CHAPITRE 3

Anatomie fonctionnelle des cellules procaryotes et des cellules eucaryotes

Malgré leur complexité et leur variété, toutes les cellules vivantes peuvent être classées en deux groupes selon leurs caractéristiques structurales et fonctionnelles. Ces groupes sont les procaryotes et les eucaryotes. Du point de vue structural, les procaryotes sont généralement plus petits et plus simples que les eucaryotes. Leur ADN (patrimoine génétique) se présente habituellement sous la forme d'un chromosome circulaire unique et n'est pas protégé par une membrane. À l'opposé, l'ADN des eucaryotes est composé de multiples chromosomes et occupe un noyau entouré d'une enveloppe. Les organites, ces structures spécialisées aux fonctions diverses, avec leur membrane isolante, sont absents des procaryotes. On observe aussi d'autres différences, sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

Les plantes et les animaux sont entièrement composés de cellules eucaryotes. Dans l'univers microbien, les bactéries et les archébactéries sont des procaryotes. Les autres microbes cellulaires – mycètes (levures et moisissures), protozoaires et algues – sont des cellules eucaryotes. Les êtres humains exploitent les différences entre les cellules bactériennes (procaryotes) et leurs propres cellules (eucaryotes) pour se protéger contre la maladie. Par exemple, certains médicaments tuent ou neutralisent les bactéries sans porter atteinte aux cellules humaines, et certaines molécules à la surface des bactéries provoquent chez l'humain une réaction de défense aboutissant à l'élimination des bactéries qui l'envahissent.

Les virus, qui sont des éléments acellulaires, font bande à part et n'appartiennent à aucune classe de cellule vivante. Ce sont des particules dotées d'un patrimoine héréditaire, qui peuvent se répliquer, mais qui sont incapables d'accomplir les activités chimiques habituelles des cellules vivantes. Nous examinerons au chapitre 13 la structure et l'activité virales.

AU MICROSCOPE

Mise à mort d'un phagocyte par *Staphylococcus aureus*. Ce dernier est une bactérie qui produit la leucocidine, une toxine capable de détruire les leucocytes de l'hôte qu'il infecte.

Q/R

Que a qualifié la pénicilline de « remède miracle » pour les cellules bactériennes et cellules humaines. Pourquoi les « jugent-elles »?

La réponse est dans le chapitre.

combattre moins bien l'action toxique des endospores qui germent et se développent. Nous examinerons au chapitre 14 les méthodes particulières qui permettent d'éliminer les microorganismes producteurs d'endospores.

▶ Vérifiez vos acquis

Comment les plasmides participent-ils à la virulence des bactéries? **3-10**

Que est le sort réservé à des bactéries phagées dans une solution hypotonique? Dans une solution hypertonique? **3-11**

Quelles sont les conditions qui entraînent la formation d'endospores chez les bactéries? **3-12**

* * *

Retenons que l'organisation structurale et fonctionnelle de la bactérie en fait une cellule dont le potentiel de croissance et de multiplication est phénoménal. Sa petitesse – associée à un cytoplasme composé de beaucoup de molécules dissoutes dont la concentration élevée est assurée par la membrane semi-perméable et la paroi cellulaire – , la présence de nombreux ribosomes disperses dans tout le cytoplasme et la présence d'un chromosome facilement accessible constituent une organisation qui lui permet de produire à grande vitesse toutes les protéines nécessaires à sa croissance et à sa multiplication. Toute détérioration d'un de ces composants essentiels constitue une attaque grave sinon mortelle à l'intégrité de la cellule bactérienne. Beaucoup de procédés et de produits chimiques antimicrobiens, tels que les antiseptiques, les désinfectants et les antibiotiques, doivent leur efficacité à leur action sur l'un ou l'autre de ces constituants bactériens.

Ayant examiné l'anatomie fonctionnelle de la cellule procaryote, nous nous penchons maintenant sur celle de la cellule eucaryote. Nous commencerons par l'anatomie de la cellule eucaryote est plus complexe que celle de la cellule procaryote; sa taille est aussi plus volumineuse. Un peu comme avec les bactéries, qui sont des cellules procaryotes, sont moins évoluées parce qu'elles sont moins complexes. Retenons que les bactéries ont été parmi les premières cellules à apparaître sur la Terre et qu'elles sont encore présentes aujourd'hui en grande partie grâce à leur simplicité, qui leur confère une grande capacité d'adaptation. Leur présence leur donne aussi un avantage majeur; elles se multiplient en effet beaucoup plus rapidement que les cellules eucaryotes.

LA CELLULE EUCARYOTE

Nous avons déjà mentionné que les organismes eucaryotes comprennent les algues, les protozoaires, les mycètes (ou champignons), les plantes supérieures et les animaux. Certains d'entre eux sont susceptibles de causer des maladies. Par exemple, des algues sont toxiques, des protozoaires provoquent des diarrhées, des mycètes infectent la peau, des helminthes sont responsables de troubles digestifs. L'étude de la cellule eucaryote nous permettra d'absorber l'organisation anatomique des cellules qui composent ces organismes.

En règle générale, la cellule eucaryote est plus grosse et plus complexe sur le plan structural que la cellule procaryote (**figure 3.20**). En comparant la structure de la cellule procaryote représentée à la figure 3.6 avec celle de la cellule eucaryote, on se rend compte des différences entre ces deux types de cellules. Le **tableau 3.2** présente un résumé des principales différences entre les cellules procaryotes et les cellules eucaryotes.

Notre description de la cellule eucaryote sait le même plan que celle de la cellule procaryote. C'est ainsi que nous commencons par les structures externes qui se situent dans le prolongement de la cellule.

Les flagelles et les cils

▶ Objectif d'apprentissage

3-13 Comparer les flagelles des cellules procaryotes et eucaryotes.

Beaucoup de types de cellules eucaryotes ont des prolongements qui servent à la locomotion ou au déplacement de substances à la surface de la cellule. Ces structures contiennent du cytoplasme et sont limitées par la membrane plasmique. Si elles sont peu nombreuses et longues par rapport à la taille de la cellule, on les appelle **flagelles**. Si elles sont nombreuses et courtes, et ressemblent à des poils, on les appelle **cils**.

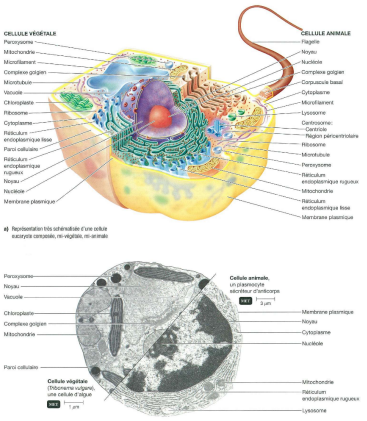
Les euglènes sont des unicellulaires qui utilisent un long flagelle pour se déplacer, alors que les protozoaires tels que *Tetrahymena* se servent de cils (**figure 3.21a et b**). Les flagelles et les cils sont ancrés dans la membrane plasmique par un corpuscule basal. Le filament du flagelle procaryote est un cylindre creux composé d'une protéine nommée *flagelline*, tandis que les flagelles et les cils eucaryotes sont formés de neuf paires de microtubules (doublets) disposées en cercle et d'une paire de microtubules centraux, arrangement appelé *disposition de type 9 + 2* (**figure 3.21c**). Les **microtubules** sont de longs cylindres creux composés d'une protéine appelée *tubuline*. Le flagelle procaryote tourne sur lui-même, alors que le mouvement du flagelle eucaryote est ondulatoire, l'onde pouvant être plate ou hélicoïdale (**figure 3.21d**).

La paroi cellulaire et le glycocalyx

▶ Objectif d'apprentissage

3-14 Comparer la paroi cellulaire et le glycocalyx des cellules procaryotes et eucaryotes.

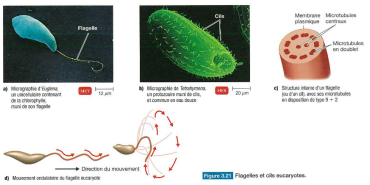
La plupart des cellules eucaryotes possèdent une paroi cellulaire, bien que cette dernière soit en règle générale beaucoup plus simple que celle de la cellule procaryote. Beaucoup d'algues ont une paroi constituée (comme celle de toutes les plantes) de *cellulose*, un polysaccharide; d'autres molécules peuvent aussi être présentes. La paroi de certains mycètes contient également de la cellulose, mais chez la plupart des ces organismes, le principal composant structural de la paroi cellulaire est la *chitine*, un polysaccharide formé d'unités de N-acétylglucosamine (NAG) polymérisés. (La chitine est aussi le principal composant structural de l'exosquelette des crustacés et des insectes.) La paroi cellulaire des levures contient du *glucane* et



a) Représentation très schématisée d'une cellule eucaryote composée, végétale, puis animale

b) Micrographies au microscope électronique à transmission d'une cellule végétale et d'une cellule animale

Figure 3.20 Cellules eucaryotes et leurs principales structures.



a) Micrographie d'Euglena, un unicellulaire confirmant de la chlorophylle, muni de son flagelle

b) Micrographie de Tetrahymena, un protozoaire muni de cils, et commun en eau douce

c) Structure interne d'un flagelle (ou d'un cil), avec ses microtubules en disposition du type 9 + 2

d) Mouvement ondulatoire du flagelle eucaryote

Figure 3.21 Flagelles et cils eucaryotes.

Tableau 3.2 Principales différences entre les cellules procaryotes et les cellules eucaryotes

Caractéristique	Procaryote	Eucaryote
Taille de la cellule	Diamètre typique: de 0,2 à 2,0 µm	Diamètre typique: de 10 à 100 µm
Noyau	Sans enveloppe nucléaire ni nucléole	Vrai noyau, comprenant une enveloppe nucléaire et un ou des nucléoles
Organites limités par une membrane	Absents	Présents: exemples: lysosomes, complexe golgien, réticulum endoplasmique, mitochondries et chloroplastes
Flagelle	Assemblé à partir de deux composants protéiques	Complexe; composé de multiples microtubules
Glycocalyx	Présent sous forme de capsule ou de couche visqueuse	Présent sur certaines cellules dépourvues de paroi cellulaire
Paroi cellulaire	Habituellement présente; chimiquement complexe (la paroi cellulaire des bactéries comprend généralement du peptidoglycane)	Chimiquement simple lorsqu'elle est présente
Membrane plasmique	Absence de glucides et, en général, de stérols	Présence de stérols, et de glucides qui servent de récepteurs
Cytoplasme	Absence de cytosquelette et de mouvements cytoplasmiques (cyclose)	Cytosquelette; cyclose
Ribosomes	Petite taille (70 S)	Grande taille (80 S); petite taille (70 S) dans les organites, telles les mitochondries
Structure du chromosome (ADN)	Chromosome circulaire unique; dépourvu d'histones	Multiples chromosomes linéaires avec histones
Division cellulaire	Scissiparité	Mitose
Reproduction sexuée	Absence de méiose; transfert d'ADN limité à des fragments	Caractérisée, entre autres processus, par la méiose

du *mannane*, deux polysaccharides. Chez les eucaryotes dépourvus de paroi cellulaire, la membrane plasmique peut servir d'enveloppe externe; toutefois, les cellules qui sont en contact direct avec l'environnement ont parfois un revêtement qui protège la membrane plasmique. Les protozoaires n'ont pas de paroi cellulaire au sens strict; ils ont plutôt une enveloppe externe flexible appelée *pellicule*.

Dans le cas des autres cellules eucaryotes, y compris les cellules animales, la membrane plasmique est recouverte d'un **glycocalyx**, couche de matière contenant une quantité substantielle de glucides visqueux. Certains de ces glucides sont combinés par des liaisons covalentes à des protéines et à des lipides de la membrane plasmique pour former des glycoprotéines et des glycolipides qui forent le glycocalyx à la cellule. Le glycocalyx renforce la surface cellulaire, favorise l'adhérence des cellules les unes aux autres et contribue peut-être à la reconnaissance intercellulaire.

Q/R Les cellules eucaryotes ne contiennent pas de peptidoglycane, qui constitue la charpente de la paroi des bactéries. Cette propriété est importante sur le plan médical parce que les antibiotiques tels qu'ils les pénicillines et les céphalosporines agissent sur le peptidoglycane et, de ce fait, ne touchent pas les cellules eucaryotes humaines. **3-9**

La membrane plasmique

▶ Objectif d'apprentissage

3-15 Comparer la membrane plasmique des cellules procaryotes et eucaryotes.

Les cellules procaryotes et eucaryotes ont des **membranes plasmiques** (cytoplasmiques) qui sont très semblables par leur fonction et leur structure fondamentale. Toutefois, il y a des différences quant aux types de protéines qui s'y trouvent. Les membranes eucaryotes contiennent aussi des glucides, qui servent de sites récepteurs ayant un rôle dans des fonctions telles que la reconnaissance intercellulaire. Ces glucides procurent aux bactéries des sites d'attachement qui lui permettent de se fixer. Les membranes plasmiques eucaryotes contiennent également des stérols, lipides complexes qui sont absents des membranes plasmiques procaryotes (sauf dans les cellules de *Mycoplasma*). Les stérols semblent liés à la capacité des membranes à résister à la lyse causée par l'élévation de la pression osmotique.

Les substances peuvent traverser les membranes plasmiques procaryotes et eucaryotes par diffusion simple, diffusion facilitée, osmose ou transport actif. La translocation de groupe n'existe pas dans les cellules eucaryotes. En revanche, ces dernières peuvent utiliser un mécanisme appelé **endocytose**, qui a lieu quand un segment de membrane plasmique enveloppe complètement une particule ou une grosse molécule et la fait pénétrer dans la cellule. La phagocytose et la pinocytose sont deux types d'endocytose très importants. Durant la *phagocytose*, des prolongements cellulaires appelés *pseudopodes* entourent les particules et les font entrer dans la cellule. La phagocytose est utilisée par certains leucocytes pour détruire les bactéries et les substances étrangères (figure 11.7). Au cours de la pinocytose, la membrane plasmique forme une invagination qui entraîne du liquide extracellulaire dans la cellule avec les substances qui y sont dissoutes. Les virus peuvent pénétrer dans la cellule par pinocytose (figure 8.14).

Le cytoplasme

▶ Objectif d'apprentissage

3-16 Comparer le cytoplasme des cellules procaryotes et eucaryotes.

Le **cytoplasme** des cellules eucaryotes comprend la substance contenue à l'intérieur de la membrane plasmique et à l'extérieur du noyau (figure 3.20a). C'est la substance dans laquelle on trouve divers composants cellulaires. Le terme **cytosol** désigne la partie liquide du cytoplasme, dans laquelle se trouvent les organites. Une des principales différences entre le cytoplasme procaryote et le cytoplasme eucaryote, c'est que ce dernier possède une structure interne complexe, sorte de réseau constitué de plusieurs types de filaments protéiques appelés respectivement, des plus petits aux plus gros, *microfilaments*, *filament intermédiaires* et *microtubules*. Ensemble, ils composent le **cytosquelette**. Ce dernier soutient la cellule et contribue à lui donner sa forme. Il aide à maintenir les organites en place (tel le noyau) et facilite le transport des substances dans le cytoplasme ainsi que le déplacement de la cellule entière, comme dans le cas de la phagocytose. Le mouvement du cytoplasme eucaryote d'une partie de la cellule à l'autre, qui contribue à la distribution des nutriments, au déplacement des organites en suspension et à la progression de la cellule sur une surface solide, s'appelle **cyclose**. Le cytoplasme de la cellule eucaryote se distingue également de celui de la cellule procaryote par le fait que beaucoup d'enzymes importantes qui sont en suspension dans le liquide cytoplasmique chez les procaryotes se trouvent séquestrées dans des organites chez les eucaryotes.

Les ribosomes

▶ Objectif d'apprentissage

3-17 Comparer la structure et la fonction des ribosomes des cellules procaryotes et eucaryotes.

Les **ribosomes** (figure 3.23) sont fixés à la surface externe du RE rugueux, mais se trouvent aussi à l'état libre dans le cytoplasme. Comme chez les procaryotes, les ribosomes sont le siège de la synthèse des protéines dans la cellule.

Les ribosomes du RE rugueux et du cytoplasme eucaryote sont un peu plus gros et denses que ceux des cellules procaryotes. Ce sont des ribosomes 80 S, composés d'une grande sous-unité 60 S ayant trois nucléoides d'ARN et d'une petite sous-unité 40 S ayant une nucléoide d'ARN. Les sous-unités sont synthétisées séparément dans le nucléole. Elles quittent ensuite le noyau et se réunissent dans le cytosol. Les chloroplastes et les mitochondries contiennent des ribosomes 70 S, ce qui indique peut-être que ces structures descendent des procaryotes. Nous examinons cette hypothèse plus loin dans le présent chapitre. Nous décrirons plus en détail au chapitre 24 le rôle des ribosomes dans la synthèse des protéines

Certains ribosomes, appelés *ribosomes libres*, ne sont liés à aucune autre structure du cytoplasme. Ils synthétisent principalement des protéines qui sont utilisées *à l'intérieur* de la cellule. Les autres ribosomes, appelés *ribosomes liés à la membrane*, se fixent à l'enveloppe nucléaire et au réticulum endoplasmique rugueux. Parfois, on trouve de 10 à 20 ribosomes reliés en chapelet; ils portent alors le nom de *polyribosome*. Ils synthétisent des protéines qui seront insérées dans la membrane plasmique ou exportées par la cellule (par sécrétion). Les ribosomes présents dans les mitochondries synthétisent les protéines mitochondriales.

Bien sûr, on trouve aussi des différences entre les ribosomes des eucaryotes et ceux des procaryotes, les antibiotiques trouvent que la cellule bactérienne est plus sensible aux ribosomes cytoplasmiques de la cellule hôte eucaryote. Toutefois, les ribosomes des mitochondries, qui sont semblables aux ribosomes bactériens, peuvent être touchés par les antibiotiques. Il semble, en conséquence, que les cellules eucaryotes aient gardé un lien avec les cellules dont elles sont issues.

▶ Vérifiez vos acquis

Formuler au moins une différence importante entre la cellule procaryote et la cellule eucaryote quant au flagelle, aux cils, à la paroi cellulaire, à la membrane plasmique et au cytoplasme. **3-13 à 3-16**

La phytoncycline est un antibiotique qui s'attache à la sous-unité 50 S du ribosome. Quel est l'effet de cet antibiotique sur la cellule peut-elle pyée? sur la cellule eucaryote? **3-17**

Les organites

▶ Objectifs d'apprentissage

3-18 Définir l'organite.

3-19 Décrire les fonctions du noyau, du réticulum endoplasmique (rugueux et lisse), du complexe golgien, des lysosomes, des vacuoles, des mitochondries, des chloroplastes, des peroxysomes et des centrosomes.

Les **organites** sont des structures propres aux cellules eucaryotes, qui ont des formes caractéristiques et des fonctions spécialisées. Ils comprennent le noyau, le réticulum endoplasmique, le complexe golgien, les lysosomes, les vacuoles, les mitochondries, les chloroplastes, les peroxysomes et les centrosomes. Tous les organites décrits ne sont pas présents dans toutes les cellules. Certaines cellules possèdent leur propre type d'organites et une distribution particulière basés sur leur âge, leur niveau d'activité et leur spécialité.

Le noyau

Le **noyau** (**figure 3.22a**) est l'organite le plus caractéristique de la cellule eucaryote. Il est habituellement sphérique ou ovale; il est généralement la plus grande structure dans la cellule et contient presque tout le patrimoine héréditaire (ADN) de cette dernière. Une petite quantité d'ADN se trouve également dans les mitochondries et dans les chloroplastes.

Le noyau est entouré d'une membrane double appelée **enveloppe nucléaire**. Chacune des membranes de l'enveloppe ressemble par sa structure à la membrane plasmique. De minuscules canaux appelés **pores nucléaires** traversent les membranes et permettent au noyau de communiquer avec le cytoplasme (**figure 3.22b**). Ces pores régissent le mouvement des substances entre le noyau et le cytoplasme. Dans l'espace limité par l'enveloppe nucléaire se trouvent un ou plusieurs corps sphériques appelés **nucléoles**. Ces derniers sont en fait des régions de chromosomes condensées où s'effectue la synthèse d'ARN ribosomal, composant essentiel des ribosomes.

L'ADN contenu dans le noyau est combiné à plusieurs protéines, dont certaines sont basiques. On compte parmi ces dernières les **histones** et les non-histones. Quand la cellule n'est pas en train de se reproduire, l'ADN et ses protéines ressemblent à une masse de filaments enchevêtrés appelée **chromatine**. Durant la division nucléaire, la chromatine s'enroule sur elle-même pour constituer des corps en forme de bâtonnet courts et épais appelés **chromosomes**. Ce processus n'a pas lieu dans la cellule procaryote. De plus, le chromosome de la cellule procaryote n'a pas d'histones et n'est pas contenu à l'intérieur d'une enveloppe nucléaire.

La cellule eucaryote fait appel à deux mécanismes complexes, la mitose et la méiose, pour effectuer la ségrégation des chromosomes avant la division cellulaire. Ancien de ces processus n'existe chez les procaryotes.

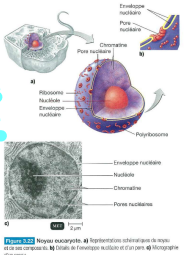


Figure 3.22 Noyau eucaryote. **a)** Représentations schématiques du noyau et de ses composants. **b)** Détails de l'enveloppe nucléaire et d'un pore. **c)** Micrographie d'un noyau.

Le réticulum endoplasmique

Le **réticulum endoplasmique (RE)** constitue dans le cytoplasme de la cellule eucaryote un réseau (rendu de sacs ou tubules membraneux et aplatis, appelés **citernes** (**figure 3.23**). Le réseau du RE et l'enveloppe nucléaire sont dans le prolongement l'un de l'autre.

La plupart des cellules eucaryotes contiennent deux formes de RE qui diffèrent par leur structure et leurs fonctions mais qui ont des rapports étroits. La membrane du **RE rugueux**, ou **RE granuleux**, prolonge celle de l'enveloppe nucléaire, et ses replis composent habituellement une série de sacs aplatis. La surface externe du RE rugueux est parsemée de ribosomes, sièges de la synthèse des protéines. Les protéines synthétisées par ces ribosomes passent à l'intérieur des citernes du RE, où elles sont traitées et triées. Dans certains cas, des enzymes situées dans les citernes lient les protéines à des glucides pour former des glycoprotéines. Dans d'autres cas, des enzymes lient les protéines à des phosphoglycérolipides, également synthétisés dans le RE rugueux. Certaines de ces molécules sont par la suite incorporées aux membranes d'organites ou à la membrane plasmique. Le RE rugueux est en quelque sorte une usine où s'effectue la synthèse de molécules membranaires et de protéines destinées à la sécrétion.

Le **RE lisse**, ou **RE agranulaire**, prolonge le RE rugueux pour former un réseau de tubules membraneux (figure 3.23). Contrairement au RE rugueux, il ne possède pas de ribosomes. En revanche, il contient des enzymes uniques qui en font une structure plus diversifiée que le RE rugueux sur le plan fonctionnel. Bien qu'il ne synthétise pas de protéines, il produit des phosphoglycérolipides, à l'instar du RE rugueux. Les fonctions du RE lisse sont tributaires du type de cellule eucaryote. Dans les cellules hunsitses, par exemple, le RE lisse synthétise des corps gras et des stéroïdes, tels que les androgènes et la testostérone; dans les cellules du foie, les enzymes du RE lisse participent à la libération du glucose dans la circulation sanguine et contribuent à inactiver et à détoxiquer les drogues, les médicaments et les autres substances qui peuvent avoir des effets nocifs (par exemple l'alcool).

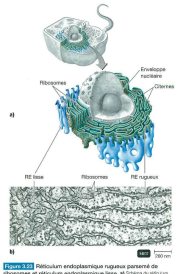


Figure 3.23 Réticulum endoplasmique rugueux parsemé de ribosomes et réticulum endoplasmique lisse. **a)** Schéma du réticulum endoplasmique. **b)** Micrographie du réticulum endoplasmique et des ribosomes.

Le complexe golgien

La plupart des protéines synthétisées par les ribosomes liés au RE rugueux finissent par être transportées vers d'autres régions de la cellule. La première étape de cette voie de transport est le passage dans un organite appelé **complexe golgien**, ou appareil de Golgi. Ce dernier comprend de 3 à 20 sacs membraneux aplatis au milieu et bombés à la périphérie, nommés **saccules** ou **citernes**, qui ressemblent à des pains pitas empilés (**figure 3.24**). Les citernes sont souvent courbées et confèrent à cet organite l'aspect d'une tasse. La face convexe est appelée *face cis* et la face concave, *face trans*.

Les protéines synthétisées par les ribosomes du RE rugueux sont enveloppées par des portions de la membrane du RE, qui se détachent de la surface membranaire par bourgeonnement pour constituer des **vésicules de transport**. Les vésicules de transport fusionnent avec des citernes du complexe golgien et déversent leurs protéines dans les citernes (face cis). Les protéines sont modifiées et acheminées d'une citerne à l'autre par des **vésicules de transfert** qui se forment par bourgeonnement aux extrémités de chacune des citernes. Les enzymes des citernes modifient les protéines pour constituer des glycoprotéines et des lipoprotéines. Certaines des protéines traitées quittent les citernes dans des **vésicules de sécrétion**, qui se détachent des citernes (face trans) et transportent les protéines jusqu'à la membrane plasmique, où elles sont déversées dans le milieu par exocytose. D'autres protéines traitées quittent les citernes dans des vésicules et sont acheminées à la membrane plasmique pour y être incorporées. Enfin, certaines protéines traitées sont expédiées des citernes dans des **vésicules de stockage**. La principale vésicule de stockage est le lysosome, dont nous allons maintenant examiner la structure et les fonctions. En résumé, le complexe golgien modifie, trie et incorpore dans des vésicules les protéines qu'il a reçues du RE rugueux; il libère des protéines par exocytose; il remplace des portions de la membrane plasmique et forme les lysosomes.

Les lysosomes

Les **lysosomes** sont formés à partir du complexe golgien et ont l'aspect de sphères limitées par une membrane. Contrairement aux mitochondries, ils possèdent une seule membrane et sont dépourvus

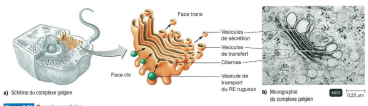


Figure 3.24 Complexe golgien.

de structure interne (figure 3.25). Toutefois, ils contiennent jusqu'à 40 sortes d'enzymes digestives capables de dégrader diverses molécules. De plus, ces enzymes peuvent digérer certaines bactéries qui entrent dans la cellule. Les leucocytes (globules blancs) humains, qui utilisent la phagocytose pour ingérer les bactéries, contiennent un grand nombre de lysosomes.

Les vacuoles

Une **vacuole** (figure 3.20) est un espace ou une cavité dans le cytoplasme d'une cellule qui est limité par une membrane appelée *tonoplaste*. Chez les plantes, les vacuoles peuvent occuper de 5 à 90% du volume cellulaire, selon le type de cellule. Les vacuoles se forment à partir du complexe golgien et accomplissent diverses fonctions. Certaines d'entre elles servent d'organites de stockage temporaire pour des substances telles que des protéines, des glucides, des acides carboxylliques (organiques) et des ions inorganiques. D'autres se forment au moment de l'endocytose et contribuent à l'approvisionnement de la cellule en nutriments. Beaucoup de cellules végétales y entreposent des déchets et des poisons qui seraient nocifs s'ils s'accumulaient dans le cytoplasme. Enfin, les vacuoles peuvent absorber de l'eau, ce qui permet aux cellules végétales d'augmenter leur taille et procure une certaine rigidité aux feuilles et aux tiges.

Les mitochondries

Les **mitochondries** sont des organites sphériques ou en forme de bâtonnet qui sont disséminés dans le cytoplasme de la plupart des cellules eucaryotes. Le nombre de mitochondries par cellule est très variable. Par exemple, *Giardia* est un protozoaire – souvent en cause dans les diarrhées – qui en est totalement dépourvu, alors que chaque cellule du foie en contient de 1 000 à 2 000. La mitochondrie est limitée par deux membranes dont la structure ressemble à celle de la membrane plasmique (**figure 3.25**). La membrane mitochondriale externe est lisse. La membrane interne forme une série de replis appelés **crêtes**. L'intérieur de l'organite contient en une substance semi-liquide appelée **matrice mitochondriale**. En raison de la nature et de la disposition des crêtes, la membrane interne présente une énorme superficie qui se prête aux réactions chimiques. Certaines protéines qui participent à la respiration cellulaire, y compris les enzymes qui produisent l'ATP, sont situées sur les crêtes de la membrane mitochondriale interne et un grand nombre des étapes métaboliques de la respiration cellulaire sont concentrées dans la matrice (chapitre 25 ON-LINE). On qualifie souvent la mitochondrie de «centrale énergétique» de la cellule à cause du rôle dit qu'elle joue dans la production d'ATP.

Les mitochondries contiennent des ribosomes 70 S et une certaine quantité d'ADN qui leur est propre, ainsi que tout ce qu'il

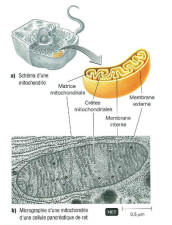


Figure 3.25 Mitochondrie.

faut pour répliquer, transcrire et traduire l'information codée dans leur ADN. De plus, elles peuvent se reproduire par elles-mêmes en grandissant et en se divisant en deux.

Les chloroplastes

Les algues et les plantes vertes possèdent un organite unique appelé **chloroplaste** (**figure 3.20**). Il s'agit d'une structure limitée par une membrane qui contient plusieurs chlorophylles et les enzymes nécessaires pour les phases de photosynthèse au cours desquelles la lumière est absorbée. La chlorophylle est stockée dans des membranes aplaties appelées **thylakoïdes**; ces dernières forment des piles appelées *grana* (granum au singulier).

Comme les mitochondries, les chloroplastes contiennent des ribosomes 70 S, de l'ADN et des enzymes qui participent à la synthèse des protéines. Ils sont en mesure de se multiplier par eux-mêmes dans la cellule. La multiplication des chloroplastes et des mitochondries – qui s'effectue par une augmentation du nombre d'une division en deux – s'ensuivit vraisemblablement à partir des bactéries.

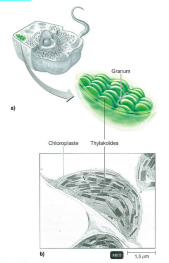


Figure 3.20 Chloroplaste. La chlorophylle a les dans les chloroplastes; les pigments qui captent la lumière sont situés sur les thylakoïdes. **a)** Schéma d'un chloroplaste et de son grana. **b)** Micrographie de chloroplastes dans la cellule d'une plante.

Les peroxysomes

Les **peroxysomes** (figure 3.20) sont des organites dont la structure rappelle celle des lysosomes, mais en plus petit. On a cru par le passé qu'ils se formaient par bourgeonnement du RE, mais il est généralement admis aujourd'hui qu'ils se forment par division de peroxysomes existants.

Les peroxysomes contiennent une ou plusieurs enzymes qui peuvent enlever diverses substances organiques. Par exemple, au cours du métabolisme cellulaire normal, il y a oxydation de substances telles que les acides aminés et les acides gras dans les peroxysomes. De plus, certaines enzymes assurent l'oxydation de substances toxiques, telles que l'alcool. Ces réactions d'oxydation donnent lieu à la formation de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), composé qui peut lui-même être toxique. Toutefois, on trouve aussi dans les peroxysomes une enzyme, appelée *catalase*, qui décompose la molécule de H_2O_2 (chapitre 4). Comme la production et la dégradation de cette molécule s'effectuent dans le même organite, les peroxysomes protègent le reste de la cellule contre les effets toxiques de H_2O_2.

Le centrosome

Le **centrosome**, qui est situé près du noyau, est constitué de deux éléments: la région péricentriolaire et les centrioles (figure 3.20). La *région péricentriolaire* est une zone du cytosol composée d'un réseau serré de petites fibres protéiques. Elle est le centre d'organisation du fuseau mitotique, qui joue un rôle clé durant la division cellulaire, et des microtubules (un élément du cytosquelette) qui se forment dans les cellules qui ne sont pas en train de se diviser. Dans cette région, on trouve les *centrioles*, une paire de structures cylindriques composées chacune de neuf groupes de trois microtubules (triplets) disposés en cercle. Cet arrangement porte le nom de *disposition de type 9 + 0*. Le 9 désigne les neuf groupes de microtubules et le 0, l'absence de microtubules au centre (noter la différence entre cet arrangement et celui du flagelle eucaryote). Une longitudinal d'un centriole est perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'autre.

▶ Vérifiez vos acquis

Les cytoplasmes des cellules procaryotes contiennent-ils des organites? **3-18**

Quelles sont les différences, sur les plans de l'organisation structurale et des fonctions, entre le RE rugueux, le RE lisse et le complexe golgien? **3-19**

L'évolution des eucaryotes

▶ Objectif d'apprentissage

3-20 Examiner les liens sur lesquels s'appuie l'hypothèse de l'origine endosymbiotique des eucaryotes.

La majorité des biologistes croient que la vie est apparue sur Terre il y a 3,5 ou 4 milliards d'années et qu'elle a pris la forme d'organismes très simples, semblables aux cellules procaryotes que nous connaissons. Il y a environ 2,5 milliards d'années, des cellules procaryotes se sont transformées et ont donné naissance aux premières cellules eucaryotes. Supposons que la principale différence entre les procaryotes et les eucaryotes est la présence, chez ces derniers,

d'organites hautement spécialisés. Lynn Margulis a été la première scientifique à proposer un mécanisme, appelé **hypothèse de l'origine endosymbiotique**, pour expliquer comment les eucaryotes se sont formés. Selon elle, certaines grosses cellules bactériennes auraient perdu leur paroi cellulaire; elles auraient absorbé des bactéries plus petites et leur auraient donné asile. Ce type de relation, où un organisme vit au sein d'un autre, s'appelle *endosymbiose* (symbiose = vivre ensemble).

Cette hypothèse suppose que la membrane plasmique de l'eucaryote primitif a formé une enveloppe autour du chromosome, créant ainsi un noyau rudimentaire (figure 3.2). La nouvelle cellule, appelée *nucléoplasme*, a ingéré des bactéries aérobies, qui s'y sont installées. Cet arrangement a évolué en une symbiose par laquelle le nucléoplasme fournissait des nutriments et la bactérie endosymbiotique produisait de l'énergie pour son hôte. Les chloroplastes auraient fait un cheminement semblable. Ils seraient les descendants de procaryotes photosynthétiques qui auraient été avalés par un nucléoplasme primitif. On croit que l'origine des flagelles et des cils eucaryotes remonte à des associations symbiotiques entre la membrane plasmique d'eucaryotes primitifs et des bactéries mobiles en forme de vrille appelées *spirochètes*.

Un certain nombre d'études comparatives des cellules procaryotes et eucaryotes révèlent des faits qui confirment l'hypothèse de l'origine endosymbiotique. Par exemple, les mitochondries et les chloroplastes ressemblent à des bactéries par leur forme et leur taille. De plus, ils contiennent de l'ADN circulaire, un trait caractéristique des procaryotes, et ils sont capables de se reproduire d'eux-mêmes. Leurs ribosomes ressemblent à ceux des procaryotes et ils utilisent des mécanismes de synthèse des protéines rappelant davantage ceux des bactéries. Enfin, les antibiotiques qui s'attaquent aux ribosomes des bactéries inhibent aussi ceux des mitochondries et des chloroplastes.

▶ Vérifiez vos acquis

Trois organites ne sont pas reliés au complexe golgien. Quels sont-ils?
Quelle pourrait être l'origine de ces organites? **3-20**

* * *

Le sujet qui retiendra notre attention à partir de maintenant est la croissance microbienne. Dans le chapitre 4, nous verrons comment les conditions environnementales influent sur la capacité de proliférer des différents types de microorganismes.

RÉSUMÉ

LES CELLULES PROCARYOTES ET LES CELLULES EUCARYOTES EN BREF (p. 44)

1. Les cellules procaryotes et eucaryotes se ressemblent par leur composition chimique et leurs réactions chimiques.
2. La cellule procaryote est dépourvue d'organites limités par une membrane. Elle n'a pas de noyau; le chromosome est unique, circulaire et composé d'ADN.
3. Il y a du peptidoglycane dans la paroi cellulaire des procaryotes, mais non dans celle des eucaryotes.
4. La cellule eucaryote possède un noyau limité par une membrane et d'autres organites.

LA CELLULE PROCARYOTE (p. 44)

1. Les bactéries sont unicellulaires et la plupart d'entre elles se multiplient par scissiparité.
2. Les espèces bactériennes se distinguent les unes des autres par leur morphologie, leur composition chimique, leurs besoins nutritifs, leur activité biochimique et leur source d'énergie.

LA TAILLE, LA FORME ET LE GROUPEMENT DES CELLULES BACTÉRIENNES (p. 44)

1. La petitesse des bactéries est une caractéristique importante: la plupart des bactéries ont de 0,2 à 2,0 µm de diamètre et de 2 à 8 µm de long.
2. Les bactéries ont trois formes principales: sphérique (les cocci), en bâtonnet (les bacilles) et spiralée. Elles peuvent se présenter en groupements caractéristiques de l'espèce à laquelle elles appartiennent.
3. Les bactéries pléomorphes peuvent se présenter sous plusieurs formes.

LES STRUCTURES À L'EXTÉRIEUR DE LA PAROI CELLULAIRE (p. 47)

Le glycocalyx (p. 48)

1. Le glycocalyx (capsule, couche visqueuse et polysaccharide extracellulaire) forme une enveloppe gélatineuse composée de polysaccharides, de polypeptides ou des deux.
2. La capsule en une structure dont la présence augmente la virulence des bactéries: elle protège certaines bactéries pathogènes contre la phagocytose.
3. La capsule facilite l'adhérence aux surfaces, prévient la déshydratation de la bactérie et lui procure des nutriments dans certains cas.