



PHARMACIE 1ère License
Cours de Biologie Cellulaire (2022-2023_S2)



Les macromolécules biologiques

Dinkorma T. OUOLOGUEM, PhD

Bamako 13 décembre 2023

OBJECTIFS

1. Définir chacune des quatre macromolécules biologiques
2. Décrire les constituants unitaires de 3 molécules organiques
3. Décrire la structure générale de trois macromolécules biologiques
4. Décrire 4 niveaux de structuration des protéines
5. Citer 2 fonctions biologiques pour chacune des macromolécules biologiques

PLAN

1. Généralités
2. Les lipides
3. Les glucides
4. Les protéines
5. Les acides nucléiques

Conclusion

1.1. DEFINITION

Une macromolécule biologique est une **molécule organique** qui résulte de l'assemblage par **des liaisons covalentes** d'une ou plusieurs molécules **semblables** ou **différentes**.

1.2. INTERET

Les macromolécules sont les constituants cellulaires qui assurent les fonctions importantes du vivant :

- Organisation ou support structurel
- Source d'énergie
- Stockage de l'énergie
- Récupération de l'information génétique
- L'accélération des réactions biochimiques

1.3. RAPPELS

- La cellule est composée **d'éléments chimiques** qui participent aux réactions de synthèse (**anabolisme**) et aux réactions de dégradation (**catabolisme**).
- Un élément chimique est une matière constitué **d'atomes de même classe**.
 - L'élément chimique ne peut pas être décomposée par une réaction chimique en un autre élément plus simples.
 - Les éléments chimiques sont trouvés dans la table périodique des éléments
 - On distingue les **éléments chimiques minéraux** et **éléments chimiques organiques**

1.3. RAPPELS

Eléments de la matière minérale (~ 2%)	Eléments atomique de la matière organique (~ 98%)
• Calcium (Ca^{2+}) • Chlore (Cl^-) • Magnésium (Mg^{2+}) • Fer (Fe^{2+}) • Potassium (K^+) • Sodium (Na^+) • Phosphate (PO_4^{3-})	• Carbone (C) ~20% • Hydrogène (H) ~ 10% • Oxygène (O) ~63% • Soufre (S) 0.6% • Phosphore (P) 0.6 % • Azote (N) ~ 5%

1.3. RAPPELS

- Les éléments chimiques s'assemblent pour former les **molécules inorganiques** (minérales) et des **molécules organiques**.
- **Molécule inorganique** : C'est une molécule qui ne possède pas d'atomes de carbone (C) liés à des atomes d'hydrogène (H) (ex. CO_2 ; l'eau H_2O).
 - Les molécules inorganiques sont considérées comme étant des **molécules minérales**. (ex exceptions. Cyanure d'hydrogène 'HCN' $\text{H}-\text{C}=\text{N}$).
 - Les molécules inorganiques ne sont pas une source d'énergie.

1.3. RAPPELS

L'eau est un constituant fondamental des cellules:

- le corps humain contient ~60% d'eau
- Point de vue chimique: **molécule dipolaire**: établissement de **liaisons électrostatiques** avec des molécules chargées; établissement de **liaisons hydrogènes**
- Eau joue un rôle de **solvant** des molécules organiques et minérales;
- Etablissement de liaisons entre les molécules d'eau et les molécules solubles ou molécules **hydrophiles**

1.3. RAPPELS

- Certaines molécules ne peuvent pas établir de liaisons avec l'eau Ce sont des **molécules hydrophobes**.
- L'eau intervient dans de nombreuses réactions chimiques cellulaires

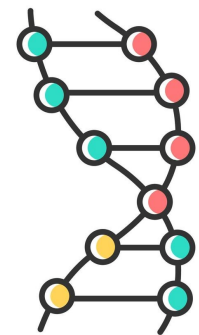
1.3. RAPPELS

- **Molécules organiques** : C'est une molécule qui possède des atomes de carbone liés à des atomes d'hydrogène.
 - Les molécules organiques sont une **source d'énergie** et sont élaborées par les organismes vivants.
- Les macromolécules biologiques sont des molécules organiques composées de petite molécules organiques.
- Il existe quatre types de macromolécules biologiques : les protéines, les lipides, les glucides et les acides nucléiques.

1.3. RAPPELS

La cellule contient quatre grandes catégories de molécules organiques:

- ❑ Les lipides ou « graisse »
- ❑ Les glucides ou »sucres «
- ❑ Les protéines ou « protides »
- ❑ Les acides nucléiques et dérivés



2.1. Caractéristiques générales

- La corps gras composés de C, H et O; souvent Phosphate (P)
- **Caractéristiques:**
 - **Faible solubilité dans l'eau** (voire nulle),
 - Solubilité dans les **solvants organiques apolaires**(éther, acétone, cyclohexane)
 - Ce sont des molécules hydrophobes ou **amphiphiles**
 - Les lipides **ne sont pas des polymères**
- Sont un **groupe diversifié** de molécules se présentent sous diverses formes

2.2. Les principaux lipides

Sont un **groupe diversifié** de molécules se présentent sous diverses formes:

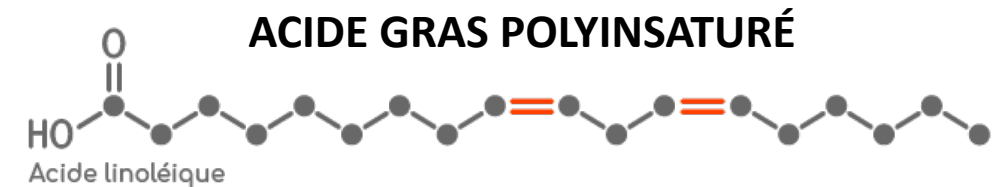
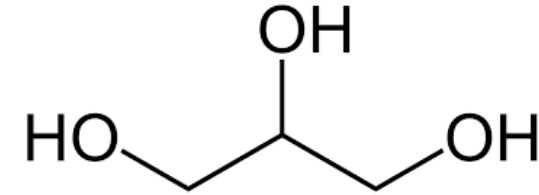
- **Les triglycérides**
- **Les phospholipides**
- **Les stéroïdes**

2.2. Les principaux lipides

2.2.1. Les triglycérides

- Comprennent les **graisses** et les **huiles**
- Forme de lipides les plus courants dans les organismes vivants.
- Forme principale de stockage ou source d'énergie.
- Triglycéride = **Glycérol + 3 Acide gras**

Le glycérol

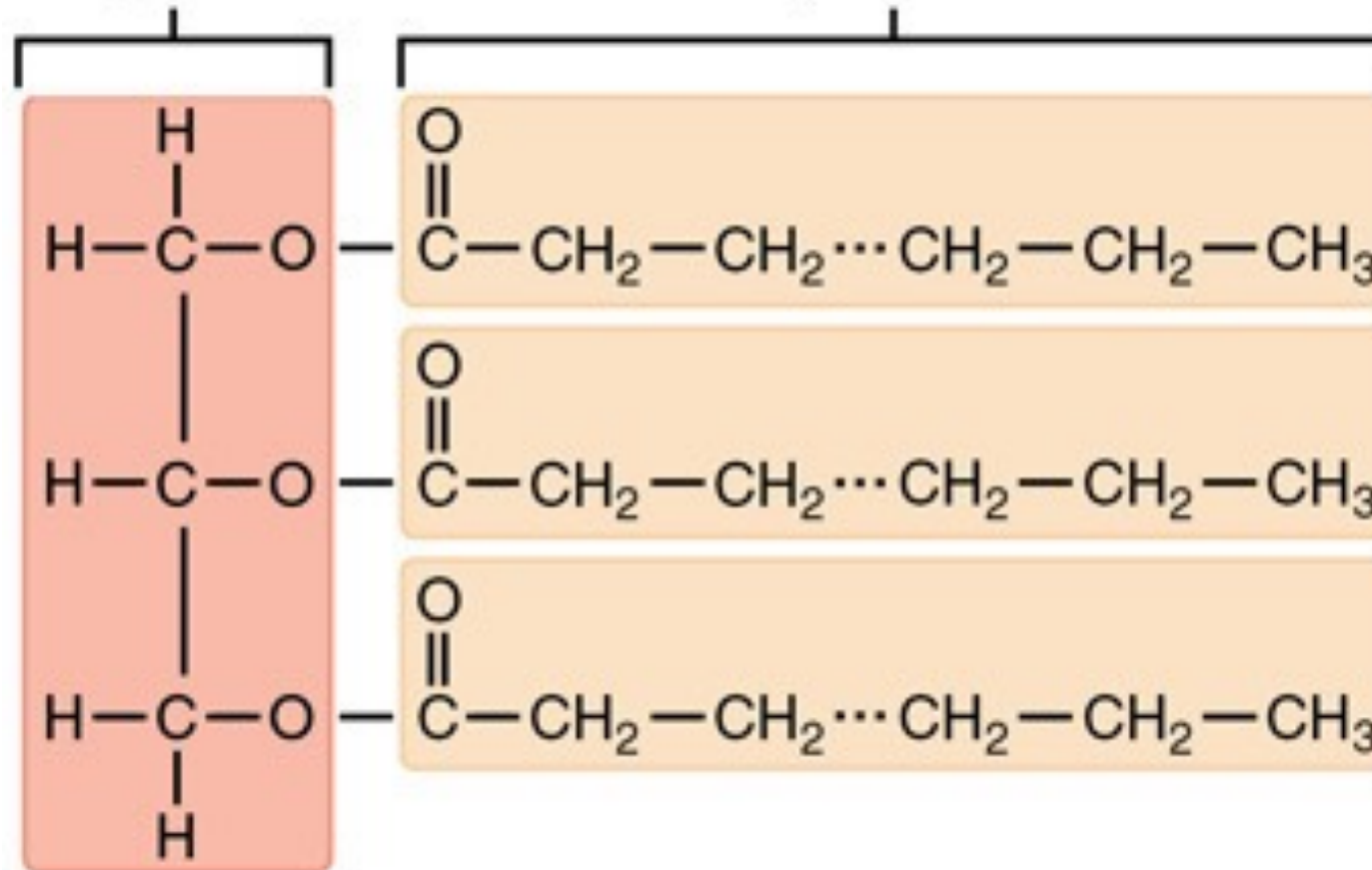


2.2. Les principaux lipides

Un triglycérade

GLYCEROL

3 ACIDE GRAS

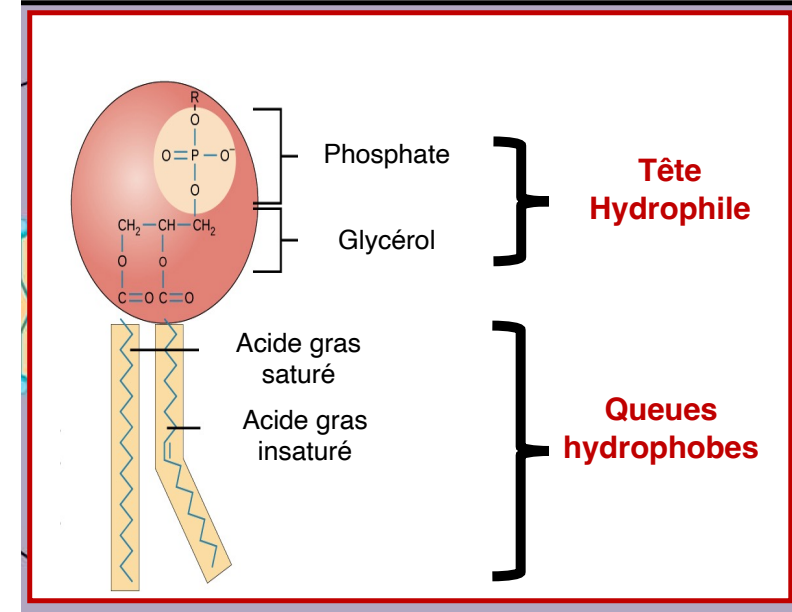


2.2. Les principaux lipides

2.2.2. Les phospholipides

- Lipide amphiphile
- Phospholipide = groupement phosphate + **glycérol** + **deux acides gras**
- Principaux lipides des membranes

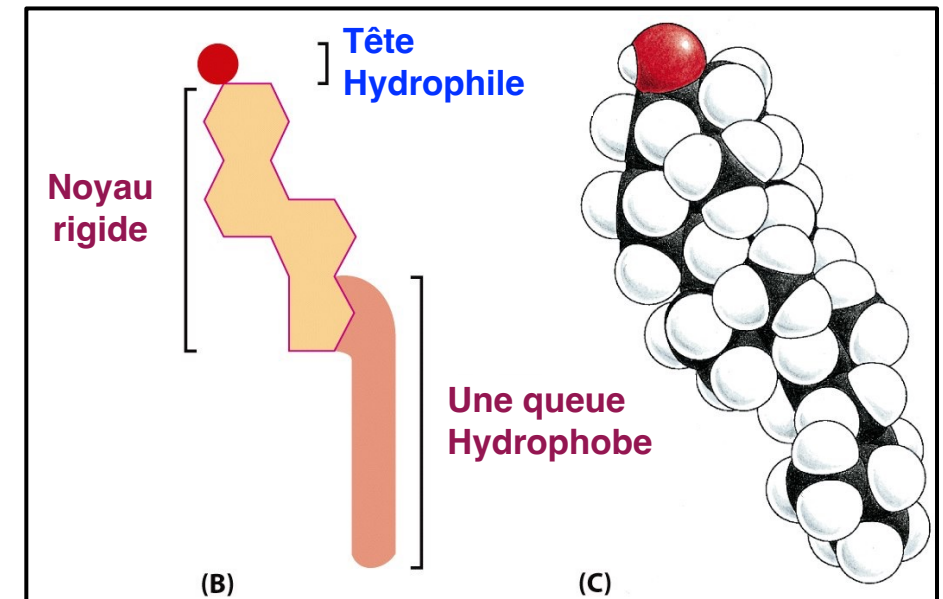
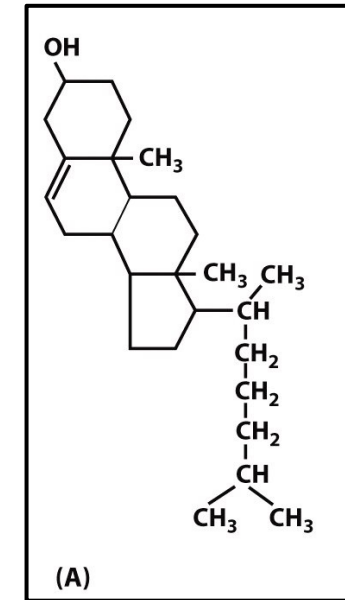
Cellulaires (membrane plasmique et membrane des organites)



2.2. Les principaux lipides

Les stéroïdes

- Groupe de **lipides amphiphiles**
- Composés de quatre cycles carbonés qui forment un noyau stérol (hydrophobe)
- Stéroïdes les plus abondamment rencontrés est le **cholestérol**
- Le cholestérol sert de précurseur pour la synthèse des autres stéroïdes (**testostérone**, **œstrogène**, **vitamine D** et **cortisone**)



2.3. Fonctions biologiques

Les lipides sont importants pour plusieurs fonctions cellulaires :

- Forme de stockage d'énergie (triglycérides)
- Protection (triglycérides, cires)
- Insolation (triglycérides)
- Lubrification (triglycérides)
- Précurseur pour la synthèse des hormones (cholestérol)
- Signalisation cellulaire (hormones stéroïdiennes)
- Constituants principaux de la membrane plasmique (phospholipides, cholestérol)

3.1. Caractéristiques générales

- Composés constitué de 3 éléments organiques: **C, O et H**
- Ils ont pour formule chimique **(CH₂O)_n** avec n compris entre 3 et 7.
- Les glucides sont classés en trois grands groupes :
 - Le **monosaccharides** (oses; pas hydrolysable); forme **monomérique**
 - Les **disaccharides** = deux oses associées par une **liaison osidique**
 - Les **polysaccharides (polymères)** = Association de nombreux oses par des liaisons osidiques

3.2. Les principaux glucides

3.2.1. Les monosaccharides :

- **Le glucose** ($C_6H_{12}O_6$) : monosaccharide le plus abondant dans les cellules ;
 - Facilement transportable dans l'organisme
 - Source d'énergie pour la respiration cellulaire, et la production d'ATP.
 - hydrosoluble.
- **Le fructose** ($C_6H_{12}O_6$) : monosaccharide le plus abondant dans les fruits et les plantes.
- **Le galactose** ($C_6H_{12}O_6$) : monosaccharide le plus abondant dans les produits laitiers.

3.2. Les principaux glucides

3.2.1. Les monosaccharides :

- **Le ribose** ($C_5H_{10}O_5$), composant essentielle de l'ARN
- **Le déoxyribose** ($C_5H_{10}O_5$), composant essentiel de l'ADN.

3.2. Les principaux glucides

3.2.2. Les disaccharides :

- **Maltose** = Glucose + Glucose
- **Sucrose** = Glucose + Fructose
- **Lactose** = Glucose + Galactose

3.2. Les principaux glucides

3.2.3. Les polysaccharides ou sucres complexes :

- Forme de **stockage de l'énergie** (ex : Amidon, Glycogène)
- Certains polysaccharides sont des **molécules structurales** (ex: Cellulose, Chitine, Peptidoglycanes)

3.3. Fonctions biologiques

Les glucides sont importants pour plusieurs fonctions cellulaires :

- Forme de stockage d'énergie
- Rôle structurale
- Hydratation des membranes

4.1. Caractéristiques générales

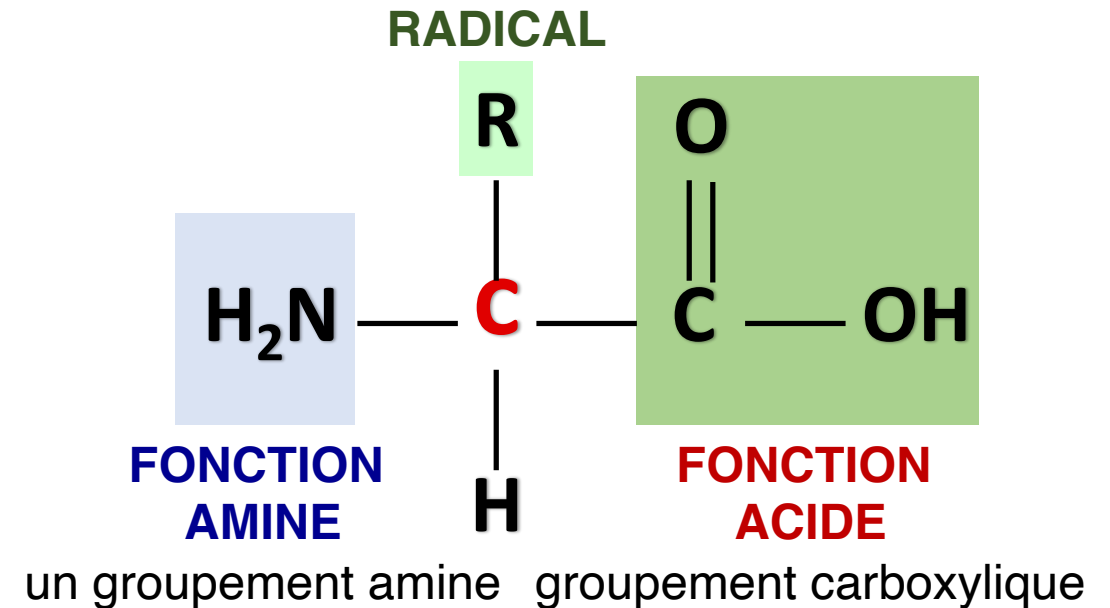
- Les protéines contiennent: C, O, H et l'**azote (N, caractère amine)**
- Les protéines peuvent également contenir du **soufre (S)** et du **phosphore (P)**
- Les protéines sont des **polymères d'acides aminés**.

4.2. Les constituants unitaires des protéines

- Les acides aminés ont 2

groupements fonctionnels :

- **Fonction acide carboxylique**
- **Fonction Amine**
- Le carbone est asymétrique (sauf pour la glycine)



4.2. Les constituants unitaires des protéines

- Il existe 22 a.a. différents en fonction de la nature chimique du radical
- Les a.a. peuvent être classés selon **la charge** (positive ou négative), **pH** (acide ou basique), **la solubilité** (polaire ou non polaire), **la position du groupement fonctionnel** (α , β , γ , δ), **la structure de la chaîne latérale** (aliphatique, aromatique, etc..)

4.2. Les constituants unitaires des protéines

Acides aminés chargés positivement

- Arginine
- Histidine
- Lysine
- **Pyrrolysine**

Acides aminés polaires non chargés

- Asparagine
- Glutamine
- Sérine
- Thréonine
- Tyrosine

Acides aminés chargés négativement

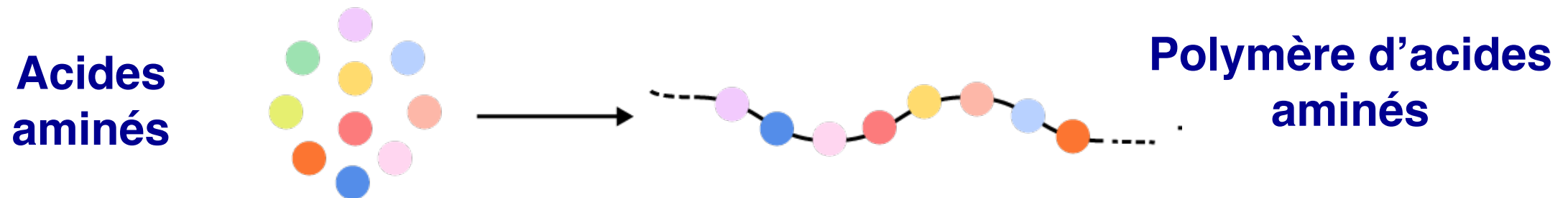
- Aspartate ou acide aspartique
- Glutamate ou acide glutamique

Acides aminés apolaires

- Alanine
- Cystéine
- Glycine
- Isoleucine
- Leucine
- Méthionine
- Phénylalanine
- Proline
- **Sélénocystéine**
- Tryptophane
- Valine

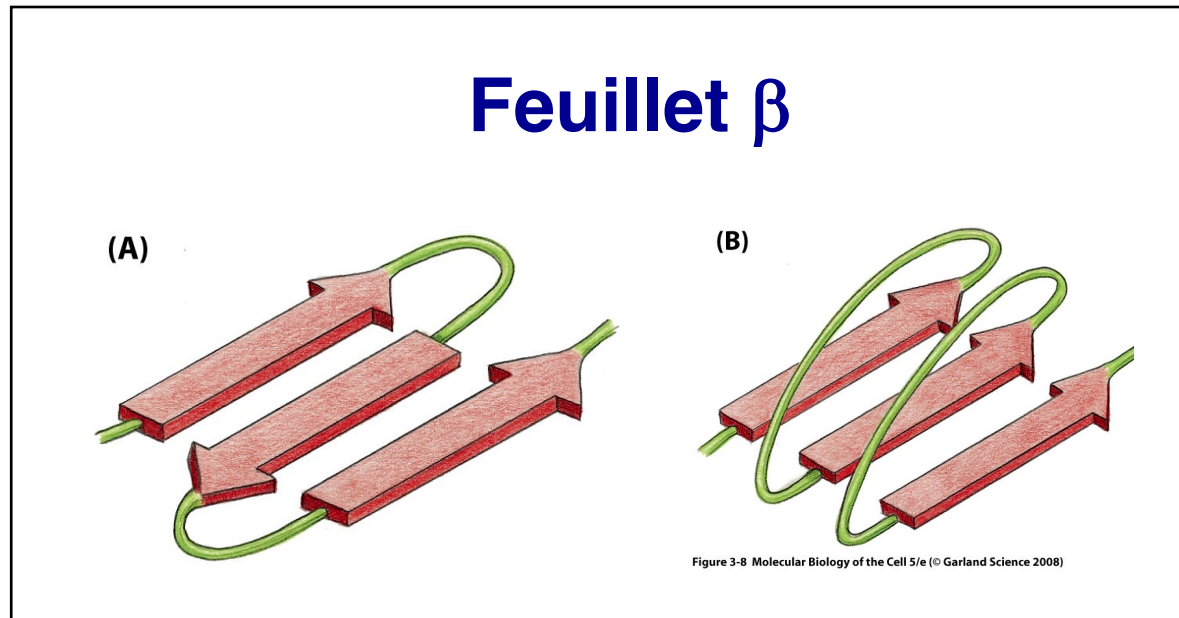
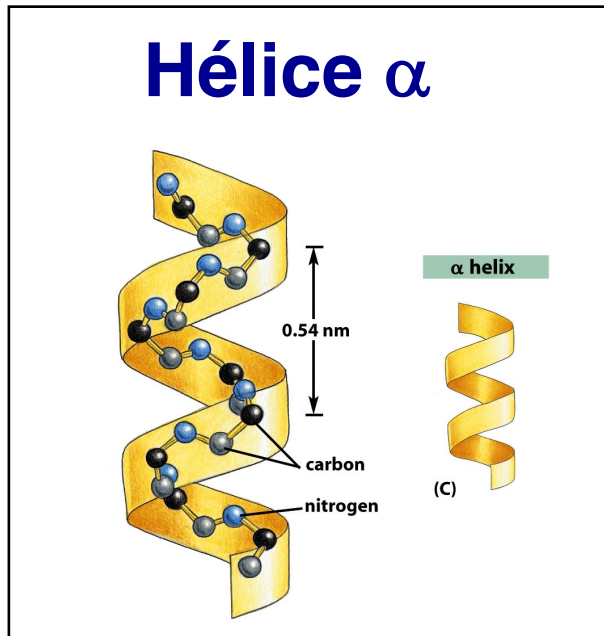
4.2. Les polymères peptidiques et niveaux d'organisations

- Les acides aminés sont liés par une liaison covalente appelé **liaison peptidique**
- la liaison peptidique s'établit entre le groupement carboxylique d'un aa et le groupement amine de l'a.a. suivant
- La succession ordonnée d'a.a. forme une séquence => Séquence de la protéine (Séquence polypeptidique) = **la structure primaire**



4.2. Les polymères peptidiques et niveaux d'organisations

- **Les structures secondaires des protéines:** c'est un motif tridimensionnel; motif correspondant à une disposition précise dans l'espace
- Les principales structures secondaires sont l' **hélice α** et le **feuillet β**

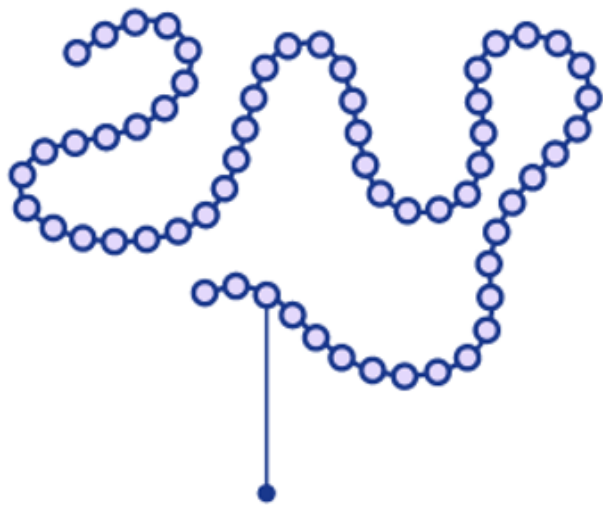


4.2. Les polymères peptidiques et niveaux d'organisations

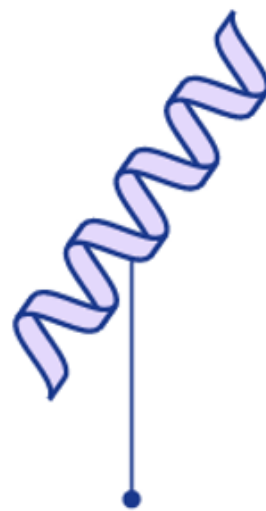
- **Les structures tertiaires des protéines:** Il s'agit du repliement dans l'espace de l'ensemble d'une chaîne polypeptidique.
- De nombreuses protéines sont constituées d'une seule chaîne d'acides aminés
=> **structure tridimensionnelle de la protéine**
- Cette structure confère à la protéine une activité spécifique

4.2. Les polymères peptidiques et niveaux d'organisations

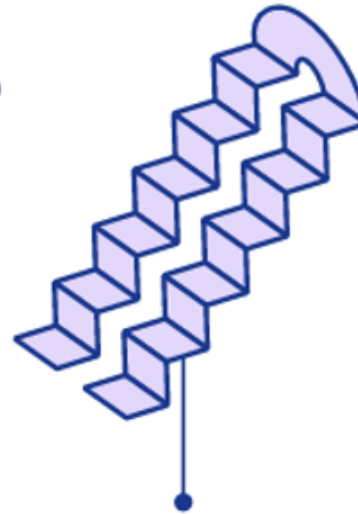
Structure primaire



Séquence d'acides
aminés



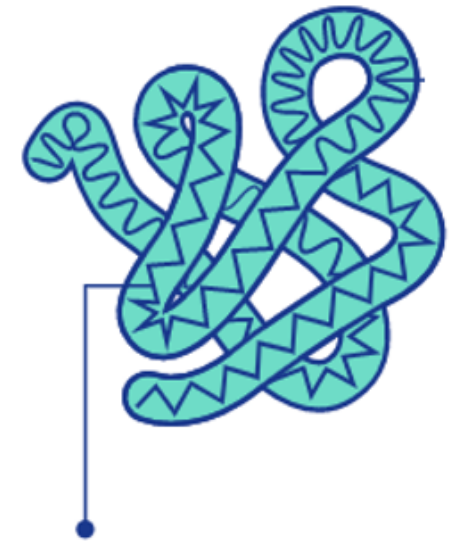
Hélice α



Feuillets β



Conformation native



Structure 3D

4.2. Les polymères peptidiques et niveaux d'organisations

Les structures quaternaires d'une protéine multimérique concerne l'association des différentes chaînes polypeptidiques

- Certaines protéines sont formées par plusieurs sous-unités (plusieurs chaînes polypeptidiques)

4.3. Fonctions biologiques

Les protéines sont impliquées dans plusieurs processus biologiques :

- Les enzymes catalysant les réactions cellulaires (métabolisme cellulaire)
- Rôle structural (cellule, tissus, organe)
- Stockage et transporteur d'autre macromolécules ou ions
- Effecteurs de plusieurs mouvement (contraction, motilité, phagocytose)
- Molécule de signalisation assurant la communication cellulaire
- Effecteur pour la défense de l'organisme (anticorps)
- Etc...

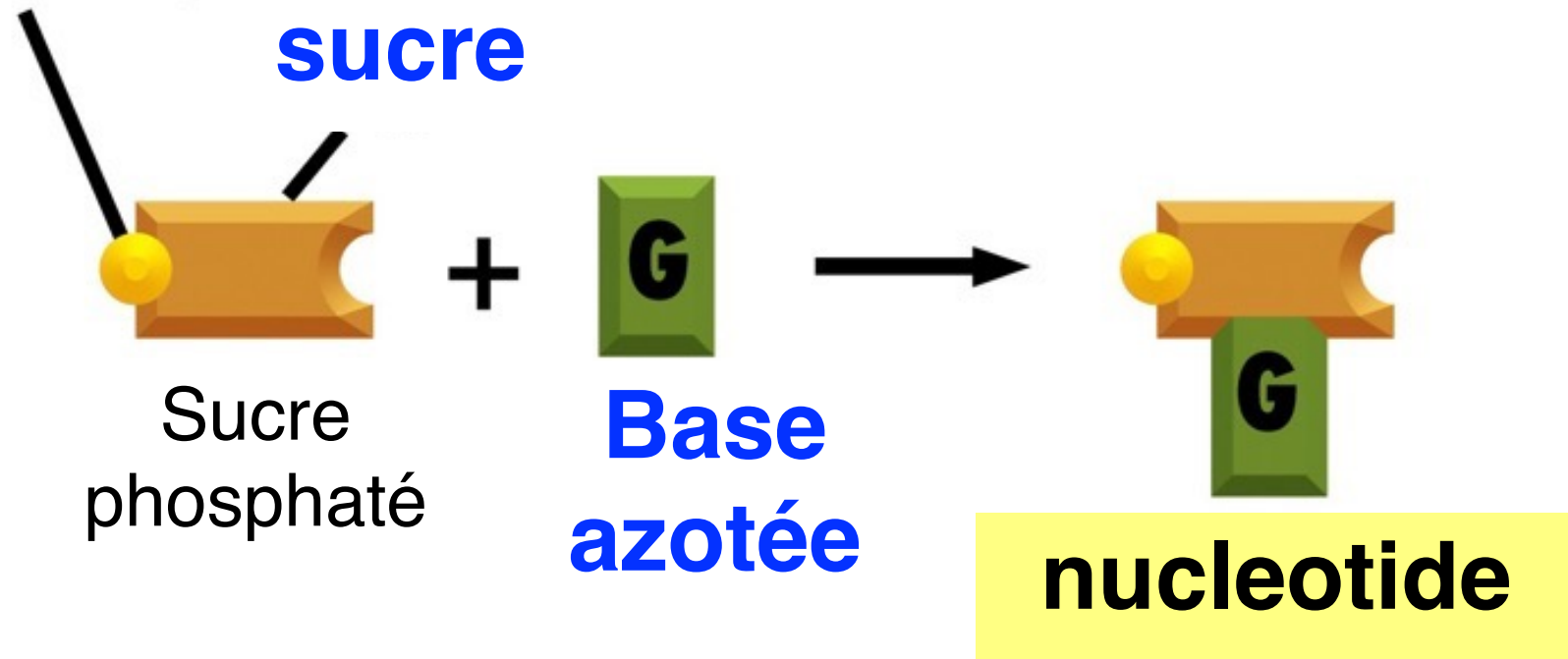
5. Les acides nucléiques

- Les acides nucléiques contiennent: C, O, H, N et **phosphore (P)**
- Il s'agit essentiellement de
 - l'**acide désoxyribonucléique (ADN)**
 - l'**acide ribonucléique (ARN)**
- Les acides nucléiques sont des polymères **des nucléotides**

5.1. Les nucléotides

- Les nucléotides sont composés de 3 éléments :

Phosphate



5.1. Les nucléotides

- **Un Ose** (pentose):
 - Ribose
 - Désoxyribose
- **Une Base azotée**:
 - bases puriques (Adénine **A**, Guanine **G**);
 - bases pyrimidiques (cytosine **C**, thymine **T**, uracile **U**);
 - fixée sur le 1^{er} carbone de l'ose par une **liaison osidique**
- **Phosphate (1 , 2 ou 3)** associé au 5^{ème} carbone de l'ose

5.2. Les polymères nucléotides

- Les nucléotides sont reliés par des **liaisons phosphodiesters**
- Il existe deux types d'acides nucléiques :
 - l'**acide désoxyribonucléique** (ADN)
 - l'**acide ribonucléique** (ARN)

5.2. Les polymères nucléotides

Éléments comparatifs	ADN	ARN
Pentose	Désoxyribose	Ribose
Bases	Adénine, <u>Thymine</u> , Guanine, Cytosine	Adénine, <u>Uracile</u> , Guanine, Cytosine
Structure standard	Double hélice (deux brins= deux chaines polynucléotidiques); les chaines sont antiparallèles et complémentaires;	Monocaténaire (1 seul brin = une chaine polynucléotidique)

5.3. Fonctions biologiques

- **ADN**: le support de l'information génétique
- **ARN jouent plusieurs rôles**:
 - **ARNm** : il peut être le messenger qui copie l'information génétique de l'ADN; sera traduit en protéines
 - **ARN non codant** qui joue un rôle catalytique ou régulateur: L'ARN de transfert (ARNt), l'ARN ribosomique (ARNr), les petits ARNs interférant (miARN), etc...

6. Conclusion

- La cellule est constituée par l'assemblage et l'organisation complexe de quatre grandes catégories de molécules organiques: Les lipides, les glucides, les protéines et les acides nucléiques.
- Chacune de ses grandes familles de molécules organiques ont des structures caractéristiques et des fonctions précises dans le vivant;
- La structure d'une macromolécule est intimement liée à sa fonction

Références

1 : Abrégés de Biologie Cellulaire de Marc Maillet, 9^{ème} ou 10^{ème} Edition; chez MASSON

2: Molecular Biology of the Cell, 6th Edition de Bruce Alberts

3. Pass Biologie cellulaire **EDISCIENCE**

