

Introduction à la biologie cellulaire et à ses principaux constituants

Professeur T. MONTIER (MD, PhD)
PU – PH

Service de Génétique Moléculaire et d'Histocompatibilité – CHRU de Brest
Unité INSERM 1078, équipe « Transfert de gènes et thérapie génique » - UBO

Sources et ouvrages de référence

1. **Cours de Biologie Cellulaire de Cau et Seité chez Ellipses**
2. **Biologie Cellulaire de Maillet chez Masson**
3. **Biologie Cellulaire de Bassaglia chez Maloine**
4. **« La cellule : une approche moléculaire » de G. Cooper (traduction C. François) chez De Boeck Université**
5. **L'Essentiel de la Biologie Cellulaire de Alberts et coll. (traduction S. Perelman) chez Médecine-Sciences, Flammarion**
6. **Biologie Moléculaire de la Cellule de Alberts et coll. (traduction N. Cartier) chez Médecine-Sciences, Flammarion**
7. **Biologie Moléculaire de la Cellule de Lodish et coll. (traduction C. François) chez DeBoeck Université**
8. **Molecular Cell Biology 5th de Lodish et coll. chez Freeman**
9. **Cell Biology de Pollard et Earnshaw chez Saunders (existe traduction française « Biologie Cellulaire » chez Elsevier)**

La cellule : introduction

1. **Historique** de la théorie cellulaire et **définition** de la Biologie Cellulaire
2. **Origine et évolution des cellules**
 - 2a. **Origine**: la cellule « primordiale »
 - 2b. **Evolution** du métabolisme cellulaire
3. **Généralités sur l'architecture et les fonctions cellulaires**
 - 3a. **Cellules procaryotes**
 - 3b. **Cellules eucaryotes animales**
4. **Vie et mort des cellules eucaryotes**
 - 4a. **Cycle** cellulaire : phases, durée, contrôle
 - 4b. **Mort** cellulaire: apoptose, nécrose
5. **Systèmes expérimentaux modèles**
 - 4a. **Unité et diversité des cellules**
 - 4b. **Exemples de systèmes cellulaires modèles**

La Biologie : terme créé par JB de Lamarck
Bios + Logos = études des **sciences de la vie (1815)**
...une science jeune...

Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829)



« Tout ce qui est généralement commun aux végétaux et aux animaux, comme toutes les facultés qui sont propres à chacun des êtres sans exception, doit constituer l'unique et vaste objet d'une science particulière qui n'est pas encore fondée, qui n'a même pas de nom et à laquelle je donnerai le nom de **biologie**. »

Histoire naturelle des animaux sans vertèbre, 1815, p. 49

La cellule : définition

- Cellule = unité **structurale** et **fonctionnelle** du vivant, capable de vivre isolée capable de se reproduire
- « Avec la cellule, la **biologie** a trouvé son **atome** » (François Jacob, IP, prix Nobel Médecine 1965)
- **Problème = objet de petite taille** : ▶ **outils** d'étude
 - microscopie **optique** ▶ « **théorie cellulaire** »
 - microscopie **électronique** ▶ **ultrastructure**
organites intracellulaires

Théorie cellulaire : historique

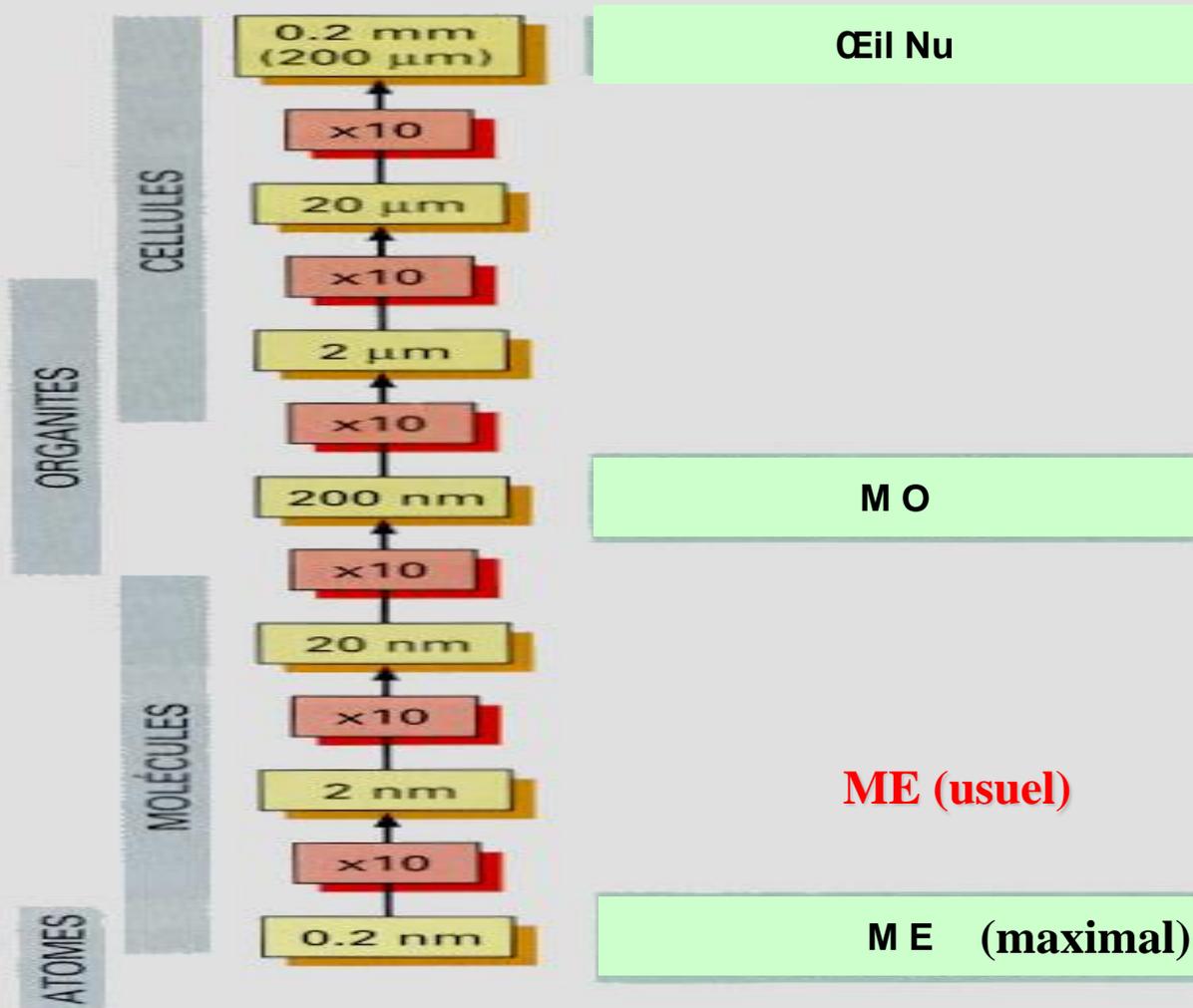
- **1665** : **Hooke** : terme « **cellules** » pour désigner les **logettes** observées (au **MO**) au sein coupe de **liège**
- **1833** : **Brown** note la présence d'un corpuscule dense qu'il appelle « **noyau** » (orchidées)
- **1838** : **Schleiden et Schwann** proposent la « **théorie cellulaire** »
 - organismes vivants faits d'une ou plusieurs cellules
 - **cellule = unité structurale et fonctionnelle de la vie**
- **1858** : **Virchow** : **toute cellule provient d'une cellule antérieure**
- **1952** : **Palade et coll.** utilisent le **ME** pour visualiser l'**ultrastructure** (= structures intracellulaires)

Pouvoir de résolution des microscopes et tailles :

- **Résolution** : pouvoir de résolution en
 - microscopie **optique** : **0,2 mm** = 200 nanomètres (nm)
 - microscopie **électronique** : **~ 2 nm** (coupes biologiques)
 - différence de résolution entre MO en ME : facteur **~ 100**
- **Tailles** (ordre de grandeur) :
 - **atome** : **~ 0,2 nm** = 2 angströms (> ME)
 - **virus** : **~ 100 nm**
 - **bactérie** : **~ 1 µm**
 - **mitochondrie** : **~ 1 µm** (idem bactérie)
 - **cellule eucaryote** : **10 – 30 µm**

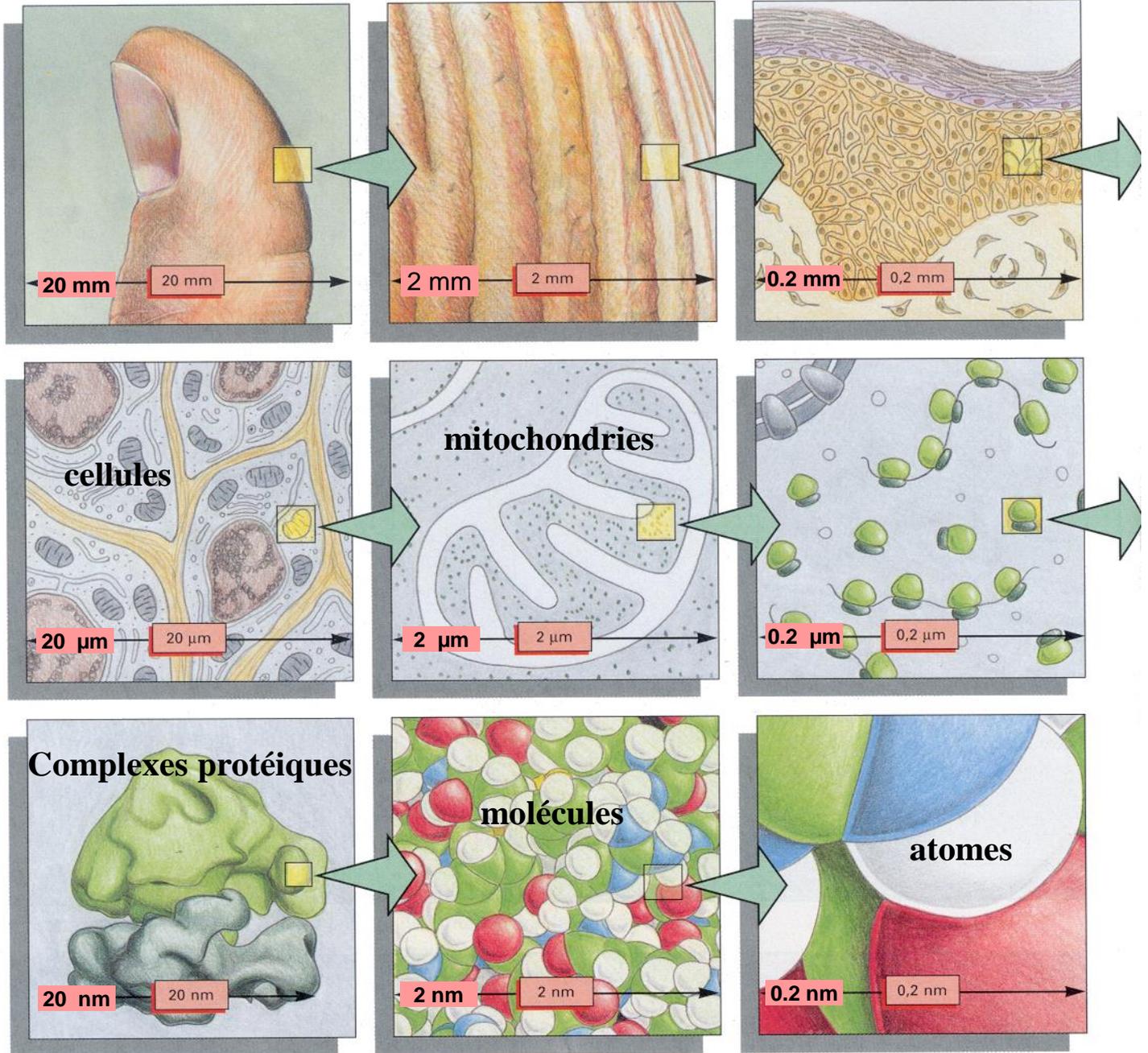
TAILLE

POUVOIR DE RESOLUTION



$$\begin{aligned} 1 \text{ m} &= 10^3 \text{ mm} \\ &= 10^6 \text{ } \mu\text{m} \\ &= 10^9 \text{ nm} \end{aligned}$$

Tailles



Théorie cellulaire ► **classification des êtres vivants**

- cellule = **unité** vivante
 - soit **isolée**
 - soit **associée** → organismes supérieurs
- **classification** :
 - **procaryotes** (sans noyau limité par mb nucléaire)
 - cellules **eucaryotes** (végétaux, animaux)
 - **unicellulaires** eucaryotes (**protistes**) : proto....
 - animaux = proto**zoaires**
 - végétaux = proto**phytes**
 - eucaryotes **pluricellulaires** : méta...
 - animaux = **métazoaires** (ex : **Homo Sapiens**)
 - végétaux = mét**aphytes**

Biologie Cellulaire (1)

- Science des **lois régissant les phénomènes communs** aux divers types de cellules
- But : préciser **relations** entre **structures** (morphologie) et **fonctions** (biochimie)
 - ▶ **vision intégrée de la cellule**
 - ▶ **discipline « carrefour »**

Biologie Cellulaire (2)

- **Lésions cellulaires** et anomalies des communications intercellulaires



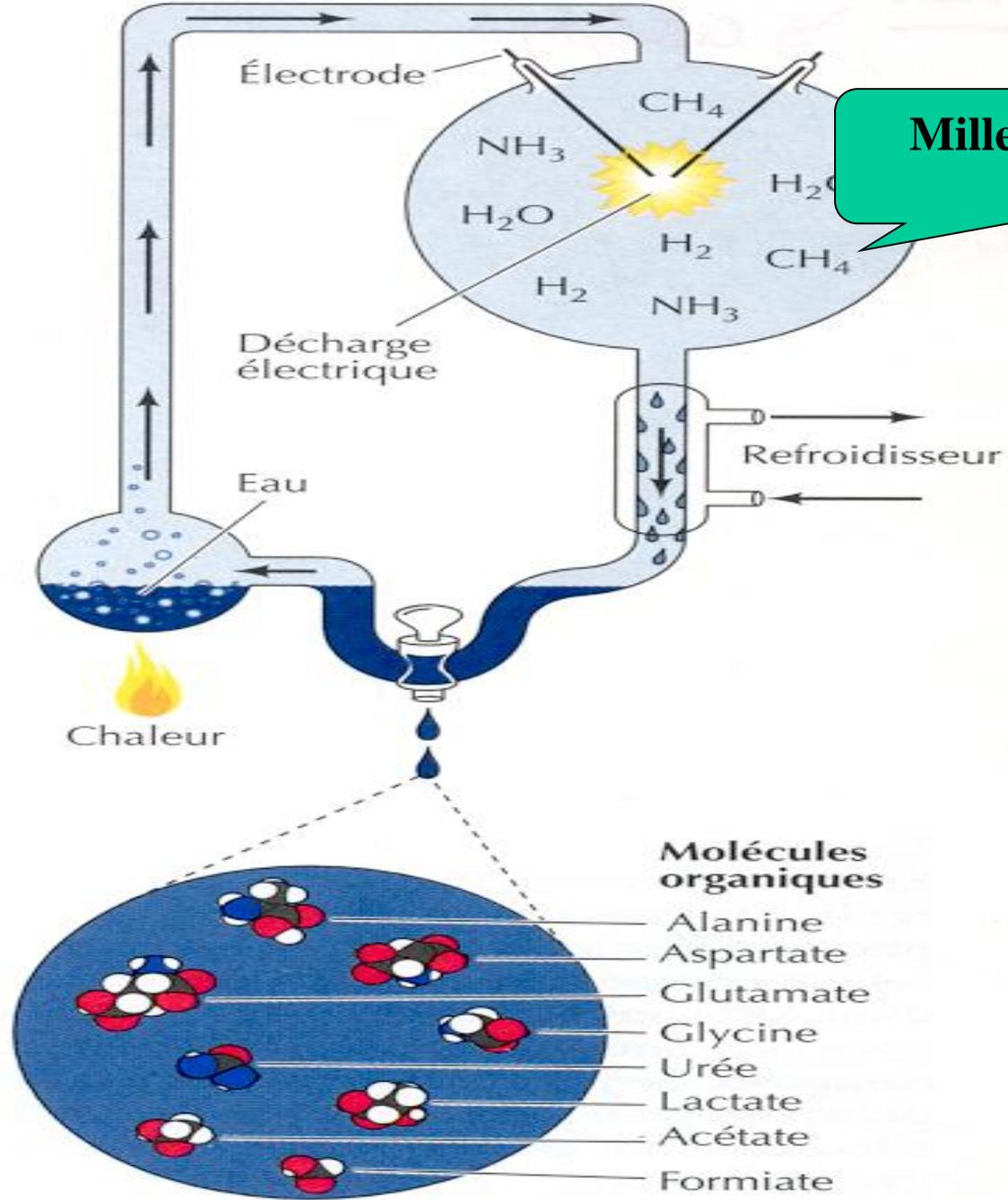
rôle fondamental dans **mécanismes physiopathologiques des maladies !**

Ex : la mucoviscidose

2a. Origine : **la cellule primordiale** (1)

- La **vie** remonte à environ **3,5 milliards d'années** (fossiles)
- **Formation spontanée** (selon lois physicochimiques) **de molécules organiques simples** dans l'atmosphère de la Terre primitive
- **Expérience de Miller** (1950) : formation spontanée de molécules organiques (notamment acides aminés) lors passage décharge électrique dans mélange H_2 , CH_4 et NH_3 en présence d'eau H_2O (donc atomes H, C, N et O)
- Apparition des **macromolécules** (protéines, polysaccharides, acides nucléiques) par **polymérisation des monomères** modulaires (acides aminés, oses, nucléotides)

**Formation
spontanée
de molécules
organiques
dans
atmosphère
de la Terre
primitive**



Miller (1950)

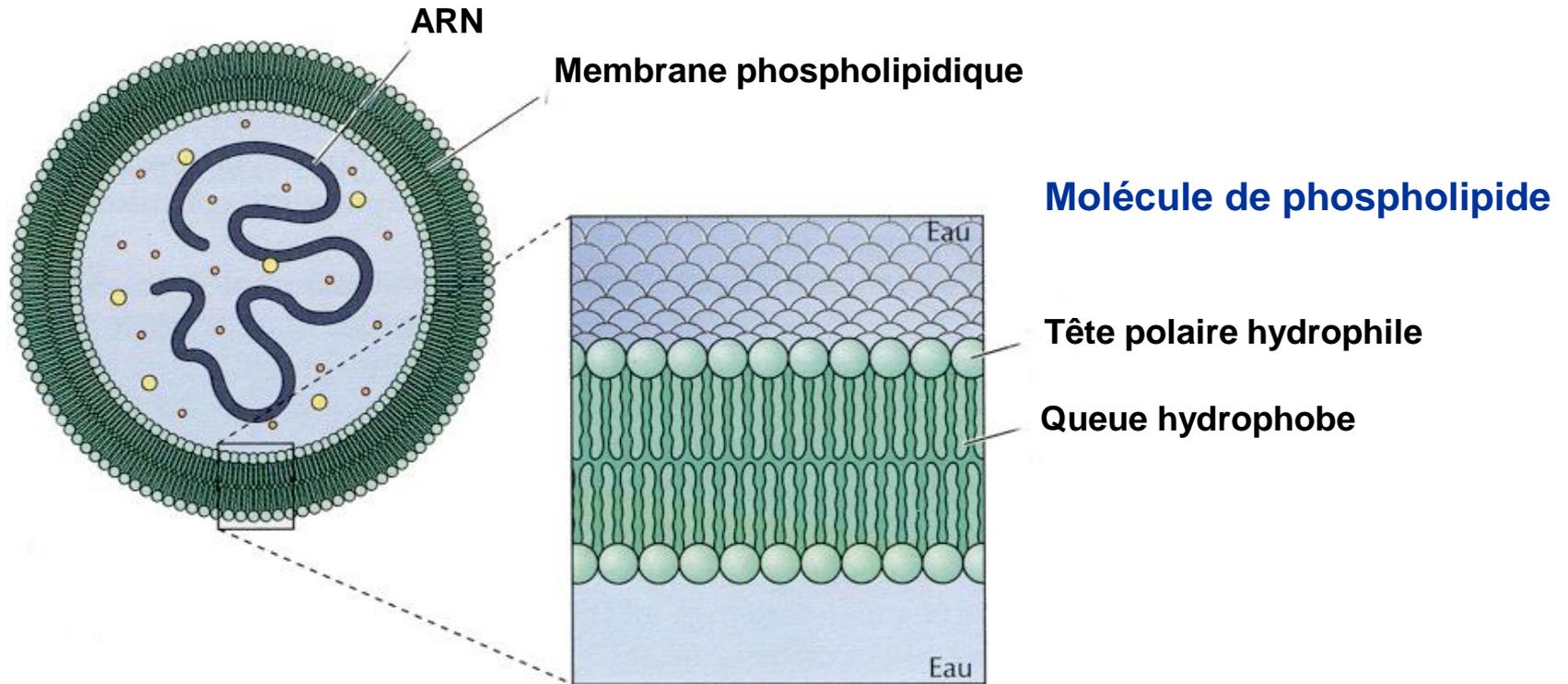
**Molécules
organiques**

- Alanine
- Aspartate
- Glutamate
- Glycine
- Urée
- Lactate
- Acétate
- Formiate

2a. Origine : **la cellule primordiale** (2)

- l'**ARN** fut le **matériau génétique primordial** (« **monde de l'ARN** ») car capable de servir à la fois de
 - matrice pour sa propre réplication (appariement des bases)
 - possède activité enzymatique (ribozymes capables de cliver)
- **cellule primordiale** (primitive, ancestrale) formée par **enclavement d'ARN autorépliatif dans membrane phospholipidique** sphérique (► unité physique capable d'autoréplication)
- **compartimentation** ► **avantage sélectif** quand ARN encapsulé est capable de coder pour une enzyme « avantageuse » - **DARWIN**
- l'**ADN** aurait **ensuite pris la place de l'ARN** comme matériel génétique
 - **Ribonucléotide Réductase (RNR)** catalyse RN ► déoxyRN
 - hydroxyurée, inhibiteur RNR utilisé comme anticancéreux

Cellule « primitive »

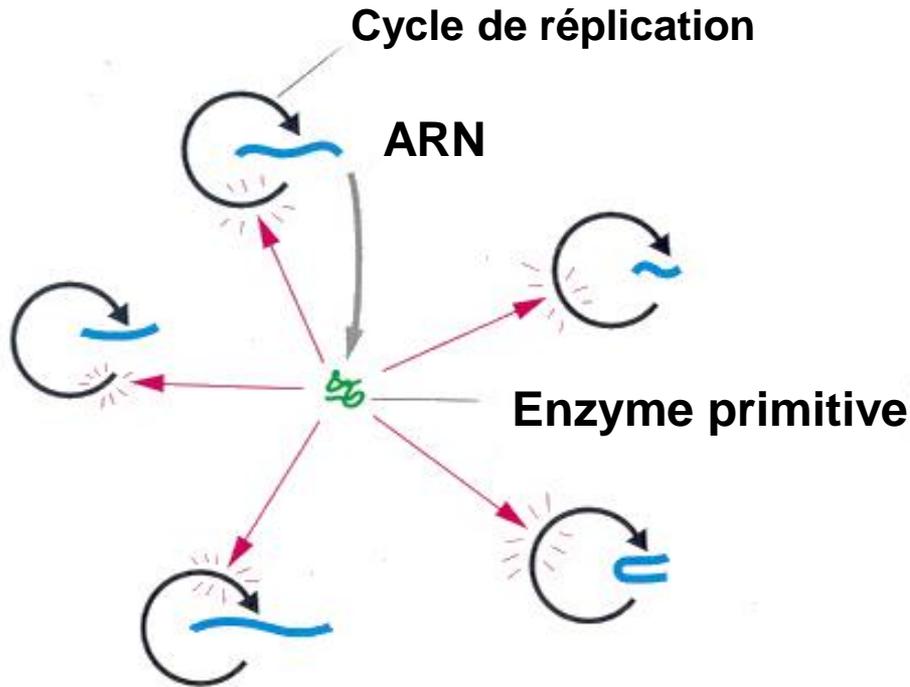


Emprisonnement d'un ARN auto-répliquatif dans une **membrane phospholipidique** (= compartimentation)

Compartimentation ► avantage sélectif

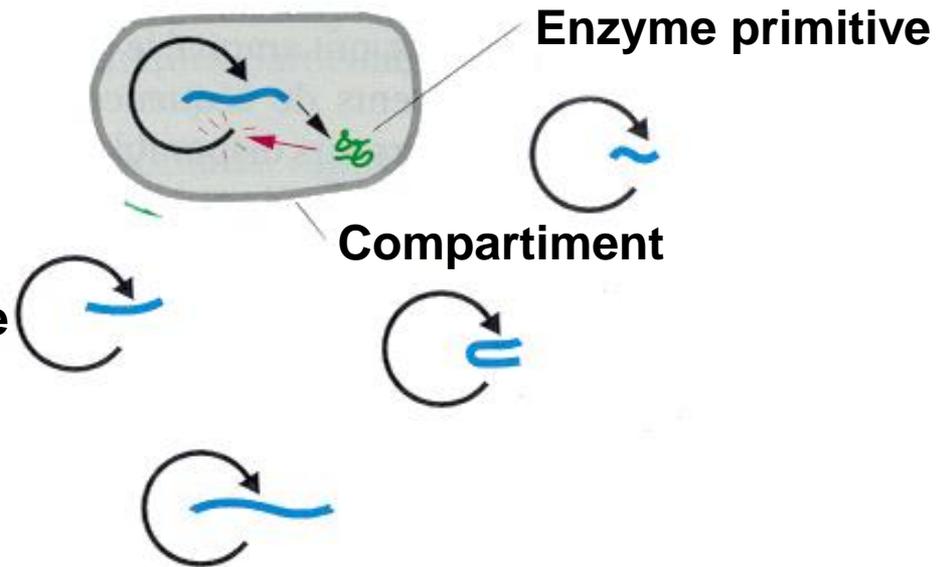
SANS COMPARTIMENTATION

➔ **Adaptabilité**

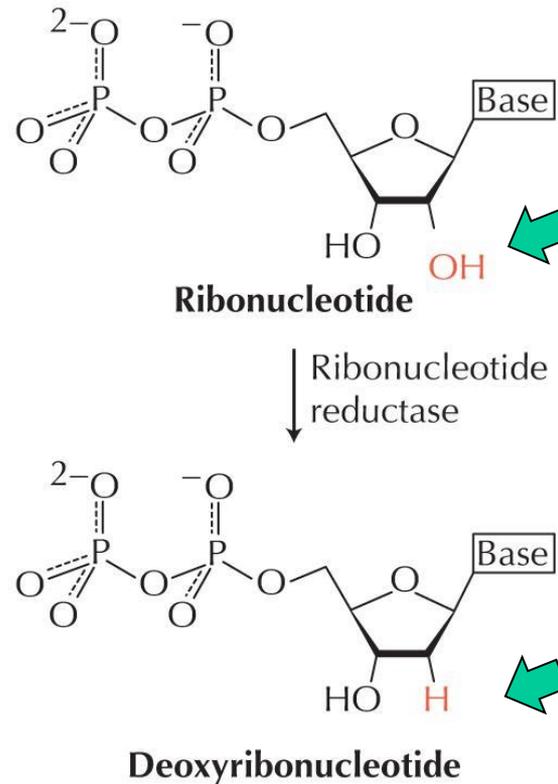


AVEC COMPARTIMENTATION

➔ **Stabilité**



Ribonucléotide réductase : ribonucléotide ► déoxyribonucléotide



- Chez organismes « modernes », déoxyribonucléotides synthétisés à partir des ribonucléotides par action de l'enzyme **Ribonucléotide Réductase (RNR)**
- Argument en faveur de l'existence d'ARN antérieurement à ADN (ARN matériau génétique primordial, « monde de l'ARN » initial)

2b. Evolution du **métabolisme** cellulaire (1)

- Une fois formées, les cellules furent forcées d'élaborer des mécanismes pour obtenir de l'**énergie**
- les cellules utilisent l'ATP comme **source d'énergie**
- **chronologiquement**, il y eut trois types successifs de réactions productrices d'énergie correspondant à trois niveaux du métabolisme cellulaire
- **Niveau 1** : période **anaérobie** originelle
glycolyse (dégradation anaérobie du glucose)
faible production d'ATP

2b. Evolution du **métabolisme** cellulaire (2)

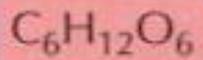
- **Niveau 2** : étape de la **photosynthèse**
captation de l'énergie solaire
utilisation d'eau pour convertir le CO₂ en
molécules organiques et en **oxygène**
- **Niveau 3** : **métabolisme oxydatif** (utilisation oxygène)
très efficace pour production d'ATP
phosphorylation oxydative (dans mitochondrie)

Oxygène !!! Danger !!!

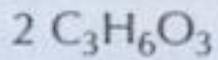
Evolution métabolique : trois niveaux

vie anaréobie ► photosynthèse ► vie aérobie

Glycolyse (anaérobiose)



Glucose



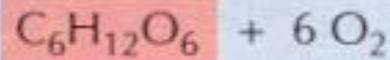
Acide lactique

Produit 2 ATP



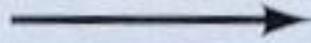
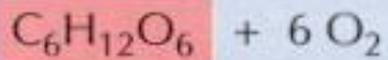
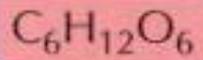
énergie solaire

Photosynthèse



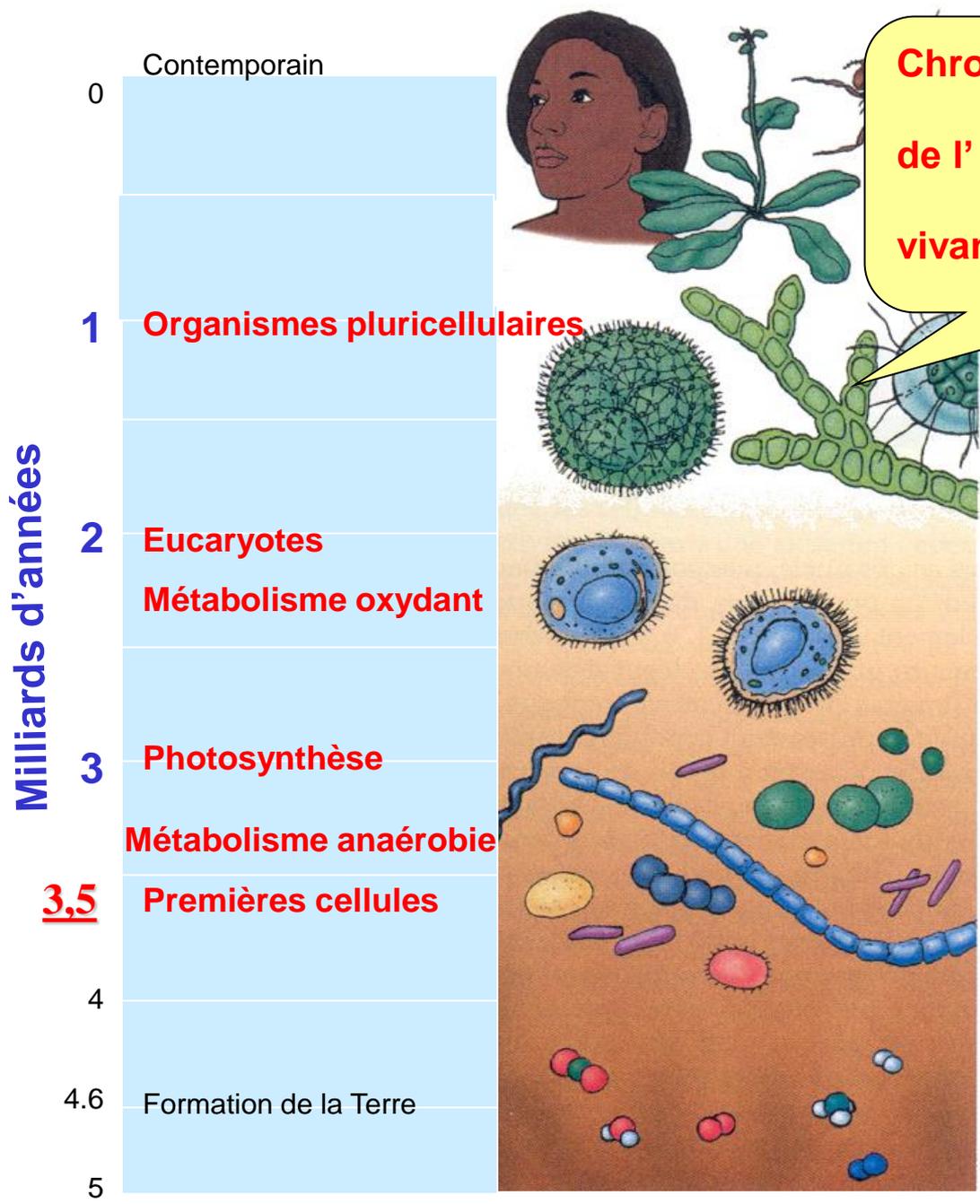
Glucose

Métabolisme oxydant (aérobiose)



Génère 36-38 ATP

Glucose



**Chronologie approximative
de l'évolution du monde
vivant**