

CHAP . COMPOSITION CHIMIQUE ELEMENTAIRE DE LA MATIERE VIVANTE

1) Introduction

Les substances qui forment la structure des êtres vivants et en permettent le fonctionnement comportent 2 grandes catégories

- Les substances dites **INORGANIQUES** (l'eau, les sels minéraux et de nombreux acides et bases,...)
- Les substances dites **ORGANIQUES** contiennent des atomes de carbone (essentiellement les glucides, les lipides et les protides.)

A. LES COMPOSES INORGANIQUES

1) L'EAU

L'eau est le composé inorganique le plus abondant et le plus important de la matière vivante : elle forme 60 à 80% du volume de la plupart des cellules vivantes (chez l'homme)

C'est l'élément fondamental du sang, de la lymphe, des sucres digestifs, du cytoplasme des cellules.

a) structure chimique

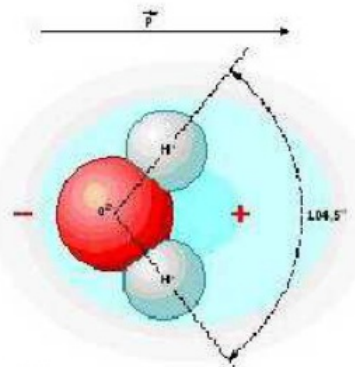


Fig 1 Schéma d'une molécule d'eau : molécule polaire
l'oxygène y est chargé négativement, l'hydrogène positivement

b) propriétés

Ce liquide à température du corps a des qualités « incomparables »

$n \neq MO$

et M. inorganiques

La M.O est composée

exclusivement de

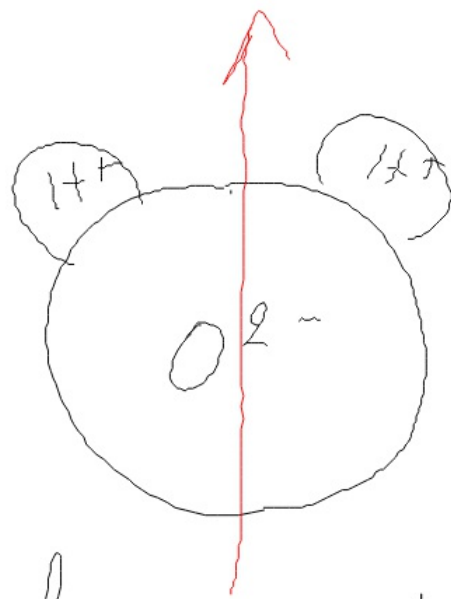
C, H (sauf le CO_2)

+ atomes secondaires

O, N, S

Les matières inorganiques

1) L'eau



δ^+

DIPÔLE

δ^{2-}

δ^+ : charge partielle +

δ^{2-} : 2 charges " δ^-

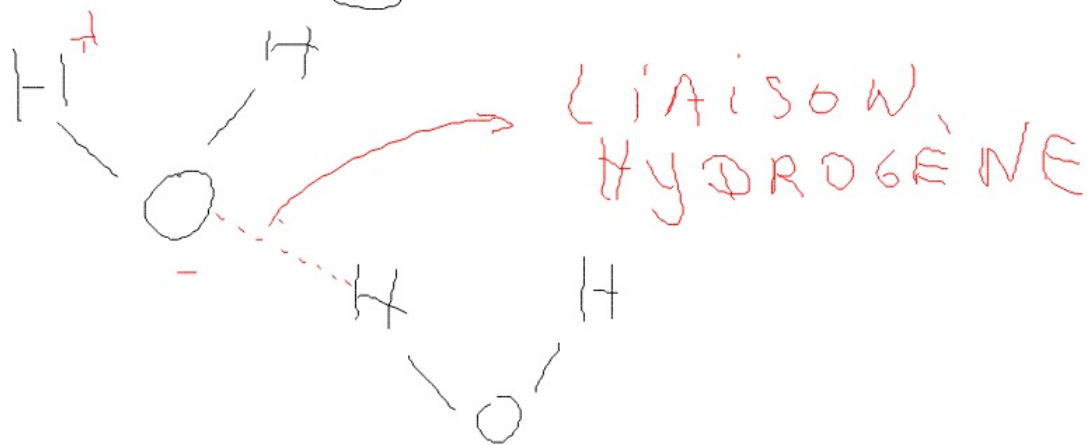
Le caractère polaire
de l'eau \Rightarrow propriétés
très particulières

$$MM \text{ H}_2\text{O} = 2 \times 1 + 1 \times 16 = 18$$

$$MM \text{ CH}_4 = 12 \times 1 + 4 = 16 \text{ (g)}$$

L'eau est liquide à T°
ordinaire à cause des

PONTS HYDROGÈNE



La réaction d'hydrolyse
de l'ATP

ATP. ADE[']NO[']SINE
TRI
PHOSPHATE



Ade[']no[']sine ou phos[']phate

P_i Phosphate INORGANIQUE

Q : Energie

- 2. Les sels minéraux

2.1) de Fe

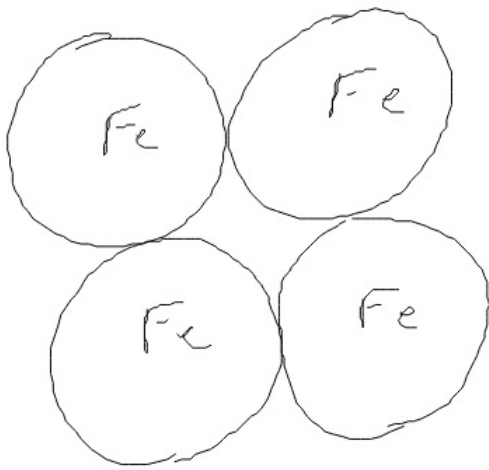


- Hémoglobine (sang)
- Myoglobine (muscle)
- 4 x 1 Myoglobine
= 1 hémoglobine

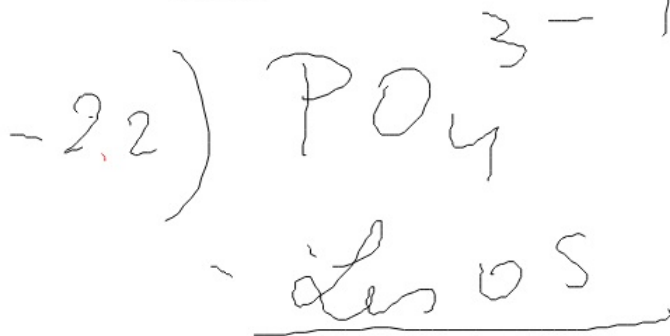
Myoglobine



Structure
ternaire



Hémoglobine
(Structure
quaternaire)



2.3) K^+ / Na^+

- Important pour le fonctionnement des neurones
- Important pour le fonct des mitochondries (pompes Na^+ / K^+)

3) Les GLUCIDES

3.1) Les monosaccharides

F.G : Sucre simple

PROPRIÉTÉS :

- 1) SOLUBLES DS L' H_2O
- 2) SAVEUR SUCRÉE

(Cléf - serrure)

- 3) PAS DIGÉRÉS \Rightarrow PASSENT DS LE SANG

- RÔLES

- 1) ANIMAUX: SUCRES
PHYSIOLOGIQUE
(GLUCOSE)

2) VÉGÉTAUX: SUCRE DE *
DEPART
POUR LA SYNTHÈSE D'AMIDON

1 EDULCORANT: SUBSTANCE
QUI A LE GÔUT DU SUCRE
MAIS QUI N'EST PAS UN SUCRE

ex. ~~SACCHARINE~~ ^{glucoside} NE

- ASPARTAME (DOUTEUX)

- STEVIA

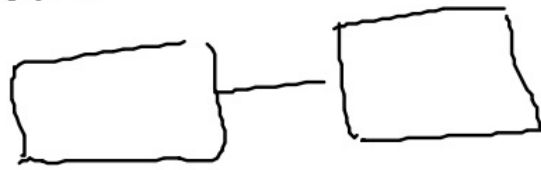
* GLUCOSE : SUCRE
↳ AMIDON } de Réserve
des plantes (Végétaux)

Sauf chez les CHAMPIGNONS

- GLYCOGÈNE :
SUCRE DE RÉSERVE
CHEZ LES ANIMAUX
+ CHAMPIGNONS

- Les DISACCHARIDES

- Sucres doubles

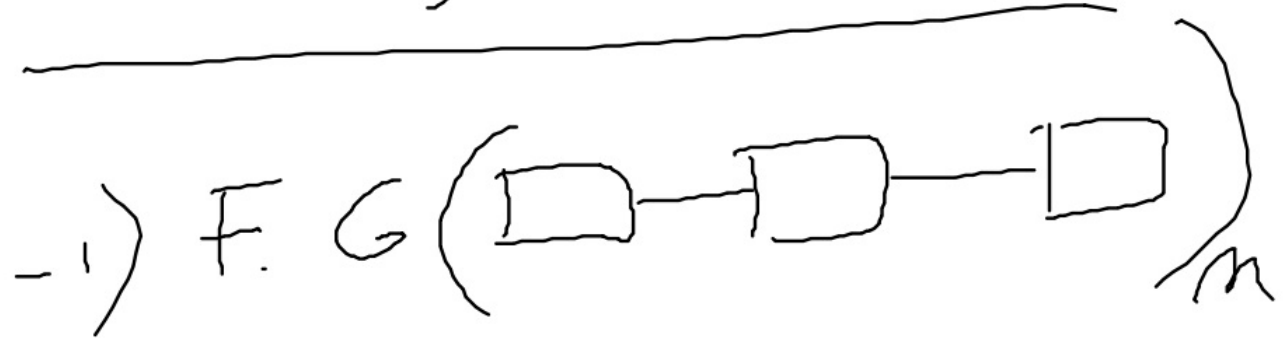


- Prop. : - goût sucré
Solubles ds H_2O

- ex : SACCHAROSE

Sucre de betteraves,
de cournes

- Les POLYSACCHARIDES



$$n > 100$$

2) Prop.

- NON SUCRÉS
- SUCRES LENTS
- "SOLUBLES" DS L'EAU
SOUS CERTAINES CONDITIONS

3 polysaccharides
principaux

Végétal :

1) AMIDON

2) CELLULOSE

ANIMAL

3) GLYCOGÈNE

⚠️ Quelles sont les différences et les similitudes existant entre amidon et cellulose?

1) AMIDON et la cellulose se trouvent chez les végétaux (SIMILITUDE)

2) Différences

AMIDON = SUCRE DE RÉSERVE
(digestible par l'homme)

CELLULOSE: SUCRE DE STRUCTURE
("SQUELETTE DE LA VÉGÉTALE")

La CELLULOSE EST
DIGESTIBLE PAR LES
HERBIVORES GRÂCE
À DES BACTÉRIES
CELLULOLYTIQUES

(LYSER: "CASSER")

GRANDE CAPACITE THERMIQUE

L'eau peut absorber ou libérer beaucoup de chaleur sans que sa propre température ne change de façon significative.

Sa présence en si grande proportion dans la matière vivante prévient les changements soudains de la température corporelle venant de facteurs externes (soleil..) ou internes (activité musculaire...)

GRANDE CHALEUR DE VAPORISATION

Lorsque l'eau s'évapore (se vaporise), elle passe de l'état liquide à l'état gazeux. Cette transformation nécessite beaucoup d'énergie thermique → utile quand nous transpirons : la sueur en se vaporisant évacue une grande quantité de chaleur.

EXCELLENT SOLVANT

L'eau est un solvant incomparable pour certaines molécules organiques ou inorganiques.

Toutes les réactions (bio)chimiques se passent souvent en milieu aqueux

L'eau est le principal milieu de transport dans l'organisme (nutriments et gaz respiratoires dans le plasma, déchets dans l'urine...)

REACTIVITE

L'eau est un réactif important de nombreuses réactions chimiques:

1) Réactions de dégradation ou hydrolyses

Molécule 1 + H₂O → molécule 3

2) Réactions de construction ou de synthèse

Molécule 1 + Molécule 2 → molécule 3 + H₂O

PROTECTION / AMORTISSEMENT

En formant un « coussin » amortisseur autour de certains organes, l'eau les protège contre les traumatismes physiques (le liquide céphalo-rachidien entoure le cerveau et la moelle épinière, il illustre bien le rôle amortisseur de l'eau)

2) LES SELS MINÉRAUX

Les sels minéraux sont indispensables à la vie des cellules animales ou végétales mais en « très petite quantité ».

Le sel le plus abondant est le phosphate de calcium qui contribue à la dureté des os et des dents.

Sous forme ionique, les sels jouent un rôle vital dans le fonctionnement du corps.

Les ions sodium (Na^+) et potassium (K^+) sont essentiels dans la transmission de l'influx nerveux, dans les contractions musculaires, dans les échanges membranaires,

Le fer ionisé (Fe^{2+} - Fe^{3+}) est compris dans l'hémoglobine (protéine avec un groupement à fer) qui transporte l'oxygène dans les globules rouges....

Chez les végétaux, les besoins en ions sont nécessaires à la croissance, c'est pour cela, par ex. qu'on fournit aux plantes des engrais sous forme N :P :K (azote, phosphore, potassium)

B. LES COMPOSÉS ORGANIQUES

Les composés organiques contiennent du CARBONE, les composés inorganiques n'en contiennent pas (sauf CO , CO_2 , carbure).

Les atomes de carbone s'associent pour former le « squelette » des molécules. (v. cours de chimie organique en 5^e année)

Pour les êtres vivants les trois grands groupes sont : les glucides, les lipides, les protides (protéines)

B. 1) LES GLUCIDES

Les glucides contiennent du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène.

On distingue 3 catégories principales de glucides:

➤ Les MONOSACCHARIDES ou sucres simples

Ce sont les « unités de base » de tous les autres glucides. Ils sont formés d'une seule chaîne contenant de 3 à 6 carbones.

On y trouve:

- Le **RIBOSE** et le **DESOXYRIBOSE** qui entrent dans la composition des acides nucléiques (ARN et ADN).

- Le **GLUCOSE** = sucre physiologique chez les animaux, sucre produit également par la photosynthèse chez les végétaux,.....

Tous les autres glucides sont finalement convertis en glucose pour être utilisé par les cellules. Sa dégradation fournit une part importante de l'énergie cellulaire.

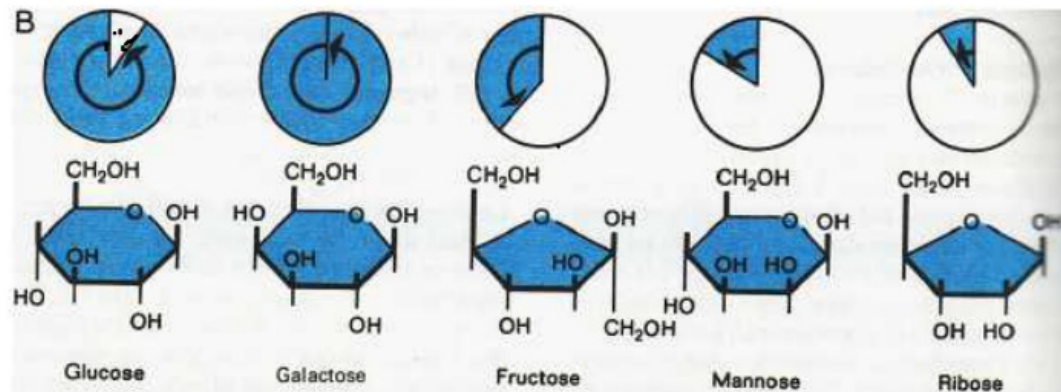
- Le **GALACTOSE** entre dans la composition du lactose (disaccharide)
- Le **FRUCTOSE** est le sucre des **fruits**

Glucose, fructose et galactose ont la même formule brute ($C_6H_{12}O_6$) mais des formules développées différentes, c'est à dire que les atomes sont liés différemment.

- Ils ont une saveur « sucrée »
- Ils sont **DIRECTEMENT ASSIMILABLES** : ils passent directement dans le sang

Le galactose et le fructose sont transformés en glucose par le foie avant d'être utilisés par les "cellules ».

Fig. 2 : Rapidité d'absorption des différents monosaccharides et leurs formules développées

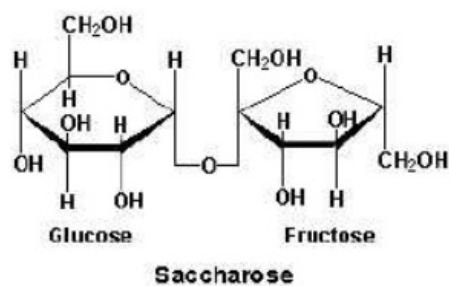


➤ **Les DISACCHARIDES ou sucres doubles**

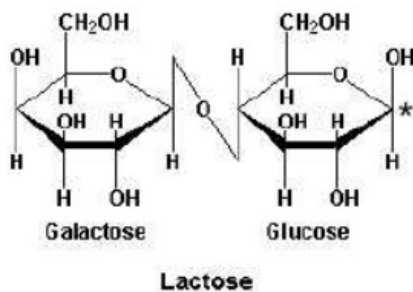
Ils sont formés de 2 monosaccharides liés chimiquement (polymères), leur formule générale est C_nH_{2n-2}

On y trouve

- Le **SACCHAROSE** ou sucrose = sucre de table tiré de la betterave , de la canne à sucre c'est un polymère de : **GLUCOSE** et de **FRUCTOSE**

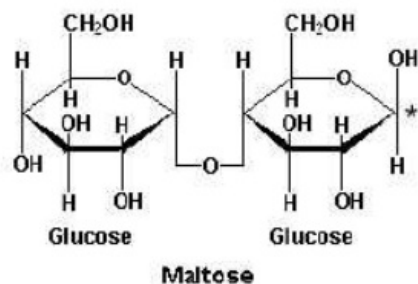


- Le **LACTOSE** ou sucre du lait



Polymère de : **FRUCTOSE** et de **GALACTOSE**

- Le **MALTOSE** dans l'amidon des féculents, étape intermédiaire de la digestion de l'amidon



Polymère de : 2 MOLECULES DE GLUCOSE

Ces sucres ont les propriétés suivantes:

- Ils sont solubles dans l'eau
- Ils ont une saveur sucrée
- Ils sont divisés en 2 monosaccharides lors de la digestion (intestin grêle) pour pouvoir passer dans le sang.

Les mono et disaccharides sont appelés sucres RAPIDES car ils sont immédiatement assimilés par l'organisme et passent dans le sang

➤ *Les POLYSACCHARIDES ou « sucres complexes »*

1) Définitions

Ils sont composés de plusieurs molécules de glucose unies entre elles.

On appelle POLYMERE une molécule formée par la liaison chimique d'un grand nombre de petites molécules identiques appelées sous-unités

2) Trois polysaccharides sont importants pour l'organisme: l'amidon, le glycogène et la cellulose.

Ces 3 polysaccharides sont des polymères du glucose et ont comme formule:
 $(C_6H_{12}O_6)_n$

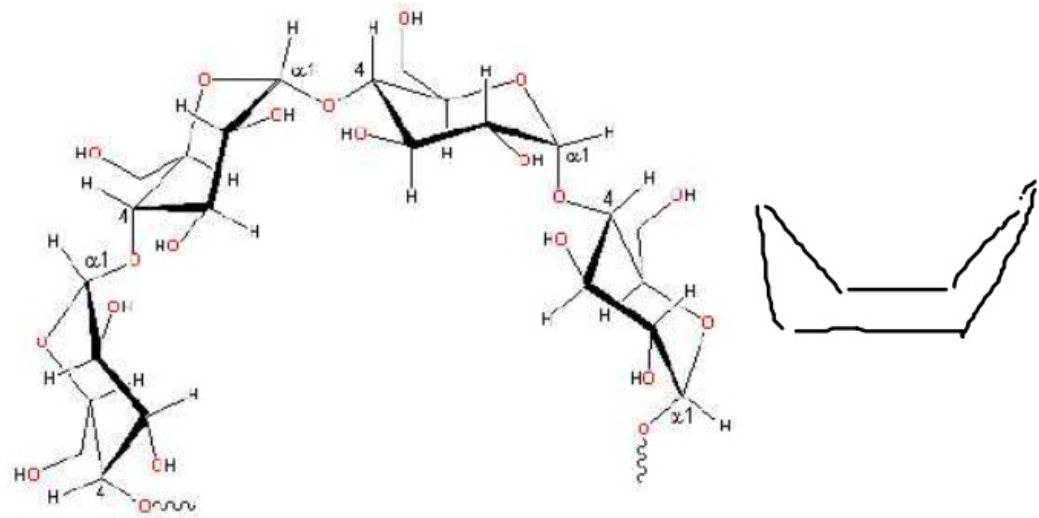
Ils sont cependant très différents:

2.1) L'AMIDON

C'est le sucre de RESERVE chez les VEGETAUX. On le trouve dans la pomme de terre, le blé, le maïs ,....

(Il est insoluble dans l'eau froide et forme avec l'eau chaude une solution opalescente : l'empois d'amidon)

La molécule d'amidon est hélicoïdale, les chaînes de glucose sont courtes et fortement ramifiées, il se présente sous forme de granulations rondes dans les cellules végétales



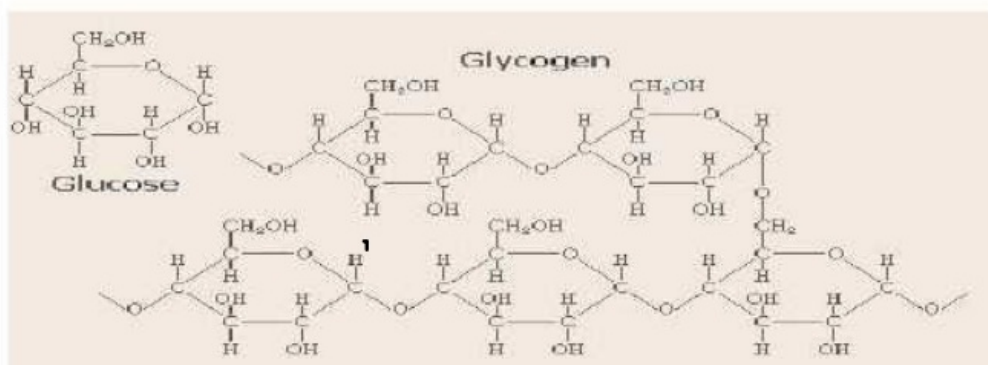
Sa digestion est lente car les sucs digestifs doivent attaquer de nombreuses liaisons chimiques → sucre lent

2.2) Le GLYCOGENE

C'est le sucre de RESERVE chez les ANIMAUX. Il est stocké dans le foie chez l'être humain

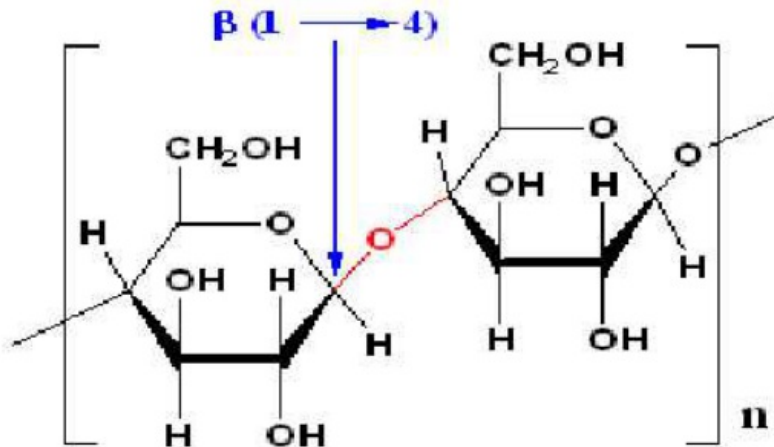
- Quand le sang contient trop de glucose, le foie le stocke sous forme de glycogène.
- Quand la concentration sanguine de glucose baisse, les cellules du foie dégradent le glycogène et libèrent le glucose dans le sang.
- La molécule de glycogène ressemble à la molécule d'amidon.

Sa structure est cependant « difficile » à déterminer



2.3) La CELLULOSE

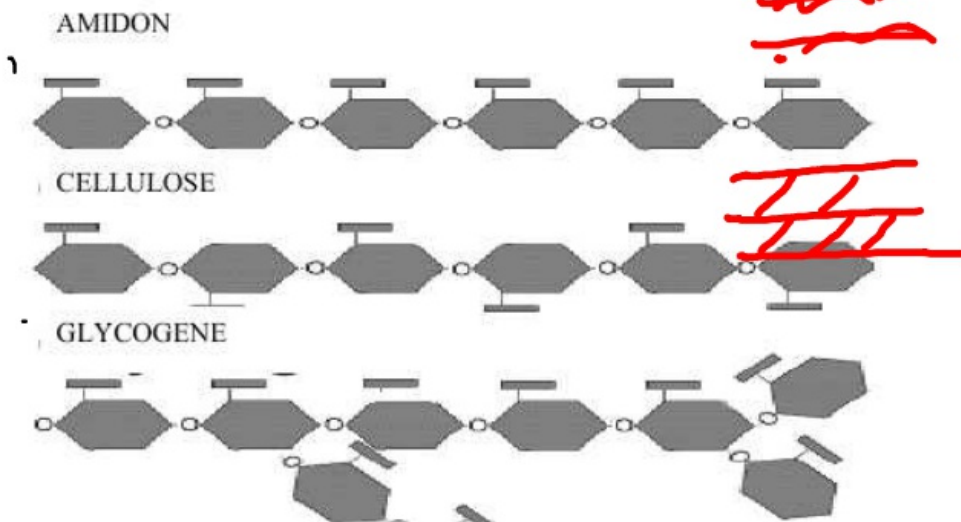
C'est le sucre de « STRUCTURE » chez les VEGETAUX:



Nous ne savons pas digérer la cellulose: notre tube digestif ne contient pas l'enzyme nécessaire à sa dégradation en glucose. ----> la cellulose reste donc dans les intestins et est éliminée, c'est un déchet (cependant certains animaux peuvent le faire : ce sont les ruminants (vaches,....) le cheval,

Ces animaux possèdent au sein de leur tube digestif des bactéries cellulolytiques (capables de dégrader la cellulose)
Les molécules de cellulose forment des fils, les chaînes sont longues et très peu ramifiées.

Comparaison entre les trois polysaccharides



B. 2) LES LIPIDES

1. Définitions et formule générale

Les lipides contiennent du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène, certains contiennent du phosphore. C'est la famille des graisses ou corps gras.

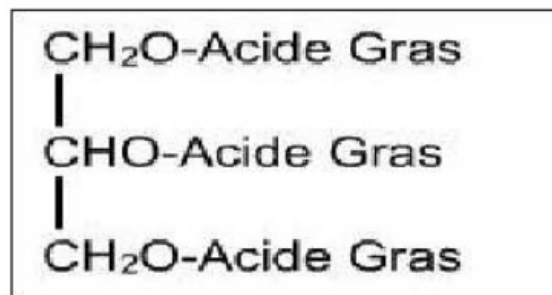
2. Types de lipides

On distingue 3 catégories de lipides:

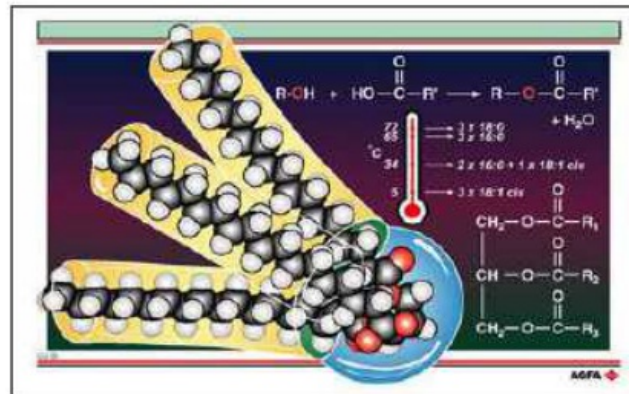
2.1) Les TRIGLYCERIDES ou graisses neutres

Ce sont les graisses et huiles « courantes »

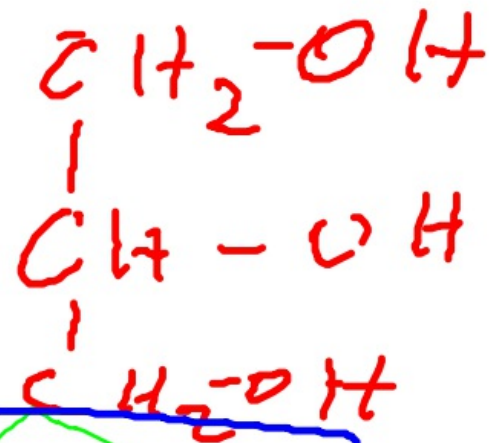
La molécule d'un triglycéride est composée d'une molécule de glycérine (glycérol) à laquelle sont liés trois acides gras (voir figure ci-après)



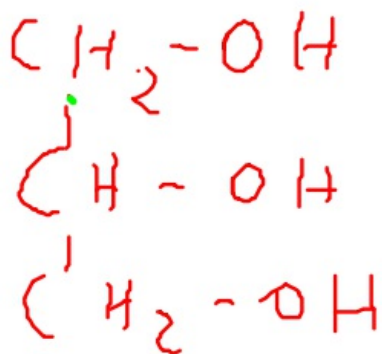
Ou



Les lipides simples



[: glycérol



acides
gras saturés



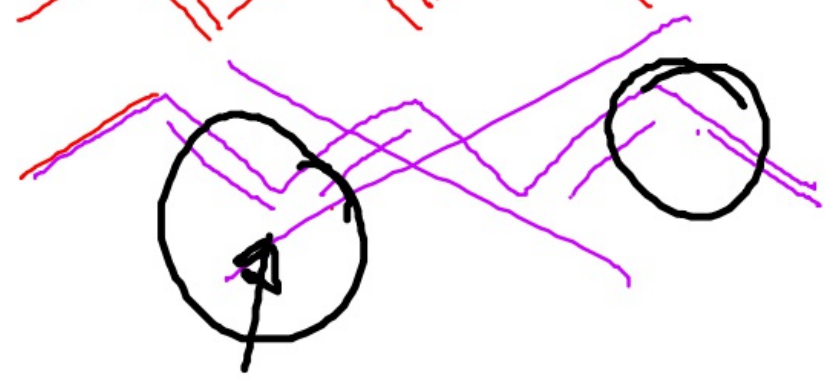
acides gras saturés

ex: graisses
animales

- SAINDOUX

- beurre

Acides gras ne possèdent
pas de DOUBLES LIAISONS
(en général des graisses)



Les acides gras
insaturés sont
en général des huiles
et sont végétaux
ex huiles d'olives
de colza
d'arachides



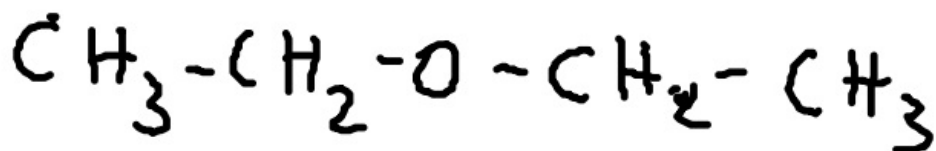
MARGARINE



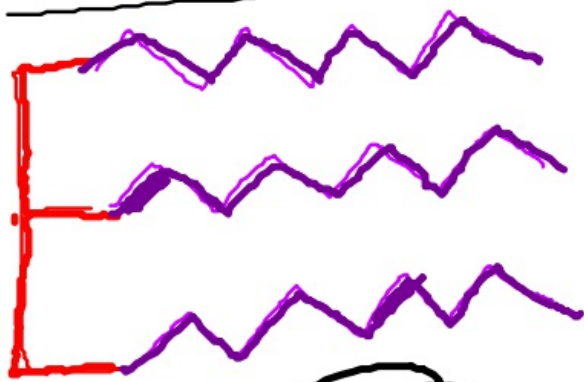
HUILES VÉGÉTALES
SOLIDIFIÉES

- Propriétés

- insolubles ds l'eau
 - Solubles dans l'éther, le chloroforme, l'acétone
 - provoquent des taches sur les tissus, le papier, ...
 - Les lipides réagissent avec les bases fortes pour donner du GLYCÉROL ET DU SAVON (SAPONIFICATION)
-

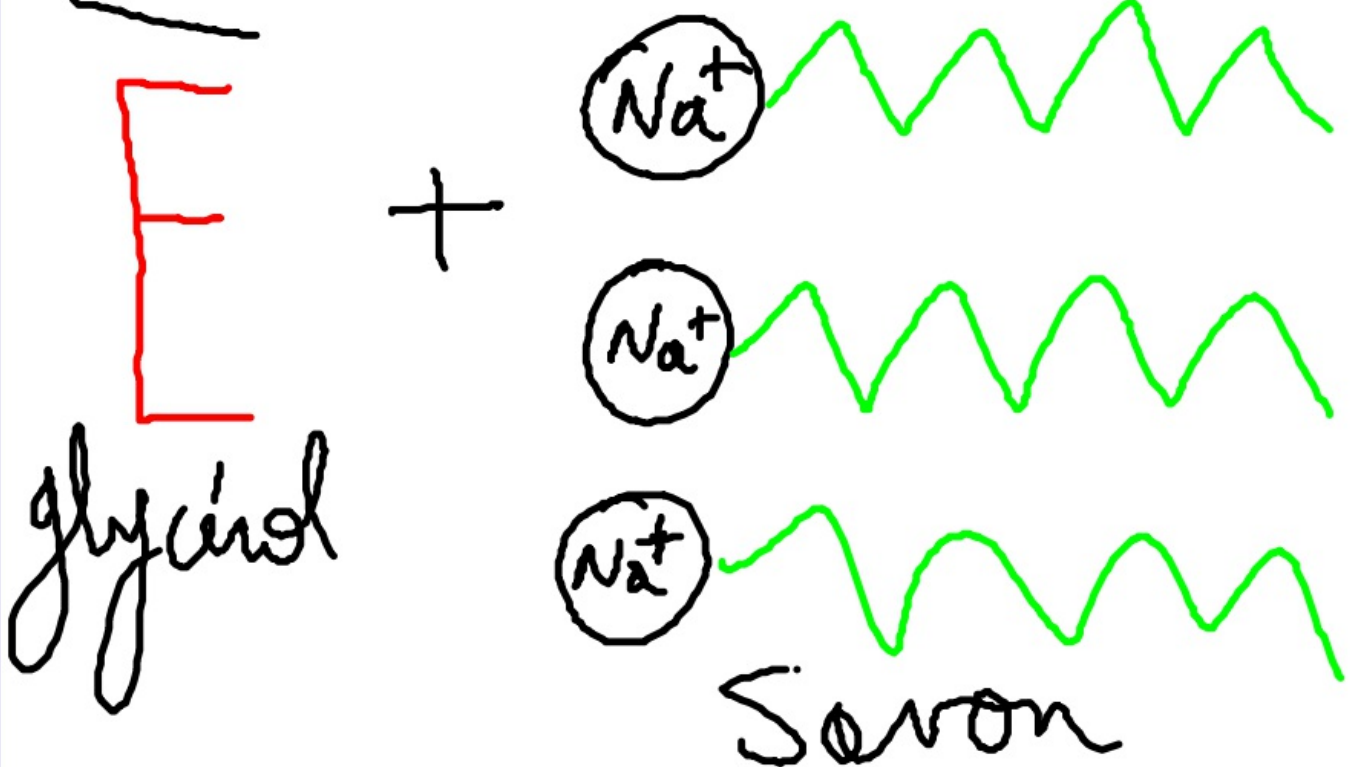
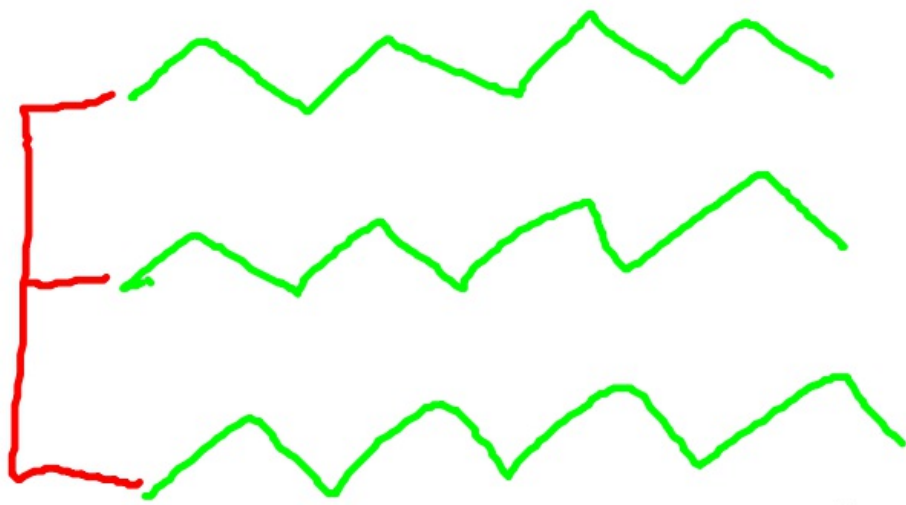


RÉACTION DE SAPONIFICATION

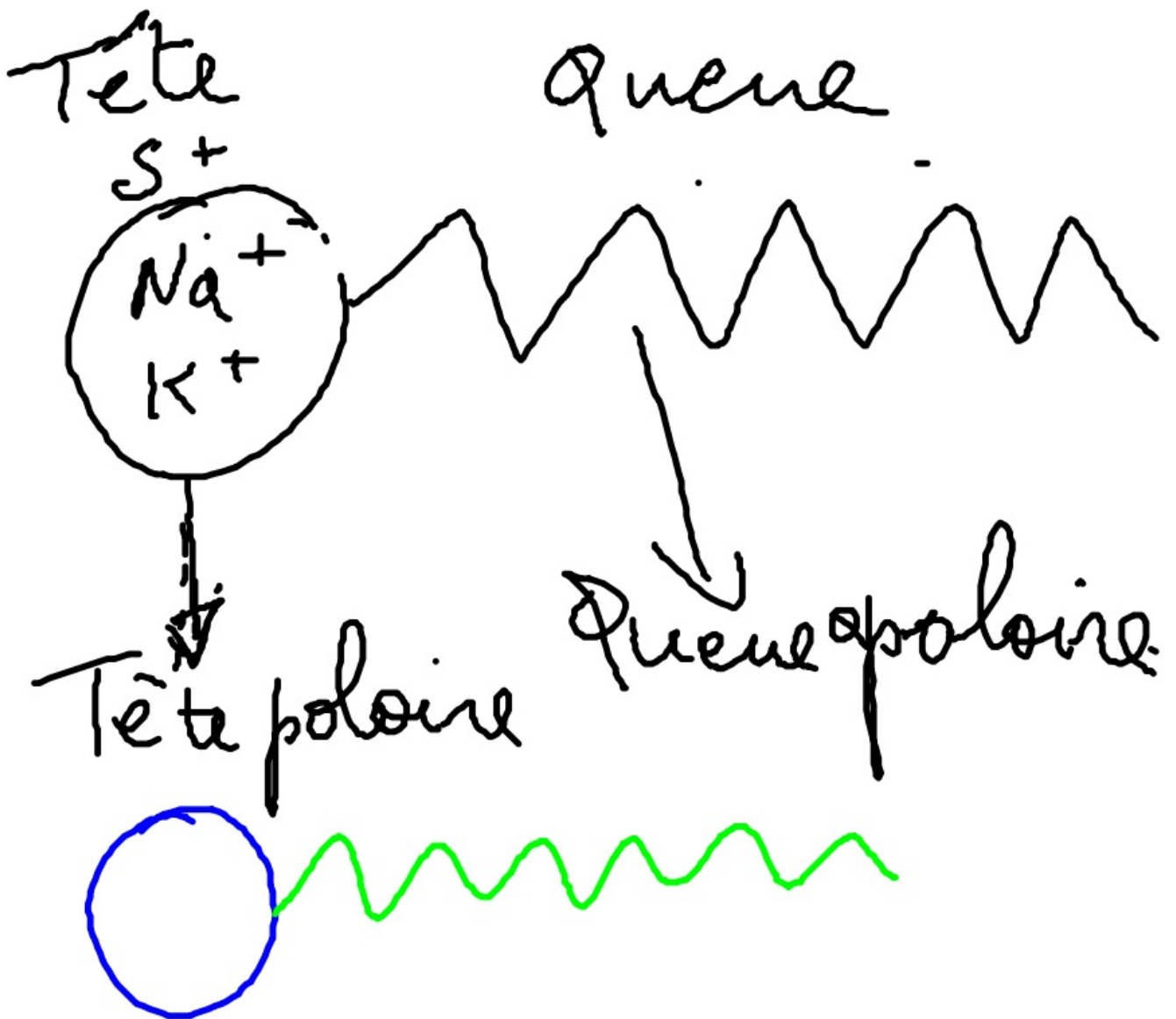


GLYCÉROL

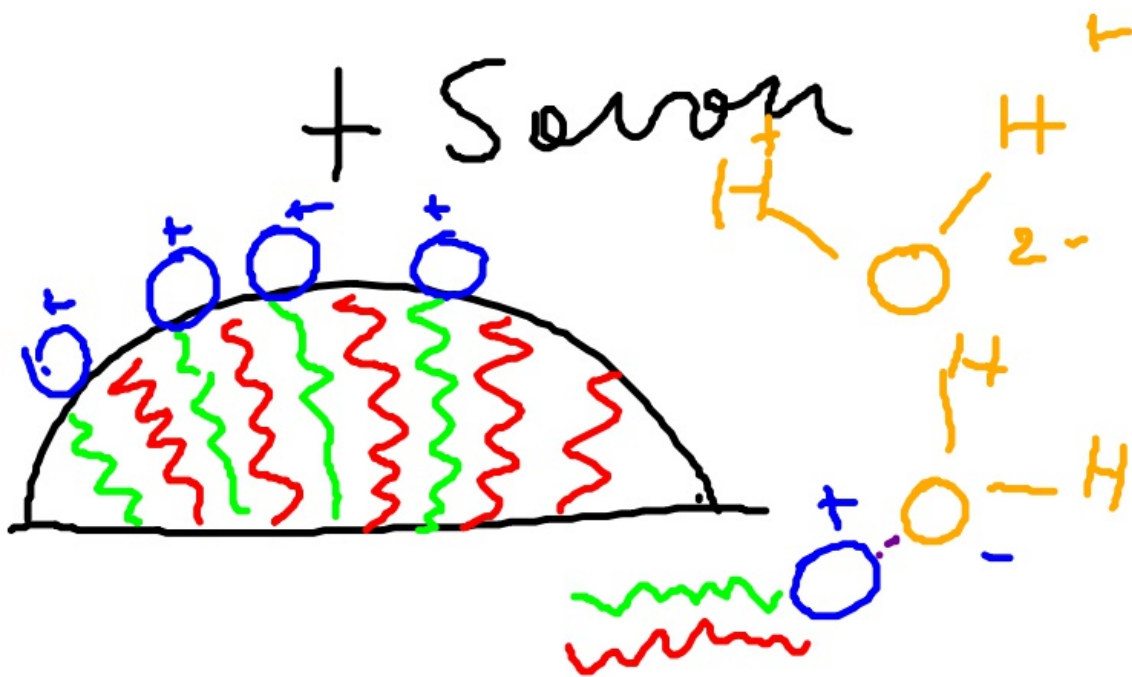
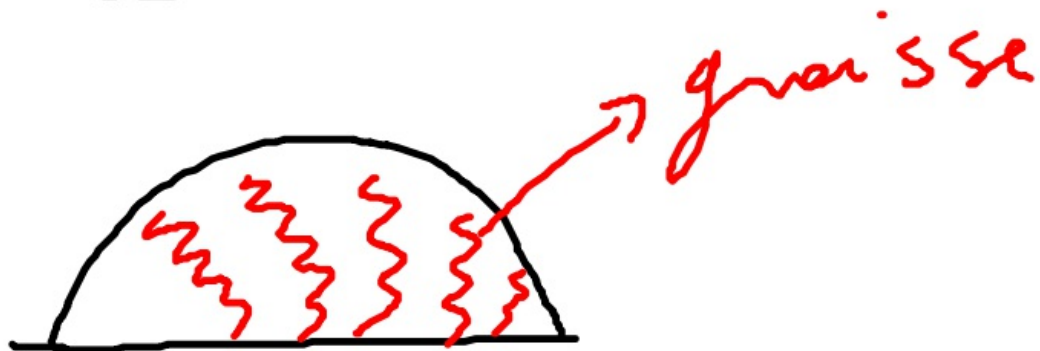
SAVON
(ou détergent)



Formule générale d'un savon

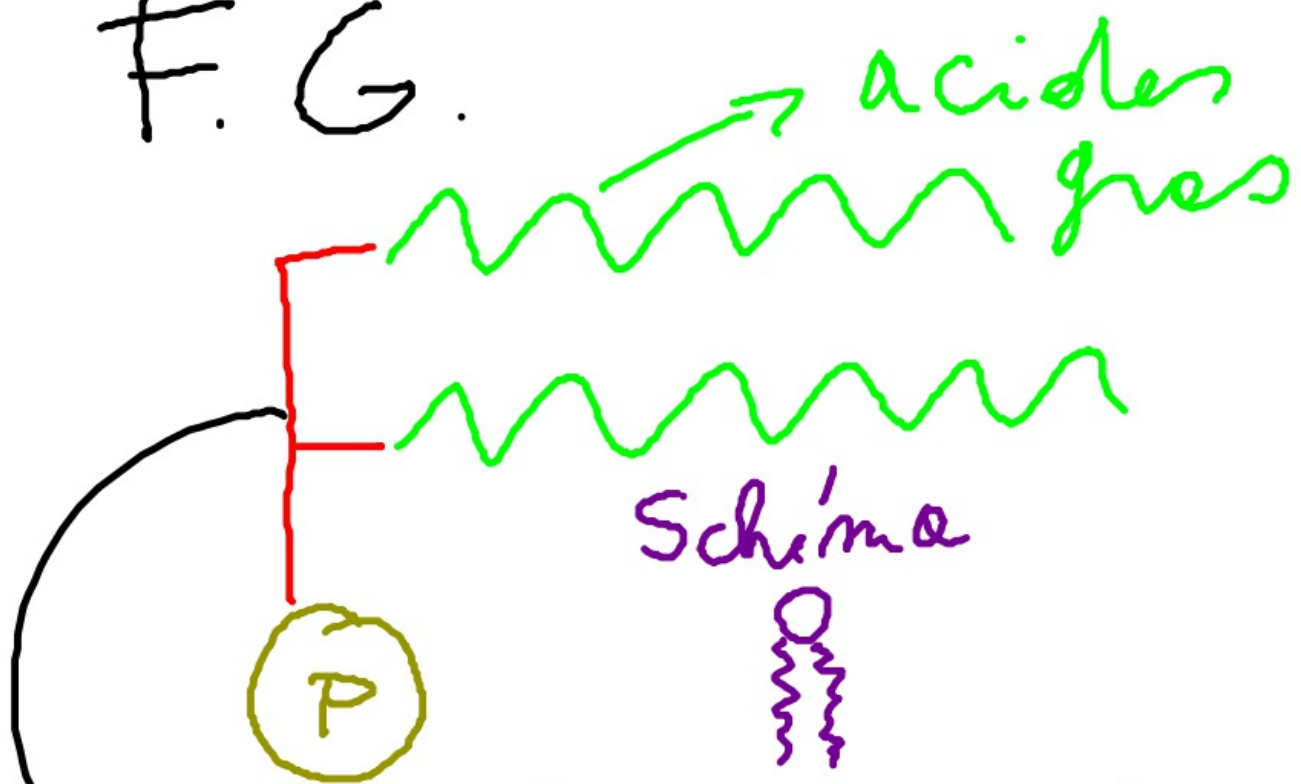


Fonctionnement d'un savon



2) Les PHOSPHO LIPIDES

F. G.



→ glycérol + Phosphate

P = Phosphate

Rôles des phospholipides

1) Constituants
principaux
des membranes

cellulaires

(modèle en MOSAÏQUE
FLUIDE)

Les graisses doivent être dégradées en glycérine et acides gras avant d'être absorbées et de passer dans le sang. (au niveau de l'intestin grêle).

Les huiles et les graisses ont des propriétés particulières, elles:

- Sont moins denses que l'eau
- Sont **INSOLUBLES DANS L'EAU**, elles peuvent cependant former avec l'eau des émulsions plus ou moins stables (émulsion = mélange « stable » de lipides et d'eau ex : vinaigrette)
- Sont solubles dans l'éther, l'acétone, le benzène (solvants organiques)
- Tachent le papier: elles forment une tache translucide qui ne disparaît pas à la chaleur
- Réagissent avec les bases fortes (soude caustique NaOH pour former des savons = réaction de saponification)

On distingue les graisses **SATUREES** et les graisses **INSATUREES** ou **POLYINSATUREES**.

Les molécules organiques dont les atomes de carbone sont unis par des liaisons covalentes simples sont des molécules saturées, elles sont solides (graisses) (ex : le beurre)

Les molécules organiques dont les atomes de carbone sont unis par des liaisons covalentes doubles ou triples sont dites insaturées ou polyinsaturées, elles sont liquides (huiles) ex huiles végétales : huile d'olive)

Les graisses neutres

- Servent de coussin protecteur autour des organes
- Servent de couche isolante sous la peau
- Sont une source concentrée d'énergie (à poids égal, les graisses neutres fournissent beaucoup plus d'énergie que le sucre)

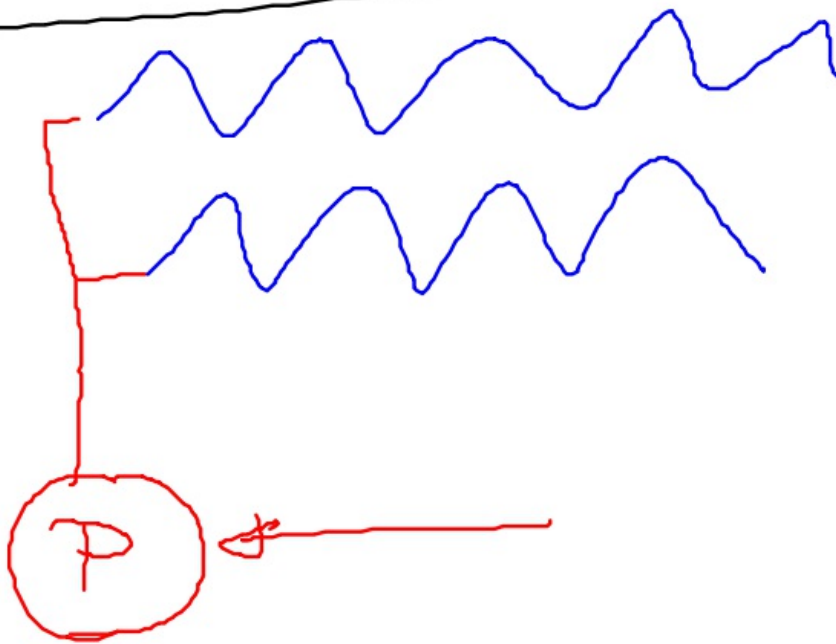
2.2) Les PHOSPHOLIPIDES

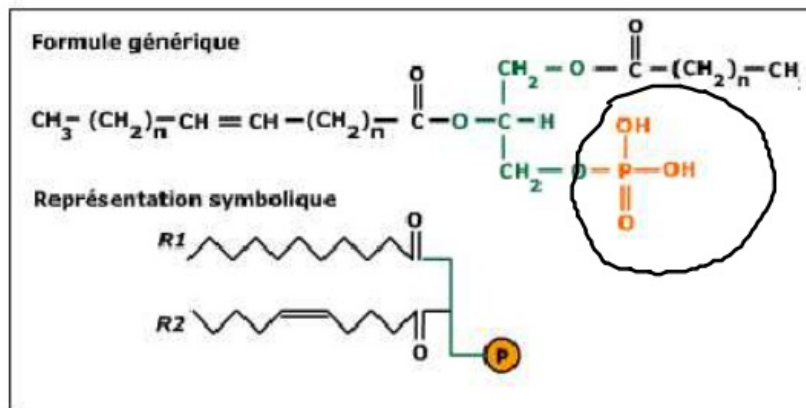
La molécule d'un phospholipide est composée d'un groupe phosphate lié à 2 acides gras, l'acide phosphorique « prenant » la place du troisième acide gras.

Structure de la molécule:

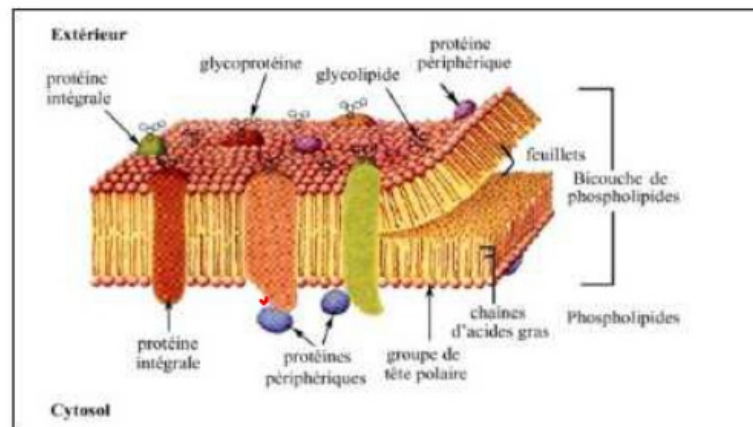
Les PHOSPHOLIPIDES

Éléments Constitutifs
des MEMBRANES
CELLULAIRES





Les phospholipides entrent dans la composition de la membrane cytoplasmique de toutes les cellules vivantes, comme le montre la figure ci-après :



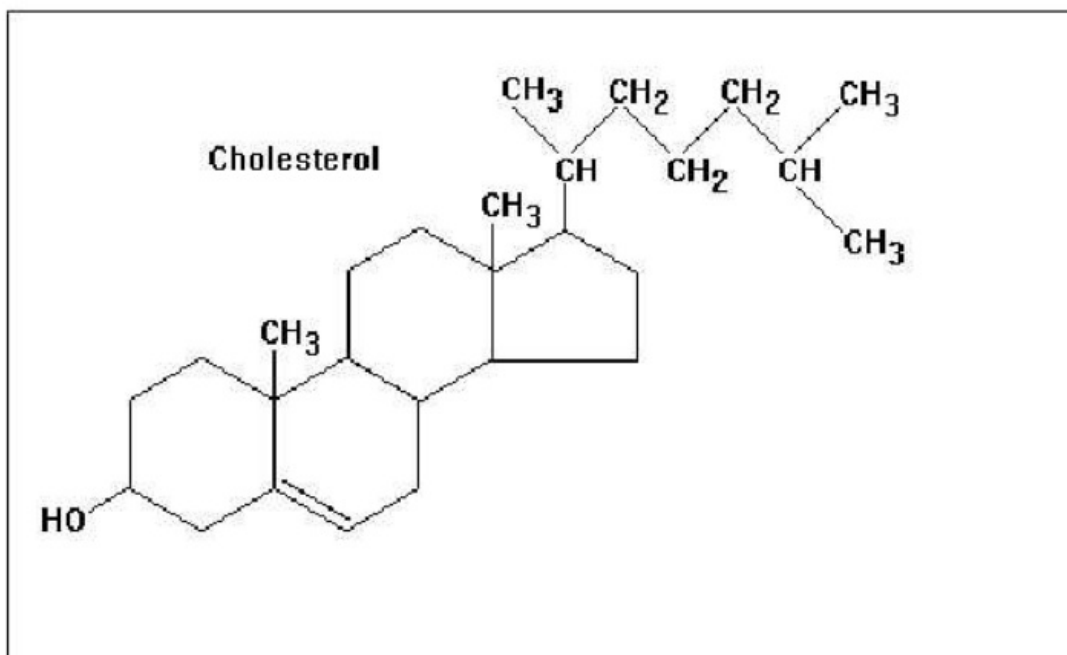
2.3) Les STEROIDES

Les atomes de carbone s'unissent pour former des chaînes cycliques plutôt que des chaînes linéaires. Le cholestérol est le stéroïde le plus important chez les êtres vivants. Il a mauvaise réputation à cause de son rôle dans l'artériosclérose mais il est essentiel à la vie humaine.

Il entre dans la composition des membranes cellulaires, il est le précurseur des sels biliaires (bile), des hormones sexuelles et corticosurrénales, de la vitamine D.

Le cholestérol sanguin a 2 origines:

- 1) Le foie fabrique du cholestérol
- 2) L'alimentation en est la seconde source.



B. 3) Les Protéines

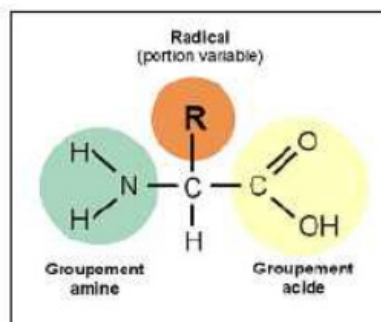
1) Définition

Ce sont des composés formés de C, H, O, N, S et comportant parfois du P, du Fer, du Mg,....., elles constituent l'ensemble des molécules nécessaires à la constitution et au fonctionnement des êtres vivants.

Les protéines sont constituées par un assemblage de diverses sous-unités (« briques ») appelées acides aminés

2) Les acides aminés

Au nombre de 20, les acides aminés (AA) de formule générale

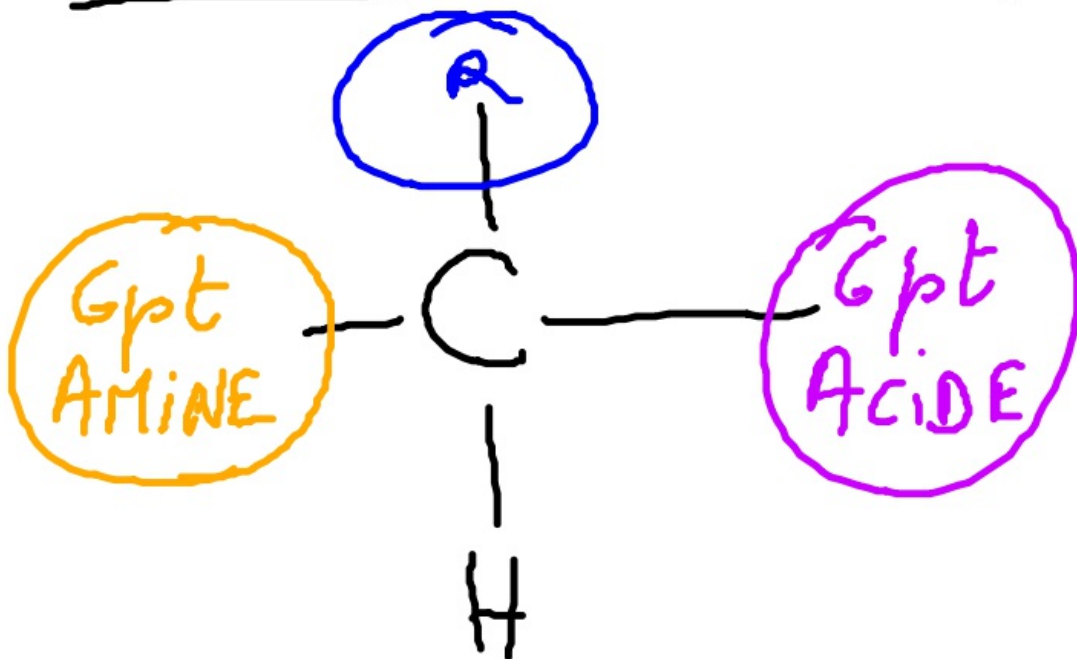


Les protéines

1) S.U. des protéines

Ce sont les Acides
AMINÉS (AA)

Structure simplifiée



R: Radical
qui caractérise
l'AA

- 20 radicaux \Rightarrow
20 AA

ex Si R=H

alors l'AA est la

glycine

Abbréviation: Gly

Glutamate: Glu

GLUTAMATE

Les AA sont reliés
entre-eux par des
liens PEPTIDIQUES

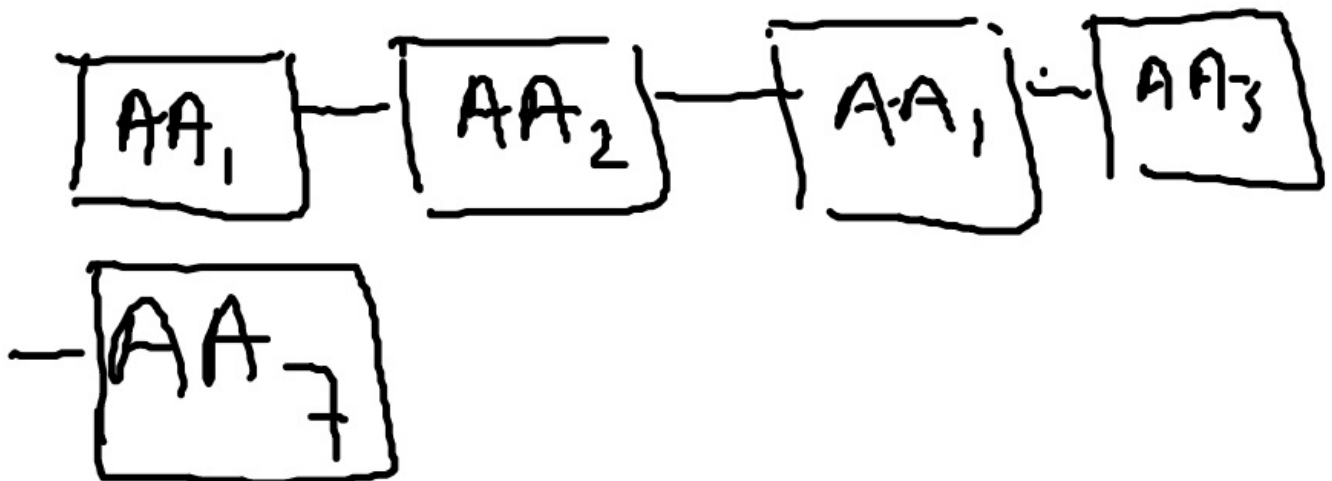
AMINE - ACIDE

① → lien peptidique
②
+ H₂O

Les différentes Structures des protéines

2.1) STRUCTURE PRIMAIRE

Les AA mis bout-à-bout: AMINOGRAMME




2.2) La structure secondaire

Repliement de la structure primaire
(ponts hydrogène)

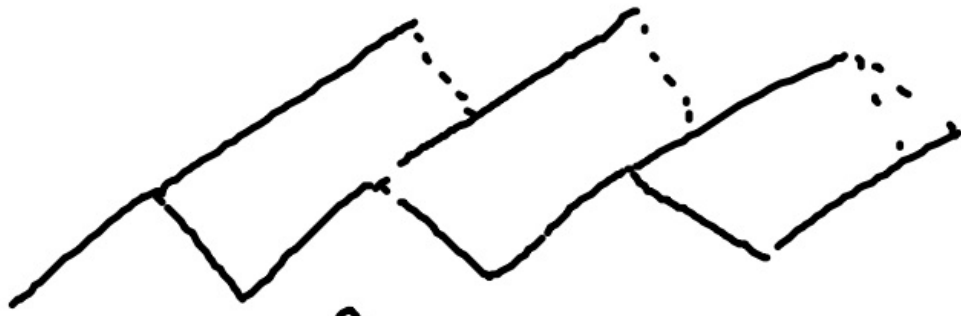
2.2.1) Les hélices α (alpha)

ex laine



2.2.2) Les feuilletés β (beta)

Les ponts
hydrogène
sont des ponts
qui relie^(liaisons)nt "souvent"
l'oxygène et l'hydrogène
et qui ont une force
plus faible qu'une liaison
normale" (— — — —)

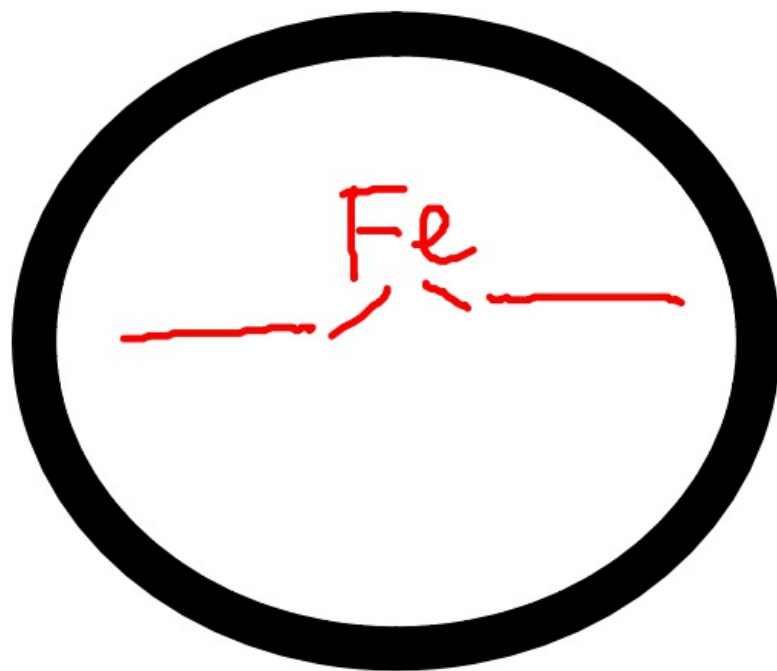


ex: la soie

2.3) La structure tertiaire

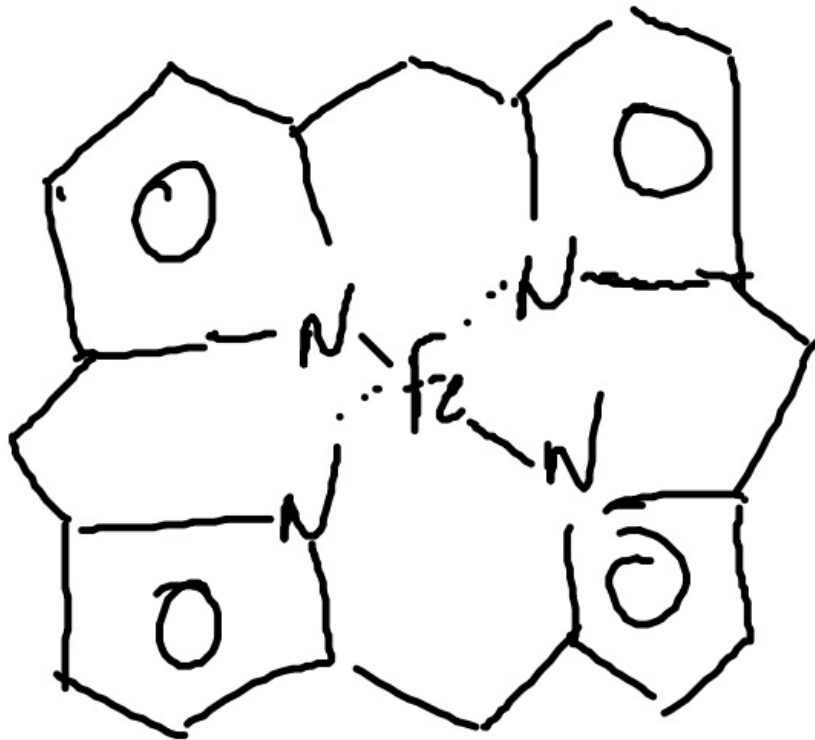
- Les structures 1° + 2°
se replient pour former
une structure tertiaire
(liens ioniques et
disulfures)

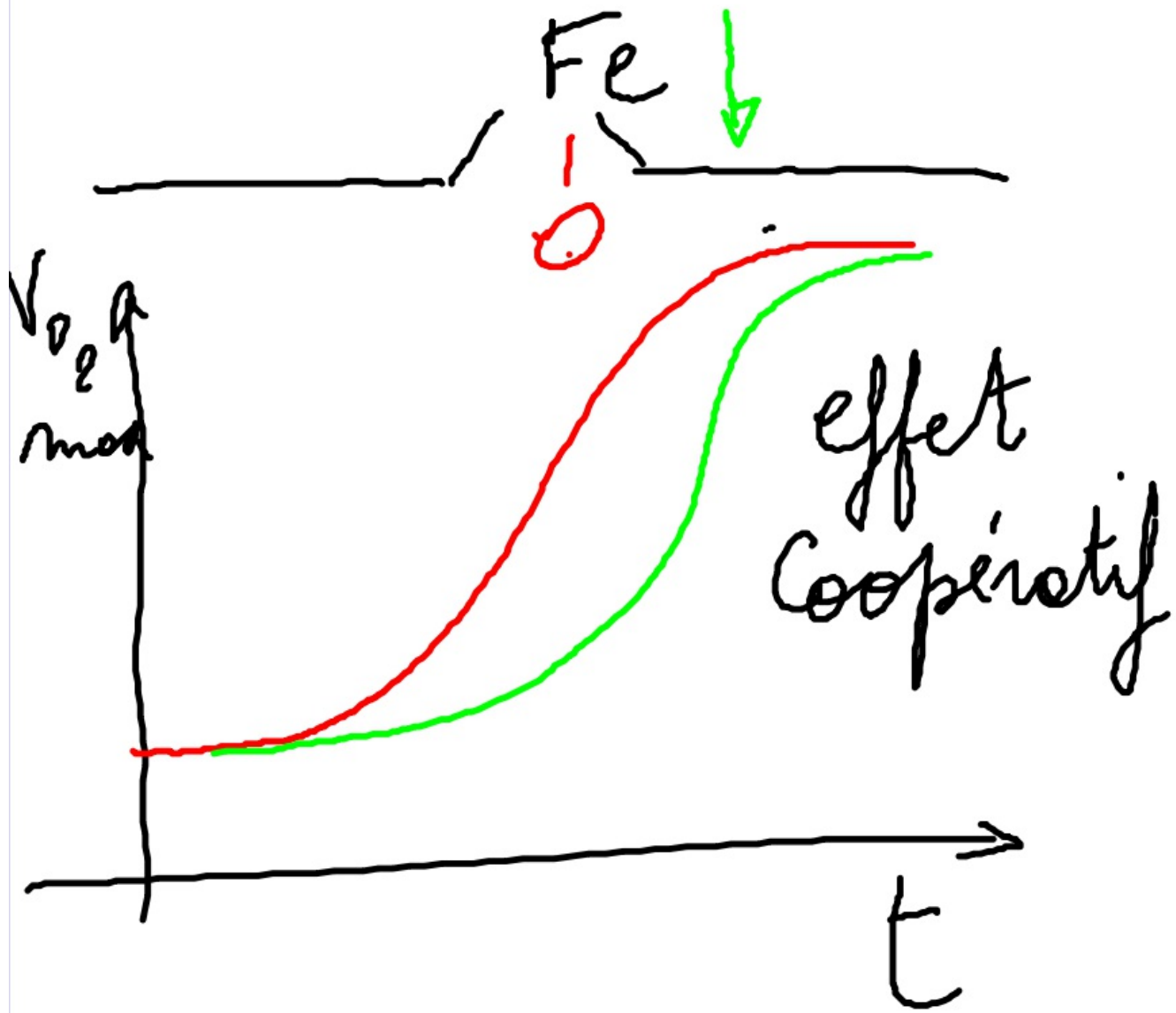
La structure
tertiaire typique
est la MYOGLOBINE
(PROTÉINE
MUSCULAIRE)





Cette molécule
s'appelle un
HÈME





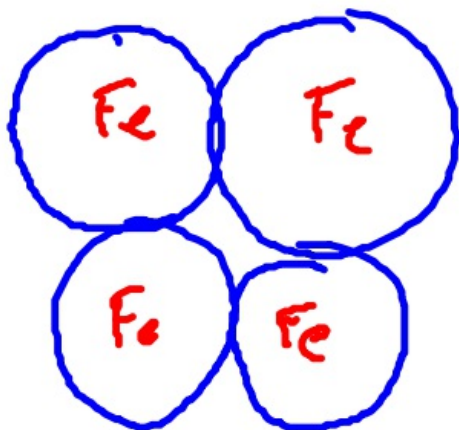
de structure
quaternaire

"Superstructure"

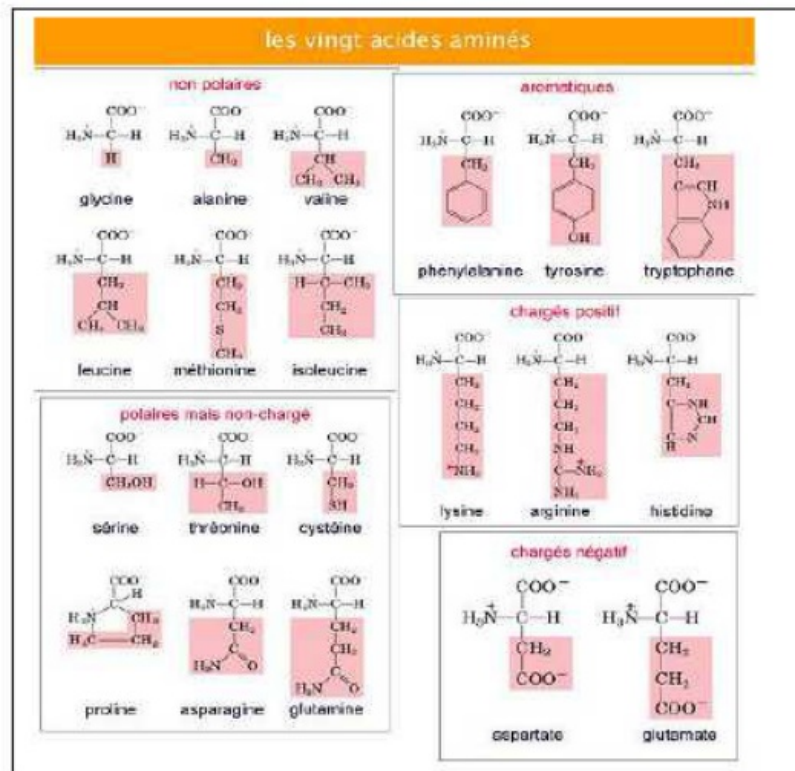
Tertiaire \equiv assemblage
de structures tertiaires

ex 4 MYOGLOBINES

\Rightarrow HEMOGLOBINE



Les différents AA se trouvent dans la figure (page suivante), ils sont en général représentés par une abréviation de 3 lettres : ex : le glutamate (glu), la glycine (gly),....



3) La structure des protéines

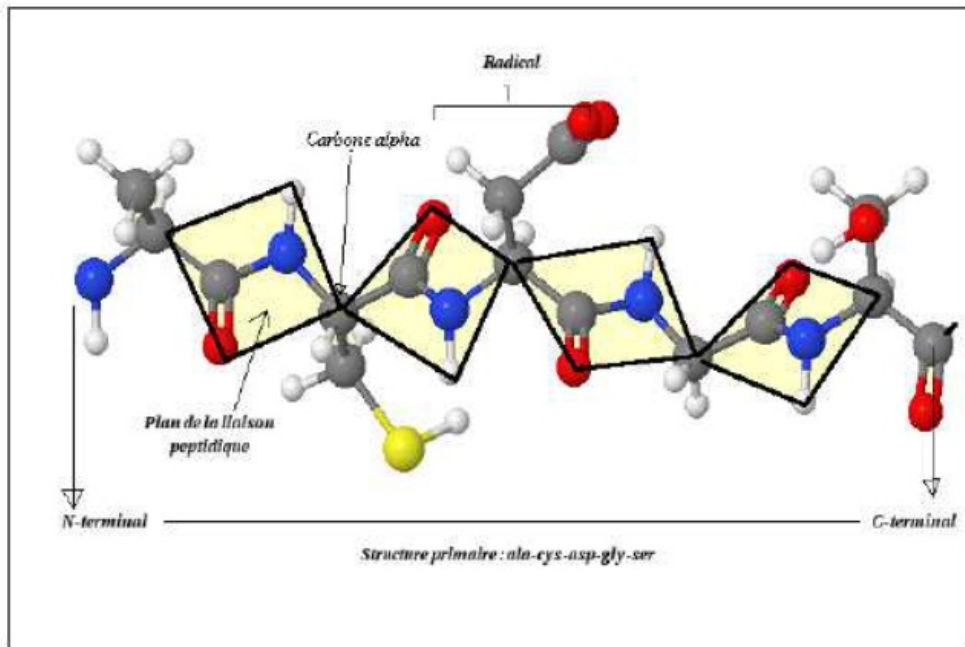
1) La structure primaire

Correspond à l'ordre d'enchaînement des acides aminés. La séquence est donnée en partant de l'acide aminé N-terminal (extrémité NH_2) vers le C-terminal (extrémité COOH) qui correspond au sens de la synthèse des protéines.

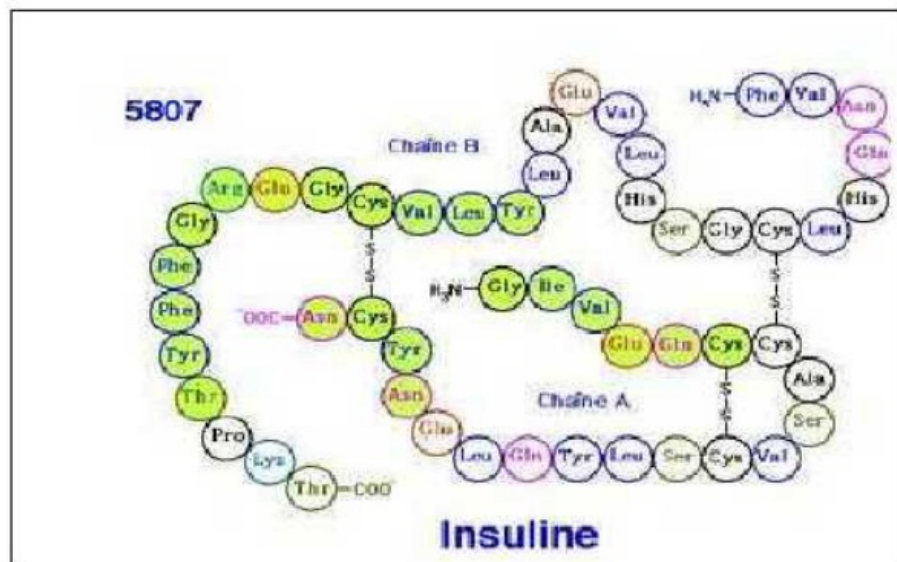
$\text{AA} \rightarrow \text{peptides } (\text{AA})_n \rightarrow \text{protéines } (\text{AA})_{n'}$ avec $n' > n$

Les acides aminés sont reliés par des liaisons peptidiques (CO-NH). Cette liaison peptidique est caractérisée par le fait que le centre des 4 atomes CONH et les 2 carbones α des acides aminés sont situés dans un même plan, le plan de la liaison peptidique. Les plans de 2 liaisons peptidiques successives s'orientent l'un par rapport à l'autre par rotation autour des liaisons C-

N et C-C. C'est la disposition de ces plans les uns par rapport aux autres qui va donner la structure de la protéine dans l'espace.

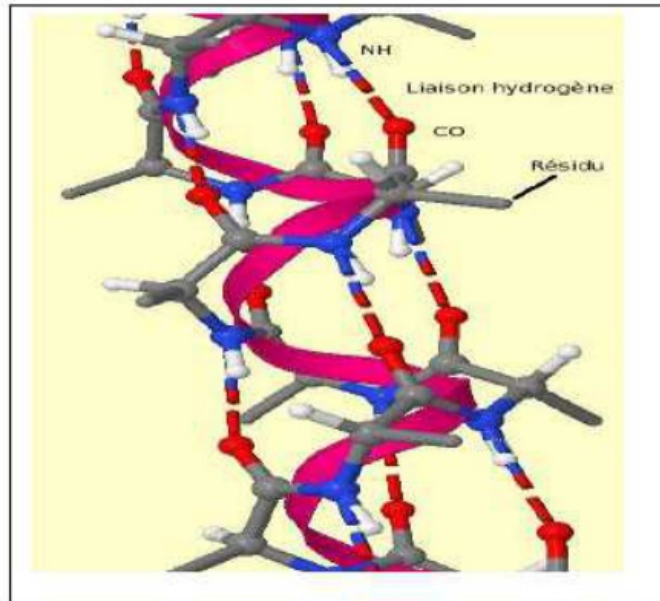


L'insuline par exemple, possède une structure primaire constituée de 51 AA

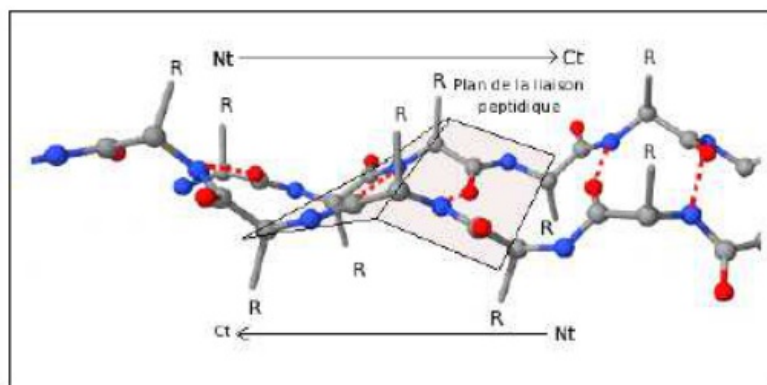


2) **Structure secondaire** : cette structure est due aux propriétés des liaisons existants entre les différents acides aminés , il existe deux grandes familles de structures secondaires :

➤ **les hélices**



➤ **les feuilletts**



Exemples **feuillet** : la protéine de la soie (fibroïne)
hélices : la kératine (peau , ongles,....)

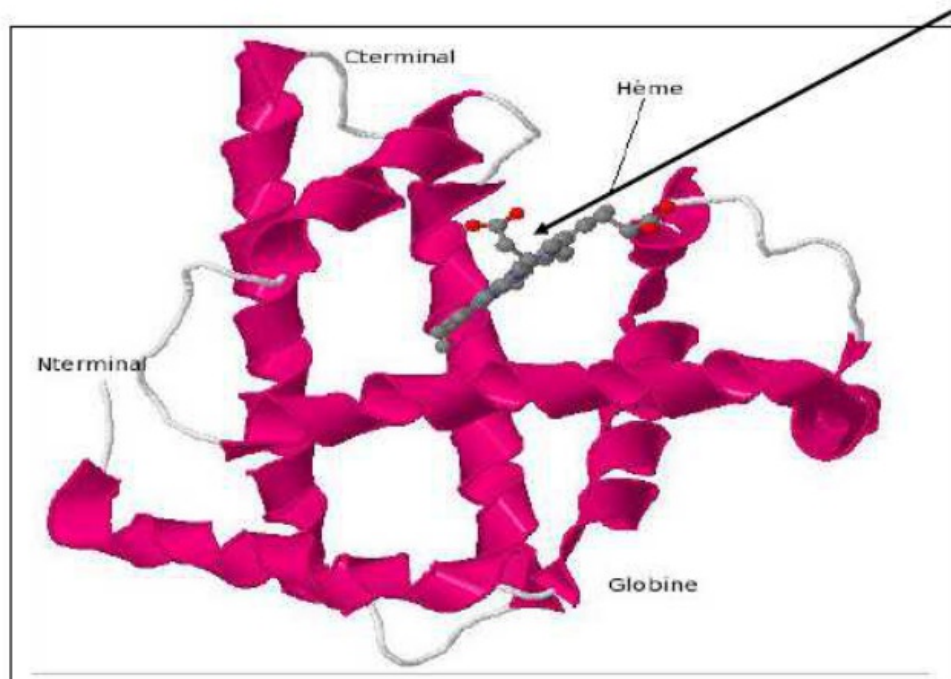
3) **Structure tertiaire** : elle correspond aux « repliements » de la chaîne protéique. Ces repliements étant liés à l'existence d'encombrements stériques ou à la charge électrique. La structure de la molécule s'organise alors selon les trois directions de l'espace.

Cette structure est stabilisée par :

- Des liaisons hydrogènes entre les résidus d'acides aminés (exemple : ser ---lys).
- Des liaisons ioniques (exemple : glu ---lys).
- Des liaisons hydrophobes (ou Van der Waals) entre les résidus apolaires.
- Des ponts disulfures entre les résidus de cystéine (n'existent pas dans le cas de la myoglobine).

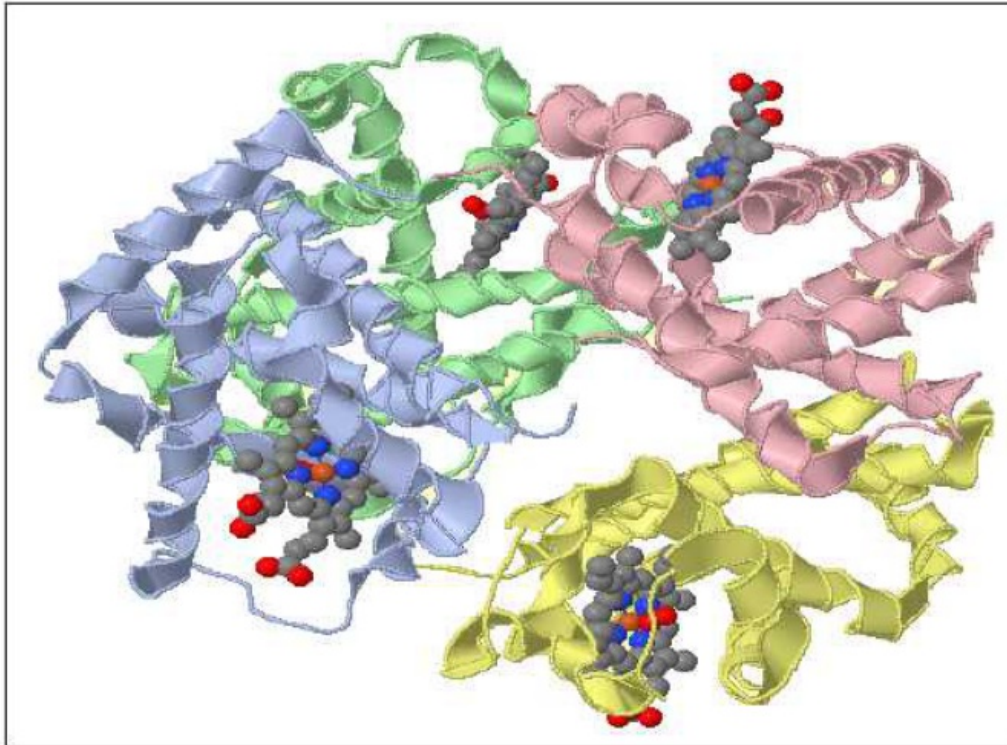
De plus pour ce type de structure (structure globulaire), les résidus d'acides aminés apolaires se situent préférentiellement au centre de la structure où ils peuvent s'associer par liaisons hydrophobes. Tandis que les résidus polaires ou ioniques se situent à la périphérie où ils peuvent s'associer entre eux par liaison hydrogène ou ionique, ou encore avec l'eau par liaison hydrogène.

Vous trouverez ci-après un exemple de structure tertiaire (myoglobine : l'hème est un groupement contenant du fer)



- 4) **Structure quaternaire** : elle constitue le dernier échelon de la structure protéinique : en fait les sous-unités de la structure tertiaire donnée se rassemblent pour former une structure « finale » appelée structure quaternaire

L'exemple le plus typique est l'hémoglobine qui est un polymère de « myoglobines »



3) Rôles des protéines

Les rôles des protéines sont multiples citons

3.1) Protéines de structure .

Elles constituent l'architecture des êtres vivants elles entrent dans la composition des multiples organites présents dans les cellules : ex kératine dans l'ongle, les membranes des cellules, protéines des muscles.....

3.2) Protéines « fonctionnelles »

> Les enzymes

catalyseurs

Ce sont des protéines dont le rôle est de catalyser des réactions biochimiques : ex : la présure qui hydrolyse les protéines du lait, les enzymes sont souvent nommées par la substance qu'elles « travaillent » + le suffixe -ase ex l'amylase dégrade l'amidon, les protéases

dégradent les protéines, les lipases, les lipides,.....

NB Insistons sur le rôle particulier des enzymes car ces protéines ont la particularité extraordinaire d'effectuer des réactions « biochimiques », c'est-à-dire qu'elles se passent à T de la vie et à Pression ambiante .

Ex la nitrogénase présente dans certaines algues-bleus (bleus-verts) transforme l'azote atmosphérique en ammoniac à température ordinaire , alors que la synthèse chimique du même produit à partir d'azote et d'hydrogène utilise des pressions de 400 à 500 bars et des températures de l'ordre de 450 à 500°C

→ **Transporteurs**

L'hémoglobine transporte l'oxygène vers les cellules et reprend le gaz carbonique qui est éliminé au niveau des poumons.

→ **Hormones**

Les protéines peuvent être des hormones agissant à divers niveaux cellulaires comme au niveau des organes : ex le glucagon, l'insuline, les hormones thyroïdiennes,.....

|