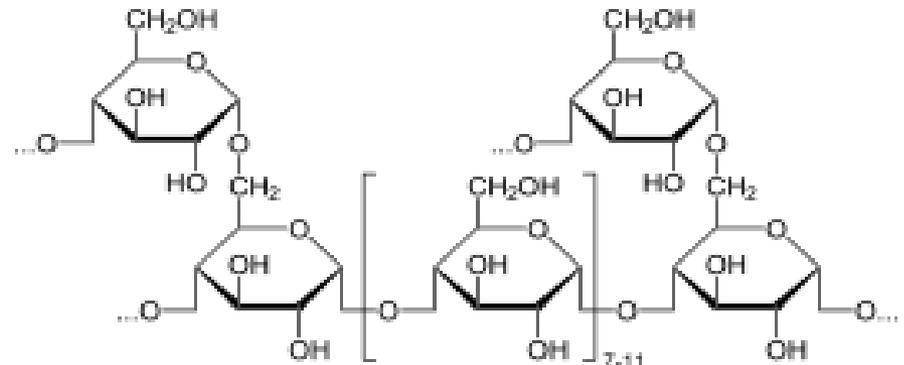


V- Polysaccharides

2- Glycogène

- Le glycogène est un polyglucose que les animaux mettent en réserve dans le cytosol des hépatocytes et dans les muscles.
- Sa structure est très voisine de celle de l'amylopectine avec les différences suivantes :
 - Ramification plus fréquente, approximativement tous les 10 à 14 résidus;
 - la longueur moyenne des chaînes ramifiées est plus courte
 - Solubilité dans l'eau à température ambiante

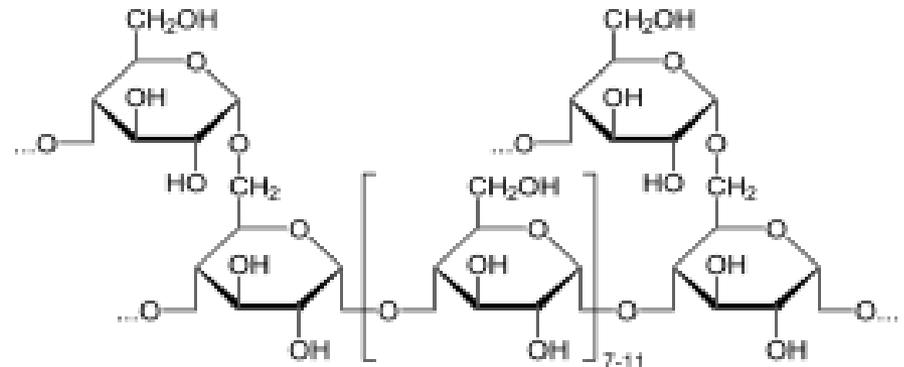

 Cette structure est plus compacte et plus "buissonnante" que celle de l'amylopectine



V- Polysaccharides

2- Glycogène

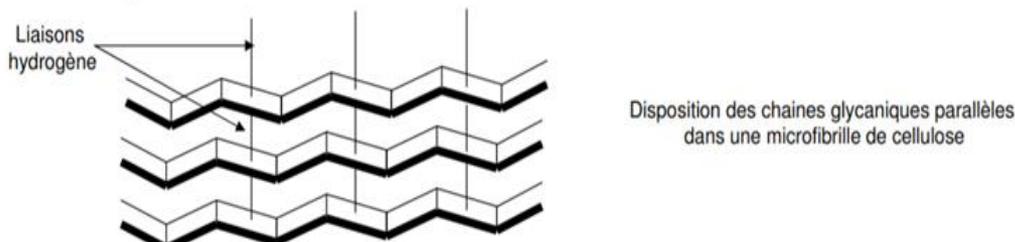
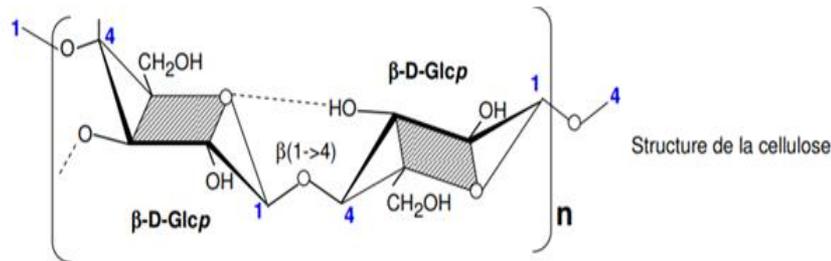
- Le glycogène alimentaire est dégradé comme l'amylopectine.
- Dans le foie et le muscle, une glycogène-phosphorylase activée le glucagon dans le foie, ou l'adrénaline dans le muscle, dégrade séquentiellement le glycogène en libérant un résidu α -glucose1phosphate.



V- Polysaccharides

3- Cellulose

- C'est les polysaccharides constitutifs de la paroi végétale et du revêtement extracellulaire chez quelques animaux invertébrés appelés tuniciers.
- Dans la paroi végétale, la cellulose est étroitement associée à d'autres polysaccharides de structure : les hémicelluloses et les pectines.
- La cellulose résulte de la condensation exclusivement linéaire d'unités glucose
- les liaisons glucosidiques sont de type $\beta(1 \rightarrow 4)$



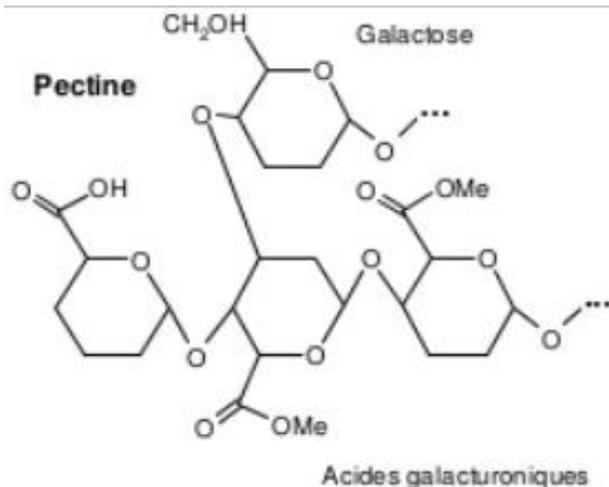
En comparaison avec l'amylose ces liaisons résultent en une conformation rigide beaucoup plus étirée, dans laquelle chaque résidu est retourné d'environ 180° par rapport à ses voisins.

V- Polysaccharides

4- Pectines

- Polygalaturonides \pm estérifiés (méthyle)
- On distingue les pectines:
 - hautement méthylées (70%), gels en milieux très sucré et peu acide: confiture;
 - faiblement méthylées (50%), gels en milieu peu sucré et peu acide en présence de Ca.

- Pectines $\xrightarrow{\text{Déméthylation}}$ Gels moins cassants, moins de synérèse

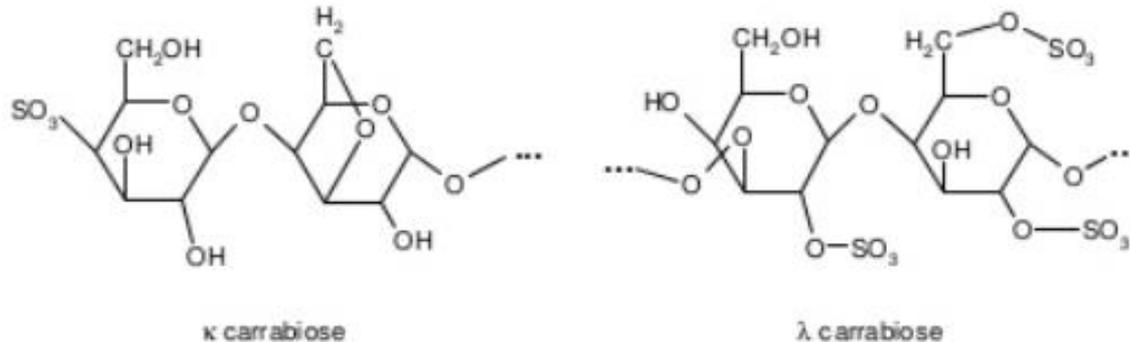


Origine: marc de pomme (Europe),
écorce d'agrumes(Etats unis)....

VI- substances provenant des algues marines

1-Carraghénanes

- Ils sont actuellement les plus employés dans l'industrie alimentaire.
- Ils sont extraits des algues, traitées par l'eau chaude, les produits purifiés étant traités par l'alcool.
- La structure est toujours linéaire et constituée de molécules de galactose plus ou moins substitué.
- Ce sont des polymères linéaires d'unités diosidiques de galactose sulfaté (carrabiose) lié au galactose.



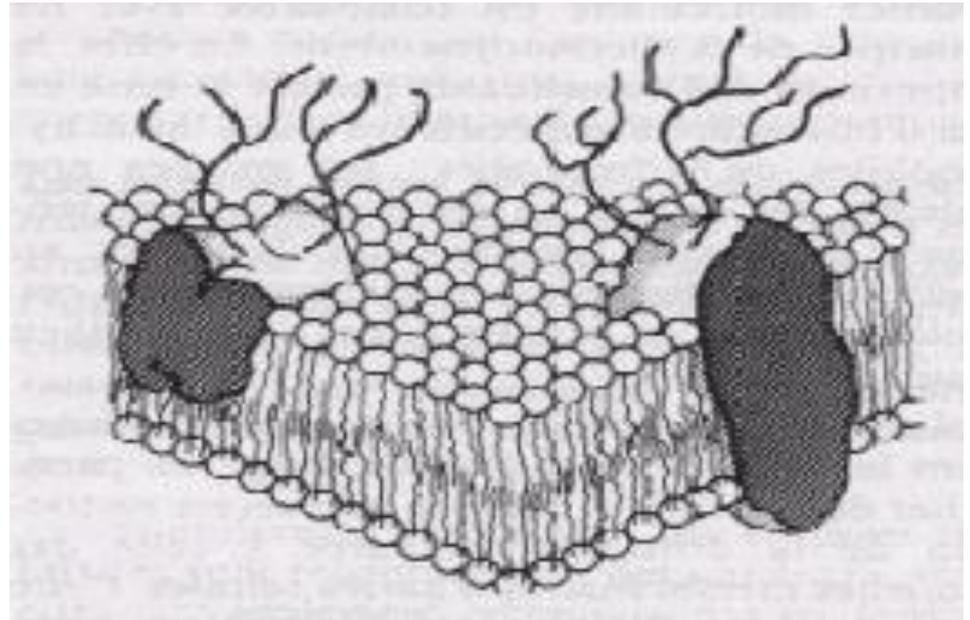
VI- substances provenant des algues marines

2-Alginates

- Ils proviennent des algues brunes;
- Structure est différente ;
- moins utilisés;
- Ils sont des polyuronides;
- Ils ont comme composante soit l'acide D-mannuronique avec liaison $\beta(1 \rightarrow 4)$, soit l'acide L-guluronique avec liaison $\alpha(1 \rightarrow 4)$, soit les deux ensemble;
- Chercher à améliorer : l'esterification et leur utilisation.

VII- Rôles des glucides

- Rôle majeur énergétique
- Rôle structurale
- Autres rôles



VII- Rôles des glucides

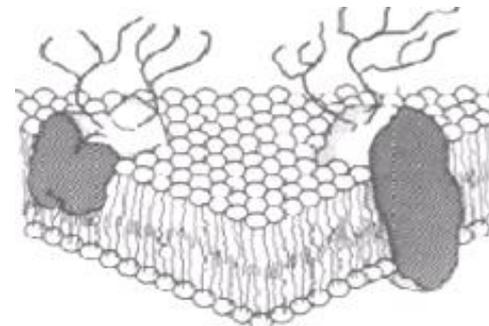
Fonction énergétique

- Mission primordiale: source d'énergie
- Ils servent de réserve énergétique sous forme glycogène
- Glucose:
 - Forme habituelle de distribution de l'énergie
 - Mécanisme très précis qui régule les niveaux de glycémie
- Reste de monosaccharides peut être utilisé par l'organisme en tant que source d'énergie de deux manières:
 - Inclus dans le cycle métabolique du glucose et se transformant en glucose
 - Métabolisé en forme d'acides gras à partir de l'acétyle Co-A

VII- Rôles des glucides

Rôle structural

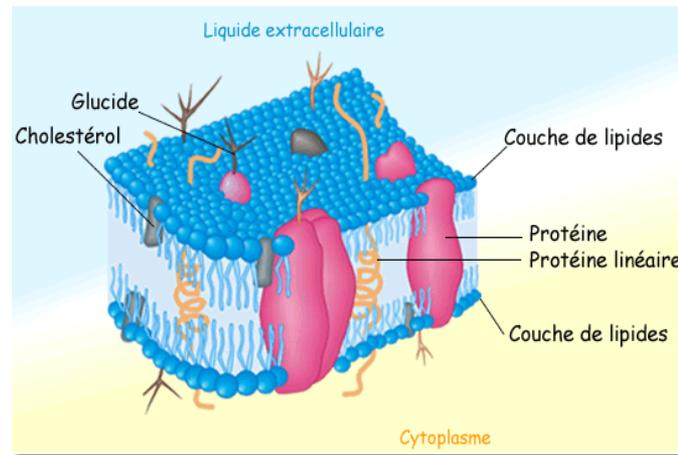
- Ils jouent un rôle d'élément de structure de la cellule: les mucopolysaccharides chez les animaux supérieurs, la cellulose chez les végétaux
- Ils font partie intégrante de la structure de nombreuses macromolécules biologiques fondamentales telles que les glycoprotéines, les acides nucléiques (ribose et désoxyribose), les coenzymes et les antibiotiques.



VII- Rôles des glucides

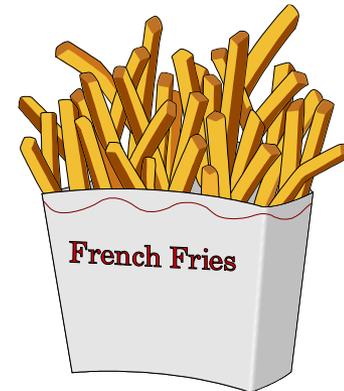
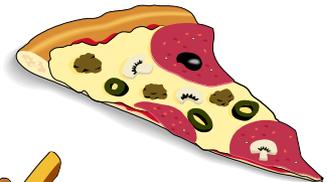
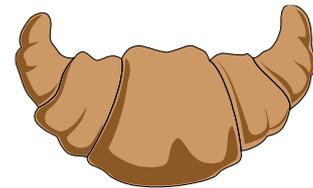
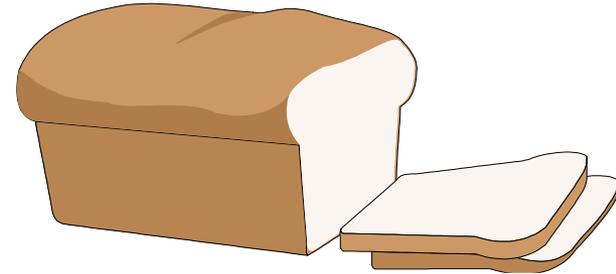
Rôle fonctionnel

- Fonctionnel : Reconnaissance et communication entre cellules : les polysides des groupes sanguins, les polysides antigéniques des bactéries

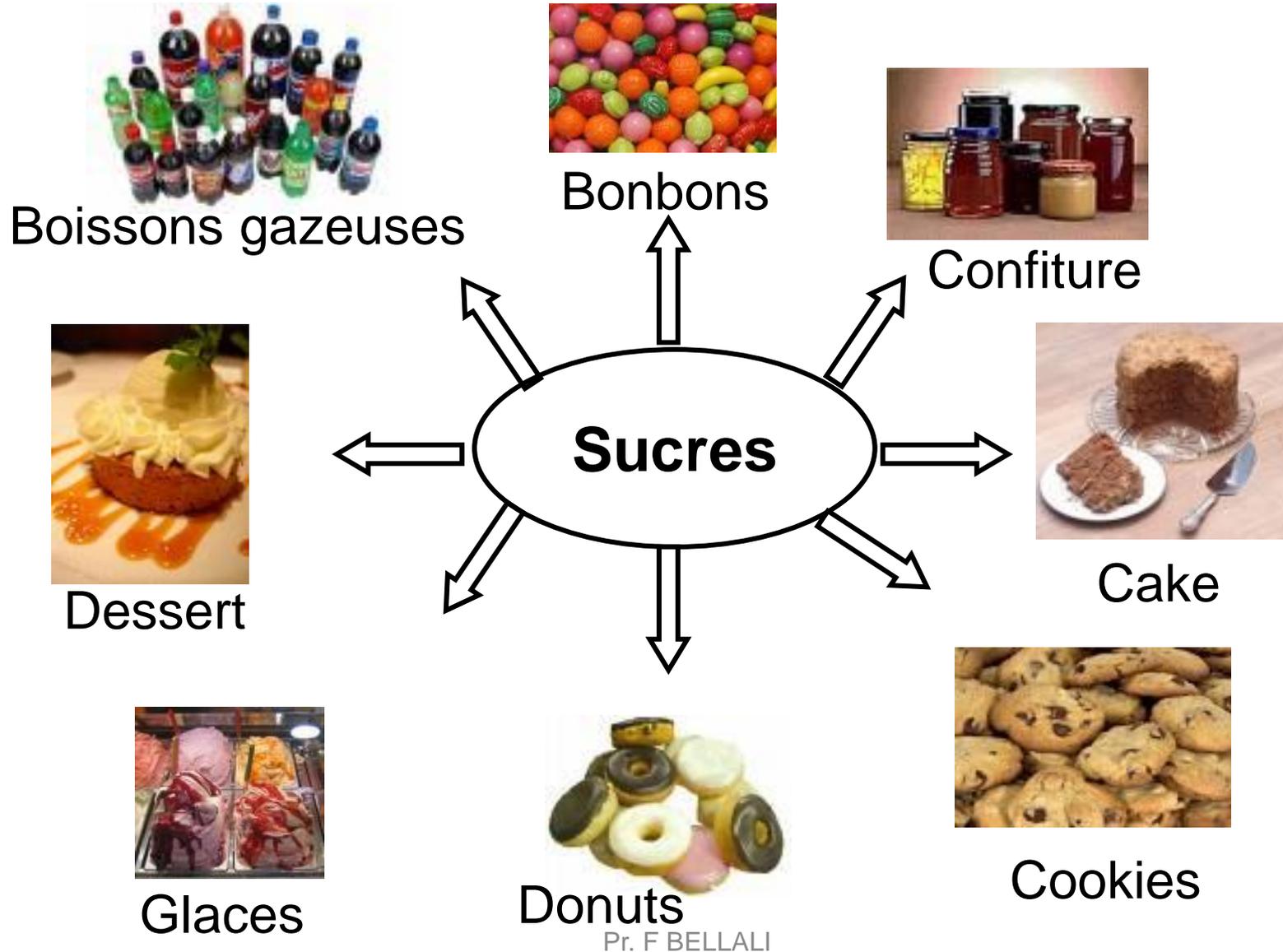


VIII- Sources alimentaires

- Polysaccharides: surtout d'origine végétale:
 - Céréales:
 - pain, pâte, riz, céréales
 - Légumineuses
 - Tubercules:
 - Pommes de terre



VIII- Sources alimentaires



VIII- Sources alimentaires



- Sources de quantité élevée de glucides
- Surtout les sucres simples
- Qualité nutritionnelle: non adéquate.

Monosaccharides libres

Glucose

Miel, fruits, légumes

Fructose

Miel, fruits, légumes

Galactose

Très limité

Disaccharides

Saccharose

Canne, betterave à sucre, fruits, légumes

Lactose

Lait, produits laitiers

Maltose

Malte (orge germé)

Polysaccharides (glucides complexes)

Assimilables

Amidon

Céréales, tubercules, légumineuses, fruits

Glycogène

Rares (foie)

Non Assimilables

légumineuses, céréales à grains entiers, légumes, fruits, noix et graines

IX- Édulcorants: faux sucres

- Des substances au pouvoir sucrant (très élevé) mais acalorique ou apport calorique faible que celui des glucides
- Substances synthétiques dont la structure chimique loin de celle des glucides
- De nombreux composés existent sur le marché:
 - Saccharine
 - Aspartame
 - Xylitol
 - Sirop de glucose hydrogéné
 - Isomaltate
 - Sorbitol
 - Mannitol

VOIR TD

Besoins en glucides

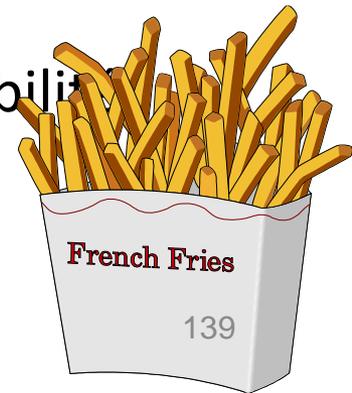
- L'apport adéquat en glucides est INDISPENSABLE. Les glucides font plus qu'apporter de l'énergie.
- **Une alimentation idéale = 55 % des calories sous forme de glucides**
 - **dont 20-35 g de fibres par jour (à partir de 2 ans)**
 - **dont 50% mono et disaccharides**
 - **dont 50% glucides complexes**
- Une grande variété d'aliments riches en glucides devrait être consommée, de cette manière, l'alimentation comprendrait suffisamment de nutriments essentiels et de fibres alimentaires

Apport insuffisant en glucides!!!

- **Augmentation de la lipolyse des triglycérides et de l'oxydation des acides gras → accumulation des corps cétonique**
- **Chute brusque dans les protéines de l'organisme**
- **Pertes de cations (spécialement le sodium)**
- **Déshydratation**

Influence du glucose sur la glycémie

- Glycémie = niveau du glucose sanguin
- Le glucose est le sucre sanguin
- Après un repas, il y a augmentation de la glycémie qui dépend de:
 - Quantités des glucides consommés
 - La qualité des glucides consommés → rapidité d'utilisation
 - Taille et consistance du repas ingéré → la présence des lipides retarde la durée de la digestion
 - Certains traitements appliqués modifient la digestibilité (friture)

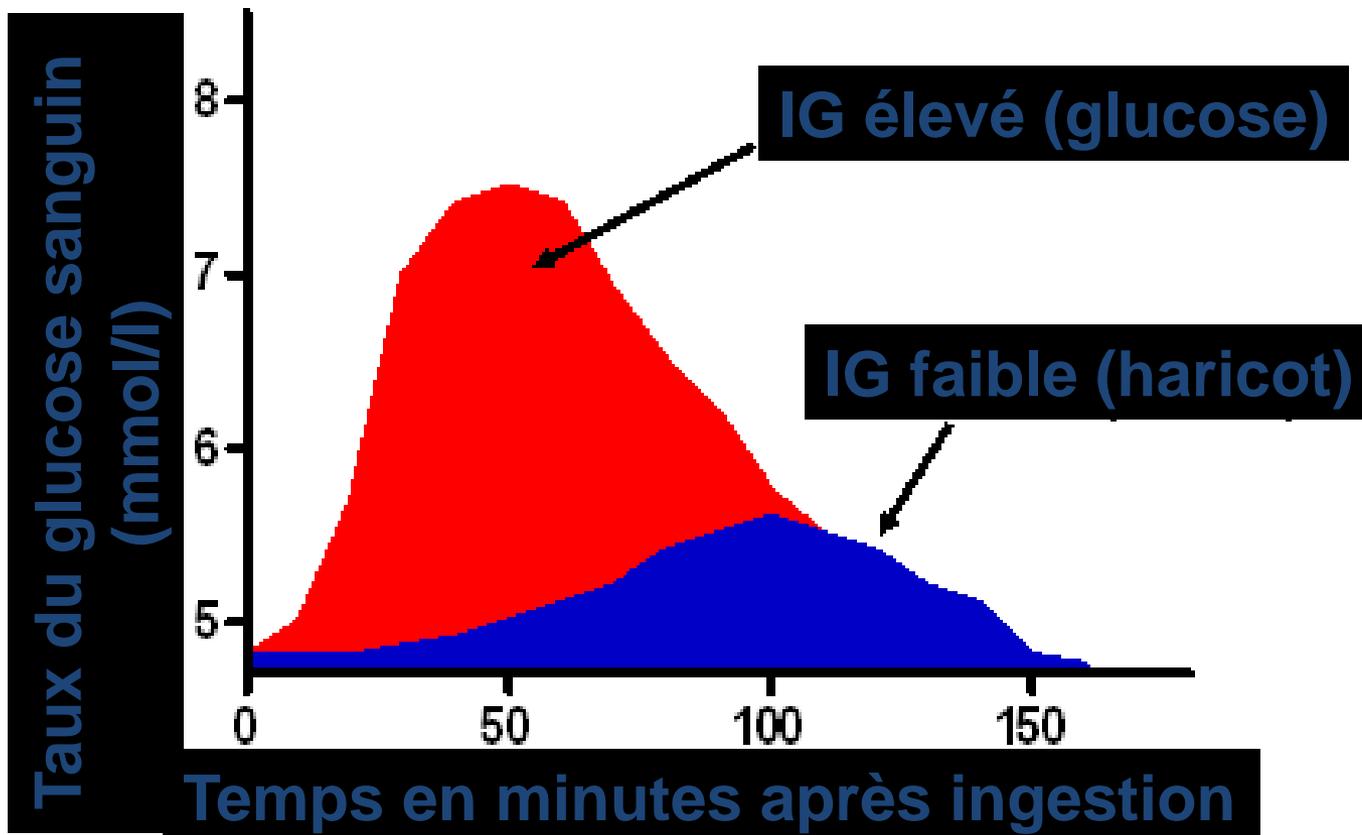


Indice glycémique des aliments

- Une valeur qui permet de comparer l'élévation de la glycémie suivant l'ingestion d'un aliment donné avec celle suivant l'ingestion d'une quantité comparable de glucides assimilable dans un aliment de référence (habituellement le sucre ou le pain blanc)
- Il sert à mesurer l'effet de l'ingestion d'un aliment sur le niveau de la glycémie
- Il est calculé en ingérant une quantité de 50 g de glucose et à intervalle réguliers pendant 2h qui suivent l'ingestion d'un aliment et tracer la courbe d'évolution de la glycémie post-prandial

Courbes de glycémie/ IG différents

Indice glycémique



Valeur de l'indice glycémique de certains aliments

Aliments	IG	Aliments	GI
Sucres concentrés		Fruits frais	
Fructose	19	Cerises	22
Lactose	46	Pêches	28
Miel	55	Pommes	34-39
Sucrose	68	Oranges	40-51
Glucose	100	Bananes	46-62
Céréales cuites		Produits laitiers	
Riz blanc	38-72	Lait écrémé	32
Riz brun	71	Lait entier	34
Pâtes		Yogourt	36
Semoule raffinée	32-50	Légumineuses cuites	
Blé entier	42	Lentilles	18-32
Légumes cuits: Pomme de terre		Pois chiches	31-36
au four ou bouillie	54-63	Arachides	13
en purée	67-73		
en purée instantanée	80-86		

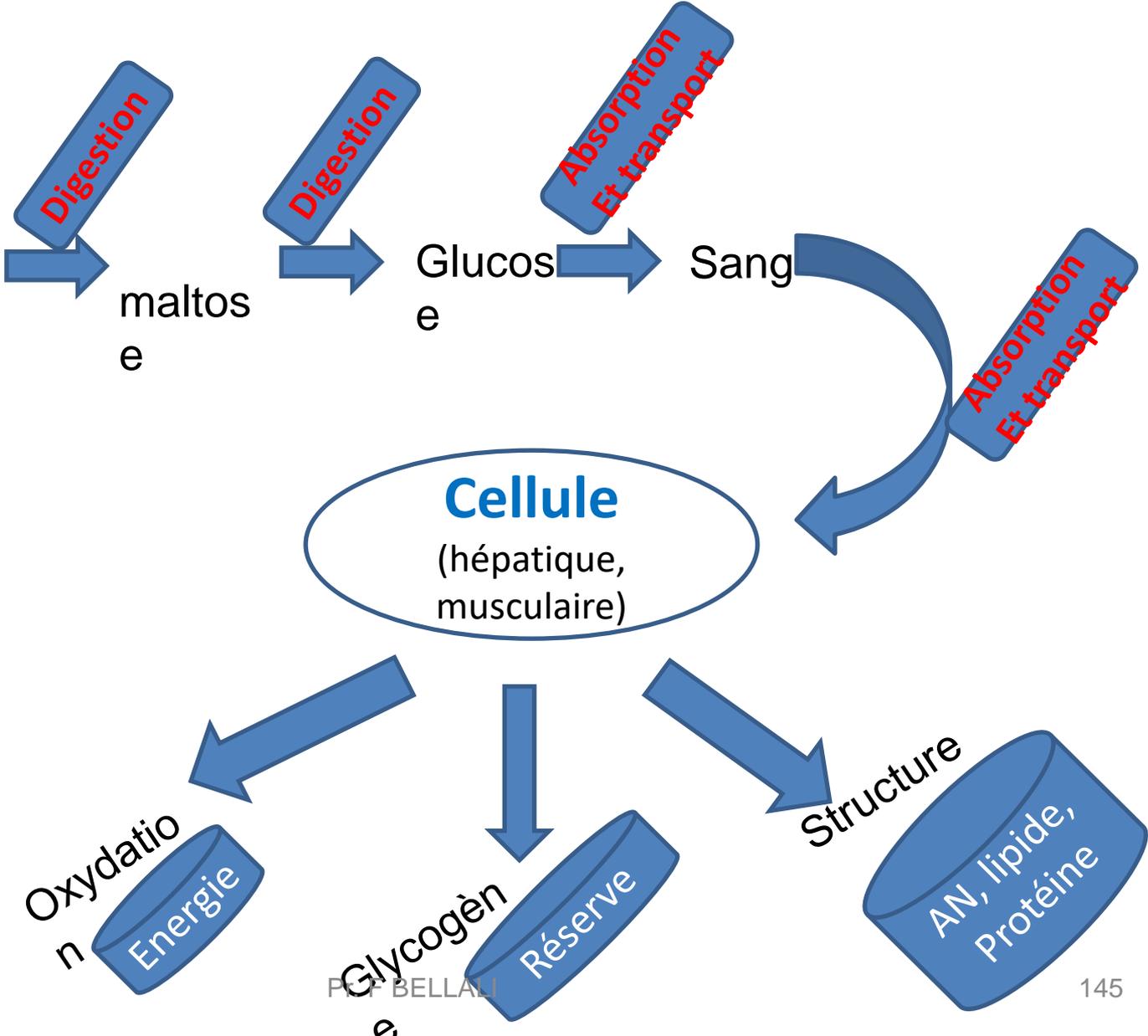
Indice glycémique et santé

- Avantages des aliments à faible IG:
 - Réduction du besoin de l'organisme en insuline → intérêt particulier pour les personnes diabétiques et insulino-résistants (obèses)
 - Réduction du risque de développer le diabète de type 2, et maladies cardiovasculaires
 - Un grand pouvoir de satiété → meilleur contrôle de poids
- un faible IG ne veut pas dire un faible apport énergétique, mais sont digérés et absorbés lentement

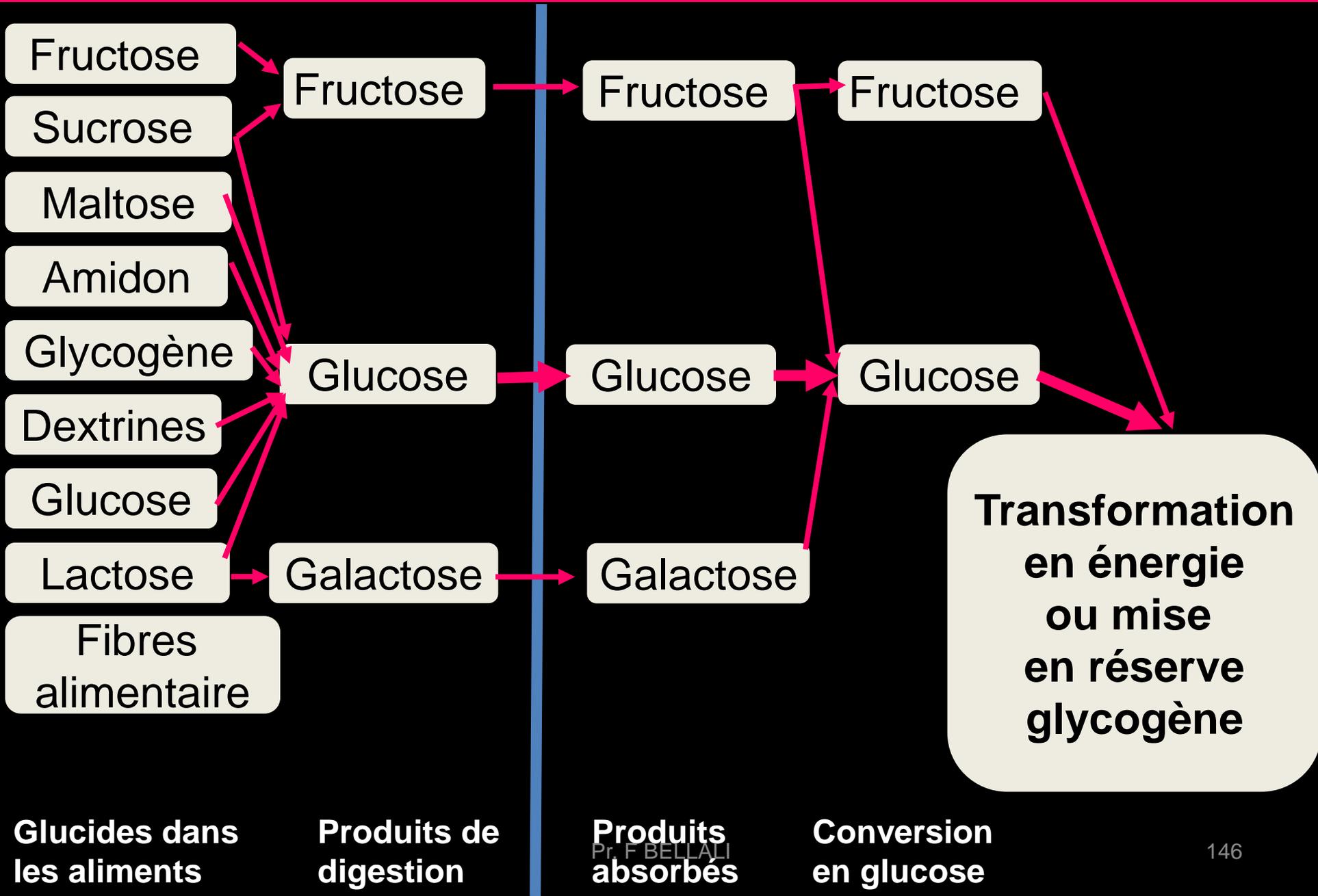
Glucides digestibles

- Les alcools du sucre:
 - Présent en forme naturelle dans les fruits
 - Absorption plus lente et incomplète que les autres sucres
 - Moindre incidence de caries
 - Sont utilisés pour l'élaboration de régimes alimentaires spéciaux tels que les bonbons et chewing-gum diététiques.

Glucides



Utilisation des glucides dans l'organisme



CHAPITRE III

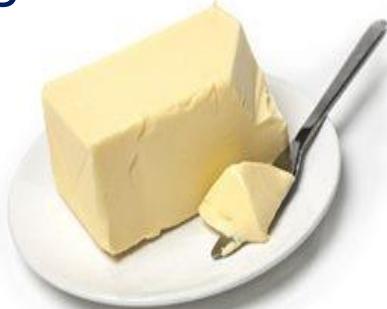
LIPIDES



I- RAPPELS

1. Définition

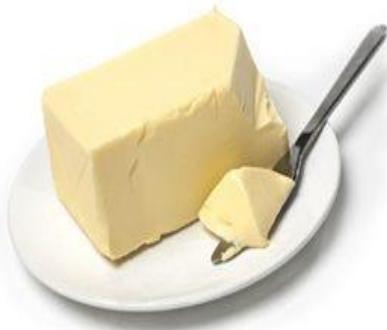
- Les lipides constituent la matière grasse des êtres vivants
- Composés principalement d'atomes de C, H, ils contiennent aussi les atomes d'O mais en faible proportion.
- C'est grâce à leur richesse en liens C-H que les lipides sont une bonne sources d'énergie
- 9 Kcal/ g de lipides (plus que le double que peut fournir les glucides ou les protéines)



I- RAPPELS

1. Définition

- Les lipides peuvent se présenter à l'état solide, comme dans les cires et les graisses, ou liquide, comme dans les huiles.
- Un groupe hétérogène de substances caractérisé par:
 - Insolubilité relative dans l'eau (hydrophobe)
 - Solubles en solvants



I- RAPPELS

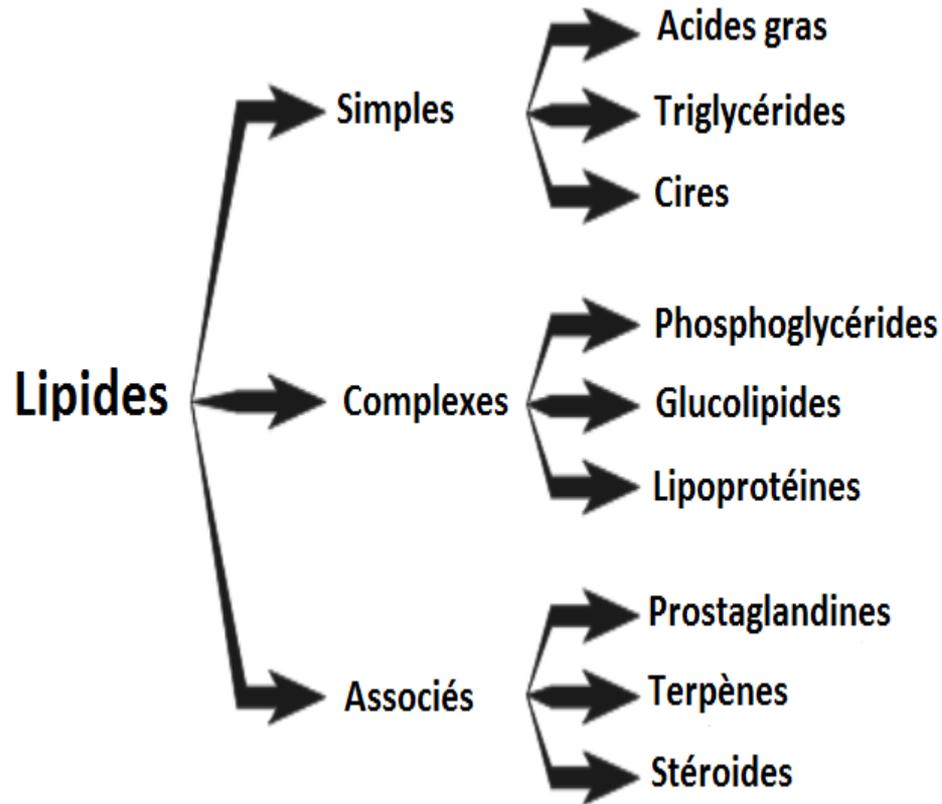
2. Classification

- Très difficile et variée
- Ils peuvent être classifiés de point de vue:
 - Chimique
 - Lipides simples
 - Lipides complexes
 - Physiologique
 - Lipides de réserve
 - Lipides cellulaires

I- RAPPELS

2. Classification

Classification chimique



I- RAPPELS

2. Classification

Classification physiologique

- **Lipides de dépôt**
 - Principalement des triglycérides;
 - Fonction nutritive et protectrice;
 - S'accumulent dans le tissus sous cutané et périrénal;
 - Leur métabolisme dépend de l'état nutritionnel de l'individu.

I- RAPPELS

2. Classification

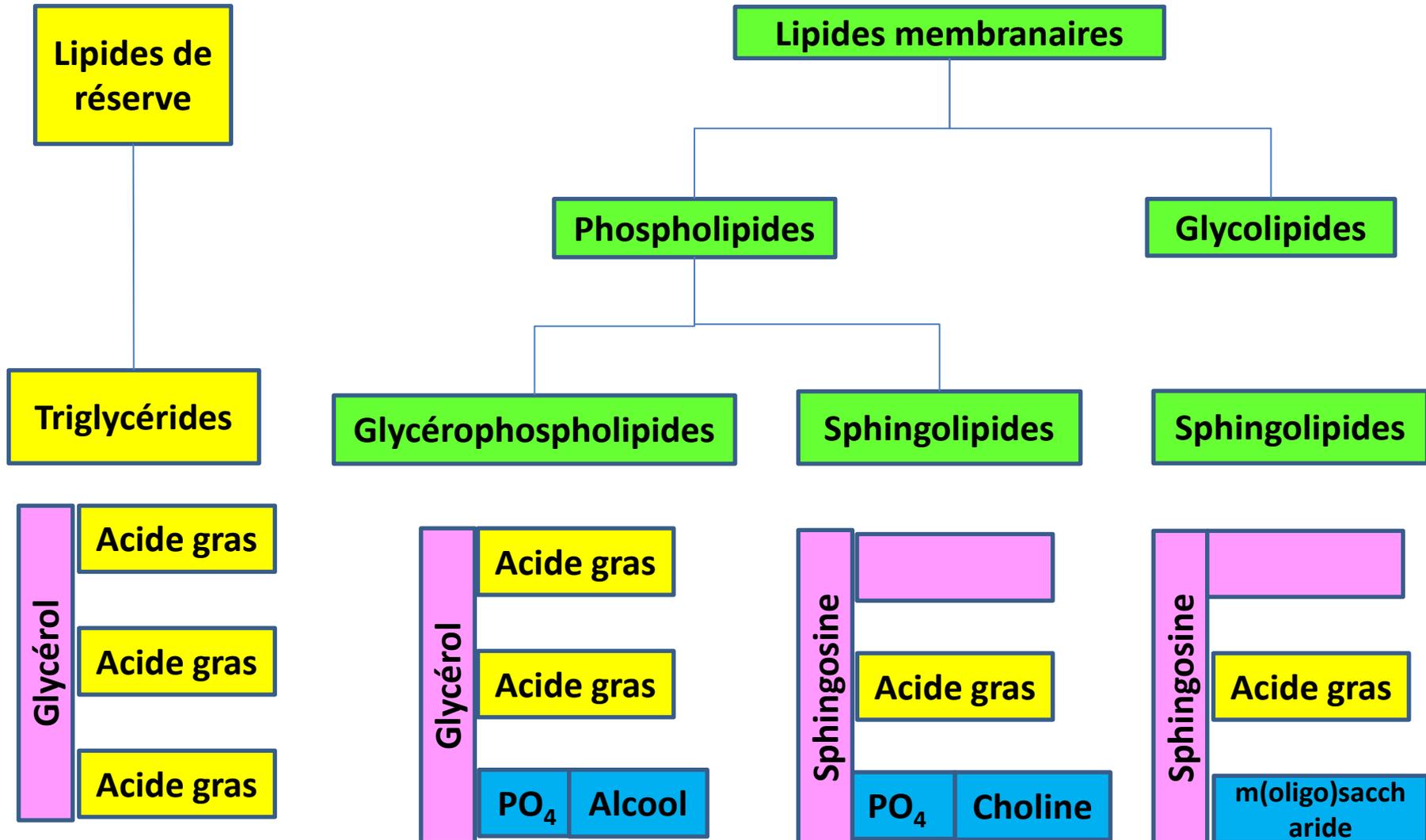
Classification physiologique

- **Lipides cellulaires**

- Forment partie des structures cellulaires (membranes):
 - Cholestérol
 - Phospholipides
 - Sphingomyélines
- Combinés en général avec les protéines (lipoprotéines).
- Ne sont pas modifié avec l'état nutritionnel de l'individu.

I- RAPPELS

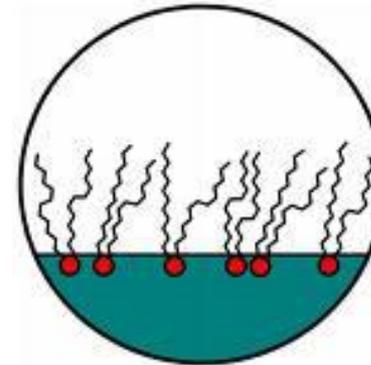
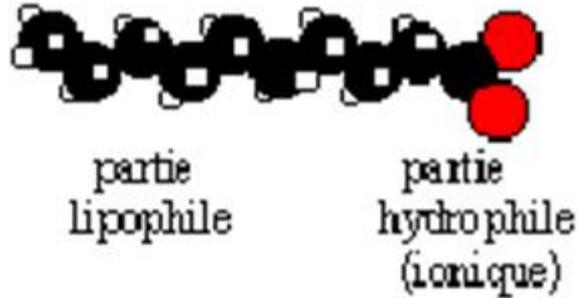
2. Classification



I- RAPPELS

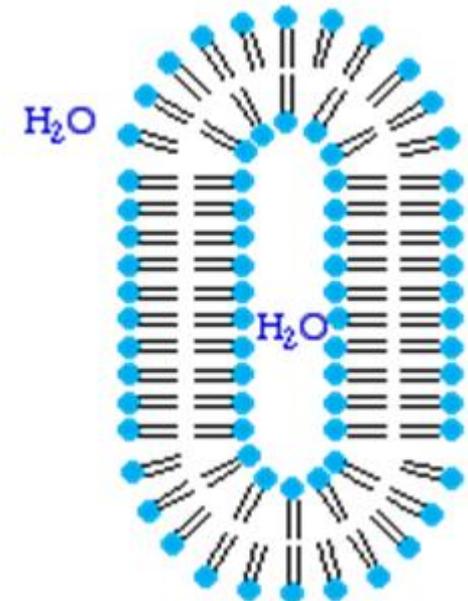
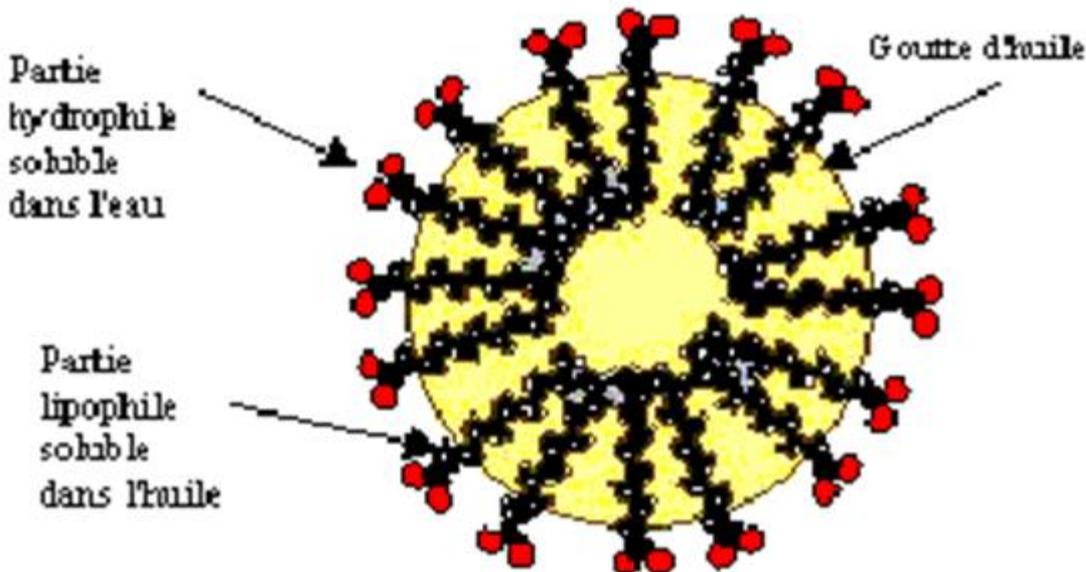
3. Comportement des lipides dans l'eau

Tensioactif :



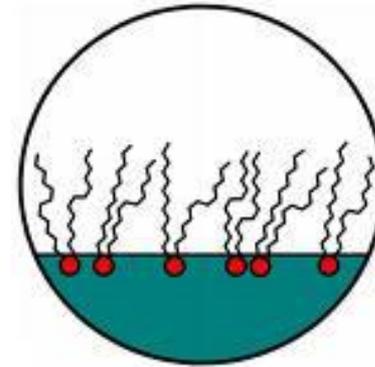
Formation de mono ou bicouche lipidique

Micelle :



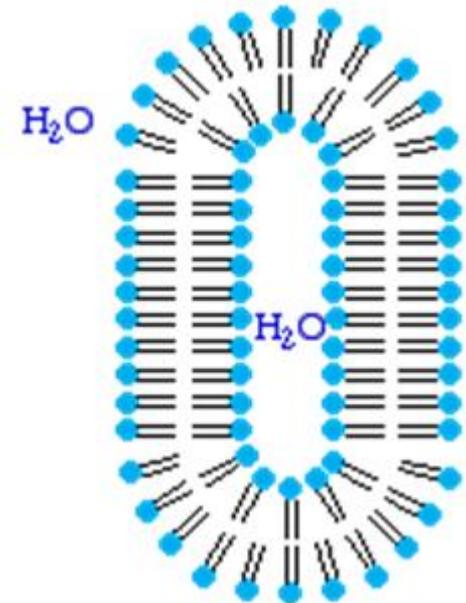
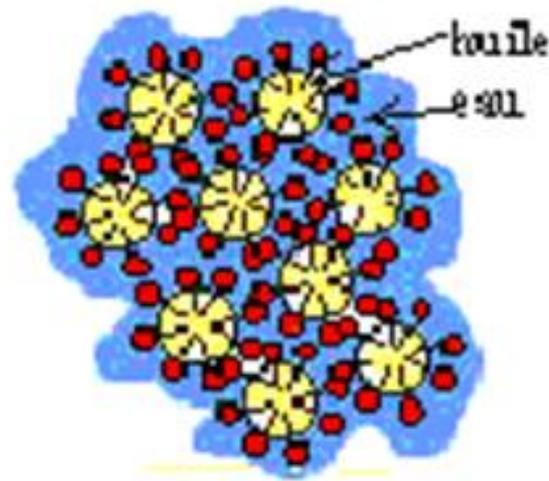
I- RAPPELS

3. Comportement des lipides dans l'eau



Formation de
mono ou bicouche
lipidique

Mayonnaise :



II- LES ACIDES GRAS

1. Enchainement

Les acides gras: la base des lipides

- L'unité de base de lipides est l'acide gras.
- Acide gras: chaîne d'atome de C plus ou moins longue (2-24) liés à des atomes d'H, se terminant par une fonction acide (-COOH)

II- LES ACIDES GRAS

1. Enchainement

Les acides gras: la base des lipides

Les acides gras se distinguent aussi par le nombre de doubles liaisons:

- **Acide gras saturé** (aucune double liaison)
- **Acide gras insaturé** (présence de doubles liaisons)
 - Acide gras monoinsaturé (une seule double liaison)
 - Acide gras polyinsaturé (deux ou plus doubles liaisons)

TYPES D'ACIDES GRAS (suivant le nombre de doubles liaisons)	
	Saturés (aucune double liaison)
	Monoinsaturés (1 double liaison)
	Polyinsaturés (> 1 double liaison)

II- LES ACIDES GRAS

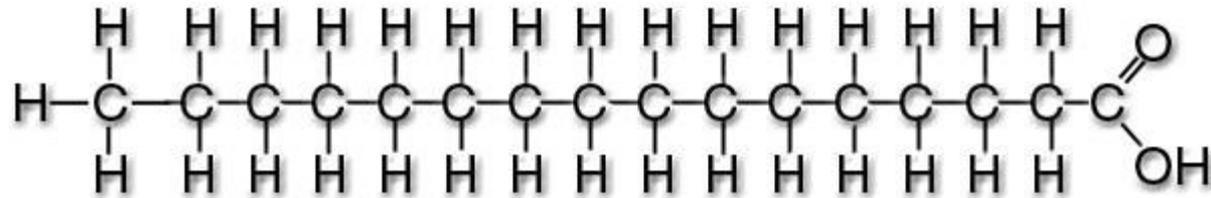
2. Prédominance

- Plus de 150 AG naturels (GC/MS), mais certains prédominent nettement:

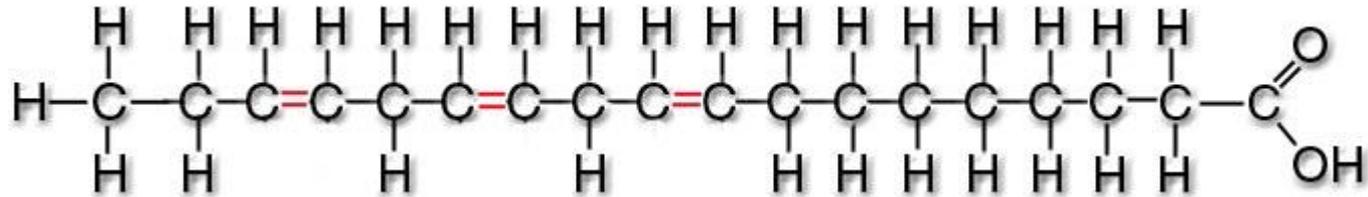
palmitate	C ₁₆	CH ₃ -(CH ₂) ₁₄ -COOH
stéarate	C ₁₈	CH ₃ -(CH ₂) ₁₆ -COOH
oléate	C ₁₈	CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH
linoléate	C ₁₈	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH

II- LES ACIDES GRAS

2. Prédominance



Acide gras saturé: Acide palmitique **C16:0**



Acide gras polyinsaturé: Acide linoléique **C18:3, w-3**

II- LES ACIDES GRAS

3. Proportions

- La proportion des AG dans le corps alimentaires peut varier beaucoup.
- Les huiles: AG insaturés, liquides (sous forme « cis »);
- Les graisses : AG saturés, point de fusion élevé
- les AG distillés : riche en AG à chaîne longue
- Le fractionnement des AG peut présenter deux aspects :
 - Séparation des AG à chaîne longue
 - Séparation des AG insaturés

II- LES ACIDES GRAS

4. Propriétés physicochimiques

Point de fusion

- Point de fusion: température à laquelle un solide passe à l'état liquide lorsqu'on soumet l'action de la chaleur
- À une température ambiante et dépendant du point de fusion peuvent être:
 - Solides (graisses "animales")
 - Liquides (huiles "végétales")

II- LES ACIDES GRAS

4. Propriétés physicochimiques

Point de fusion

- Les lipides d'origine végétale: les huiles ont un point de fusion bas
 - Généralement contiennent des acides gras insaturés
- Les lipides d'origine animale: les graisses ont un point de fusion plus élevé
 - Généralement des acides gras saturés
- Les lipides provenant des poissons ont un point de fusion assez bas
 - Dû à son nombre élevé d'acides gras polyinsaturés

II- LES ACIDES GRAS

4. Propriétés physicochimiques

Point de fusion

- Le degré d'insaturation de l'acide gras.
 - Plus il y a de doubles liaisons, plus le point de fusion est bas (liquide à température ambiante).
- De la longueur de la chaîne.
 - Plus la chaîne de carbone est longue, plus le point de fusion est élevé (solides à température ambiante)

II- LES ACIDES GRAS

4. Propriétés physicochimiques

Point de fusion

- T° de fusion augmente avec la longueur de la chaîne hydrocarbonée
- T° diminue avec le nombre de doubles liaisons : plus grande pour la forme « cis ».
- Hydrogénation catalytique durcit les corps gras : méthode utilisée dans l'industrie alimentaire pour transformer les huiles végétales en graisse (margarine)

II- LES ACIDES GRAS

4. Propriétés physicochimiques

Point de fusion

Points de fusion de certains acides gras

Ac. Gras	Nombre de C	Nombre de doubles liaisons	Point de fusion
A. Laurique	12	0	44
A. Palmitique	16	0	63
A. Stéarique	18	0	70
A. Oléique	18	1	13
A. Linoléique	18	2	-5
A. Linoléinique	18	3	-11

Point de fusion: température à laquelle un solide passe à l'état liquide lorsqu'on soumet l'action de la chaleur

II- LES ACIDES GRAS

4. Propriétés physicochimiques

Structure

- La structure est :
 - polaire → carboxyle
 - apolaire → chaîne hydrocarbonée
- L'augmentation du nombre de carbones :
 - ↙ Hydrophobie ↗
 - ↘ Dissociation du COOH ↗
- L'AG à courte chaîne (C4 à C10): volatils/soluble dans l'eau/lait de ruminants et certaines huiles végétales.

II- LES ACIDES GRAS

4. Propriétés physicochimiques

Configuration

- Les AG saturés : forme linéaire (pas sur dans matière vivante), rotation possible autour des liaisons simples.
- Les AG insaturés :
 - structure rigide
 - doubles liaisons en position Cis
 - forme trans est rare
 - doubles liaisons Cis s'isomérise en Trans par chauffage → rancissement des MG (mauvais goût aux lipides)

II- LES ACIDES GRAS

4. Propriétés physicochimiques

Solubilité

- Les AG à courte chaînes sont soluble dans l'eau
- ↗ chaîne carbonée → soluble dans les solvants organiques (éther, acétone....)
- la solubilité des AG insaturés > AG saturés

II- LES ACIDES INSATURÉS

1. Position de la liaison

- La position de la double liaison est numérotée à partir du :
 - carboxyle : exemple acide linoléique $C_{18:2}\Delta^{9,12}$
 - méthyle : exemple acide linoléique $C_{18:2}\omega^{6,9}$
- Tous les AG qui ont comme l'acide linoléique une première double liaison au 6e carbone en partant du groupement méthyle, font partie de la famille $\omega 6$.

II- LES ACIDES INSATURÉS

1. Position de la liaison

Acides gras importants dans l'organisme

Prédominant

Nom	Formule	Rôle dans l'organisme	Sources alimentaires
Acide oléique C18 : 1 n-9	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$	53 % du tissu adipeux	Huile d'olive, toutes les huiles comestibles
Acide arachidonique C20 : 4 n-6	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}=\text{CH} - \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}=\text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}=\text{CH} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH} \end{array}$	Précurseur des prostaglandines, des leucotriènes, thromboxane et prostacylines	Exclusivement dans les produits animaux: viandes de bœuf, œuf, hareng, poulet...
Acide linoléique C18 : 2 n-6	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}=\text{CH} - \text{CH}_2 \\ \\ \text{HOOC} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}=\text{CH} \end{array}$	Constituant des phospholipides	Huiles de lin, de tournesol, de maïs, de soja, de pépin de raisin. Blé, noix

II- LES ACIDES INSATURÉS

1. Position de la liaison

- Les doubles liaisons son de type :
 - « malonique » : $-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-$
 - « conjuguée »: $-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-$ (en quantité faible, plus réactifs, forte absorption à 230nm)
- Acide linoléique conjugués : effets anti-cancérigène, anabolisant, antiathérogène, immun-modulants, antioxydants.
- Acide érucique :
 - acide long mono-insaturé
 - toxique (pathologie du myocarde)
 - huiles de crucifères

II- LES ACIDES INSATURÉS

2. Essentialité

Acides gras essentiels

- Sont les acides gras que l'organisme n'est pas capable de synthétiser et dont l'apport exogène par l'alimentation est indispensable
- Caractéristique commune: Acides gras insaturés
- 2 grandes familles d'acides gras essentiels:
 - W-6: la première double liaison entre les deux carbones 6 et 7. Ex: acide linoléique [C18:2 ; -6])
 - W-3: la première double liaison entre les carbones 3 et 4 tel que l'acide linoléique [C18:3 ; -3]

II- LES ACIDES INSATURÉS

2. Essentialité

Précurseurs des AG essentiels

- 2 précurseurs essentiels:

Acide linoléique: (18:2 n-6)

Acide α -linoléique (18:3 n-3)

• Ni l'homme ni l'animal n'est capable de les synthétiser, mais l'un et l'autre peuvent ajouter à ces deux acides gras indispensables des doubles liaisons supplémentaires, vers l'extrémité carboxyle, et allonger la chaîne de carbones à cette extrémité.

• L'ensemble des dérivés obtenus, ajoutés à ces deux acides gras indispensables précurseurs, constitue les deux familles d'acides gras essentiels.

II- LES ACIDES INSATURÉS

2. Essentialité

La famille des oméga-3

- L'acide linoléique est le précurseur de la famille des oméga-3. Grâce à des enzymes, l'acide linoléique va être transformé: en acide eicosapentaénoïque (EPA), lui même précurseur de deux groupes de molécules :

Eicosanoïdes série 3
(p.ex. les prostaglandines):

- anti-inflammatoire
- anti-allergique
- protection des artères et du cœur.

Acide docosahexanoïque (DHA):

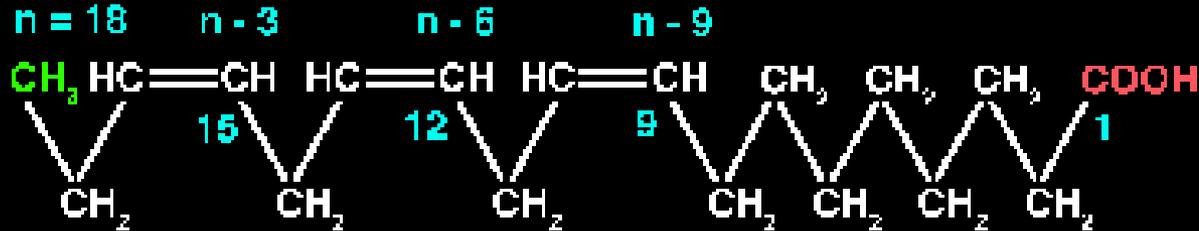
- Intégrité des fonctions cérébrales
- Formation des spermatozoïdes
- Développement du cerveau et de la rétine

II- LES ACIDES INSATURÉS

2. Essentialité

La famille des oméga-3

Structure de l'acide linoléique



Acide linoléique

18:3 (n-3 n-6 n-9)

II- LES ACIDES INSATURÉS

2. Essentialité

La famille des oméga-6

- Acide linoléique: précurseur de la famille des W-6.
- Sous l'action d'enzymes, il est transformé en acide γ -linolénique (AGL)
- Le AGL est lui-même précurseur de l'acide dihomo- γ -linolénique (DGLA), constituant très important des phospholipides de la membrane cellulaire, et acide gras à son tour précurseur :

Eicosanoïdes de série 1:
anti-inflammatoire,
stimulation du système
immunitaire
Protection des artères et
du cœur.

Acide arachidonique,
précurseur des
eicosanoïdes de série 2,
qui sont des médiateurs de
réactions allergiques

II- LES ACIDES INSATURÉS

2. Essentialité

Rôles des AG essentiels

- Ils contribuent à l'intégrité structurale et fonctionnelle des membranes cellulaires.
- Par leur action sur l'expression des gènes, ils tendent à abaisser les taux du cholestérol et triglycérides dans le sang en réduisant la synthèse des lipides dans l'organisme
- Essentiels au développement des systèmes nerveux et reproducteur
- Interviennent dans le mécanisme de la vision
- Composition des sphingolipides: intégrité de la peau et régulation de l'activité cellulaire
- Précurseurs des éicosanoïdes (dont les prostaglandines)

II- LES ACIDES INSATURÉS

2. Essentialité

Acides gras de conformation trans

- Les acides gras trans sont des acides gras polyinsaturés formés artificiellement lors d'un processus industriel appelé hydrogénation.
- L'hydrogénation implique la transformation d'une huile liquide en graisse solide → facilité d'emballage industriel.
- Ce type d'acides gras provient de la transformation des acides gras insaturés pour obtenir des points de fusion plus élevés.

II- LES ACIDES INSATURÉS

2. Essentialité

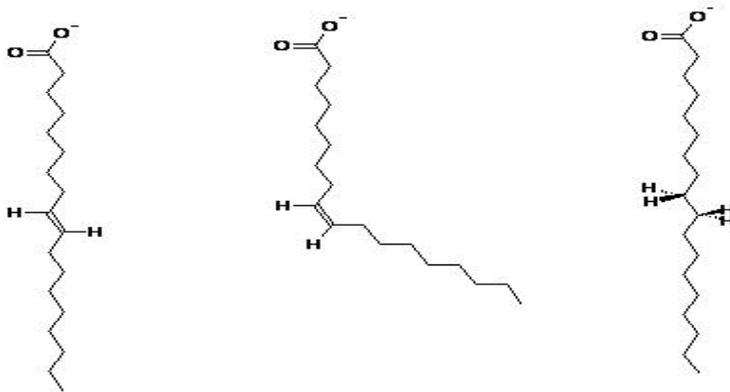
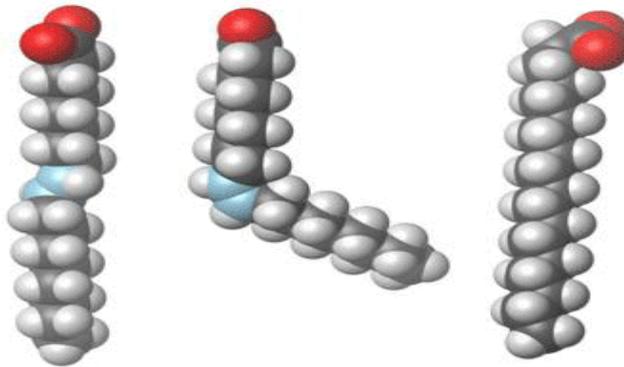
Acides gras de conformation *trans*

Acides gras *trans*

- 1- Ac élaidique: AGI *trans*
- 2- Ac Oléique: AGMI *cis*
- 3- Ac Stéarique: AGS

Les acides gras *trans* se retrouvent dans :

- les margarines partiellement ou entièrement hydrogénées;
- les biscuits et desserts commerciaux,
- les produits de boulangeries du supermarché;
- les frites surgelé



1

2

3

II- LES ACIDES INSATURÉS

2. Essentialité

Acides gras de conformation trans

- De nos jours, il est démontré que les acides gras trans peuvent avoir des effets néfastes sur la santé, en plusieurs sens:
 - Une augmentation des niveaux du cholestérol plasmatique (même effet que les AGS);
 - Un blocage de l'utilisation des acides gras essentiels (cis), comme il se produit dans le cas de la transformation de l'acide linoléique en acide arachidonique;
 - Bien qu'ils peuvent être dégradés, il semble qu'ils s'accumulent dans les membranes cellulaires, particulièrement dans les tissus cardiaque et hépatique.

II- LES ACIDES INSATURÉS

3. Indice d'iode

- C'est une application analytique de la fixation d'halogène sur la double liaison.
- Plus il est élevé, plus le nombre d'AG insaturés est grand.

II- LES ACIDES INSATURÉS

4. Lipides de poisson

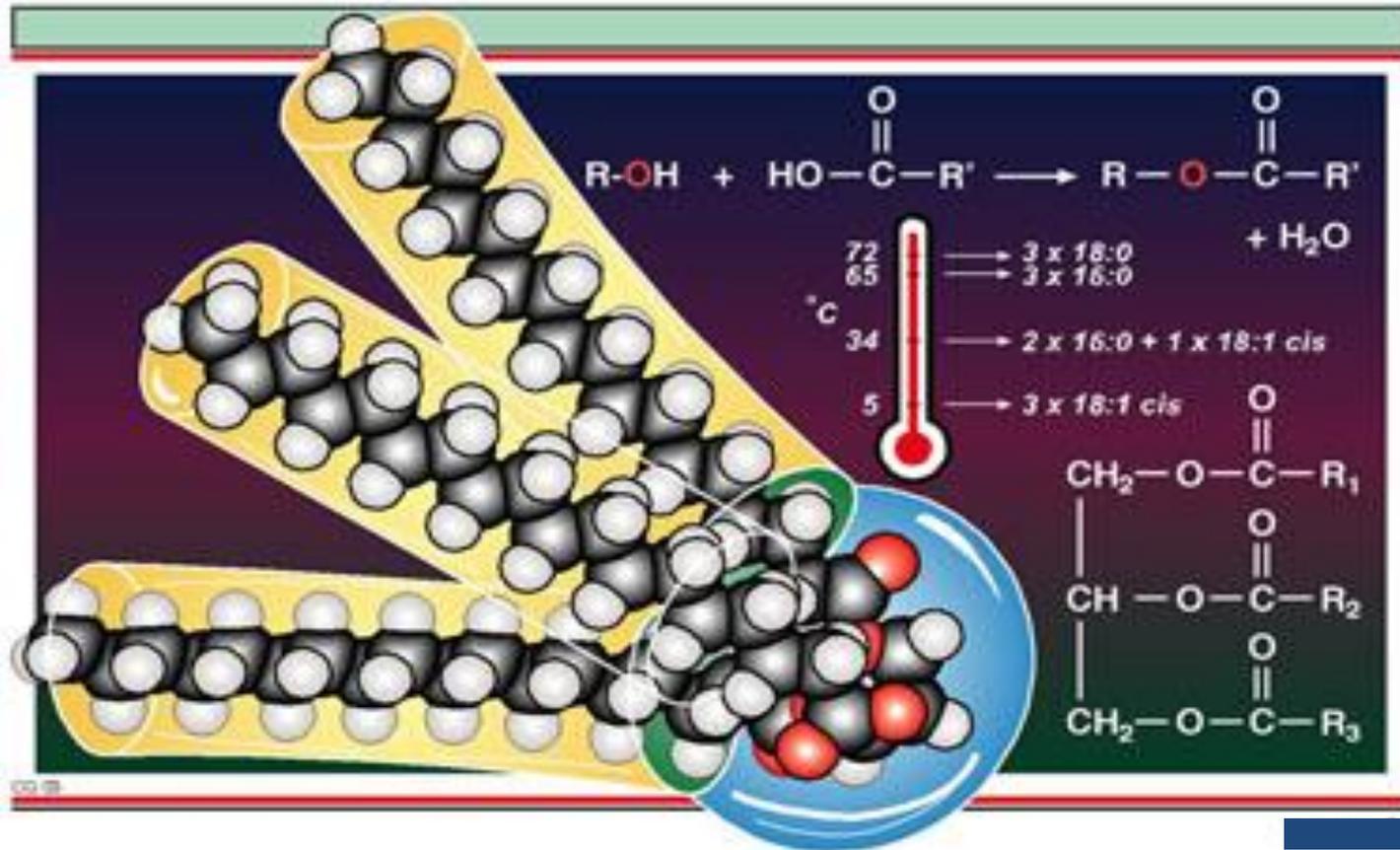
- Composition particulière en AG: AG polyinsaturés à longue chaîne
 → acide eicosapentanoïque, acide clupanodonique



- Abaisse de cholestérol et triglycéride sanguins

I- LIPIDES SIMPLES

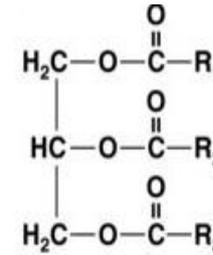
1. Triglycérides



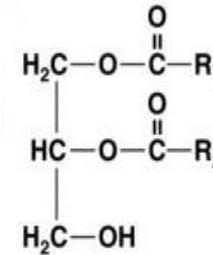
I- LIPIDES SIMPLES

1. Triglycérides

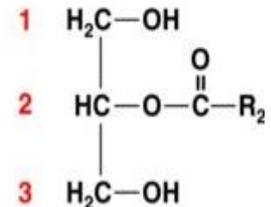
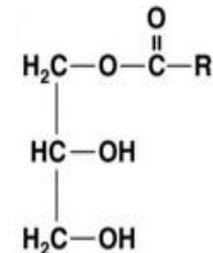
- Peu d'acides gras existent sous forme libres dans la nature
- Constituants majeurs des AG alimentaires
- Un grand nombre se trouvent lié au glycérol
 - Glycérol + 1 Ac. Gras → Monoglycérol (Monoglycéride)
 - Glycérol + 2 Ac. Gras → Diglycérol (Diglycéride)
 - Glycérol + 3 Ac. Gras → Triglycérol (Triglycéride)



Triglycéride



Diglycéride



Monoglycéride

I- LIPIDES SIMPLES

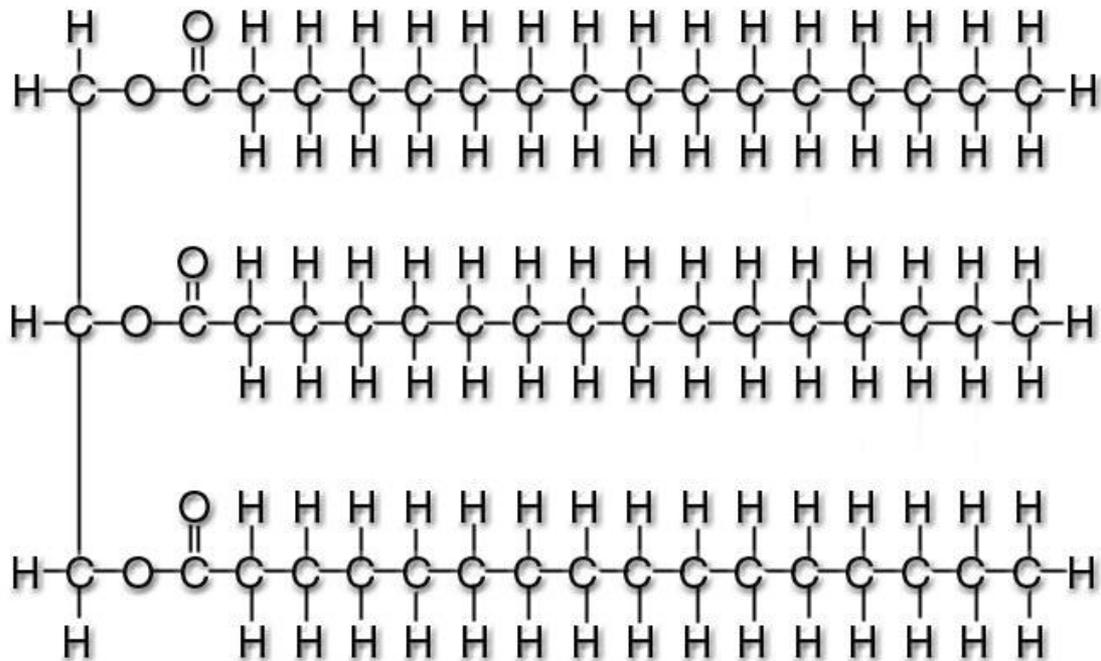
1. Triglycérides

- Les triglycérides:
 - constituent la quasi-totalité des graisses et des huiles contenus dans les aliments et dans l'organisme
 - Correspondent à plus de 95% des lipides dans le régime alimentaire et dans l'organisme

I- LIPIDES SIMPLES

1. Triglycérides

Formule chimique du triglycéride



Triaglycérol (graisse)

Les trois acides gras peuvent être identiques mais dans la plupart des cas ces trois acides sont différents

I- LIPIDES SIMPLES

1. Triglycérides

Caractéristiques physico-chimiques des triglycérides

- Les triglycérides stockés sont néoformés (ne sont pas les mêmes qui sont ingérés)
- L'organisme dispose de certains mécanismes biochimiques qui permettent:
 - élongation de la chaîne carbonée
 - Saturation des acides gras.

I- LIPIDES SIMPLES

1. Triglycérides

Rôle des triglycérides

- Fonction principale: **stockage de l'énergie dans le corps**
- L'énergie peut être stockée principalement sous forme de triglycérides ou de glycogène.
 - Glycogène = forme rapide d'obtention de l'énergie
 - Triglycérides = forme efficace de stockage d'énergie (plus d'énergie stockée par unité de surface)
- Ceci est dû à trois faits
 - Grand potentiel énergétique des graisses (9 kcal/g)
 - Le glycogène se empaqueta de façon moins dense que les triglycérides.
 - Le glycogène exige la présence d'une certaine quantité d'eau pour sa stabilité ce qui occupe de la place sans produire d'énergie

I- LIPIDES SIMPLES

1. Triglycérides

Rôle des triglycérides

- Précurseurs d'autres lipides comme le cholestérol ou les phospholipides
- Servent de structure de protection contre les agressions physiques externes pour certains organes (cœur, rein, épiderme, glandes mammaires)
- Isolant thermique (froid ou chaleur)
- La grande masse des triglycérides se localise dans le tissu adipeux, occupant 99% du volume de l'adipocyte
- Ils se localisent en forme de petites accumulations de graisse intracellulaire dans les hépatocytes et les fibres musculaires → utilisation rapide au cours du métabolisme énergétique

I- LIPIDES SIMPLES

1. Triglycérides

Les réactions de la liaison ester

Saponification \longrightarrow R-CO-Na

Alcoolisation \longrightarrow R-CO-OR'

Transestérification \longrightarrow réarrangement
des acyl et alkyl

I- LIPIDES SIMPLES

1. Cérides

- Ce sont des esters d'acides gras et d'alcool à longue chaîne
- Ils constituent les cires et ont un rôle protecteur
- On les trouve dans tous les règnes:
 - Pour les animaux :
 - cire d'abeilles (composition complexe)
 - blanc de baleine (cire presque pure, dont 90% palmitate de cetylé)

I- LIPIDES SIMPLES

1. Cérides

- Ce sont des esters d'acides gras et d'alcool à longue chaîne
- Ils constituent les cires et ont un rôle protecteur
- On les trouve dans tous les règnes:
 - **Pour les végétaux** : les cires qui recouvrent les feuilles de fruits
exp: palmitate de cétyle, stéarate de stéaryle...

I- LIPIDES SIMPLES

1. Cérides

- Ce sont des esters d'acides gras et d'alcool à° longue chaîne
- Ils constituent les cires et ont un rôle protecteur
- On les trouve dans tous les règnes:
 - **Dans les bactéries** : elle apporte des propriétés particulière
toxique : *cord factor*
 - acido-résistance: *Mycobacterium tuberculosis*
 -

I- LIPIDES SIMPLES

1. Stérides

- Ce sont des composés polycycliques complexes.
- Stérane + alcool
- Groupe alcool → action vitaminique
- Groupe cétone → action hormonale
- Cholestérol : →
 - produit dans le foie (précurseur d'hormone et de la vitamine D)
 - provient de l'alimentation tels, le jaune d'œuf, le beurre. Le foie et les abats, les produits laitiers « entiers » et la viande

II- LIPIDES COMPLEXES

Phospholipides

Glucosides

Isoprenoïdes

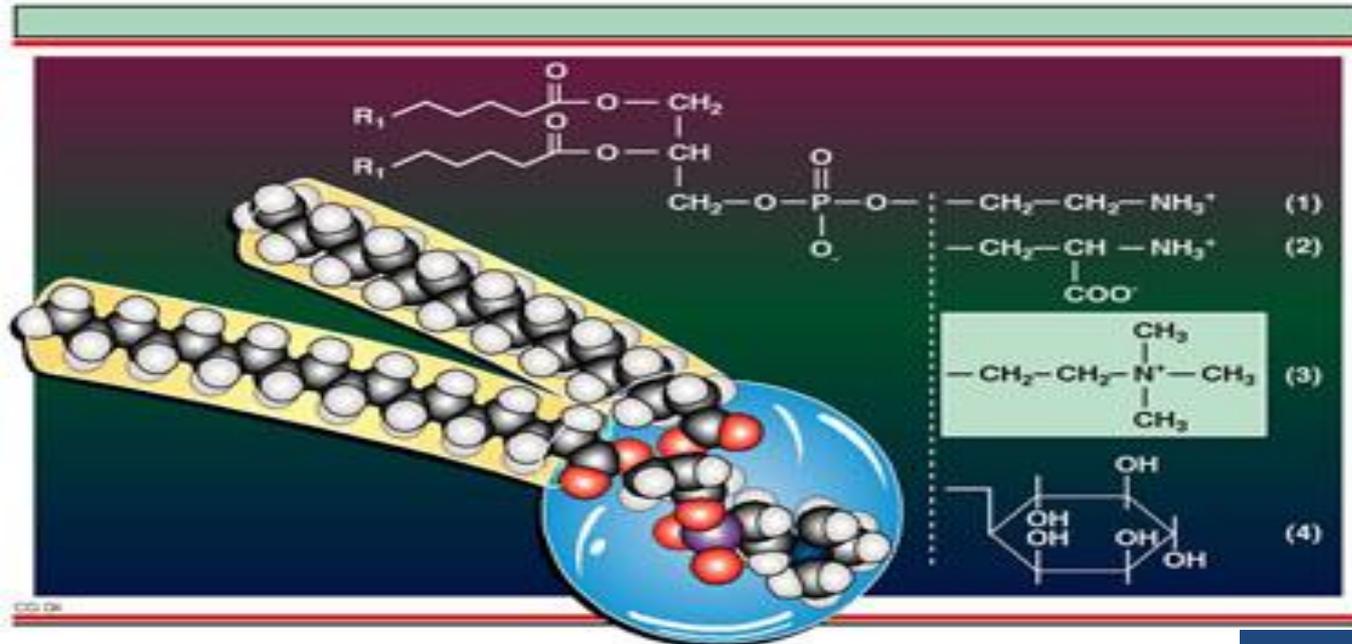
II- LIPIDES COMPLEXES

1. Phospholipides

- Sont des lipides cellulaires
- La grande partie des phospholipides sont dérivés de l'acide phosphatidique.
- Les phospholipides sont:
 - Un glycérol trois fois estérifié, deux fois avec un acide gras, la troisième fonction alcool
 - L'alcool forme avec l'acide phosphorique un ester phosphorique.
 - Ester phosphorique est estérifié une seconde fois avec des alcools inférieurs
 - Dépendant du type de l'alcool → un phospholipide différent

II- LIPIDES COMPLEXES

1. Phospholipides



Structure des phospholipides

L'alcool peut être:

- 1- 2-amino-éthanol
- 2- sérine
- 3- choline
- 4- inositol

la structure du phospholipide donne lieu à une tête polaire (en bleu) et à une queue apolaire (en jaune)

II- LIPIDES COMPLEXES

1. Phospholipides

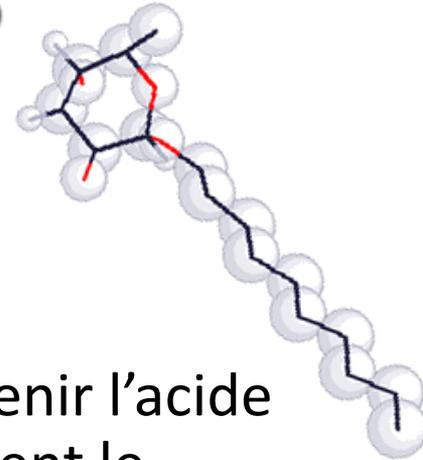
- Les **lécithines** ou phosphatidylcholine, abondantes dans le tissu cérébral.
- Les **céphalines**: abondants dans le tissu cérébral et sont des constituants fondamentaux de la thromboplastine, une lipoprotéine nécessaire dans le processus de la coagulation du sang.
- Les **inositol-phosphatides** ou phosphatidyl-inositol, caractérisés par la présence d'une molécule d'inositol estérifiée de l'acide phosphorique.
- Les **sphingomyélines**, qui forme partie de la myéline des fibres nerveuses

Phosphoacylglycérols

II- LIPIDES COMPLEXES

2. Glucosides

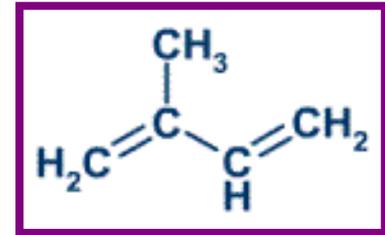
- Glucosides ou cérébrosides
- Se différencie des phospholipides de ne pas contenir l'acide phosphorique, sinon un glucide normal, normalement le galactose. Ils sont composés de:
 - Sphingosine
 - Galactose
 - un acide gras de 24 atomes de carbones (lignocérique ou cérébronique).
- Constituent 1,8% du tissu cérébral.



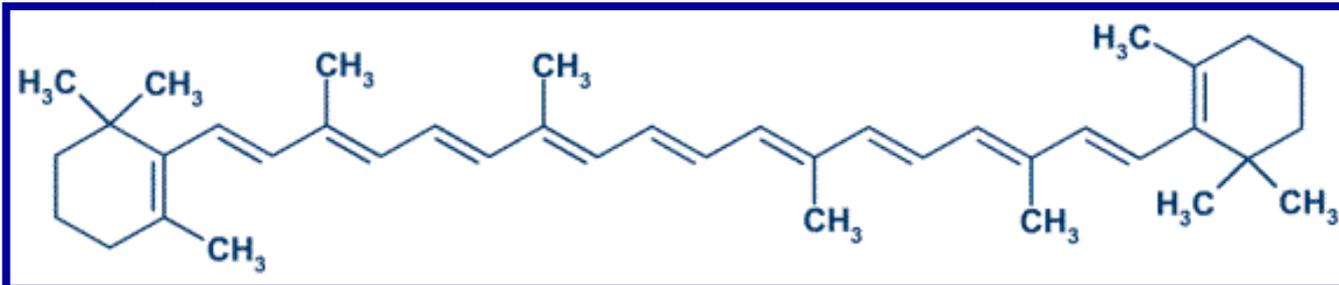
II- LIPIDES COMPLEXES

3. Isoprenoïdes

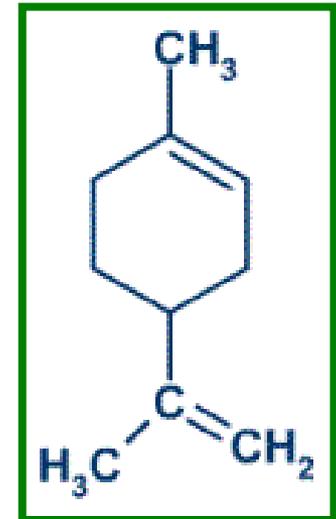
- Substances dérivées d'isoprène (métylbutène) unité basique de 5 carbones capable, dont l'union de différentes unités donne lieu à un terpène différent.
- **Terpènes**: formés de 2 à 6 unités d'isoprène, molécules habituellement volatiles qui forment partie des acides essentiels des végétaux. Exemple: limonine
- **Caroténoïdes**: formés 8 isoprènes d'origine, exemple bêta-carotène



Isoprenoïde



Béta-carotène

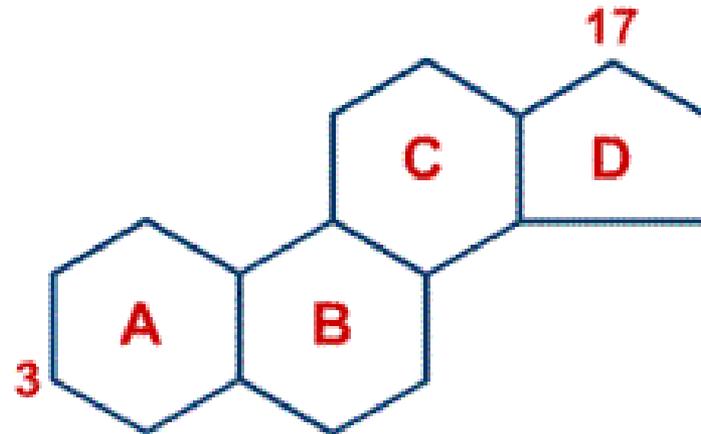


Limonine

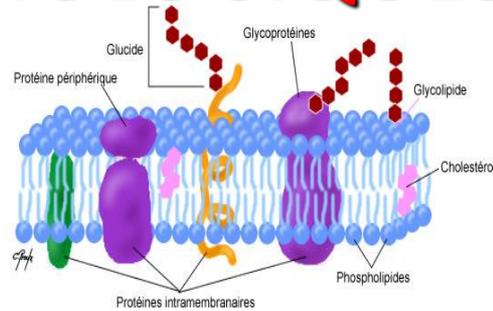
II- LIPIDES COMPLEXES

3. Isoprenoïdes

- Stéroïdes: triterpenoïdes, caractérisé par un *noyau cyclopentanophénanthrénique* hydrophobe:
 - Cholestérol
 - Acides biliaires
 - Corticostéroïdes
 - Oestrogènes
 - Progestérone
 - Androgènes

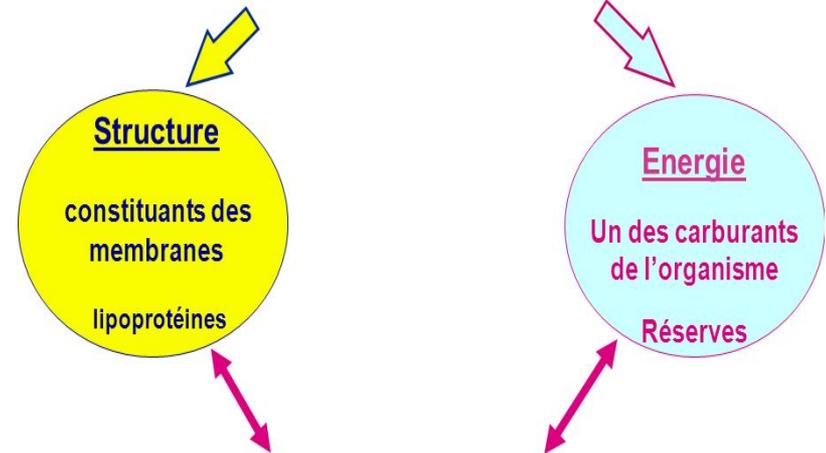


III- FONCTIONS BIOLOGIQUES DES LIPIDES



- Réserves d'énergie
- Élément de structure membranaire
- Isolant : Revêtement des feuilles et plumes
- fonctions diverses :
 - Précurseurs d'hormones (stéroïdes)
 - Précurseurs de vitamines
 - Messagers
- métaboliques
 - Antioxydants

rôles : 2 grandes fonctions



+ Autres rôles biologiques spécifiques:

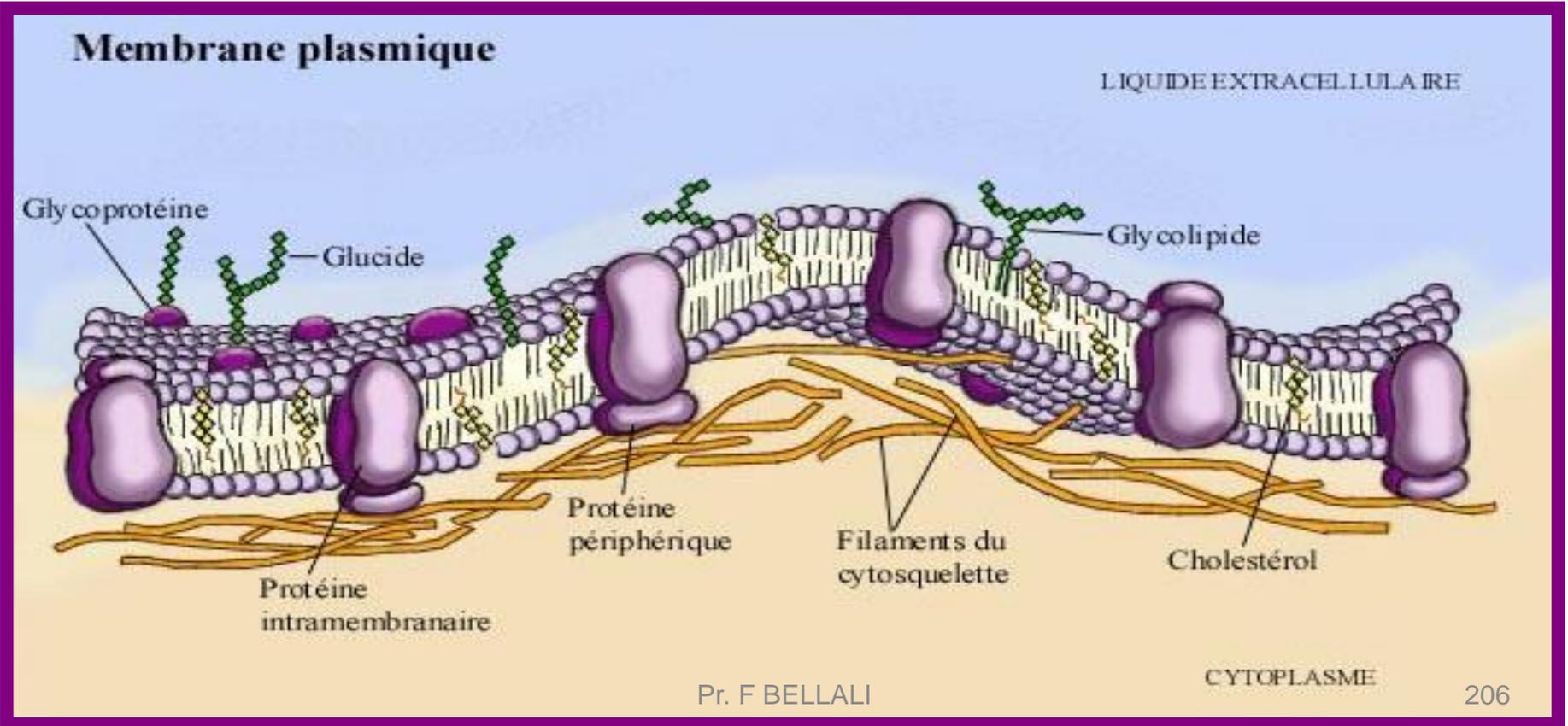
Médiateurs, hormones, vitamines, coenzymes, émulsifiants, transporteurs d'électrons

III- FONCTIONS BIOLOGIQUES DES LIPIDES

- Construire la structure lipidique de toutes les membranes cellulaires, aussi bien dans l'extérieur que dans le cytosol
- La structure chimique actuellement admise de la membrane cellulaire (mosaïque fluide) serait une matrice lipidique semi-liquide dans laquelle se trouve différentes protéines de la membrane.
- La matrice lipidique consiste en une double couche de phospholipides distribués de manière à ce que les groupes polaires s'orientent vers les milieux aqueux extra et intracellulaires, dirigeant les groupes apolaires à l'intérieur de la membrane. Le cholestérol est inséré à l'intérieur de la bicouche lipidique

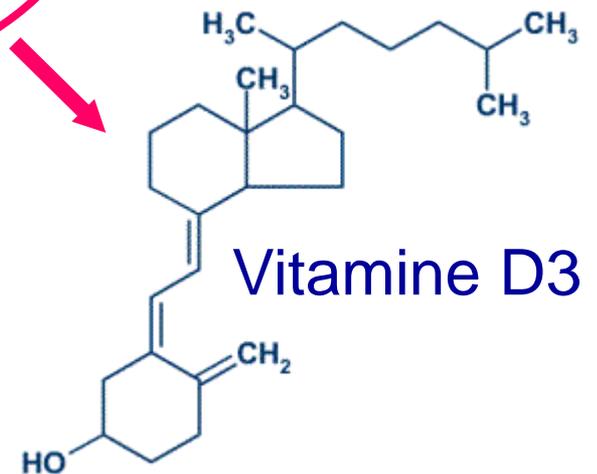
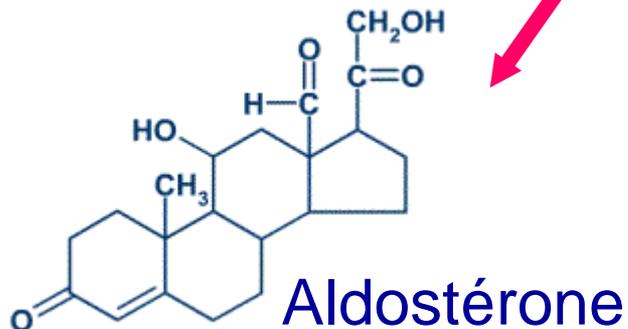
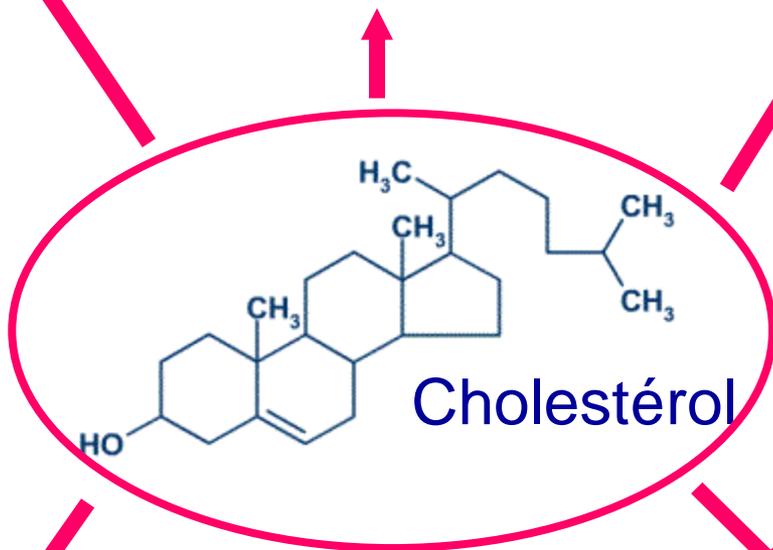
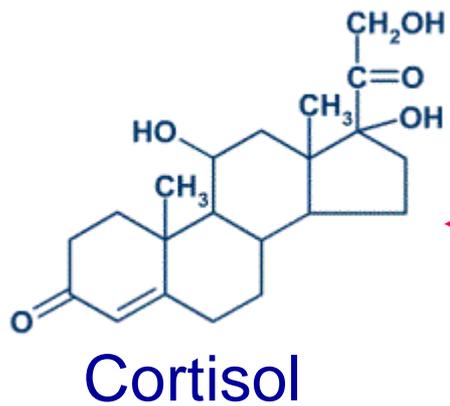
III- FONCTIONS BIOLOGIQUES DES LIPIDES

MOSAÏQUE FLUIDE



III- FONCTIONS BIOLOGIQUES DES LIPIDES

- Ils sont aussi des précurseurs d'autres molécules lipidiques d'intérêt biologique :
 - Prostaglandines
 - Leucotriènes
 - Thromboxanes
 - Acides biliaires
 - Hormones stéroïdes
 - Œstrogène
 - Progestérone
 - Androgènes
 - Cholécalférol (Vitamine D)



IV- SOURCES ALIMENTAIRES DES LIPIDES

- Afin d'évaluer la contribution d'un aliment à l'apport des matières grasses du régime alimentaire, il faut voir:

- sa richesse en matière grasse
- la taille de la portion consommée

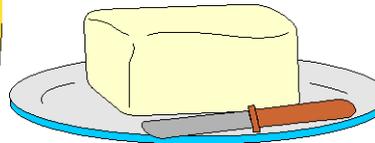


- Par exemple: les matières grasses du lait: 3% du poids total de cet aliment. 250 ml du lait fournit 9 g de lipides = 10 ml de beurre ou de margarine

IV- SOURCES ALIMENTAIRES DES LIPIDES

- Principales sources alimentaires:

Huiles
Graisses
Margarines
Beurres



- Sources appréciables

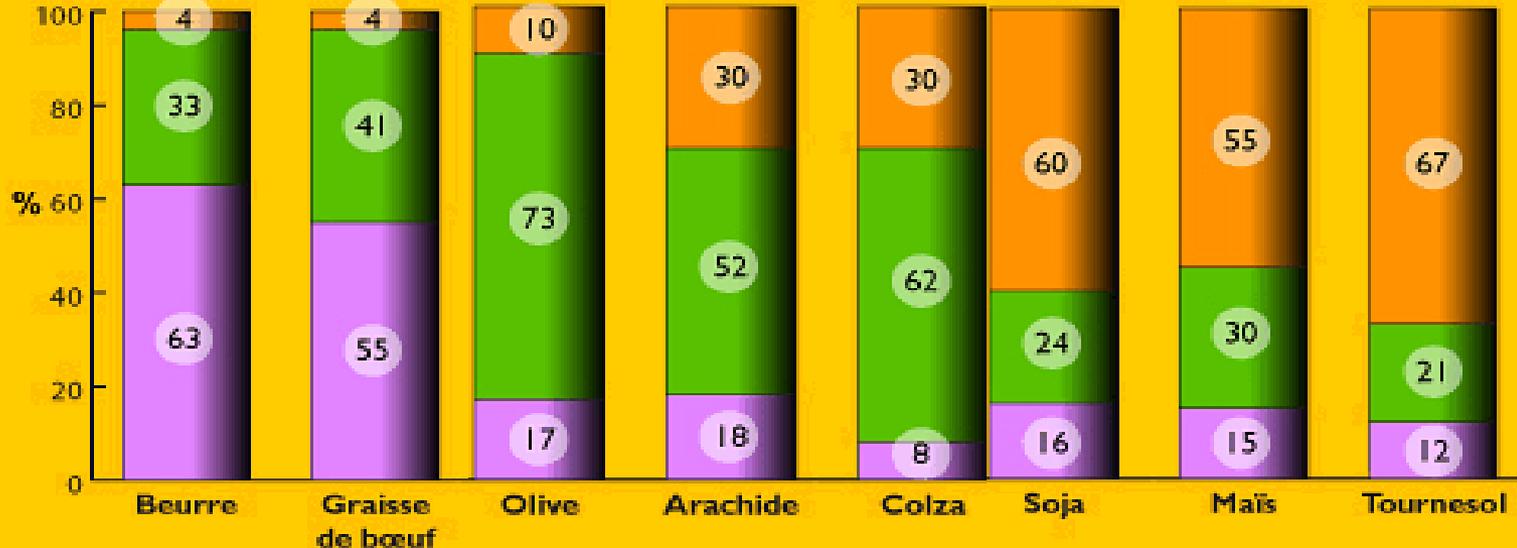
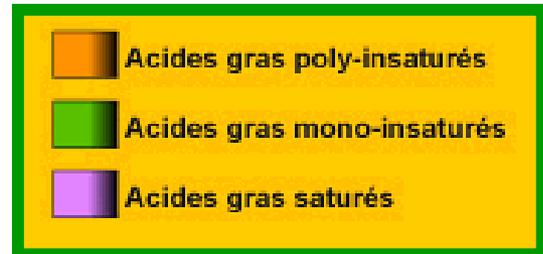
- Laits entiers
- Viandes

- Sources des acides gras essentiels

- Ac linoléique: huile de colza, huile de soja et l'huile d'argan
- Ac linoléinique: graines et l'huile de lin, les noix
- DHA: poissons gras tels le saumon, le thon blanc, la sardine

IV- SOURCES ALIMENTAIRES DES LIPIDES

Composition nutritionnelle (%)



AGS: abondants dans les graisses d'animaux

AGMI: abondants dans certaines huiles végétales

AGPI Essentiels: Abondants dans les huiles végétales.

AGPI abondants dans les poissons gras

IV- SOURCES ALIMENTAIRES DES LIPIDES

Composition des graisses et huiles animales Classification des aliments de base

	% AGS	%AGMI	%AGPI
Produits laitiers	62	29	41
Viande	40-50	36-45	4-11
Volaille	28-33	43-57	11-23
Œuf	31	43	15
Poisson	13-37	11-62	4-49

- Les acides gras saturés et monoinsaturés sont les principaux constituants des graisses et huiles animales

Absorption des lipides

triglycérides,
Phospholipides et
ester cholestérol

Aliment

Ac. biliaires

lipases
pancréatiques

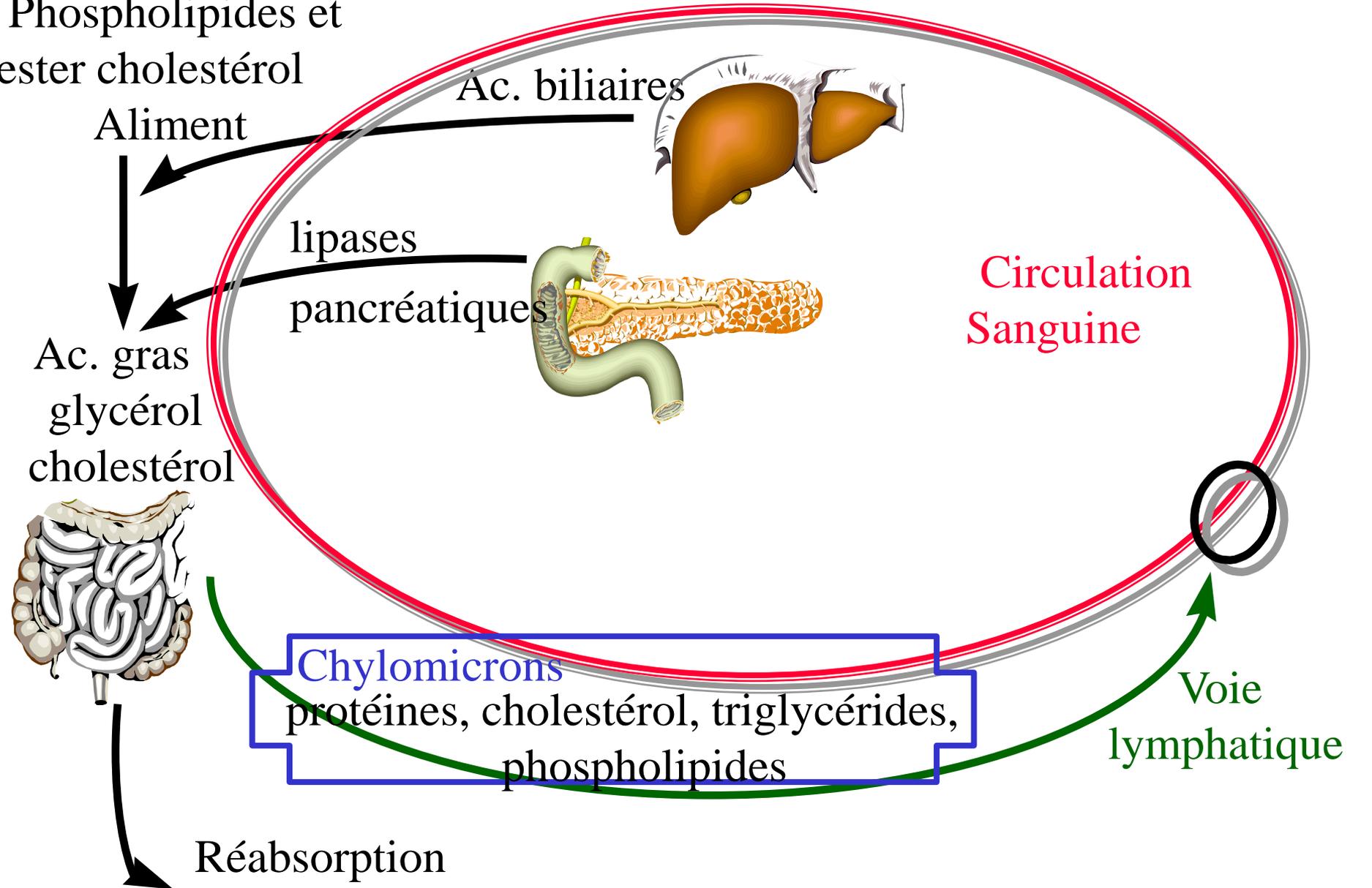
Ac. gras
glycérol
cholestérol

Circulation
Sanguine

Chylomicrons
protéines, cholestérol, triglycérides,
phospholipides

Voie
lymphatique

Réabsorption
acides biliaires



Jeûne prolongé / Apport insuffisant en énergie

- Épuisement des réserves en glycogène → activation de lipase → dégradation des triglycérides en acides gras et glycérol → transport dans le sang unis aux tous les tissus
- Si le jeûne est prolongé → augmentation progressive des acides gras dans le plasma → quantité élevée des corps cétoniques dans le sang (résultat de la conversion dans le foie d'un excès d'acides gras en acétone et acéto-acétate) → La diminution du pH sanguin (acidose métabolique) → déshydratation et une perte des électrolytes
- Compensation de l'acidose par augmentation de l'ammoniaque circulant, au dépend de la dégradation protéique

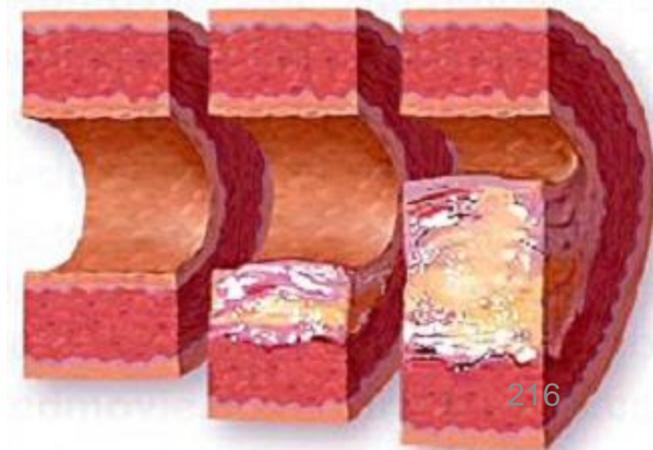
Recommandations internationales

- 30 à 35% de l'énergie
- Une personne consommant une moyenne de 2400 Kcal/j → 53-93 g de lipides
 - Ne jamais dépasser un apport de plus 10% d'acides gras saturés
 - Ne jamais dépasser un apport de plus 10% d'acides gras polyinsaturés
 - Le rapport de acides gras insaturés/acides gras saturés doit être supérieur à 2
 - La consommation du cholestérol ne doit pas dépasser 300 mg/j.

Lipides et santé



- Le cholestérol alimentaire est lié de façon étroite au développement de plaque d'athérosclérose
- Augmentation du taux de LDL sanguin → augmentation de temps de circulation → incidence majeure d'oxydation et de formation de plaque athérosclérotique
- Aliments riches en cholestérol: œuf, viande, lait..
- Autres facteurs impliqués:
 - Taux de lipides ingérés
 - Consommation de l'alcool
 - Prédisposition génétique



Lipides dans l'alimentation

Les lipides sont consommés après les sucres au niveau de l'intestin

La plupart des lipides alimentaires sont constitués de triglycérides

Les lipides sont présents dans l'huile, le beurre, le gras, quelques viandes, poissons, fromages...

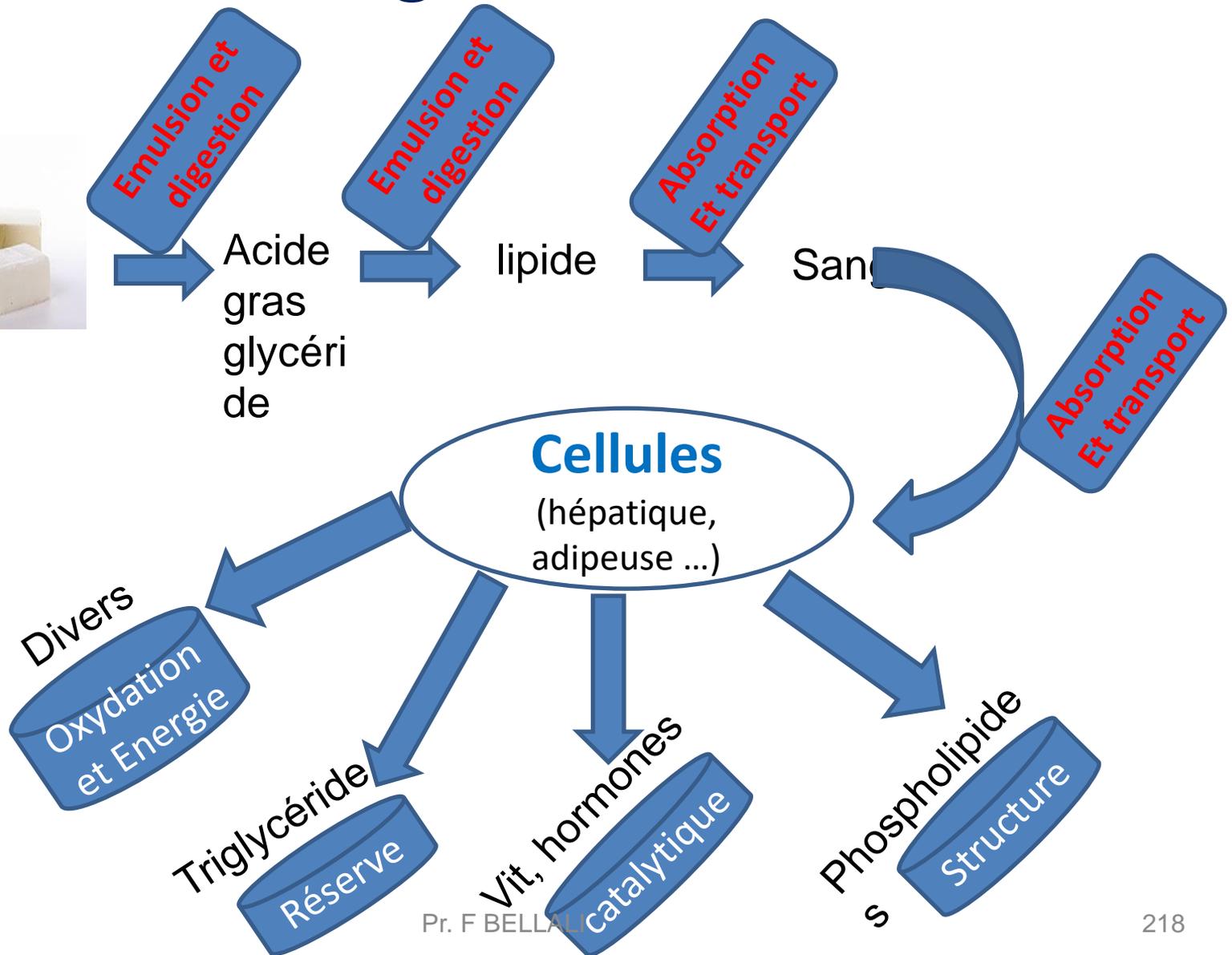
L'alimentation apporte en moyenne 80 g de lipides /jour

Les lipides sont la forme privilégiée de mise en réserve d'énergie (stockage au niveau des tissus adipeux chez les animaux)

Les lipides sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme mais une nourriture trop riche en graisses favorise les maladies cardio-vasculaires

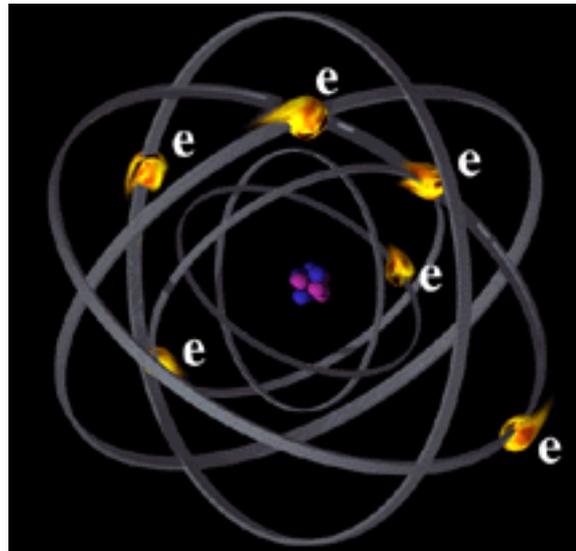
Lipide

S



CHAPITRE IV

MINÉRAUX



I- DEFINITION

- Substances inorganiques
- Éléments simples (non des molécules)
- H, O, C, N et S sont exclus de cette définition
- **Macroéléments (Majeurs) ($\geq 0,005$ % de la masse corporelle)**

Minéraux constitutifs

Ca, Mg, P

électrolytes

Cl, K, N

- **Oligoéléments (éléments traces) ($\leq 0,005\%$ de la masse corporelle; se trouvent à l'état de trace))**

Cr

F

Mo

Zn

Cu

I

Mn

Fe

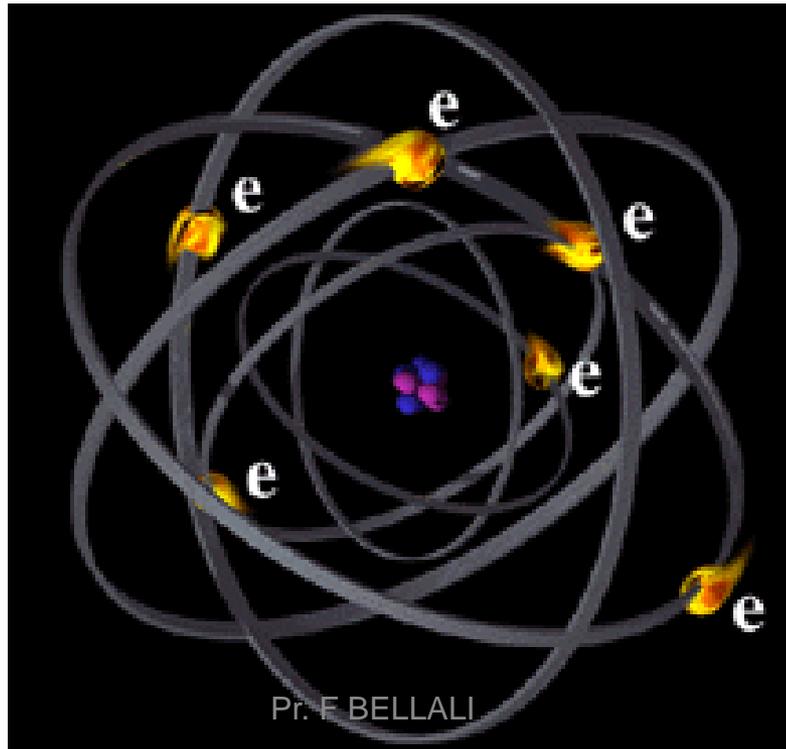
Mn

Se

II- Rôles des minéraux dans l'organisme

- Leurs carence comme leur excès peuvent provoquer des désordres importants
- Éléments de structure des os et des dents
- Cofacteurs de l'activité enzymatique et hormonale
- Éléments constitutifs de certaines molécules organiques et fonctionnelles
- Mouvement transmembranaire → transmission nerveuse ou contraction musculaire

ELEMENTS TRACES (Oligoéléments)



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

Le Fer



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

1/ Le Fer

Introduction

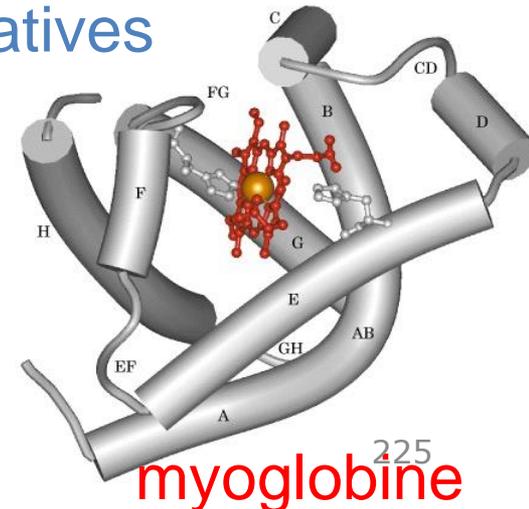
- Le fer est présent dans le corps humain à raison de 4 à 5 g, sous forme de:
 - Fer ferreux: Fe^{2+} la forme d'absorption
 - Fer ferrique: Fe^{3+}
 - Le HCl gastrique joue un rôle important dans la transformation du fer ferrique en fer ferreux
 - La vitamine C, les glucides et les acides aminés favorisent l'absorption du fer

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

1/ Le Fer

Rôles dans l'organisme

- Nécessaire pour la respiration de toutes les cellules
 - → un atome de fer dans chaque molécule de l'hémoglobine des globules rouges du sang
 - Les globules rouges = Transport de l'O₂ depuis les poumons vers tous les autres organes et l'échange ensuite contre le CO₂
- Forme la myoglobine = stockage de l'O₂ dans les muscles
- Participe en grand nombre d'enzymes oxydatives
- → 70% du fer est contenu dans les noyaux de l'hémoglobine et le myoglobine
- 30% se trouve stockés sous forme de ferritine et hémosidérine (rate, foie, moelle osseuse)

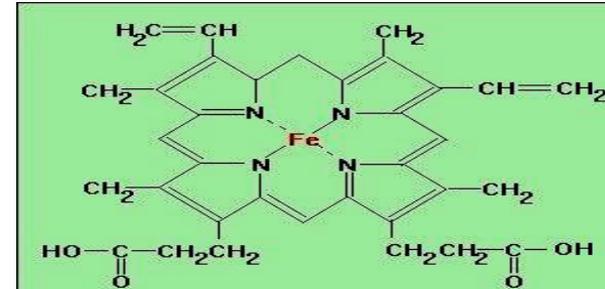


II- OLIGO-ÉLÉMENTS

1/ Le Fer

Hémoglobine

Chaque hémoglobine peut fixer 4 O₂
 Dans chaque globule rouges il y a un grand nombre d'hémoglobine



Groupement hème

FER

Chaîne α

Chaîne β

Globule rouge

Chaîne β

Chaîne α

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

1/ Le Fer

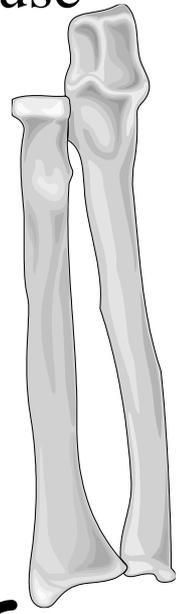
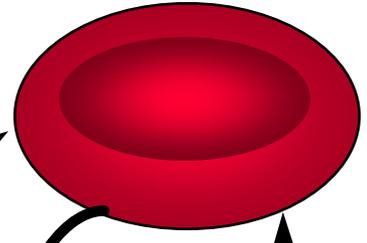
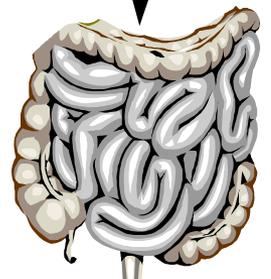
Métabolisme

- Absorption = dans le jéjunum et en moindre mesure au niveau de l'estomac
- Absorption influencée par:
 - Réserves qui existent dans l'organisme
 - Quantité et la nature chimique du fer ingéré
 - Présence d'inhibiteurs ou de stimulateurs de l'absorption
- Distribution:
 - À travers le sang associé à la ferritine
 - Stockage sous forme de ferritine dans la même muqueuse
 - Stockage: principalement dans les organes où il exerce une certaine fonction telle que la moelle osseuse (sous forme d'hémoglobine)
- Élimination: Selles (40-95% du fer apporté par les aliments: 10-14mg), urine 0,1-0,3mg, Sueur et peau 0,5mg

Métabolisme du fer

Fer (Régime alimentaire)
10-14 mg

Moelle osseuse



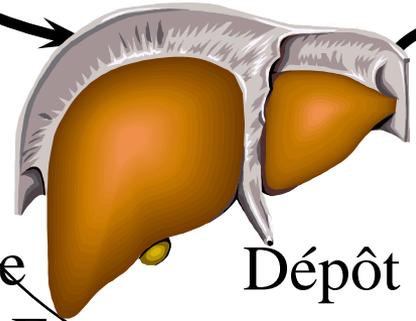
Rate



hémoglobine

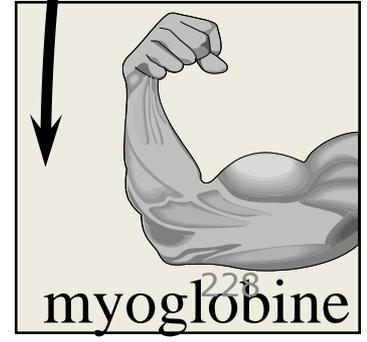
ruptures

Foie



Dépôt de Ferritine et Hémossidérine

bile
1mg Fe



myoglobine

10-14 mg

40-95%

Fer du régime alimentaire

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

1/ Le Fer

Sources alimentaires

- Les sources principales du fer sont:
 - Viandes
 - Oeufs
 - Légumes
 - Céréales
- La source alimentaire affecte énormément la biodisponibilité du fer



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

1/ Le Fer

Sources alimentaires

- Deux types de fer sur le plan de la biodisponibilité alimentaire:
 - Le fer héminique :
 - fournit de l'ordre de 15 à 25% du fer alimentaire dans les régimes des pays développés
 - Se trouve dans les viandes et poissons
 - Bonne biodisponibilité : 20 à 30% sont absorbés
 - le fer non héminique
 - Présent dans les céréales, les légumes, les fruits et les produits laitiers
 - Apport complémentaire de fer dans l'alimentation
 - Disponibilité dépend de la présence dans le repas de substances qui la favorisent (acides organiques, acide ascorbique) ou la compromettent (tannins, phytates..)

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

1/ Le Fer

Biodisponibilité

- La fer peut être présent dans les aliments sous forme:
 - Inorganique (hydroxydes) : non héminique = Fe^{3+}
 - Organique = héminique = Fe^{2+}
- Fe^{2+} : 6% de l'apport alimentaire mais a une biodisponibilité élevée, environ 40%, faiblement influencée par les autres aliments, le pH et les sécrétions gastriques
- Fe^{3+} : > de 90% de l'apport alimentaire, sa biodisponibilité varie entre 2-10% (sa conversion en Fe^{2+} est indispensable pour qu'il soit absorbé)
- L'absorption est calculée de:
 - 6 % chez les hommes
 - 14% chez les femmes

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

1/ Le Fer

Biodisponibilité

- L'absorption du Fe^{3+} peut être augmentée par:
 - Présence des acides organiques: Acide ascorbique)
 - La consommation des tissus animaux en chaque repas.
- L'absorption du fer est diminué par la présence de:
 - La phosphate calcique
 - Les phytates
 - Les fibres
 - Les polyphénols du thé
 - Les antiacides
- Le % du fer absorbé diminue en augmentant le fer présent dans l'alimentation
- **Le fer hème est moins affecté par ces changements**

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

1/ Le Fer

Recommandations

- Les recommandations dépendent de
 - Réserves dans l'organisme:
 - Femmes 300 mg
 - Hommes 1000 mg
 - Pertes du fer
 - Hommes 1 mg/j
 - Femme (période hors grossesse) 1 mg/j , avec en plus:
 - 0,5 mg/j de pertes dus à la menstruation
 - 5% des femmes souffrent de menstruations abondantes → perte de fer: 1,4 mg/j
- Femmes ménopausées + les hommes: 10 mg/j.
- Femmes entre 15 - 44 ans: 15 mg/j

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

1/ Le Fer

Recommandations

- L'allaitement n'implique pas des besoins spéciaux, apport similaire de la femme non allaitante
- Nourrissions:
 - 0-3 ans: 10 mg/j sans dépasser en aucun cas 15 mg/j.
- Puberté:
 - 10 mg/j chez les garçons
 - 15 mg/j chez les filles

Recommandations pour les personnes à risque élevé:

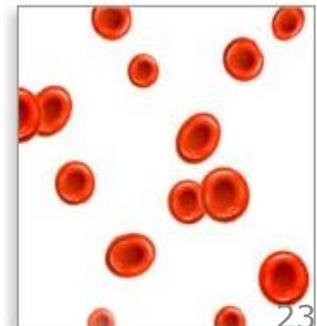
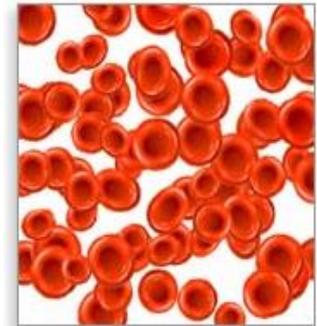
Augmentation de l'ingestion du fer dans le cas des végétariens, ou augmenter la consommation concomitantes des stimulants de l'absorption du Fe^{3+} tel que l'acide ascorbique est faible

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

1/ Le Fer

Répercussions sur la santé En cas de déficience

- Causes:
 - Apport alimentaire insuffisant
 - Fer consommé non biodisponible
 - Traitement des aliments → perte excessive du fer
- Dans ces cas, on parle de l'**anémie ferriprive**
- Une personne est anémique si le taux hémoglobine est de:
 - < 13 g/dL chez les hommes
 - < 12g/dL chez les femmes de plus de 13 ans
 - Chez les femmes enceintes
 - <11 g/dL dans le premier trimestre.
 - < 10,5 g/dL au cours du deuxième
 - < 11 g/dL au cours du troisième



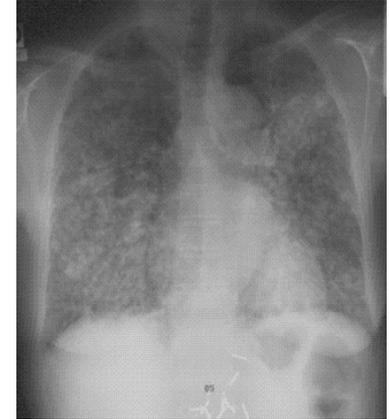
II- OLIGO-ÉLÉMENTS

1/ Le Fer

Répercussions sur la santé

En cas d'excès

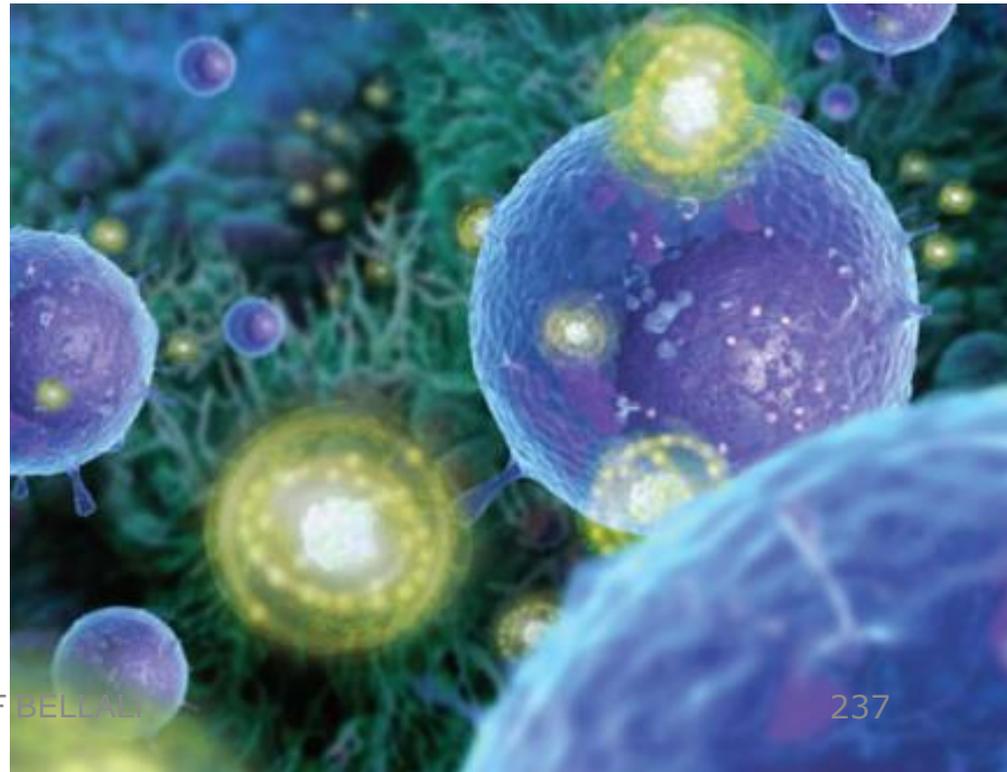
- La sidérose est l'excès du fer dans l'organisme
 - Une conglomération des molécules de la ferritine formant une hémossidérine
 - Affection pulmonaire
- L'intoxication en fer ne se produit pas à travers les aliments
- Elle se produit principalement chez les individus qui ont des déficiences génétiques qui causent une hyperabsorption



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

Le Zinc

Atomes de Zn
entourant les cellules
T et renforçant le
système immunitaire



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

2/ Le Zinc

Rôles dans l'organisme

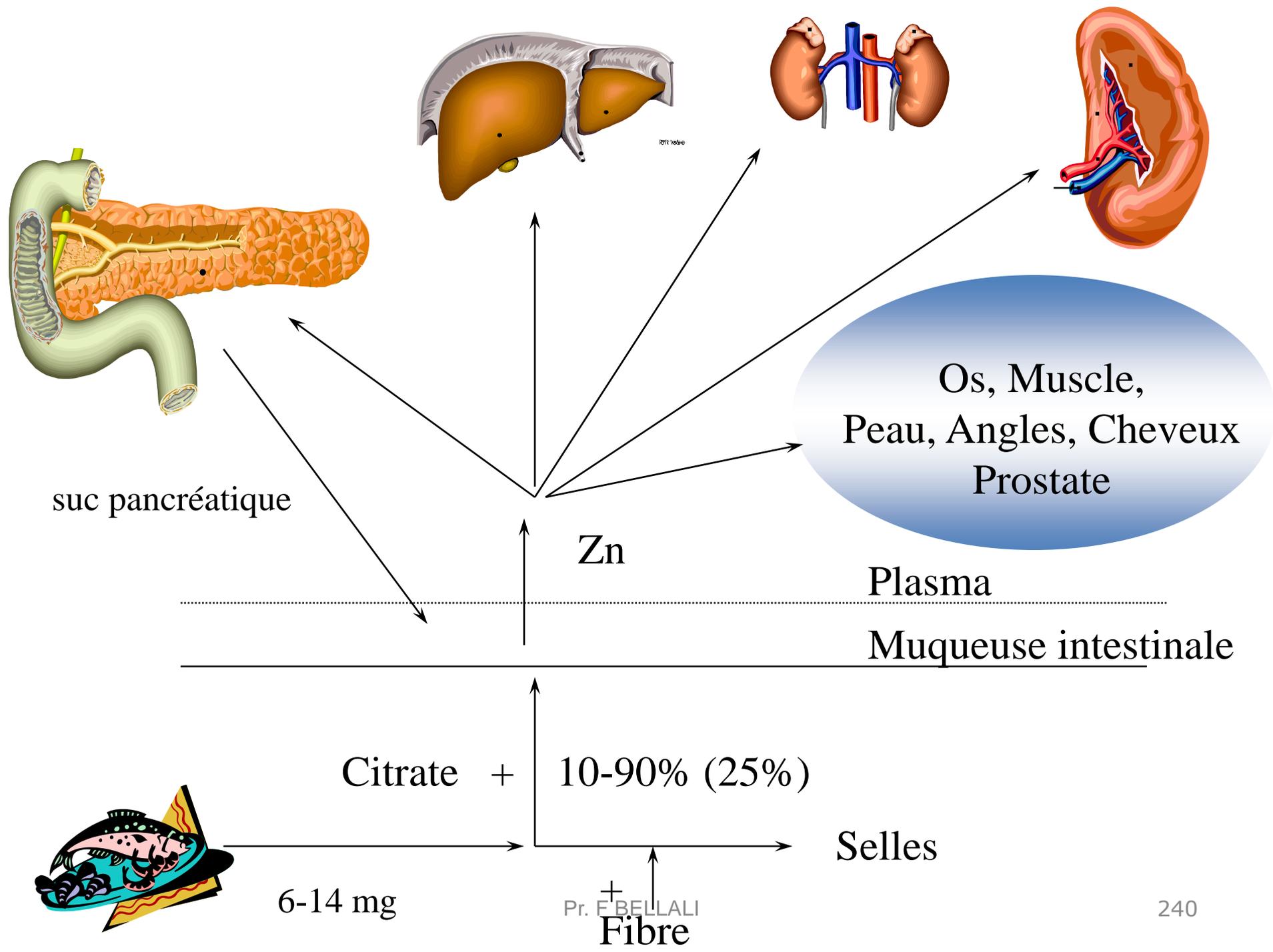
- Zn dans l'organisme: 2-3 g le contenu du Zn avec 78% dans les os, muscle et peau
- Le Zn forme partie de >90 enzymes qui interviennent en:
 - Métabolisme des acides nucléiques
 - Métabolisme des protéines: Protéases et peptidase
 - Métabolisme des glucides: Aldolase, pyruvate carboxylase, plusieurs déshydrogénase
 - Anti-oxydants: Alcool déshydrogénase, Superoxyde dismutase
 - → Impliqué dans: la croissance, le renouvellement des cellules, la reproduction, la fertilité, la cicatrisation, l'état de la peau, l'immunité, la synthèse de plusieurs hormones dont l'insuline

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

2/ Le Zinc

Métabolisme

- **ABSORPTION**
 - Se fait au niveau de la muqueuse intestinale
 - Dépend d'un ligand sécrété par le pancréas
 - Très variable 10 - 90%, en moyenne 20 - 30%, dépendant de l'origine alimentaire du Zn
- **DISTRIBUTION**
 - S'accumule dans les os, le muscle, la peau (20%), le foie, le pancréas, la rate, les cheveux, les angles et les reins, spécialement la prostate et l'oeil.
 - Contenu élevé dans les os et le muscle
- **EXCRETION**
 - La principale voie = voie fécale, en moindre proportion par l'urine.
 - Les quantités éliminées avec la sueur sont très élevées



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

2/ Le Zinc

Métabolisme

- Le statut du Zn est sujet d'une forte régulation homéostatique
 - Faible apport → meilleure absorption
 - Statut corporel bas en Zn → absorption augmentée
- La quantité excrétée, à travers l'intestin, est proportionnelle à l'ingestion quotidienne du Zn et au statut de l'organisme

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

2/ Le Zinc

Sources alimentaires

- 70% du Zn provient des produits animaux:
 - Spécialement la viande
 - Produits marins (huîtres)
- La grande partie du Zn consommée à partir d'éléments végétaux, provient des céréales.



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

2/ Le Zinc

Biodisponibilité

- La biodisponibilité du Zn dans différents aliments varie amplement.
 - Viande, foie, œufs, et aliments marins sont une source excellente de Zn biodisponible
 - Le Zn contenu dans les céréales et certaines légumes est moins disponible.
 - Dû à la présence de l'héxophosphate d'insitol (surtout la présence de Ca) réduit la biodisponibilité du Zn.
- Il y a aussi l'interaction avec d'autres composés du régime alimentaire tel que les fibre, les phytates et autres minéraux.
 - La fibre et les phytates sont les principaux causes qui rendent difficile la biodisponibilité du Zn
 - Il y a aussi l'interaction avec l'acide folique
 - Dans les régimes normaux, les protéines, le fer et le phosphore peuvent avoir un effet notable sur la biodisponibilité du Zn

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

2/ Le Zinc

Biodisponibilité

- Augmentation de l'ingestion des protéines
→ augmentation des besoins en Zn et son utilisation
- Ingestion simultanée de quantité similaire du Fe et du Zn → diminue l'absorption du Zn

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

2/ Le Zinc

Recommandations

- L'estimation de l'ingestion du Zn est très difficile → Nombreux facteurs affectent sa biodisponibilité
 - La composition du régime alimentaire
 - Statut en Zn de l'individu
 - Les pertes usuelles (peau 0,8 mg/j et liquide séminal)
- Recommandations:
 - 15 mg/j pour les hommes
 - 12 mg/j pour les femmes
 - 15 mg/j durant la grossesse
 - 19 mg/j durant l'allaitement
 - 5-10 mg/j pour les nourrissons et les enfants

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

2/ Le Zinc

Répercussions sur la santé:

En cas de déficience

- Survient à cause de:
 - Régimes alimentaires pauvres en Zn biodisponible,
 - Infections parasitaires → pertes chroniques de sang
 - Pertes par sudation profonde
 - Syndrome de malabsorption chronique
 - Situation de stress: Intervention chirurgicale ou brûlures
 - Cirrhose hépatique, alcoolisme

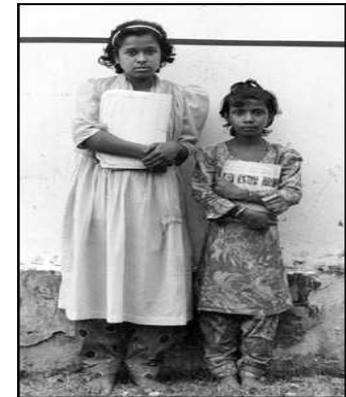
II- OLIGO-ÉLÉMENTS

2/ Le Zinc

Répercussions sur la santé:

En cas de déficience

- Symptômes
 - Retard de croissance
 - Anormalités immunologiques
 - Changement dans la peau
(retard dans la cicatrisation des blessures)
 - Pertes d'appétit (désordres gustatifs et olfactifs)
 - Durant la grossesse, la déficience provoque des désordres pour le nouveau-né
- Déficience prolongée → Nanisme et hypogonadisme (sécrétion insuffisante des gonades ovariennes et testicules)
- Niveaux sériques bas chez les enfants → dyslexie
- Rétablissement assuré par la supplémentation du Zn



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

2/ Le Zinc

Répercussions sur la santé:

En cas d'excès

- L'intoxication par Zn (ingestion de 2 g ou plus sous forme de sulfate) provoque l'irritation gastro-intestinale, vomissements, diarrhée, douleurs abdominales
- L'ingestion durant des mois de 150 à 500 mg/j de Zn provoque:
 - Microcytose (nombre de globules rouges augmente pour compenser leur petit volume)
 - Neutropénie (diminution du taux des globules blancs polynucléaires)
 - Problèmes de cicatrisation
- Recommandations: ne pas dépasser les 15 mg/j

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

FLUOR



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

3/ Le Fluor

Rôles dans l'organisme

- Se trouve dans l'organisme en même quantité que le fer 4 g
- La grande partie du fluor corporel se trouve dans les os sous forme de fluorapatite.
 - Contribue à maintenir stable la matrice minérale osseuse
 - Le sel du fluor constitue des points ou nucléus de cristallisation minérale
- Très important dans la conservation de la dureté dentale
- Sont plus résistants à l'action des acides métaboliques que les hydroxydes qui les substituent dans la matrice dentale

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

3/ Le Fluor

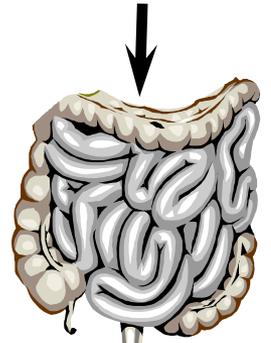
Métabolisme

- L'absorption est de 40-100% du fluor présent dans les aliments
- Cet élément est présent en presque tous les liquides corporels et les tissus mous
- La voie principale de l'excrétion est la voie urinaire: 90%

Metabolisme du fluor

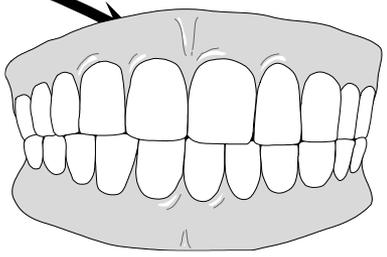
Fluor alimentaire

200-600 ug

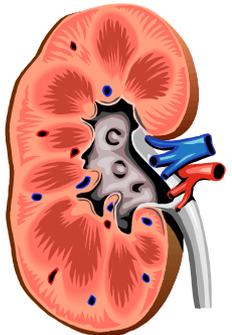
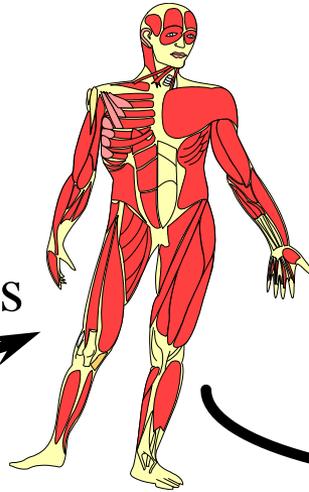


Dents

Dentine

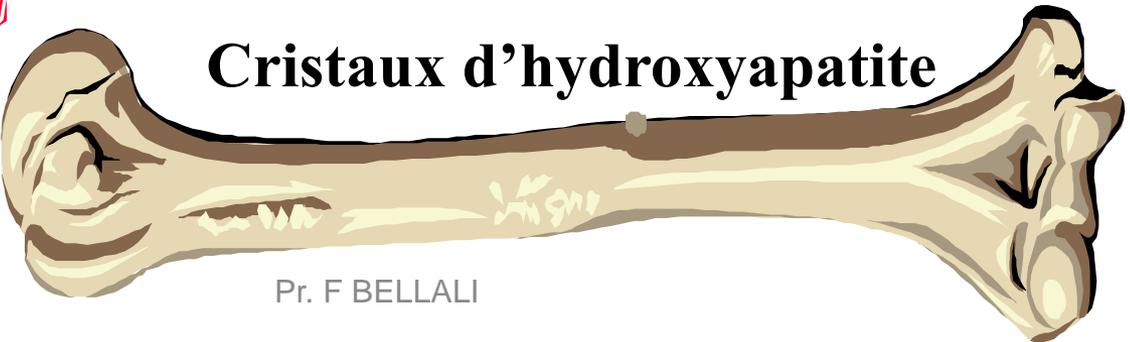


Autres tissus



150-350 ug

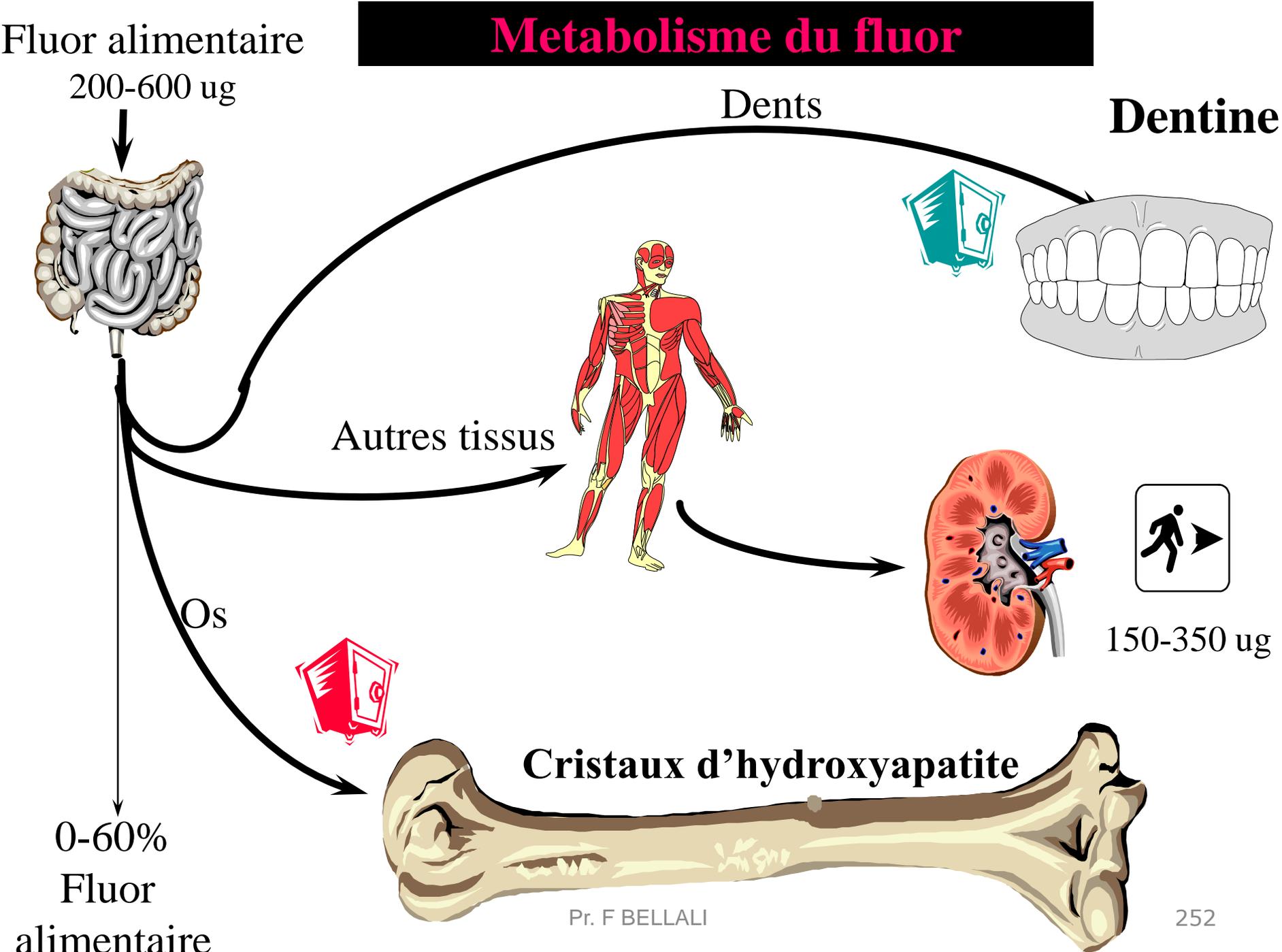
Os



Cristaux d'hydroxyapatite

0-60%

Fluor alimentaire



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

3/ Le Fluor

Sources alimentaires

- Les principales sources du fluor:
 - L'eau de boisson (principale)
 - Les poissons (surtout les épines)
 - Thé noir



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

3/ Le Fluor

Recommandations

- Il est recommandé que l'eau contienne 1 ppm de fluor
 - L'eau ayant une quantité $< 0,7$ ppm, doit être fluorée
- Recommandation en général oscillent entre 1,5 et 4,0 mg/j
- Ne jamais dépasser 2,5 mg/j

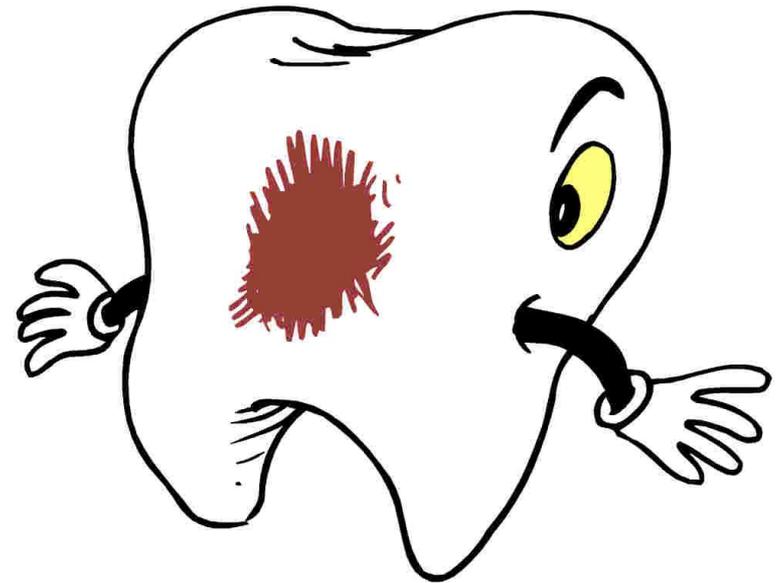
II- OLIGO-ÉLÉMENTS

3/ Le Fluor

Répercussions sur la santé

En cas de déficience

- En expérimentation animale, les régimes pauvres en fluor provoquent un retard en:
 - Croissance
 - Infertilité
 - Anémie
- La restauration du fluor dans le régime alimentaire rétablit partiellement le retard de croissance et totalement l'infertilité et l'anémie
- Augmentation de l'incidence des caries dentaires



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

3/ Le Fluor

Répercussions sur la santé

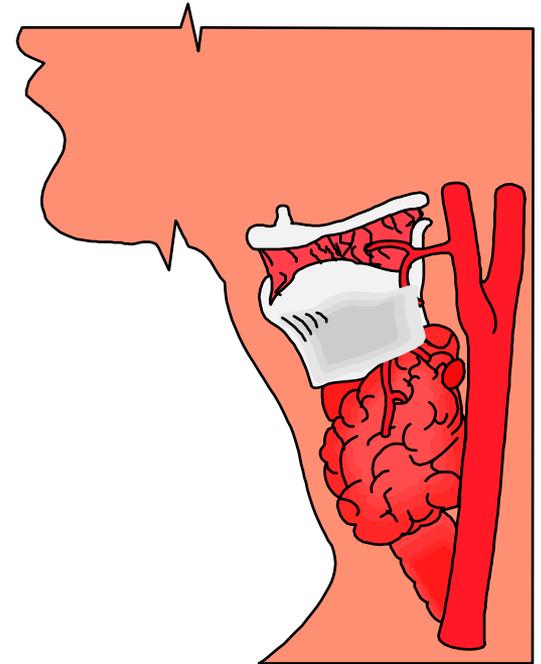
En cas d'excès

- C'est l'un des éléments dont la dose thérapeutique est très proche de la dose toxique
- L'ingestion excessive de fluor provoque la fluorose (Des perturbations du fonctionnement des cellules responsables de la formation de l'émail)
- La consommation chronique de doses élevées de fluor peut induire des effets toxiques tels que:
 - Effets rénaux
 - Mauvaise minéralisation de l'os
 - Effets neuromusculaires
 - Certains types de cancer
- Des doses élevées de fluor favorisent la récupération des patients d'ostéoporose



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

L'iode



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

4/ L'iode

Rôles dans l'organisme

- Substrat important au cours de la biosynthèse des hormones thyroïdiennes:
 - Triiodothyronine (T3)
 - Tetraiodothyronine (thyroxine, T4)
- Ces hormones augmentent la consommation de O_2 et du métabolisme basal
- Son mécanisme d'action favorise:
 - Une perte plus grande de chaleur
 - Une synthèse réduite de l'ATP durant les réactions métaboliques

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

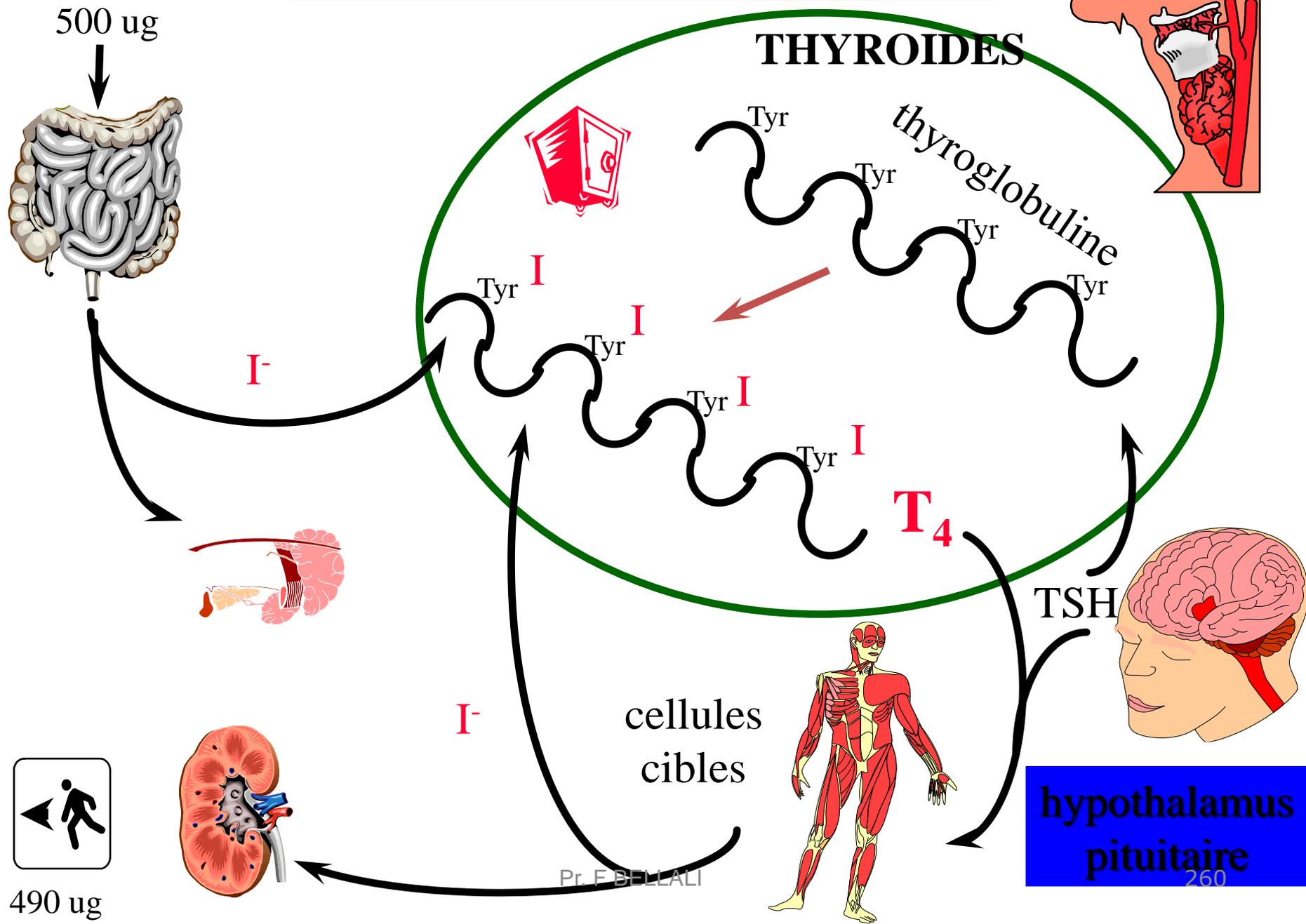
4/ L'iode

Métabolisme

- L'iode alimentaire I_2 s'oxyde dans le tractus gastro-intestinal en iodure (I^-) qui s'absorbe facilement, et se stocke dans la glande thyroïde
- Dans cette glande, le I_2 s'unit à des résidus de la tyrosine de la molécule de thyroglobuline → formation de T_3 et T_4 → libérées dans la circulation sanguine
- La concentration sérique de T_3 et T_4 est régulée par l'hypothalamus qui agit sur l'hypophyse, qui régule l'action thyroïdienne via l'hormone TSH
- Les T_3 y T_4 sériques passent dans les organes où après avoir réalisé leur action libèrent le I^- qui peut être réutilisé
- La principale voie d'excrétion est l'urine

Iode alimentaire

Métabolisme de l'Iode



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

4/ L'iode

Sources alimentaires

- La consommation de l'iode est très variable, en moyenne 500 µg/j
- Les aliments les plus riches sont:
 - Les aliments d'origine marine (0,66 ppm)
 - Légumes, viandes et os (0,3 ppm)
 - Les produits laitiers et les céréales (0,1 ppm)
 - Les fruits (0,04 ppm).
 - Aliments fortifiés: le sel.



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

4/ L'iode

Recommandations

- Adultes: 50-75 $\mu\text{g}/\text{j}$ est suffisante pour ne pas souffrir du goitre
 - Des fois, 150 $\mu\text{g}/\text{j}$ sont recommandés en tant que quantité minimale sûre
- Femmes enceinte: une augmentation de 25 $\mu\text{g}/\text{j}$
- Femmes allaitantes: une augmentation de 50 $\mu\text{g}/\text{j}$
- Nourrissons et allaités: 50-75 $\mu\text{g}/\text{j}$

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

4/ L'iode

Répercussions sur la santé En cas de déficience



- La déficience de I⁻
 - réduction de la biosynthèse des T₃ y T₄
 - diminution du métabolisme basal
- Déficience en T₃ y T₄ sériques → sécrétion accrue de la TSH, → activation énorme de fonction thyroïdienne pour faciliter la captation de l'iode circulant et la synthèse de T₃ y T₄ → hypertrophie → goitre hypothyroïdien
 - Déficience précoce: peut-être guéri par la consommation de d'aliments riches en iode
 - Déficience chronique: consommation de thyroxine
- Certains aliments contiennent des substances qui bloquent la synthèse des hormones thyroïdiennes → induisent l'apparition du goitre, tels que: Navet et Choux-fleurs

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

4/ L'iode

Répercussions sur la santé En cas d'excès

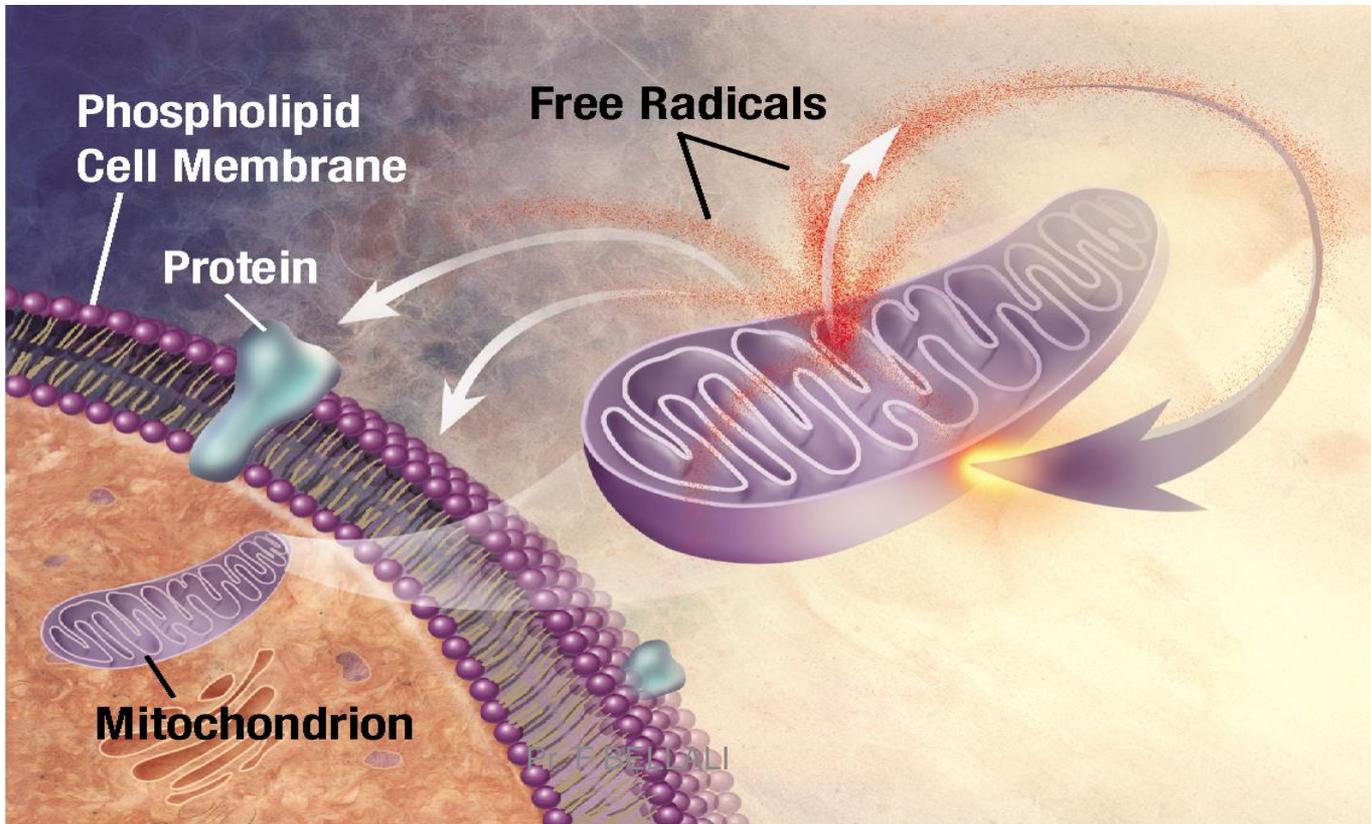
- Pas d'effets néfastes de la consommation de quantités élevée de l'iode sont rapportés

Es tu assez iodé
Monsieur le
Poisson????



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

Le Sélénium



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

5/ Le Sélénium

Rôles dans l'organisme

- Principale fonction: forme partie du groupement séléno-cystéine du centre actif du glutathion peroxydase (GSH-Px)
 - La GSH-Px détruit les peroxydes (RLO) → protection des membranes cellulaires et subcellulaires de l'effet oxydatif
- Cette fonction est complétée par l'action développée par la Vit. E dans la membrane cellulaire
 - Vitamine E= première lignée de défense de la peroxydation des phospholipides membranaires
 - Se - GSH-Px = la deuxième lignée de défense
- Autres fonctions
 - Localisé dans d'autres protéines: possible action protectrice contre le cancer

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

5/ Le Sélénium

Métabolisme

- Le contenu corporel en Se ~ 6-21 mg
- Facilement absorbé au niveau du duodénum et du colon (50-80%)
 - la biodisponibilité varie avec les aliments ingérés
- Transporté par les **VLDL** et **LDL**
- Se concentre spécialement dans les érythrocytes, foie, la rate, le cœur et les angles
- Principale voie d'excrétion: voie urinaire

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

5/ Le Sélénium

Sources alimentaires

- Par ordre de teneur de Se:
 - Viandes
 - Poissons
 - Céréales
 - Champignon
 - Ail
 - Asperges
 - Fruits et légumes (dépendant du contenu du Se dans le sol)



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

5/ Le Sélénium

Biodisponibilité

- La biodisponibilité du sélénium semble être similaire pour toutes ses formes organiques et inorganiques
- Il existe certains poissons avec une faible biodisponibilité du sélénium (les causes ne sont pas connues)

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

5/ Le Sélénium

Recommandations

- Adultes:
 - 55 $\mu\text{g/j}$ pour les femmes
 - 70 $\mu\text{g/j}$ pour les hommes
- Femmes enceintes: une augmentation de 10 $\mu\text{g/j}$
- Femmes allaitantes: une augmentation de 20 $\mu\text{g/j}$
- Enfants et nourrissons:
 - 10 $\mu\text{g/j}$ depuis la naissance jusqu'au 6 mois
 - 15 $\mu\text{g/j}$ dans le deuxième semestre
- A partir de cet âge, on fait une extrapolation des besoins en fonctions des recommandations pour les adultes et en fonction du poids corporel

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

5/ Le Sélénium

Répercussions sur la santé: En cas de déficience

- La déficience du Se chez les animaux cause:
 - Retard de croissance
 - Formation de cataractes
 - Défaut de spermatogenèse
 - Rétention du placenta
 - Symptômes nécrotiques et dystrophie
- Ces symptômes sont plus accentués s'ils sont accompagnés d'une déficience en vitamine E
- la déficience en Se semble être la cause de **cardiopathie de Keshan** qui se produit principalement chez les enfants

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

5/ Le Sélénium

Répercussions sur la santé: En cas d'excès

- La dose toxique est très proche de la dose essentielle
- Toutefois, les cas d'intoxication à cause de Se sont rares
- Les principaux symptômes:
 - Nausées, Diarrhées
 - Douleurs abdominaux
 - Changement dans les angles et les cheveux
 - Neuropathies et irritabilité



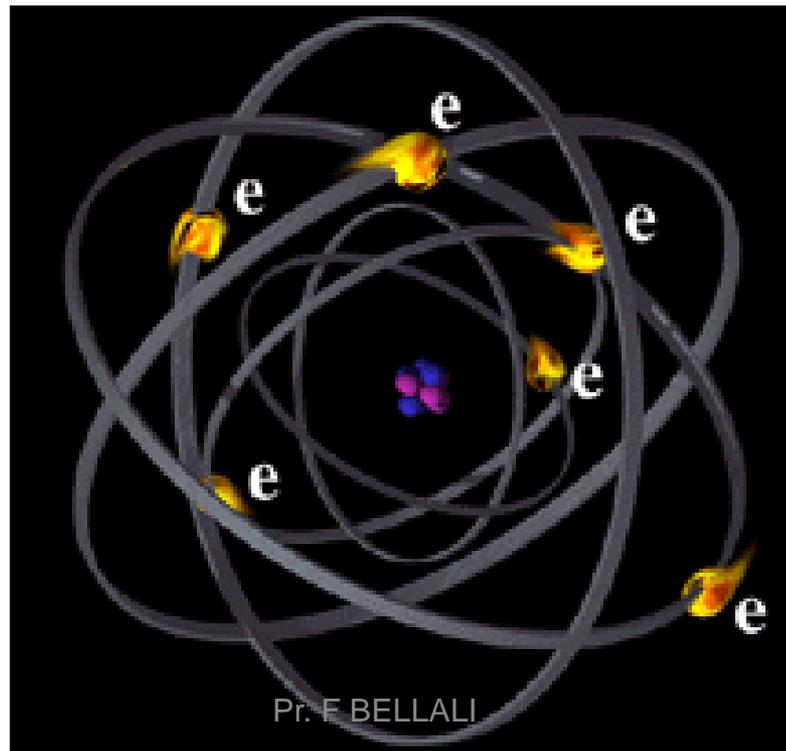
Assez iodé et avec
du Se
biodisponible

Pr. F. BELLAÏ
Melle!!



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

Le Cuivre



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

6/ Le cuivre

Rôles dans l'organisme

- Le cuivre est essentiel pour l'organisme humain
- Il se trouve en quantité de 80 mg dans le corps humain
- Dans certaines maladies (arthrites, infections, cancer) se produit une élévation du cuivre hématique → effets du Cu dans la prévention et la corrections de ces désordres
- Le cuivre est souvent associé au fer → favorisant son absorption

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

6/ Le cuivre

Rôles dans l'organisme

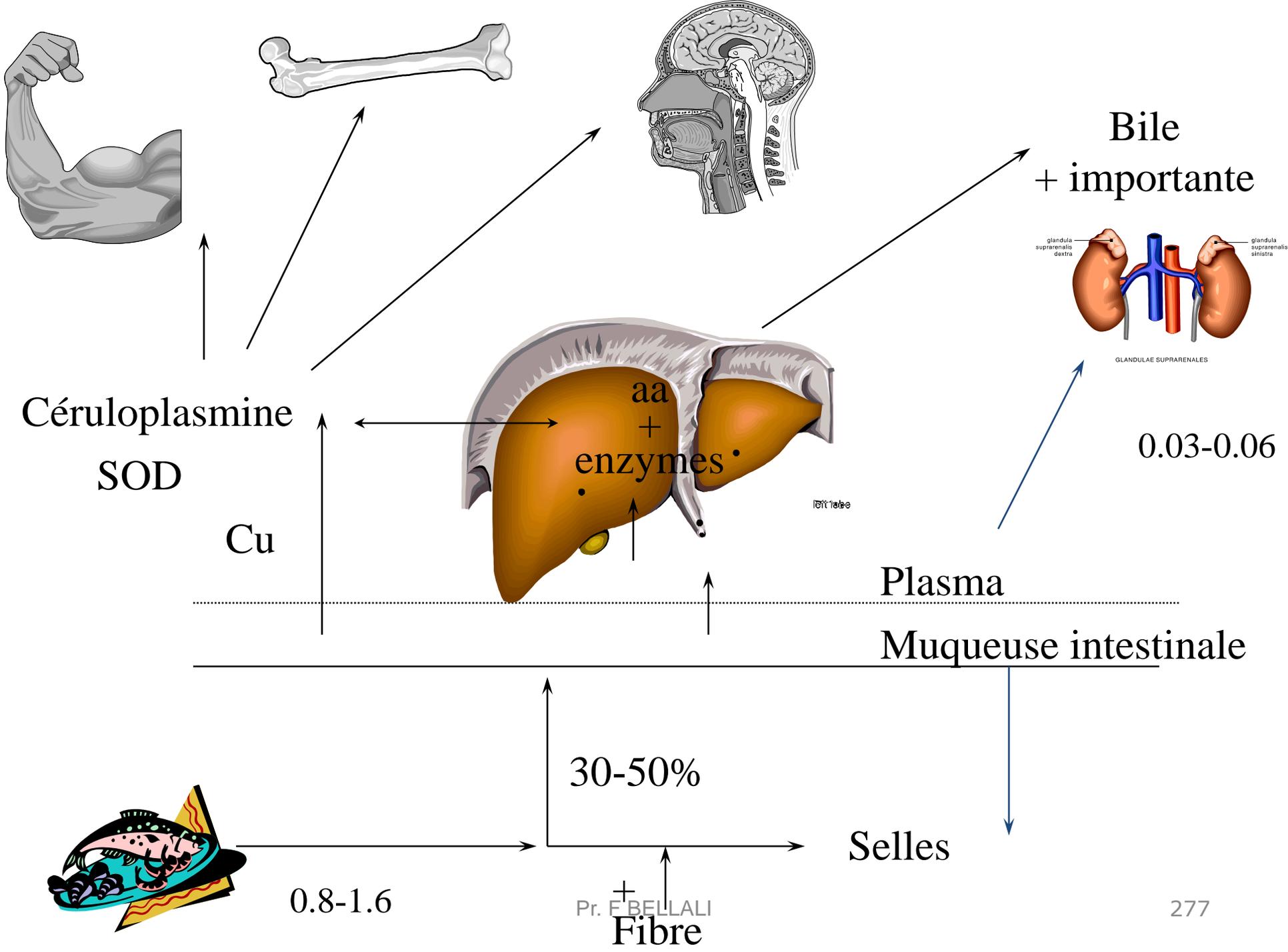
- 1- Métabolisme organique: Composé structural des protéines telles que la céruloplasmine sanguine qui intervient dans la régulation des neurotransmetteurs et dans la formation de l'hémoglobine
- 2- Composé de l'enzyme antioxydante CuZn SOD (superoxyde dismutase) → protection contre les RLO
- 3- en tant que co-enzyme des autres enzymes liées à l'oxydation et la catalyse

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

6/ Le cuivre

Métabolisme

- 30 % du Cu alimentaire est absorbé dans l'intestin grêle
- Son absorption est influencée par:
 - Les besoins de l'organisme
 - La concentration du Cu dans les aliments
 - La concentration d'autres minéraux dans le même aliment (molybdène, Zn, Fe)
- Se distribue dans le sang: dans les globules rouges (en forme SOD) et dans le plasma (céruloplasmine)
- Localisation: le foie, le cerveau, le rein et le muscle
- Principale voie d'excrétion: via la bile et ensuite via l'urine



0.03-0.06

30-50%

0.8-1.6

Pr. F. BELLALI
Fibre

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

6/ Le cuivre

Sources alimentaires

- Les aliments riches en Cu:
 - Foie
 - Aliments marins
 - Noix
 - semences.
- La concentration du Cu dans l'eau de boisson est très variable
 - Influencée par l'acidité de l'eau et son interaction avec le système des canaux



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

6/ Le cuivre

Biodisponibilité

- Nombreux facteurs affectent la biodisponibilité du Cu dans le régime alimentaire:
 - Ingestions du Zn > recommandations → Réduction de la rétention du Cu
 - Ingestion de quantités élevées de vitamine C (600 mg/j)
 - Diminue la céruplasmine sérique
 - L'acide ascorbique met en chélation le Cu dans l'intestin
 - Le statut corporel en cuivre peut être influencé par le type de glucides consommés
 - Les rats alimentés avec le fructose développent des signes plus sévères de déficience que ceux consommant le glucose ou l'amidon

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

6/ Le cuivre

Recommandations

- Adultes: 1,5 à 3,0 mg/j
- Enfants: 1 - 2 mg/j
- Femmes enceintes et femmes allaitées: pas de supplémentation

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

6/ Le cuivre

Répercussions sur la santé En cas de carence

- Assez répandu dans l'alimentation et assez bien absorbé → sa carence est rare chez les adultes
- Vu l'association étroite avec le métabolisme du fer, la carence en cuivre peut induire des désordres métabolique du fer
- Chez les animaux déficients en Cu, est observé:
 - Anémie, Déficit osseux
 - Démyélinisation, Dégénération du système nerveux
 - Déficit en pigmentation et structure du poids et de laine
 - Défauts reproductifs
 - Dégénération myocardique, Diminution de l'élasticité artérielle

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

6/ Le cuivre

Répercussions sur la santé:

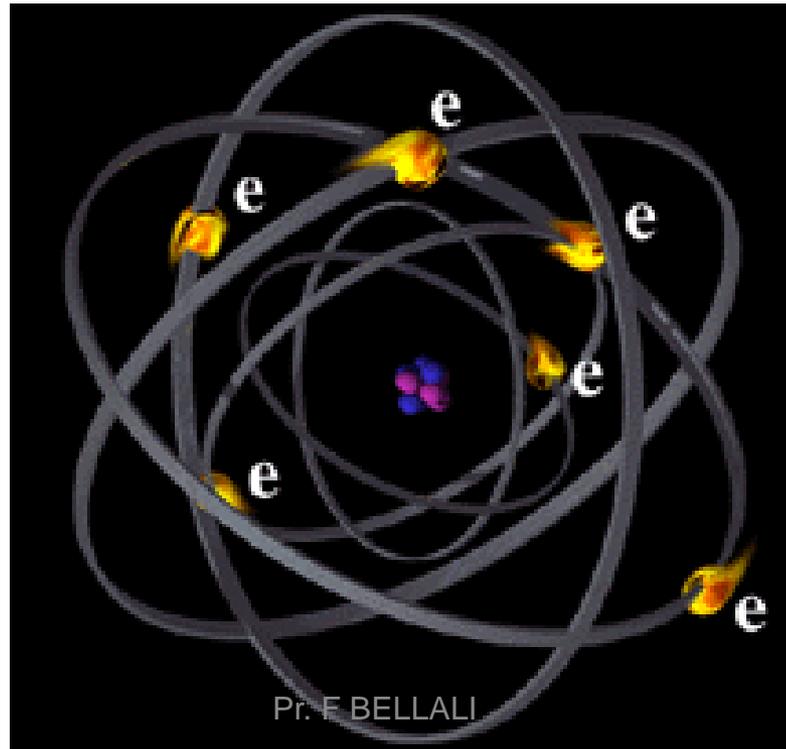
En cas d'excès

- Installation de défauts irréversibles à partir d'une consommation de 0,5 mg/Kg de poids
- Exposition prolongée à haute doses → Anémie hémolytique
- La maladie de Pink (**acrodynie**) se produit chez les enfants de petit âge qui consomment l'eau avec concentration élevée en cuivre
- Les professions en relation avec la fabrication ou l'application des pesticides en agriculture
 - inhalation massive du Cu
 - des désordres organiques



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

Le Manganèse



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

6/ Le Manganèse

Rôles dans l'organisme

- Le corps humain contient entre 8 et 20 mg
- Principales fonctions: Activation des enzymes telles que:
 - Kinases
 - Transférases
 - Nucléases
 - ADN polymérases.
- Agit en tant que co-enzyme de:
 - Superoxyde dismutase
 - Protège l'organisme contre les RLO
 - Pyruvate décarboxylase (métabolisme énergétique)
 - Avec 4 atomes de Mn pour chaque molécule de Biotine

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

6/ Le Manganèse

Métabolisme

- L'absorption se fait au niveau de l'intestin grêle (3% des aliments)
- Distribution par le sang
- Localisation: principalement dans le muscle et le foie
- **Homéostasie** maintenue grâce à l'excrétion et presque totalement par voie intestinale (bile)
- Peut être éliminé par voie alternative quand:
 - L'apport en Mn est très élevé
 - L'élimination intestinale est bloquée
- Les voies alternatives sont:
 - Pancréas
 - Élimination par urine quand des chélateurs sont administrés

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

6/ Le Manganèse

Sources alimentaires

- Présent dans tous les aliments et dans l'eau:
 - Principalement les tissus végétaux
 - Grains complets
 - Produits à base de céréales
 - Fruits et autres légumes.
 - Le traitement de raffinement de céréales réduit la teneur en Mn
- Boissons: thé et café sont une sources importante de Mn.
- L'eau de boisson contribue avec seulement 2-3% de la quantité de Mn apporté par l'alimentation



II- OLIGO-ÉLÉMENTS

6/ Le Manganèse

Biodisponibilité

- Dépend de la forme chimique
- Le Mn entre en compétition avec l'absorption du Fer et du Cobalt
- L'addition du Fe à une ration diminue la rétention du Mn
- Le Ca réduit l'absorption et la rétention du Mn
- L'acide phytique exerce un défaut dépresseur sur l'accumulation et la rétention du Mn.

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

6/ Le Manganèse

Recommandations

- Adultes: 2,0 et 5,0 mg/j
- Enfants:.....

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

6/ Le Manganèse

Répercussion sur la santé:

En cas de déficience

- Les signes de déficience de Mn:
 - Fertilité basse
 - Retard de croissance
 - Malformation congénitales chez les nouveaux nés
 - Formations anormales des os et du cartilage
 - Diminution de la tolérance au glucose.

II- OLIGO-ÉLÉMENTS

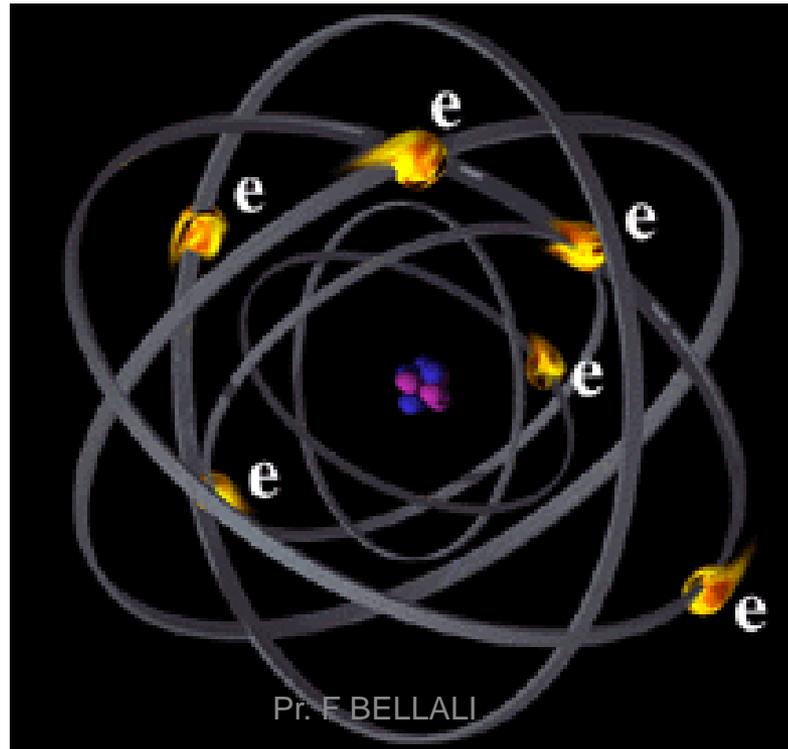
6/ Le Manganèse

Répercussion sur la santé: En cas d'excès

- L'apport alimentaire de Mg en excès est très rare
- En cas d'injection ou d'inhalation sous forme de poudre, le Mn provoque des effets dans le système nerveux central:
 - folie de mangénique (similaire à la schizophrénie)
 - paralysie (similaire au Parkinson)
 - Ces effets sont possiblement dus à l'autooxydation des catécholamines
- Les effets toxiques sont seulement observés chez les travailleurs exposés à des concentrations élevée de Mn sous forme de poudre ou fumée dans l'air

MINERAUX MAJEURS

(Macroéléments)



Pr. F BELLALI

III- MINÉRAUX MAJEURS

- Les minéraux jouent des rôles variés mais combien importants dans l'organisme :
 - Squelette
 - Contractions musculaires
 - Équilibre des liquides (urine, sang, lait, etc.)
 - Systèmes enzymatiques
 - Etc.

III- MINERAUX MAJEURS

Le calcium



Découvert en 1808 en Grande-Bretagne
par Sir Humphrey Davey

III- MINERAUX MAJEURS

1/ Le Calcium

- C'est un constituant du squelette (25% de l'os sec)
- Essentiellement dans les produits laitiers
- Comme les autres nutriments, le corps ne peut les synthétiser et leur apport vient nécessairement de l'extérieur.

III- MINERAUX MAJEURS

1/ Le Calcium

Les déficiences en calcium

- Les symptômes chez l'animal adulte
 - Fièvre vitulaire, tremblement, décalcification osseuse, rétention placentaire, naissance de veaux rachitiques ou mort-nés
- Les symptômes chez l'animal en croissance
 - Retard de croissance
- Les symptômes en rapport avec la reproduction
 - Retard de l'involution utérine
 - Augmentation de l'incidence de problèmes au vêlage
 - Rétention placentaire

III- MINERAUX MAJEURS

1/ Le Calcium

Les excès en calcium

- Quantité $> 2\%$ Ca dans la MSRT
 - Diminue la digestibilité du gras alimentaire
 - Accroît le dépôt de calcium au niveau du squelette et des reins
- Diminue la consommation et les performances productives et reproductives
- Nuit à l'absorption du P, Mg et autres éléments mineurs (Mn, Zn, Fe, Cu, I) affectant ainsi la reproduction
- Le ratio Ca:P n'est plus valable

III- MINERAUX MAJEURS

1/ Le Calcium

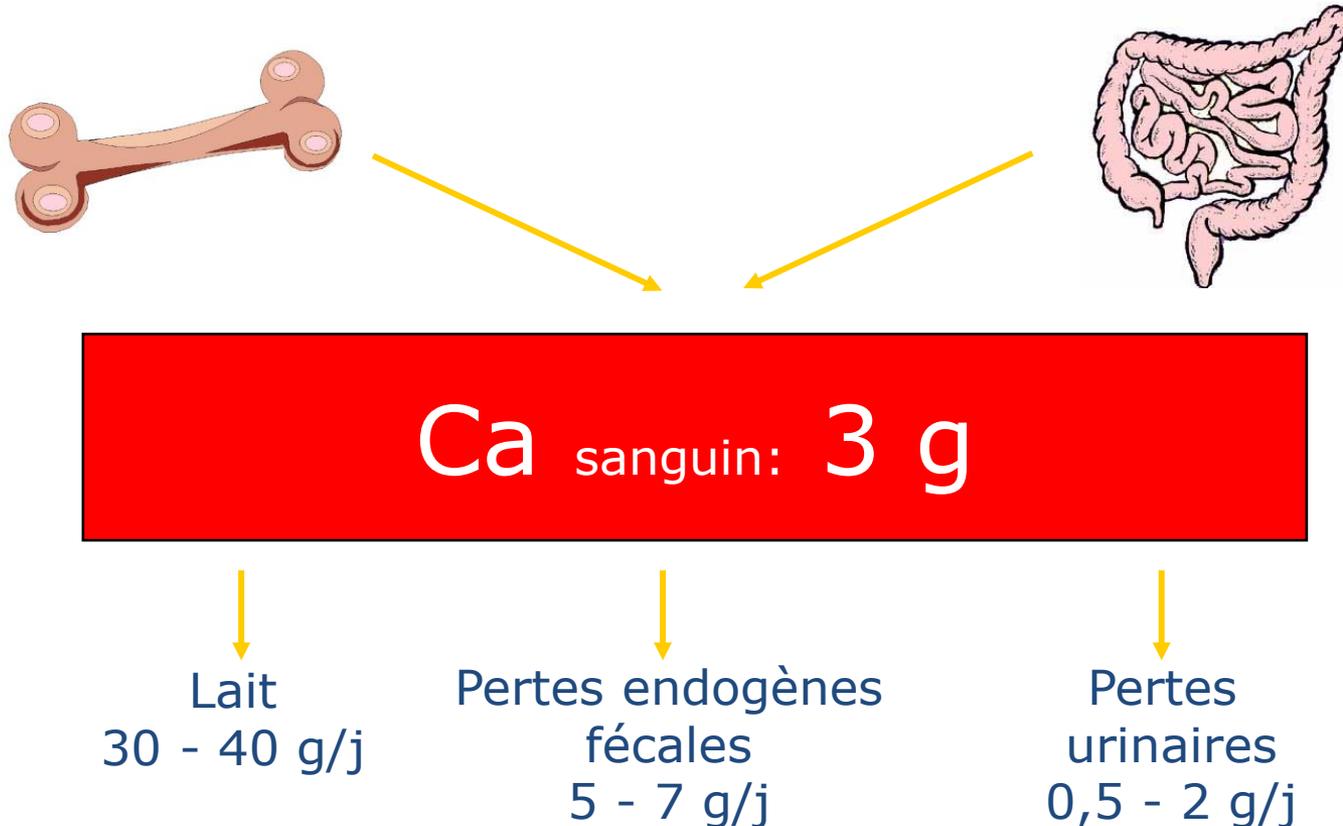
L'absorption du calcium

- Sites d'absorption :
 - Le petit intestin : duodénum et jéjunum
 - Le gros intestin
 - Peu au niveau du rumen
- Le taux d'absorption diminue en fonction :
 - De l'âge
 - D'une ingestion élevée de ration totale
 - D'une ingestion élevée de Ca
 - D'une faible ingestion de vitamine D

III- MINÉRAUX MAJEURS

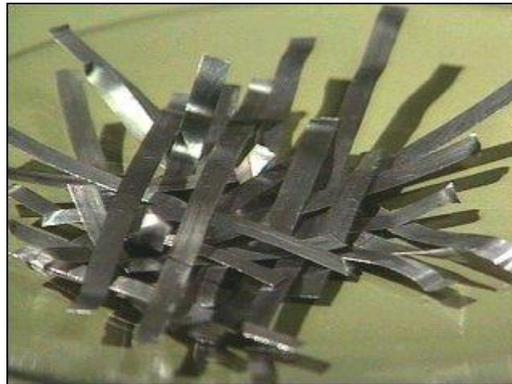
1/ Le Calcium

Homéostasie du calcium



III- MINERAUX MAJEURS

Le magnésium



III- MINERAUX MAJEURS

2/ Le Magnésium

- Le magnésium est présent dans environ 300 enzymes nécessaires aux processus métaboliques : élément indispensable à la vie des cellules.
- Il est indispensable au bon fonctionnement des cellules musculaires et nerveuses au niveau de leur métabolisme intime.
- Il permet une bonne transmission de l'influx nerveux.
- Il est présent dans les grains entiers et les légumes à feuilles vertes (Les fruits oléagineux secs et le cacao)

III- MINÉRAUX MAJEURS

2/ Le Magnésium

Facteurs influençant l'absorption du magnésium :

- Une concentration élevée de Ca et P dans la ration
 - Excrétion accrue du Mg dans les fèces
 - Compétition aux sites d'absorption entre le Ca et le Mg
- Un excès de K
- Ingestion d'aluminium ou de fer via contamination par le sol ou l'eau d'abreuvement diminue l'absorption du Mg

Source : Chicco et al., 1972

III- MINÉRAUX MAJEURS

2/ Le Magnésium

Les sources de magnésium

- Les fourrages
 - Légumineuses > graminées
 - 0,03 - 0,50 % MS
- Les grains
 - Orge > avoine > blé > maïs
 - 0,12 - 0,14 % MS
- Les oléagineuses et sous-produits
 - Soya, canola, gros gluten
 - 0,28 - 0,62 % MS

III- MINERAUX MAJEURS

Le phosphore



III- MINERAUX MAJEURS

3/ Le Phosphore

- Il se trouve également en grande quantité dans les os (85% de tout le P de l'organisme)
- Lie au Ca, il contribue à donner aux os et aux dents leur rigidité)
- Le phosphore figure à des teneurs élevées dans de nombreux denrées: laitages, viandes, les volailles, les poissons et certains céréales

III- MINERAUX MAJEURS

3/ Le Phosphore

- Dans l'organisme, le phosphore est toujours présent sous forme:
 - Des composés énergétiques: ATP et CP
 - Phosphoprotéines
 - Phospholipides
 - Acides nucléiques
 - Enzymes : phosphatase qui régule le métabolisme cellulaires
 - L'élimination urinaire est régulée par voie hormonale; mais non par l'excrétion fécale

III- MINERAUX MAJEURS

Le sodium



III- MINERAUX MAJEURS

4/ Le Sodium

- C'est le minéral le plus abondant dans le liquide extracellulaire.
- Indispensable au bon fonctionnement des échanges intercellulaires et des reins : Pression osmotique et équilibre acido-basique
- L'excès de l'apport en sodium est en corrélation avec l'hypertension artérielle chez l'homme.

III- MINERAUX MAJEURS

4/ Le Sodium

- Les aliments végétaux sont pauvres en sodium, en dehors de quelques espèces de légumes (épinard...)
- Les conserves de légumes sont salées
- Les produits de charcuterie sont fortement

Liquide	Na ⁺ (mEq/L)
Sérum sanguin	140
Sueur	60 - 80
Coca-cola	3
Gatorade	23
Jus de fruit	0,5
Pepsi-cola	1,7
Eau	Trace

III- MINÉRAUX MAJEURS

4/ Le Sodium

Les sources de sodium

- Le chlorure de sodium ou sel (39,34 %)
- Le bicarbonate de sodium (27 %)
- Le sulfate de sodium (14,27 %)
- Les drèches de distillerie et de brasserie (0,33 %)
- La farine de poisson (0,49 %)

Veillez noter que les fruits, fourrages et les grains sont de pauvres sources de sodium

III- MINERAUX MAJEURS

Le potassium



III- MINERAUX MAJEURS

5/ Le Potassium

- Il est essentiellement intracellulaire
- On le trouve dans les légumes et dans la viande en quantités comparables

III- MINERAUX MAJEURS

5/ Le Potassium

Les sources de potassium

	% K
Sulfate de K	42
Chlorure de K	50
Carbonate de K	55
Fourrage	1,5 – 5
Fèves riches en protéines	1 – 2

L'épandage de fumier riche en potassium

la teneur en potassium des fourrages

fait augmenter

III- MINERAUX MAJEURS

5/ Le Potassium

Insuffisance / Excès

Tout désordre de la kaliémie (taux de potassium sanguin) en excès ou en insuffisance peut avoir des répercussions néfastes:

- **En insuffisance:** hypokaliémie: arythmie cardiaque possible
- **En excès:** hyperkaliémie: arythmie cardiaque également possible

CHAPITRE V

VITAMINES

Définition

- **Substances organiques de faible poids moléculaire**
- **Sans valeur énergétique**
- **Indispensables à:**
 - **Croissance**
 - **Reproduction**
 - **Fonctionnement normal de l'organisme**
- **Essentielles: ne peuvent être synthétisées par l'organisme → doivent être apportées par l'alimentation**

Principaux rôles des vitamines

- Participent à un grand nombre de processus métabolique dans l'organisme
- Plusieurs vitamines exercent plus d'une fonction:
 - Essentielles pour l'action enzymatique (en se transformant en co-enzyme);
 - Action antioxydante;
 - Action hormonale;
 - Intervention dans l'expression génique;
 - Échange d'électron ou d'atome d'hydrogène.

Classification

- selon la solubilité
- selon leur stockage

Vitamines liposolubles

- Solubles dans les lipides: huiles, graisses animales, margarines végétales...
- Stockées dans l'organisme
- Vitamine A
- Vitamine D
- Vitamine E
- Vitamine K

Vitamines hydrosolubles

- Solubles dans l'eau et les milieux aqueux
- Ne sont pas stockées à l'exception de la B12
- Vitamine C
- Groupe des vitamines B:

B1	B6
B2	B8
B3	B9
B5	B12
- Vitamine PP



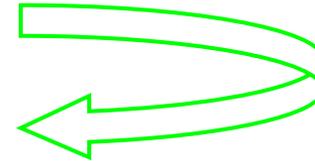
VITAMINES LIPOSOLUBLES

Vitamines liposolubles



VITAMINE A

Composés avec activité vitaminique A :



Naturels

- Rétinol
- Rétinal
- Acide rétinoïque

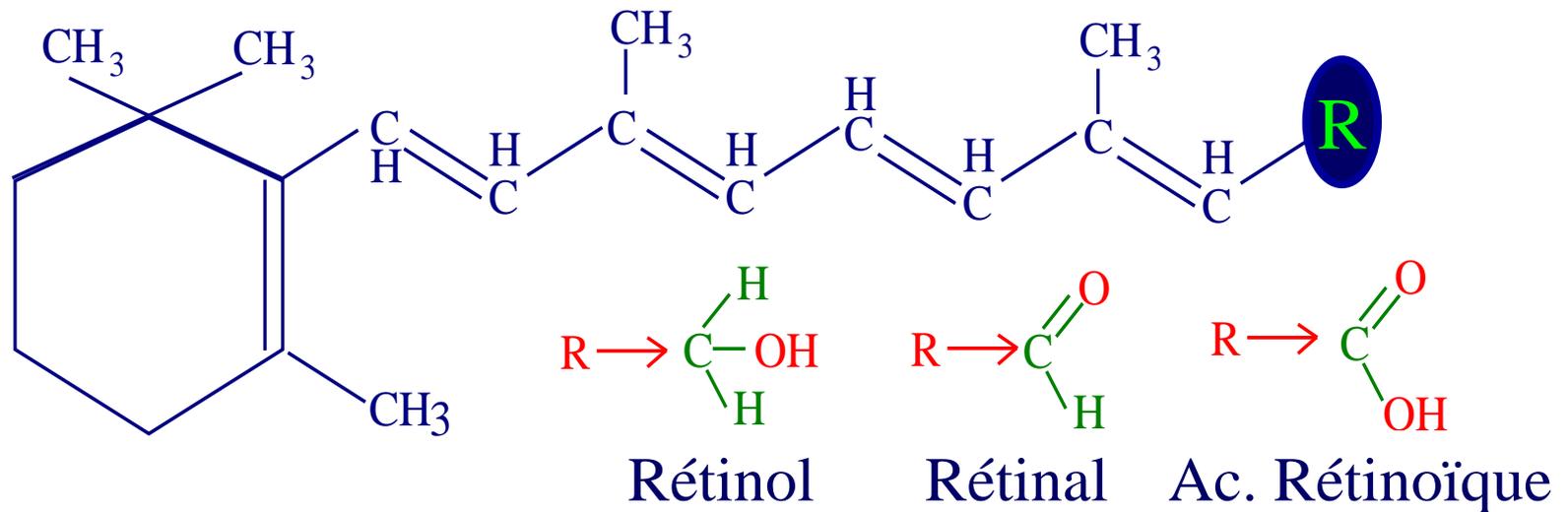
Synthétiques

- Rétinoïdes

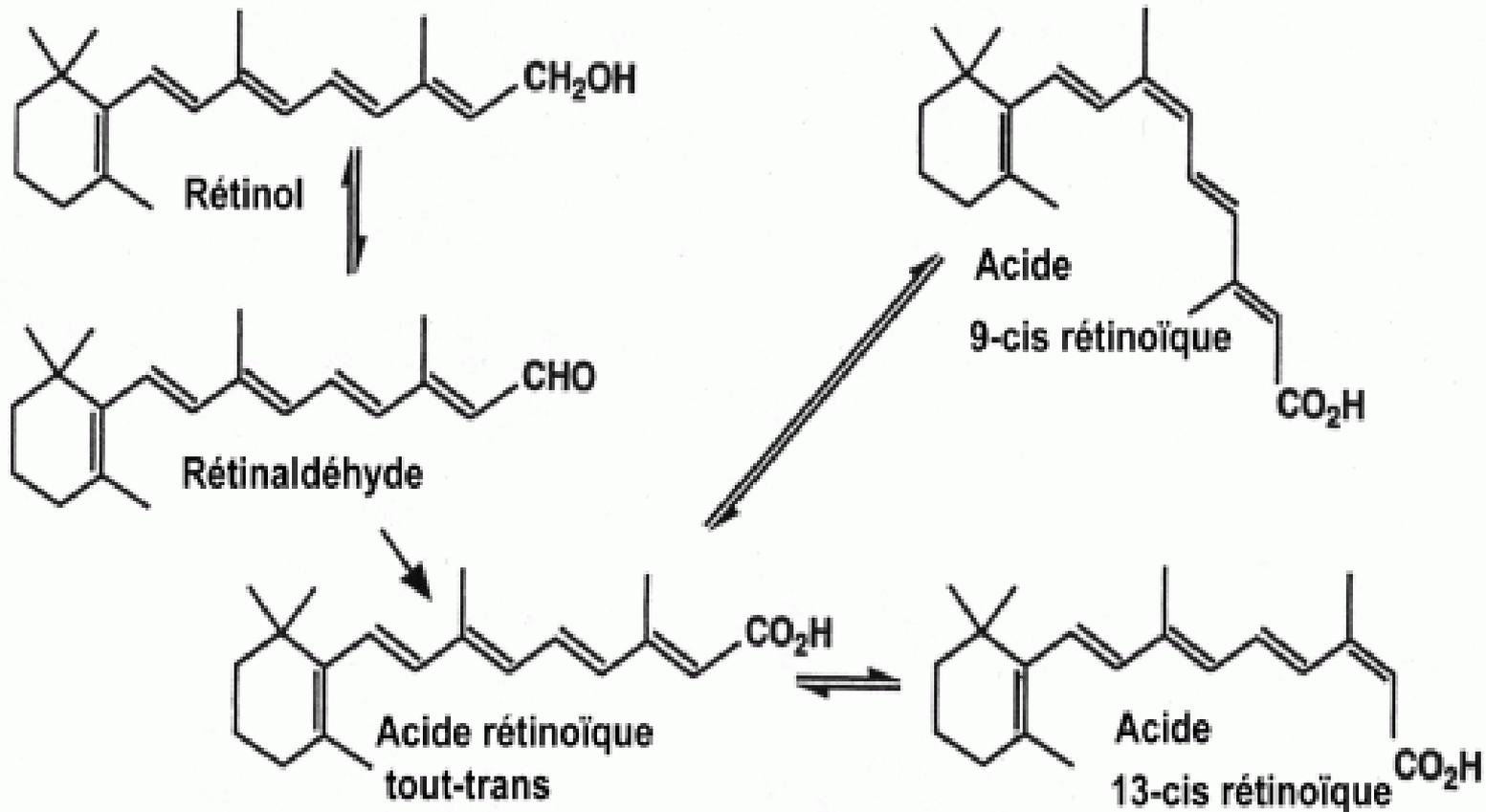
L'activité vitaminique varie qualitativement et quantitativement

□ Exemple: Acide rétinoïque ne protège pas contre la cécité nocturne ni contre les désordres de reproduction

Structure chimique de la vitamine A



Structures moléculaires des principaux rétinoïdes naturels au cours de leur transformation



Rétinoïdes et caroténoïdes

- La vitamine A existe dans la nature sous deux formes:

Rétinol ou rétinoïdes

- Forme active de la vitamine A
- Directement assimilée et utilisée par le corps
- Principales sources : aliments d'origine animale

Provitamine A ou caroténoïdes:

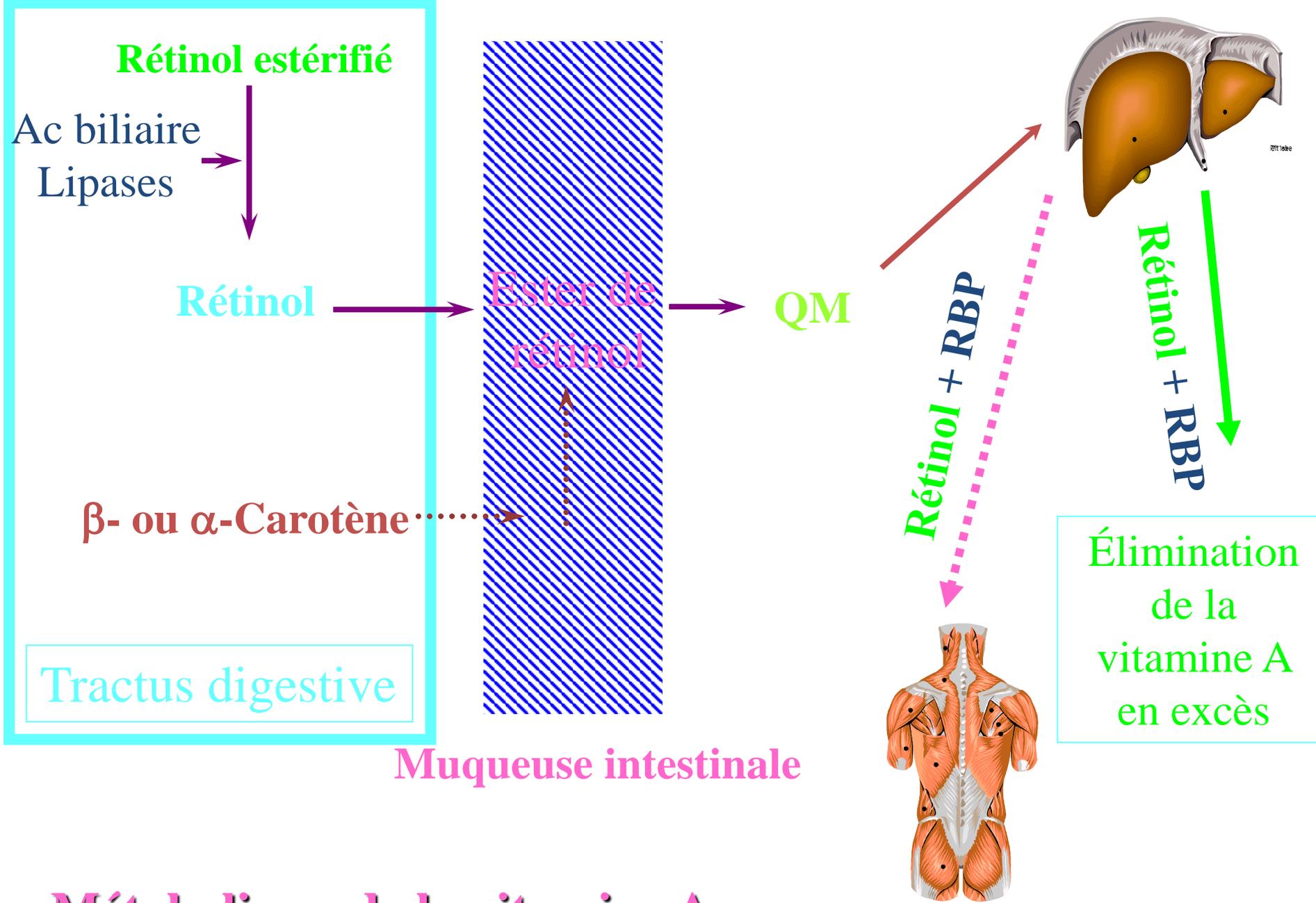
- Précurseur de la vitamine A
- Transformée au niveau de l'intestin en rétinol utilisable par le corps
- Seulement 10% (~50) des différents caroténoïdes sont réellement des précurseurs
 - Le + connu est le β -carotène
- Principales sources: aliments d'origine végétale

Métabolisme

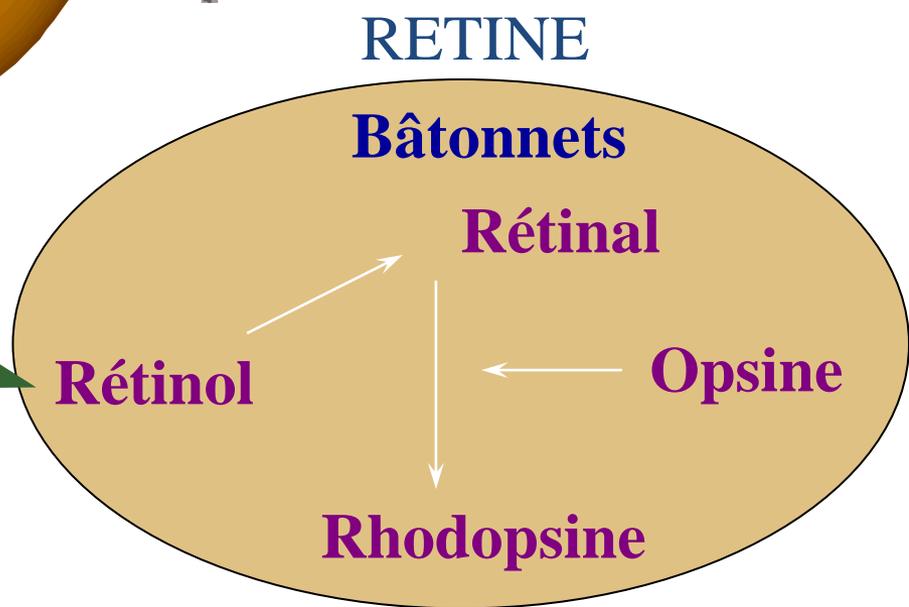
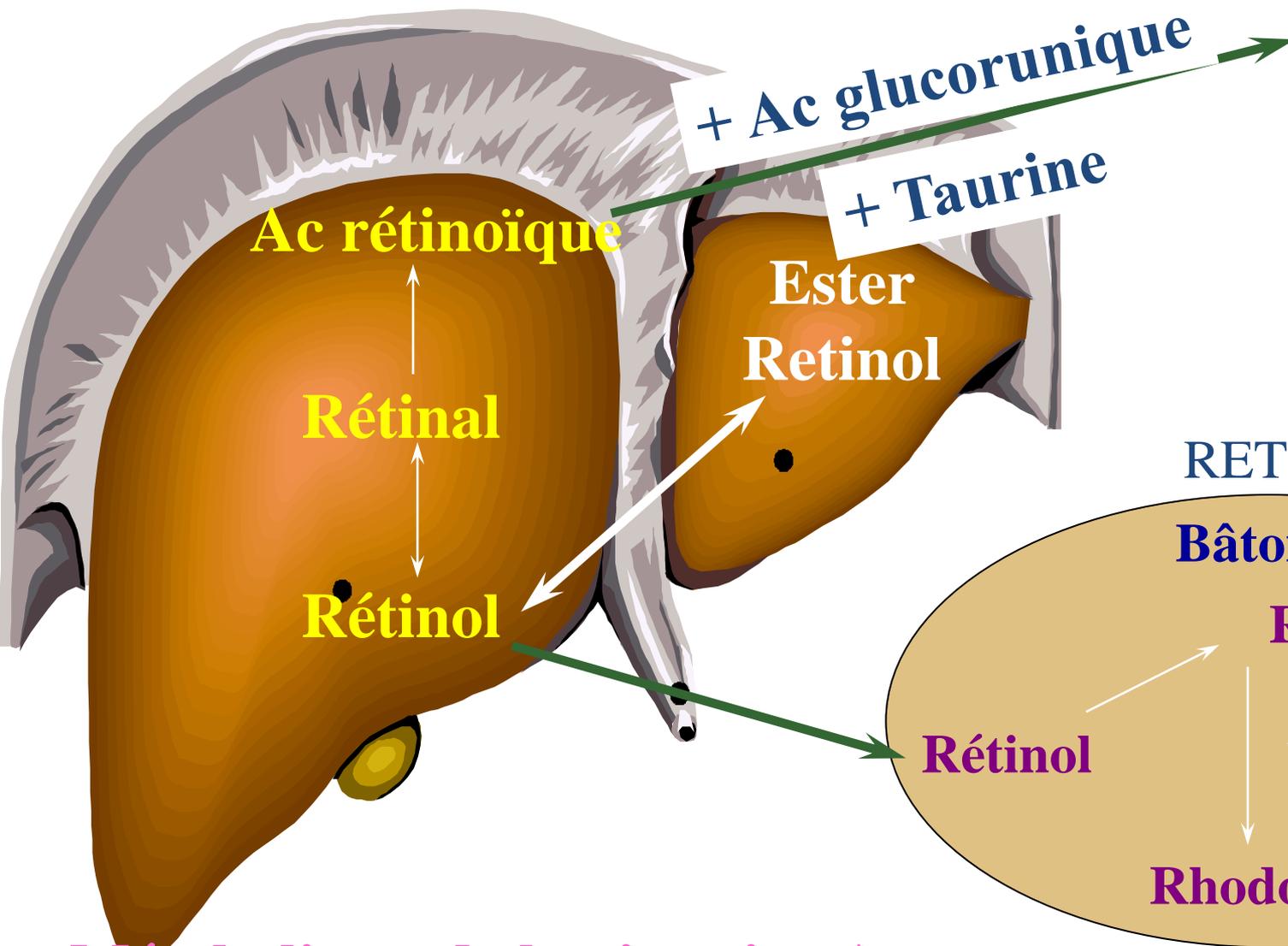
- Très lié avec le métabolisme lipidique
- Absorption: au niveau de la muqueuse intestinale
 - Dans les aliments d'origine animale, le rétinol est estérifié avec un acide gras de longue chaîne.
 - Après l'action de la lipase et les sels biliaires, le rétinol se dé-estérifie et s'absorbe (meilleure absorption que la forme estérifiée)
- Dans la muqueuse intestinale:
 - Le rétinol absorbé est estérifié et incorporé dans les chylomicrons (QM)
 - La plupart des β -carotènes absorbés ne sont convertis en rétinol qu'au niveau de la muqueuse intestinale

Métabolisme

- Les différents rétinoïdes et caroténoïdes sont incorporés dans les chylomicrons et véhiculés via sang au foie.
- Dans le foie:
 - > 90% de la vitamine A de l'organisme est y stocké.
 - Pour sa mobilisation, la vitamine A s'unie à la protéine RBP (Retinol Binding Protein = protéine se liant au rétinol) qui avec la préalbumine assure le transport dans le sang.
- Les **caroténoïdes** sont stockés dans le tissu adipeux et les glandes surrénales.
- Le rétinol peut être dégradé dans le foie via une liaison avec l'acide glucuronique ou la taurine, et éliminé avec la bile.
- Cette voie assure l'excrétion de 70% de la vitamine A dégradée, les 30% restantes sont excrétés par voie urinaire.

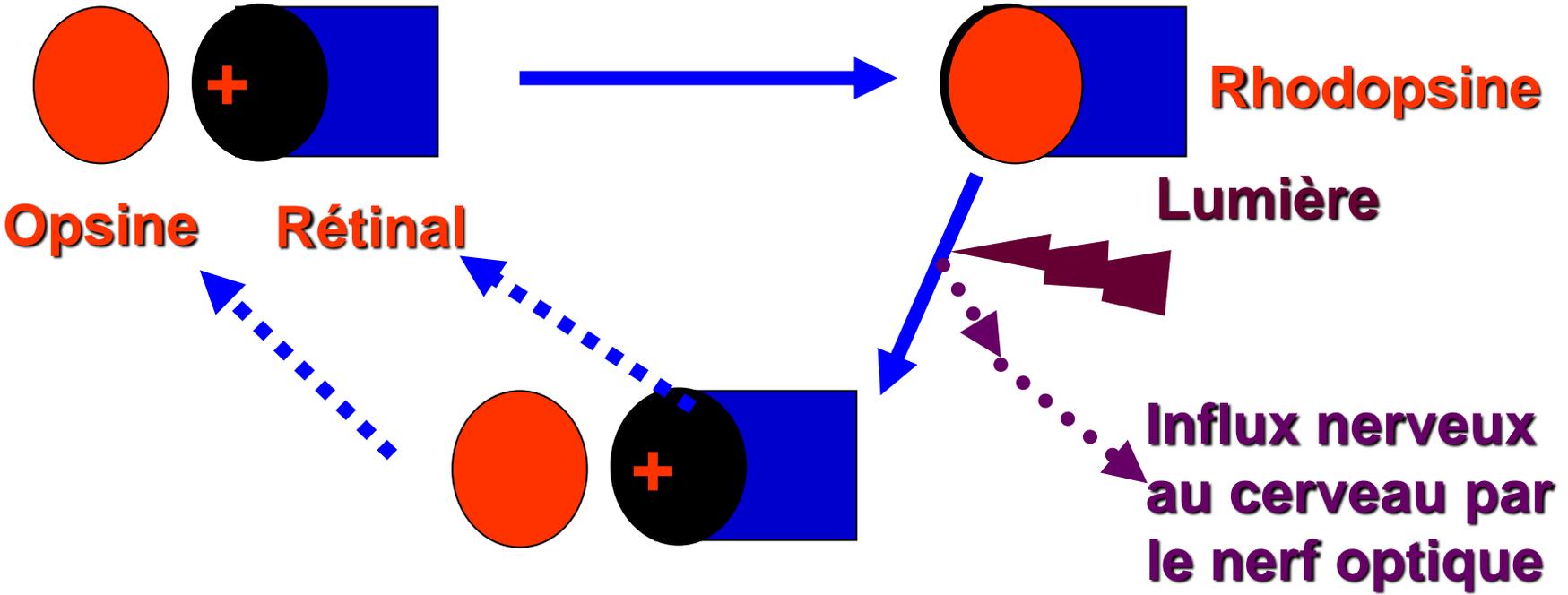
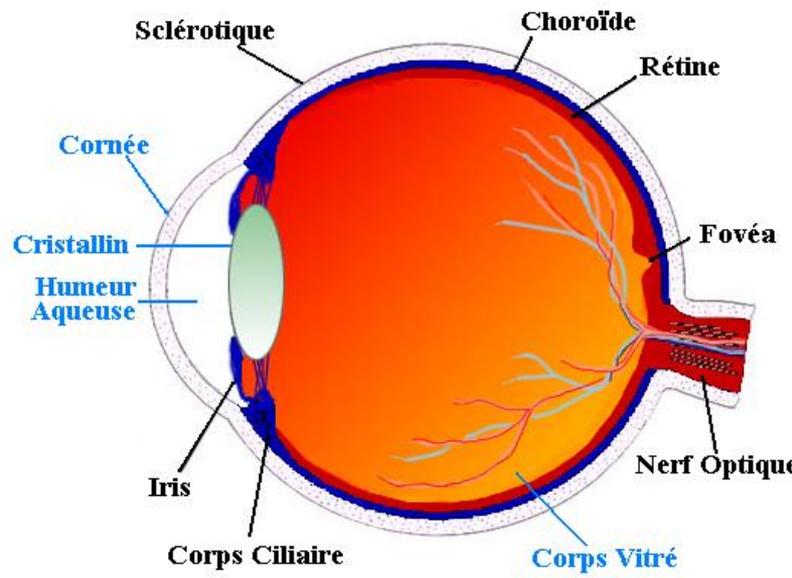


Métabolisme de la vitamine A



Métabolisme de la vitamine A

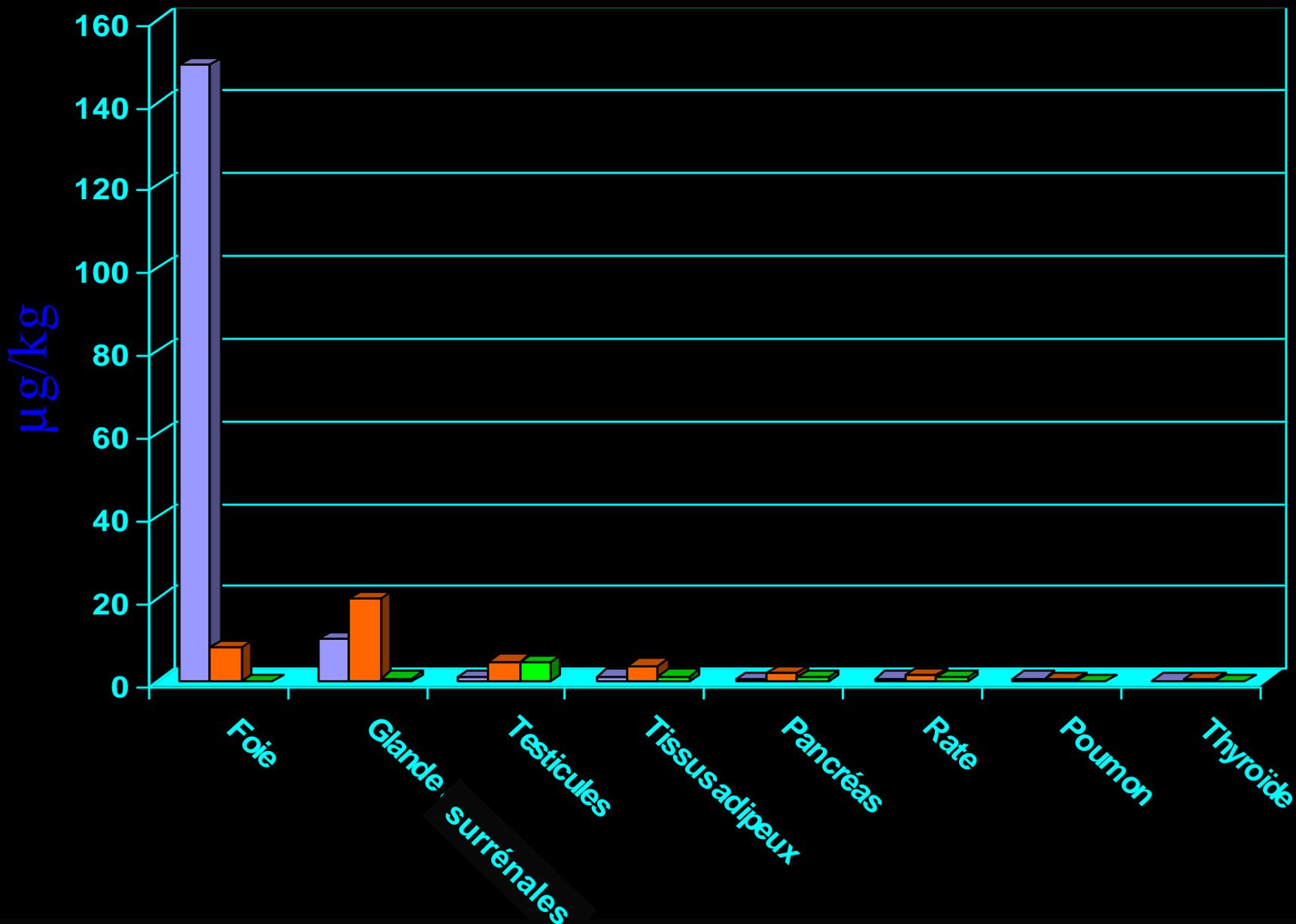
Vitamine A et vision



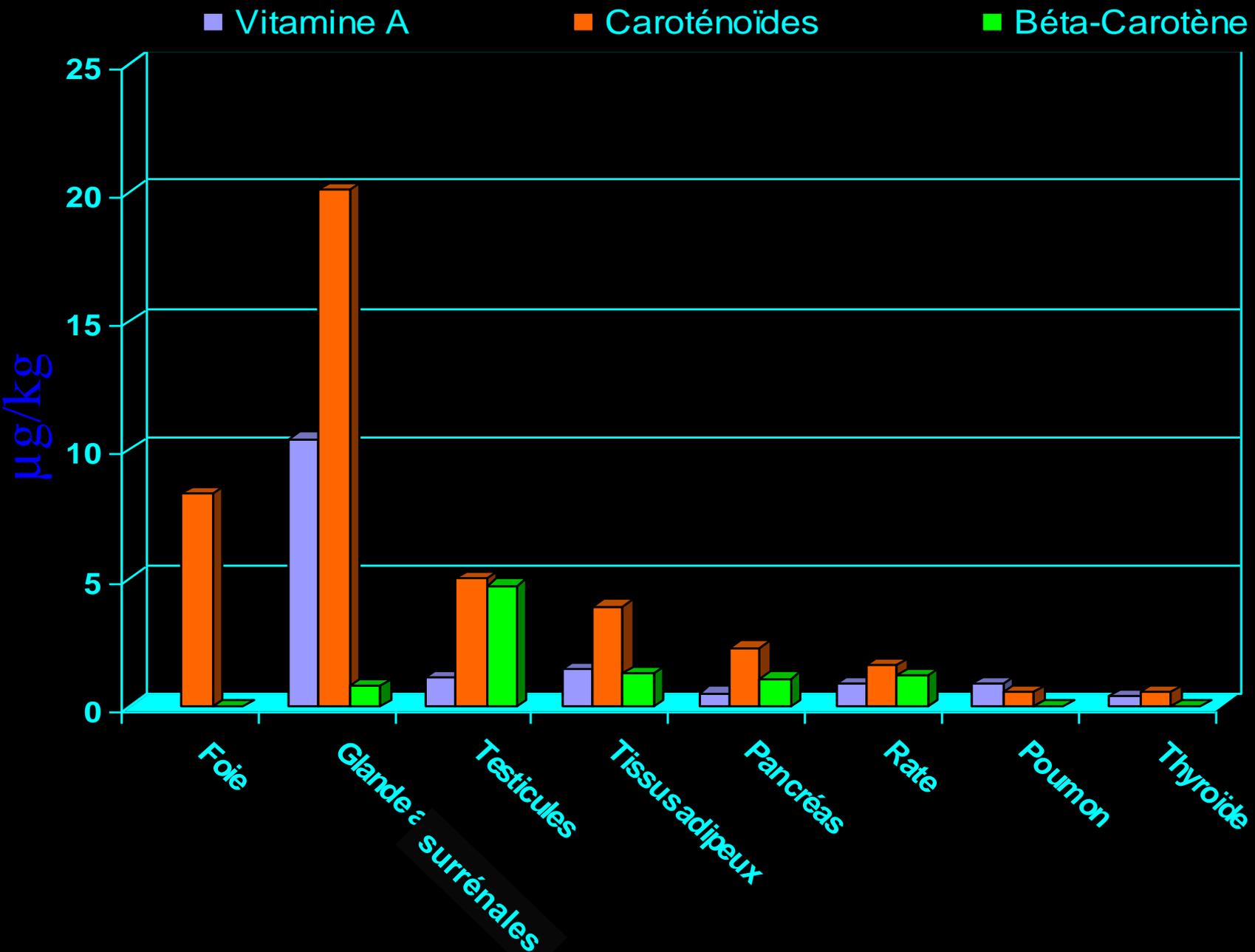
Vitamine A

Caroténoïdes

Béta-Carotène



Distribution tissulaire de la vitamine A



Distribution tissulaire (Vitamine A hépatique non représentée) 330

Rôles de la vitamine A

Vision
Vision nocturne

Activité
antioxydante

Croissance
Développement
Reproduction
Différenciation
cellulaire

Anticancer
Prévention
et
ralentissement
des cancers

Vitamine A

Peau
Favorise la
cicatrisation
Prévient les
affections
dermatologiques

Systeme immunitaire
Participe activement à
la résistance aux
infections

Sources alimentaires

- Sources principales du rétinol (75% vit A):
 - Foie
 - Acide de foie de poisson
 - Lait entier ou fortifié
 - Œufs

- Principales sources des caroténoïdes (25% vit A):
 - Végétaux: carottes et épinards



BIODISPONIBILITE

- Biodisponibilité augmente en présence dans les repas de:
 - Graisses
 - Protéines
 - Vitamine E
- La biodisponibilité diminue:
 - En présence d'agents oxydants
 - En absence de graisses, protéines, vitamine E, le fer, et le zinc (affectant l'absorption, le transport, le stockage et l'utilisation)
 - L'augmentation du rétinol dans le régime alimentaire (diminution de l'absorption à 60-80%)
 - L'augmentation des caroténoïdes (diminution de l'absorption à 10%)
- L'absorption intestinale est de 70-90% pour le rétinol et 20-50% carotènes

QUANTIFICATION

- La quantification de la vitamine A se fait en Unités Internationales (UI).
 - 1 UI de vitamine A = 0,30 µg de tout – trans- rétinol
 - 1 UI de vitamine A = 0,60 µg de tout -trans β-carotène

Actuellement, on utilise le terme de ‘équivalent rétinol’(ER):

- 1 ER = 1 µg de tout-trans rétinol
- 1 ER = 6 µg de tout-trans-β-carotène
- 1 ER = 12 µg de toute autre provitamine A

Recommandations

Group	Équivalent Rétinol	UI
Enfants		
<1an	375	1875
1-3ans	400	2000
4-6ans	500	2500
7-10ans	700	3500
Adultes		
Hommes	1000	5000
Femmes	800	4000
F. Enceintes	800	4000
F. Allaitante	800	4000

La supplémentation de la vitamine A n'est pas recommandée

Répercussions sur la santé: En cas de déficience

- La déficience en vitamine A est la plus fréquente chez les enfants en âge préscolaire (<5 ans), et en syndrome de malabsorption lipidique chronique.
 - Troubles de la vision nocturne
 - Opacité de la cornée
- Un ensemble de symptômes prend le nom **xérophtalmie**.
- Les lésions irréversibles en cornée associées à la cécité totale ou partielle sont appelées **Kératomalacie**.
- Autres signes moins spécifiques:
 - Augmentation de la susceptibilité aux infections
 - Kératinisation des cellules épithéliales du tractus respiratoire
 - Problèmes de la croissance
 - Dessèchement de la peau



Répercussions sur la santé:

En cas d'excès

- La consommation de quantités élevée de la vitamine A, β -caroténoïdes **protègent** contre les **radicaux libres**
- La consommation de doses excessivement élevée de la **vitamine A** (>15000 RE) peuvent produire des effets toxiques tels que:
 - Migraines, vomissements, diplopie (double vision d'un même objet), alopécie (calvitie et perte de cheveux), dessèchement de la muqueuse, desquamation, anomalies osseuses et dommages hépatiques.
 - Avortement et déformations osseuses du fœtus (chez les mamans qui ont reçu une dose élevée des rétinoïdes durant le premier trimestre de grossesse).
- En général, pas d'effet défavorable en cas d'ingestion massive des caroténoïdes.
 - Diminution de la biodisponibilité

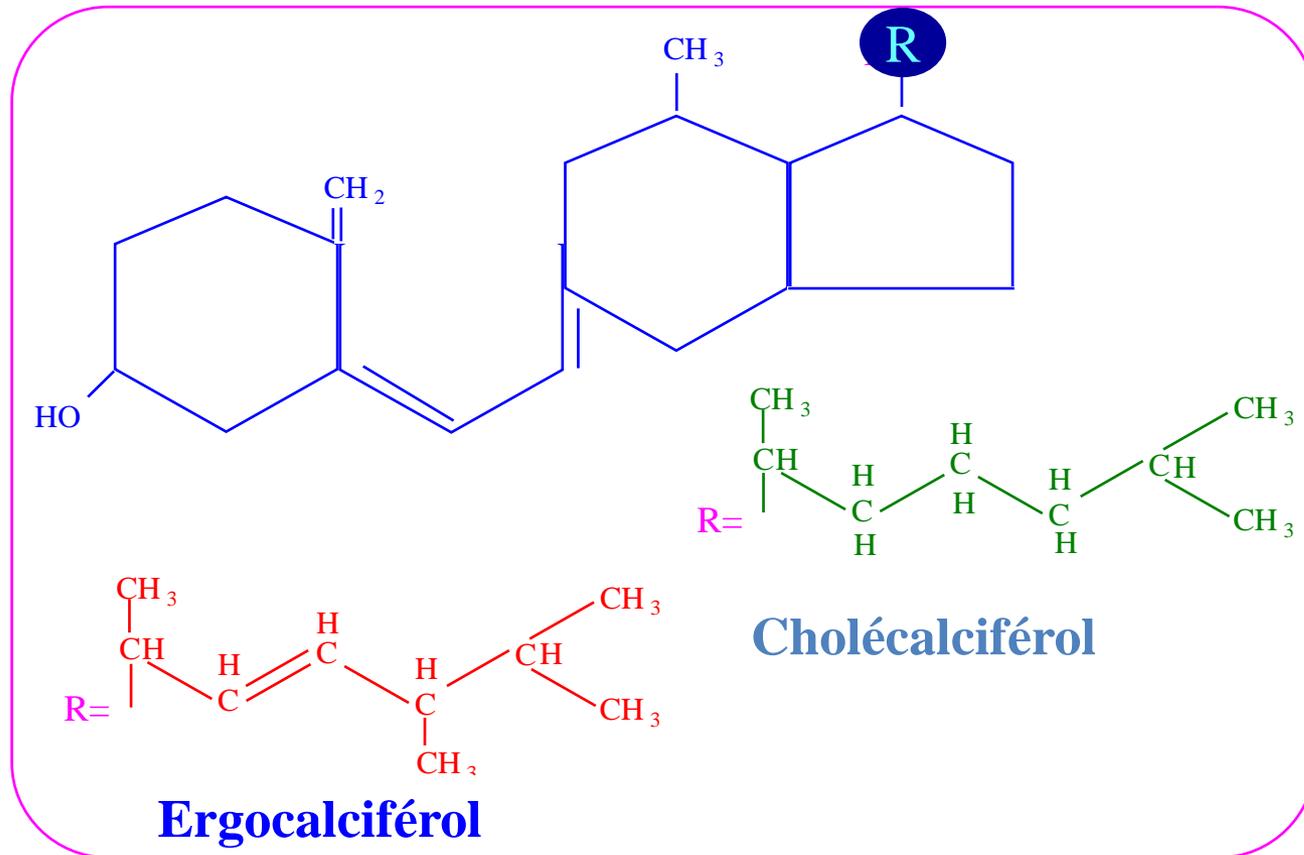
VITAMINE D



Définition

- Le calciférol est le nom générique des composés avec activité vitaminique D.
- Il est essentiel pour:
 - Formation adéquate du squelette
 - L'homéostasie minérale (vitamine antirachitique).
- La vitamine D existe sous deux formes:
 - **Vitamine D₃** (cholécalférol): synthétisée dans la peau à partir de **7-dehydrocholestérol** par l'action de la lumière ultraviolette et la chaleur.
 - **Vitamine D₂** (ergocalciférol): synthétisée par la lumière ultraviolette à partir de **ergostérol** présent dans les aliments.

STRUCTURE CHIMIQUE



Déterminants de la synthèse de la Vit. D

- La synthèse de la vitamine D dépend de:
 - Superficie de peau exposée aux rayons ultraviolets
 - Durée d'exposition
 - Longueur d'onde de la lumière
 - Saison de l'année
 - Latitude
 - Couleur de la peau
 - Âge (synthèse diminuée chez les personnes âgées)
- Synthèse diminuée chez les personnes renfermées (malades et personnes âgées)
- Un excès d'exposition au soleil peut interrompre la synthèse de la vitamine D.



Synthèse et métabolisme

- Les composés en relation avec la vitamine D sont:
 - 25-hydroxyvitamine D ou calcidiol formé dans le foie
 - 1,25-dihydroxyvitamine D o calcitriol par hydroxylation du calcidiol dans les reins
 - 24,25-dihydroxyvitamine D
- La 1,25-dihydroxyvitamine D est très liée au métabolisme du Ca
 - Augmente les niveaux plasmatiques du Ca (de façon synergique avec l'hormone parathyroïde) via trois mécanismes:
 - a) Augmente l'absorption du Ca et du P au niveau intestinal
 - b) Facilite la libération du Ca osseux au plasma
 - c) Provoque la rétention urinaire du Ca

Métabolisme

- La vitamine D qui provient de l'alimentation est absorbée au niveau du duodénum et jéjunum
- Elle est transportée par les **chylomicrons et la lipoprotéine au foie** et se transforme en **25(OH) vit D**.
- La vitamine D du **foie** (d'origine alimentaire) et celle **synthétisée dans la peau** sont transportée dans le sang par la **DBP** (protéine se liant à la vitamine D), et **s'accumule** principalement dans le tissu adipeux.
- L'activation de la vitamine D (**1,25-dihydroxyvitamine D**) se produit dans les reins
- Elle est excrétée par la **bile**, et peut être réabsorbée de nouveau.

Métabolisme de la vitamine D



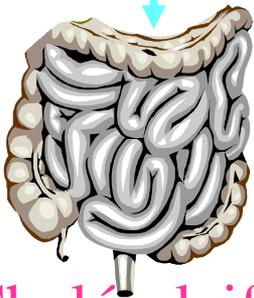
Radiation UV



Peau

7-dihydrocholestérol

Alimentation



Cholécalciférol

Cholécalciférol

Stimule la réabsorption du Ca

25-hydroxyvitamine D

1,25-dihydroxyvitamine D

Stimule la réabsorption du Ca

Stimule la résorption du Ca

1,25-dihydroxyvitamine D

(maintien de l'homéostasie calcique)

UTILITE PHYSIOLOGIQUE

- Le statut de l'organisme en vitamine D est déterminé par la concentration plasmatique de:
 - 25(OH) vit D
 - 1,25(OH)₂ vit D

Quantification et Activités des différentes formes

- 1 UI de vitamine D = Activité de 0,025 μg de cholécalférol
 - L'activité biologique de cholécalférol est de 40 IU/ μg
 - 25(OH)D 1.5 fois plus que le cholécalférol
 - 1,25(OH)₂D 5 fois plus que le cholécalférol.

Forme	Facteur de multiplication de pouvoir
Vitamine D ₃	1
Vitamine D ₂	1
25-OH-D ₃	2 à 5
25-OH-D ₂	2 à 5
1,25-(OH) ₂ -D ₃	10
1,25-(OH) ₂ -D ₂	10

Sources alimentaires et biodisponibilité

- Le stockage, le traitement culinaire n'affecte pas significativement la biodisponibilité de la vitamine D
- Les principales sources alimentaires de la vitamine D sont les **aliments fortifiés**.
- **Cholécalciférol:**
 - Le lait (pour les enfants).
 - Les œufs, le beurre et la margarine fortifiée
 - L'huile de poisson
- **Ergocalciférol:**
 - Champignon
 - Levure
 - Céréales



Recommandations

Groupe	UI/j
Enfants	
<6 mois	300
6 mois-10ans	400
Adolescents	400
Adolescentes	400
Adultes	
Hommes	200
Femmes	200
F. Enceintes	400
F. Allaitante	400

Répercussions sur la santé: En cas de déficience

- Le principal symptôme = minéralisation inadéquate des os:
 - Chez les enfants: déformations du squelette (**rachitisme**)
 - Chez les adultes: une **inframinéralisation** de l'os
- Rachitisme chez les enfants: incapacité de calcifier la matrice osseuse → os mous, pieds en forme de X ou O, courbure dans le squelette
- **Ostéomalacie chez les adultes= " os mou "**
 - Défaut de minéralisation de la matrice osseuse
 - Hypertransparence



Répercussions sur la santé: En cas de déficience

- Les principales causes de la déficience en vitamine D sont:
 - La non – exposition solaire
 - Syndromes de malabsorption de la vitamine D
 - Consommation des aliments pauvres en vitamine D ou aliments non supplémentés.



Répercussions sur la santé:

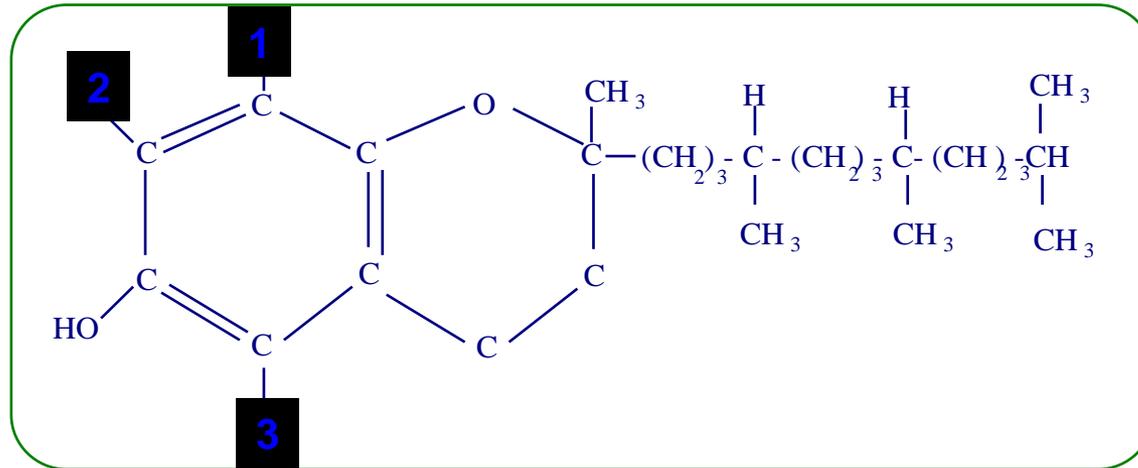
En cas d'excès

- Un niveau toxique de la vitamine D s'établit à 5 fois plus les RDA (1000 IU/j)
- L'ingestion excessive de cette vitamine peut produire l'hypercalcémie et l'hypercalciurie
 - Provoquer des dépôts de calcium dans les tissus mous et nuire les reins et le système cardiovasculaire de façon irréversibles
- Dépression mentale
- Perte d'appétit
- Perte de poids
- Fatigue

VITAMINE E



STRUCTURE CHIMIQUE



α - tocophérol (groupe méthyle positions 1, 2 et 3), le plus actif

β - tocophérol (groupe méthyle positions 1 et 3)

γ - tocophérol (groupe méthyle positions 1 et 2)

δ - tocophérol (groupe méthyle position 1)

Si on considère 100 comme l'activité de α -tocophérol,
l'activité de:

β - tocophérol sera entre 25-50

γ -tocophérol sera entre 10-35

Groupes de vitamine E

- Il existe deux groupes principaux avec activité vitaminique E.
 - les tocophérols (α , β , γ et δ) qui diffèrent entre eux en nombre et positions des groupes méthyles dans l'anneau
 - les tocotriénols qui présentent des positions insaturées dans la chaîne
- La forme la plus active et la plus présente dans la nature (80%) est l' α -tocophérol.
- L' α -tocophérol synthétique est formé de 8 isomères, desquels l' α -tocophérol naturel est seulement un isomère
- ➔ une nomenclature différente:
 - Naturel: d- α -tocophérol (RRR- α -tocophérol)
 - Synthétique: dl- α -tocophérol.

Action antioxydante de la vitamine E

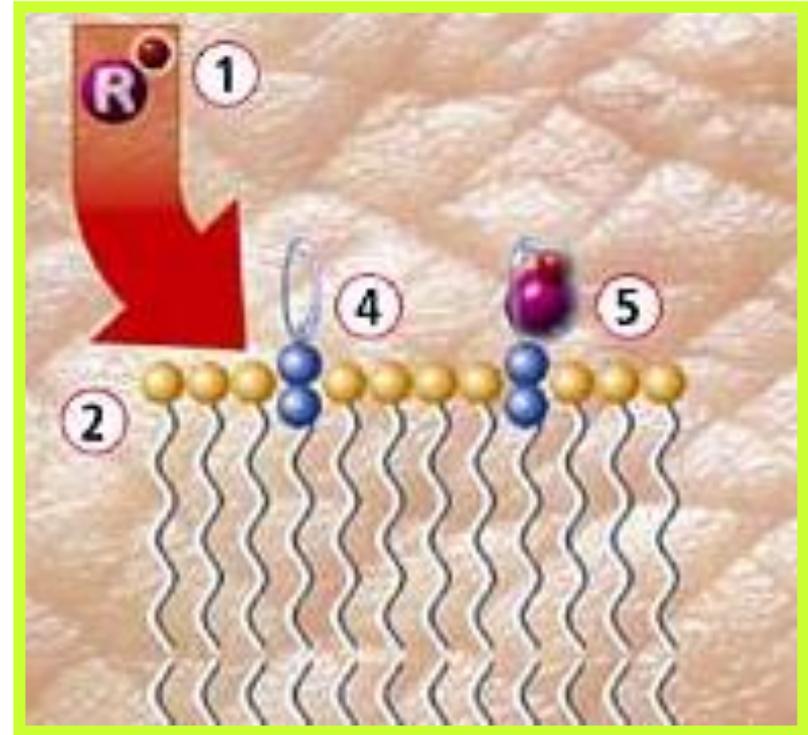
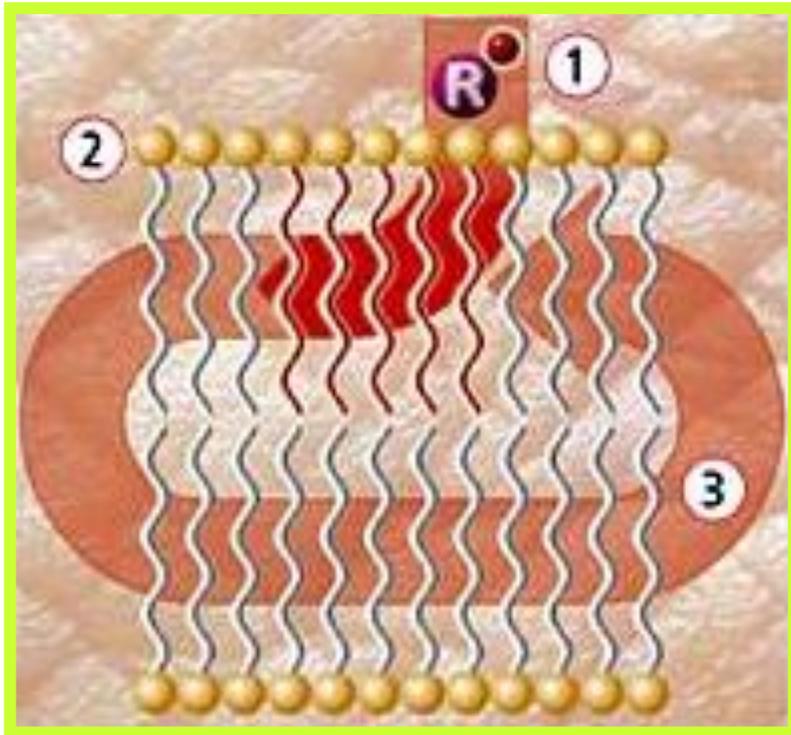


Diagramme schématisé de l'action de la vitamine E sur la peroxydation des lipides et la terminaison d'une chaîne de réaction radicalaire.

1- Radical libre de l'oxygène (RLO), 2- Membrane cellulaire, 3- Chaîne de réaction radicalaire, 4- Vitamine E, 5- Neutralisation des radicaux libres par la vitamine E.

Rôle de la vitamine E

- Principal antioxydant naturel

Prévention contre le
vieillessement

En protégeant les cellules de
l'action néfaste des radicaux
libres d'oxygène

Prévention contre les maladies
cardiovasculaires

En diminuant le taux de LDL et
favorisant la circulation
sanguine, Action Antioxydant

Prévention du cancer

En association avec la vitamine
C, elle retarde l'apparition du
cancer

Compléments de l'action antioxydante

- L'action antioxydante développée par les tocophérols peut être complémentée par :
 - Sélénium, co-facteur de l'enzyme glutathion peroxydase (enzyme antioxydante)
 - Acide ascorbique (vitamine C)
 - Vitamine A

METABOLISME

- L'absorption de la vitamine E varie entre 20 et 80%
- Les sécrétions biliaire et pancréatique normales sont indispensables pour une absorption normale
- Une fois dans les cellules de la muqueuse intestinale, la vitamine E est transportée par les chylomicrons au foie.
- La vitamine E se distribue aux autres tissus associée au VLDL (Lipoprotéines de très faible densité)
- La distribution de la vitamine E semble être liée à la quantité de graisse présente dans les différents tissus.
- La quantité de la vitamine E par gramme de graisse est constante dans tous les tissus organiques.

QUANTIFICATION

- Une UI est définie comme étant l'activité de 1 mg d'acétate de dl- α -tocophérol, celui-ci a une activité de 74% du tocophérol naturel.
- En diététique, l'activité de la vitamine E s'exprime en équivalent à l'activité de RRR- α -tocophérol (α -TE), avec 1TE égal à l'activité de 1 mg de RRR- α -tocophérol.

Activités des différentes formes de la Vitamine E en % de d- α -tocophérol

Forme	Activité (%)
d- α -tocophérol	100
d- β -tocophérol	15-40
d- γ -tocophérol	1 - 20
d- δ -tocophérol	1
α -tocotriénol	15-30
β -tocotriénol	1-5
γ -tocotriénol	1
δ -tocotriénol	1

Sources alimentaires

- Les principales sources de la vitamine E:
 - Les huiles végétales
 - Aliments préparés à partir des huiles végétales (exemple: margarine).
 - Le germe de blé
 - Les œufs
 - Le foie
 - Le lait et dérivés
 - Les noix, amandes, noisettes
- Le traitement culinaire et le stockage affecte la teneur en tocophérols
 - Au cours de la désodorisation des huiles, 40% des tocophérols sont perdus



Recommandations

Groupe	UI/j
Enfants	
<1an	4,5-6,0
1-10ans	9-10,5
Adolescents et adultes	
Hommes > 11 ans	15
Femmes >11 ans	12
F. Enceintes	15
F. Allaitante	18

Les besoins nutritionnels en vitamine E sont augmentés en cas d'un apport élevé en acides gras polyinsaturés

Répercussions sur la santé: En cas de déficience

- Les cas de déficience en vitamine E sont rares, peuvent être le résultat de:
 - Une absorption anormale des graisses
 - Naissances prématurées: membrane érythrocytaire débile → pour sa prévention, il faut une administration de 25 mg α -TE/Kg les jours 1, 2, 7 et 8 de la vie
- La déficience en tocophérols provoque une oxydation en chaîne des acides gras polyinsaturés produisant des altérations:
 - Anormalités neurologiques (formation de granules appelés pigments céréoïdes dans les neurones qui provoquent le vieillissement cérébral).
 - Fragilité des globules rouges
 - Mauvaise guérison des blessures
 - Défaillances de reproduction (dégénérescence de l'épithélium séminifère)
 - Dystrophie musculaire

Répercussions sur la santé: En cas d'excès

- La vitamine E est la moins toxique des vitamines liposolubles.
- La consommation de quantités très élevées (10 à 100 fois les RDA)
➔ prévenir ou palier certains désordres
- A une dose élevée, la vitamine E ➔ prolongement de la vie:
 - Éviter la prolifération des cancers de colon
 - Palier en partie les effets de l'ozone, tétrachlorure de carbone et du tabac.
 - Réduire l'incidence des maladies cardiovasculaires
 - Renforcer le système immunitaire
 - Réduire l'incidence de la maladie de Parkinson
- Prise excessive et durant de longues périodes:
 - Maux de tête
 - Trouble de la vision
 - Diarrhée
 - Fatigue inhabituelle

VITAMINE K

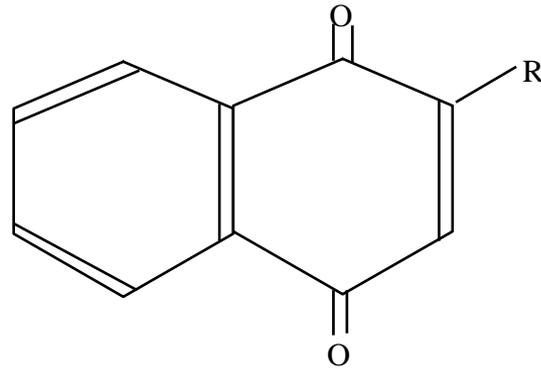
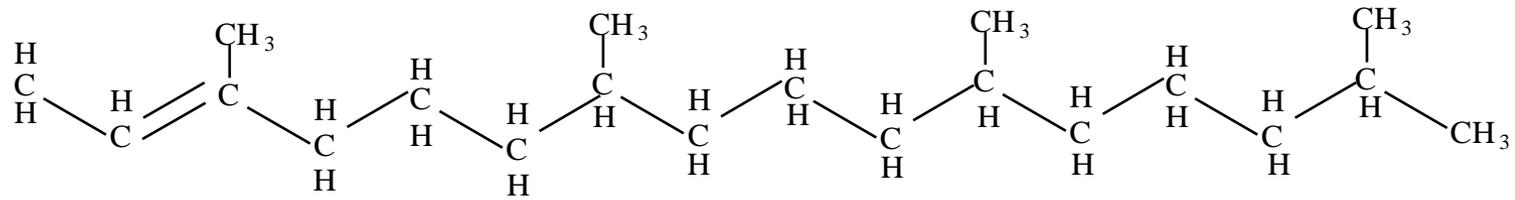


Groupe de la vitamine K

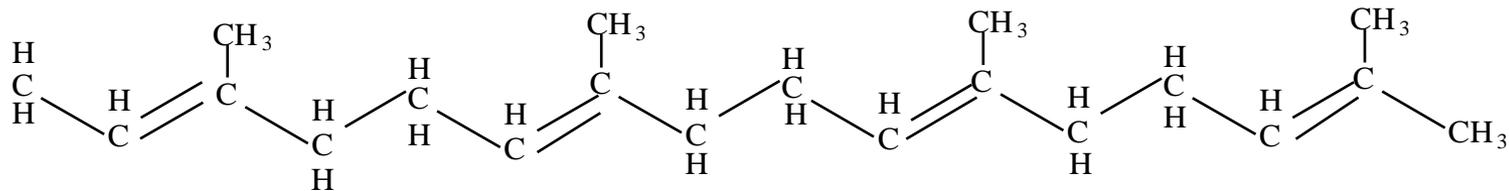
- Vitamine K est le nom du groupe de composés contenant 2-méthyl-1,4-naphtoquinone.
- Chez les plantes → phylloquinone.
- Chez les bactéries → ménaquinone
- Dans les tissus animaux → les 2 composés
- La ménadione est un composé synthétique qui peut être converti dans le foie de l'homme à la forme active la ménaquinone.



STRUCTURE CHIMIQUE

MENADIONE (R=CH₃)

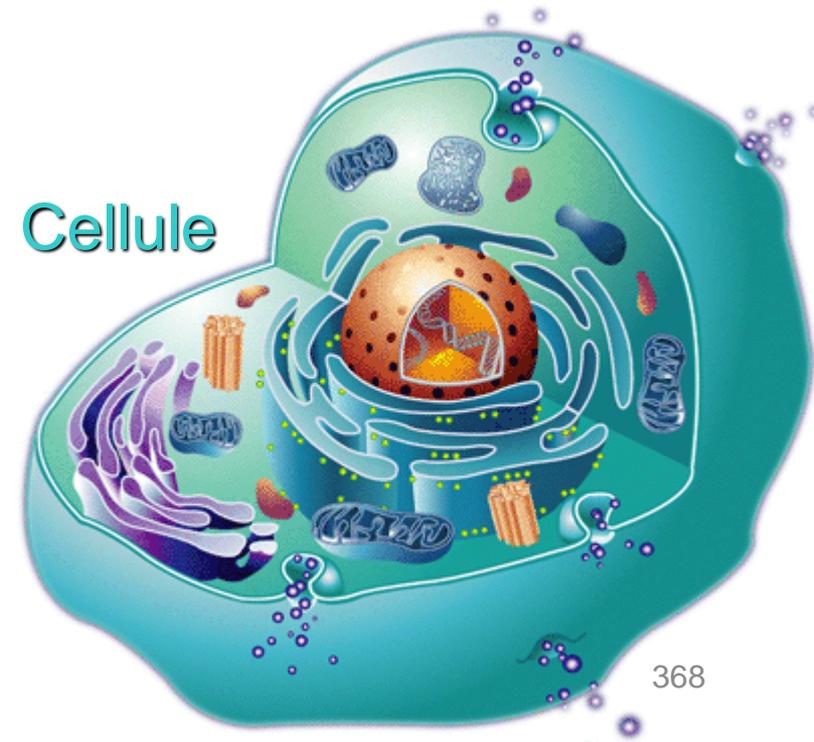
PHYLLOQUINONE (R)



MENAQUINONE (R)

METABOLISME

- En conditions normales, l'absorption de la vitamine K varie entre 40-70%, réalisée principalement dans le jéjunum et l'ilium.
- La vitamine K est transportée par les chylomicrons et se stocke dans le foie.
- A l'intérieur des cellules, la vitamine K s'associe avec les membranes, spécialement en réticulum endoplasmique et mitochondrie



Métabolisme

- Le stockage de la vitamine K dans le foie se fait comme suit:
 - 10% phylloquinone
 - 90% ménaquinone, en partie synthétisé par la flore intestinale
- La synthèse de la vitamine K par la flore intestinale n'est pas suffisant → un apport alimentaire est indispensable
- Le contenu de cette vitamine dans le corps humains est assez bas
→ Déséquilibre rapide en cas de déficience

Sources alimentaires



- Les végétaux à feuilles vertes sont la principale sources de la phylloquinone.
 - La concentration de la vitamine K varie selon la saison de foliation.
- Le lait et les produits laitiers, la viande, les œufs, les céréales, les fruits et les autres végétaux contiennent de de la vitamine K mais à faible quantité.
- Le lait de vache est beaucoup plus riche en cette vitamine que le lait humain (de 2 à 9 fois plus)
- La production de la ménaquinone dans le jéjunum et l'iléon par la flore intestinale constitue un apport considérable en cette vitamine, mais insuffisant pour les besoins humains

Biodisponibilité

- L'absorption de la vitamine K dépend de:
 - Sécrétions biliaires
 - Sécrétion pancréatique
 - Présence des lipides dans le repas

Rôle de la vitamine K

- Les composés avec activité vitaminique K sont indispensables pour:
 - La formation de prothrombine et d'au moins 5 protéines (facteurs VII, IX et X, et les protéines C et S)
 - Impliquée dans la coagulation sanguine et le bouchonnement des blessures.
 - Biosynthèse d'autres protéines plasmatiques, osseuses et rénales.
 - Carboxylation des protéines dans d'autres organes comme l'os et le rein.
 - Ces protéines peuvent former des ponts de calcium, donc interviennent dans la cristallisation de la matrice osseuse.
- En absence de la vitamine, toutes ces protéines sont synthétisées mais sont inactives

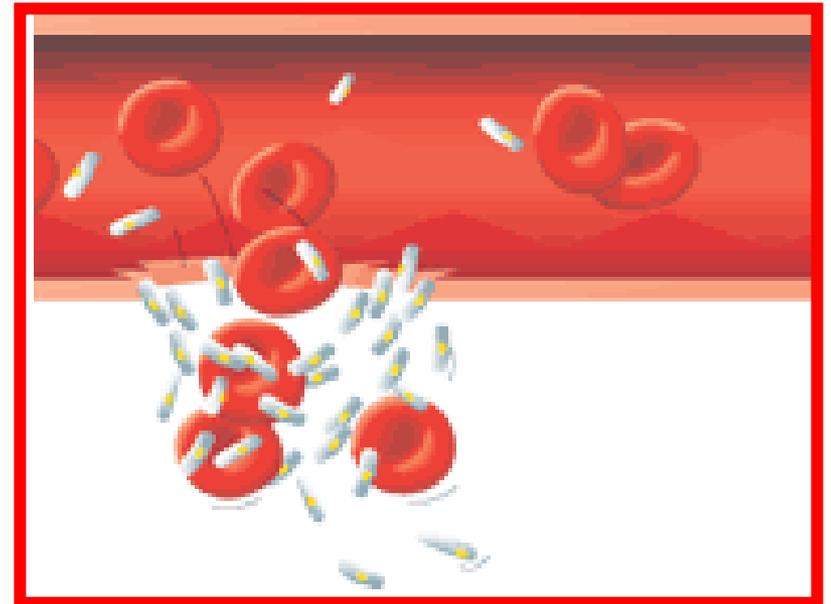
Rôles

Joue un rôle essentiel dans la synthèse d'au moins 4 protéines impliquées dans la coagulation sanguine

Participe en association avec les vitamines A et D à l'élaboration des protéines au niveau du rein et de l'os

Prévention des accidents hémorragiques

Nécessaire à la fixation du Ca sur certaines protéines de l'os et des dents → Minéralisation de l'os



Recommandations: Enfants

Groupe	$\mu\text{g/j}$
<6 mois	5
6 mois-12 mois	10
1-3 ans	15
4-6 ans	20
7-10 ans	30

Recommandations: Jeunes personnes et personnes adultes

Groupe	µg/j
Hommes	
11-14 ans	45
15-18 ans	65
19-24 ans	70
>25 ans	80
Femmes	
11-14 ans	45
15-18 ans	55
19-24 ans	60
>25 ans	65
F. Enceintes	65
F. Allaitante	65

La supplémentation durant ces périodes n'est pas recommandée.

Vitamine K et nouveaux-nés

- Les nouveaux nés ont habituellement une concentration basse en prothrombine, qui peut s'aggraver avec l'immaturité hépatique. Ceci est dû à:
 - La concentration basse de la vitamine K dans le lait maternel
 - La faible présence de la flore intestinale.
- La non administration de la vitamine K à la naissance peut induire un risque élevé des hémorragies intracrâniennes.
- Une administration intramusculaire est usuelle:
 - 0,5-1 mg de vitamine K pour les nouveaux nés
 - Un minimum de 1 mg pour les prématurés.
- Il est recommandé:
 - 5 $\mu\text{g}/\text{j}$ de phylloquinone ou ménaquinone durant les 6 premiers mois
 - 10 $\mu\text{g}/\text{j}$ durant les 6 mois suivants
- En norme général, il est établi une quantité de 1 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ poids/j

Répercussions sur la santé: **en cas de déficience**

- La déficience de la vitamine K n'est pas fréquente.
- Généralement due à des problèmes de malabsorption et pas à un faible apport alimentaire
- En cas de déficience → altérations de la coagulation sanguine (pouvant donner lieu à des hémorragies) avec aggravation en cas de:
 - L'ingestion des médicaments anticoagulants
 - Ingestion massive de la vitamine E
 - Médication continue avec antibiotique
 - Obstruction biliaire chronique
 - Maladies hépatiques (malabsorption des graisses)
 - Traitements avec les anti-coagulants
 - Les nourrissons
 - Ne possèdent pas de flore intestinale
 - Absorption intestinale réduite
 - Réserves faibles et teneur faible dans le lait maternel



- Patients souffrant d'une déficience en vitamine K



Répercussions sur la santé:

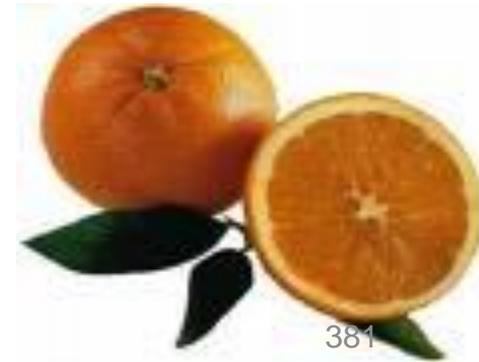
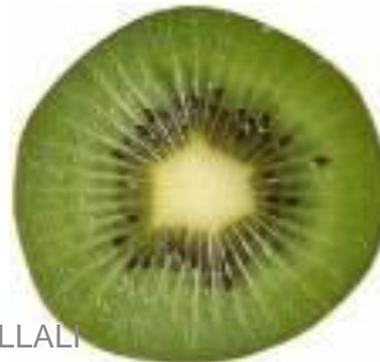
En cas d'excès

- L'intoxication due à la vitamine K n'est pas fréquente
- Dans le cas d'un apport exagéré durant une longue période:
 - Production des caillots sanguins
 - Provocation de troubles hépatiques

VITAMINES HYDROSOLUBLES

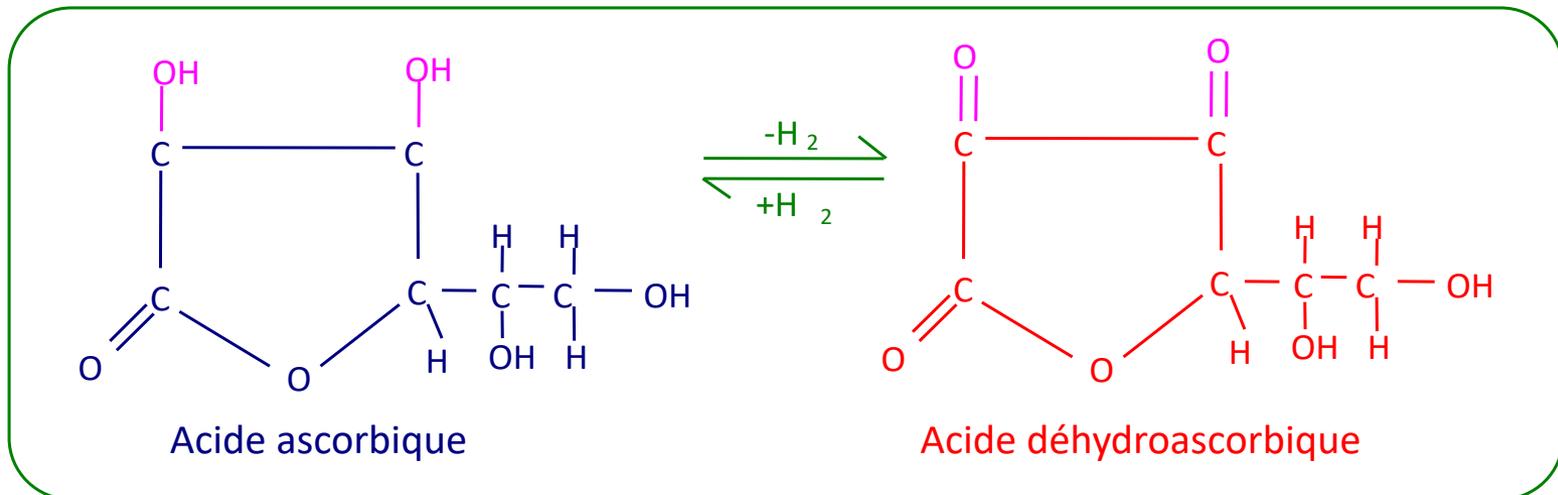


VITAMINE C



Définition

- Les composés avec activité vitaminique C sont l'acide ascorbique et l'acide déshydroascorbique
- La vitamine C est un **antioxydant hydrosoluble** qui ne peut être synthétisé par l'homme.
- Dans les aliments, elle est présente sous forme oxydée (**acide déshydroascorbique**)

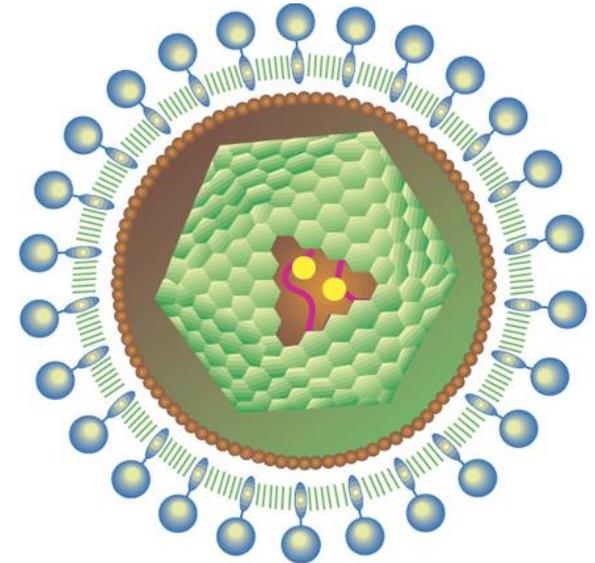


Rôles de la vitamine C

- Les propriétés biochimiques les mieux définies sont:
 - Pouvoir réducteur
 - Co-substrat en **hydroxylations** tels que:
 - la proline et la lysine durant la formation de la collagène
 - La conversion de dopamine en norepinéphrine
 - La conversion de tryptophane en 5-hydroxytryptophane.
- L'acide ascorbique est aussi lié **métabolisme** de:
 - Tyrosine
 - Histamine
 - Acide folique
 - Corticostéroïdes
 - Peptides neuroendocrines
 - Acides biliaires
- Impliquer dans la fonction des **leucocytes** et **macrophages** (réponse immune et réaction allergiques).

Rôles et effets bénéfiques

- Antioxydant, défendant contre les RLO et agissant contre:
 - Asthme et autres allergies
 - Athérosclérose, cholestérol pressions artérielle élevée
 - Prévention et traitement du cancer
 - Traitement cataractes
 - Diabète
 - Parkinson
- Intervient aux:
 - fonctions hormonales, surrénaliennes, sexuelles
 - métabolismes du fer, du collagène, des glucides, des lipides, des protéines.
 - métabolismes musculaire et cérébral.
 - Processus d'ossification.
 - Système immunitaire (lutte contre l'infection microbienne et virale)



Virus SIDA

Métabolisme

- S'absorbe dans l'intestin via un processus dépendant du Na.
 - L'absorption varie entre 80-90%; 100% quand l'apport est faible
- Augmente l'absorption intestinale du Fer, quand ils sont ingérés simultanément
- Le corps humain peut stocker un max de 3 g
- Le stockage se fait principalement à l'intérieur des cellules
- L'acide ascorbique et ses principaux métabolites sont éliminés principalement par l'urine
 - Le principal produit éliminé est l'oxalate
 - Si l'ingestion est élevée le produits principal éliminé est l'acide ascorbique.
 - Seulement dans le cas des ingestions élevées, il y a dégradation de l'acide ascorbique en CO₂ dans l'intestin

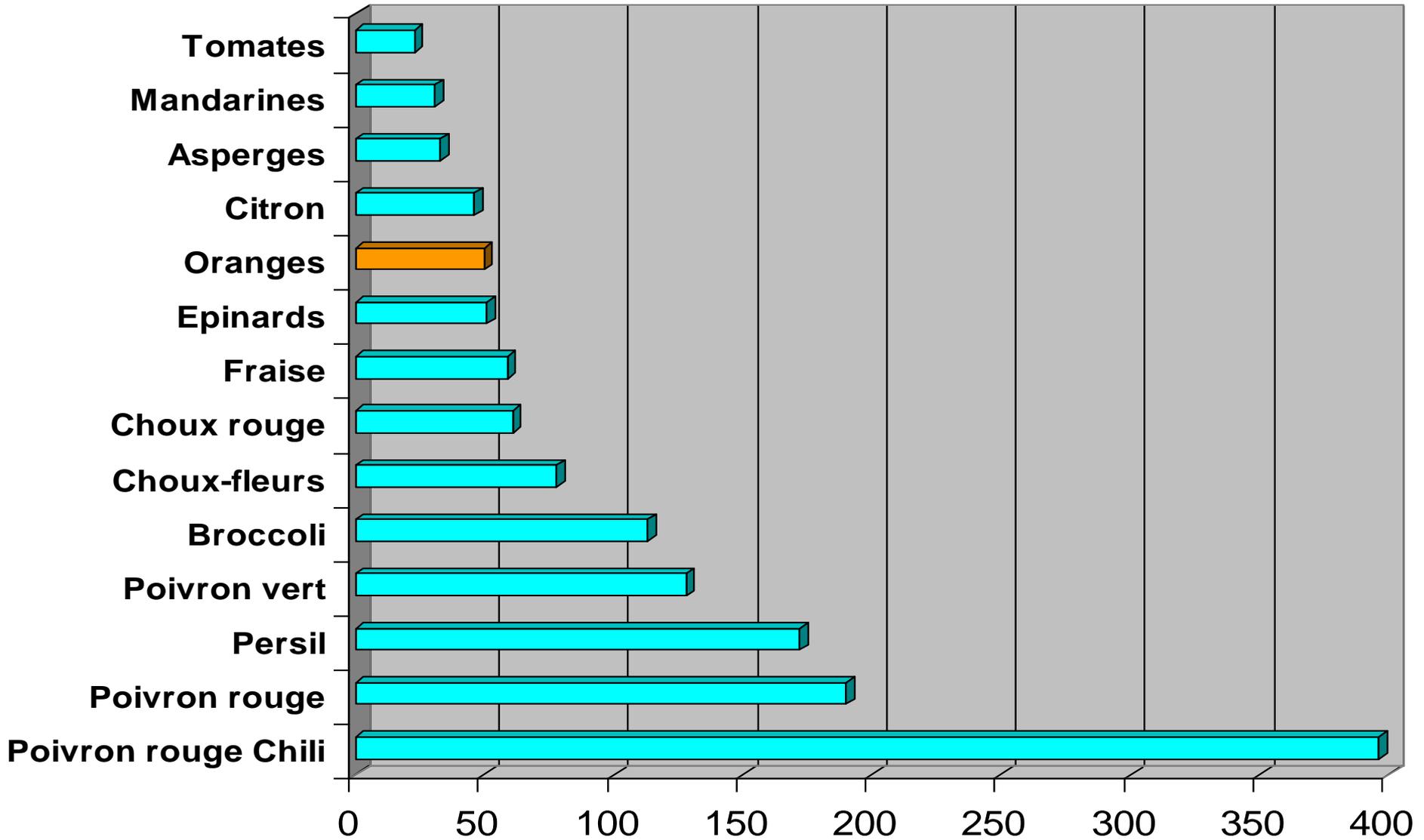
Sources alimentaires

- Les **végétaux et les fruits** contiennent de quantités élevées de vitamine C:
 - Piments
 - Brocoli
 - Épinards
 - tomates
 - pommes de terre
 - fraises
 - oranges (et autres citriques).



■ La viande, le poisson, les œufs, les produits laitiers sont en général pauvres en vitamine C.

Teneur en vitamine c (mg/100g)



Biodisponibilité

- L'ingestion réelle de la vitamine C peut être plus basse à causes des pertes dues à:
 - Oxydation
 - Échauffement des produits



- L'ingestion de la vitamine C peut être plus élevée:
 - Les tables de composition alimentaires ne considèrent pas la concentration de **acide déhydroascorbique** ni la quantité de **l'acide ascorbique** ajoutée aux conserves comme un **antioxydant**

Recommandations

Groupe	mg/j
Enfants	
< 6 mois	30
6-12 mois	35
1-3 ans	40
4-10 ans	45
11-14 ans	50
Adolescents et adultes	
> 15 ans	60
F. Enceintes	70
F. Allaitante	95

Recommandations

- Chez les adultes:
 - 10 mg/j: apport qui prévient le scorbut
 - 200 mg/j: Ne pas dépasser → excès et élimination
- les fumeurs (>20 cigarettes) doivent consommer au moins 100 mg/j → La concentration de l'acide ascorbique et les leucocytes dans le sang est inférieure à normal
- Grossesse: augmentation de 10 mg/j
- Allaitement:
 - 35 mg/j les 6 premiers mois
 - 30 mg/j les 6 mois suivants



Répercussions sur la santé: En cas de déficience

- Carence → Affaiblissement des structures de collagène → hémorragies capillaires fréquentes: **scorbut**
- La carence existe quand:
 - La concentration plasmatique de la vitamine C est < 0.2 mg/dl
 - Les leucocytes $< 2 \mu\text{g}/10^8$ cellules
 - Le contenu corporel en vitamine C < 300 mg.
- Les symptômes typiques du scorbut sont:
 - Gencives enflammées ou sanglantes
 - Hémorragies
 - Douleurs dans les articulations
- Le scorbut touche principalement:
 - Les enfants alimentés exclusivement au lait
 - Les personnes âgées avec des repas limités.

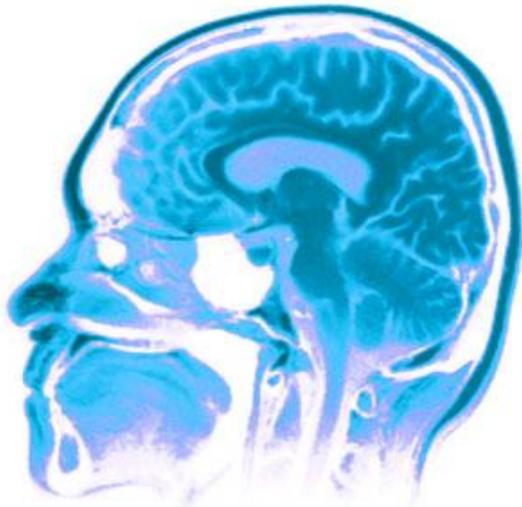


Répercussions sur la santé: En cas d'excès

- La ingestion de 1 g ou plus de vitamine C induit:
 - Réduction de la fréquence et la sévérité des symptômes de rhume commun
 - Limitation des maladies respiratoires
- Semble avoir un effet favorable sur la concentration sérique du cholestérol
- De nombreuses personnes peuvent consommer des doses > 1 g/j sans qu'il y ait d'intoxication rapportée
- L'ingestion de dose élevée n'est pas recommandée

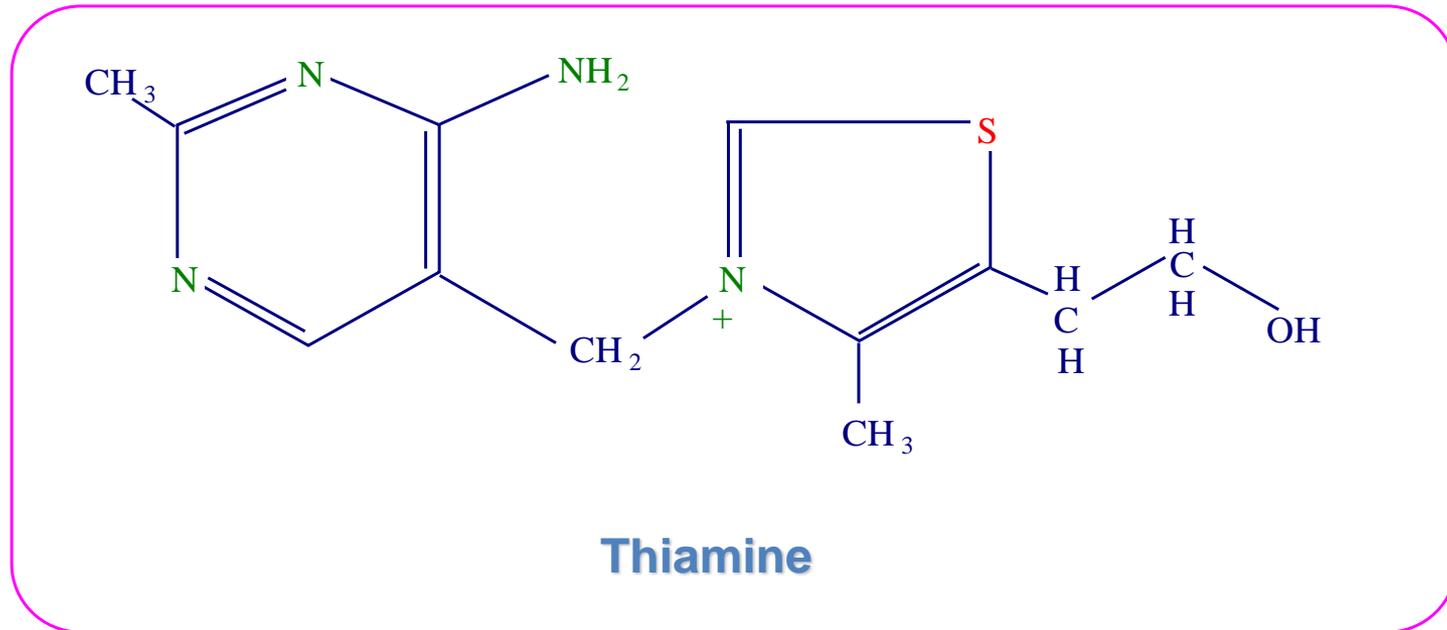


VITAMINE B₁



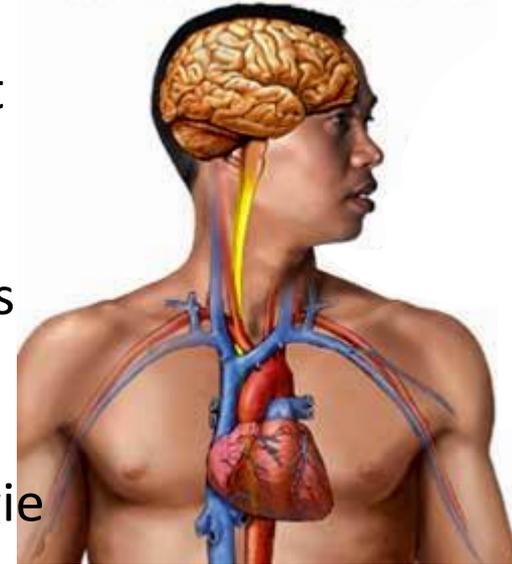
Définition

- La thiamine, la vitamine B1 ou aneurine est le composé naturel avec activité vitaminique B1



Rôles de la thiamine

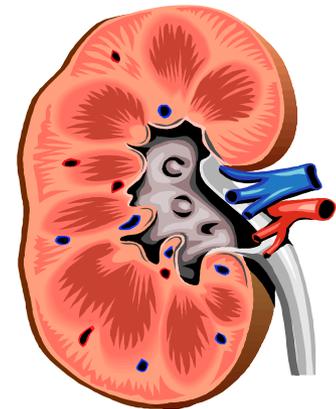
- La thiamine et la thiamine pyrophosphate (TPP) sont des co-enzymes nécessaires pour :
 - Décarboxylation oxydative de α -cétoacides
 - L'activité de transcétolase de la voie des pentoses
- Nécessaire pour le métabolisme des glucides
- Nécessaire pour la conversion des aliments en énergie



- Indispensable pour le fonctionnement du système cardiovasculaire
- La thiamine triphosphate intervient dans le neurotransmission
➔ indispensable au système nerveux central
- Possible participation dans la réponse immunitaire (lymphocytes T)

Métabolisme de la thiamine

- Rapidement absorbée sous sa forme active dans l'intestin grêle.
- Se distribue dans l'organisme en se concentrant principalement dans le foie, le cerveau, les reins, le cœur.
- S'élimine par urine, tels que les métabolites pyrimidiniques



Sources alimentaires

- Les principales sources de thiamine sont:
 - Les céréales non raffinées
 - La levure de bière
 - Les viscères (foie, cœur, rein)
 - Légumes, semences, noix.
 - Aliments fortifiés (surtout les céréales).



- Une synthèse (non considérable) de la part **des bactéries intestinales.**

Recommandations de la thiamine

- En un principe, les recommandations sont établies en de l'énergie consommée.
- Adultes: 1 mg/j (0,5 mg /1000 Kcal).
- Durant la **grossesse**: une augmentation de 0,4 mg/j
- Durant **l'allaitement**: une augmentation de 0,5 mg/j
- Nourrissons: Une ingestion minimale de **0,4 mg/1000 Kcal**.
- Enfants, les recommandations sont les mêmes que pour les adultes **0,5 mg/1000 Kcal**.

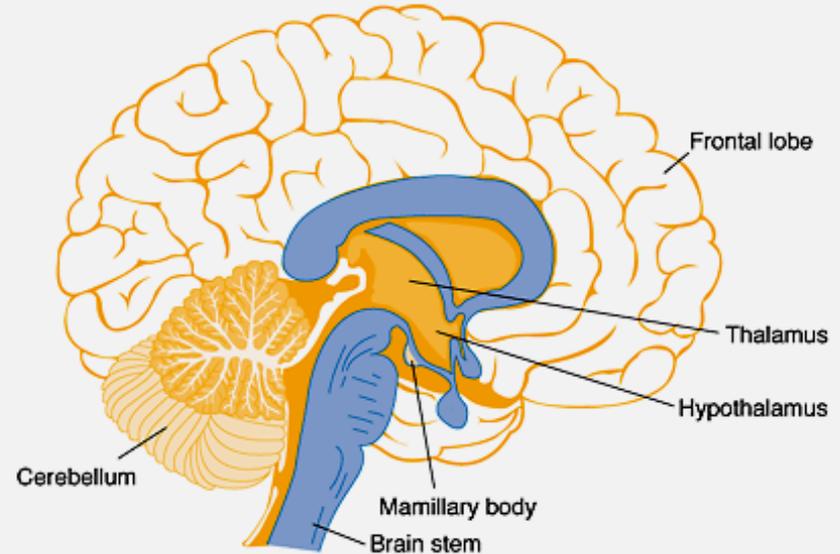
Répercussions sur la santé

En cas de déficience

- La déficience en thiamine est associée avec des anomalies dans le métabolisme des glucides.
- L'apparition de la maladie de **Béribéri** est fréquente dans les repas riche en riz et farine blanche ou par la consommation de grande quantité de poissons crus (thiaminase)
- Dans les sociétés développées, l'apparition de cette maladie est fréquente chez:
 - Personnes alcooliques
 - Fumeurs
 - Défauts métaboliques congénitales.
 - Problèmes rénaux (dialyse)
 - Alimentation parentérale
 - Infections fébriles chroniques

Répercussions sur la santé: En cas de déficience

- La carence en thiamine s'appelle la Béribéri
 - Caractérisés par des désordres nerveux et cardiovasculaires
 - Les symptômes sont:
 - Confusion mentale
 - Anorexie
 - Fragilité musculaire
 - Ataxie (perturbation motrice)
 - Paralyse périphérique
 - Opthalmoplégie

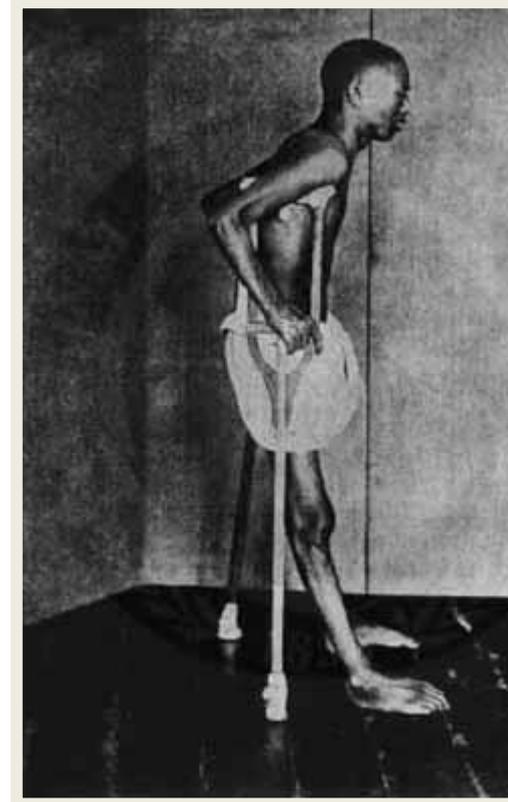


Certaines régions cérébrales affectées par la déficience en thiamine:

- Hypothalamus
- Thalamus
- Lobe frontal
- Cervelet

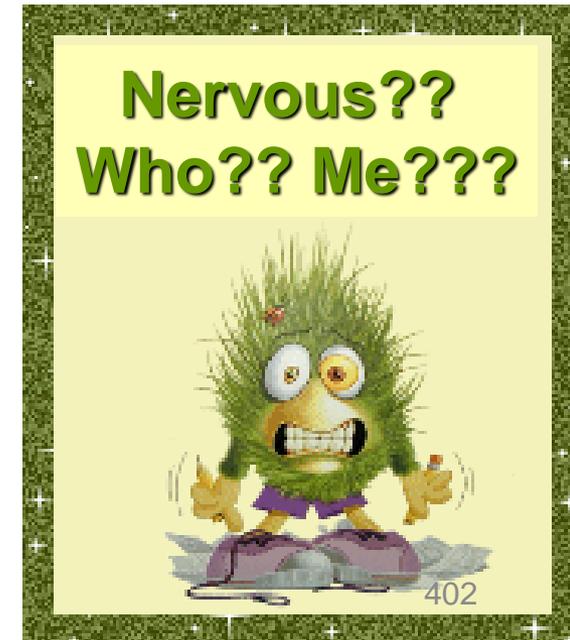
Répercussions sur la santé: en cas de déficience

- 3 formes de présentation de Béribéri sont décrites:
 - Béribéri **humide** se caractérise par altérations cardiovasculaires telles que la myocardites, tachycardie, dyspnée d'effort, oedème
 - Béribéri **sec** avec polynévrites (atteinte des nerfs périphériques) altération de la marche, paralysie et perte musculaire
 - Béribéri **cérébral** avec encéphalopathie Gayet-Wernicke, signes neurologiques et psychiques
- Le plus fréquent est l'apparition d'un **béribéri subclinique** caractérisé par asthénie, anorexie et irritabilité, manque de contraction → peut conduire à un arrêt cardiaque.



Répercussions sur la santé: en cas d'excès

- Les effets d'intoxication sont notés seulement en cas d'ingestion massive de thiamine par voie orale (jusqu'au 500 mg/j)
- Elle se produit s'elle se réalise de forme **parentérale**
 - Tuméfaction (Augmentation normale de volume qui atteint une partie du corps ou un organe)
 - Nervosisme
 - Altération du rythme cardiaque

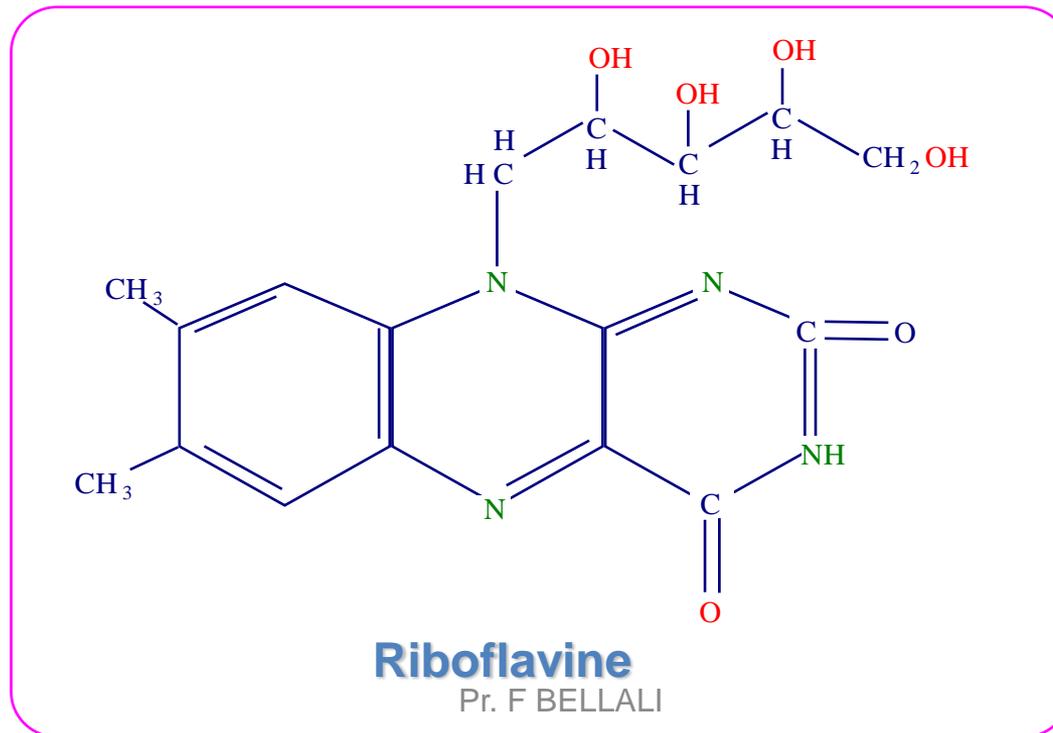


VITAMINE B₂



Introduction

- La riboflavine ou la lactoflavine est le composé avec activité de la vitamine B₂.

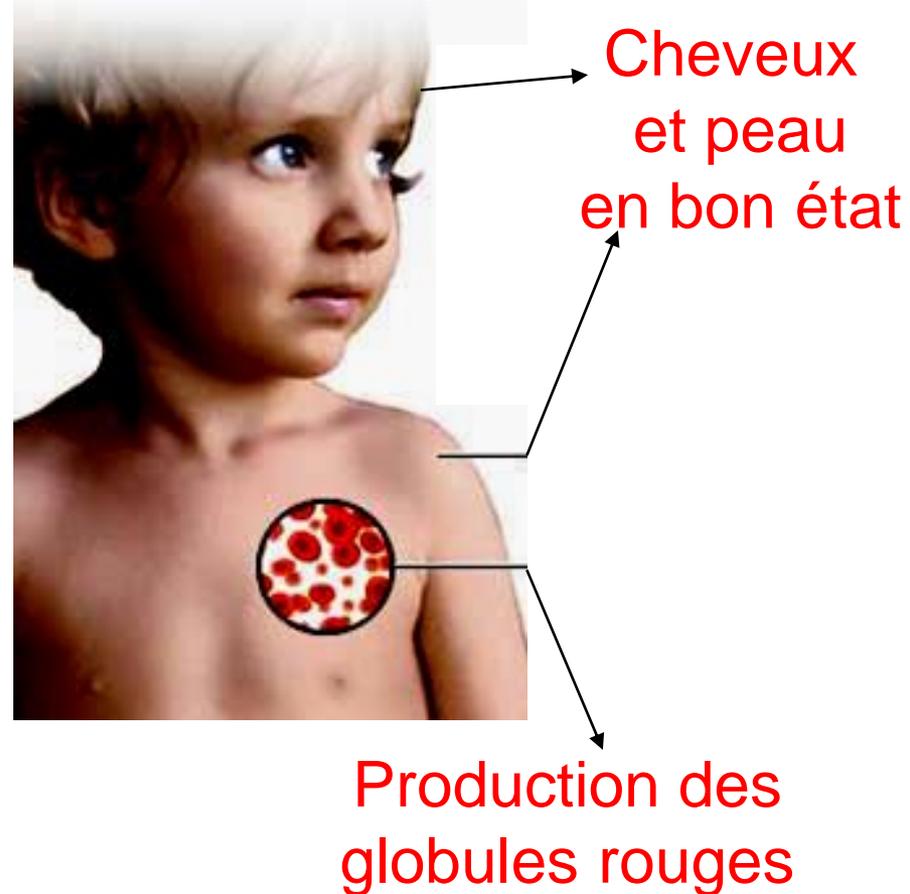


Rôles de la riboflavine

- La riboflavine agit comme un composé de deux flavine-co-enzymes qui catalysent les réactions d'oxydoréduction :
 - flavine mononucléotide ou riboflavine-5-phosphate (FMN)
 - L'oxydase FMN es responsable de la conversion de la pyridoxine phosphorylée en coenzyme fonctionnelle
 - flavine adénine dinucléotide (FAD).
 - L'hydrolase FAD est liée à la conversion de tryptophane en niacine.
 - Cette vitamine est indispensable pour l'obtention de l'ATP à partir de la glucose, protéines et acides gras

Rôles de la riboflavine

- Mécanismes de la respiration des cellules.
- Activité de nombreux enzymes.
- Dégradation et utilisation des protéines, des glucides et des lipides.
- État de la peau et des cheveux
- Croissance saine
- Production des globules rouges



Métabolisme

- Absorption efficace au niveau de **l'intestin grêle**.
- Elle est transportée liée à **l'albumine** et autres protéines plasmatiques (et aussi liée aux globules rouges)
- Se stockent (en une certaine mesure) dans **le foie, la rate, le rein et le muscle cardiaque**
- Elle est éliminée par urine (1/2 - 2/3 parts de l'excrétion est la riboflavine libre) et **selles** .



Sources alimentaires

- Les principales sources sont les aliments riches en protéines d'origines animales:
 - La viandes
 - Le poisson
 - Les produits laitiers
- Les aliments d'origine végétales sont tels que brocoli, asperges, épinards
- La lumière peut inactiver cette vitamine.
 - Il est recommandé que les aliments riches en vitamine B₂ soient protégés de la lumière.



Recommandations de la riboflavine

- Adultes: consommation d'au moins 1,2 mg/j.
 - Soit 0,6 mg/1000 kcal
- Durant la grossesse: une augmentation de 0,3 mg/j
- Durant l'allaitement:
 - 0,5 mg/j pour les 6 premiers mois
 - 0,4 mg/j pour les 6 mois suivants
- Nourrissons et enfants: Une ingestion de 0,6 mg/1000 kcal est recommandée

Répercussion sur la santé: En cas de déficience

- L'une des déficiences subcliniques les plus fréquentes
- Sa déficience se détermine:
 - A partir du taux d'excrétion dans l'urine
 - De la concentration des érythrocyte
 - Activité in vitro de la **glutathion réductase érythrocytaire**
 - Augmentation de l'activité par addition de FAD inactive de déficit

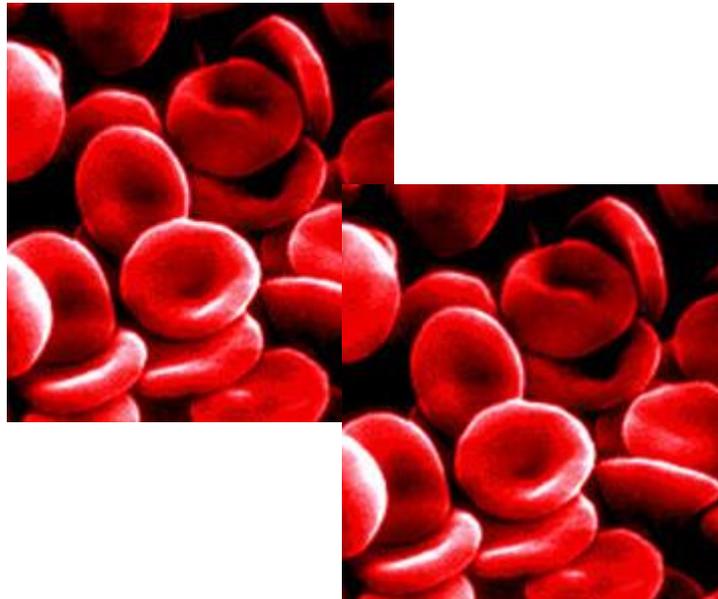
Répercussion sur la santé: En cas de déficience

- Les signes généraux:
 - Lésions dans la cavité buccale, dermite seborrhéique
 - Changement dans l'épithélium scrotal et vulvaire
 - Anémie
- Dans certains cas peuvent se présenter:
 - Retard de croissance
 - Acidurie
 - Photophobie
- La riboflavine est essentielle pour le fonctionnement de la **niacine** (B₃) et **pyridoxine** (B₆).
 - Certains des symptômes sont dus aux mauvais fonctionnement des B₃ et B₆



Répercussions sur la santé: En cas d'excès

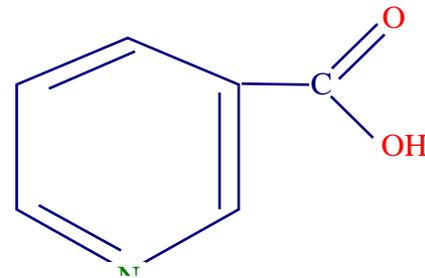
- Pas d'intoxication indiquée pour cette vitamine.



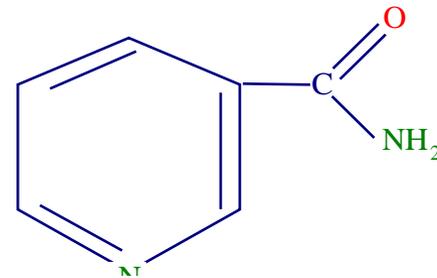
VITAMINE B₃

Définition

- La vitamine B₃ nommée = PP (protecteur de la pellagre: une maladie de la peau) = niacine.
- Il existe deux composés avec activité vitaminique B₃, l'acide nicotinique et la nicotinamide.



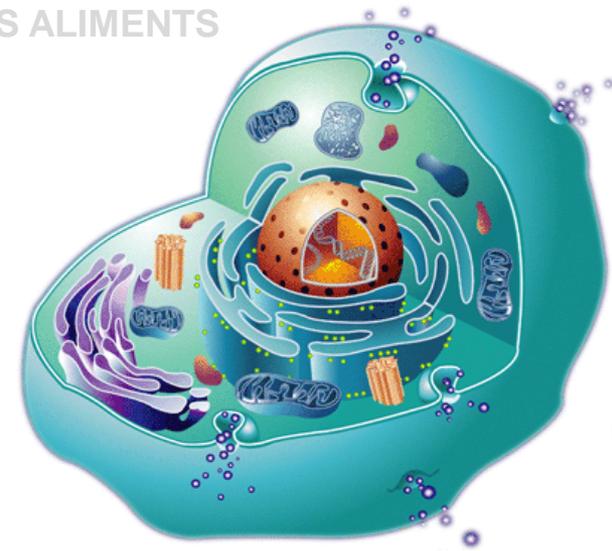
**Acide
nicotinique**



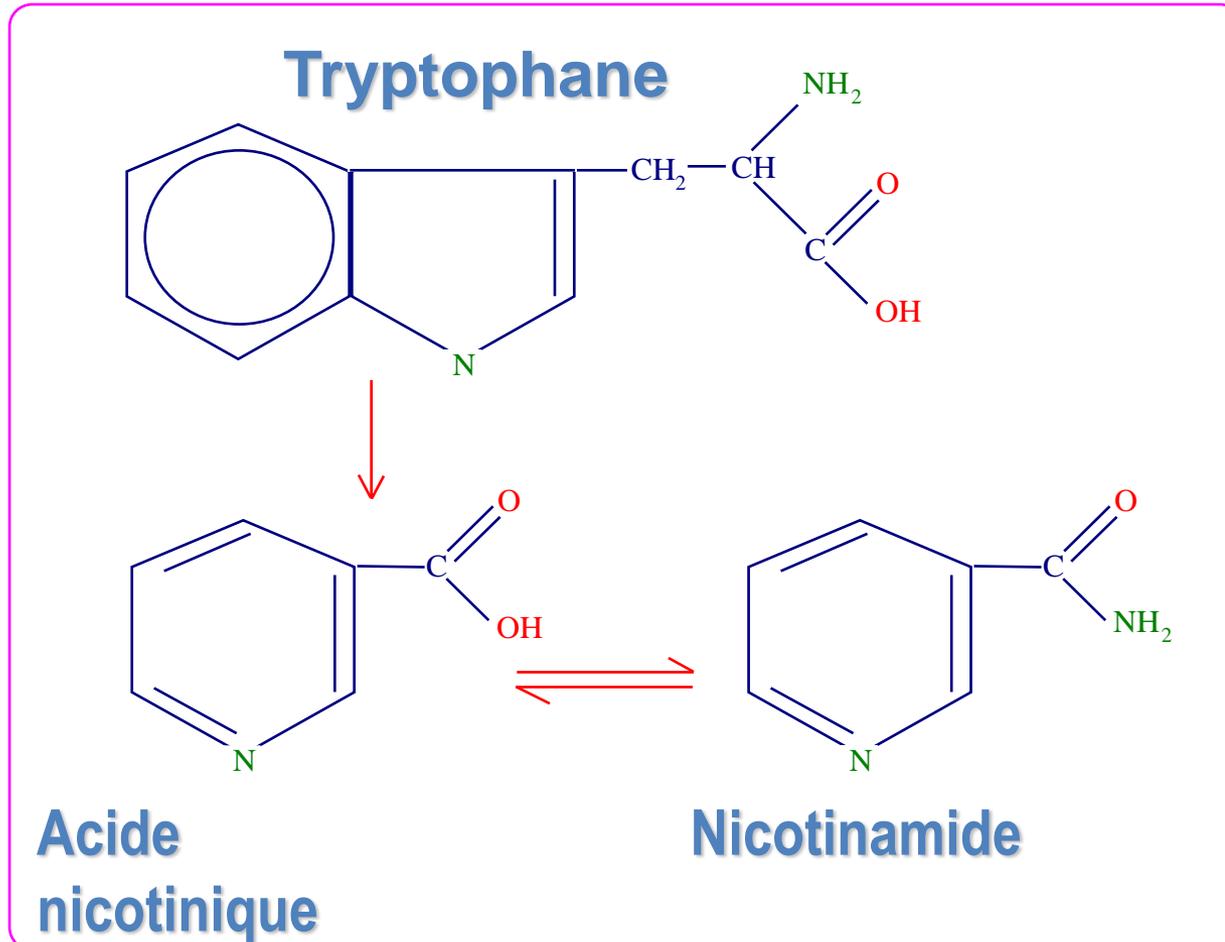
Nicotinamide

Rôle de la niacine

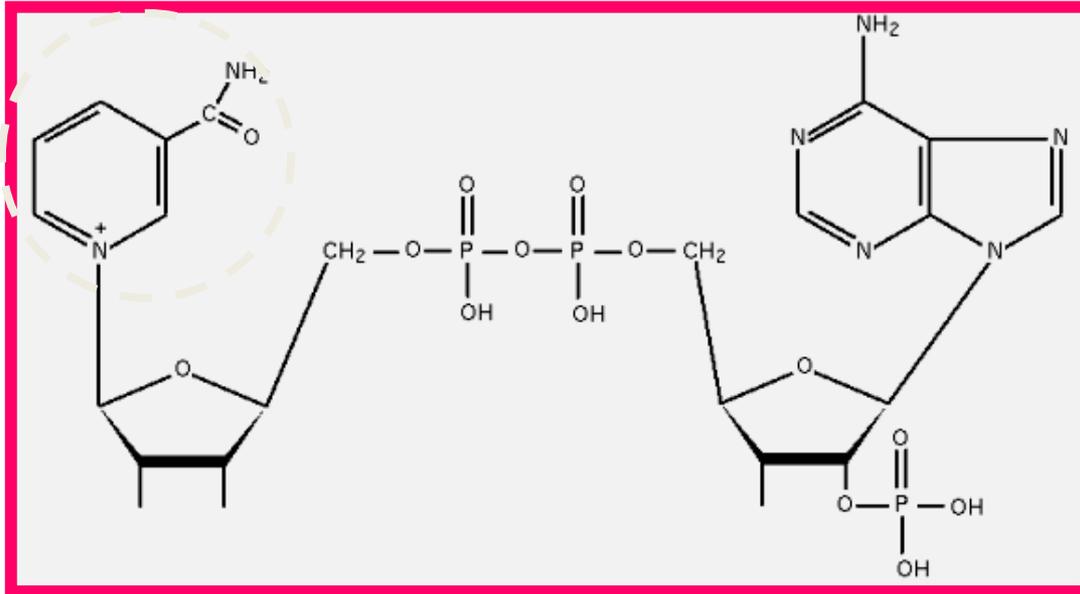
- La niacine peut être synthétisée à partir du **tryptophane alimentaire**
- La **nicotinamide** intervient en tant que composé de deux co-enzymes:
 - Nicotinamide Adénine Dinucléotide (NAD)
 - Nicotinamide Adénine Dinucléotide phosphate (NADP)
- Ces **co-enzymes** sont présentes dans toutes les cellules et participent dans de nombreux **processus métaboliques**:
 - Glycolyse
 - Métabolisme des acides gras
 - Respiration tissulaire



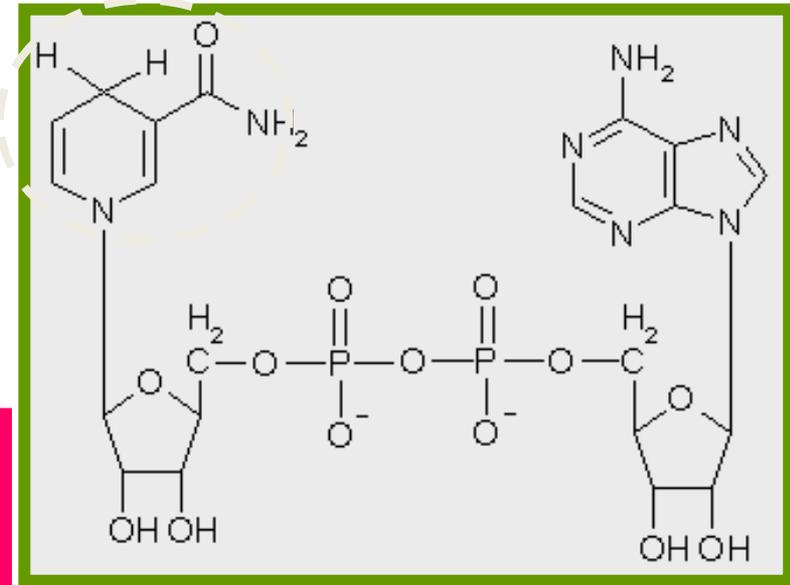
Formation de la niacine à partir du tryptophane



Structure chimique NADH et NADPH



NADPH



NADH

Métabolisme

- L'absorption intestinale est:
 - Rapide
 - Saturable
 - Dépendante du sodium
 - Inhibée par des substances similaires

Quantification

- La contribution du tryptophane à l'apport de niacine doit être pris en considération:

1 équivalent niacine
=
1 mg de niacine
=
60 mg de tryptophane

- L'équivalence en niacine oscille entre 39 - 86 mg de tryptophane → dépendant de l'efficacité de la conversion du tryptophane en niacine

Sources alimentaires

- La niacine est assez stable au cours:
 - Processus d'échauffement
 - Processus de stockage
- La viande est une excellente source aussi bien du niacine que du tryptophane
- Les œufs ou le lait contiennent de faibles quantités de niacine mais une bonne teneur en tryptophane évite la carence en niacine



Sources alimentaires

- Pour estimer la teneur du tryptophane en aliment donné, on fait des estimations:
 - La teneur en tryptophane est d'environ 1% des protéines alimentaires
 - → 6 g de protéines = 1 NE
- En général, les coefficients utilisés sont:
 - 0,6% des produits élaborés par le maïs
 - 1% céréales, fruits et végétaux
 - 1,1% des viandes
 - 1,4% lait
 - 1,5% oeufs



Biodisponibilité

- Le **tryptophane** est la meilleure source alimentaire (quantitativement parlant) de niacine que la propre niacine
- Pour une biodisponibilité optimale de cette vitamine, il est nécessaire d'éviter les carences en vitamines B₂ et B₆.
- Certains aliments traités contiennent la niacine en forme combinée → biodisponibilité diminuée
- Dans les grains de céréales mures, **70%** de la niacine est liée à d'autres composés → disponibilité diminuée
 - → techniques développées pour libérer la niacine non-biodisponible
 - → fortification des céréales avec la niacine synthétique (100% biodisponible)

Biodisponibilité

- Les tables de composition alimentaires peuvent donner lieu à des erreurs de calcul assez considérables:
 - Ne tenant pas compte de la biodisponibilité
 - Ne tenant pas en considération de la l'équivalent niacine de la conversion du tryptophane
 - En plus, si le régime alimentaire ne contient pas une composition équilibrée en acides aminés → réduction de l'absorption du tryptophane
 - Dû à la compétition en absorption avec autres acides aminés tels que la leucine

Recommandations de la niacine

- Adultes:
 - 6,6 NE /1000 Kcal ou 13 NE/j
- Grossesse: augmentation de 2 NE/j
- Allaitement: une augmentation de 5 NE/j
- Jusqu'au 6 mois; 8 NE/1000 Kcal
- À partir de 6 mois, pareilles que pour l'adulte
 - 6,6 NE / 1000 Kcal

Répercussions sur la santé: En cas de déficience

- Carence en vitamine B₃
= Pellagre = maladies des 3 D
 - Dermatite
 - Diarrhée
 - Démence
 - Inflammation des membranes de la muqueuses
- Dans certains cas, les symptômes disparaissent avec l'administration exclusive de la niacine.
- Dans d'autres cas, l'administration conjointe d'autres vitamines du groupe B est indispensable
- Les carences subcliniques sont très fréquentes et induisent des désordres métaboliques



Répercussions sur la santé: en cas d'excès

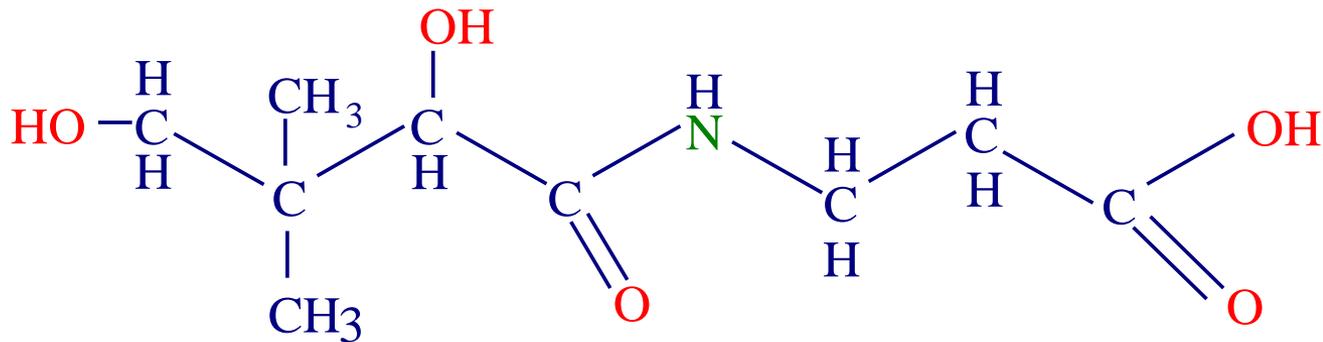
- Dans certains cas, des doses relativement élevées de l'acide nicotinique sont utilisées pour diminuer transitoirement les niveaux du cholestérol sanguin
- La nicotinamide ne semble pas avoir d'effet sur le cholestérol
- Les principaux effets défavorables sont dus à l'ingestion de doses élevées de l'acide nicotinique et pas de la nicotinamide
- Un excès d'acide nicotinique peut provoquer:
 - Vasodilatation
 - Utilisation excessive du glycogène musculaire
 - Diminution des lipides sériques
 - Diminution de la mobilité des acides gras dans le tissu adipeux durant l'exercice physique.

VITAMINE B₅



Définition

- Les composés avec activité vitaminique B₅ sont l'acide pantothénique et le pantothénol.

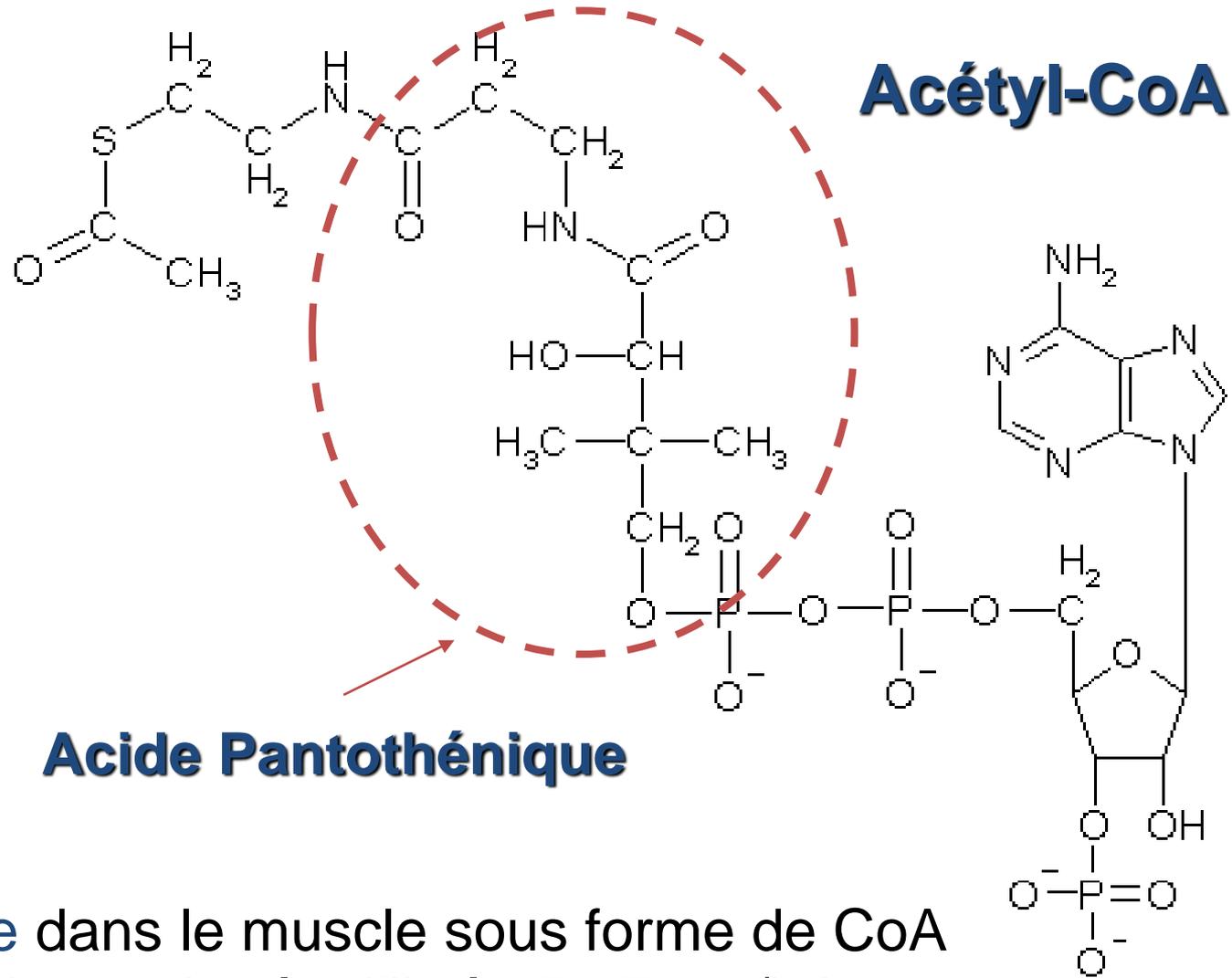


Acide Pantothénique

Rôle dans l'organisme

- Composé de la molécule **Co A**
- Cette co-enzyme intervient en:
 - l'obtention d'énergie à partir des glucides
 - la glucogenèse
 - la synthèse et la dégradation des acides gras
 - la synthèse des stéroïdes et l'acétylcholine
 - En général, les réactions de l'acylation.

Métabolisme



- Elle s'accumule dans le muscle sous forme de CoA
- En un régime alimentaire équilibré, 5 - 7 mg/j de cette vitamine est éliminée
 - 2 - 7 mg/j via l'urine
 - 1 a 2 mg/j par les selles

Sources alimentaires

- L'acide pantothénique est largement distribué dans les aliments:
 - Principalement dans les tissus animaux, les graines de céréales complets et les légumineuses.
 - Se trouve également en petites quantités dans les légumes et les fruits
- Possible synthèse par la flore intestinale
 - Sa quantité et biodisponibilité ne sont pas bien étudiées



Recommandations

- Vu les faibles données relatives à sa déficience, il n'y a pas de recommandations établies
- Toutefois, un apport adéquat doit osciller entre 4 - 10 mg/j.

Répercussions sur la santé: en cas de déficience

- La carence de la vitamine B₅ provoque:
 - Retard de la croissance
 - Infertilité
 - Avortement et morts des nouveaux-nés
 - Anormalités dans la peau, les cheveux et de la pigmentation.
 - Désordres neuromusculaires
 - Défaut dans la croûte surrénale
 - Mort subite
- La déficience détectée chez:
 - Prisonniers de guerre avec régime restreint
 - Dans le régime de l'extrême orient (basé principalement sur le riz)
- Syndrome des pieds 'brûlés' (burning feet).

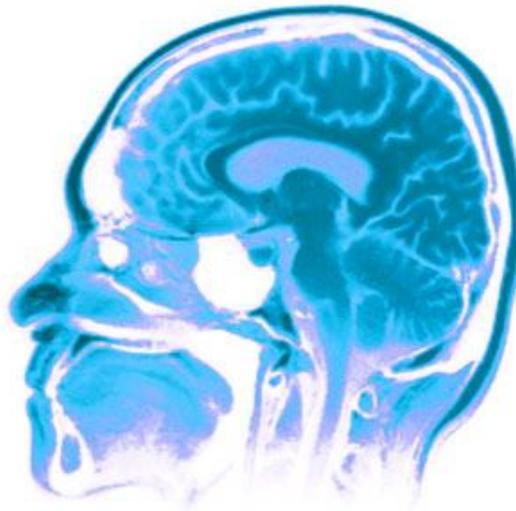


Répercussions sur la santé: En cas d'excès

- Pas d'intoxication indiquée
- Toutefois, des doses de 20 à 30 g peuvent provoquer de diarrhée et la rétention de l'eau dans l'organisme



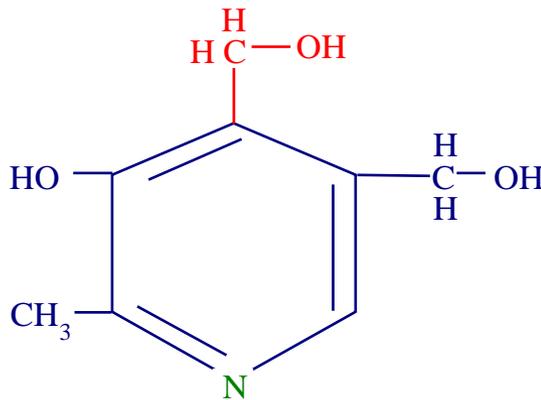
VITAMINE B₆



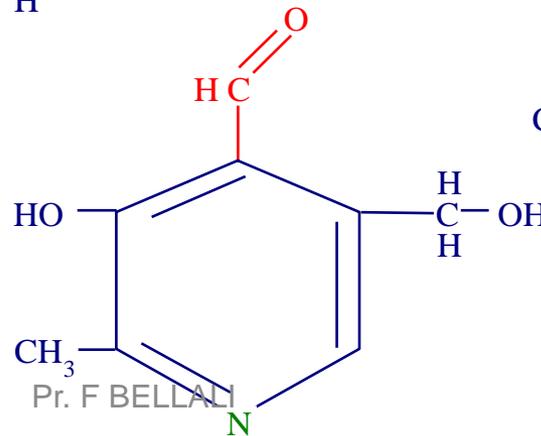
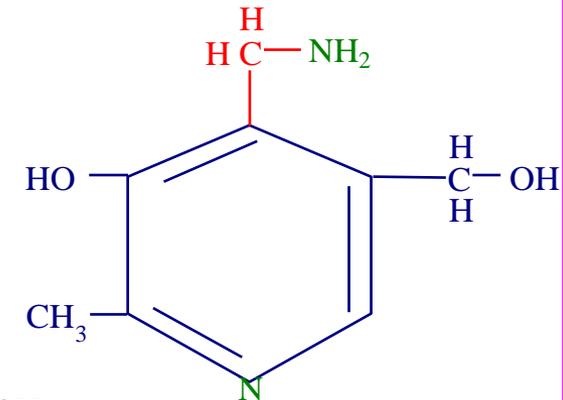
Définition

- Composés avec activité vitaminique B₆ = pyridoxine
- 3 composés chimiques, métaboliquement et fonctionnellement différents:
 - Pyridoxine (pyridoxol, PN)
 - Pyridoxal (PL)
 - Pyridoxamine (PM).

Pyridoxol



Pyridoxamine



Pyridoxal



Rôles dans l'organisme

- Importante pour la santé cérébrale
- Importante pour la formation des globules rouges
- Impliquée dans la synthèse des anticorps → renforce le système immunitaire
- Les trois formes sont converties dans le foie, les érythrocytes et autres organes en:
 - Pyridoxal phosphate (PLP)
 - Pyridoxamine phosphate (PMP)
- La **PLP** et **PMP** assurent une fonction de co-enzyme dans les réactions de **transamination**.
- La **PLP** intervient aussi en:
 - Décarboxylation des α - acides aminés
 - Transformations métaboliques des acides aminés
 - Métabolisme des lipides et des acides nucléiques
 - C'est un co-enzyme essentiel pour la glycogène phosphorylase

Métabolisme

- Les différentes formes de la B₆ sont absorbées par diffusion simple au niveau de la muqueuse intestinale de l'intestin grêle
- La vitamine B₆ cellulaire es métaboliquement phosphorlyée et oxydée en PLP
- le PLP est présent dans le plasma en tant que complexe PLP - albumine et dans les érythrocytes il se trouve lié à l'hémoglobine
- Les besoins en B₆ augmentent quand l'ingestion des protéines augmente → dû à sa relation étroite avec le métabolisme des acides aminés
- L'élimination se fait principalement par voie urinaire en forme de acide - 4-pyridoxique.

Sources alimentaires de la vitamine B6

- Les principales sources de la vitamine B6 sont:
 - le poisson
 - le rein
 - le foie
 - les œufs
 - Bonnes sources:
le riz entier, le soja,
dérivés de blé complet, et les noix.
- Le traitement des aliments produisent des pertes importantes de ce nutriment:
 - 15-70% en fruits et légumes par congélation
 - 50-70% en viandes cuisinées
 - 50-90% en céréales moulus



Recommandations de la vitamine B6

- Adulte: 0,016 mg/g de protéine
 - 2 mg/j pour les hommes
 - 1,6 mg/j pour les femmes
- Grossesse: augmentation de 0,6 mg/j
- Allaitement: augmentation de 0,5 mg/j
- Durant les 6 premier mois de vie, une ingestion de 0,3 mg/j, et à partir de 6 mois 0,6 mg/j
- Chez les enfants et les adolescents, il est recommandé une consommation de la vitamine B₆ de 0,02 mg/g de protéine.
 - 1,0 mg/j pour les enfants de 1-3 ans
 - 1,1 mg/j pour les enfants de 4-6 ans
 - 1,4 mg/j pour les enfants de 7-10 ans

Répercussions sur la santé: en cas de déficience

- Habituellement c'est la carence de plusieurs vitamines du groupe B
- Les symptômes de la maladie sont:
 - convulsions
 - dermatite
 - anémie
- Si la consommation des protéines est augmentée, les symptômes de la déficience apparaissent plus précocement



Répercussions sur la santé: En cas d'excès

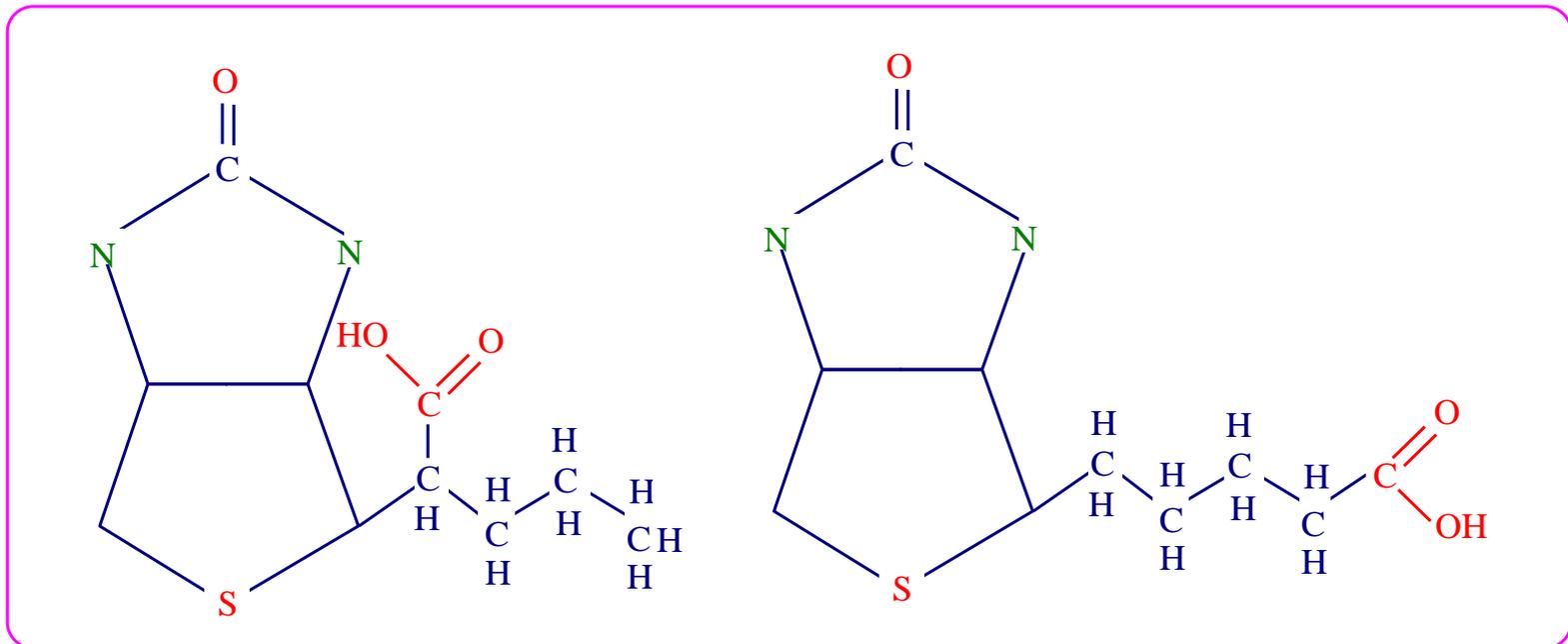
- L'intoxication en cette vitamine est basse
 - Il faut une consommation chronique et des grammes de vitamine B6/j → intoxication
 - En cas d'intoxication, il y a lieu l'ataxie et neuropathies sensorielles sévères
 - Ataxie: Perturbation motrice résultant de la dégradation des notions de position et de mouvement

VITAMINE B₈



Définition

- Les composés avec activité vitaminique B₈ = biotine



Rôles dans l'organisme

- La biotine intervient dans les enzymes qui échangent les groupes carboxyliques et fixent le CO_2 tel que:
 - Pyruvate carboxylase → Essentiel en glycogénèse
 - Acétyl CoA carboxylase → Essentiel dans la synthèse des acides gras
 - Propionyl CoA carboxylase et 3-methylcrotonyl-Co A carboxylase → Nécessaires pour le métabolisme propionique et le catabolisme des acides aminés avec chaîne ramifiée
- La conversion de la biotine en co-enzyme active dépend de la présence du Mg et de ATP

Sources alimentaires

- Principales sources:
 - Le foie
 - Le blanc d'oeuf
 - La farine de, céréales, levures
- Les fruits et la viande sont pauvre en cette vitamine.
- Une petite synthèse de biotine est faite par la flore intestinale(synthèse microbologique)
 - Son degré d'absorption n'est pas déterminé



Biodisponibilité

- La biodisponibilité est très variable, dépendant de la forme chimique présente
- L'une des causes de la diminution de la biodisponibilité est l'ingestion simultanée de l'**avidine**, glycoprotéine qui se trouve dans les oeufs.
 - L'avidine se dénature avec la traitement thermique
- L'utilisation des antibiotiques par voie orale diminue la biodisponibilité de la biotine.
 - Inhibe la synthèse de la biotine par la flore intestinal.

Recommandations de la vitamine B8

- Adultes: 30 - 100 $\mu\text{g}/\text{j}$
- Pas de supplémentation recommandée durant la grossesse ou allaitement
- Nourrissons: 10 - 15 $\mu\text{g}/\text{j}$
 - Avec une augmentation progressive chez les enfants jusqu'à arriver à la dose des adultes à l'âge de 11 ans.

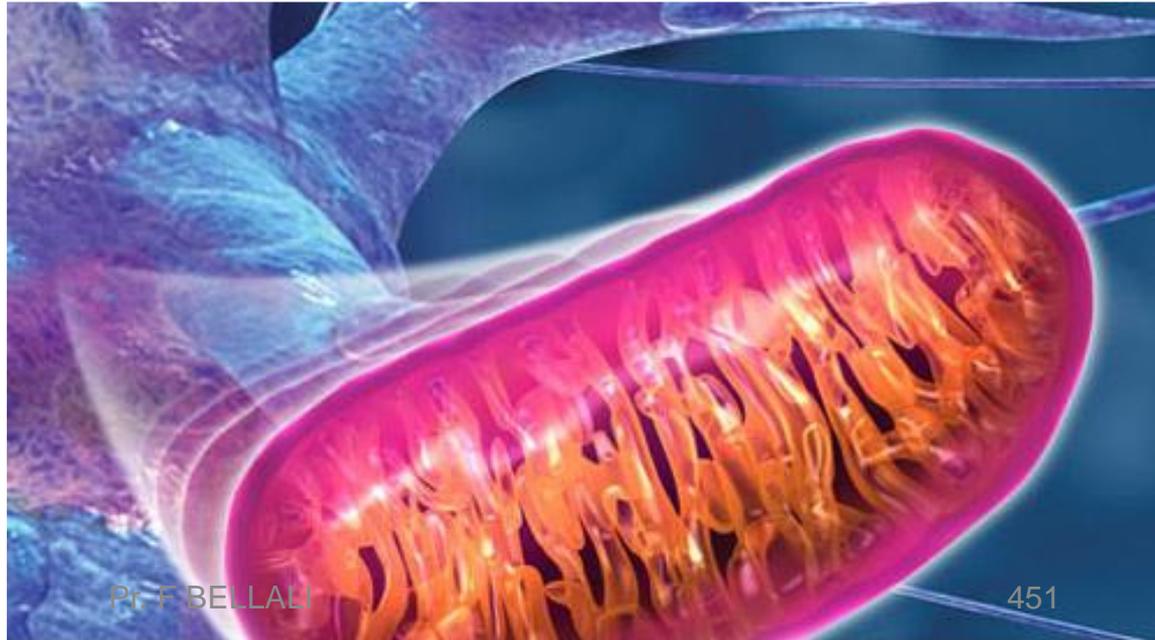
Répercussions sur la santé: en cas de déficience

- Les symptômes les plus fréquents sont:
 - Anorexie, nausées, vomissement,
 - Glossite (inflammation de la langue)
 - Dépression mentale
 - Dermatite sèche
 - Augmentation du cholestérol et des pigments biliaires dans le plasma.
 - Production d'une infiltration intense de la graisse dans le foie et le rein
 - Hypoglycémie, diminution de la glycogénèse dans le foie
- Carence: principalement à cause de défauts génétiques ou alimentation parentérale pauvre en biotine
 - Traitement: administration de doses thérapeutiques de la biotine.



Répercussions sur la santé: en cas d'excès

- Pas d'effets toxiques indiqués à cause de la consommation de doses élevées de la biotine

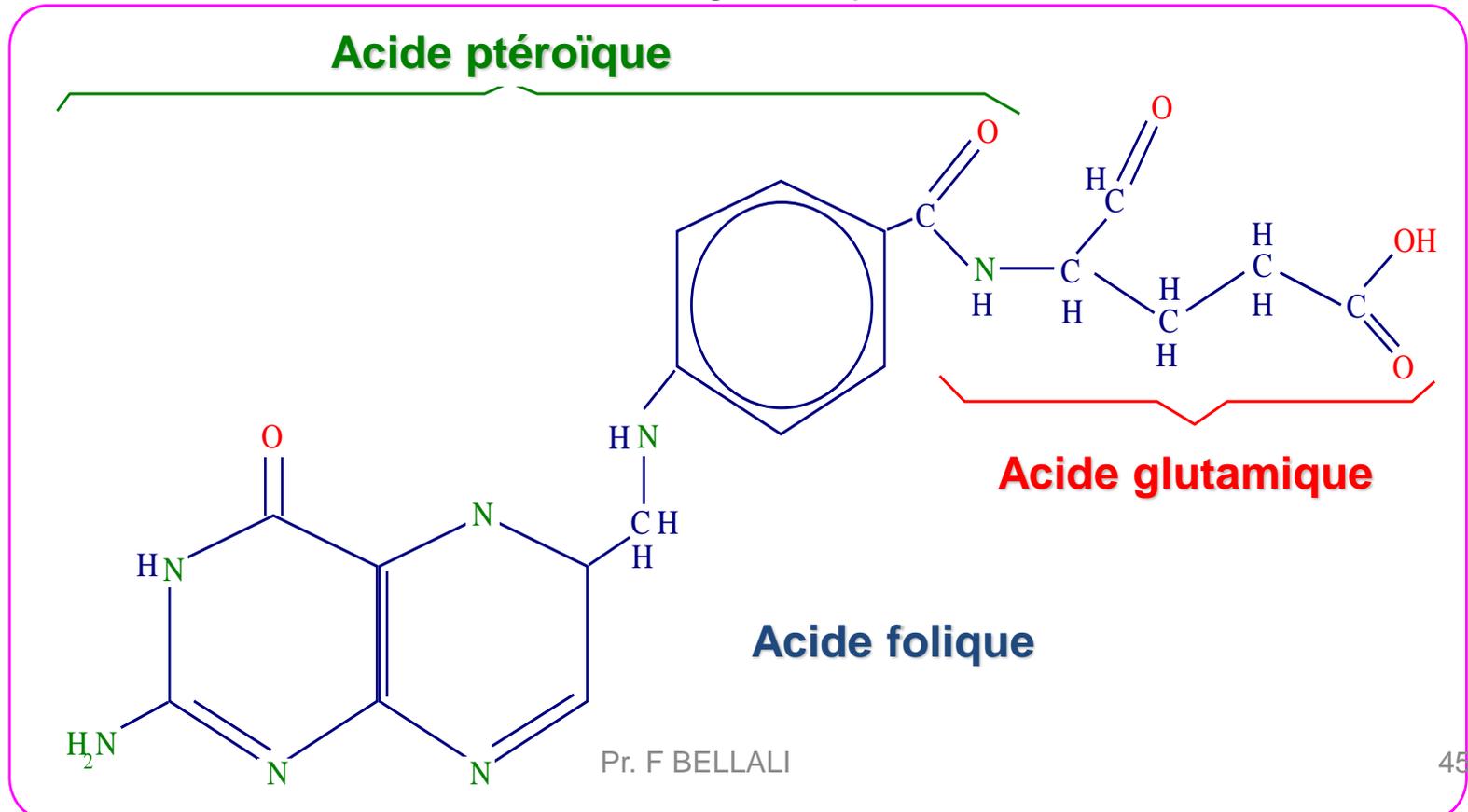




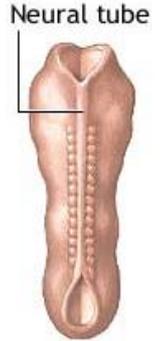
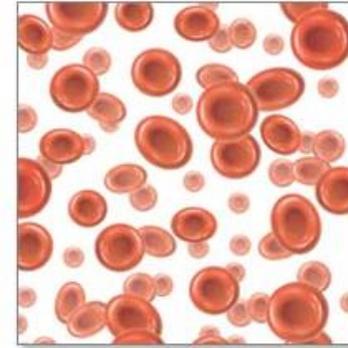
VITAMINE B₉

Définition

- L'acide folique = folacine = vitamine M = vitamine B_c = Facteur Lactobacille = acide ptéroïlmonoglutamique (PGA)
- La forme métaboliquement active du folate est:
 - Tétrahydrofolate (prise d'une fonction formyl -CHO)
 - De nombreuses molécules de l'acide glutamique.



Rôles dans l'organisme



- Intervient en tant que co-enzyme dans le transport des **carbones** d'un composé à un autre dans:
 - le métabolisme des acides aminés
 - la synthèse des acides nucléiques
 - Participe dans la formation des globules rouges
 - Impliquée dans la formation du tube neural
- Les différentes formes du folate varient en sa stabilité devant des facteurs physico-chimiques tels que la **chaleur, l'oxydation, la lumière UV** qui peuvent scinder la molécule du folate et la rendre inactive

Métabolisme

- L'estimation de la quantité de folate absorbé dans l'intestin est difficile → également synthétisé par la flore intestinale
- Foie: principal site de stockage sous forme non réduite
- L'élimination se fait par:
 - 40 $\mu\text{g}/\text{j}$ voie urinaire
 - 200 $\mu\text{g}/\text{j}$ les selles (y compris le folate produit par les microorganismes et celui qui n'est pas absorbé).
- La déficience en folate dans provoque une diminution en :
 - Les réserves hépatiques
 - Les niveaux plasmatiques
 - Les niveaux des globules rouges

Sources alimentaires

- Le folate est largement distribué dans les aliments, les principales sources sont:
 - Le foie
 - La levure
 - Les végétaux foliacés
 - Certains fruits: Oranges
- Environ 50% du folate est détruit (cuisines culinaires et stockages des aliments)
- Les tables de composition alimentaire ne semblent pas tenir en compte les pertes possibles en cette vitamine durant l'élaboration et la préparation des aliments.



Biodisponibilité

- Les formes naturelles du folate présentent un ou plus de résidus de l'acide glutamique
 - Seuls les monoglutamates sont absorbés directement par l'intestin.
 - Il existe une enzyme la folipolyglutamate hydrolase dans muqueuse intestinale qui convertit le monoglutamate en polyglutamates.
- ~75% des folates du régime alimentaire est en forme polyglutamates

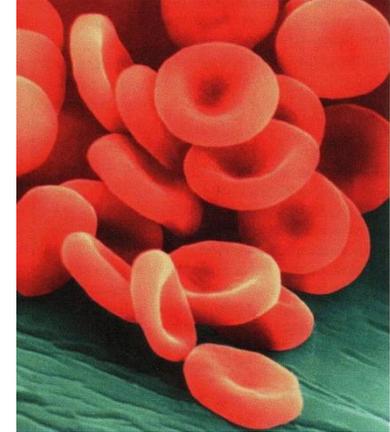
Biodisponibilité

- La biodisponibilité relative des mono et polyglutamates est très variable:
 - Elle dépend du type des aliments
 - La présence des inhibiteurs de la folate hydrolase
 - Quantité des folates présents dans les aliments:
 - Le pourcentage d'absorption est plus grand quand la quantité du folate dans les aliments est plus basse
- 90% du folate monoglutamate du régime alimentaire est absorbé
- L'absorption des polyglytamates varient entre 50-90 %

Recommandations de la vitamine B9

- Chez les adultes, de 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ poids/j ou l'équivalent de :
 - 200 $\mu\text{g}/\text{j}$ chez les hommes
 - 180 $\mu\text{g}/\text{k}$ chez les femmes
- Grossesse: 400 $\mu\text{g}/\text{j}$
- Allaitement:
 - Les premiers 6 mois 280 $\mu\text{g}/\text{j}$
 - Les 6 mois qui suivent 260 $\mu\text{g}/\text{j}$
- Nourrissons et enfants:
 - 25 $\mu\text{g}/\text{j}$ <6 mois
 - 35 $\mu\text{g}/\text{j}$ >6 mois
 - 50 – 100 $\mu\text{g}/\text{j}$ de 1 - 10 ans

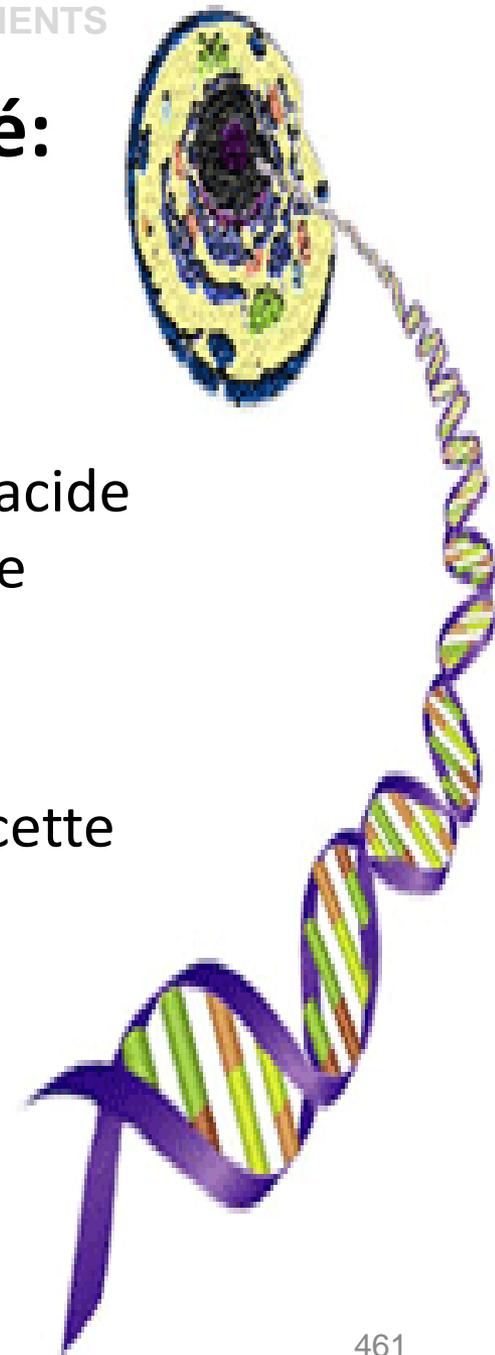
Répercussions sur la santé: en cas de déficience



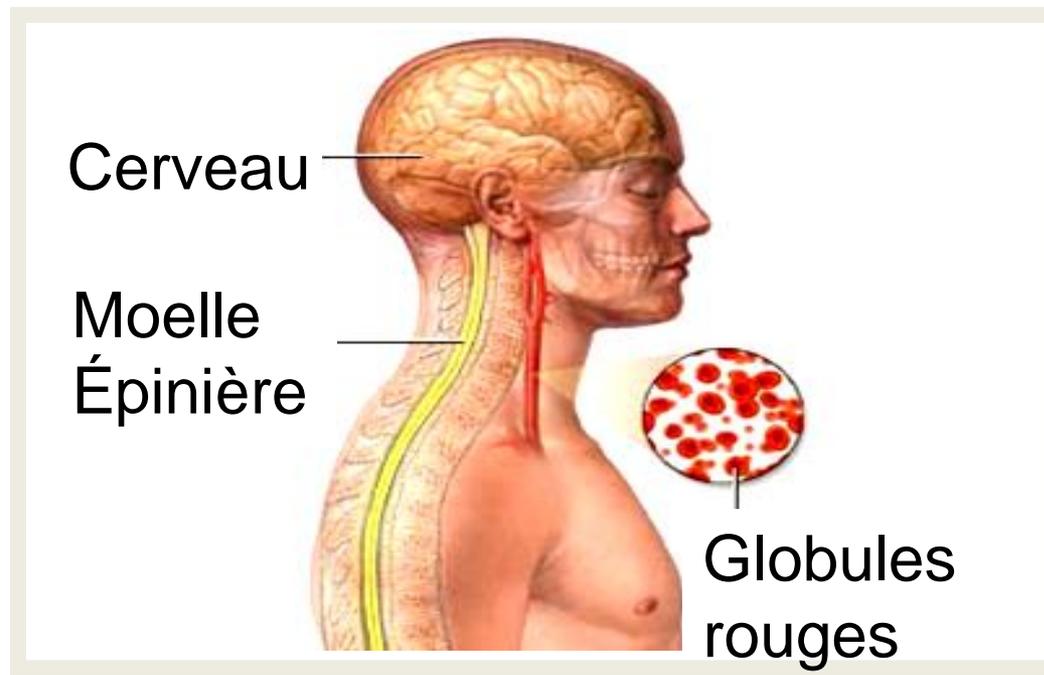
- La déficience en cette vitamine provoque des désordres en:
 - Divisions cellulaires
 - Altération en synthèse protéique
- Le symptôme principal de cette déficience est l'anémie mégaloblastique
- L'anémie mégaloblastique est une anémie (taux d'hémoglobine dans le sang en dessous de 12 g/100 ml) avec un Volume Globulaire Moyen (VGM) très élevé (en général le VGM est supérieur à 120 m³).

Répercussions sur la santé: En cas d'excès

- Expérimentalement, les quantités élevées de l'acide folique précipitent dans le rein et provoquent une hypertrophie rénale
- Ne pas dépasser l'ingestion recommandée de cette vitamine pour éviter les risques d'intoxication

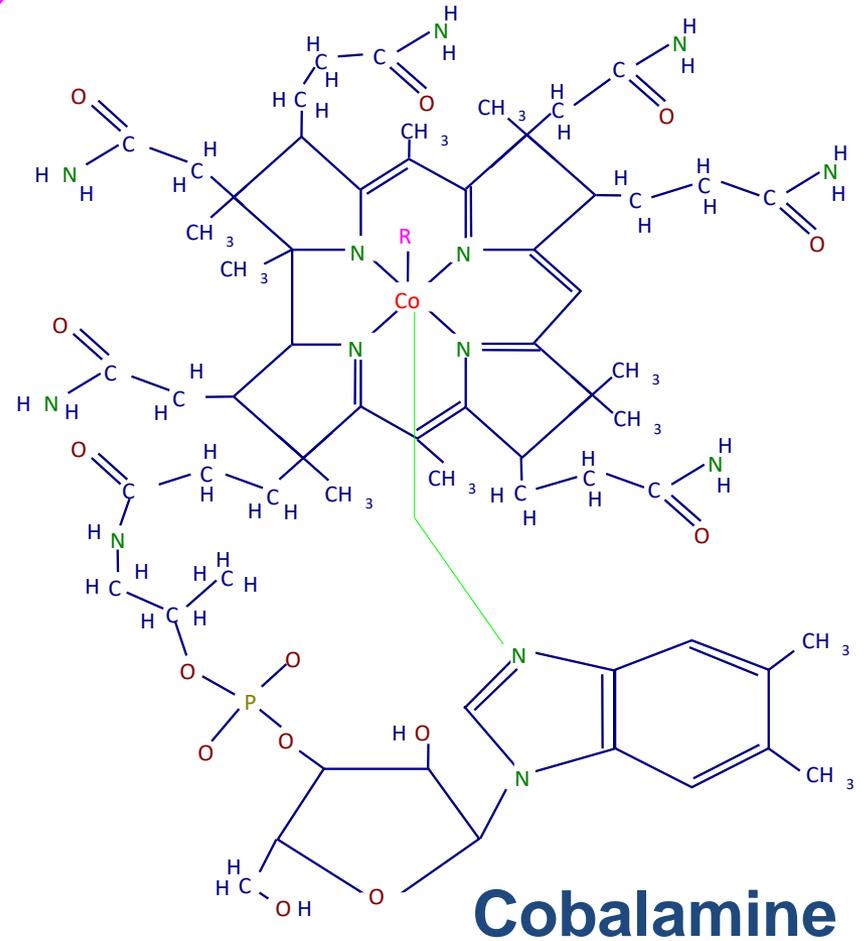


VITAMINE B₁₂



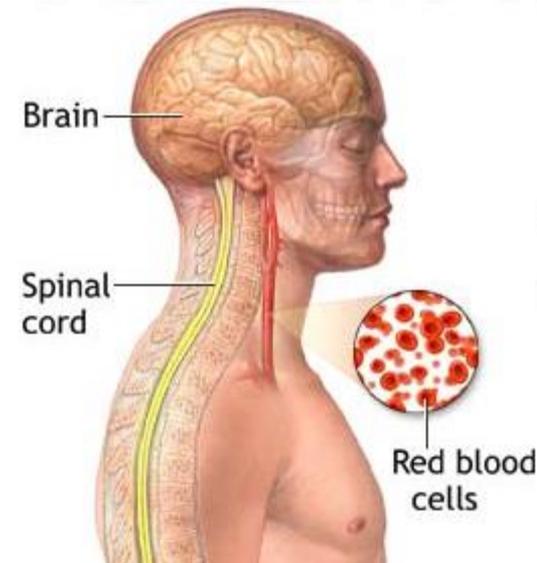
Définition

- Les composés avec activité de la vitamine B₁₂ sont les cobalamines
- Ces composés contiennent dans leur structure chimique le cobalt, et peuvent être convertis en méthylcobalamine ou 5'-désoxyadénosylcobalamine



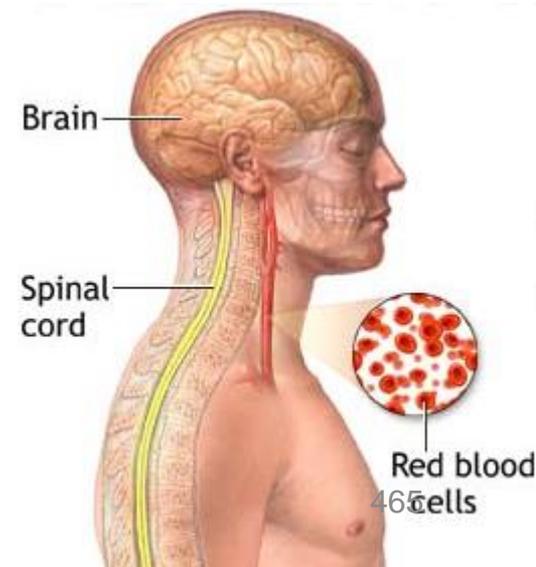
Rôles dans l'organisme

- Méthylcobalamine: Coenzyme qui catalyse la transméthylation du méthylfolate en tétrahydrofolate (actif)
- Désoxyadénosylcobalamine: Catalyse la conversion du méthylmalonyl-coenzyme A en succinyl-coenzyme A
 - C'est réaction qui se produit durant la dégradation de certains acides aminés et certains acides gras de chaîne impaire
 - La déficience de cette vitamine provoque une augmentation de l'acide méthylmalonique dans l'urine



Rôles dans l'organisme

- Vitamine indispensable pour:
 - de nombreux systèmes enzymatiques.
 - la formation des acides nucléiques qui constituent le noyau des cellules
 - la formation des globules rouges, en même temps que la vitamine B9.
- Les composés chimiques qui se trouvent dans le plasma et les tissus sont la méthylcobalamine, adénosylcobalamine et hydroxycobalamine
- La cyanocobalamine est la forme fréquente de la vitamine B₁₂ dans les produits pharmaceutiques
 - Hydrosoluble
 - Thermostable
 - Dans l'organisme, se convertit en forme active en se séparant du groupement cyano



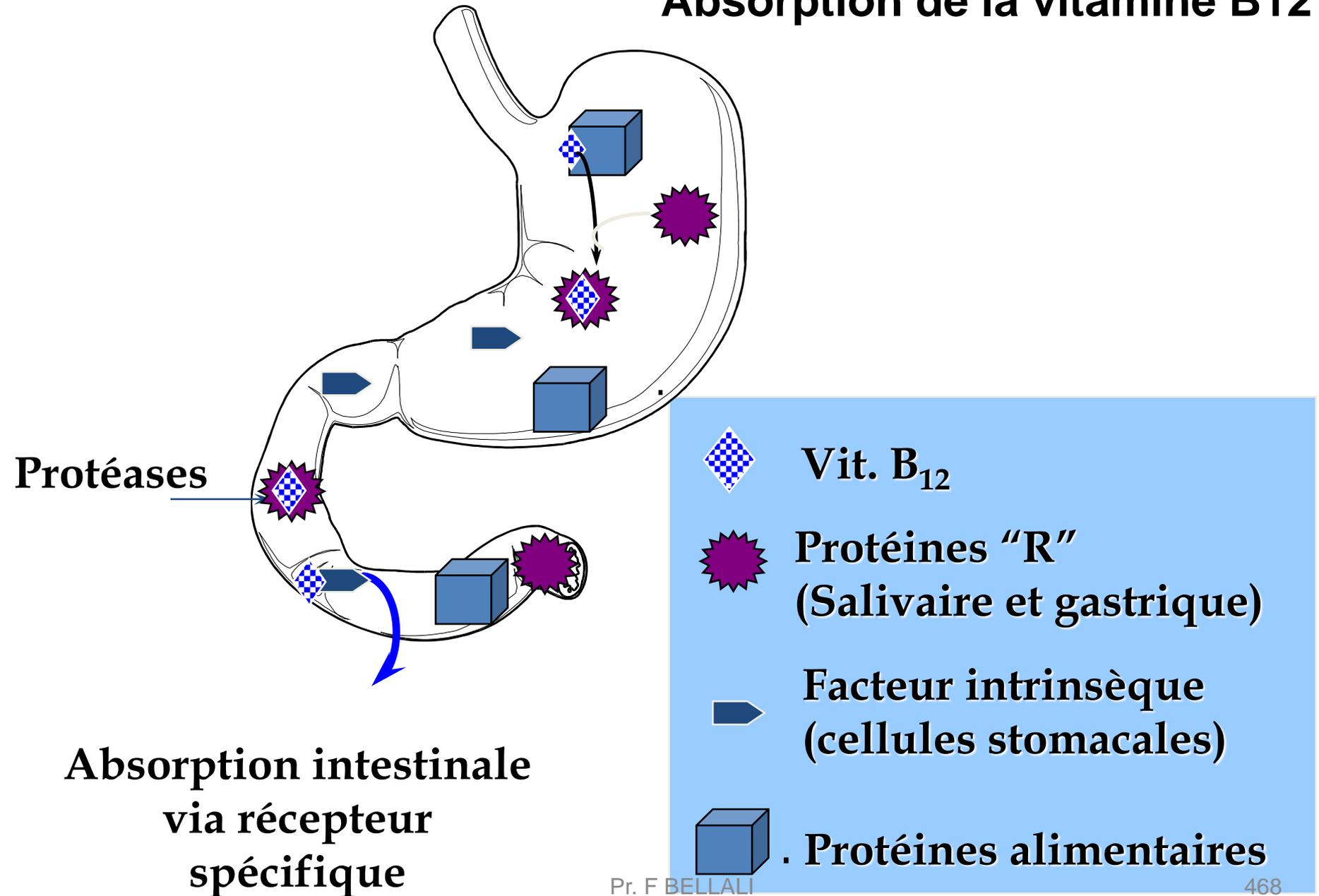
Métabolisme

- L'absorption intestinale de la vitamine B₁₂ se fait au niveau de l'ilium
- L'absorption dépend d'une glycoprotéine hautement spécifique, sécrétée par l'estomac: facteur intrinsèque de Castle
- A une teneur de la vitamine B₁₂ de 0,5 µg, 70% est absorbé
 - Si la teneur >1,5 µg → Saturation du mécanisme d'absorption
- Une autre forme d'absorption: diffusion simple
 - 1-3% seulement est absorbée en conditions favorables
- Distribution tissulaire: Une fois dans la muqueuse intestinale, la vitamine B12 s'unit à une protéine de transport sanguin: Transcobalamine

Métabolisme

- La demi-vie de la vitamine B12 est relativement longue (plus de 1000 jours)
- Les végétaliens (consomment des quantités très réduites de cette vitamine) → développent des carence au bout de 20- 30 ans
- L'excrétion de cette vitamine se fait principalement par via les urines (50%) et par les selles (50%)
- En cas d'anémie pernicieuse, il n'y a ni absorption ni réabsorption de la vitamine B12, dû à un défaut de l'activité du facteur intrinsèque
- Anémie caractérisée par une diminution considérable du nombre des globules rouges, leur augmentation de volume et leur teneur plus grande en hémoglobine

Absorption de la vitamine B12



Sources alimentaires

- Principales sources: Produits d'origine animale
 - Viandes: riches en adénosylcobalamine
 - Lait et dérivés: riches en méthyl et hydroxycobalamine
- Les végétaux sont pauvres en vitamine B₁₂
- La flore intestinale est capable de synthétiser la vitamine B₁₂, mais n'est pas absorbée à ce niveau



Recommandations de la vitamine B₁₂

- Adultes: 2 µg/j
 - Augmentation chez les personnes âgées qui ont des problèmes d'absorption.
- Grossesse: une augmentation de 0,2 µg/j
- Allaitement: une augmentation de 0,6 µg/j
- Nourrissons: 0,3µg/j
- Enfants:
 - de 1 - 3 ans 0,7 µg/j
 - de 4 - 6 ans 1,0 µg/j
 - de 7 - 10 ans 1,4 µg/j

Répercussions sur la santé: en cas de déficience

- La déficience de la de vitamine B₁₂
- dans l'alimentation est assez rare
 - En 95 % des cas, la déficience due à une mauvaise absorption au niveau intestinal



- Les symptômes:

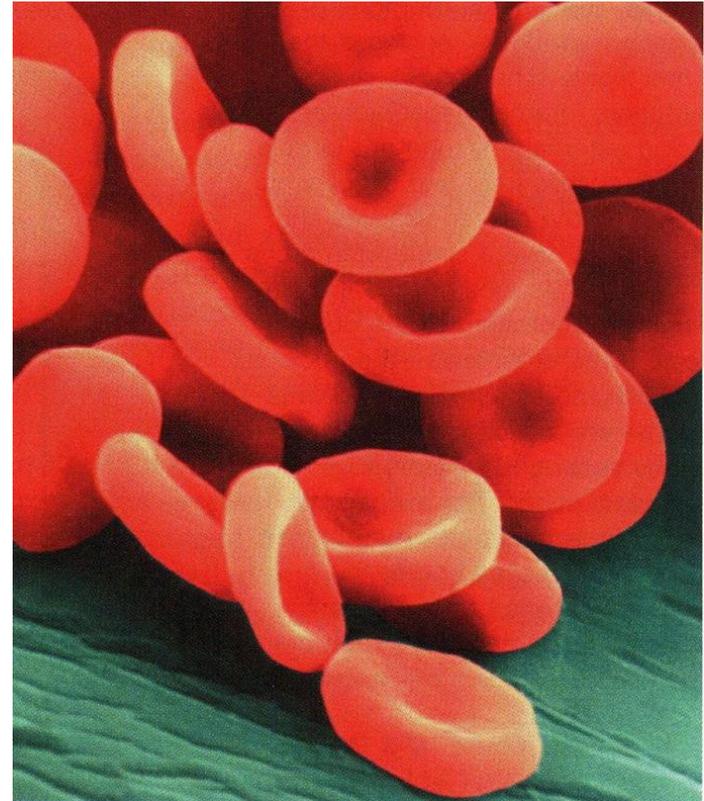
Anémie macrocytique = mégaloblastique = pernicieuse

- Avec symptômes neurologiques dus à la démyélinisation de la moelle épinière et le cerveau, et des nerfs optiques et périphériques
- Les symptômes nerveux peuvent apparaître sans l'anémie particulièrement chez les personnes âgées



Répercussions sur la santé: En cas d'excès

- Aucune intoxication due à l'ingestion excessive en vitamine B₁₂ n'est rapportée



CHAPITRE VI

LES ADDITIFS

HISTORIQUE



INTRODUCTION



EXEMPLE ADDITIF



✿ Les **Additifs** sont des substances:

- qui ne sont pas consommées comme aliments,
- sont ajoutées intentionnellement,
- assurer une meilleure conservation,
- compenser la perte de qualités sensorielles.

- préserver la qualité nutritionnelle et hygiénique des aliments
- maintenir et améliorer la consistance, la texture, le goût, l'arôme et la couleur.

⇒ Selon leur mode

d'action:

Conservateurs

Édulcorants

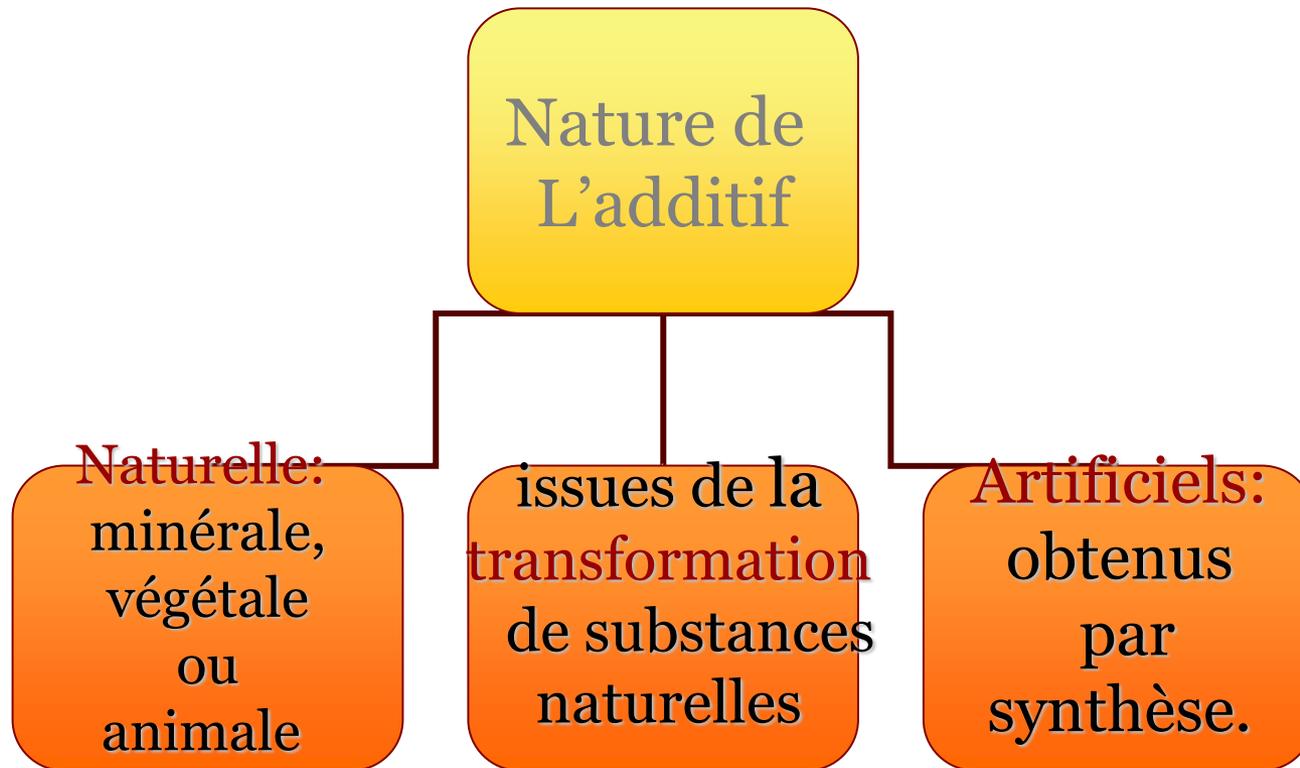
Colorants

Additifs

Émulsifiants

Antioxydants

Arômes



Le nombre **E...** signifie l'approbation d'un additif par l'UE.

- ✓ E 100 à E 199 Colorants alimentaires
- ✓ E 200 à E 297 Conservateurs
- ✓ E 300 à E 321 Anti-oxydants
- ✓ E 322 à E 495 Émulsifiants, stabilisants, gélifiants
- ✓ E 500 à E 585 Acides, alcalis, etc...
- ✓ E 620 à E 641 Révélateurs de goût
- ✓ E 900 à E 1520 Divers

Les additifs naturels sont **trop chers** ,
alors ils laissent la place à des additifs
de **synthèse**, tels:



- **Edulcorants**
- **Colorants**
- **Antioxydants**
- **conservateurs**

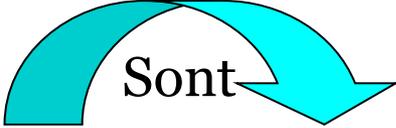
Quelques Additifs alimentaires bénéfiques:

- Vitamines (E, C, A et D)
- ✓ Acides gras essentiels
- ✓ Acides aminés essentiels
- ✓ certaines enzymes qui facilitent la digestion

Additifs sans effet sur la santé

Agissent seulement sur l'aliment

Sont
donc



ni bénéfiques

ni néfastes

Additifs alimentaires néfastes

Certains additifs de synthèse et la
plus part de ceux **artificiels**
présentent

↓ ↓

Risque pour notre santé soit à:

The diagram consists of a central text block. A large cyan arrow on the left curves from the top line down to the word 'présentent'. Two cyan arrows point downwards from the words 'présentent' and 'artificiels' to the text 'Risque pour notre santé soit à:'. Below this text, the words 'Court terme' and 'longue terme' are partially visible.

Court terme

longue terme

Quelques effets néfastes des additifs:

- ✓ Cancers
- ✓ Allergie
- ✓ Intolérance
- ✓ Toxicité
- ✓ Hypercholestérolémie
- ✓ Diminution de l'assimilation de certains aliments
- ✓ Irritation de

LES CONSERVATEURS (E200 et E297)

✿ Ils prolongent la durée de vie des aliments

en empêchant

- la prolifération microbienne ;



- maintenir la qualité nutritive des fermentations dans les aliments,



- freiner la détérioration et,

- empêcher les contaminations par des bactéries permet d'éviter les toxi-infections alimentaires (salmonelles, listeria...).
- permettent de maintenir la qualité nutritive d'un aliment, par exemple en évitant la dégradation des vitamines.

CONSERVATEURS E200 - 299

Le premier conservateur connu est le **sel de mer** (pour viandes et poissons), utilisé pour empêcher le développement des microorganismes et donc la dégradation des aliments et éviter les intoxications.

Exemples:

- nitrate de sodium dans les saucisses et les jambons
- propionate de calcium en boulangerie

-

Effets néfastes des Conservateurs

nitrites et nitrates



nitrosamines
cancérogènes
cyanose, céphalées,
hypertention et
urticaires

sulfites



allergie surtout chez les
asthmatiques

Antioxydants E300-399

- Retardent le rancissement
- Retardent le vieillissement
- Retardent la formation des produits toxiques
- Empêchent la décoloration des fruits et légumes
- Conservent les acides gras insaturés, vit. A et E

Ex: Tocophérols dans les matières grasses utilisées dans la fabrication des gâteaux

Effets néfastes

- hypertrophie de la thyroïde ou du foie
 - baisse de l'absorption de la vit K

Certains antioxydants sont naturellement présents dans les aliments :

- la vitamine E de l'huile d'olive ou
- l' acide ascorbique du citron.

⇒ qui se sont avérés bénéfiques pour la santé.

LES COLORANTS

(E100 - 199)

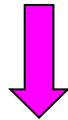


- Les colorants ont pour but d'améliorer l'aspect des aliments.
- Ils permettent de:
 - pallier une perte de coloration survenue pendant la production,
 - de colorer des aliments incolores,
 - De renforcer une idée gustative spécifique
 - Compenser les variations saisonnières



→ Il existe des colorants alimentaires:

Synthétiques



- une durée de vie plus longue
- couleurs plus intenses
- utilisés en plus petite quantité
- moins onéreux

Naturels



- sensibles à la lumière,
- à l'oxygène ou
- à l'action des bactéries.

Exemples de Colorants E 100 -199

-  **curcumine** E100 pour corriger la perte de coloration
 - **caramels** dans les bouillons, soupes et boissons rafraîchissantes
 - **Caroténoïdes** dans les fromages et margarines (surtout en **hiver**)

Ex de colorants néfastes:

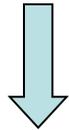
- Tartrazine**  allergies chez des personnes déjà allergiques à l'aspirine
- Erythrosine**  Mutagène, troubles
neurophysiologique

LES ÉDULCORANTS (E950 à E967)

- ✿ Ils adoucissent l'acidité de certaines préparations par leur pouvoir sucrant,
- ✿ Ils sont utiles dans les aliments allégés ou diététiques

⇒ On distingue:

- ✿ Les édulcorants d'origine naturelle



- ✿ dont le nom se termine par OL (ex. polyol).

- ✿ Les édulcorants synthétiques:



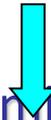
- ✿ l'**aspartame** qui apporte un goût sucré sans les calories nutritionnelles correspondantes

Édulcorants E 400- 421; E950-967

Ils remplacent le sucre sans apport de calories.

NB: beaucoup d'aliments consommés aujourd'hui n'existeraient pas sans les additifs.

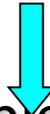
- Synthèse de l'**ASPARTAM** : L.Asp + L.Phe-méthylène



voies possibles: chimique, enzymatique et génie génétique.

En 1979, synthèse réalisée par la thermolysine

EFFETS SECONDAIRES DE Aspartam



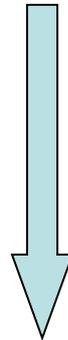
- Choc anaphylactique, troubles digestifs,
- troubles de la vue et de l'audition, insomnie, tachycardie, fatigue,
 - irritabilité, hypoglycémie,
 - attaques de panique, vertige,
 - troubles de la mémoire,
 - perte du goût...

⇒ Synthèse d'aspartame:

N-benzyloxycarbonyl L-aspartate

+

la L-phénylalanine méthylester



Thermolysine

Isowa et al.

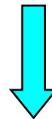
(1979)

Aspartam + H₂O

- Synthèse de **stévioside**

Glucoside édulcorant extrait naturellement de stévia rebaudiana. Amer au goût par sa structure chimique.

Stévioside (**amer**)



produit **sucré**

E = alpha-glucosidase

(le produit a un pouvoir sucrant 200 X sup. au saccharose)

- Synthèse de **cyclodextrines**

Dextrines (ou amylopectine)



cyclodextrines

E = cyclodextrine-glycosyltransférase

Les cyclodextrines sont dotés d'un pouvoir séquestrant vis-à-vis des arômes volatils et des huiles essentielles



Techniques d'encapsulation moléculaires (extrait d'oignon, fenouil, estragon etc...)

dextrines (ou amidon)

la cyclodextrine-glycosyl
transférase

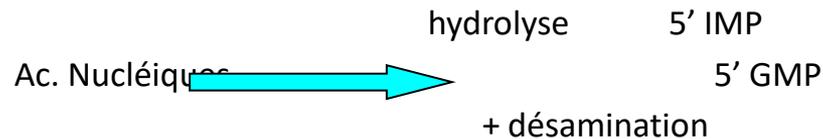


α , β , et γ -cyclodextrines

Exhausteurs de goût:

Le contrôle de la flaveur d'un produit alimentaire vise à satisfaire la demande du consommateur.

- Synthèse de 5' mononucléotides (utilisés dans les viandes)



E = phosphodiésterase bactérienne ; 5.AMP désaminase

- Synthèse du glutamate (dans les produits carnés)



NB: plusieurs milliers de tonnes produits par fermentation microbienne pour l'utilisation dans du:

Coca, ketchup, soupes de poisson en conserve, soupes lyophilisées, surgelés, pots pour bébés etc....

→ Le glutamate monosodique:

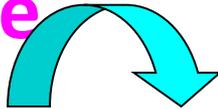
DL propionate 5' hydantoïne

E = hydrolases fixées



l'acide L glutamique

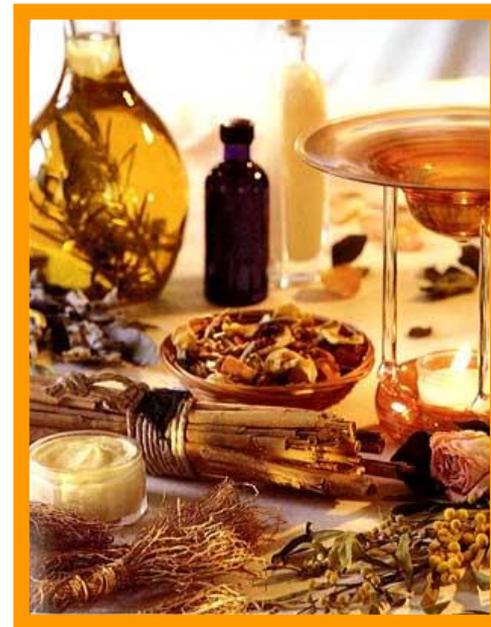
Effets néfastes des exhausteurs de goût

Glutamate 

- neurotoxique,
- migraines , vertiges
- crampes
- sechresse buccale
- **monosodique**

Les arômes

⇒ Substance ajoutée
aux aliments , aux
médicaments pour
leur donner le
parfum et la saveur
désirés





Les arômes Naturels :

→ La famille des **Hespérides:**

- l'Orange, le Citron,
le Pamplemousse,
ou la Mandarine



Gamme d'arômes **100% Naturels:**



la Fraise, la Pêche, la
Pomme, l'Ananas



Les arômes Artificiels :

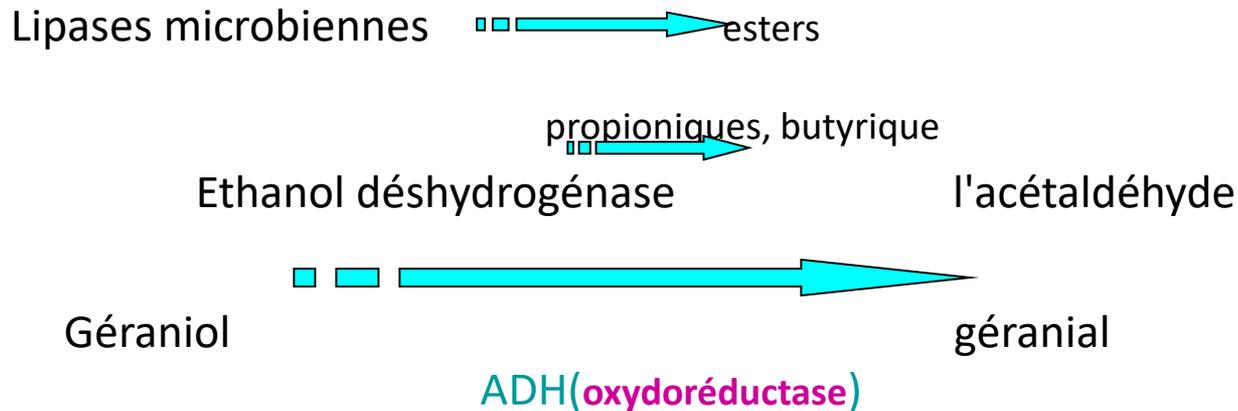
- Molécules non présentes dans les produits naturels,
- Des analogues structuraux de composés d'arômes naturelles.

Utilisés dans

❖ **Biscuiterie** ou la **Confiserie** car ils ont la propriété d'être *Thermorésistants*.

Synthèse de composés responsables de la flaveur et des arômes

Acides, alcools, lactones, esters, aldéhydes, cétones etc...sont responsables de la flaveur. Leur accumulation caractérise le goût final du produit.



PS: l'approche microbiologique demeure irremplaçable pour la production de mélanges complexes, Lors de l'affinage des fromages par exemple, mais l'approche enzymatique reste plus intéressante pour la synthèse de certaines substances responsables d'une flaveur particulière.

composé responsable de l'arôme de moutarde

Myrosinase fixée



Glucosinolates

Isothiocyanates

(précurseur)



huile de moutarde responsable du goût

goût

piquant

AROMES DE SYNTHÈSE

Très utilisés en IAA. Ils sont de deux types:

Artificiels et ceux **identiques aux naturels**.

Artificiels: analogues de structure aux produits naturels (exemple de l'**éthylvanilline** à odeur proche de la vanille, quoique plus intense)

- Ethylmaltol = homologue du maltol à odeur de caramel.

Molécules à structure totalement différente de l'arôme que l'on trouve dans le produit naturel (ex des phénylglucidates qui développent un arôme qui rappelle la **fraise** (naturel)).

Dans tous les cas, l'arôme obtenu est beaucoup plus grossier que celui que l'on obtient avec les produits naturels ou identiques aux naturels

Identiques (utilisés en parfumerie)

Le plus importants sont la vanilline et le L.menthol. Leur consommation annuelle est de l'ordre de 400 mille tonnes.

exemple: synthèse du **L.menthol**

Il est l'un des constituants principaux des huiles essentielles de menthe dont il a été extrait.

En 1970, suite à la pénurie de l'huile essentielle, une production industrielle à grande échelle a été développée et qui couvre actuellement plus du tiers de la production mondiale.

Arômes produits par bioconversion

Exemple de la **carvone:**

C'est une cétone terpénique, composée de l'huile essentielle de menthe poivrée.

Utilisée pour aromatiser les chewingums, les boissons et les aliments ...

- Bactérie genre *Pseudomonas* → carvone
- Ac. Linoléique et linoléique → hexanal
- → Hydropéroxydes

E = lipoxygénase

- Aldéhydes → alcools

E = ADH de saccharomycès

Les lipases possèdent des spécificités différentes vis-à-vis de la longueur de la chaîne carbonée.

PS: le principal problème posé au plan technologique est celui de la régulation de la teneur en eau du milieu.

Les composés d'arôme peuvent être libérés à partir de leur précurseurs par action d'enzymes exogènes (ex : du raisin, papaye, thé, amende) cependant ces E sont instables, peu actives à pH acide et le plus souvent inhibés par le glucose. On a montré que les acides aminés peuvent se transformer en aldéhydes.

Ala, leu, ile, met, phe  acétaldéhyde, isovaléraldéhyde, méthional etc...

(les E sont oxydatives).

Les produits primaires à la suite de réaction enzymatique sont inodores et redeviennent aromatiques à la suite d'autres étapes.

Les procédés de récupération des arômes sont:

évaporation, distillation, entraînement par les gaz et enfin extraction par les solvants.