



RÉDIGÉ DE COURS

BIOLOGIE CELLULAIRE

BCL(1) : Structure générale de la cellule

2021/2022

Biologie cellulaire

BCL(1) : Structure générale de la cellule

Sommaire du cours de BCL1

Chapitre 1. Définition de la cellule, du cytoplasme et du cytosol	6
I. Représentation schématique d'une cellule	8
II. Définition du cytoplasme	9
III. Définition du cytosol	10
IV. Composition et fonctions du cytosol	13
1. Composition du cytosol (1) : moléculaire et ionique.....	13
2. Composition du cytosol (2)	15
3. Fonctions du cytosol	16
Chapitre 1bis. Les membranes biologiques : structures et fonctions	18
I. Structure et composition des membranes biologiques des eucaryotes.....	19
II. Structure et propriétés des principaux constituants des membranes biologiques	34
1. Les trois classes de lipides membranaires.....	34
a. Les glycérophospholipides	34
b. Les sphingolipides.....	39
c. Les stéroïdes	40
d. La distribution des lipides membranaires	45
2. Les protéines membranaires : intrinsèques et extrinsèques	47
a. Les protéines membranaires intrinsèques	48
b. Les protéines membranaires extrinsèques	51
3. Les glucides membranaires.....	53
III. Principales fonctions physiologiques des membranes.....	56
1. Transport passif	57
a. Diffusion simple	58
b. Diffusion facilitée.....	60
c. Osmose.....	67
2. Transport actif	72
a. Transport actif couplé à une hydrolyse de l'ATP	72
b. Transport actif secondaire ou co-transport	80

Chapitre 1. Définition de la cellule, du cytoplasme et du cytosol



UE2: Cycle 1 : Structure générale de la cellule

Chapitre 1 :

Définition de la cellule, du cytoplasme et du cytosol

Pr. Michel SEVE

Année universitaire 2020/2021
Université Grenoble Alpes - Tous droits réservés

Diapo 1 :

Nous débuterons ce cycle d'enseignement sur la structure générale de la cellule par un chapitre d'introduction sur la définition de la cellule. L'objectif est de décrire les **différents éléments de la cellule eucaryote** avec une description des **constituants du cytoplasme et du cytosol**.

Diapo 2 :

Avant d'avancer dans ce cours, je voudrais me présenter. Je suis Michel SEVE, professeur en biochimie, biologie cellulaire et biotechnologies à l'Université Joseph Fourier (UJF). Je suis également praticien hospitalier (PH) à l'Institut de Biologie et Pathologie du CHU de GRENOBLE. Mes enseignements sont donnés dans le domaine de la biochimie, la biologie cellulaire et les biotechnologies en PACES, au cours des études de pharmacie, dans les licences et maîtrises en biotechnologies-santé.

Je suis également responsable de l'école des biotechnologies à l'UJF et co-responsable du Master européen « Erasmus Mundus BioHealth Computing ».

En ce qui concerne mes activités de recherche et hospitalière, je suis responsable de la plateforme de protéomique Prométhée, structure commune au CHU de Grenoble et à l'Institut Albert Bonniot. Avec mon équipe, nous développons des techniques et réalisons des recherches et validations de bio marqueurs par des approches de protéomique.

Définition de la cellule, du cytoplasme et du cytosol

Plan du cours

1. Représentation schématique d'une cellule
2. Définition du cytoplasme
3. Définition du cytosol
4. Composition et fonctions du cytosol

Diapo 3 :

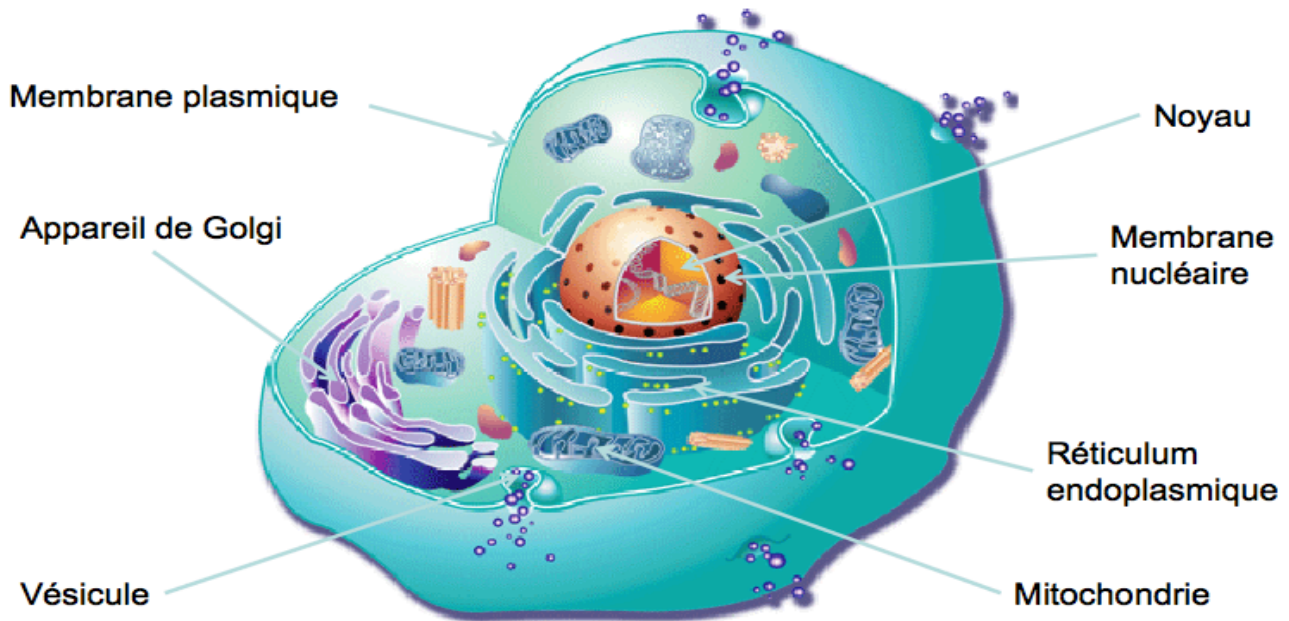
Ainsi, nous débuterons ce cycle d'enseignement par un ensemble de définitions de la structure de la **cellule eucaryote**. Après l'observation d'une représentation schématique d'une cellule, nous définirons les termes de **cytoplasme**, de **cytosol** et nous finirons par voir la **composition** et les **fonctions** du **cytosol**.

I. Représentation schématique d'une cellule

Chapitre 1: Définition de la cellule, cytoplasme et cytosol

1. Représentation schématique 4/14

1. Représentation schématique d'une cellule



Diapo 4 :

La cellule est l'unité **structurale**, **fonctionnelle** et **reproductrice** constituant tout ou partie d'un être vivant à l'**exception des virus**. Chaque cellule est une entité vivante qui dans le cas d'organismes multicellulaires fonctionne de manière autonome mais coordonnée avec les autres. Les cellules de même type sont ainsi réunies en **tissus** eux-mêmes réunies en **organes**.

La **théorie cellulaire** implique l'unité de tout le vivant, tous les êtres vivants sont composés de cellules dont la structure fondamentale est commune ainsi que l'homéostasie du **milieu intérieur**, milieu de composition physico-chimique régulée et propice au développement des cellules de l'espèce considérée.

L'étude de la cellule depuis plus de 300 ans a permis de décrire ces différents constituants et de découvrir son fonctionnement du niveau moléculaire jusqu'à des modèles d'intégration globale.

Vous pouvez observer ici une représentation schématique d'une **cellule eucaryote**. La cellule constitue une unité spatiale délimitée par une membrane appelée **membrane plasmique**, celle-ci, loin d'être une **limitante hermétique**, constitue une **surface d'échanges** permettant la mise en place de flux. La nature moléculaire de cette membrane et ses éléments fonctionnels vous seront décrits dans le chapitre suivant.

III. Définition du cytosol

Chapitre 1: Définition de la cellule, cytoplasme et cytosol

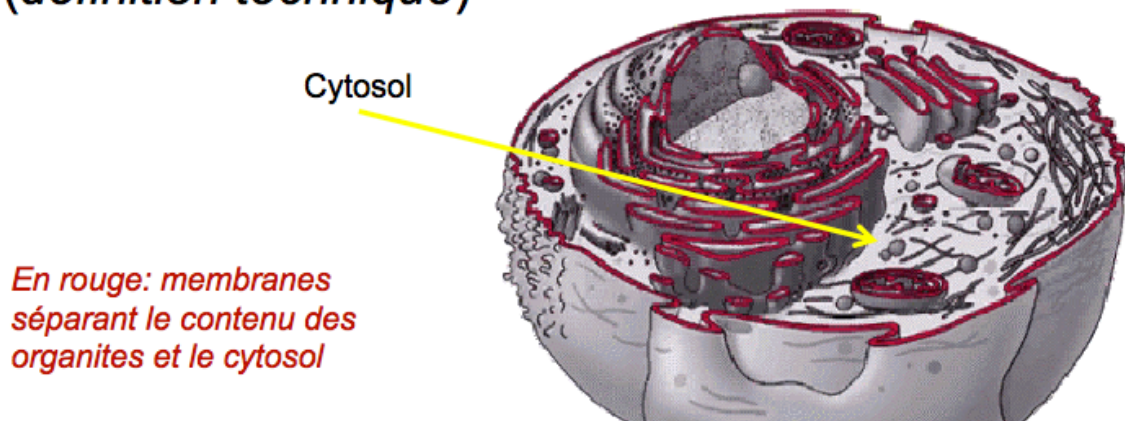
3. Définition du cytosol

6/14

3. Définition: Le cytosol

Le cytosol (ou hyaloplasme) est la phase liquide, translucide, où baignent les organites

Fraction liquide du cytoplasme, obtenue après centrifugation et élimination des organites
(*définition technique*)



Diapo 6 :

Le cytosol ou hyaloplasme est donc la phase **liquide**, **translucide** où **baignent** les organites. Nous pouvons donner une définition technique du cytosol, il s'agit d'une fraction liquide du cytoplasme obtenue après centrifugation et élimination des organites.

Ce cytosol est donc **délimité par l'ensemble des membranes de la cellule**, la membrane plasmique, la membrane nucléaire et les membranes des organites.

Ces limites membranaires sont représentées en rouge sur ce schéma de cellule. Le cytosol correspond à l'espace de couleur grise situé au centre.

L'observation microscopique des cellules a mis en évidence de nombreuses structures internes appelées **organites intracellulaires**. Nous pouvons ainsi citer le **noyau**, le **réticulum endoplasmique**, l'**appareil de Golgi**, les **vésicules**, les **mitochondries** etc.

Ces organites sont **également délimités par des membranes**. Le noyau par exemple, est délimité par une **membrane nucléaire**. La cellule est donc constituée d'un système complexe de membranes, délimitant des compartiments au sein desquels vont se dérouler des réactions biochimiques bien définies.

II. Définition du cytoplasme

Chapitre 1: Définition de la cellule, cytoplasme et cytosol

2. Définition du cytoplasme

5/14

2. Définition: Le cytoplasme

Le cytoplasme est défini comme le matériel biologique contenu entre la membrane plasmique (membrane cellulaire) et l'enveloppe nucléaire

Il s'agit d'une phase liquide qui comporte de nombreux organites et structures en suspension dans le cytosol tels que :

- noyau
- Ribosomes
- Réticulums endoplasmiques
- Appareil de Golgi
- Vésicules, endosomes, lysosomes, phagosomes,...
- Mitochondries et plastes (plantes)
- Un Cytosquelette qui maintient la forme de la cellule et qui sert d'ancrage aux organites

Diapo 5 :

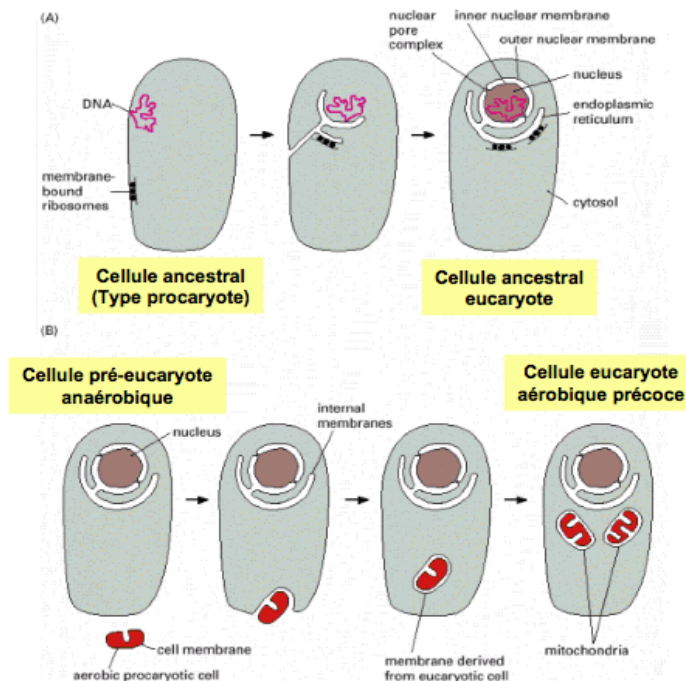
Nous commencerons par quelques définitions. Le **cytoplasme** est défini comme le matériel biologique contenu **entre la membrane plasmique et l'enveloppe nucléaire**.

Il s'agit d'une phase liquide plus exactement d'une émulsion colloïdale qui comporte de nombreux organites et structures en suspension dans une **phase liquide** appelée **cytosol**.

Il contient des **ribosomes**, des **mitochondries**, un **cytosquelette** et un ensemble de **vacuoles** plus ou moins ramifiées. Ces vacuoles constituent le **réticulum endoplasmique**, l'**appareil de Golgi**, les **vésicules de sécrétion**, les **endosomes**, les **lysosomes**, les **phagosomes**.

En outre, le cytoplasme des plantes comporte un organite appelé « **plaste** » impliqué dans la **photosynthèse**.

Origine des organites intracellulaires



Diapo 7 :

Attardons-nous un peu sur l'origine de ces structures au cours de l'évolution et voyons la théorie de l'évolution admise actuellement.

Nos cellules eucaryotes dérivent d'une cellule ancestrale de type **procaryote**, c'est à dire une cellule à la structure très simple, le matériel biologique étant contenu dans un espace délimité par une seule membrane. Cette cellule ancestrale ne contenait donc **pas d'organites intracellulaires**. L'**ADN génomique** était attaché à une petite invagination de la membrane plasmique.

Un réarrangement a provoqué la formation d'une enveloppe autour du noyau, laissant toute fois un contact entre l'ADN génomique et le cytosol afin de permettre les étapes de synthèse protéique. **Le contenu nucléaire est donc topologiquement apparenté au cytosol**. Nous retrouverons cet état durant la **division cellulaire** où le contenu nucléaire se mélange au cytosol.

D'un autre côté, la **lumière du réticulum** est en **continuité avec l'espace entre la membrane externe et la membrane interne du noyau**, et donc topologiquement apparentée au milieu extracellulaire. Nous retrouverons ce lien topologique notamment lors du processus de **synthèse de protéines sécrétées**.

En ce qui concerne les mitochondries et les plastes, la théorie admise de leur origine est celle de **l'endocytose** d'une **bactérie** par une cellule pré-eucaryote. Ce mécanisme est schématisé sur les dessins du bas. Cette théorie s'appuie sur l'analyse des génomes mitochondriaux et explique pourquoi la lumière de ces organites est restée isolée du réseau de membrane intracellulaire.

Volume du cytosol et des organites intracellulaires

Compartiment	% volume cellulaire
Cytosol	54
Mitochondrie	22
REG	9
REL+Golgi	6
Noyau	6
Peroxisomes	1
Lysosomes	1
Endosomes	1



(Cellule de Foie: Hépatocyte)

Diapo 8 : Il faut retenir les ordres de grandeur !

La cellule eucaryote comporte donc un cytosol où baignent de nombreux organites. Ces organites représentent une fraction du volume intracellulaire très variable.

La **majeure partie du volume cellulaire est occupée par le cytosol**. Les organites occupant le plus grand volume sont les **mitochondries** avec **22%** du volume. Le réticulum, l'appareil de Golgi et le noyau occupent des volumes compris entre **6** et **9%**.

Enfin les différents types de compartiments vésiculaires n'occupent guère plus de **1%** chacun.

Toutefois, nous verrons que ces chiffres peuvent varier de manière importante **suivant le type cellulaire et l'activité de la cellule**.

Les chiffres présentés ici sont les valeurs pour une cellule du foie : l'hépatocyte. Les ordres de grandeur sont donc à retenir plus que les chiffres dans l'absolu.

IV. Composition et fonctions du cytosol

1. Composition du cytosol (1) : moléculaire et ionique

4. Composition moléculaire du cytosol (1)

- Phase liquide ou semi-liquide
 - Gel colloïde: 4 fois plus visqueux que H₂O
 - pH 7,0 (pH extracellulaire: 7,4)
 - 85% d'eau:
 - - Eau liée aux macromolécules: ADN, protéines
 - - Eau hydratation: équilibre chimique (exemple: CO₂/H₂O <-> HCO₃⁻/H⁺)
 - - Eau libre (30%): non fixée à une autre molécule, disponible immédiatement pour une réaction enzymatique ou un transport
- Ions: Na⁺, K⁺, Cl⁻, Mg²⁺, Ca²⁺
- Gaz: O₂, CO₂
- Molécules: Glucides, lipides, acides aminés, nucléotides, autres métabolites
- Macromolécules
 - Protéines, polysaccharides, glycoprotéines, acides nucléiques

Diapo 9 :

Voyons maintenant plus en détails quelle est la composition du cytosol. Il s'agit d'une phase liquide ou plus exactement d'une phase **semi-liquide**. En effet, la définition exacte en terme biophysique du cytosol est celle d'un **gel colloïdal 4 fois plus visqueux que l'eau**.

Son pH est neutre autour de **7**. Pour comparaison, le pH global de la cellule est de **7,4** à rapprocher également de la valeur de pH physiologique du milieu extracellulaire aux environs de **7,45**.

Le cytosol est constitué de **85%** d'eau, cette eau se déclinant en eau liée aux macromolécules, en eau d'hydratation et enfin en eau libre qui ne représente que **30%** du volume du cytosol.

Le cytosol est également **riche en ions** notamment **sodium**, **potassium**, **chlore**, **magnésium** ou **calcium**, il comporte certains gaz dissous comme l'**oxygène** ou le **gaz carbonique**. De nombreuses molécules ont été mises en évidence dans le cytosol se divisant en 2 groupes :

- Les molécules de petites ou moyennes tailles, telles que des **glucides**, des **lipides**, des **acides aminés**, des **nucléotides** et un nombre très élevé d'autres **métabolites**.
- Le deuxième groupe comporte des macromolécules, telles que des **protéines**, des **polysaccharides**, des **glycoprotéines** ou des **acides nucléiques**.

Composition ionique du cytosol des mammifères (mM)

Ion	Cytosol	Sang
K ⁺	139	4
Na ⁺	12	145
Cl ⁻	4	116
HCO ₃ ⁻	12	29
X ⁻ (protéines)	138	9
Mg ²⁺	0.8	1.5
Ca ²⁺	<0.0002	1.8

Diapo 10 :

Ce tableau récapitule les concentrations des principaux ions présents dans le cytosol. Ces concentrations sont exprimées en **milli molaire** (mM) et sont à comparer à celles mesurées dans la circulation sanguine qui représente le milieu extracellulaire.

Ces concentrations pour la circulation sanguine sont indiquées dans ce tableau sur la colonne de droite. Les **flèches rouges** indiquent les ions présentant de grandes différences de concentration entre le milieu intracellulaire et le sang.

Nous remarquerons que le **cation principal du cytosol** est le **potassium** alors que le **sodium** est en concentration **faible** en comparaison de la concentration extracellulaire.

D'autre part, l'**anion extracellulaire principal** est le **chlore** alors que les charges négatives sont principalement amenées par les **protéines** dans le cytosol.

3. Fonctions du cytosol

Chapitre 1: Définition de la cellule, cytoplasme et cytosol

4. Composition et fonctions

12/14

Fonctions du cytosol

1) Réserve de matériaux

Régulation des pH intra et extracellulaire grâce à la grande quantité d'eau et d'ions.

Réserve énergétique grâce aux vacuoles lipidiques et glycogéniques.

Réserve de matériaux nécessaires à la construction des édifices macromoléculaires.

Transit de molécules protéiques et macromolécules.

2) Carrefour de voies métaboliques

anabolisme et catabolisme des glucides, des acides aminés, des acides gras et des nucléotides.

3) Transduction du signal à partir de la mb plasmique vers les organites et le noyau

Diapo 12 :

Nous terminerons ce chapitre par l'énumération des fonctions du cytosol. Elles sont au nombre de trois :

- Le cytosol est tout d'abord une **réserve de matériaux** pour de nombreuses fonctions cellulaires : Il participe à la **régulation des pH intra et extra cellulaire** grâce à sa grande quantité d'eau et d'ions et à la possibilité de les mobiliser à travers les membranes, la membrane plasmique et celle des différents compartiments.

Il s'agit d'une **réserve énergétique** grâce aux vacuoles lipidiques et glycogéniques et une réserve de matériaux nécessaires à la construction des édifices macromoléculaires.

Enfin, le cytosol permet le **transit de molécules protéiques** et de **macromolécules**.

- Sa deuxième fonction est celle d'un **carrefour de voies métaboliques** en permettant le déroulement de nombreuses **réactions enzymatiques** et **l'échange de métabolites** et produits de réactions avec les autres compartiments. Le cytosol est le lieu de réactions anaboliques et cataboliques des glucides, des acides aminés, des acides gras et des nucléotides.

Enfin nous remarquerons la concentration **extrêmement faible du calcium intracellulaire**. Le calcium étant un **messenger intracellulaire**, sa signalisation ne peut fonctionner correctement qu'avec un taux basal très faible.



KiNe : K^+ intracellulaire et Na^+ extracellulaire

2. Composition du cytosol (2)

Chapitre 1: Définition de la cellule, cytoplasme et cytosol

4. Composition et fonctions

11/14

Composition du cytosol (2)

- La concentration protéique du cytosol est très élevée: estimation de 200 mg/mL
- Les protéines représentent environ 20 à 30% du volume du cytosol
- Nombreuses protéines liées aux membranes (membrane plasmique ou des organites)
- Globules lipidiques et particules de glycogène

Diapo 11 :

Nous avons parlé d'un état de gel colloïdal pour ce cytosol. Ceci est dû à la grande quantité de molécules en solution, particulièrement, les protéines avec une concentration protéique cytosolique estimée à environ **200mg/mL**. C'est une concentration très élevée qui n'est jamais rencontrée pour un liquide biologique extracellulaire.

Les protéines représentent ainsi **20 à 30%** du volume du cytosol. Parmi ces protéines, certaines sont en solution, isolées ou sous forme de complexes plus ou moins importants mais une très grande partie de ces protéines sont liées aux membranes, que ce soit la membrane plasmique ou celle des organites sous la forme de **complexes multi protéiques**.

Enfin, le cytosol comporte plusieurs structures de grandes tailles en suspension observables au microscope électronique que sont les **globules lipidiques** et les particules de **glycogène**. Ces structures. Elles ne sont donc **pas considérées comme des organites** et sont des **constituants** du cytosol.

- Sa troisième fonction est de **transmettre des signaux** à partir de la membrane plasmique vers les organites et le noyau, c'est la transduction du signal qui fait appel à de nombreuses protéines notamment des enzymes fixées sous la membrane plasmique ou en solution.



Eléments majeurs à retenir...

- Savoir définir le cytosol et le cytoplasme
Membrane plasmique, organites
- Connaître la composition du cytosol
- Connaître les fonctions du cytosol
Réserve de matériaux, carrefour de voies métaboliques, transduction du signal

Diapo 13 :

A l'issue de ce cours voici les éléments majeurs à retenir :

- Vous devez savoir définir le **cytosol** et le **cytoplasme** avec leurs **relations avec la membrane plasmique et les organites**.
Vous devez connaître,
- La **composition** du **cytosol**
- Ainsi que ses fonctions comme : **réserve de matériaux, carrefour de voies métaboliques** et dans la **transduction du signal**.

Nous avons ainsi abordé un schéma très général de la cellule et défini le cytoplasme et le cytosol. Nous avons aussi cité un certain nombre d'organites intracellulaires qui seront détaillés dans les chapitres ultérieurs.