

Cours de Biologie et Biochimie

A l'usage des Etudiants de L1 en Sciences de Santé

Ass₂ N. NTIBESHA Modeste
Biol. Médical/MII. MM/CNBM6992B19

Contenu du cours

☐ BIOLOGIE CELLULAIRE ET ORGANISME :

- ✓ *Introduction à la biologie animale et végétale*
- ✓ *Organisation Générale de la cellule*
- ✓ *Cycle Cellulaire*
- ✓ *Fonctions intracellulaires et tissulaires.*

☐ BIOCHIMIE STRUCTURALE:

- ✓ *Bases des biomolécules (protéines, lipides, glucides, acides nucléiques) et leur fonctions biologique*

Contenu du cours

❑ BIOCHIMIE MÉTABOLIQUE:

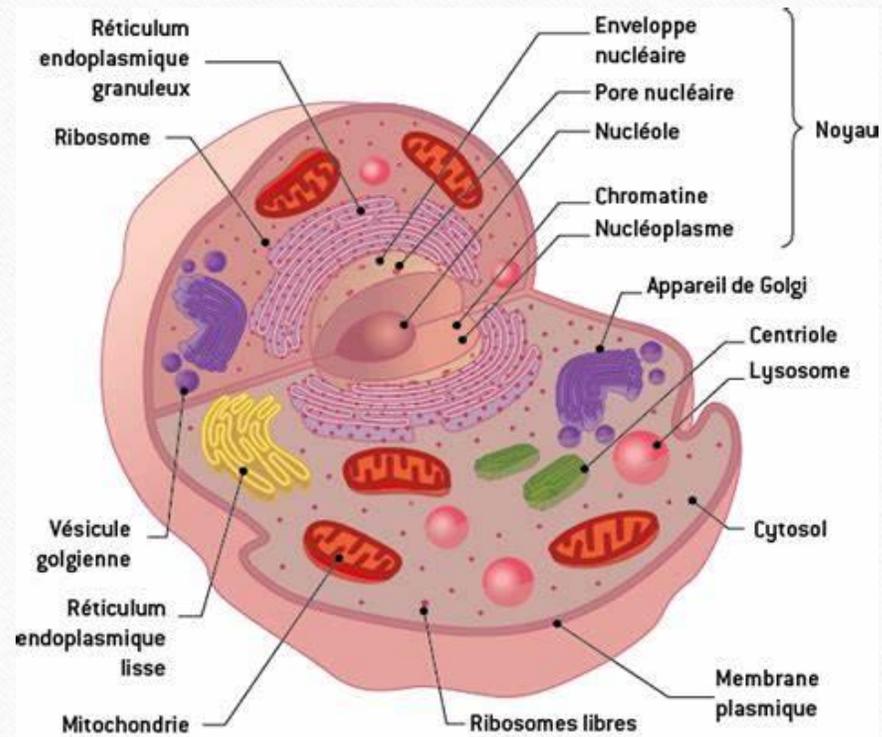
- ✓ *Métabolisme des Macromolécule*
- ✓ *Equilibres acido-basique*
- ✓ *Maladies liées au déséquilibre acido-basique*
- ✓ *Enzymes et premiers métabolismes*

Objectifs Pédagogiques

I^{ère} Partie

BIOLOGIE CELLULAIRE ET ORGANISME

I. ORGANISATION GÉNÉRALE DE LA CELLULE

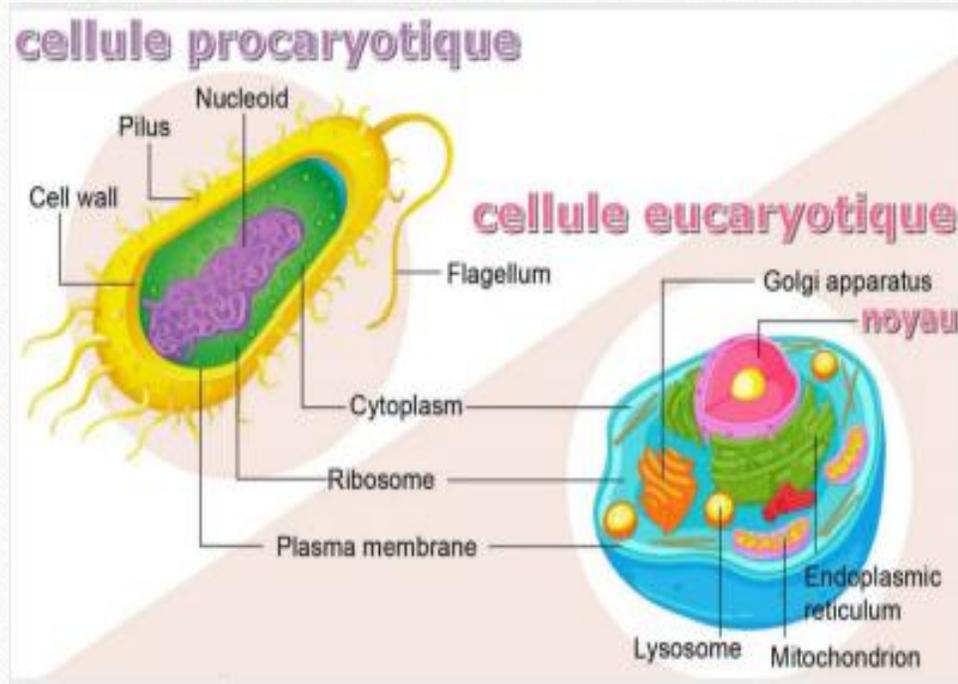


- Définition: Elt de **base des vivants** capable de répliquer de façon indépendante = Elt constitutif
- Cellule → Tissus → Organes
- Toutes les cellules sont entourées d'une membrane plasmique

Principales Classes de cellule

- Deux grandes classes dans le monde vivant fondamentalement différents sur la base de leur structure interne et de leur organisation générale
 - ✓ **Procaryotes:** sans membrane nucléaire vrai: tous les unicellulaires
 - ✓ **Eucaryotes:** Avec membrane nucléaire vraie: Tous les pluricellulaires et quelques unicellulaire comme l'amibe et le paramécie
- Pour les Procaryotes, ⇨ ADN libre dans le cytoplasme alors que pour les Eucaryotes, → ADN dans le noyau

Schéma de comparaison entre les deux cellules



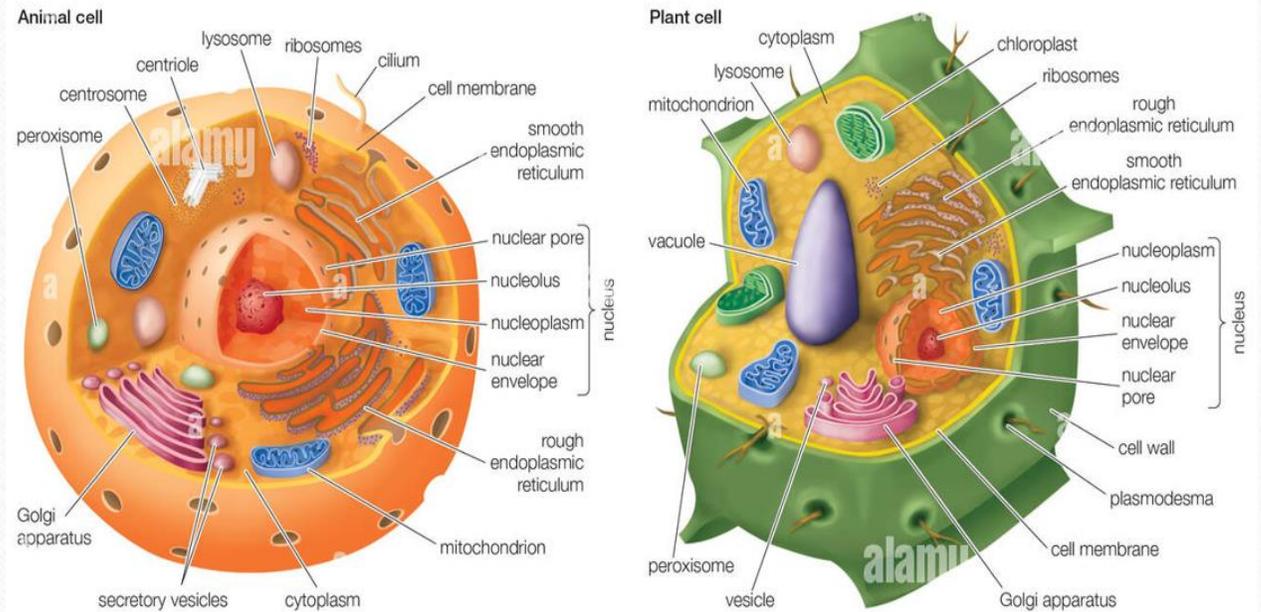
Caractéristiques communs des toutes les cellules

- ❑ **La membrane plasmique:** Qui assure la protection de la cellule
- ❑ **Le cytoplasme:** Contenant le Hyaloplasme
- ❑ **Le matériel génétique:** Qui porte les gènes

Cellules Animale et Végétale

- ❑ **Animale:** Dans la constitution des animaux
- ❑ **Végétale:** Dans la constitution des plantes

Typical animal cell and plant cell

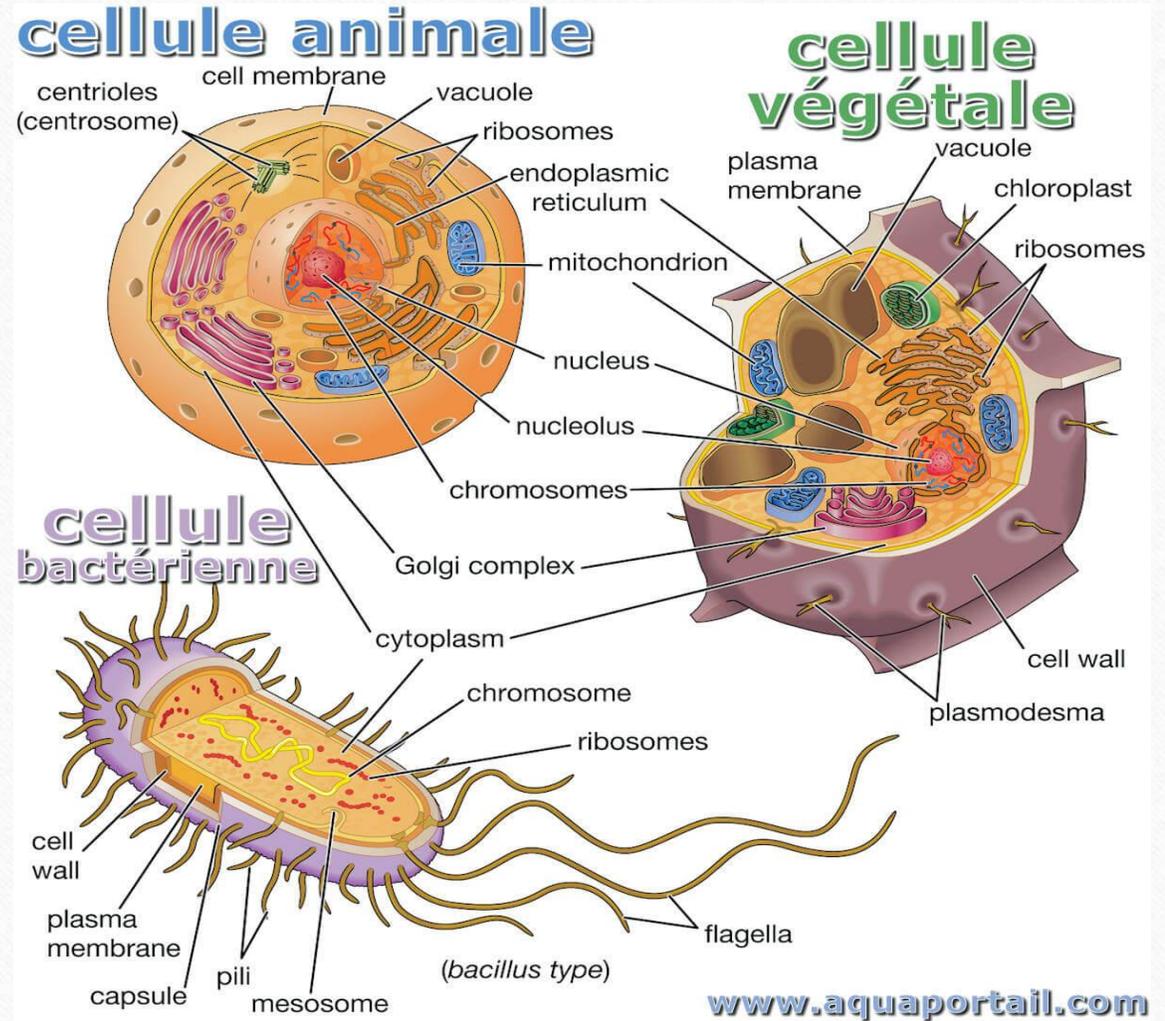


La différence entre la cellule animale et la cellule végétale

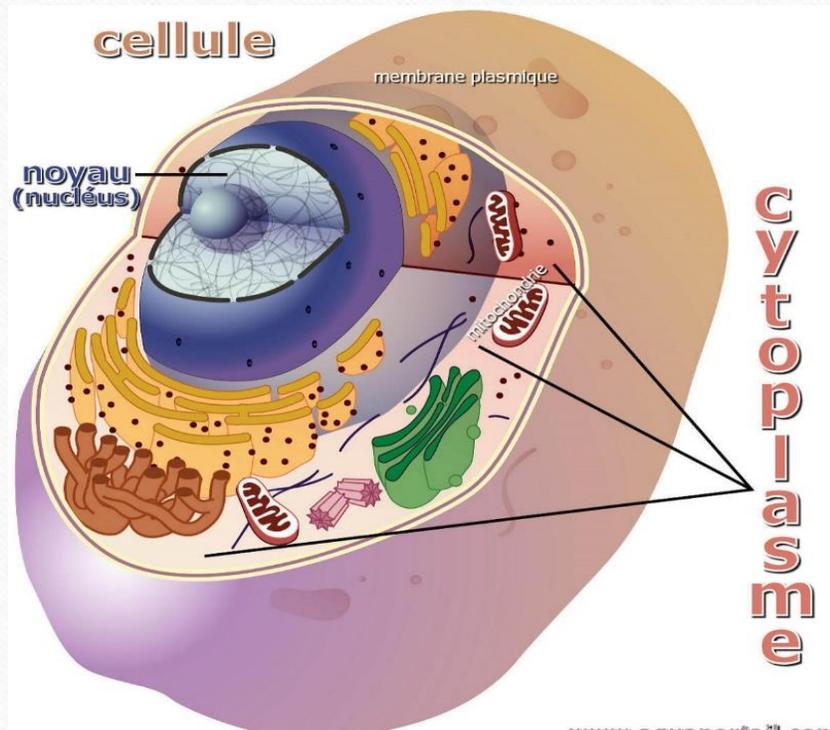
- ❑ La cellule végétale est **capable d'élaborer toutes les substances nécessaires** à sa croissance telles que les sucres, acides aminés, ... à partir de sels minéraux, d'eau et de gaz carbonique en présence de lumière (photosynthèse)
- ❑ Présence de **chloroplastes** chez la cellule végétale
- ❑ Présence des **parois robuste et rigides** cellule à la végétale pour résister au froid, à la chaleur et à la sécheresse
- ❑ Présence d'une **grande vacuole à la cellule végétale**, sites d'accumulation de réserves ou de substances particulières, parfois toxiques voire de déchets, ce qui leur confère un rôle de détoxification de la cellule

La différence entre la cellule animale, végétale et Bactérienne

- Cellules *Animale* et *Végétale* sont des eucaryotes
- Cellules *Bactérienne* est procaryote



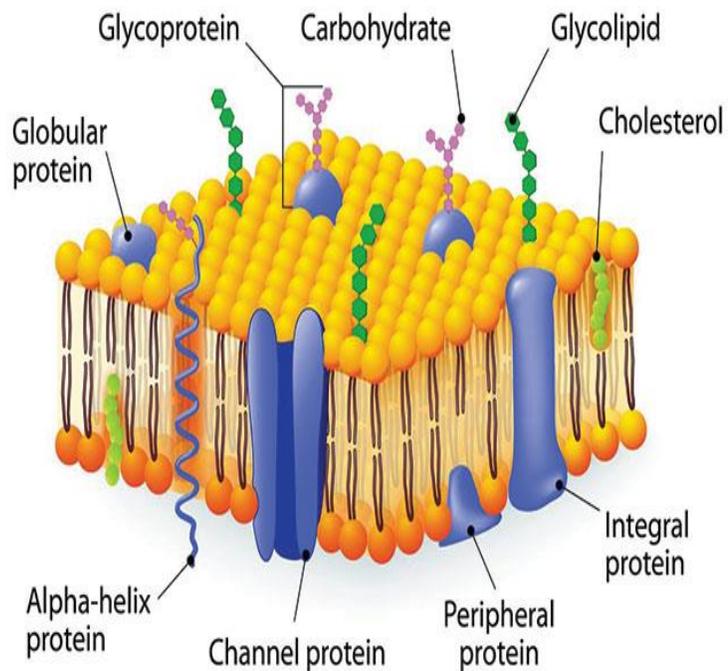
II. LES GRANDES PARTIES DE LA CELLULE



La cellule a *trois grandes parties* dont:

- ❑ La **Membrane**: barrière externe de la cellule
- ❑ Le **Cytoplasme**: Compartiment interne hors noyau, rempli par le hyaloplasme dans lequel baignent les multiples structures « organites »
- ❑ Le **Noyau**: Plus grand organite contenant l'ADN

1. La Membrane Plasmique

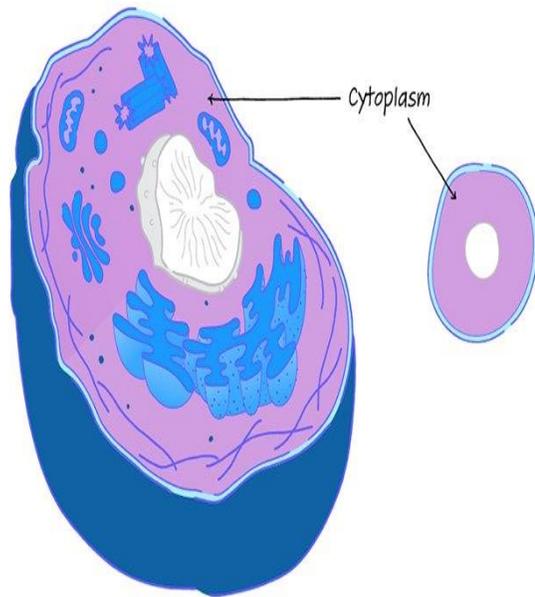


- ❑ Structure *dynamique*, *organisée* et *complexe*, indispensable à la vie d'une cellule
- ❑ Grâce à une perméabilité très sélective, elle joue un triple rôle de *protection* et de *contrôle des échanges* et *communications*
- ❑ Elle formée d'une double couche des *lipides* associées à des *protéines* et à des *glucides*.

Rôle Biologique de la Membrane

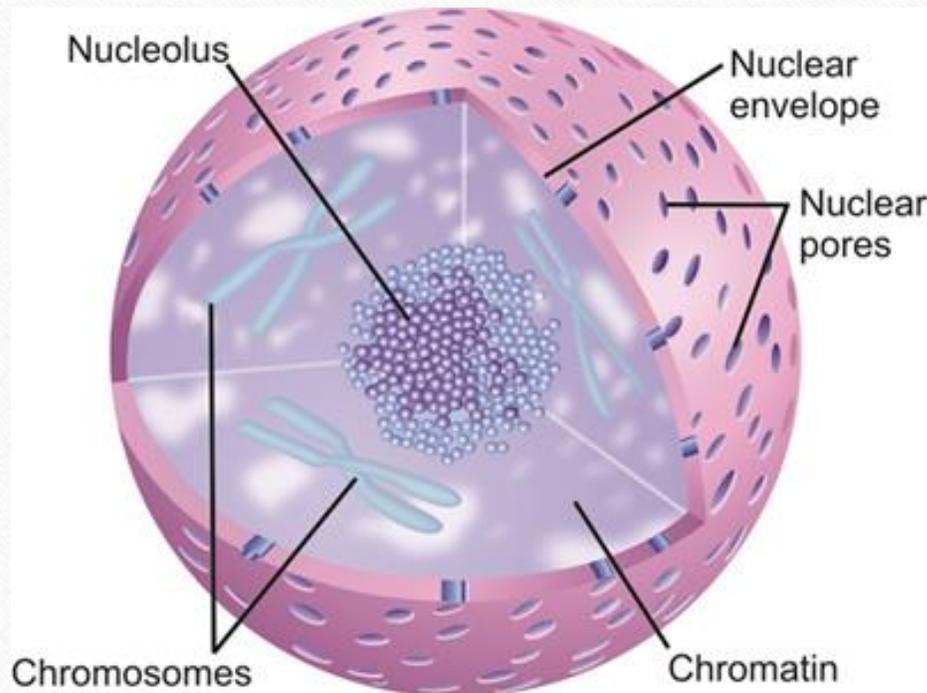
- ❑ **Perméabilité membranaire:** correspond dont au **Transport Membranaire** qui peut se faire de deux façon:
 - ✓ **Passive:** *sans consommation de l'énergie*
 - ✓ **Active:** *Transporteurs + consommation de l'énergie*
- ❑ **Echange cytotique:** **Exocytose** et **Endocytose** (Phagocytose et Pinocytose)
- ❑ **communication cellulaire:** **Réception** et **Emission des signaux** à travers les neurotransmetteur et les hormones

2. Le Cytoplasme



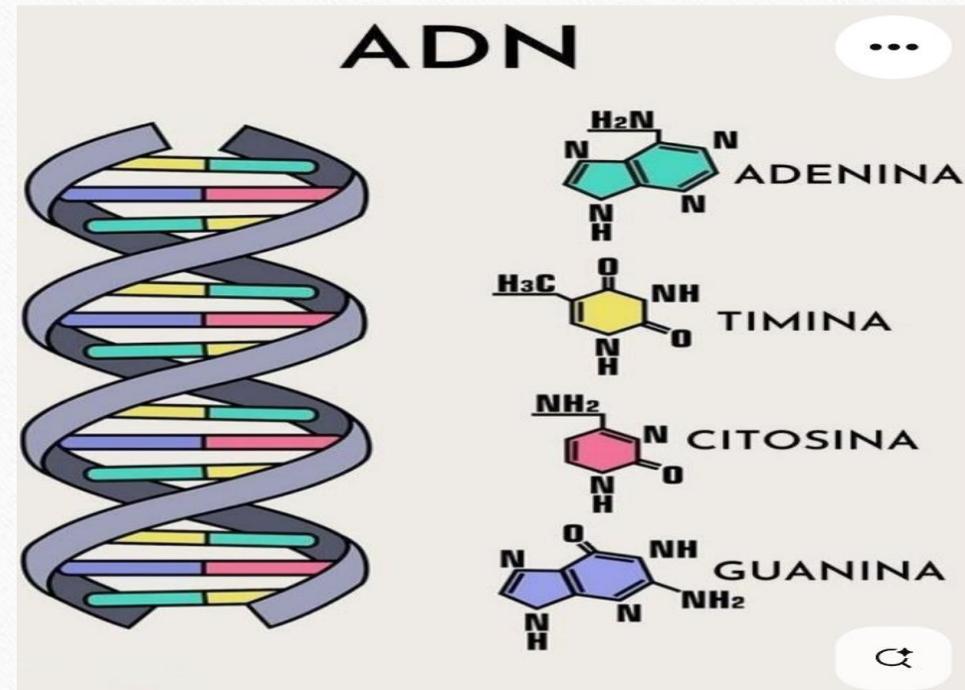
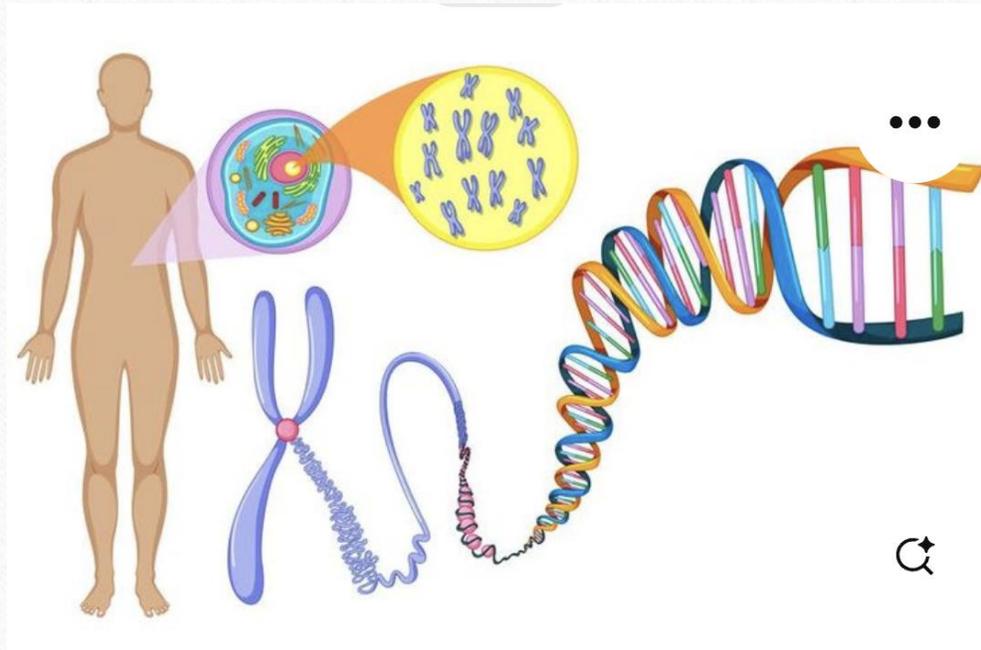
- ❑ Matière transparente, un peu visqueuse et d'aspect granuleux qui remplit la cellule
- ❑ Chez les eucaryotes, c'est **également le compartiment qui renferme les organites.**
- ❑ Rôle biologique
 - Il facilite le bon **déroulement de la majorité de réactions biochimique** suite à la présence de l'**Hyaloplasme**

3. Le noyau cellulaire



- Le noyau se **localise au centre** de la cellule
- lieu de résidence de la molécule contenant l'information génétique
- Siège de la division cellulaire.
- Il est entouré d'une double membrane nucléaire percées de pores permettant des échanges avec le cytoplasme.

Présentation de l'ADN



Les caractéristiques de l'ADN

L'ADN est une *molécule de grande taille* et d'une *grande complexité*. Elle possède **deux propriétés** fondamentales :

- ❑ Elle contient **toutes les instructions nécessaires à la fabrication des protéines** qui permettent aux cellules (et à l'organisme tout entier) de fonctionner,
- ❑ Elle est **capable de se dédoubler à l'identique** au cours des divisions des cellules (on dit qu'elle se duplique ou qu'elle se réplique).

SYSTÈME ENDOMEMBRANAIRE

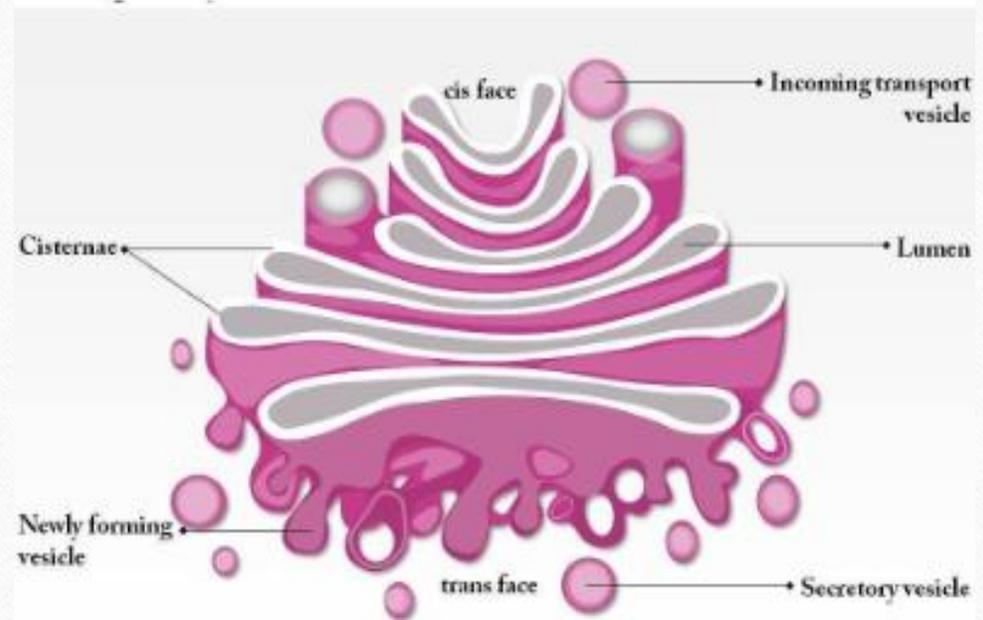
- Le système endomembranaire est **l'ensemble des cavités** cytoplasmiques limités par des membranes intercommuniquantes entre elles par intermédiaire des vésicules
- Il est composé des différentes des différentes membranes intracellulaires qui sont en suspension dans le cytoplasme d'une cellule à l'exception des **peroxysomes**, des **mitochondries** et des **chloroplastes** pour les cellules végétales.

Appareil de Golgie

Ensemble des saccules empilés avec des bourgeonnements des vésicules

- **Rôle Biologique:**

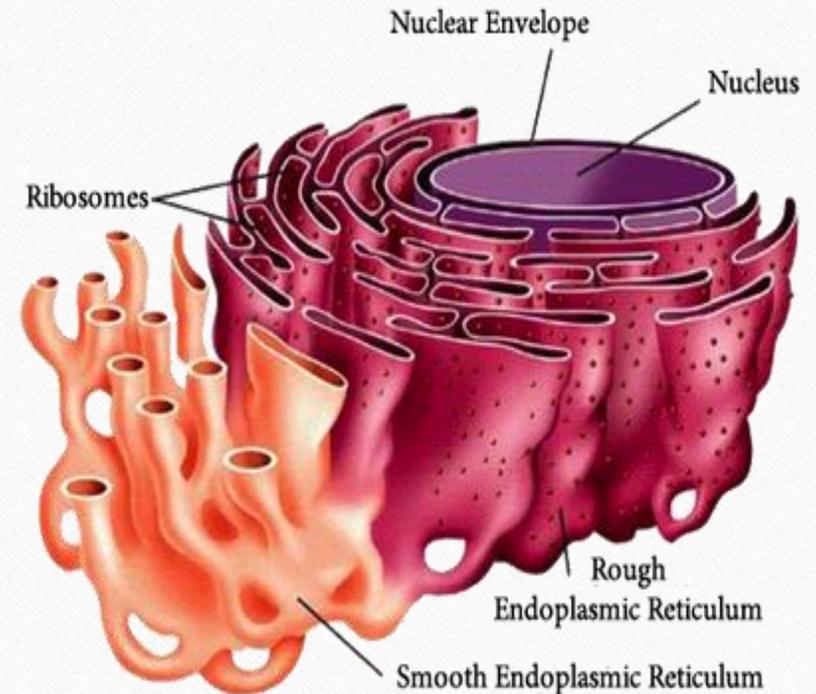
- Il est le lieu de stockage des macromolécules synthétisées par les ribosomes
- Il est le récepteur des lipides et protéines du RE et les réexpédier après transformation et trie vers les destinataires intra & extra cellulaire
- C'est le siège de la formation des lysosomes



Réticulum Endoplasmique

Sont des canaux suspendus empruntés par des molécules et les substances élaborées du noyau vers le milieu extra cellulaire, nous en distinguons le REL & REG

- **Rôle Biologiques:**
 - Transporteur des molécules synthétisées au niveau du noyau
 - Lieu de synthèse des lipides membranaires
 - Régulateur des ions Ca^{2+} intra cellulaires
 - REG est le siège de maturation des protéines synthétisées par les ribosomes

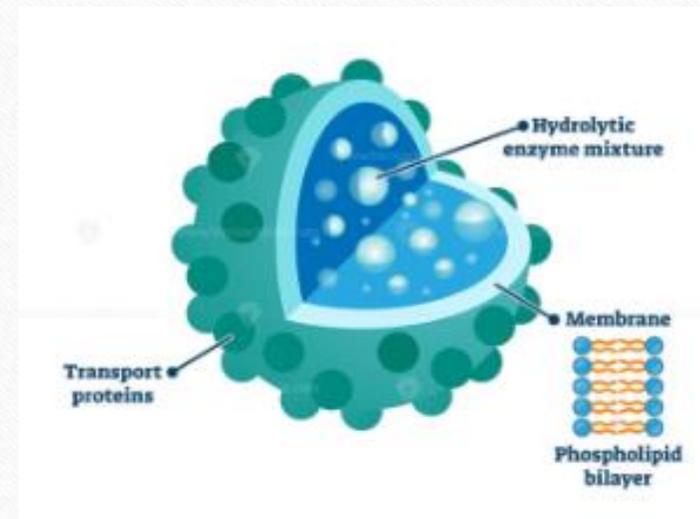


Lysosome

Petit sac contenant des enzymes digestives (hydrolases acides) qui digèrent les molécules

Rôle Biologique:

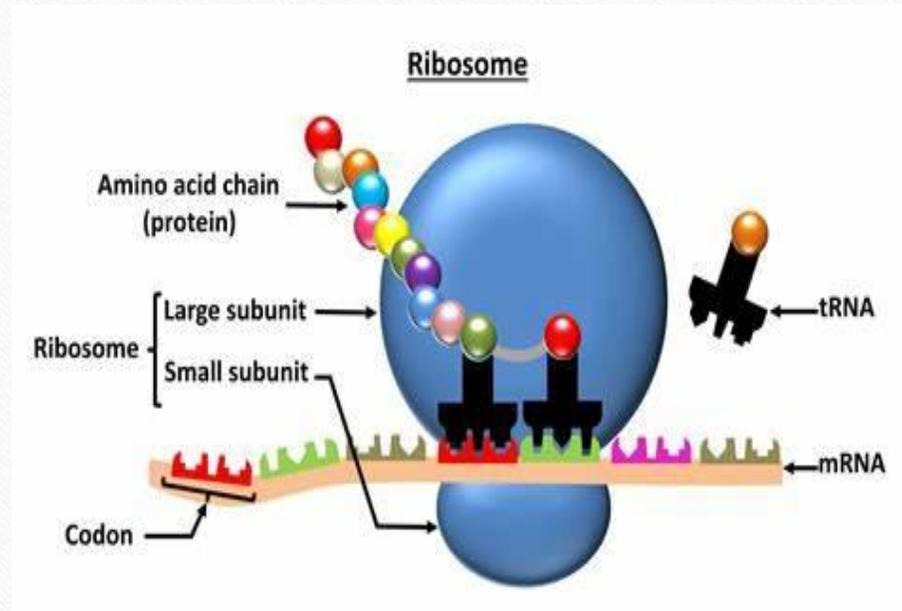
- Responsable de la digestion des substances nutritives, des substances étrangères (bactéries), des composantes endommagées de cellule
- C'est l'estomac de la cellule



Ribosomes

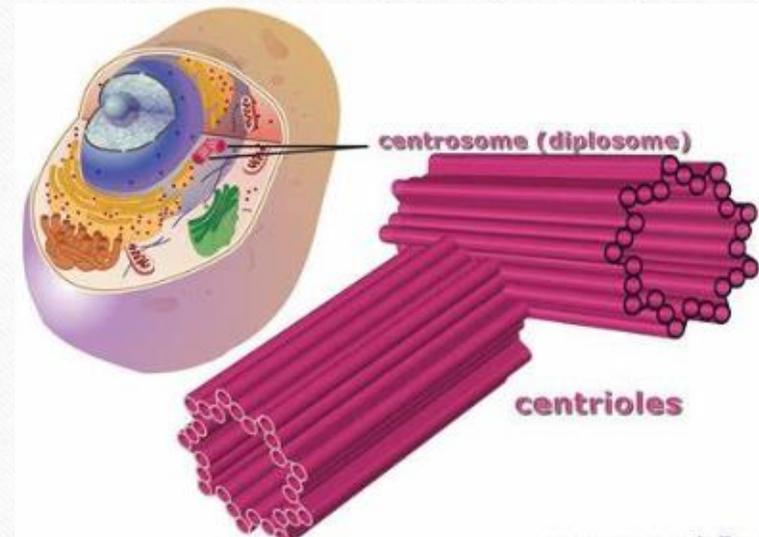
Formés de deux sous unités: une grosse et une petite qui ne s'unissent qu'à l'état fonctionnel

- **Rôle Biologique:**
 - Ils assurent la lecture des codon de l'ARNm



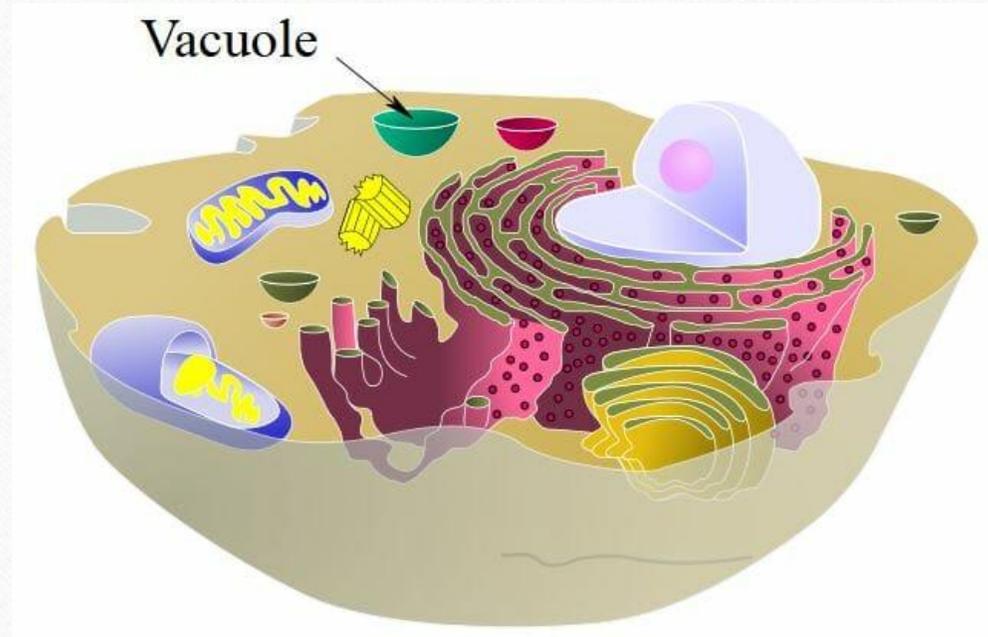
Centrosomes

- Intervient dans la formation des fuseaux achromatiques lors de la division cellulaire
- Il est responsable de la formation des cils vibratiles des flagelles chez les cellules mobiles

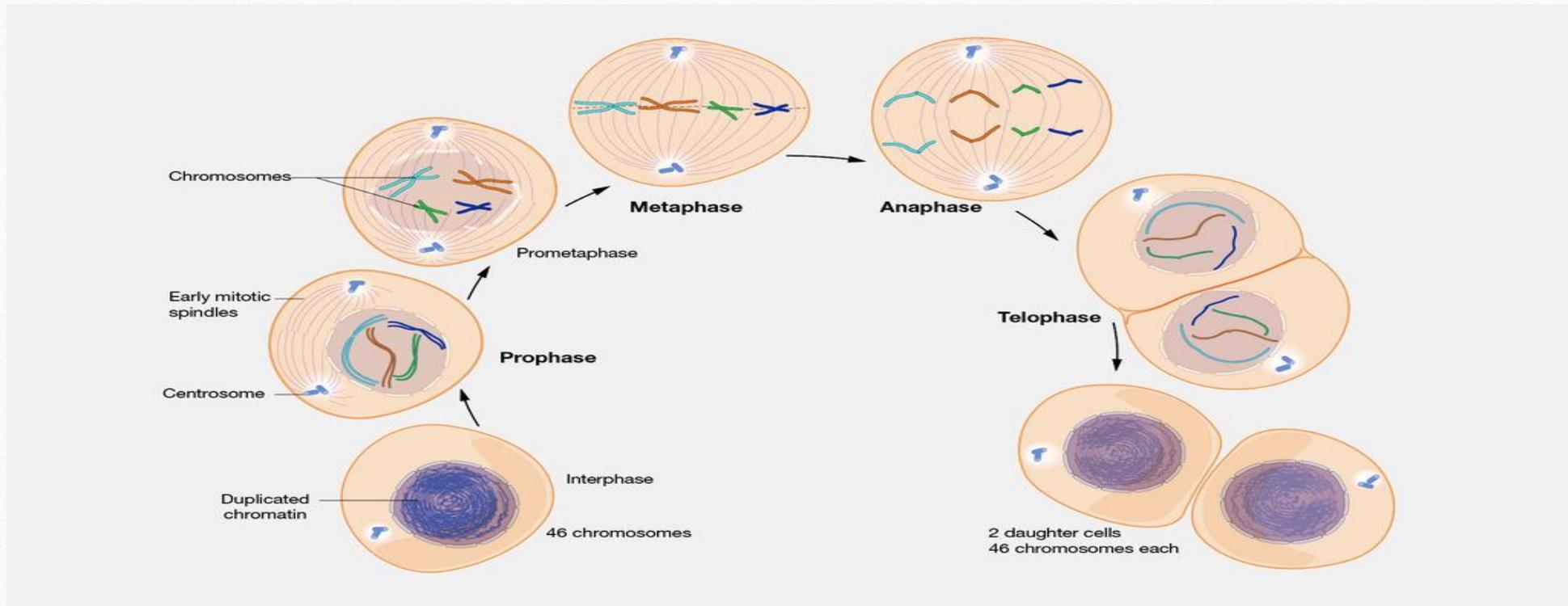


Vacuole

- Elle constitue le réservoir d'eau de la cellule
- C'est le lieu de stockage de solutés
- Elle est responsable des échanges cellulaires



LE CYCLE CELLULAIRE



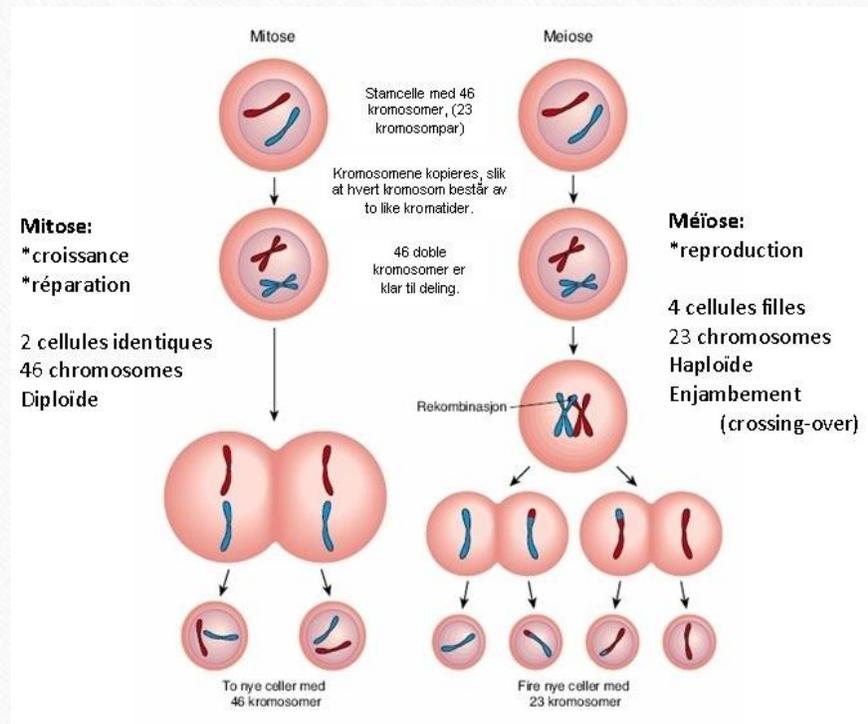
GENERALITE

- Au premier stade de son existence, l'être vivant n'est qu'une petite cellule (la cellule œuf).
- Mais celle-ci se multiplie rapidement par des divisions successives et il en résulte les milliards des cellules qui forment l'individu adulte
- Des cellules usagées meurent et des nouvelles cellules sont fabriquées.
- Le **cycle cellulaire** est l'ensemble des étapes qui constituent et délimitent la vie d'une cellule.
- Ce cycle est composé de plusieurs phases de croissance dans lesquelles la cellule grossit et duplique son matériel génétique et d'une phase où celle-ci se divise pour donner naissance à deux cellules filles identiques à la cellule mère.
- Les cellules filles reproduiront ce cycle, et ainsi de suite

GENERALITE

- Quand un être vivant a atteint son âge adulte, les **divisions des cellules sont moins nombreuses**, mais elles ne s'arrêtent pas : elles permettent d'entretenir l'organisme. Par exemple, les cellules de la peau ne vivent que quelques jours ; elles sont sans cesse remplacées par des nouvelles cellules.
- Il existe deux types de divisions cellulaires dans le monde vivant : la **mitose** qui assure la naissance de cellules identiques à la cellule mère lors de la multiplication asexuée et la **méiose** qui aboutit à la production de cellules sexuelles ou gamètes pour la reproduction.

LA MITOSE & MEIOSE



METABOLISME CELLULAIRE

VOIR TP & TD

TD 3

Parlez brièvement de:

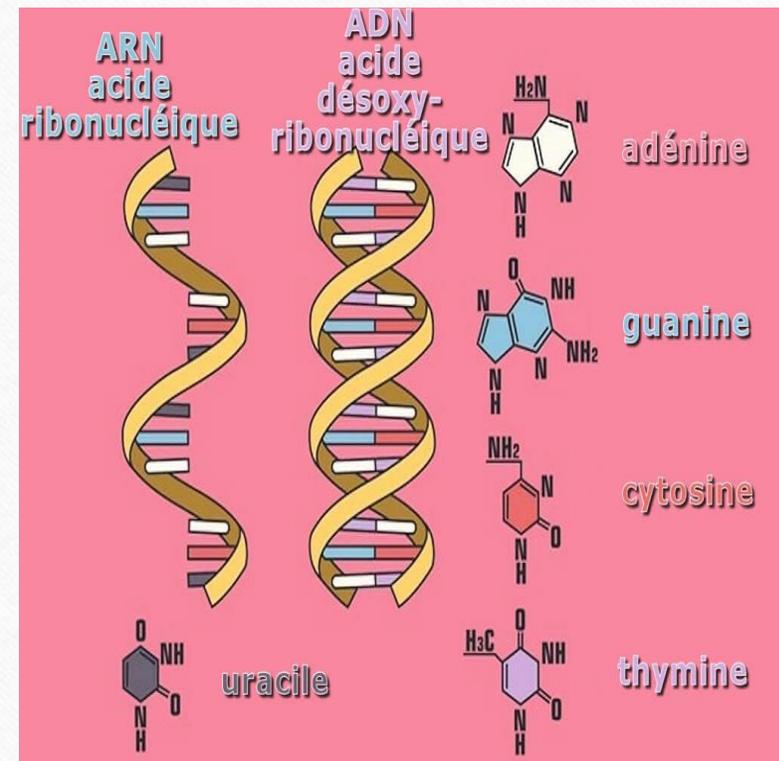
- METABOLISME DE GLUCIDES (1°)
- METABOLISME DE PROTEINES (2)
- METABOLOSMME DE LIPIDES (3)
- LA MITOSE (4)
- LA MEIOSE (5)

1. Cycle de KREBS et Les Enzymes (Groupe 1- 3 – 5)

2. Equilibre Acido-basique (Groupe 2- 4)

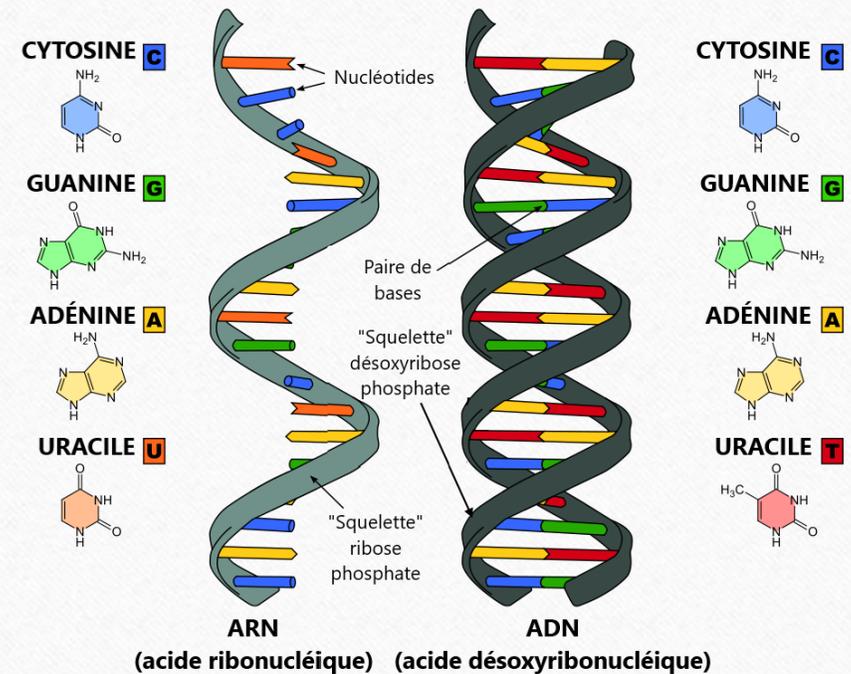
LES ACIDES NUCLEIQUES

- ❑ Les acides nucléiques *sont des biomolécules essentielles au stockage et à la transmission de l'information génétique dans les cellules*, composés principalement d'*ADN* et d'*ARN*.
- ❑ Ils sont *formés de chaînes de nucléotides et interviennent dans la réplication, la transcription et la traduction des gènes*, reliant ainsi aux biomolécules et au métabolisme discutés précédemment



Structure des Acides Nucléiques

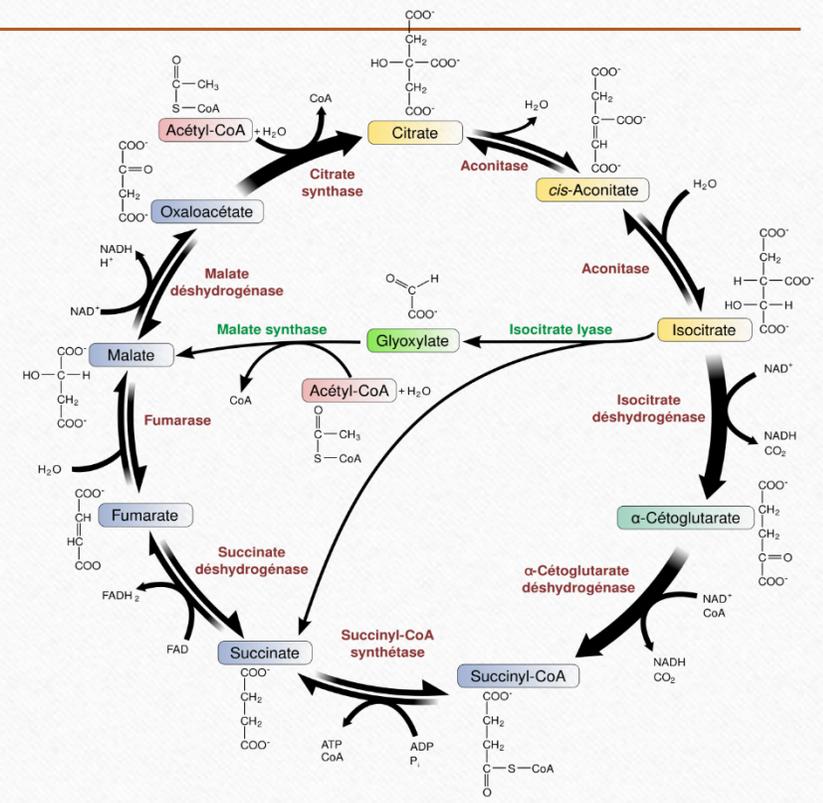
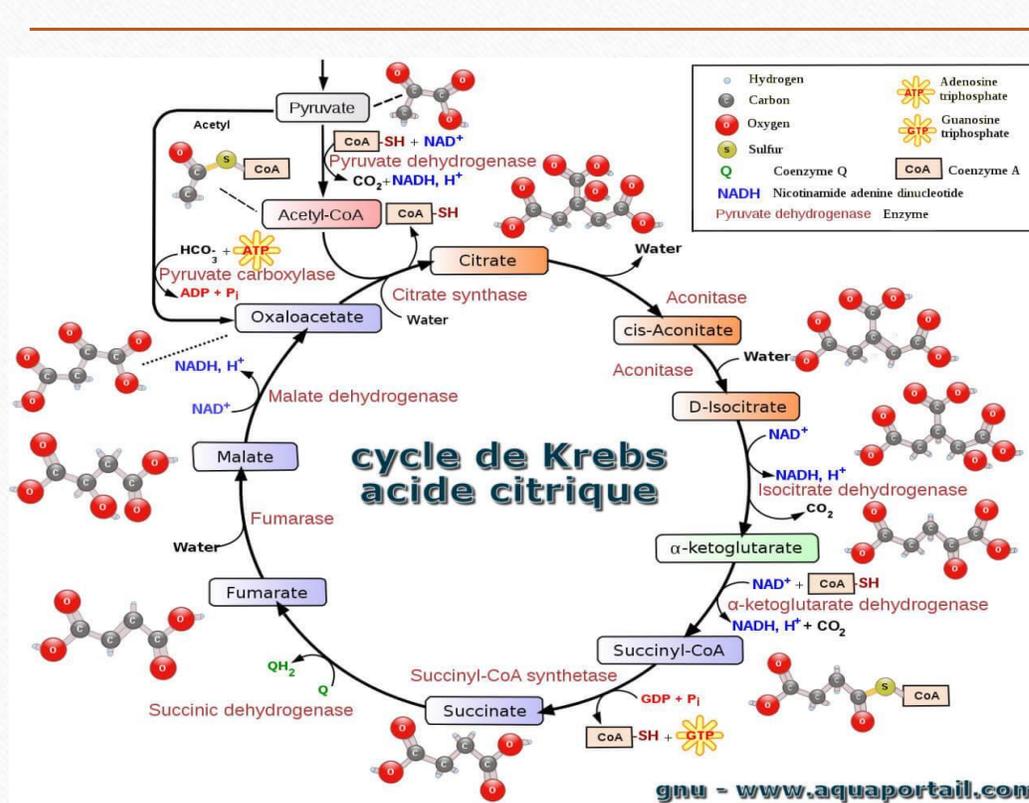
- ❑ L'ADN forme une **double hélice antiparallèle** (modèle Watson-Crick), avec appariement complémentaire A-T et G-C via liaisons hydrogène ; localisé au noyau chez les eucaryotes. Cette structure compacte (nucléosomes avec histones) protège et organise le génome.
- ❑ Généralement monocaténaire et plié en structures secondaires (boucles, tige), **l'ARN est synthétisé dans le noyau mais agit dans le cytosol** (ARN_m pour messenger, ARN_r ribosomique, ARN_t transfert).



Composition et Rôle Biologique

- ❑ Chaque nucléotide unit trois éléments : un **sucre pentose** (désoxyribose pour l'ADN, ribose pour l'ARN), un **groupement phosphate** et **une base azotée** (purines : adénine A, guanine G ; pyrimidines : cytosine C, thymine T pour ADN, uracile U pour ARN).
- ❑ Les nucléotides s'enchaînent par liaisons phosphodiesters, formant un squelette sucre-phosphate sur lequel s'attachent les bases
- ❑ **L'ADN stocke l'information héréditaire ; l'ARN la transfère pour la synthèse protéique.** Leur stabilité dépend de l'équilibre acido-basique cellulaire pour une réplication fidèle.

LE CYCLE DE KREBS



Introduction

- ❑ Le cycle de Krebs, aussi appelé cycle du citrate ou cycle des acides tricarboxyliques (TCA), est **une voie métabolique aérobie clé dans la production d'énergie cellulaire.**
- ❑ **Il se déroule dans la matrice mitochondriale** et oxyde l'acétyl-CoA issu de la glycolyse, de la bêta-oxydation des acides gras ou de la dégradation des acides aminés.

Localisation et Rôle

- ❑ Cette voie strictement aérobie est commune aux principaux métabolismes (glucides, lipides, protéines) et génère plus de 90% de l'énergie ATP via la chaîne respiratoire et la phosphorylation oxydative. **Chez les eucaryotes, elle a lieu dans les mitochondries ; chez les procaryotes, dans le cytoplasme.**
- ❑ Il produit des **transporteurs d'électrons réduits** (3 NADH, 1 FADH₂ par tour) et 1 GTP (équivalent à 1 ATP), libérant deux CO₂.
- ❑ Le bilan énergétique total par tour est **d'environ 12 ATP**, incluant les contributions de la chaîne respiratoire.

Etapes Enzymatiques

- ❑ **Synthèse du citrate** : Condensation irréversible d'acétyl-CoA (C2) et d'oxaloacétate (C4) par la citrate synthase (étape régulatrice).
- ❑ **Isomérisation** : Citrate \rightarrow isocitrate via cis-aconitase (déshydratation puis hydratation).
- ❑ **Oxydations et décarboxylations** : Isocitrate \rightarrow α -cétoglutarate (NADH, CO₂), puis α -cétoglutarate \rightarrow succinyl-CoA (NADH, CO₂).

Etapes Enzymatiques

- ❑ **Formation de succinate** : Succinyl-CoA → succinate + GTP par succinate thiokinase
- ❑ **Autres étapes** : Succinate → fumarate (FADH₂), fumarate → malate, malate → oxaloacétate (NADH)

Régulation

- ❑ Contrôlée par allostérie : inhibée par ATP, NADH et acétyl-CoA élevés ; activée par ADP et Ca^{2+} .
- ❑ Les enzymes clés sont la citrate synthase, isocitrate déshydrogénase et α -cétoglutarate déshydrogénase.

LES ENZYMES CLÉS DU CYCLE DE KREBS

- ❑ Les enzymes clés du cycle de Krebs sont principalement les trois sites de régulation allostérique, qui contrôlent l'activité du cycle en fonction de l'état énergétique cellulaire.
- ❑ Ces enzymes **catalysent les réactions irréversibles et sont essentielles pour adapter la production d'énergie**

a. Enzymes Régulatrices

- ❑ **Citrate synthase** : Catalyse la première étape (acétyl-CoA + oxaloacétate → citrate). Inhibée par ATP, NADH et succinyl-CoA ; activée par la disponibilité en substrats.
- ❑ **Isocitrate déshydrogénase** : Convertit l'isocitrate en α -cétoglutarate, produisant NADH et CO₂. Inhibée par ATP et NADH ; activée par ADP et Ca²⁺.
- ❑ **α -Cétoglutarate déshydrogénase** : Transforme l' α -cétoglutarate en succinyl-CoA, avec NADH et CO₂. Inhibée par NADH, succinyl-CoA et ATP ; activée par Ca²⁺

b. Autres Enzymes Importantes

- ❑ **Succinate déshydrogénase** : Produit FADH_2 (succinate \rightarrow fumarate) et est liée au complexe II de la chaîne respiratoire.
- ❑ **Aconitase** : Intervient dans les étapes réversibles citrate \rightarrow isocitrate.

Les Etapes du Cycle de Krebs

Le cycle de Krebs comprend *huit étapes enzymatiques distinctes* qui oxydent l'acétyl-CoA en produisant des coenzymes réduites (NADH, FADH₂), du GTP et du CO₂, tout en régénérant l'oxaloacétate. Voici les étapes détaillées dans l'ordre

- 1. Formation du citrate** : Acétyl-CoA + oxaloacétate + H₂O → citrate + CoA-SH. Catalysée par la **citrate synthase** (réaction irréversible et régulatrice).
- 2. Formation du cis-aconiate** : Citrate → cis-aconiate + H₂O. Catalysée par l'**aconitase** (déshydratation réversible).

Les Etapes du Cycle de Krebs

3. Formation de l'isocitrate : $\text{Cis-aconiate} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{isocitrate}$. Toujours par l'**aconitase** (hydratation réversible, souvent fusionnée à l'étape 2).

4. Oxydation en α -cétoglutarate : $\text{Isocitrate} + \text{NAD}^+ \rightarrow \alpha\text{-cétoglutarate} + \text{CO}_2 + \text{NADH} + \text{H}^+$. Catalysée par l'**isocitrate déshydrogénase** (déshydrogénation et décarboxylation).

5. Oxydation en succinyl-CoA : $\alpha\text{-Cétoglutarate} + \text{NAD}^+ + \text{CoA-SH} \rightarrow \text{succinyl-CoA} + \text{CO}_2 + \text{NADH} + \text{H}^+$. Catalysée par le **complexe α -cétoglutarate déshydrogénase**.

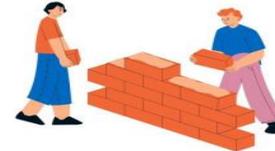
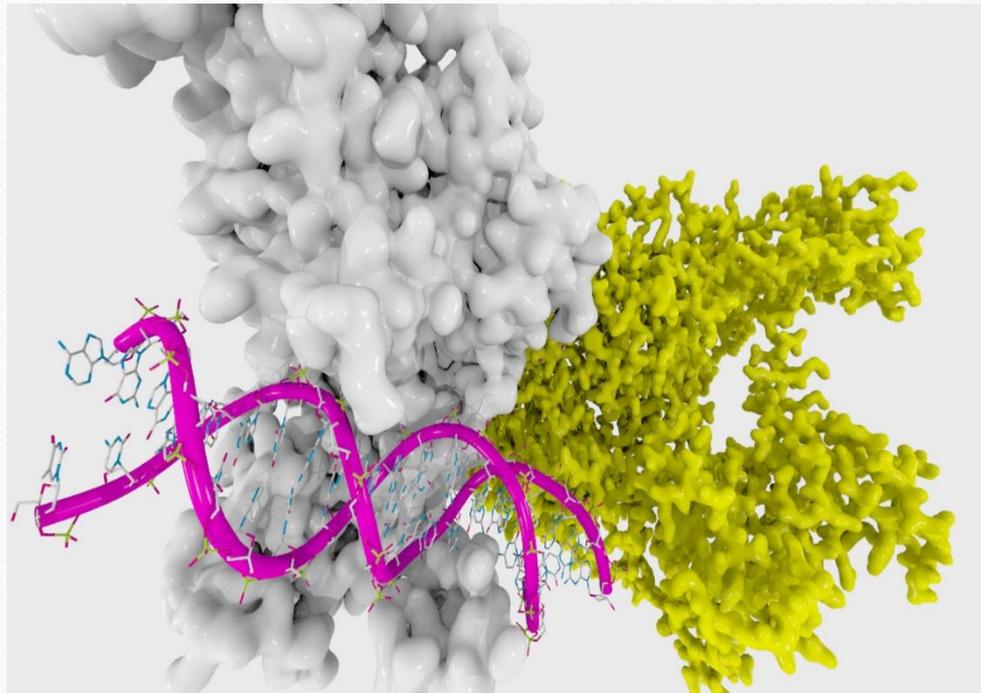
Les Etapes du Cycle de Krebs

6. Formation du succinate : $\text{Succinyl-CoA} + \text{GDP} + \text{P}_i \rightarrow \text{succinate} + \text{GTP} + \text{CoA-SH}$. Catalysée par la **succinate thiokinase** (phosphorylation à niveau de substrat).

7. Formation du fumarate : $\text{Succinate} + \text{FAD} \rightarrow \text{fumarate} + \text{FADH}_2$. Catalysée par la **succinate déshydrogénase** (liée au complexe II de la chaîne respiratoire).

8. Régénération de l'oxaloacétate : $\text{Malate} + \text{NAD}^+ \rightarrow \text{oxaloacétate} + \text{NADH} + \text{H}^+$ (via fumarate \rightarrow malate par fumarase, étape intermédiaire). Catalysée par la **malate déshydrogénase**.

LES ENZYMES



Les Enzymes : ouvriers indispensables d'une bonne digestion



Généralité

- ❑ Les enzymes sont des **protéines synthétisées** par les cellules qui agissent comme catalyseurs biologiques pour accélérer les réactions chimiques dans les organismes vivants.
- ❑ Elles ont plus de **4000 identifiées chez l'humain**, chacune spécifique à un substrat grâce à son site actif.

Généralité

- ❑ Elles **abaissent l'énergie d'activation des réactions**, facilitant les transformations biochimiques comme la dégradation des aliments en nutriments
- ❑ Elles sont essentielles à la digestion, **au métabolisme** et à de **nombreux processus cellulaires** sans être modifiées elles-mêmes

Rôles des Enzymes

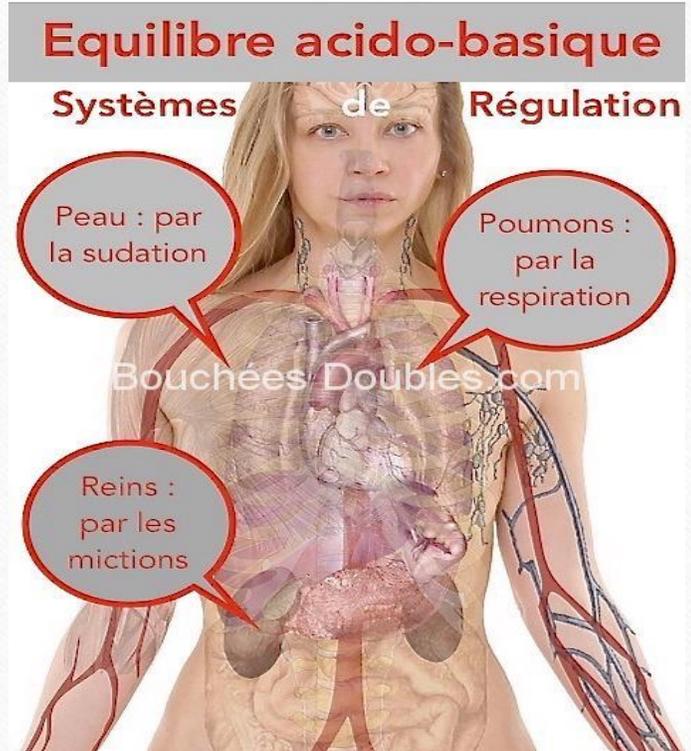
- ❑ Elles **catalysent les réactions métaboliques,**
- ❑ Elles interviennent dans la transduction de signaux cellulaires et la contraction musculaire via l'hydrolyse de l'ATP.
- ❑ Sans elles, ces processus seraient trop lents pour soutenir la vie.

Types et Fonctionnement d'Enzymes

- ❑ **Digestives** : Amylases (glucides en sucres simples), protéases (protéines en acides aminés), lipases (lipides en acides gras).
- ❑ **Métaboliques** : Régulent les voies cellulaires, comme les kinases pour les signaux
- ❑ Le **substrat se fixe au site actif de l'enzyme**, formant un complexe temporaire qui accélère la réaction jusqu'à la V_{max} ; l'enzyme est régénérée.

EQUILIBRE ACIDO-BASIQUE

- ❑ L'équilibre **acido-basique** désigne la **régulation stricte du pH dans l'organisme**, essentiel pour le bon fonctionnement des cellules et des enzymes.
- ❑ Le pH sanguin est maintenu entre **7,38 et 7,42** grâce à des systèmes tampons, respiratoires et rénaux



Importance

- ❑ Le pH **mesure la concentration en ions H^+** : acide si <7 , basique si >7 , neutre à 7.
- ❑ Un déséquilibre (acidose si $pH < 7,35$; alcalose si $pH > 7,45$) **perturbe les réactions biochimiques**, comme l'activité enzymatique liée aux biomolécules précédemment évoquées.
- ❑ L'organisme produit naturellement des acides via le métabolisme (CO_2 , acides phosphorique, sulfurique).

Mécanisme de Régulation

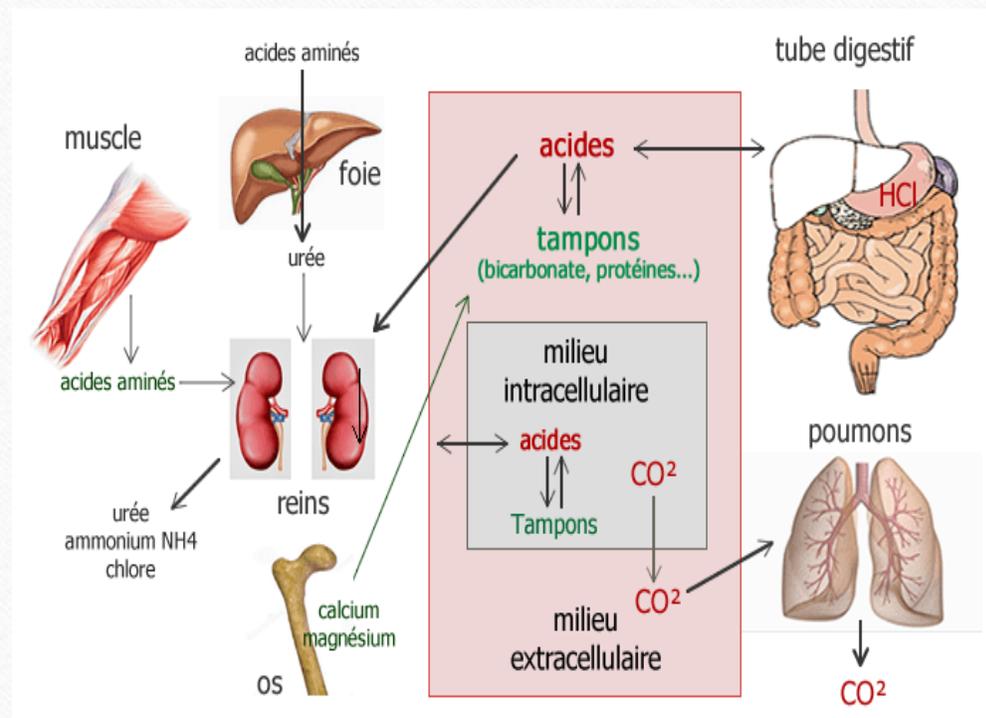
- ❑ **Tampons chimiques** : Bicarbonate ($\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{CO}_3$), protéines (ex. : hémoglobine), phosphates neutralisent les H^+ instantanément.
- ❑ **Poumons** : Éliminent le CO_2 (acide carbonique) par hyper/hypoventilation en minutes;
- ❑ **Reins** : Excrètent H^+ ou réabsorbent HCO_3^- en heures/jours, avec production d'ammonium

Perturbations courantes

- ❑ **Acidose métabolique** (diabète, diarrhée) ou respiratoire (hypoxie) ; alcalose inverse (vomissements, hyperventilation).
- ❑ **L'alimentation acidifiante** (viandes, sucres) peut contribuer, tandis que fruits/légumes alcalinisant aident

Régulation du pH sanguin par le poumon et le Rein

Les poumons et les reins jouent des rôles complémentaires dans la régulation du pH sanguin, en complément des tampons chimiques, pour maintenir un pH stable autour de 7,4.



Rôle du poumon

- ❑ Les poumons régulent rapidement le pH en **contrôlant l'élimination du CO₂, produit du métabolisme** et formant l'acide carbonique ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$).
- ❑ Si le sang est acide (excès H⁺), des chémorécepteurs artériels détectent la baisse de pH et stimulent une hyperventilation : rythme et amplitude respiratoires augmentent, expulsant plus de CO₂, ce qui réduit les H⁺ et élève le pH en minutes.
- ❑ Inversement, une hypoventilation (moins de CO₂ éliminé) combat l'alcalose

Rôle des Reins

- ❑ Les reins **agissent plus lentement** (heures à jours) mais de façon durable en ajustant l'excrétion d'ions H^+ et la réabsorption de HCO_3^- (bicarbonate, base clé).
- ❑ En cas d'acidose, **ils acidifient l'urine en pompant H^+ vers les tubules** (via cellules α -intercalées), produisent de l'ammonium (NH_4^+) pour piéger H^+ , et réabsorbent presque 100% du HCO_3^- filtré ; le phosphore aide à cet échange.
- ❑ Pour l'alcalose, ils excrètent plus de HCO_3^- et retiennent H^+ .

Interaction Poumon-Reins

- Ces systèmes s'intègrent : **poumons corrigent vite les variations volatiles** (CO_2 , ~75% efficace), **reins gèrent les acides fixes** (métaboliques) ; un dysfonctionnement rénal surcharge les poumons, et vice-versa.

Quelques Maladies liées aux troubles acido-basique

- ❑ Les troubles acido-basiques sont associés à diverses **maladies perturbant les mécanismes de régulation du pH sanguin**, classés en respiratoires (poumons) ou métaboliques (reins, métabolisme)

Acidose & Alcalose Respiratoire

- ❑ L'Acidose est liée à **une hypoventilation** : PCO₂ (Bronchopneumopathie Chronique Obstructive) en décompensation, asthme aigu grave, pneumonie sévère, pneumothorax, sédatifs/opiacés, syndrome d'apnée du sommeil, sclérose latérale amyotrophique, obésité-hypoventilation.
- ❑ L'Alcalose est due à **une hyperventilation** : embolie pulmonaire, pneumonie, asthme, hémorragie cérébrale, sepsis, douleur intense, anxiété, grossesse, salicylates (aspirine)

Acidose et Alcalose Métabolique

En cas d'Acidose, nous assistons à:

- ❑ **Trou anionique élevé** : Acidocétose diabétique/alcoolique, acidose lactique (sepsis, choc), insuffisance rénale (phosphates/sulfates), intoxications (méthanol).
- ❑ **Trou anionique normal** : Diarrhée, insuffisance rénale tubulaire.

En cas d'Alcalose Métabolique, nous assistons à:

- ❑ Vomissements prolongés, diurétiques, hyperaldostéronisme ; souvent avec hypokaliémie.

MERCI POUR VOTRE ATTENTION