

Chapitre 1-

Introduction à la biologie cellulaire

La vie sur Terre est apparue il y a un peu plus de trois milliards d'années. Différentes théories coexistent pour l'expliquer parmi laquelle la théorie du monde de l'ARN primitif. Cette théorie, assez largement acceptée, repose sur le fait que l'ARN constituerait le point initial. Celui-ci aurait acquis des propriétés enzymatiques (toujours retrouvées aujourd'hui au niveau des ribozymes). Ensuite, grâce à l'information génétique portée par l'ARN et l'apparition du ribosome seraient apparues les protéines. Enfin, notamment pour des raisons de stabilité, l'ARN aurait donné naissance à l'ADN. L'encapsulation de ces trois types de biomolécules à l'intérieur d'une bicouche lipidique serait à l'origine de la cellule primitive.

I. Théorie cellulaire

La découverte des cellules date du XVII^e siècle. Robert Hooke a mis au point l'un des premiers microscopes lui permettant de montrer que le liège est constitué de petits compartiments qu'il appellera *cellula*. De nombreux chercheurs poursuivront ce type d'observation au gré de l'amélioration des microscopes. C'est ainsi que les travaux de Matthias Schleiden et Théodore Schwann conduiront à l'émergence de la théorie cellulaire. Cette théorie du XIX^e siècle propose qu'un organisme vivant est constitué d'une ou plusieurs cellules, celles-ci étant considérées comme les plus petites unités de base du vivant. Aujourd'hui, cette théorie est complétée par le fait qu'une cellule ne peut provenir que d'une cellule préexistante, possède son propre métabolisme et est le siège de l'hérédité.

II. Domaines cellulaires

Alors que jusqu'au milieu du XX^e siècle les cellules sont classées en deux grandes divisions, les procaryotes et les eucaryotes, les travaux de Carl Woese à la fin des années 1970 permettent de mettre en évidence la complexité des procaryotes et fera émerger un troisième type d'êtres vivants que représentent les archées. Il s'aperçoit que la séquence nucléotidique de l'ARN 16S bactérien, un des

constituants de la petite sous-unité des ribosomes bactériens, est différente de celles des ARN 16S des archées et des ARN 18S des eucaryotes.

Bactéries, archées et eucaryotes sont des structures délimitées par une bicouche lipidique appelée membrane qui contiennent de nombreuses biomolécules dont l'information génétique portée par l'acide désoxyribonucléique (ADN), des complexes macromoléculaires comme les ribosomes, des éléments simples de cytosquelette ou encore certaines voies métaboliques. Chacun de ces types cellulaires possèdent également des caractéristiques qui leur sont propres.

1. Bactéries

Les bactéries (Figure 1.1), autrefois appelées eubactéries, sont des cellules procaryotes. Elles ne possèdent ni systèmes de membranes internes ni organites. La membrane cellulaire ou membrane plasmique sépare le milieu intracellulaire semi-fluide, encore appelé cytosol, du milieu extracellulaire. Le chromosome bactérien est constitué d'une molécule d'ADN circulaire et bicaténaire. Des éléments de plus petite taille d'ADN sont retrouvés sous forme de plasmides. La membrane est entourée sur sa face extérieure par la paroi bactérienne. Celle-ci est riche en peptidoglycanes et confère sa forme à la bactérie et une certaine résistance aux contraintes mécaniques et osmotiques. A la surface de ce type de procaryotes sont également retrouvés des appendices protéiques filamenteux nommés pili. Les pili communs permettent l'adhérence de la bactérie à un substrat (une muqueuse par exemple). Les pili sexuels permettent quant à eux l'échange de matériel génétique lors de la conjugaison bactérienne. Enfin, suivant le type de bactérie, la présence d'un flagelle, une structure protéique filamenteuse, permet à la bactérie de se mouvoir dans son milieu. Il s'agit d'un véritable moteur rotatif alimenté par un gradient de protons existant de part et d'autre de la membrane plasmique. Les bactéries sont retrouvées notamment dans la flore commensale. Elles peuvent être responsables de maladies (choléra ou peste par exemple). Ce sont également des organismes utilisés en recherche.

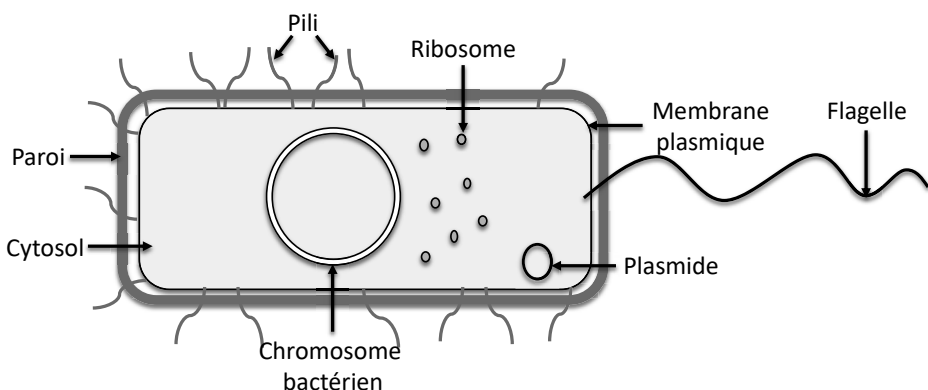


Figure 1.1 : Schéma simplifié d'une bactérie.

2. Archées

Les archées, d'un point de vue morphologique, sont très proches des bactéries. Elles appartiennent, comme les bactéries, aux procaryotes. Comme évoqué précédemment, une différence majeure entre bactéries et archées (anciennement appelées archéobactéries) est la séquence éloignée de leur ARN ribosomal 16S. En outre, leur paroi est cette fois-ci constituée de pseudopeptidoglycanes. Alors que l'ADN des bactéries est dépourvu d'histones, des complexes protéiques interagissant avec l'ADN, certaines archées expriment des complexes protéiques de type histone. Enfin, ce sont des organismes avec des voies métaboliques particulières, capables de vivre dans les milieux les plus extrêmes : certaines produisent du méthane, d'autres vivent à un pH très acide ou à des températures supérieures à 70°C.

3. Eucaryotes

a. Origine

Alors que les premières cellules procaryotes ancestrales, au métabolisme anaérobie, seraient apparues il y a plus de 3 milliards d'années, le premier ancêtre commun des eucaryotes aurait vu le jour il y a 1,5 à 2 milliards d'années. La membrane plasmique du procaryote ancestral, en se repliant vers le compartiment intracellulaire et formant alors des invaginations, aurait permis la formation du réticulum endoplasmique et du noyau grâce à la formation de l'enveloppe nucléaire. Cet eucaryote primitif aurait ensuite capté un procaryote aérobie hétérotrophe, c'est-à-dire un procaryote utilisant des composés organiques en présence d'oxygène moléculaire. C'est ainsi que serait apparue la mitochondrie des cellules eucaryotes. De la même façon, certains eucaryotes ancestraux auraient probablement « phagocyté » une cyanobactérie, un procaryote aux capacités de photosynthèse ; c'est-à-dire capable grâce à l'énergie portée par la lumière de synthétiser des composés organiques à partir d'éléments inorganiques et de minéraux. C'est ainsi que seraient apparus les chloroplastes des végétaux. Cette théorie soutenue notamment par Lynn Margulis dans les années 1970 porte le nom de théorie endosymbiotique.

b. Structure de la cellule eucaryote animale

Les différents constituants de la cellule eucaryote animale (Figure 1.2) sont décrits dans les chapitres suivants. Brièvement, la cellule est délimitée par une membrane plasmique (bicouche lipidique). Celle-ci contient également de nombreuses protéines de type récepteurs, canaux ioniques, transporteurs actifs, porines ... Contrairement aux procaryotes, la cellule eucaryote possède un noyau vrai, délimité par une enveloppe, qui contient l'ADN sous forme de chromosomes non circulaires. D'autres structures membranaires à une ou deux membranes ayant une fonction particulière sont retrouvées dans le compartiment

intracellulaire : ce sont les organites. Citons par exemple les mitochondries, le réticulum endoplasmique, l'appareil de Golgi, les lysosomes, les peroxysomes ou encore les endosomes. L'association du cytosol et des organites, hors noyau, constitue le cytoplasme. Il existe aussi des structures macromoléculaires non délimitées par une membrane, telles que les ribosomes, le protéasome ou les centrioles, qui exercent d'autres fonctions essentielles à la vie des cellules, respectivement la traduction des protéines, la dégradation des protéines ou encore l'organisation des microtubules. Enfin, les cellules disposent d'un cytosquelette complexe permettant notamment le transport d'organites ou la motilité des cellules.

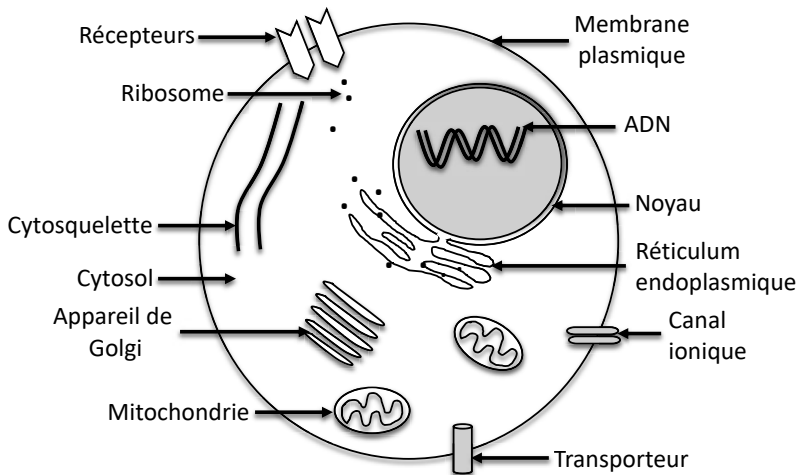


Figure 1.2 : Schéma simplifié d'une cellule eucaryote.

Les cellules eucaryotes, grâce à l'expression de récepteurs, sont capables d'intégrer les informations provenant soit du milieu dans lequel elles baignent, la matrice extracellulaire, soit des cellules adjacentes, soit de l'environnement. Après transduction du signal, les cellules y apportent une réponse biologique : changement de la fonction cellulaire, modulation de la prolifération, activation des processus de différenciation, induction de la mort de la cellule notamment par apoptose.

Après avoir décrit les différents éléments composant la cellule eucaryote, cet ouvrage abordera les processus cellulaires mentionnés ci-dessus.

Fiche de synthèse

Introduction à la biologie cellulaire

D'après la théorie cellulaire :

- Un organisme est constitué d'une ou plusieurs cellules
- La cellule est la plus petite unité de base du vivant
- Une cellule provient d'une cellule préexistante
- Une cellule est le siège du métabolisme et de l'hérédité

Deux grands types de cellules :

- Procaryote : pas de noyau délimité
- Eucaryote : un noyau vrai

Trois domaines du vivant :

- Bactéries :
 - Appartiennent aux procaryotes
 - Information génétique sous forme d'ADN double brin circulaire
 - Pas d'organite
 - Présence d'une paroi bactérienne composée de peptidoglycanes
 - Présence d'appendices protéiques de type pilus ou flagelle
- Archées :
 - Appartiennent aux procaryotes
 - Séquence de l'ARN 16S différente de celle des bactéries
 - Paroi composée de pseudo-peptidoglycanes
 - Voies métaboliques et milieux de vie particuliers
- Eucaryotes :
 - ADN sous forme linéaire
 - Présence d'histones
 - Présence d'un noyau délimité par une enveloppe nucléaire
 - Présence d'organites : mitochondries, réticulum endoplasmique, lysosome, ...

QCM – Introduction à la biologie cellulaire

1. Apparition de la vie (I)

- A. La vie sur Terre est apparue il y a 5 milliards d'années.
- B. Les premières cellules ont été apportées par des météorites.
- C. L'ADN est la première biomolécule à l'origine de la vie.
- D. Les ARN pourraient être à l'origine de la vie.
- E. Les ARN peuvent avoir des activités enzymatiques.

2. Apparition de la vie (II)

- A. La cellule ancestrale aurait été une cellule eucaryote.
- B. La cellule ancestrale aurait été de type procaryote.
- C. L'ADN est plus stable que l'ARN.
- D. La première cellule possédait environ 6000 gènes.
- E. Des lipides auraient permis d'encapsuler acides nucléiques et protéines pour former la cellule primitive.

3. Théorie cellulaire

- A. La cellule est la plus petite entité du vivant.
- B. La cellule est le siège du métabolisme.
- C. Une cellule provient d'une cellule pré-existante.
- D. Une cellule contient une information génétique.
- E. Une cellule peut constituer un organisme.

4. Procaryotes (I)

- A. Les procaryotes sont des organismes unicellulaires.
- B. Les bactéries sont des procaryotes.
- C. Les archées sont des procaryotes.
- D. Les champignons sont des procaryotes.
- E. Les protistes sont des procaryotes.

5. Procaryotes (II)

- A. Les procaryotes ont un noyau bien défini.
- B. Les procaryotes possèdent de l'ADN.
- C. Les procaryotes possèdent de l'ARN.
- D. La traduction des protéines a lieu dans le réticulum endoplasmique.
- E. Les procaryotes se reproduisent par méiose.

6. Procaryotes (III)

- A. Les ribosomes des procaryotes ont 2 sous-unités.
- B. Les ribosomes des procaryotes sont de type 70S.
- C. L'ARN ribosomique 16S est retrouvé chez les procaryotes.
- D. L'ARN ribosomique 16S est un constituant de la grande sous-unité ribosomale.
- E. La séquence de l'ARN ribosomique est identique chez tous les procaryotes.

7. Procaryotes (IV)

- A. Le cytoplasme entre procaryotes et eucaryotes est identique.
- B. La glycolyse n'existe pas chez les procaryotes.
- C. Certains procaryotes sont capables de photosynthèse.
- D. Des complexes protéiques de type protéasome sont retrouvés chez les procaryotes.
- E. Il n'existe pas de cytosquelette chez les procaryotes.

8. Bactéries (I)

- A. L'ADN bactérien est contenu dans une région appelée nucléoïde.
- B. Le chromosome bactérien est un ADN linéaire.
- C. Le chromosome bactérien est monocaténaire.
- D. L'ADN des procaryotes est associé à de nombreuses protéines.
- E. Les bactéries sont capables d'échanger de l'ADN par conjugaison.

9. Bactéries (II)

- A. Les bactéries produisent des gamètes pour se reproduire.
- B. Les bactéries peuvent se mouvoir grâce à la présence d'un pilus moteur.
- C. Le mouvement du flagelle est un mouvement de rotation.
- D. La protéine constituant le flagelle bactérien est appelé la flagelline.
- E. Les bactéries peuvent avoir plusieurs flagelles.

10. Bactéries (III)

- A. Les bactéries mesurent en général quelques dizaines de micromètres.
- B. Toutes les bactéries possèdent une paroi.
- C. La paroi des bactéries est composée de peptidoglycanes.
- D. Les bactéries ont besoin d'oxygène pour survivre.
- E. Les bactéries sont observables au microscope souvent après une coloration de Gram.

11. Archées (I)

- A. Toutes les archées vivent dans des milieux extrêmes.
- B. Certaines archées sont méthanogènes.
- C. Certaines archées vivent dans des milieux riches en sels.
- D. Certaines archées vivent dans des milieux très acides.
- E. Certaines archées vivent dans des milieux dont la température est très élevée.

12. Archées (II)

- A. Les mycoplasmes sont des archées.
- B. Les archées ne possèdent pas de noyau.
- C. La composition de la paroi est identique à celle des bactéries.
- D. Les archées sont dépourvues de ribosomes.
- E. La mitochondrie retrouvée chez les archées ne possède qu'une seule membrane.

13. Eucaryotes (I)

- A. La levure de bière est un eucaryote.
- B. *Escherichia coli* est un eucaryote.
- C. Les champignons sont des eucaryotes.
- D. Les animaux sont des organismes eucaryotes.
- E. Les protistes sont des eucaryotes.

14. Eucaryotes (II)

- A. Le cytoplasme bactérien est identique au cytoplasme des cellules eucaryotes.
- B. Des mitochondries sont retrouvées dans presque toutes les cellules eucaryotes.
- C. Le cytosquelette des eucaryotes est très développé.
- D. Les ribosomes sont caractéristiques des eucaryotes.
- E. Le cytosol est la phase soluble du cytoplasme.