

NOTES DE COURS

SECTIONS 1.2 et 1.3

*Les pages et figures données entre parenthèses font référence au livre de Marieb et Hoehn, 4^{ème} édition.
Les références données en italique et entre crochets sont celles de la 3^{ème} édition du livre de Marieb.*

1.2 Les molécules (Chapitre 2, pp 49-65 [32-57])

1.2.1 Distinguer entre composé organique et inorganique (p. 44 [40]).

Composés organiques : contiennent des atomes de carbone; molécules propres aux êtres vivants (glucides, lipides, protéines, acides nucléiques)

Composés inorganiques : ne contiennent généralement pas de carbone (eau, sels minéraux, nombreux acides et bases)

GLUCIDES

1.2.2 Définir ce qu'est un glucide et donner les 3 classes.

Composé de C, H et O; stœchiométrie générale : $C_n(H_2O)_m$

Classes : monosaccharide, disaccharide, polysaccharide

1.2.3 Monosaccharides ("sucres simples", unités de base des glucides):

- Décrire la formule générale et la nomenclature selon le nombre de carbones

- Formule générale : $(CH_2O)_n$ ($\rightarrow n =$ nombre de carbones)

- Nomenclature : Suffixe « ose ».

$n = 3 \rightarrow$ triose $n = 4 \rightarrow$ tétrose

$n = 5 \rightarrow$ pentose $n = 6 \rightarrow$ hexose

- Reconnaître:

Hexoses : **glucose** (le seul sucre retrouvé dans le plasma sanguin), **fructose** et **galactose**

Pentoses : **ribose**, **désoxyribose**

1.2.4 Disaccharides ("sucres doubles") :

- Donner la structure des 3 disaccharides importants dans l'alimentation:

sucrose, lactose et maltose (dégradés en monosaccharides au cours de la digestion)

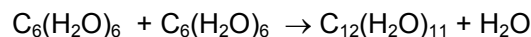
Sucrose = glucose + fructose

Lactose = glucose + galactose

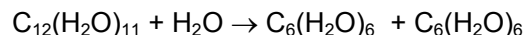
Maltose = glucose + glucose

- Expliquer la synthèse des disaccharides et leur "hydrolyse" en monosaccharides.

Réaction de synthèse d'un disaccharide : par la perte d'une molécule d'eau.



Réaction d'hydrolyse d'un disaccharide : scission par l'ajout d'une molécule d'eau.



1.2.5 Polysaccharides ("polymères" de sucres):

- Comparer l'origine et la structure des 2 seuls polysaccharides importants pour l'organisme: amidon et glycogène. Expliquer leur utilité.

Amidon et glycogène sont des *polymères* de **glucose**.

- **Amidon** : origine végétale

- **Glycogène** : origine animale, formé et emmagasiné principalement dans les cellules du foie (hépatocytes) et des muscles (fibres musculaires)

Dégradation en unités de glucose \rightarrow source rapide de glucose

1.2.6 Décrire les principales fonctions des glucides.

- Combustible (fonction principale du glucose) : sert à la synthèse de l'ATP
- Fonctions structurales (ex. : entrent dans la composition des glycolipides, glycoprotéines, acides nucléiques)

LIPIDES

1.2.7 Définir ce qu'est un lipide et reconnaître les principaux lipides présents dans l'organisme. (Tableau 2.2)

- Les lipides sont composés de C, H et O, mais dont la proportion en oxygène est beaucoup plus faible que pour les glucides. Peuvent contenir du phosphore.
- Insolubles dans l'eau
- Groupes diversifiés : triglycérides, phospholipides, stéroïdes, autres...

1.2.8 Graisses neutres (triglycérides): donner leur structure, localisation et principales fonctions

- Structure: une molécule de glycérol à laquelle sont attachées 3 chaînes d'acide gras.
- Localisation : principalement dans le tissu adipeux
- Fonctions : Principale forme de réserve d'énergie dans l'organisme; protection et isolation des organes

1.2.9 Phospholipides : donner leur structure, localisation et principales fonctions

- Structure : une molécule de glycérol à laquelle sont attachées 2 chaînes d'acide gras et un groupement phosphate.
- Localisation : présents dans toutes les cellules
- Fonctions : Principaux constituants des membranes cellulaires; participent au transport des lipides dans le plasma; abondants dans le tissu nerveux

1.2.10 Comparer la structure et les propriétés des stéroïdes à celles des graisses neutres.

- Structure de base : 4 anneaux juxtaposés.
- Liposolubles, contiennent très peu d'oxygène
- Décrire les fonctions essentielles du cholestérol et reconnaître la présence d'autres stéroïdes. (Tableau 2.2)

Stéroïde le plus abondant : **cholestérol**

Fonctions du cholestérol :

- Constituant essentiel de toutes les membranes cellulaires
- Molécule à partir de laquelle sont formés tous les autres stéroïdes

Autres stéroïdes : hormones stéroïdes, vitamine D, sels biliaires

1.2.11 Autres substance lipoïdes : définir et décrire les fonctions des eicosanoïdes et lipoprotéines.

Eicosanoïdes : (*eicosane* = 20). Dérivés d'un acide gras à 20 carbones (acide arachidonique). Présents dans toutes les membranes cellulaires; importants messagers chimiques, telles les prostaglandines.

Lipoprotéines : formées de lipides et de protéines; transportent les triglycérides et le cholestérol dans le sang.

PROTÉINES

1.2.12 Décrire la structure générale des acides aminés, la liaison peptidique, et différencier: dipeptide, polypeptide, protéine.

Acide aminé :

- Unité de base des protéines; 20 acides aminés différents
- Structure générale : groupement amine (-NH₂) + groupement acide (-COOH) + radical R

Liaison peptidique : entre le (-NH₂) d'un acide aminé et le (-COOH) d'un autre acide aminé

Dipeptide : molécule de 2 acides aminés; **Polypeptide** : chaîne de 10 acides aminés ou plus

Protéine : plus de 50 acides aminés

1.2.13 Expliquer les différences entre structures primaire, secondaire, tertiaire et quaternaire.

Structure primaire : séquence linéaire des acides aminés dans la chaîne polypeptidique

Structure secondaire : conformation de la chaîne en hélice (hélice alpha) ou feuillet (feuillet plissé bêta)

Structure tertiaire : replis des structures secondaires

Structure quaternaire : regroupement d'au moins deux chaînes polypeptidiques

1.2.14 Comparer la structure, les propriétés et les fonctions des protéines fibreuses à celles des protéines globulaires. Donner des exemples (Tableau 2.3).

Protéines fibreuses (structurales):

- Protéines allongées comme des filaments; principalement constituée d'une structure secondaire; structure tertiaire généralement absente; souvent constituées d'une structure quaternaire (hélices entrelacées)
- Insolubles dans l'eau; généralement très stables
- Fonctions : Matériau de construction. Mouvement cellulaire. Ex. : actine et myosine
- Exemples :
 - *collagène* (la plus abondante de toutes les protéines de l'organisme; présent dans tous les tissus conjonctifs)
 - *kératine, élastine* (ligaments)
 - *actine et myosine* (protéines contractiles des muscles)

Protéines globulaires (fonctionnelles):

- Compacts et sphériques à cause de la présence d'une structure tertiaire; structure quaternaire souvent présente.
- Solubles dans l'eau; mobiles et chimiquement actives.
- Principales fonctions :
 - o Catalyse : → enzymes
 - o Transport : ex. : hémoglobine, lipoprotéines
 - o Régulation (messagers): ex. : plusieurs types d'hormones
 - o Protection (immunitaire): ex. : anticorps

1.2.15 Définir ce qu'est une "enzyme" et expliquer la nomenclature générale des enzymes. Reconnaître comme exemple une hydrolase, une kinase, une ATPase.

Enzymes : protéines qui servent à catalyser (accélérer) des réactions chimiques de façon spécifique. Essentielles à presque toutes les réactions biochimiques; plusieurs milliers d'enzymes différentes.

Nomenclature : généralement nommées d'après le type de réaction catalysée, suivi du suffixe «-ase». Exemples :

- *Hydrolase* : enzyme qui cause l'hydrolyse. Ex. : la lactase est une hydrolase qui cause l'hydrolyse du lactose en glucose et galactose.
- *Kinase* : enzyme qui ajoute un groupement phosphate à une molécule. Ex. : une hexokinase ajoute un groupement phosphate à un hexose.
- *ATPase* : enzyme qui cause l'hydrolyse de l'ATP ($ATP + H_2O \rightarrow ADP + P_i + \text{Énergie}$)

ACIDES NUCLÉIQUES

1.2.16 Décrire la structure générale du nucléotide à partir de ses 3 constituants.

Nucléotide : unité de base des acides nucléiques

Structure générale : base azotée + sucre (pentose) + groupement phosphate

- 1.2.17 Comparer l'ADN à l'ARN en termes de: i) composition et structure, ii) localisation cellulaire, et iii) leurs rôles fondamentaux. (Tableau 2.4).

Acide désoxyribonucléique (ADN)

- Structure:
 - Double hélice (deux brins)
 - Sucre = désoxyribose ; Bases = T A C G
- Localisé surtout dans le noyau
- Constitue les *gènes* (matériel génétique)
- Se réplique avant la division cellulaire (maintien de l'information génétique)
- Régit la synthèse des protéines

Acide ribonucléique (ARN)

- Structure:
 - Brin simple
 - Sucre = ribose ; Bases = U A C G
- Localisé surtout dans le cytoplasme
- Effectue la synthèse des protéines en suivant les directives données par l'ADN

- 1.2.18 Définir ce qu'est un "gène" (p. 116 [106])

Dans sa définition la plus simple: segment d'ADN qui porte les instructions nécessaires à la création d'une chaîne polypeptidique.

ATP

- 1.2.19 Adénosine-triphosphate (pp 57-58 [56-57]).

- Décrire la structure générale de l'ATP et expliquer la différence entre ATP, ADP, AMP et adénosine.

ATP : Nucléotide d'ARN avec 2 groupes phosphates additionnels :

- Sucre = ribose; Base azotée = adénine
- 3 groupements phosphate en tout

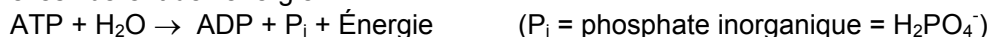
Adénosine : Adénine + ribose

AMP (adénosine monophosphate) : adénosine + 1 groupement phosphate

ADP (adénosine diphosphate) : adénosine + 2 groupements phosphate

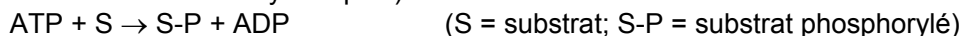
- Expliquer ce qu'on entend par "liaisons phosphate riches en énergie".

Les liaisons entre les groupements phosphate sont instables. Lorsque ces liaisons se rompent, elles libèrent de l'énergie :



- 1.2.20 Expliquer comment l'ATP permet le travail cellulaire.

L'énergie provenant de l'hydrolyse de l'ATP peut être utilisée en transférant le groupement phosphate ainsi libéré sur une autre molécule. C'est le processus de phosphorylation (qui se fait via des réactions enzymatiques) :



La molécule phosphorylée (S-P) est ainsi activée, riche en énergie. Elle capable à son tour de générer un « travail cellulaire ».

Types de travail cellulaire:

- Transport. (Exemple : transport de substances à travers la membrane plasmique)
- Travail mécanique (contraction, mouvements)
- Réactions chimiques

L'ATP est essentielle au fonctionnement et à la survie des cellules. En absence d'ATP une cellule meurt presque instantanément.

1.3 Cellules: décrire les principales structures qui composent une cellule (Chapitre 3, pp 72-76, 94-110 [64-67, 86-100])

Principaux éléments de la cellule: (Fig. 3.2)

1. Membrane plasmique
2. Cytoplasme
3. Noyau

1.3.1 DÉFINITIONS

- **Membrane plasmique:** Très fine membrane (épaisseur $<10^{-5}$ mm) qui sépare les composants internes de la cellule des substances extracellulaires.
- **Cytoplasme:** ensemble des substances entre la membrane plasmique et le noyau. Comprend le *cytosol*, les *organites* et les *inclusions*.
 - **Cytosol:** liquide intracellulaire dans lequel les autres éléments cytoplasmiques se trouvent en suspension; composé d'eau, de protéines, sels, sucres, etc...
 - **Organites:** petits organes spécialisés pour des activités métaboliques précises. La plupart des organites sont entourés d'une membrane lipidique semblable à la membrane plasmique, ce qui leur permet de maintenir un milieu interne différent de celui du cytosol.
 - **Inclusions:** Amas de substances chimiques présents dans certaines cellules. Exemples d'inclusions (p. 94 [86]):
 - *Granules de glycogène* (abondants dans les cellules musculaires et hépatiques)
 - *Gouttelettes de lipides* (présentes dans plusieurs types de cellules)
 - *Granules de pigment* (par ex. dans la peau et les cheveux)
- **Noyau:** Centre de contrôle de la cellule.

1.3.2 STRUCTURES ET FONCTIONS DES ORGANITES CYTOPLASMIQUES

La plupart des organites sont entourés d'une membrane semblable à la membrane plasmique, ce qui leur permet de maintenir un milieu interne différent de celui du cytosol.

- **Mitochondries** (Fig. 3.17)
 - Structures entourées de deux membranes, la membrane interne formant une série de replis appelés *crêtes*.
 - Seuls organites qui contiennent leur propre ADN.
 - Se reproduisent d'elles-mêmes par *scission* lorsque les besoins énergétiques de la cellule augmentent.
 - Fonction: production d'ATP.
- **Ribosomes** (Fig. 3.18; voir aussi PowerPoint)
 - Particules composées de deux sous-unités, chacune d'elles formée d'ARN ribosomal (*ARNr*) et de protéines. Les ribosomes ne sont pas entourés de membrane lipidique.
 - Deux types de ribosomes: i) *ribosomes libres* et ii) *ribosomes liés à la membrane* (du réticulum endoplasmique ou de la membrane nucléaire externe).
 - Les sous-unités ribosomales sont fabriquées dans le *nucléole* du noyau et assemblées dans le cytosol.
 - Fonction: siège de la synthèse des protéines.
 - Les ribosomes libres fabriquent des protéines solubles dans le cytosol.
 - Les ribosomes liés à la membrane fabriquent des protéines destinées aux membranes ou sécrétés par la cellule.
- **Réticulum endoplasmique, RE** (Fig. 3.18, 3.39 [3.18, 3.19])
 - Vaste réseau (*réticulum* = réseau) de membranes formant des cavités appelées *citernes*; se déploie dans le cytoplasme à partir de la membrane nucléaire externe dont il est le prolongement.

- Deux types de RE aux fonctions différentes:
 - **Réticulum endoplasmique rugueux:**
 - Surface externe couverte de ribosomes.
 - Fonctions du RE rugueux :
 - Site de la synthèse des protéines destinées aux membranes ou à la sécrétion. Les protéines synthétisées par les ribosomes liés à la membrane passent dans les citernes du RE rugueux où elles sont traitées (par ex. par l'ajout de glucides pour donner des glycoprotéines), triées et libérées dans des *vésicules de transport*.
 - Synthèse de phospholipides et de cholestérol pour former les membranes des structures cellulaires. Le RE rugueux est donc «l'usine à membranes».
 - **Réticulum endoplasmique lisse :**
 - Ne porte pas de ribosomes sur la surface externe mais contient des enzymes capables de catalyser diverses réactions chimiques.
 - Fonctions du RE lisse:
 - Synthèse de lipides.
 - Détoxification de certains médicaments ou drogues (par ex. l'alcool).
 - Dans les muscles: stockage de calcium.
- **Complexe golgien** (ou *appareil de Golgi*) (Fig. 3.20 [3.21])
 - Formé de sacs membraneux aplatis.
 - Fonctions:
 - Modifie, concentre et emballe les produits provenant des vésicules de transport du RE rugueux.
 - Les produits traités sont emballés dans au moins trois types de vésicules, selon leur destination finale:
 - A. *Vésicules de sécrétion*, qui libèrent leur contenu à l'extérieur de la cellule.
 - B. *Vésicules de molécules membranaires*, qui s'intègrent à la membrane plasmique ou celles d'organites.
 - C. *Lysosomes*, qui contiennent des enzymes digestives.
- **Lysosomes** (Fig. 3.20, 3.21 [3.21, 3.22])
 - Vésicules formées par le complexe golgien.
 - Contiennent plusieurs types (jusqu'à 40) de puissantes enzymes digestives qui sont actives en milieu acide (d'où leur nom d'*hydrolases acides*).
 - Fonctions: («lyso»= destruction)
 - Siège de la digestion intracellulaire (de particules ingérées par endocytose, d'organites usés, etc.)
- **Peroxisomes** (Fig. 3.2)
 - Sacs membraneux qui ressemblent à de petits lysosomes.
 - Contiennent des *oxydases* et des *catalases*, qui sont des enzymes capables d'oxyder diverses substances. Leur nom provient d'une des substances majeures qu'ils produisent et décomposent: le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2).
 - Fonctions:
 - Siège de neutralisation de plusieurs substances toxiques (tel l'alcool ou les très réactifs et dangereux *radicaux libres* générés par le métabolisme cellulaire). Le produit de ces réactions est principalement le H_2O_2 , un autre composé toxique qui est à son tour transformé en H_2O et O_2 par les catalases.

1.3.3 LE CYTOSQUELETTE (Fig. 3.23-3.28 [3.24-3.27])

Réseau filamenteux qui sert de charpente; donne à la cellule sa forme et contribue à organiser son contenu; assure les mouvements cellulaires. Composé de trois types de bâtonnets protéiques:

i) **Microfilaments**

- Structures composées de filaments d'*actine*; les plus minces des éléments du cytosquelette (diamètre ≈ 7 nm)
- Fonctions: contribuent à la motilité (ex. contraction cellulaire, mouvements amiboïdes), ainsi qu'au soutien et à la forme des cellules (par ex.: *microvillosités*).

ii) **Filaments intermédiaires**

- Fibres protéiques dont le diamètre (≈ 10 nm) se situe entre celui des microfilaments et des microtubules; éléments les plus stables du cytosquelette; très résistants à la tension.
- Fonctions des filaments intermédiaires: agissent comme des câbles qui s'opposent aux forces d'étirement. Très nombreux dans les cellules soumises à de grandes tensions mécaniques (ex. filaments de kératine dans les cellules épithéliales de la peau).

iii) **Microtubules**

- Structures cylindriques creuses (diamètre ≈ 25 nm) formés de la protéine *tubuline*.
- Fonctions: déterminent la forme générale de la cellule; importants pour le déplacement et la distribution des organites (Fig. 3.24 [3.25]); principaux constituants des *cils* et *flagelles*; essentiels lors de la division cellulaire.
 - **Centrosome** (Fig. 3.25 [3.26]): région près du noyau qui est le centre d'organisation des microtubules; constitué d'une paire de *centrioles*.
 - **Centrioles**: structures cylindriques composées de microtubules.
 - **Cils** (Fig. 3.26-3.27 [3.27]): prolongements cellulaires mobiles, nombreux et courts (4-10 μm) qui permettent le déplacement de substances à la surface de la cellule (ex.: mouvement de mucus dans les voies respiratoires, mouvement de l'ovule dans la trompe utérine). Les microtubules au centre d'un cil interagissent pour produire son battement. Chaque cil est formé à partir d'un centriole situé sous la surface de la membrane plasmique et appelé *corpus basal*.
 - **Flagelle** (Fig. 3.1): semblable à un cil mais beaucoup plus long (≈ 50 μm) et unique; permet la propulsion de la cellule. Le spermatozoïde est la seule cellule flagellée dans le corps humain.

Quelles sont les différences entre un cil et une microvillosité? (Fig. 3.28 [*PowerPoint*])

- i) Structure: les microvillosités sont faites de microfilaments (*actine*) alors que les cils sont faits de microtubules (*tubuline*)
- ii) Longueur: les microvillosités (0,5 à 2 μm) sont plus courtes que les cils (contrairement aux cils, les microvillosités ne sont pas observables avec un microscope optique).
- iii) Mobilité: les microvillosités ne sont pas mobiles alors que les cils sont des structures mobiles qui utilisent de l'ATP.
- iv) Fonction: les microvillosités servent à augmenter l'aire de la surface de la cellule alors que les cils servent à déplacer le liquide à la surface de la cellule.

1.3.4 **LE NOYAU** (Fig. 3.29 [3.28])

La plupart des cellules ne possèdent qu'un noyau, mais certaines perdent leur noyau avant leur maturation alors que d'autres en contiennent plusieurs.

- *Cellules anucléées*: ne contiennent pas de noyau (ex.: globules rouges)
- *Cellules multinucléées*: contiennent plusieurs noyaux (ex.: cellules musculaires squelettiques).

Le noyau est constitué de trois régions distinctes:

i) **Enveloppe nucléaire:**

- Double membrane, la membrane externe étant continue avec le RE rugueux.
- Traversée de nombreux et larges canaux appelés *pores nucléaires* qui permettent le mouvement de grosses particules (par ex. l'ARN ou les sous-unités ribosomales) entre le noyau et le cytoplasme.

ii) **Nucléoles:**

- Corps sphériques à l'intérieur du noyau (habituellement au nombre de 1 ou 2).
- Sites de fabrication des sous-unités ribosomales.

iii) **Chromatine:**

- Masse diffuse à l'intérieur du noyau.
- Constituée d'ADN et de protéines appelées *histones* (Fig. 3.30 [3.29])
 - *Nucléosome*: unité fondamentale de la chromatine, composée d'un segment d'ADN enroulé deux fois autour d'un regroupement de huit histones.
 - *Chromosome*: forme condensée d'un brin de chromatine. Les chromosomes apparaissent suite à la réplication de l'ADN en vue de la division cellulaire.