

**TOUT EN
FICHES**

L'ESSENTIEL DE

**BIOLOGIE
CELLULAIRE**

**TOUT EN
FICHES**

L'ESSENTIEL DE

BIOLOGIE CELLULAIRE

Guillaume BARTHOLE

Professeur agrégé (PRAG) à l'ENS
Paris-Saclay

Jean-Claude CALLEN

Ancien maître de conférences agrégé
à l'université Paris Sud (Orsay)

2^e édition

DUNOD

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



La précédente édition de cet ouvrage est parue
dans la collection Express

© Dunod, 2009, 2019, 2023

11, rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-084797-6

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Table des matières

Avant-propos	VII
Remerciements	VIII
Fiche 1 La structure des cellules	1
Fiche 2 La diversité du monde vivant	8
Fiche 3 Les membranes biologiques	16
Fiche 4 Les transports membranaires	24
Fiche 5 L'endocytose, l'exocytose et le bourgeonnement	31
Fiche 6 Les jonctions membranaires des cellules animales	37
Fiche 7 Le rôle architectural du cytosquelette	44
Fiche 8 Les rôles dynamiques du cytosquelette	52
Fiche 9 L'organisation du noyau ; la chromatine	59
Fiche 10 La transcription	67
Fiche 11 La réplication de l'ADN	75
Fiche 12 Les chromosomes lors des divisions cellulaires : mitose et méiose	83
Fiche 13 L'appareil mitotique : le rôle du cytosquelette	90
Fiche 14 Le cycle cellulaire et son contrôle	97
Fiche 15 La traduction	105
Fiche 16 Le réticulum endoplasmique	112
Fiche 17 L'adressage des protéines au RER	118
Fiche 18 La voie de sécrétion des protéines	125
Fiche 19 L'appareil de Golgi	132
Fiche 20 Les lysosomes et les vacuoles	139

Table des matières

Fiche 21	Les mitochondries : structure et organisation	146
Fiche 22	Les fonctions des mitochondries	152
Fiche 23	Les plastes : organisation et diversité	159
Fiche 24	Les fonctions des chloroplastes	167
Fiche 25	Les peroxyosomes et organites apparentés	174
Fiche 26	La biogenèse des mitochondries et des plastes	180
Fiche 27	L'adressage des protéines vers le noyau	188
Fiche 28	Les matrices extracellulaires	195
Fiche 29	La communication intercellulaire	203
Fiche 30	La signalisation intracellulaire	210
Fiche 31	La différenciation cellulaire	218
Fiche 32	La mort cellulaire	226
Fiche 33	Les virus	232
Petits sujets de synthèse		239
Bibliographie		243
Crédits iconographiques		243
Index		245

Avant-propos

Cet ouvrage est destiné aux étudiants en biologie (Licence 1 et 2 de Sciences de la vie, LAS, PASS, classes prépas). Longtemps réduite à la seule description des structures cellulaires : la cytologie, cette discipline s'est enrichie, au cours du temps, des méthodes de la biochimie, de la biophysique, de la physiologie cellulaire et plus récemment de la biologie moléculaire.

Afin de coller au plus près à l'actualité de la recherche, l'enseignement universitaire se doit donc de former les étudiants aux démarches et aux outils les plus récents ; il est bien loin le temps où les séances de travaux dirigés consistaient à reproduire le plus fidèlement possible des clichés de microscopie électronique ! Actuellement, il est indispensable qu'un étudiant en biologie cellulaire connaisse un grand nombre de techniques, de plus en plus sophistiquées. Et si le fractionnement cellulaire et l'électrophorèse ne doivent plus avoir de secrets pour lui, il lui faut aussi maîtriser les bases de l'immunocytochimie et de l'hybridation *in situ*, connaître le principe d'un microscope confocal et d'un trieur de cellules, mais aussi savoir construire un protocole utilisant un système de traduction *in vitro* ou la GFP.

C'est dans cet esprit et avec cet objectif que cet ouvrage est construit. Il est divisé en 33 fiches couvrant dix grands thèmes classiques de la biologie cellulaire. Chacune d'elles inclut une page de rappels de notions indispensables et une page décrivant une technique précise, en rapport (dans la mesure du possible) avec le sujet de la fiche ; trois pages sont donc consacrées à des exercices semblables à ceux effectués dans des travaux dirigés. S'il faut savoir raisonner (ce qui est donné à une majorité d'étudiants !) et exercer son esprit critique pour réussir en biologie, il faut également disposer d'une somme toujours plus importante de connaissances sur lesquelles s'appuyer, et sans lesquelles il n'est hélas pas possible de progresser.

J.-C. Callen, G. Barthole

C'est la profonde ignorance qui inspire le ton dogmatique
Jean de La Bruyère

Remerciements

À l'occasion de la parution de cet ouvrage, fruit d'une longue expérience d'enseignement, je souhaite remercier sincèrement toute l'équipe des enseignants du Service de biologie cellulaire du L1 SV du Centre d'Orsay. Si tous les exercices présentés dans ces pages sont bien de mon cru, certains doivent beaucoup au travail d'équipe qui y a été effectué. Je dédie donc ce volume à tous mes collègues, ceux de la première heure comme ceux qui ont rejoint plus récemment ce groupe : Bussereau F., Charret R., Clérot J.-C., Deneubourg AM., Dupré S., Dutuit P., Grisvard J., Lemulloy M., Orcival J., Thomas M., ainsi qu'à tous les ATER et moniteurs qui nous ont aidés.

J.-C. Callen

Je tiens à remercier tous mes collègues de l'équipe enseignante du Département d'enseignement et de recherche en Biologie de l'ENS Paris-Saclay pour les nombreuses discussions tant scientifiques que pédagogiques qui ont forgé mon expérience d'enseignement et qui m'ont inspiré pour l'écriture de quelques chapitres de ce livre.

G. Barthole

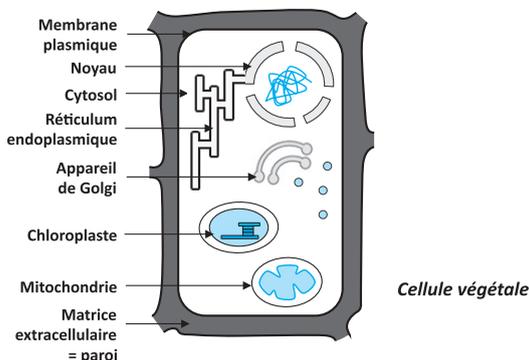
1. La cellule, unité structurale et fonctionnelle du vivant

Tous les êtres vivants sont constitués d'unités invisibles à l'œil nu : les cellules. Cette découverte, relativement récente par rapport à l'histoire de la biologie, découle de l'apparition de microscopes performants (la **théorie cellulaire** a été énoncée en 1838). La plupart des organismes sont unicellulaires et ne sont donc pas visibles à l'œil nu. Seule une infime partie de la biodiversité est représentée par les organismes pluricellulaires.

■ Structure des cellules

D'un point de vue purement structural, l'ensemble des êtres vivants actuels se répartit en deux grands groupes :

- les **procaryotes**, dont les cellules sont de très petite taille : ordre de grandeur = $1\ \mu\text{m}$ (avec quelques exceptions), ne présentent pas ou peu de **compartimentation** (organites limités par des membranes) au sein de leur cytoplasme ;
- les **eucaryotes**, dont les cellules, de taille comprise entre 10 et $100\ \mu\text{m}$, en général, sont beaucoup plus volumineuses et présentent un cytoplasme hautement structuré, contenant une grande diversité d'organites tels que : le noyau, les mitochondries, le réticulum endoplasmique...



■ Unicellulaires et pluricellulaires

Les procaryotes sont en général **unicellulaires** (bien qu'ils donnent parfois des populations visibles à l'œil nu), tandis que les eucaryotes sont représentés à la fois par des organismes unicellulaires (algues unicellulaires...), et des êtres **pluricellulaires** (les « Animaux », les « Végétaux verts » et les « Champignons » ; cf. fiche 2).

Chez ces derniers, la pluricellularité s'accompagne toujours d'une **différenciation** morphologique et fonctionnelle des cellules, qui se regroupent en tissus (cf. fiches 6 et 31), formant des organes dont l'ensemble constitue un organisme.

2. Les outils et méthodes de la cytologie

Les biologistes disposent de deux types de microscopes pour observer les cellules : le **microscope photonique** et le **microscope électronique**. Ils reposent sur le même principe, à savoir la déviation d'un flux de particules traversant l'objet à observer, mais utilisent des particules différentes, respectivement les photons et les électrons.

■ Le microscope photonique

La lumière traversant l'objet (on parle d'observation en transmission) est déviée par deux systèmes successifs de lentilles en verre appelés « objectifs » et « oculaires », avant de former une image agrandie sur notre rétine (ou tout système de capture d'une image). Sa **limite de résolution** (la plus petite distance entre deux points de l'objet vus de façon distincte) est au mieux de $0,25 \mu\text{m}$, ce qui permet de distinguer à peine la plupart des bactéries. (On rappelle que cette limite, pour l'œil nu, est de $100 \mu\text{m}$ environ.)

■ Le microscope électronique à transmission

Le flux d'électrons, accéléré par une très haute tension, est focalisé par des lentilles électromagnétiques sur l'échantillon à observer, au sein d'une enceinte dans laquelle le vide a été réalisé. Ceci est indispensable pour que les électrons ne soient ni ralentis ni déviés par des particules gazeuses. Par conséquent, à la différence du microscope photonique, il est impossible d'observer des **objets vivants**. Sa limite de résolution ($0,1 \text{ nm}$) est bien meilleure que celle du microscope photonique, ce qui explique son intérêt.

La réalisation de coupes fines

Les objets à observer sont le plus souvent massifs, de grande taille, et non transparents à la lumière ou aux électrons, ce qui implique la réalisation de coupes fines (0,5-5 μm) ou ultrafines (50-80 nm) selon le type de microscope utilisé. Cette technique nécessite de fixer le matériel biologique (c'est-à-dire le tuer par un mélange de composés chimiques ne modifiant pas les structures cellulaires), puis de **l'imprégner** d'une substance durcissant l'échantillon (étape d'inclusion en paraffine ou en résine), afin de pouvoir réaliser des coupes les plus fines possible (étape de micro- ou ultramicrotomie). Une dernière étape de coloration (pour la microscopie photonique) ou d'ombrage (par des composés renforçant les contrastes en microscopie électronique) doit être réalisée avant toute observation.

D'autres techniques microscopiques

Elles sont dérivées de la microscopie photonique ou de la microscopie électronique et seront présentées dans les chapitres suivants. Il s'agit, en particulier, du microscope photonique à fluorescence (cf. [fiche 8](#)) et du microscope électronique à balayage (cf. [fiche 5](#)) ; les protocoles de cryofracture, d'immunocytochimie et de coloration négative seront également décrits dans les fiches 6, 7 et 11.

EXERCICE 1 Caractéristiques des cellules et microscopie

1. Quelles sont les différences entre une cellule eucaryote et une cellule procaryote ?
2. Quels sont les points communs de toutes les cellules ?
3. Quelles sont les différences entre la microscopie photonique et la microscopie électronique ?

Solution

1. Les cellules procaryotes présentent peu de **compartimentation subcellulaire**, alors que les cellules eucaryotes en possèdent de nombreuses, notamment un **noyau** mais aussi des **mitochondries**, un réticulum endoplasmique, etc... En général, les cellules procaryotes sont plus petites que les cellules eucaryotes mais il existe des exceptions.

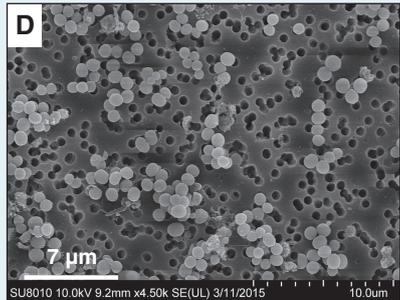
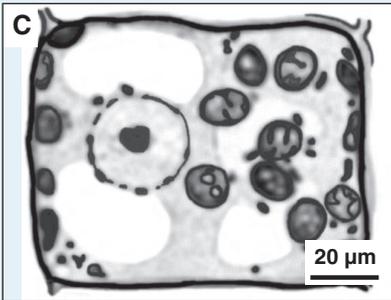
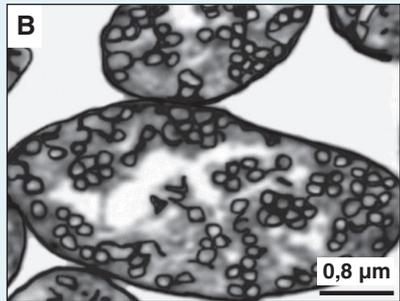
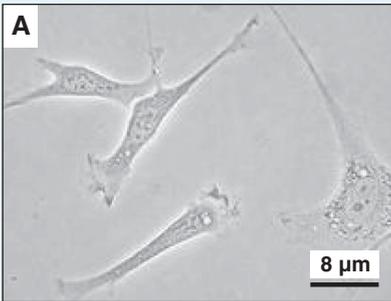
2. Toutes les cellules possèdent une **membrane plasmique** qui les délimite composées d'une bicouche de phospholipides (cf. fiche 3 additionné de protéines, un **cytosol** aqueux dans lequel se déroulent les réactions métaboliques et un **matériel génétique** sous forme d'ADN.

3. La microscopie photonique utilise de la **lumière** pour visualiser un objet alors que la microscopie électronique utilise un **flux d'électrons**. La microscopie optique possède un pouvoir de **résolution** d'environ $0,25 \mu\text{m}$ qui permet de distinguer les principaux types cellulaires alors que la microscopie électronique permet d'observer des structures subcellulaires voire des complexes protéiques avec son pouvoir de résolution de $0,1 \text{ nm}$. Enfin, la microscopie photonique permet d'observer des **échantillons vivants**, ce que ne permet pas la microscopie électronique qui nécessite une observation d'un échantillon plongé dans le vide.

EXERCICE 2 Structures subcellulaires

Voici des schémas et des photos de différents types de cellules.

1. Légendez les photos et schémas.
2. En vous aidant des barres d'échelle, calculez leurs dimensions exactes.
3. Parmi ces cellules, lesquelles sont procaryotes ? eucaryotes ?
4. Parmi les cellules eucaryotes, savez-vous distinguer les cellules animales des cellules végétales ? Justifiez vos réponses.



Solution

1. Sur la photo A, on distingue le noyau, l'enveloppe nucléaire, les nucléoles et la membrane plasmique. Sur la photo B, on distingue une membrane plasmique externe et des granulosités à l'intérieur. Sur la photo C, on observe un noyau au centre, deux vacuoles plus claires, des mitochondries, une membrane plasmique et une paroi. Enfin, sur la photo D, on observe des cellules très petites dont il est impossible de connaître la structure interne.

2&3. Les cellules B et D sont de **très petite taille** (respectivement $1,5 \mu\text{m}$ et $3,4 \mu\text{m}$) et visiblement non ou peu compartimentées ; il s'agit de cellules **procaryotes**. Les cellules A et C sont de **taille bien supérieure** (respectivement $20 \mu\text{m}$ et $80 \mu\text{m}$) et possèdent de nombreux compartiments internes, dont un noyau, volumineux et très reconnaissable ; il s'agit donc de cellules **eucaryotes**.

4. La cellule C, qui possède de grandes vacuoles, des chloroplastes et une paroi épaisse, est une cellule végétale ; la cellule A ne possède pas de vacuole, il s'agit donc d'une cellule animale.

EXERCICE 3 Combien de cellules dans une colonie bactérienne ou fongique ?

Une colonie bactérienne a été obtenue sur un milieu de culture gélosé par multiplication d'une seule cellule initialement déposée à sa surface (même espèce que celle étudiée dans l'exercice précédent). Cette colonie a une forme lenticulaire et mesure 4 mm de diamètre sur 1 mm de hauteur. On admettra que son volume est approximativement égal à la moitié du volume d'un cylindre de mêmes dimensions.

1. Si l'on admet aussi que la moitié du volume de cette colonie est représentée par de la solution nutritive remplissant les espaces intercellulaires par capillarité, pouvez-vous calculer le nombre de cellules contenues dans cette colonie ?
2. Cette colonie ayant été obtenue après un temps de culture de 36 h, quel est le temps de génération (durée de la période entre deux divisions) chez cette bactérie ?
3. Le même type de colonie (mêmes dimensions) est obtenu à partir d'une culture de levures *Saccharomyces cerevisiae*. Sachant que cette colonie a été obtenue après un temps de culture de 48 h, quel est le temps de génération pour cette levure ?
4. Comparez les temps de génération obtenus pour les colonies de bactéries et de levures.

On donne : surface d'un cercle = πr^2 ; la valeur de 2^9 est très voisine de 500 (512), et celle de 2^{10} est très voisine de 1 000 (1 024).

Solution

1. Le volume total de la colonie, équivalent au demi-volume du cylindre, est donc égal à : $3,14 \times 4 \times 1/2 = 12,56/2 \text{ mm}^3$, soit $6,28 \text{ mm}^3$. Si les cellules seules représentent la moitié de ce volume, on obtient la valeur de $3,14 \text{ mm}^3$. Sachant que 1 mm^3 représente $10^9 \mu\text{m}^3$ et que le volume d'une cellule bactérienne est de $4,18 \mu\text{m}^3$, on calcule un effectif de **$7,5 \times 10^8$ cellules pour cette seule colonie**. Cette valeur est telle que, dans seulement 10 colonies de cette taille, il y a plus de cellules bactériennes que d'êtres humains sur notre planète !

2. La croissance d'une population de bactéries suit une progression exponentielle : 2^n , n étant le nombre de générations (divisions). On peut aisément calculer ce nombre sachant que $2^{10} = \text{environ } 1\ 000$; la valeur de $7,5 \times 10^8$ se décompose donc en $750 \times 1\ 000 \times 1\ 000$. Si on considère que 750 est légèrement supérieur à 2^9 , on obtient : $2^9 \times 2^{10} \times 2^{10}$, soit 2^{29} ; il a donc fallu **29 générations** pour passer de 1 cellule à la colonie finale, ce qui a été réalisé en 36 h. Une génération dure

donc $36/29 \text{ h} = 1,24 \text{ h}$, ce qui équivaut à 75 minutes environ. La rapidité de division des bactéries est impressionnante et, en milieu de culture liquide (plus favorable à la croissance), les temps de génération atteignent **20 minutes**.

Ces simples remarques permettent de comprendre aisément pourquoi les micro-organismes en général, et les bactéries en particulier, ont constitué un moyen irremplaçable de recherche de mutants (par définition extrêmement rares) et donc d'études génétiques. Les développements rapides de la Génétique et de la biologie moléculaire, dans la deuxième moitié du xx^{e} siècle, sont essentiellement dus à leur utilisation (*Escherichia coli*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Neurospora crassa*).

3. Le même raisonnement peut être tenu pour une colonie de levures. Il y a **$1,8 \times 10^7$ cellules pour une seule colonie**. $1,7 \times 10^7$ se décompose en $17 \times 1\,000 \times 1\,000 = 2^4 \times 2^{10} \times 2^{10}$, soit 2^{24} ; il a donc fallu **24 générations**. Une génération dure donc $48/24 \text{ h} = 2 \text{ h}$

4. Le temps de génération d'une levure est presque deux fois plus long que celui d'une bactérie. Cette rapidité de division des cellules procaryotes est à mettre en relation avec leur capacité de colonisation du milieu et leur utilisation comme outil et objet d'étude au laboratoire.

1. L'arbre du vivant

L'arrivée de nouvelles données biochimiques, moléculaires et génétiques dans les années 1970, et l'avènement du séquençage des génomes dans les années 2000, ont conduit à proposer un arbre du vivant à trois branches :

- les Eubactéries (**Bacteria**) : structure cellulaire de type procaryote ;
- les Archées (**Archea**) : structure cellulaire de type procaryote ;
- les Eucaryotes (**Eucarya**) : structure cellulaire de type eucaryote.

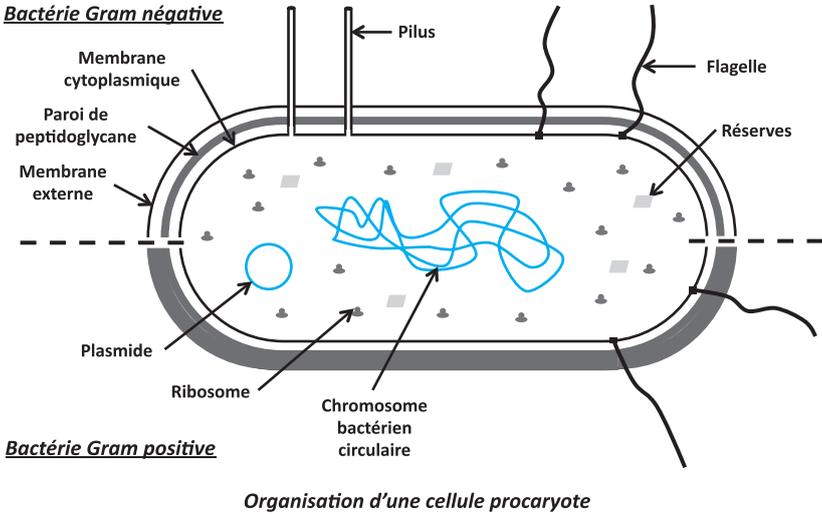
■ Les arbres phylogénétiques

Aujourd'hui, de plus en plus de génomes d'organismes très divers sont séquencés. Leur comparaison permet de calculer des **degrés de parenté** entre eux de plus en plus fiables, et donc de tracer des arbres phylogénétiques extrêmement précis. L'arbre « du vivant » est désormais disponible et s'affine d'années en années avec l'arrivée de nouvelles données et connaissances.

■ Les Eubactéries

Ce sont les bactéries « classiques », étudiées depuis les débuts de la Microbiologie, et dont font partie des organismes-modèles tels que *Escherichia coli* ou *Bacillus subtilis*. Elles sont caractérisées par une **paroi de peptidoglycane**.

On distingue deux grands groupes, sur la base de l'organisation de leur paroi : les bactéries **Gram négatives** et les bactéries **Gram positives**.



Les Archées

Ces micro-organismes se distinguent des Eubactéries par de multiples caractéristiques. Elles sont caractérisées par des **lipides membranaires très particuliers** (des tétraéthers) et des ribosomes avec une forme propre. Sur le plan physiologique, ils sont remarquables par leurs capacités à vivre dans des **conditions environnementales exceptionnelles** (anoxie absolue, température très élevée ou très basse, acidité ou salinité extrêmes). Sur le plan biochimique, ils possèdent des molécules et des voies de biosynthèse uniques dans le monde vivant ; du point de vue moléculaire, les mécanismes génétiques qu'ils mettent en œuvre possèdent des points communs à la fois avec les Eubactéries et les Eucaryotes.

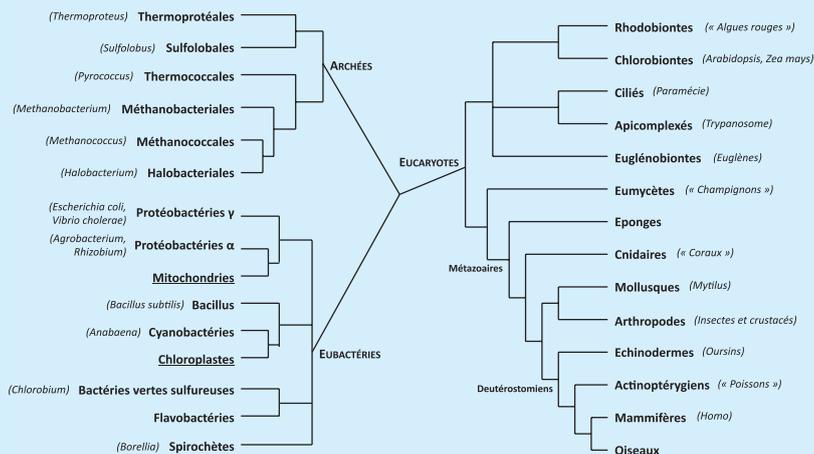
Les Eucaryotes

Ils sont caractérisés par la présence d'un noyau délimité par une **enveloppe nucléaire**, la présence de **mitochondries** et de **microtubules** (cf. fiche 7) qui assurent notamment la division cellulaire ou mitose (cf. fiches 12 et 13). C'est un groupe très vaste comprenant : les **animaux** (Métazoaires), les **végétaux** verts (Lignée verte), les **champignons** (Eumycètes) et les **protistes** (êtres tous unicellulaires). Ces derniers représentent, à la différence des groupes précédents,

un ensemble polyphylétique très hétérogène dont la diversité dépasse, et de très loin, celle rencontrée chez tous les pluricellulaires réunis.

L'ARBRE DU VIVANT

Cet arbre du vivant extrêmement simplifié a été établi à partir de l'étude comparative des **ARN ribosomiques 16 et 18S**. Toutes les données obtenues à partir d'analyses portant sur des gènes de protéines très divers confirment cette phylogénie. Les séquences concernant les **mitochondries** et les **chloroplastes** sont mentionnées pour montrer leur enracinement chez les Bactéries Gram négatives.



2. L'observation des cellules vivantes au microscope photonique

Très peu de cellules peuvent être observées directement, à l'état vivant, au microscope photonique. Seules celles vivant à l'état isolé, telles que des bactéries ou des unicellulaires eucaryotes, des cellules sanguines, des cellules épithéliales (épidermiques chez les végétaux), ou enfin des cellules en culture, sont suffisamment fines et transparentes pour être analysables sans préparation particulière, c'est-à-dire sans réaliser de coupes. De plus, les cellules vivantes

sont en général transparentes et incolores, ce qui rend impossible l'analyse fine de leurs structures internes.

■ Les milieux de survie

Si l'observation doit se prolonger, il faut utiliser des milieux de montage et des dispositifs appropriés appelés « **chambres de survie** », dans lesquels les conditions physicochimiques sont étroitement contrôlées. Il existe des microscopes spécialement conçus pour l'observation des cellules en culture, directement dans leur boîte de milieu. Les objectifs sont situés sous la platine porte-objet et la lumière arrive par le dessus, puis traverse les parois transparentes de la boîte de culture. On parle dans ce cas de « **microscope inversé** ».

■ Les techniques de coloration vitales

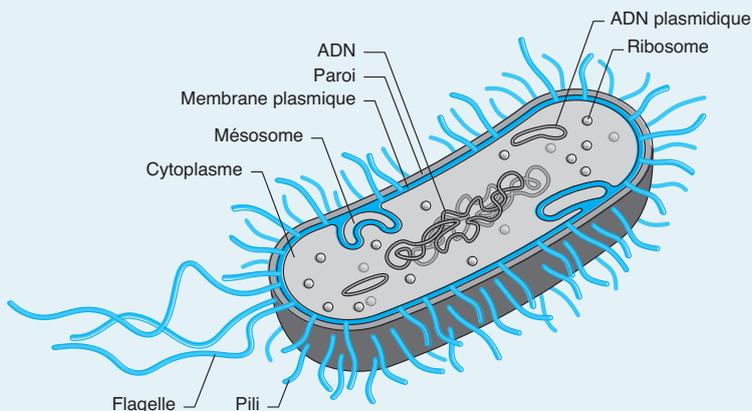
De nombreuses techniques de coloration utilisant des **colorants dits « vitaux »**, non toxiques, ont été développées : le rouge neutre, par exemple, est un colorant qui s'accumule spécifiquement dans les vacuoles végétales. Ces méthodes sont actuellement délaissées au profit de l'emploi de microscopes photoniques auxquels des dispositifs physiques sont ajoutés, de sorte que des structures incolores apparaissent visibles dans des teintes de gris plus ou moins foncées. Le **microscope à contraste de phase**, par exemple, transforme des différences minimales d'indice de réfraction de la lumière traversant les organites en différences d'intensité lumineuse. Le **microscope interférentiel**, basé sur un principe différent, fait apparaître les structures cellulaires en relief.

■ L'utilisation de la fluorescence

Aujourd'hui, il existe des **composés fluorescents** permettant de visualiser tous les organites cellulaires, en temps réel, dans des cellules vivantes. En outre, il est possible d'utiliser des **anticorps fluorescents** qui reconnaissent des macromolécules spécifiques et les rendent ainsi visibles, sans perturber la physiologie cellulaire. C'est une technique très robuste largement utilisée. Enfin, l'utilisation de la **GFP** et de ses dérivés (cf. [fiche 30](#)) est devenue, depuis un peu plus de 10 ans, une approche incontournable en biologie cellulaire.

EXERCICE 1 Une cellule d'Archée

1. Décrivez cette cellule d'Archée. Quelles sont ses points communs avec les cellules bactériennes ou eucaryotes ?



Les cellules d'Archées possèdent des ADN polymérase et des ARN polymérase semblables à celles des eucaryotes, leur matériel génétique contient des introns et est structuré par des protéines histones, leur paroi peut être constituée de pseudopeptidoglycane, mais leur membrane sont constituées de lipides qui sont des tétraéthers.

2. À partir de ces informations supplémentaires, discutez de la position phylogénétique des Archées.

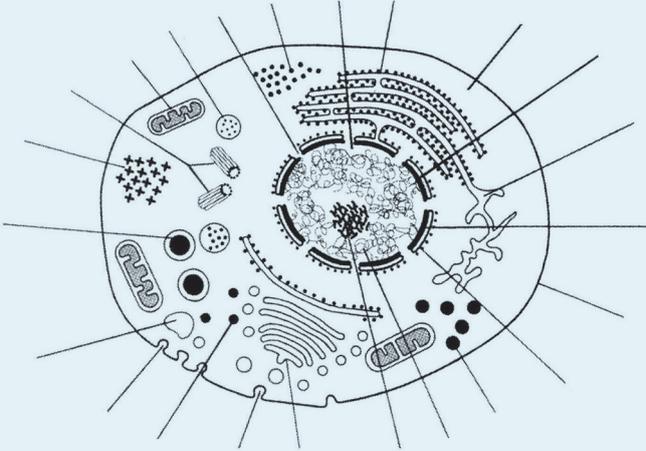
Solution

1. Cette cellule d'Archée possède une **membrane plasmique**, un **matériel génétique** et un **cytosol** comme toutes les cellules. Comme les cellules bactériennes, elle possède une paroi, un flagelle et des pili et un **chromosome** qui semble circulaire et unique (la cellule est donc haploïde), ainsi que des plasmides. Sur l'infographie présentée, on ne repère pas de points communs avec les cellules eucaryotes.

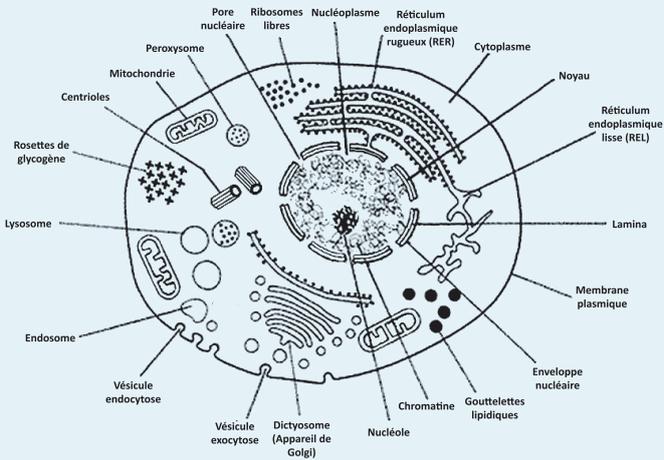
2. La taille et la forme des Archées sont semblables à celles des bactéries, tout comme leur paroi. Cependant, elles présentent une structure génique et des voies métaboliques semblables à celles retrouvées chez les eucaryotes (enzymes de la réplication, de la transcription...). La composition lipidique de leur membrane, des tétraéthers, est en revanche tout à fait originale. Pour toutes ces raisons (et celles évoquées page 14), les Archées constituent un groupe à part, la **troisième branche de l'arbre du vivant**.

EXERCICE 2 Organisation des cellules animales

Complétez les légendes de ce schéma (issu d'une observation en microscopie électronique) :

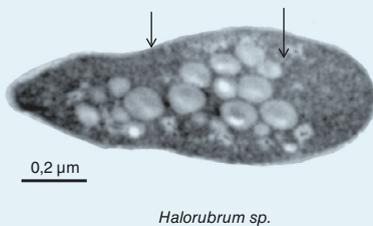
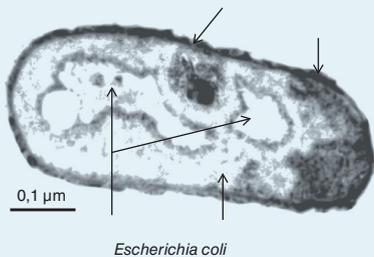
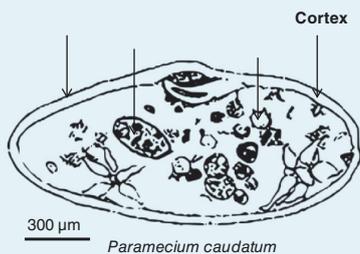
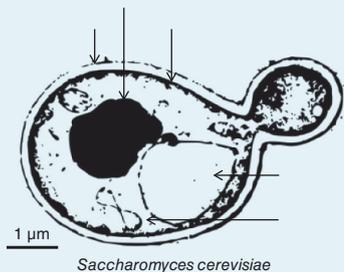


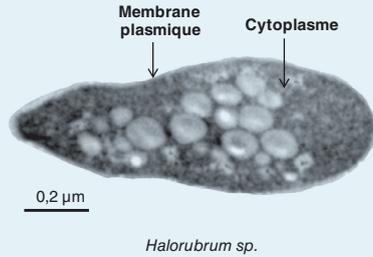
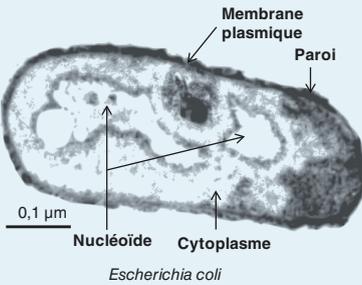
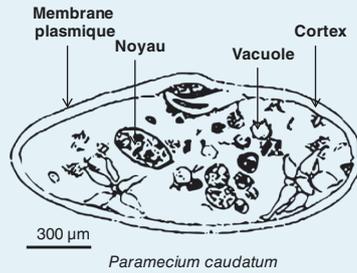
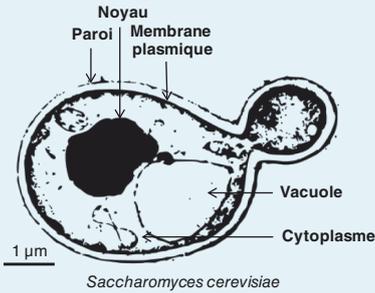
Solution



EXERCICE 3 Organisation des cellules bactériennes

Légendez les flèches des quelques organismes unicellulaires présentés ci-dessous observés en microscopie électronique. Selon vous, lesquels sont des organismes procaryotes, lesquels sont des organismes eucaryotes ?



Solution

Saccharomyces cerevisiae et *Paramecium caudatum* présentent un noyau et des compartiments cytoplasmiques : ce sont des cellules eucaryotes.

Escherichia coli et *Halorubrum sp.* ne présentent pas de compartiments cytoplasmiques : ce sont des cellules procaryotes.

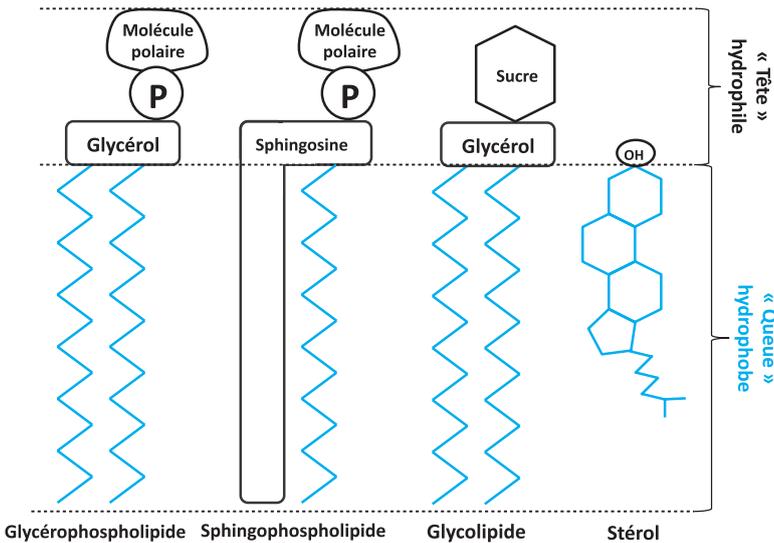
Membrane cytoplasmique : (bicouche lipidique avec des protéines intégrées, cf. fiche 3).

Paroi : faite de peptidoglycane chez les bactéries et de chitine chez les champignons comme la levure.

Nucléoïde : région du cytoplasme dans lequel se trouve l'ensemble du matériel génétique chez les bactéries.

1. Composition chimique et organisation des membranes

Toutes les membranes biologiques sont globalement organisées de la même façon (membrane plasmique ou membranes internes des organites). Elles contiennent essentiellement des lipides et des protéines et quelques glucides.



Les lipides membranaires

Ils représentent 25 à 75 % de la masse des membranes et sont **amphiphiles**, c'est-à-dire qu'ils possèdent un domaine hydrophile de nature variable et un domaine hydrophobe, constitué de deux acides gras. Cette propriété est capitale, car elle permet l'**autoassemblage en une bicouche** : deux feuillets lipidiques accolés par leurs domaines hydrophobes. Parmi ces lipides, on distingue :

- des **phospholipides**, construits à partir d'un alcool (glycérol ou bien sphingosine), de deux acides gras, d'une molécule d'acide phosphorique et d'une molécule polaire ;
- des **glycolipides**, contenant des motifs saccharidiques (sans acide phosphorique) ;
- des **stérols**, sous forme de cholestérol dans les membranes animales, de stigmastérol chez les végétaux ou d'ergostérol chez les champignons. À la différence des autres lipides, les stérols ne sont pas des esters d'acides gras.

La nature des lipides varie en fonction des organismes et du type de membrane (membrane plasmique ou membranes des organites).

■ Les protéines

Elles représentent aussi une proportion importante de cette masse : 20 à 75 %, selon les membranes cellulaires. Très diversifiées, elles contribuent largement à leur spécificité et assurent leurs **fonctions particulières** (réception d'un signal, transport de molécules...) cf. [fiche 4](#).

■ Les glucides

Les glucides membranaires n'existent jamais à l'état libre ; ils sont toujours associés aux lipides (**glycolipides**) ou aux protéines (**glycoprotéines**) et orientés sur la face externe des membranes.

■ Organisation

Les membranes sont toutes organisées selon le modèle d'une **bicouche lipidique fluide** dans laquelle sont enchâssées « plus ou moins profondément » les protéines membranaires. On distingue : (1) les protéines **intrinsèques** (intégrales et associées solidement) qui traversent de part en part la bicouche phospholipidique grâce à un ou plusieurs domaines hydrophobes organisés en hélice α (alpha) ou qui sont ancrées par des chaînes de lipides ou d'acides gras ; et (2) les protéines **extrinsèques** (périphériques) qui sont hydrophiles et liées aux membranes par des interactions faibles de surface ou via une ancre lipidique.