

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة  
UNIVERSITE DES FRERES  
MENTOURI CONSTANTINE

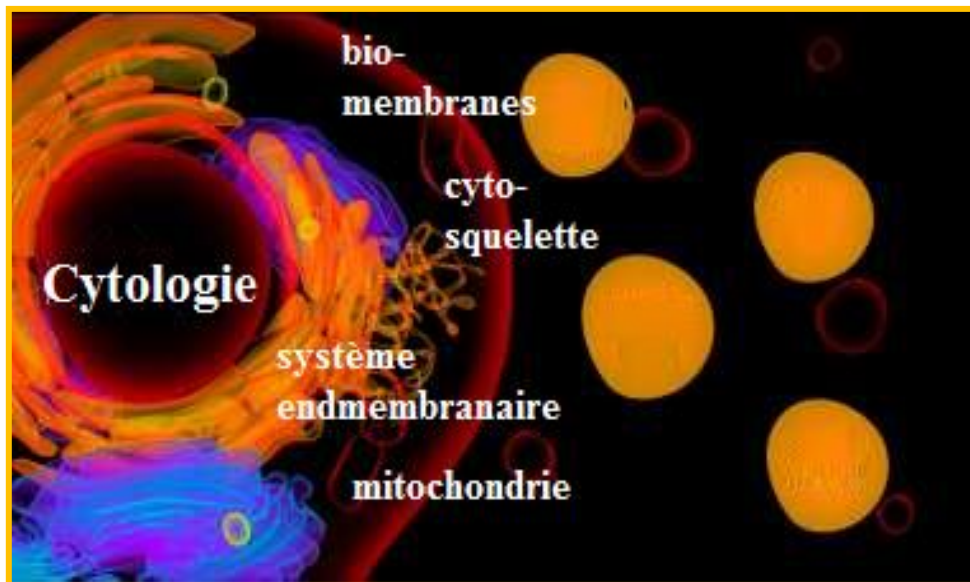
Institut des Sciences Vétérinaires  
معهد العلوم البيطرية  
Département de préclinique  
قسم ما قبل العيادي



**Polycopié pédagogique**

**TRAVAUX DIRIGES DE CYTOLOGIE**

**Biomembranes : structures et fonctions**



**Dr ALLAOUI. ASSIA**  
**Maitre de conférences A**

**Module de Cytophysiologie**  
**Première Année Docteur Vétérinaire**

Année universitaire 2022-2023.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة  
UNIVERSITE DES FRERES  
MENTOURI CONSTANTINE

Institut des Sciences Vétérinaires  
معهد العلوم البيطرية  
Département de préclinique  
قسم ما قبل العيادي



**Polycopié pédagogique**

**TRAVAUX DIRIGES DE CYTOLOGIE**

**Biomembranes : structures et fonctions**

**Dr ALLAOUI. ASSIA**

## **AVANT PROPOS**

Ce Polycopié est destiné aux étudiants de la première année Docteurs Vétérinaires, conformément au programme du comité Pédagogique National, dont l'objectif général est d'apporter une vue d'ensemble de conceptions de base et des préoccupations relatives à la biologie cellulaire.

Ces travaux dirigés ont pour but de permettre à l'apprenant :

- D'évaluer les objectifs atteints au terme de chaque activité d'apprentissage
- D'apprécier les connaissances acquises et les compétences développées
- De proposer une explication en mobilisant ses connaissances
- De maîtriser le raisonnement scientifique

Chacun des chapitres est un ensemble d'exercices corrigés et commentés. Les différents chapitres se terminent par une liste de références bibliographiques et de sites web, utilisés comme illustration de l'enseignement. Différents types de tests « QCM, QCS » et de questions : « QROC, exercices d'analyse et de compréhension » accompagnent chaque chapitre pour rendre plus aisée la mobilisation et la restitution connaissances

L'objectif global de ce support de travaux dirigés est de mettre à disposition des étudiants et des curieux, des données scientifiques facilitant la compréhension des bases essentielles de la biologie générale.

## **SOMMAIRE**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CHPITRE I</b> .....  | <b>2</b>  |
| <b>INTRODUCTION A LA CYTOLOGIE</b> .....  | <b>2</b>  |
| I. QCM .....  | 2         |
| II. QROC .....  | 4         |
| III. Exercice 1 .....   | 4         |
| IV. Exercice 2 .....  | 5         |
| V. Exercice 3 .....   | 5         |
| <b>CHAPITRE II</b> .....  | <b>7</b>  |
| <b>LA STRUCTRE MEMBRANAIRE</b> .....  | <b>7</b>  |
| I. QCM .....  | 7         |
| II. QCS .....   | 8         |
| III. QROC .....   | 12        |
| IV. Exercice 1 .....  | 13        |
| V. Exercice 2 : Le Cholestérol .....  | 14        |
| VI. Exercice 3 : Organisation générale d'une membrane plasmique .....   | 15        |
| VII. Exercice 4 : Localisation des différents types de protéines membranaires .....   | 16        |
| <b>CHAPITRE III</b> .....   | <b>18</b> |
| <b>TRANSPORTS ET DIFFUSIONS A TRAVERS LA MEMBRANE PLASMIQUE DES<br/>PETITES ET DES MACROMOLECULES.</b> .....                      | <b>18</b> |
| I. QCM 1 .....  | 18        |
| II. QCM 2 .....   | 23        |
| III. QCS .....  | 26        |
| IV. QROC .....  | 30        |
| V. Exercice 1: Classification des types de transport utilisés par les cellules pour les<br>échanges avec leur environnement ..... | 31        |
| VI. Exercice 2: La diffusion simple des gaz à travers la bicouche lipidique. ....   | 32        |
| VII. Exercice 3 : la perméabilité de la membrane .....  | 32        |

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| VIII. Exercice 4 : l'osmose.....  | 33                                 |
| IX. Exercice 5 : Transport des ions Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> dans les cellules animales..... | 33                                 |
| X. Exercice 6 : la pompe Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> ATP dépendante .....                       | 34                                 |
| XI. Exercice 7 : Perméabilité des hématies de Mammifère au Glucose. ....                            | 34                                 |
| XII. Exercice 8 : Absorption du Glucose par les Entérocytes.....                                    | 35                                 |
| XIII. Exercice 9: Mécanisme de l'endocytose du Fer .....  | 36                                 |
| XIV. Exercice 10: L'exocytose .....   | 38                                 |
| <b>SOLUTION DES EXERCICES.....</b>  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| <b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>  | <b>39</b>                          |

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

|             |                                   |
|-------------|-----------------------------------|
| <b>A°</b>   | Angstrom                          |
| <b>ADP</b>  | Adénosine di phosphate            |
| <b>ATP</b>  | Adénosine triphosphate            |
| <b>AG</b>   | Acides Gras                       |
| <b>F</b>    | Faux                              |
| <b>GLUT</b> | Glucose Transporter               |
| <b>GDP</b>  | Guanine diphosphate               |
| <b>GTP</b>  | Guanine triphosphate              |
| <b>kDa</b>  | Kilo Dalton                       |
| <b>L</b>    | Litre                             |
| <b>LDL</b>  | low density lipoproteins          |
| <b>nm</b>   | Nanomètre                         |
| <b>REL</b>  | Réticulum endoplasmique lisse     |
| <b>RER</b>  | Réticulum endoplasmique rugueux   |
| <b>SGLT</b> | Sodium glucose transporters       |
| <b>QCM</b>  | Questionnaire à Choix Multiple    |
| <b>QCS</b>  | Questions à Choix Simple          |
| <b>QROC</b> | Question à Réponse Ouverte Courte |
| <b>V</b>    | Vrai                              |
| <b>µm</b>   | micromètre                        |

## **LISTE DES FIGURES**

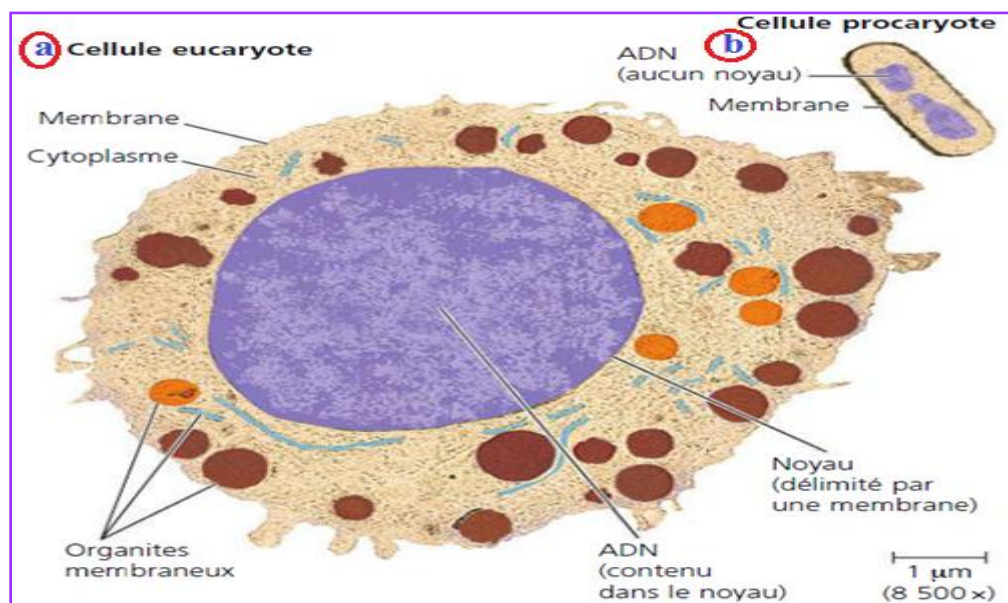
|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figure 1 :</b> Cellules (Coupes de cellules théoriques)<br>(a) cellule Eucaryote : (b) Cellule Procaryotes  | <b>1</b>  |
| <b>Figure 2 :</b> Le modèle actuel de la membrane plasmique d'une cellule animale  | <b>6</b>  |
| <b>Figure 3:</b> Différents modes de transport membranaire   | <b>16</b> |
| <b>Figure 4 :</b> Cellule Eucaryote (Coupe de cellule théorique) : Cellule animale   | <b>44</b> |
| <b>Figure 5 :</b> Structure des liposomes et des micelles  | <b>49</b> |
| <b>Figure 6 :</b> Différentes étapes de l'expérience utilisant des cellules « hybrides » et démontrant l'existence de la fluidité membranaire chez les cellules animales | <b>50</b> |
| <b>Figure 7 :</b> Conformation du cholestérol  | <b>54</b> |
| <b>Figure 8 :</b> Importance du cholestérol dans le contrôle de la fluidité membranaire, en fonction de la composition en lipides de la membrane                         | <b>55</b> |
| <b>Figure 9:</b> Endocytose par des vésicules recouvertes de clathrine, (Endocytose d'adsorption)  | <b>56</b> |
| <b>Figure 10 :</b> Différentes étapes de la métabolisation de substances toxiques au niveau des citernes du REL.   | <b>58</b> |
| <b>Figure 11 :</b> Le modèle actuel de la membrane plasmique d'une cellule animale (en coupe transversale). Modèle de la mosaïque fluide modèle de Singer et Nicholson.  | <b>59</b> |
| <b>Figure 12 :</b> Illustration schématique des différentes étapes de l'absorption et de la destruction d'un microorganisme par une cellule animale.                     | <b>70</b> |
| <b>Figure 13:</b> Modèle schématique illustrant le fonctionnement de la pompe $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ATP dépendante des cellules animales                              | <b>77</b> |
| <b>Figure 14:</b> Transport du glucose au niveau de l'entérocyte   | <b>79</b> |
| <b>Figure15 :</b> Le cycle de la transferrine dans les cellules  | <b>81</b> |

# CHAPITRE 1

## INTRODUCTION A LA CYTOLOGIE

### Pré requis :

1. Connaître la notion d'organismes uni et pluricellulaires.
2. Savoir distinguer cellule Eucaryote et cellule Procaryote.
3. Connaître les principales différences anatomiques et fonctionnelles entre cellule Procaryote et cellule Eucaryote.
4. Etre capable de donner une définition simple d'un virus.
5. Savoir légender une cellule Eucaryote.
6. Etre capable de récapituler tous les organites cytoplasmiques des cellules animales et végétales et savoir décrire brièvement leur rôle.
7. Connaître les éléments spécifiques à la cellule animale.



**Figure 1 :** Cellules (Coupes de cellules théoriques)

(a) cellule Eucaryote : (b) Cellule Procaryotes (Faucher et Lachaine 2012)



## **CHPITRE I**

### **INTRODUCTION A LA CYTOLOGIE**

#### **I. QCM**

**Répondre par Vrai (V) ou Faux (F) à chaque proposition. Pour toutes réponses « Faux », justifier la réponse.**

##### **1. La cellule**

- a) La cellule est la plus petite forme de vie. C'est l'unité structurale, fonctionnelle et reproductrice de tout être vivant
- b) Une cellule ne peut pas fonctionner de manière autonome
- c) Dans un organisme multicellulaire, chaque cellule est une entité vivante qui fonctionne de manière coordonnée avec les autres cellules.
- d) Des cellules de même type sont regroupées en organe. Ceux-ci sont eux-mêmes regroupés en tissu.
- e) Tous les êtres vivants sont composés de cellules. Cependant la structure fondamentale de celles-ci peut varier selon les espèces.
- f) L'architecture fondamentale de toutes les cellules comprend la membrane plasmique, les organites et le cytosol.

##### **2. Quelles sont les caractéristiques de la cellule bactérienne ?**

- a) Elle contient un matériel génétique dispersé dans le cytosol sous forme de nucléoïde : pas de véritable noyau.
- b) Elle possède des mitochondries
- c) Elle ne possède jamais de flagelle
- d) Elle renferme des éléments structuraux correspondant au réticulum endoplasmique rugueux des Eucaryotes
- e) la plupart des cellules bactériennes possèdent une paroi
- f) la plupart des cellules bactériennes possèdent une membrane cytoplasmique

**3. Les cellules Eucaryotes**

- a) Possèdent leur matériel génétique enfermé dans une double membrane. appelée enveloppe nucléaire
- b) Possèdent un nucléole
- c) Possèdent un nucléoïde
- d) Ne sont pas compartimentées
- e) Ont une taille généralement supérieure à celle des cellules Procaryotes
- f) Chaque type de cellule est conçu d'une façon caractéristique, définie par sa forme et la position de ses organites.

**4. Laquelle des structures suivantes et lequel des processus existent à la fois dans des cellules Procaryotes et Eucaryotes ?**

- a) Enveloppe nucléaire.
- b) Ribosomes.
- c) Synthèse des protéines
- d) Synthèse d'ATP.
- e) Membrane cellulaire.
- f) Plusieurs chromosomes linéaires.

**5. A propos de la composition et de la fonction des cellules**

- a) Schématiquement, le cation  $K^+$  est majoritaire dans le cytoplasme alors que le cation  $Na^+$  est majoritaire dans le milieu extracellulaire.
- b) Le pH du cytosol est basique
- c) Les fonctions cellulaires sont notamment : être carrefour des voies métaboliques ou encore la transduction du signal.
- d) Le cytosol contient 70% de protéines
- e) Chez les cellules végétales les chloroplastes convertissent l'énergie lumineuse en énergie chimique stockée dans des molécules de glucides
- f) Chez les cellules animales les plasmodesmes permettent la communication cellulaire en reliant le cytoplasme des cellules adjacentes.

## II. QROC

1. Qu'appelle-t-on « métabolisme » ? Quelles classes de métabolisme distingue-t-on chez les êtres vivants ?
2. Définir l'homéostasie et en donner quelques exemples empruntés à la physiologie animale.
3. Quelle est l'espèce moléculaire la plus abondamment rencontrée dans la matière vivante ?
4. Avec quelles unités de mesure exprime-t-on les tailles des molécules, des cellules ?
5. Citer les 4 caractéristiques fonctionnelles majeures permettant d'identifier un être vivant.
6. Quels grands groupes d'êtres vivants distingue-t-on sur la base de leur organisation cellulaire ?
7. Quels arguments permettent d'affirmer que les Virus ne sont pas des êtres vivants ?
8. De quelle époque datent les premières observations de cellules ?
9. Quels sont les trois éléments de base permettant de caractériser la structure fondamentale de toutes les cellules
10. Quelles caractéristiques fondamentales différencient les Procaryotes des Eucaryotes ?

## III. Exercice 1

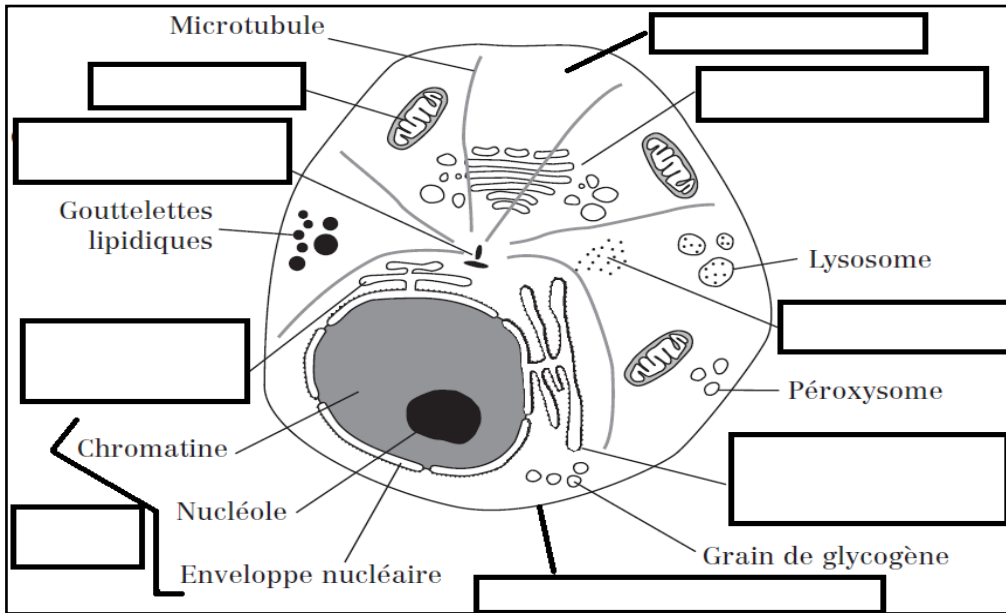
Un professeur de biologie a donné à ses étudiants une culture d'organismes unicellulaires incolores. Les étudiants ont observé que chaque cellule présente un diamètre d'environ 100 $\mu$ m, possède un noyau unique, est de forme rectangulaire et n'éclate pas quand elle est placée dans une solution hypotonique.

Quelles propositions sont vérifiées par ces observations ?

1. Ces cellules sont Eucaryotes.
2. Ce sont des bactéries.
3. Elles ont probablement une matrice extracellulaire à l'extérieur de la membrane cellulaire.
4. Ces organismes sont des cellules qui prolifèrent normalement dans l'eau salée.
5. Ce sont des cellules animales.

**IV. Exercice 2**

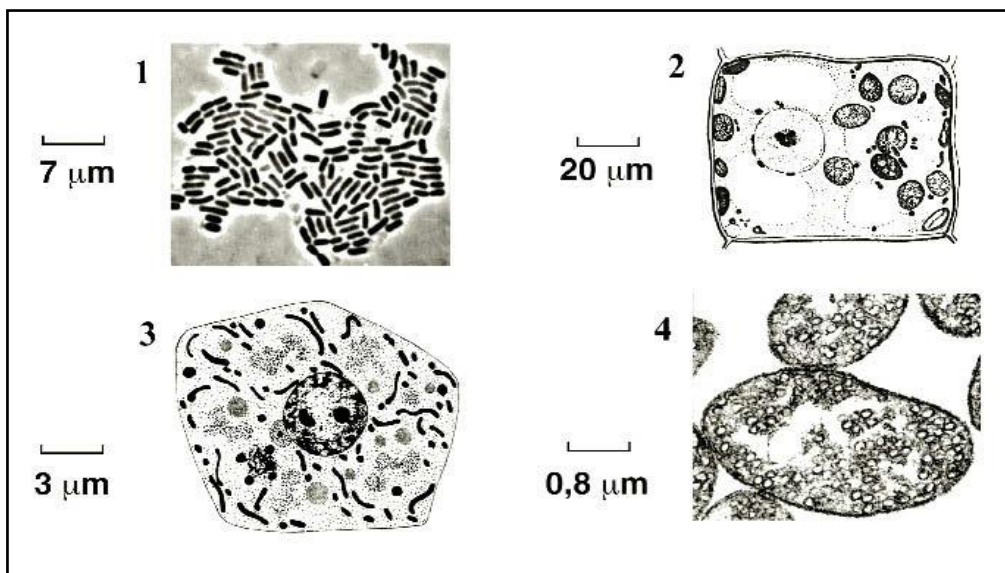
Donner un titre au schéma suivant et remplacer le vide par l'élément adéquat



**V. Exercice 3**

Voici des schémas et des photos de différents types de cellules. Avec l'aide des barres d'échelle, calculez leurs dimensions exactes et identifiez celles que vous considérez comme Procaryotiques ou Eucaryotiques.

Parmi les cellules Eucaryotes, savez-vous distinguer les cellules animales des cellules végétales ? Justifiez vos réponses.



## CHAPITRE 2

### LA STRUCTURE MEMBRANAIRE

#### Pré requis

1. Connaître la structure, la composition, les caractéristiques et les principales fonctions physiologiques de la cytomembrane des cellules Eucaryotes.
2. Etre capable de décrire la répartition, l'agencement et le rôle des différents composants biochimiques (lipides, protéines et glucides) du plasmalemme.
3. Savoir distinguer les parties hydrophiles et hydrophobes d'une molécule afin d'en déduire sa disposition au sein de la membrane plasmique.
4. Connaître les différentes organisations des lipides en milieu aqueux.
5. Connaître les types de mouvements de phospholipides au sein de la membrane.
6. Etre capable de décrire la particularité structurale et fonctionnelle du cholestérol afin d'en déduire le rôle de ce dernier dans la stabilité de la cytomembrane.
7. Connaître les critères de la fluidité membranaire.
8. Connaître la notion d'asymétrie membranaire.
9. Connaître les radeaux lipidiques et leurs particularités structurales.
10. Connaître les différentes catégories de protéines membranaires et leur disposition dans la membrane plasmique.
11. Connaître la notion de glycocalix et savoir sa localisation.

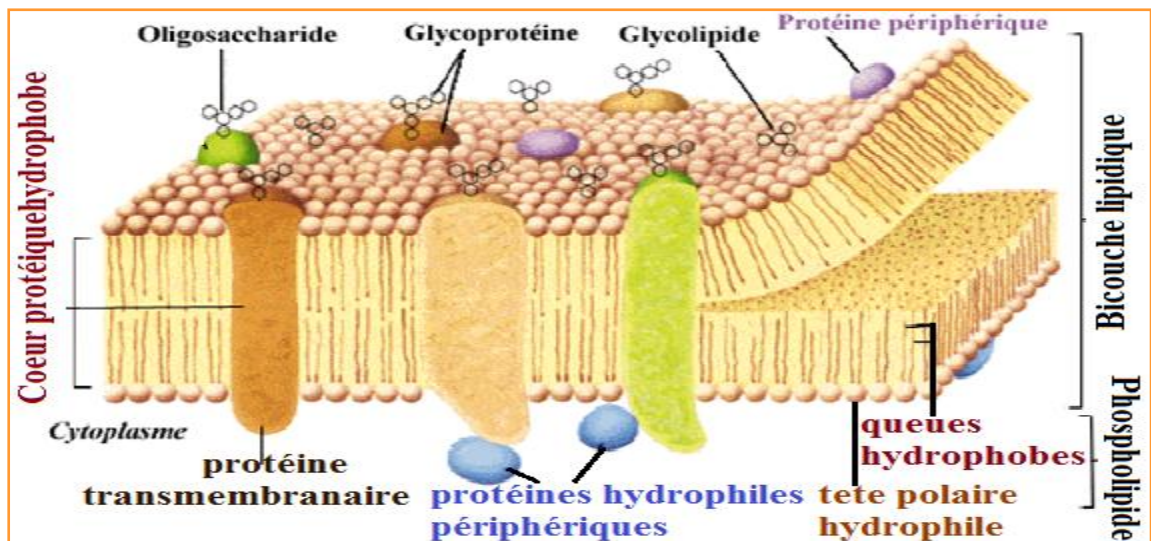


Figure 2 : Le modèle actuel de la membrane plasmique d'une cellule animale (adapté d'après Rachidi 2012)

## CHAPITRE II

### LA STRUCTRE MEMBRANAIRE

#### I. QCM

**Répondre par Vrai (V) ou Faux (F) à chaque proposition. Pour toutes réponses « Faux », justifier la réponse.**

##### 1. La cytomembrane

- a) Est organisée de manière symétrique
- b) Est une bicouche lipidique associée à des protéines et des glucides
- c) Elle ne présente pas une composition chimique homogène
- d) Apparaît di stratifiée, au Microscope Electronique à fort grossissement
- e) Présente deux feuillet denses (osmiophiles) entourant un feuillet clair (osmiophobe)

##### 2. La composition des membranes cellulaire

- a) Les lipides forment le squelette des membranes
- b) Les glucides peuvent être liés aux protéines et/ou aux lipides
- c) Les glucides ne représentent que 8% des membranes
- d) Évaluées, en moyenne du poids sec, les protéines sont le deuxième élément majoritaire des membranes plasmiques
- e) Le rapport des masses protéines/lipides est voisin de 1 pour la majorité des membranes plasmiques

##### 3. Les lipides membranaires

- a) Sont des molécules amphipatiques composées d'une tête hydrophobe et d'une queue hydrophile.
- b) Peuvent être glycosylés
- c) Les acides gras insaturés sont linéaires
- d) Les acides gras insaturés sont plus adhérents entre eux
- e) Plus la membrane est riche en acides gras saturés, plus elle est fluide

#### 4. Les protéines membranaires

- a) Suivant leur localisation on peut décrire les protéines extrinsèques et les protéines périphériques
- b) Les protéines intrinsèques comportent un ou plusieurs domaines transmembranaires
- c) Les protéines extrinsèques peuvent être rattachées à la membrane par des ancrages lipidiques
- d) Les protéines de transport assurent le rôle de perméabilité sélective
- e) Les protéines intégrales possèdent un domaine amino-terminal (-NH<sub>2</sub>) extracellulaire souvent porteur de résidus glucidiques

#### 5. Les glucides membranaires

- a) N'existent pas à l'état libre mais sont toujours associées, de façon covalente, aux autres molécules constitutives de la membrane.
- b) On retrouve des glycolipides et des glycoprotéines au niveau de la face cytosolique de la cellule
- c) Les glycolipides et les glycoprotéines appartiennent à une zone péricellulaire appelée la glycocalyx
- d) La glycocalyx joue un rôle dans les processus de respiration cellulaire.
- e) Pour les Protéoglycanes la partie glucidique ne représente jamais plus de 50-60 % de la masse totale de la molécule.

## II. QCS

**Pour chaque question choisissez la bonne réponse (une seule et unique réponse est juste)**

### 1. La Membrane cellulaire

- a) C'est une enveloppe synthétique de composition chimique homogène.
- b) Elle est appelée plasmodesme.
- c) Elle est rigide et donne à la cellule sa forme.
- d) Elle est n'est pas en continuité avec le système endomembranaire.
- e) Elle s'oppose à la libre diffusion des ions et des solutés hydrosolubles.

**2. Le plasmalemme**

- a) Le glycocalyx accroché au feuillet membranaire interne contribue à la forte asymétrie de la membrane
- b) Le caractère hydrophile de tous les lipides membranaires est à la base de la structure bidimensionnelle de la membrane.
- c) Le plasmalemme sépare et isole pas la cellule de son environnement
- d) La cytomembrane interagit localement avec la matrice extracellulaire
- e) Au dessous de 10°C, la cytomembrane prend aspect « *sol* »

**3. La cytomembrane d'une hématie de Mammifère**

- a) Au Microscope Optique, elle montre une structure trilaminaire.
- b) Son feuillet clair est osmiophile.
- c) Elle comprend 50% de Protéines 42% de Glucides et 8% de lipides.
- d) La glycocalyx contribue à sa forte asymétrie.
- e) Les Acides Gras libres sont les constituants de base de cette cytomembrane.

**4. Les acides gras (AG) membranaires**

- a) Les acides gras (AG) sont les constituants de base des phospholipides des glycolipides et du cholestérol.
- b) Les AG libres sont les constituants de base des cytomembranes
- c) Les AG naturels peuvent être saturés ou insaturés d'hydrogène
- d) Les doubles liaisons des AG renforcent les interactions de Van der waals entre les phospholipides adjacents
- e) Les doubles liaisons créent un angle souple à 30° dans la chaîne d'hydrocarbures des AG.

**5. Les lipides membranaires**

- a) La diversité des phosphoglycérolipides vient de différences dans les deux AG et dans les groupements liés au phosphate.
- b) L'acide phosphatidique constitue la partie commune à toutes les molécules des lipides membranaires
- c) La diffusion transversale des Glycéro phospholipides est à la base de la fluidité membranaire
- d) Les Glycérophospholipides sont majoritairement localisés au niveau du feuillet membranaire externe.



- e) Le phosphatidyl- inositol comporte dans sa structure un acide phosphatidique lié à deux molécules d'inositol.

#### **6. Les Glycéro phospholipides membranaires**

- a) Parmi toutes les classes des lipides, ils sont de loin les plus abondants.
- b) Leur pôle hydrophile est toujours orienté vers l'intérieur de la bicouche lipidique.
- c) Ils ont la propriété de s'associer par des liaisons hydrophiles.
- d) Les doubles liaisons des Acides Gras renforcent les interactions entre les Glycéro-phospholipides adjacents.
- e) L'alcool des Glycéro-phospholipides, est soit le glycérol, soit la sphingosine.

#### **7. Les Sphingolipides membranaires**

- a) Sont des molécules complexes, dépourvus d'acide phosphorique.
- b) Comparés aux glycérophospholipides, ils ont à la place du glycérol de l'inositol.
- c) Ils ne présentent pas un caractère amphiphile.
- d) Ils sont l'un des constituants des radeaux membranaires lipidiques.
- e) Leurs acides gras sont toujours saturés d'hydrogène.

#### **8. Les Glycolipides membranaires**

- a) Sont des molécules complexes, dépourvus d'acide phosphorique.
- b) Parmi toutes les classes des lipides, ils sont de loin les plus abondants.
- c) Ils ne présentent pas un caractère amphiphile.
- d) Chez les Animaux, les glycolipides neutres à sphingosine sont complètement absents au niveau des cellules nerveuses.
- e) Leurs résidus glucidiques peuvent être orientés vers le cytosol.

#### **9. Le cholestérol**

- a) Il répond exactement à la définition classique des lipides.
- b) Il est peu abondant dans les membranes cellulaires.
- c) Il intervient dans la stabilité mécanique de la cytomembrane mais pas dans sa fluidité.
- d) Il est l'un des constituants des radeaux membranaires lipidiques.
- e) Le cholestérol circulant sous forme de LDL est internalisé dans la cellule grâce à la potocytose.

**10. Les mouvements des lipides membranaires**

- a) Ils sont à la base de la rigidité membranaire.
- b) Ils sont très sensibles à l'agitation thermique.
- c) La diffusion latérale des lipides est la plus rare et la plus lente.
- d) Un phosphoglycérolipide met 100 fois plus de temps à diffuser latéralement que dans un mouvement en flip-flop.
- e) Le déplacement transversal n'exige pas d'apport énergétique.

**11. La fluidité membranaire**

- a) Elle n'est pas influencée par la composition en acides gras des lipides membranaires.
- b) Plus une bicouche est riche en acides gras longs et saturés, plus elle constitue un assemblage souple et fluide.
- c) La composition protéique des membranes est régulée en permanence, afin de maintenir une fluidité optimale.
- d) De part son noyau rigide, le cholestérol tend à écarter les chaînes rigides d'acides gras saturés (et donc à augmenter la fluidité).
- e) De part sa chaîne hydrophobe, le cholestérol tend à écarter les chaînes rigides d'acides gras saturés (et donc à augmenter la fluidité).

**12. Les protéines membranaires**

- a) Une protéine à traversée unique possède une seule hélice ou un seul segment transmembranaire.
- b) La diffusion latérale des protéines membranaires est plus rapide comparée à celle des lipides membranaires.
- c) Les protéines périphériques sont toujours intrinsèques
- d) Les protéines transmembranaires peuvent être intrinsèques
- e) L'extrémité carboxyle (COOH) des protéines membranaires est souvent porteuse de résidus glucidiques

**III. QROC**

1. Décrire brièvement la structure de la membrane cytoplasmique
2. Dans quelles conditions expérimentales observe-t-on la structure trilaminaire caractéristique des membranes biologiques ? que représente-t-elle au plan biochimique ?
3. Citer les principales classes des différentes composantes biochimiques (lipides, protéines et glucides) de la membrane cytoplasmique
4. Pourquoi dit-on que les lipides membranaires sont des composés amphiphiles ?
5. Quelle propriété physico-chimique est à la base de l'organisation des lipides en bicouche lorsqu'ils sont placés dans un milieu aqueux
6. Qu'appelle-t-on « liposomes » ? En quoi se distinguent-ils des micelles ? et quel est leur intérêt en recherche fondamentale ou appliquée ?
7. Décrire une expérience classique permettant de démontrer la fluidité de la membrane cytoplasmique des cellules animales en culture.
8. A quoi est due la fluidité membranaire
9. Quels sont les facteurs qui l'influencent
10. Quelle est l'importance de la fluidité pour la membrane
11. Sur quelle face membranaire sont localisés les résidus glucidiques des glycoprotéines et des glycolipides : 1) au niveau de la membrane plasmique, et 2) au niveau du réseau endomembranaire ?
12. En quoi les lipides et les glucides membranaires participent-ils à l'asymétrie structurale (transversale) des membranes ?
13. Citez les principales catégories de glycolipides et donner leurs propriétés physicochimiques.
14. Qu'appelle-t-on « glycocalyx » ? par quelles techniques met-on en évidence cette structure ?
15. Citer les principales fonctions associées aux divers types de membranes rencontrés dans les cellules Eucaryotes.

**IV. Exercice 1**

Pour chaque proposition souligner le mot erroné (faux) et le remplacer par le mot adéquat (juste).

**1. Concernant les membranes biologiques**

- a) La membrane cytoplasmique est une bicouche de glucides
- b) Dans cette bicouche des macromolécules de nature lipidiques et/ou sphingolipidique sont insérés
- c) La membrane mitochondriale interne est composée, majoritairement de sphingosines
- d) La membrane plasmique myélinisée est composée, majoritairement de glucides
- e) La membrane cytoplasmique forme une barrière à perméabilité totale

**2. La composition chimique de la cytomembrane**

- a) Les protéines confèrent à la membrane son squelette et sa structure caractéristique.
- b) Les lipides s'associer par des liaisons lipophobes pour former par auto-assemblage une double couche lipidique.
- c) Les fibrilles du matériel glycérophospholipidique sont disposées perpendiculairement au plan externe de la membrane et forment un film de revêtement fibrillaire appelé glycocalix.
- d) Comparés aux glycérophospholipides, les sphingolipides ont en place du phosphate un aminoalcool complexe : la sphingosine.
- e) Évalué, en moyenne du poids sec, la membrane plasmique est composée de 8% de lipides

**3. Les mouvements spontanés des lipides membranaires**

- a) Un déplacement latéral: est un mouvement fréquent car les phospholipides glissent lentement dans le plan d'une couche membranaire.
- b) Un déplacement transversal: est un mouvement fréquent car il nécessite le retournement complet de la molécule et exige un apport énergétique (ATP).
- c) Lors d'un déplacement transversal: La molécule lipidique passe d'une couche à l'autre grâce à la présence d'enzymes spécifiques appelées estérase.
- d) Lors d'un déplacement transversal: Les phospholipides changent de position  $10^7$  fois par seconde avec une vitesse moyenne de  $2\mu\text{m}$  /seconde à  $37^\circ\text{C}$ .

- e) La souplesse, la résistance et la malléabilité de la membrane plasmique est due à la rigidité des molécules lipidiques

**4. Effet de l'agitation thermique sur le degré de la fluidité membranaire**

- a) Une élévation de la température entraîne une augmentation des interactions hydrophobes entre les chaînes d'acides gras des lipides.
- b) Une diminution de température à un point critique de (-5°C) peut solidifier une biomembrane
- c) à une température supérieure à 40°C la cytomembrane prend un aspect gel en forme de cristal liquide
- d) à basse température les corps gras sont solides : ils sont mobiles au maximum et en contact étroit (la cytomembrane prend alors un aspect visqueux).
- e) A température ambiante, les phospholipides constitués de queues hydrocarbonées insaturés, empêchent les molécules lipidiques de s'entasser et diminuent ainsi la fluidité.

**5. Concernant les différentes classes de lipides membranaires**

- a) Suivant les types de membranes, on compte de 10 à 100 molécules de lipides pour une molécule de glucide
- b) La phosphatidylcholine appelé aussi colchicine est trouvée en abondance dans le jaune d'œuf.
- c) Le diphosphatidyl-glycérol appelé aussi cardiolipide est caractéristique de la membrane interne des noyaux.
- d) Les cardiolipides sont des molécules de reconnaissance cellulaire. Ils sont également l'un des constituants majeur des radeaux membranaires lipidiques
- e) Le cardiolipide est le précurseur des Hormones stéroïdes. Il est également l'un des constituants majeur des radeaux membranaires lipidiques

**V. Exercice 2 : Le Cholestérol**

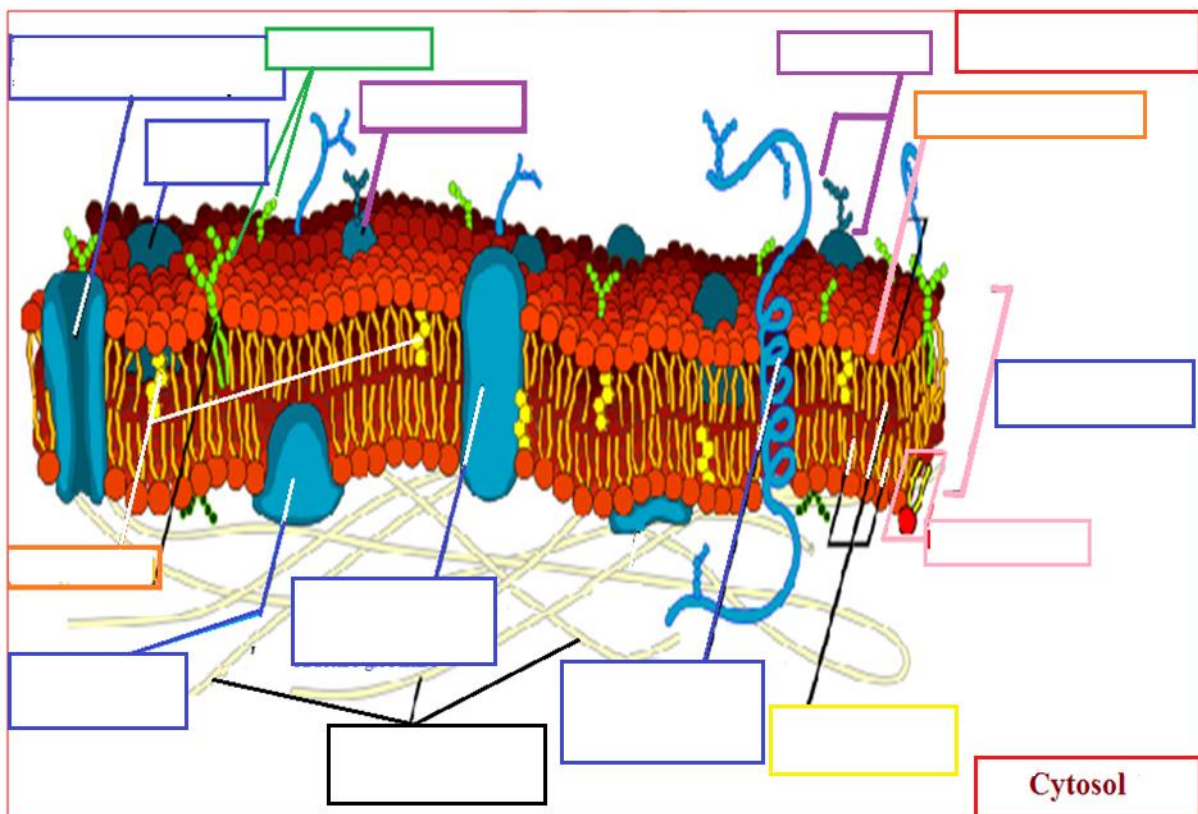
**Le Cholestérol est une molécule essentielle chez les Animaux. Il constitue le précurseur des Hormones stéroïdiennes et il est également abondant dans les membranes cellulaires.**

1. Détailler le rôle du cholestérol dans la fluidité et la stabilité mécanique de la membrane cytoplasmique

2. Donner le nom d'un mode de transport à travers la membrane plasmique permettant l'internalisation sélective du cholestérol par la cellule. Puis à l'aide d'un schéma (avec les légendes appropriées) décrire les différentes étapes de ce mode de transport
3. Quel est le rôle du cholestérol lors de la potocytose
4. Donner le nom spécifique de la protéine de revêtement membranaire associée à la potocytose
5. Donner le nom du compartiment cellulaire responsable de la synthèse des Hormones stéroïdiennes
6. Au niveau de l'hépatocyte, détailler le rôle de ce compartiment cellulaire lors de l'intoxication par le Phénobarbital

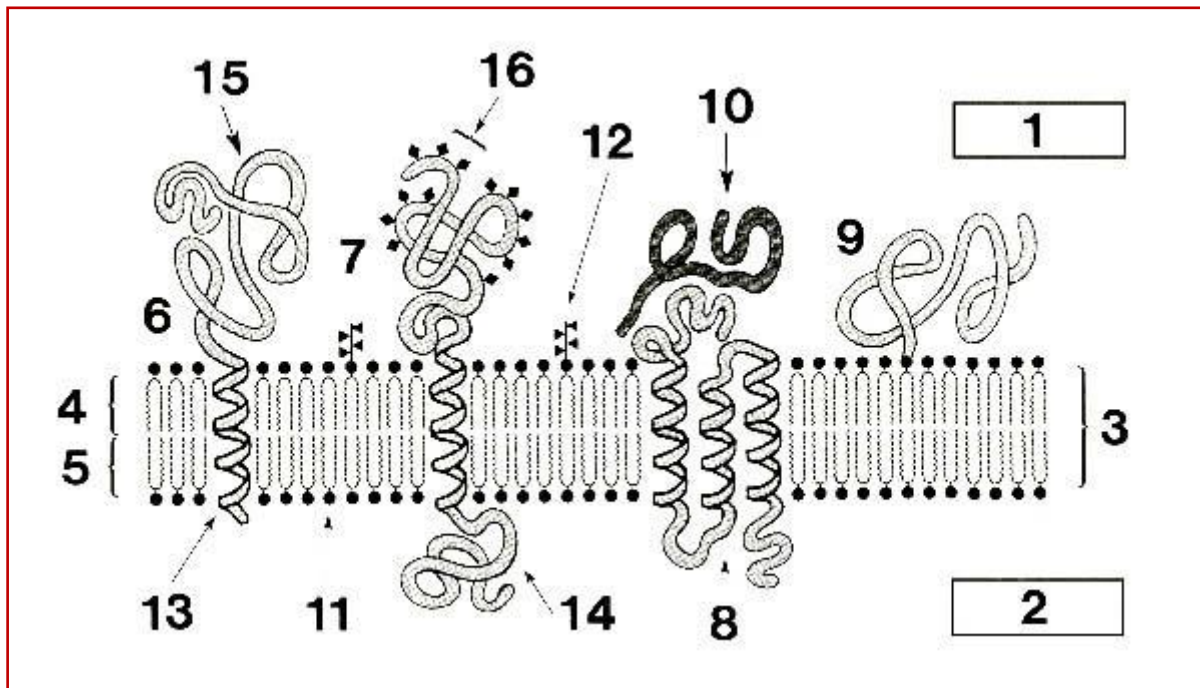
**VI. Exercice 3 : Organisation générale d'une membrane plasmique**

Donner un titre au schéma suivant et remplacer le vide par l'élément adéquat



**VII. Exercice 4 : Localisation des différents types de protéines membranaires**

Donner la légende appropriée au schéma suivant, et préciser la polarité de la membrane

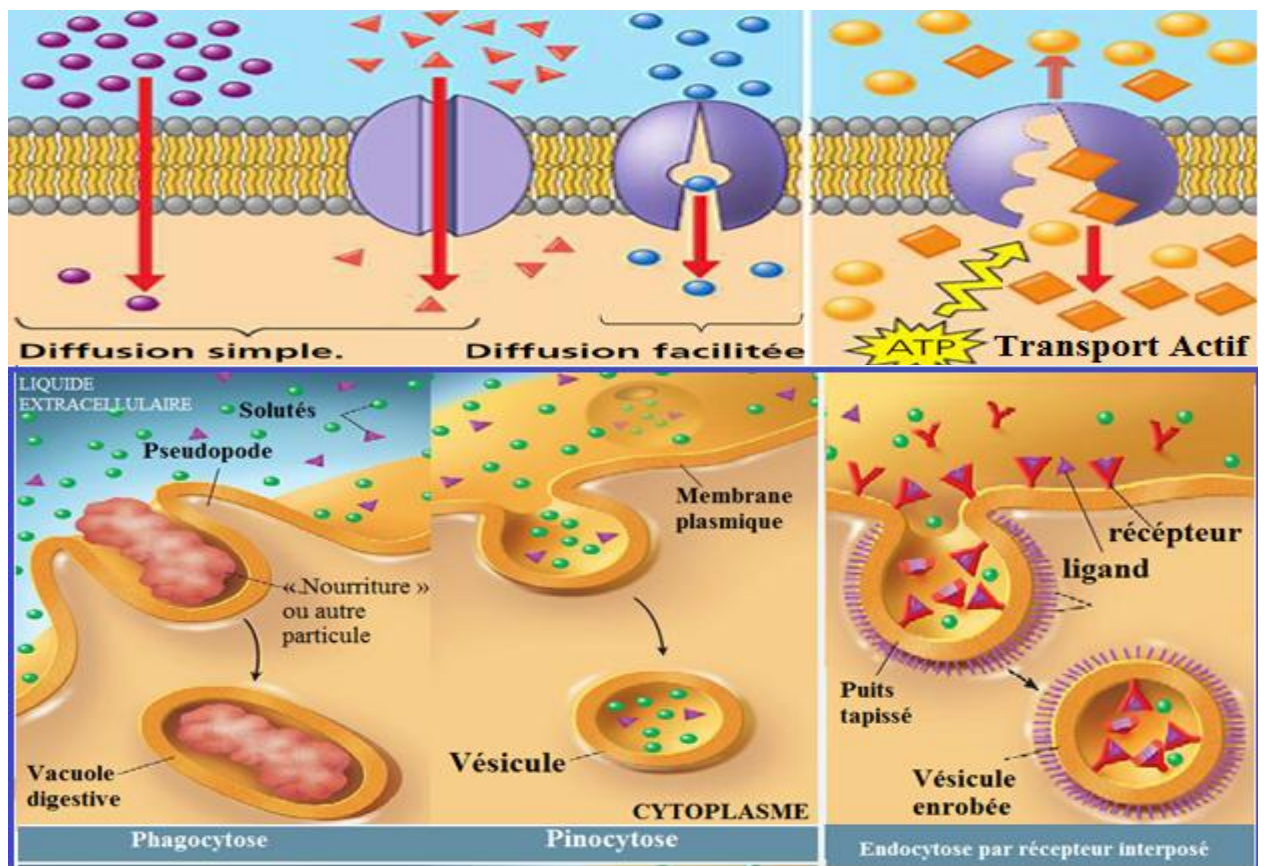


## CHAPITRE 3

### TRANSPORTS ET DIFFUSIONS A TRAVERS LA MEMBRANE PLASMIQUE

**Pré requis :**

1. Comprendre les notions de : semi perméabilité et sélectivité de la membrane plasmique
2. Comprendre pourquoi les cellules ont-elles besoin des protéines de transport membranaire
3. Connaître les différents systèmes de transport d'ions et de molécules et de macromolécules mis en place par la cellule (transport perméatif : passif et actif primaire et secondaire).
4. Savoir distinguer uniport, symport et antiport.
5. Connaître les principes des transports cytotiques (endocytose et exocytose).
6. Savoir distinguer les 3 types d'endocytose (phagocytose, pinocytose et pinocytose via récepteurs) et décrire un ou plusieurs exemple(s) de substances internalisées ou rejetées pour chaque cas.



**Figure 3 : Différents modes de transport membranaire (Faucher et Lachaine, 2012)**



**CHAPITRE III**  
**TRANSPORTS ET DIFFUSIONS A TRAVERS LA MEMBRANE**  
**PLASMIQUE DES PETITES ET DES MACROMOLECULES.**

**I. QCM 1**

**Répondre par Vrai (V) ou Faux (F) à chaque proposition. Justifier toutes réponses « Faux »**

**1. Les transports membranaires perméatifs**

- a) Sont classés selon leur source d'énergie et la présence ou non d'une perméase.
- b) Ne nécessite pas l'intervention active de la cellule.
- c) Se basent sur les critères de la perméabilité sélective de la membrane.
- d) Des protéines membranaires à activité ATPasique peuvent être impliquées dans ces transports.
- e) Le transport perméatif pour une substance donnée s'effectuent toujours contre son gradient de concentration.
- f) Le transport perméatif actif implique un mouvement de molécules à l'encontre de leur gradient de potentiel électrochimique.

**2. Les transporteurs membranaires**

- a) La liaison préalable à un transporteur membranaire est indispensable à l'entrée d'une molécule dans une cellule.
- b) Ils sont présents exclusivement dans la membrane plasmique (organites exclus).
- c) Ils réalisent toujours leurs transports dans le sens du gradient électrochimique.
- d) Ils sont saturables.
- e) Ils peuvent être glycosylés du côté intracellulaire.
- f) Ceux qui hydrolysent l'ATP assurent un transport actif.

**3. Les transports passifs**

- a) Ces mécanismes de transport membranaire peuvent nécessiter de l'ATP.
- b) Seules les molécules lipophiles peuvent traverser la membrane plasmique sans intervention des protéines.

- c) Le passage des ions par les canaux ioniques est un exemple typique du transport simple.
- d) La distribution des divers ions de part et d'autre de la membrane plasmique est un processus spontané lié à ces transports passifs.
- e) L'expérience de fusion des cellules humaines et de cellules de souris marquées avec des anticorps liés à un fluorochrome ont permis de montrer que la diffusion latérale des protéines est un phénomène passif.
- f) Le processus d'exocytose constitutive spontané ne nécessite pas d'énergie métabolique.

**4. Parmi les transports passifs à travers la membrane plasmique, on distingue :**

- a) La diffusion lipophile.
- b) La diffusion facilitée.
- c) Les canaux ioniques tels que le canal potassium.
- d) Le transport par les GLUT.
- e) Le transport par les SGLT.
- f) La pompe ionique telle que la pompe sodium-potassium.

**5. Les molécules organiques traversent d'autant plus facilement les bicouches lipidiques artificielles qu'elles sont**

- a) Plus hydrophobes.
- b) De petite taille.
- c) Neutres (non chargées électriquement).
- d) Plus concentré à l'un des deux coté de la membrane.
- e) De forme moléculaire globulaire et symétrique.
- f) A coefficient de partition huile/eau élevé.

**6. Les canaux ioniques**

- a) Sont couplés à une source d'énergie.
- b) Sont sélectifs mais non saturables.
- c) Interviennent dans le phénomène d'osmose.
- d) Possèdent une structure en forme de pore (canal hydrophile).
- e) S'ouvrent et se ferment tous sans l'intervention d'autres molécules.

- f) Sont responsables de l'excitabilité électrique des cellules nerveuses et musculaires selon un mode de fonctionnement indépendant du potentiel de membrane.

### **7. Les GLUT**

- a) Sont des protéines tunnels qui fonctionnent sans consommation d'énergie sous forme d'ATP.
- b) Les différentes isoformes lient de façon spécifique les molécules du glucose et assure leur diffusion simple.
- c) Le transporteur de l'isomère D-Glucose est le même que celui de l'isomère L-Glucose.
- d) Peuvent fonctionner dans les deux sens notamment dans les hépatocytes.
- e) Le transporteur GLUT 1 est l'isoforme la plus répandue. Elle est détectée dans pratiquement tous les tissus et cellules de l'organisme bien qu'à des concentrations variables.
- f) L'isoforme GLUT 5 transporte non seulement le glucose mais aussi le fructose et le galactose.

### **8. Les transports actifs**

- a) Déstabilisent les phospholipides membranaires sous forme de micelles.
- b) Se font dans le sens du gradient de concentration (du milieu hypertonique vers l'hypotonique).
- c) Le transport actif implique l'utilisation d'une source d'énergie.
- d) Le transport actif permet de maintenir le gradient de concentration des ions entre les milieux intra et extracellulaire.
- e) Sont réservés aux macromolécules.
- f) Sont regroupés sous le terme de diffusion facilitée et se produisent dans les deux sens dans le cas de l'endocytose et l'exocytose.

### **9. Les pompes membranaires**

- a) Sont toujours associées aux différents types de transport perméatif actif.
- b) Les ATPases  $\text{Ca}^{2+}$  classe P sont exclusivement situées dans la membrane plasmique.
- c) La pompe Ca ATPase participe au maintien des concentrations intracellulaires très faibles d'ions  $\text{Ca}^{2+}$ .

- d) La concentration intracellulaire en ions  $\text{Ca}^{2+}$  est en effet maintenue 10 fois plus faible à l'intérieur qu'à l'extérieur.
- e) La pompe ATPase  $[\text{H}^+/\text{K}^+]$  est associée à la cytomembrane des cellules gastriques pariétales de mammifère, où elle joue un rôle dans la régulation du pH gastrique.
- f) La pompe ATPase -  $[\text{H}^+/\text{K}^+]$  est de type uniport, elle pompe un proton  $\text{H}^+$  à l'extérieur en important au cytosol un ion  $\text{K}^+$ .

#### **10. La Pompe sodium - potassium:**

- a) Est une perméase transmembranaire de nature glycoprotéique de type antiport.
- b) Importe 3  $\text{Na}^+$  dans le cytosol et expulse 2  $\text{K}^+$  vers le milieu extracellulaire contre un gradient de concentration
- c) Le gradient de concentration de  $\text{Na}^+$  est la source initiale d'énergie qui alimente le changement de conformation de la pompe à sodium et potassium.
- d) C'est un mécanisme de transport perméatif actif primaire essentiel pour la régulation du volume cellulaire.
- e) Elle joue un rôle dans la propagation des signaux électriques dans le nerf et le muscle.
- f) L'ouabaïne et la digoxine, sont les principaux inhibiteurs de cette pompe. Ils agissent en se fixant sur le site de fixation du sodium.

#### **11. Le transport actif secondaire ou co-transport**

- a) Permet le passage facilité d'un soluté du milieu où il est le plus concentré vers le milieu où il est le moins concentré.
- b) Est un transport passif assurant le transport simultané de deux solutés différents dans la même direction.
- c) Est couplé à une hydrolyse d'ATP.
- d) Est alimenté directement par la consommation d'énergie sous forme d'ATP.
- e) Est alimenté directement par un gradient de concentration ionique.
- f) Le co-transport  $\text{H}^+$ /saccharose implique dans un premier temps l'activité d'une pompe à protons ATP dépendante.

### 12. Le SGLT

- a) Fait entrer simultanément dans les cellules une molécule de glucose et deux ions  $\text{Na}^+$ .
- b) L'entrée de glucose par le SGLT se fait contre **son** gradient de concentration.
- c) L'entrée de  $\text{Na}^+$  par le SGLT se fait contre son gradient de concentration.
- d) L'isoforme SGLT1 est abondante dans la membrane des cellules du tubule rénal du néphron.
- e) L'isoforme SGLT1 est abondante dans la membrane basolatérale des Entérocytes.
- f) Permet la diffusion facilitée du glucose dans pratiquement toutes les cellules.

### 13. Les transports cytotiques

- a) Nécessitent l'intervention du cytosquelette et du système end membranaire.
- b) Impliquent toujours des mouvements de la membrane et consommant de l'énergie.
- c) Les mouvements cytotiques déstabilisent la composition de la membrane plasmique et inhibent son renouvellement.
- d) Les cellules des mammifères ne subissent pas d'exocytose, puisque l'élimination de déchets est effectuée par le système excréteur.
- e) Pendant le processus d'endocytose, les particules entrent dans le cytoplasme par un pore dans la membrane cellulaire.
- f) Pendant le processus d'exocytose, les vésicules dans le cytoplasme traversent la membrane cellulaire et déchargent leur contenu à l'extérieur de la cellule.

### 14. La potocytose est un transport

- a) Perméatif sélectif et passif.
- b) Vésiculaire sélectif.
- c) Qui a été décrit dès 1953 par Palade.
- d) Particulièrement, abondant dans les cellules musculaires lisses et les cellules endothéliales au niveau de la microcirculation.
- e) Qui se produit dans des microdomaines souples de la membrane appelées radeaux lipidiques.
- f) Qui peut intervenir dans l'internalisation de certains GPCR « récepteurs couplés à la protéine G »

### 15. L'exocytose

- a) Permet l'exportation de grandes quantités de matériaux synthétisés par la cellule.
- b) Se fait par invagination de la membrane au contact d'une substance volumineuse.
- c) L'exocytose constitutive est spécifique de certains types cellulaires.
- d) L'exocytose régulée fait forcément intervenir un signal extracellulaire.
- e) Ce transport cytotique n'existe pas chez les Procaryotes.
- f) Durant ce processus, la face interne de la vésicule s'intègre à la face interne de la membrane.

## II. QCM 2

Répondre par Vrai (V) ou Faux (F) à chaque proposition.

Pour toutes réponses « Faux », souligner le mot erroné et le remplacer par le mot juste.

### 1. L'osmose

- a) Est un phénomène physique actif dans lequel la diffusion d'eau est influencée par des solutés qui sont trop gros pour traverser la membrane.
- b) Le mouvement de l'eau s'effectue à travers une membrane, d'un compartiment très concentré en solutés vers un compartiment hypertonique, de façon à ce que ces concentrations s'équilibrent.
- c) La plasmolyse et la turgescence correspondent à deux états similaires où les cellules tendent respectivement à perdre de l'eau, d'une part, et à absorber de l'eau, de l'autre.
- d) Si les aquaporines des cellules rénales ne remplissaient pas la fonction de réabsorption de l'eau de l'urine avant de l'excréter, un être humain adulte éliminerait environ 180 L d'urine par jour.

### 2. Les canaux ioniques

- a) Fonctionnent sur le mode de la diffusion facilitée et la plupart d'entre eux sont régulés par différents agents : des ligands variés, le potentiel membranaire ou des phénomènes mécaniques.
- b) Ralentissent les mouvements des ions à travers les membranes, mais leur mouvement spontané suit toujours le gradient électrochimique.
- c) Au niveau des cellules nerveuses, leur ouverture est toujours sous la dépendance de la fixation d'un neurotransmetteur.

- d) Dans les différentes cellules de l'organisme, les canaux toujours ouverts appelés «canaux de fuite», sont fréquents.

### 3. La diffusion facilitée

- a) Se distingue de la diffusion simple lipophile, car elle met en jeu des protéines « tunnels ».
- b) Se caractérise par : une vitesse faible du transport, une spécificité des molécules transportées, une saturabilité et une possibilité d'inhibition compétitive par des analogues.
- c) La molécule à transporter doit se fixer avec liaisons fortes à son site spécifique de fixation sur la protéine de transport.
- d) Un transporteur assurant une diffusion facilitée est doté d'une capacité de changement de conformation assurant l'ouverture son ouverture d'un côté ou de l'autre de la membrane.

### 4. Les pompes à sodium et à potassium

- a) Aident les cellules nerveuses à créer une différence de potentiel électrique dans leur membrane.
- b) Pour établir une différence de potentiel électrique, les ions doivent traverser d'un côté à l'autre de la membrane selon leur gradient électrochimique.
- c) Assure la régulation du pH cytosolique en activant indirectement l'échangeur  $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$
- d) En chassant les ions  $\text{Na}^+$  la pompe  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  tend à augmenter la pression osmotique interne et à assurer un volume constant au hyaloplasme

### 5. Le transporteur actif secondaire

- a) Est un cotransporteur qui utilise un gradient moteur ionique faible
- b) En se dissipant, le gradient moteur ionique permet par couplage le transport d'une molécule organique (ou d'un ion) selon son propre gradient de concentration.
- c) Ce transporteur nécessite directement une source d'énergie générée par l'hydrolyse d'ATP
- d) Les transporteurs intestinaux du glucose ou des acides aminés (dans les Entérocytes) en sont des exemples classiques.

**6. Lors des mouvements cellulaires d'internalisation**

- a) Les vésicules de pinocytose ne dépassent pas 150 nm de diamètre. Elles contiennent du liquide intracellulaire et de petites molécules.
- b) Les vésicules de phagocytose ne dépassent pas 250 nm, elles contiennent des microorganismes et débris cellulaires.
- c) Le déplacement des vésicules dans l'hyaloplasme nécessite l'intervention directe du LDL.
- d) Les endosomes de la pinocytose non spécifique peuvent se détacher sans intervention de la dynamine.

**7. Concernant l'endocytose d'adsorption**

- a) Intervient dans l'internalisation du complexe hormone polypeptide-récepteur dans la cellule
- b) Se produit au niveau de zones spécialisées de la membrane plasmique : appelées lipid-raft.
- c) La fixation des molécules de cavéoline à la face interne de la cytomembrane, entraînant la traction de celle-ci et la formation de la vésicule d'endocytose.
- d) Le détachement des vésicules d'endocytose fait intervenir

**8. L'endocytose par vésicules recouvertes de clathrine**

- a) La clathrine est une protéine membranaire composée de 6 chaînes polypeptidiques, 3 légères et 3 lourdes.
- b) Dans les cellules en culture, on estime que la surface occupée par les puits recouverts représente 40 % de celle de la membrane cytoplasmique
- c) Au niveau un puits recouvert environ 2 500 vésicules mantelées se forment toutes les heures.
- d) Une fois internalisée, la vésicule doit perdre son revêtement lipidique afin de pouvoir interagir avec le cytosquelette et de rejoindre le système end membranaire



**9. La molécule de LDL (low density lipoproteins)**

- a) Chaque particule contient un noyau hydrophile d'environ 1500 à 2000 molécules de cholestérol estérifié par l'acide linoléique.
- b) Sa surface est formée d'une monocouche de phospholipides et de clathrine.
- c) Une grosse molécule d'apolipoprotéine (protéine hydrophobe) est ancrée dans la surface de la particule.
- d) La mutation du récepteur de LDL dans le site de fixation pour l'AP2 accélère l'endocytose du cholestérol, ce qui entraîne un risque plus élevé de crise cardiaque par athérosclérose.

**10. Concernant les différentes voies d'exocytose**

- a) L'exocytose permettant le recyclage des récepteurs membranaires est un exemple d'Exocytose constitutive.
- b) La sécrétion de l'insuline par les cellules du pancréas en réponse à un état d'hyperglycémie est un exemple d'Exocytose constitutive.
- c) L'exocytose des molécules de neurotransmetteurs dans les synapses est de type constitutif..
- d) La diffusion rapide des ions calcium dans le cytosol de la région présynaptique est considérée comme un stimulus provoquant l'exocytose du neuromédiateur dans la fente synaptique.

**III. QCS**

Pour chaque question choisissez l'affirmation incorrecte (Pour chaque question, et parmi les cinq affirmations (a), (b), (c), (d), (e) une seule est fautive laquelle ?)

**1. La diffusion simple**

- a) La diffusion lipophile concerne les molécules capables de se dissoudre dans la bicouche lipidique.
- b) Une petite molécule hydrophile chargée peut facilement diffuser à travers la bicouche lipidique.
- c) Les pores et les canaux forment un passage hydrophile permettant la diffusion des molécules d'eau ou des ions.

- d) La diffusion de tout ion à travers un canal dépend des forces électrostatiques à l'intérieur de ce canal et du diamètre du pore.
- e) La diffusion de tout ion à travers un canal est couplée au gradient électrochimique de cet ion.

## 2. La diffusion des molécules d'eau

- a) La bicouche lipidique des membranes biologiques est parfaitement imperméable, aux molécules d'H<sub>2</sub>O
- b) L'aquaporine est un canal protéique très spécifique aux molécules d'H<sub>2</sub>O
- c) L'eau diffuse à travers les aquaporine du côté hypotonique vers le côté hypertonique
- d) Les aquaporines sont abondants au niveau de la membrane plasmique des entérocytes.
- e) les aquaporines des cellules rénales réabsorbent une grande quantité d'eau de l'urine avant de l'excréter.

## 3. Les perméases

- a) Toutes les perméases possèdent une véritable activité enzymatique fournissant l'énergie nécessaire au transport
- b) Toutes les pompes sont des perméases
- c) Toutes les pompes possèdent une véritable activité enzymatique fournissant l'énergie nécessaire au transport
- d) Une perméase est une protéine ou un édifice de plusieurs protéines transmembranaires.
- e) Les symporteurs transportent deux substances de nature différente dans la même direction.

## 4. Les GLUT

- a) Après un repas, le glucose sanguin diffusera dans le cytoplasme des hépatocytes à travers les GLUT2.
- b) Les GLUT2 des hépatocytes présentent deux états alternatifs notés «ping» et «pong» selon le gradient de concentration du soluté.
- c) Le GLUT2 transporte non seulement le glucose mais aussi le fructose et le galactose.

- d) Les GLUT2 présentent une faible affinité pour le glucose. ce qui lui permet d'avoir une activité directement proportionnelle à la glycémie.
- e) Le GLUT3, a la plus faible affinité pour le glucose et favorise la fourniture de glucose aux neurones

#### 5. La pompe Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup>, ATPase

- a) Cette pompe est une glycoprotéine transmembranaire antiport formée de 4 sous unités
- b) Le gradient Na<sup>+</sup>/ K<sup>+</sup> généré par la pompe est essentiel à la régulation du pH cellulaire.
- c) la pompe Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> diminue la pression osmotique hyaloplasmique, ce qui assure un volume cellulaire constant.
- d) La fixation de deux ions K<sup>+</sup> sur la pompe entraîne la phosphorylation de la sous-unité alpha.
- e) L'ouabaïne inhibe la pompe en se fixant sur sa partie extracellulaire.

#### 6. Concernant le Ca<sup>2+</sup> cellulaire

- a) La concentration en Ca<sup>2+</sup> est de 1000 à 10 000 fois plus faible à l'intérieur qu'à l'extérieur de la cellule
- b) Les ions Ca<sup>2+</sup> sont étroitement impliqués dans différentes voies de signalisation
- c) Les ATPases Ca<sup>2+</sup> classe P sont abondants dans la membrane du réticulum sarcoplasmique.
- d) A l'intérieur du réticulum sarcoplasmique le Ca<sup>2+</sup> libre est tamponné par la calciréticuline
- e) l'antiport Na<sup>+</sup>/Ca<sup>++</sup> permet la diffusion de 3 ions Ca<sup>++</sup> dans le cytosol des cellules cardiaque, contre l'expulsion d'un ion Na<sup>+</sup>.

#### 7. Les SGLT

- a) Les SGLT permettent la diffusion facilitée du glucose dans les cellules
- b) Les SGLT sont abondants dans les cellules épithéliales de l'intestin grêle et du tubule rénal.
- c) Au niveau du tube digestif, les SGLT assurent l'absorption de plus de 90% du glucose apporté par l'alimentation

- d) Les SGLT font entrer simultanément dans les cellules une molécule de glucose et deux ions  $\text{Na}^+$ .
- e) La diffusion du  $\text{Na}^+$  à travers les SGLT crée un gradient sodique dans la cellule et active la pompe  $\text{Na}^+\text{K}^+\text{ATPase}$ .

### 8. La pinocytose

- a) La cellule peut englober du liquide du milieu extracellulaire de façon non sélective par pinocytose non spécifique.
- b) La pinocytose non spécifique présente un rôle capital dans l'absorption de solutés par les cellules absorbantes du rein et de l'intestin
- c) Au cours de la pinocytose médiée par un récepteur les complexes ligand-récepteur se concentrent dans des régions de la membrane qui s'invaginent en vésicules dans la cellule.
- d) La pinocytose médiée par un récepteur consiste à capturer sélectivement des ligands qui se lient avec une affinité élevée à des récepteurs de la membrane plasmique avant d'être internalisés.
- e) Les vésicules de pinocytoses contiennent des microorganismes et/ou des débris cellulaires

### 9. L'endocytose spécifique

- a) C'est un mécanisme de concentration sélectif
- b) Les ligands sont internalisés avec un important volume de liquide extracellulaire.
- c) Le détachement des vésicules d'endocytose fait intervenir la dynamine.
- d) Les vésicules d'endocytose sont recouvertes d'un revêtement épineux de nature protéique.
- e) L'endocytose adsorbative nécessite la présence de molécules de clathrines et d'adaptines

### 10. L'endocytose médiée par récepteurs interposés

- a) Au cours de ce type d'Endocytose le diamètre des vésicules ne dépasse pas 150nm.
- b) Ce type d'Endocytose permet une concentration non sélective du matériel dont la cellule a besoin
- c) L'hydrolyse du GTP en GDP par la dynamine est indispensable au détachement, à partir de la membrane plasmique, des vésicules

- d) Les cavéoles sont des invaginations de la membrane plasmique non couvertes de clathrine
- e) Les radeaux membranaires sont riches en cavéolines en cholestérol et en sphingolipides.

#### IV. QROC

1. Les molécules de O<sub>2</sub> et de CO<sub>2</sub> peuvent toutes deux traverser une bicouche de phosphoglycérolipides sans l'aide des protéines membranaires. Quelle propriété leur permet de le faire ?
2. Pourquoi les molécules d'eau ont-elles besoin d'une protéine de transport (l'aquaporine) pour traverser une membrane rapidement et en masse ?
3. Les aquaporines bloquent le passage des ions hydronium (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>). Or, la recherche récente sur le métabolisme lipidique montre que certaines aquaporines permettent le passage du glycérol, un trialcool à trois atomes de carbone, et de l'eau. Sachant que la taille de l'ion hydronium est beaucoup plus proche de celle d'une molécule d'eau que de celle d'une molécule de glycérol, comment pourriez vous expliquer cette sélectivité ?
4. Expliquez pourquoi la pompe à sodium et à potassium n'est pas considérée comme un cotransporteur.
5. Rappeler le principe de fonctionnement d'un transporteur actif primaire. Citer les principales pompes connues chez les Animaux
6. Lors du transport Perméatif Actif secondaire de quoi résulte l'énergie utilisée pour le transport des molécules? Donner deux exemples de ce mode de transport
7. Donner la définition de l'Endocytose
8. Comment peut-on estimer l'intensité du flux membranaire mis en œuvre dans les cellules pratiquant l'endocytose ? Quelles valeurs obtient-on pour des cellules en culture?
9. Faites un schéma détaillé (avec la légende appropriée) permettant d'illustrer les différentes étapes de l'absorption et de la destruction d'un microorganisme par une cellule animale.
10. Quelles sont les principales caractéristiques de l'Endocytose spécifique par médiation des récepteurs membranaires.
11. Donner une définition, et rappeler les principales caractéristiques des récepteurs membranaires, en prenant l'exemple de celui des LDL.

12. Quelles différences y a-t-il entre les voies de sécrétion constitutive et de sécrétion contrôlée ? Dans quels types de cellules rencontre-t-on ces voies ?

13. Lorsqu'une cellule augmente de volume, sa membrane plasmique croît également. Ce processus relève-t-il de l'endocytose ou de l'exocytose ? Expliquez.

### V. Exercice 1: Classification des types de transport utilisés par les cellules pour les échanges avec leur environnement

Au(x)quel(s) de ces modes de transport pouvez-vous associer les caractéristiques ci-dessous? Au besoin, apportez des précisions à vos réponses.

#### Modes de transport :

- Diffusion Simple.
- Osmose.
- Diffusion Facilitée.
- Transport Actif (ou Transport Actif secondaire)
- Transport Vésiculaire

#### Caractéristiques :

1-transport d'un soluté dans le sens de son gradient de concentration

2-transport par le biais d'une protéine

3-transport qui requiert une dépense d'énergie

4-transport de gaz dissous et de vitamines liposolubles

5-transport d'une substance spécifique

6-peut s'accomplir à travers une membrane non vivante

7-transport d'ions

8-mode de transport utilisé pour l'absorption du glucose et des acides aminés dans l'intestin

9-transport qui s'effectue d'un milieu hypotonique à un milieu hypertonique

10-permet à une grosse protéine bien précise de passer du milieu extracellulaire au milieu intracellulaire

11-la cellule absorbe une grosse gouttelette d'eau ou de liquide

12-entrée rapide du glucose, une molécule hydrosoluble, dans les cellules autres que celles de l'intestin (exemple: cellules musculaires)

13-transport dont la vitesse augmente directement en fonction du gradient

14-diffusion d'un solvant dans le sens de son propre gradient, déterminé en tenant compte de l'ensemble des solutés et non d'un seul.

## VI. Exercice 2: La diffusion simple des gaz à travers la bicouche lipidique.

Les neurones de votre cerveau sont très actifs (et pas seulement pendant votre cours de Cytologie!!!) ; ils consomment à tout moment une grande quantité d'oxygène et produisent simultanément une grande quantité de CO<sub>2</sub>. Pourtant, on observe que le CO<sub>2</sub> ne s'accumule pas dans ces cellules et que celles-ci ne sont jamais non plus en manque d'oxygène.

Comment l'expliquer?

## VII. Exercice 3 : la perméabilité de la membrane

Les expériences suivantes (1) (2) (3) et (4) ont été réalisées avec de « vraies » cellules (végétales), et non des cellules artificielles. Note : la substance « A » est toujours la même, dans les quatre (4) parties de l'expérience.

- D'après l'ensemble des informations fournies : Interprétez les résultats suivants.

- a) Que peut-on dire de la perméabilité de la membrane à la substance « A » : la membrane est-elle perméable ou imperméable à la substance A?
- b) Si la membrane est perméable, par quel mode de transport la substance "A la traverse-t-elle?
- c) Expliquez les observations faites dans chacune des parties de l'expérience.

Soit quatre (4) cellules identiques, dont le milieu intracellulaire contient la substance (A) à une concentration de 1 mmol/l. Chacune est placée dans l'un des 4 milieux décrits plus bas ; ceux-ci sont isotoniques par rapport au milieu intracellulaire pour tous les solutés, sauf pour la substance A.

**1ère partie :** Cellule mise dans le milieu 1 [A] = 40 mmol/l t = 22,0°C

On observe une légère plasmolyse ; puis, la cellule reprend sa forme rapidement

**2<sup>ème</sup> partie :** Cellule mise dans le milieu 2 [A] = 60 mmol/l t = 22,0°C

On observe une légère plasmolyse de la cellule ; la cellule reprend sa forme de façon beaucoup plus rapide que la cellule mise dans le milieu 1.

**3<sup>ème</sup> partie :** Cellule mise dans le milieu 3 [A] = 150 mmol/l t = 22,0°C

On observe une légère plasmolyse de la cellule ; la cellule reprend sa forme, exactement à la même vitesse que la cellule mise dans le milieu 2.

**4<sup>ème</sup> partie :** Cellule mise dans le milieu 4 [A] = 150 mmol/l t = 48,0°C

On observe une plasmolyse lente, mais accentuée et persistante de la cellule.

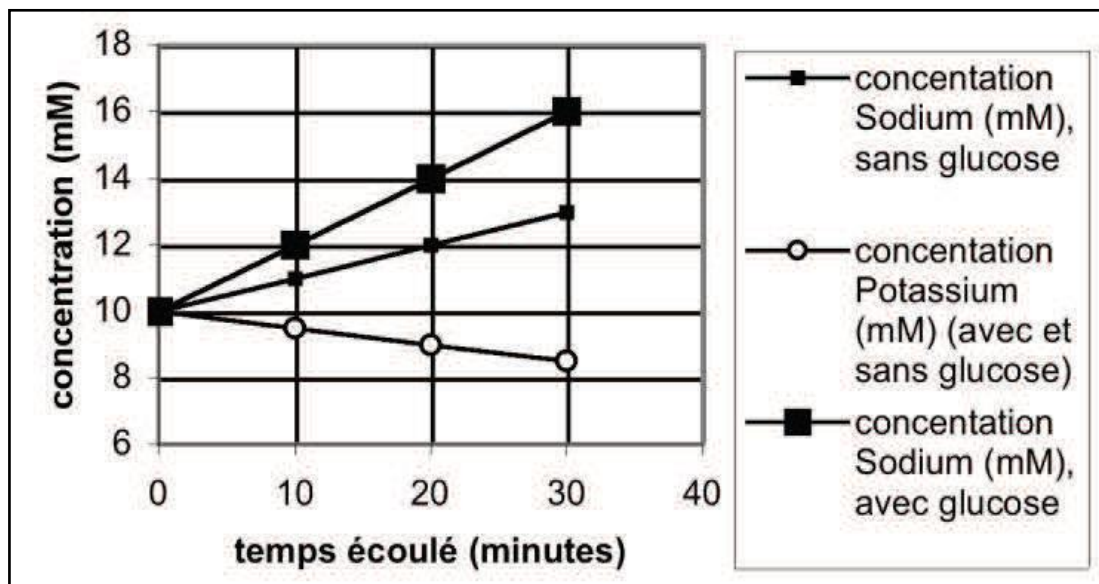
**VIII. Exercice 4 : l'osmose**

Un Docteur vétérinaire fait face au cas d'une vache déshydratée qui refuse de boire depuis plusieurs jours ; il cherche donc à provoquer chez elle une soif si intense qu'elle ne pourra résister à l'envie de boire. Chez les animaux, c'est une pression osmotique élevée du plasma sanguin qui déclenche la soif. Le Docteur choisit d'effectuer une injection dans les vaisseaux sanguins de la vache.

Quel type de solution doit-il choisir pour atteindre son objectif : hypertonique, isotonique ou hypotonique (par rapport au sang) ? Justifiez.

**IX. Exercice 5 : Transport des ions  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  dans les cellules animales.**

Des cellules animales ont été placées dans une solution aqueuse d'ions potassium et sodium. L'expérience s'est déroulée en deux temps : dans la première manipulation, la solution ne contenait pas de glucose, dans la seconde, on a ajouté 25 mM de glucose. La figure ci-dessous est un graphique qui exprime la variation mesurée des ions potassium et sodium dans la solution en fonction du temps.





**La proposition qui explique le mieux ce résultat est que :**

- a. la sortie du sodium et l'entrée du potassium sont des transports passifs.
- b. le sodium est excrété de la cellule par transport actif. Le potassium y rentre par transport passif.
- c. le glucose pénètre dans les cellules par cotransport avec le potassium
- d. le sodium quitte les cellules par transport passif, le potassium y rentre par transport actif.
- e. la membrane plasmique est plus perméable au potassium qu'au sodium.

**X. Exercice 6 : la pompe Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATP dépendante**

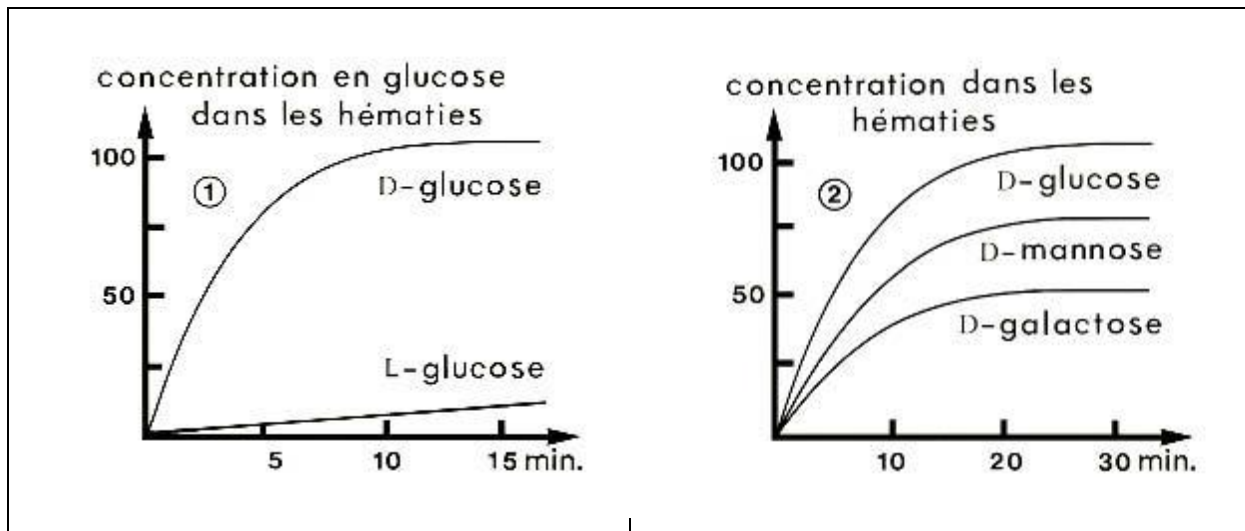
Chez tous les animaux, la membrane cytoplasmique permet le maintien d'une asymétrie de composition entre les deux milieux, extra et intra cellulaires. On observe que les gradients de Na<sup>+</sup> de K<sup>+</sup> et de Ca<sup>++</sup> sont opposés. En effet, le cytoplasme des neurones (cellules excitables) contient beaucoup plus d'ions K<sup>+</sup> (et beaucoup moins d'ions Na<sup>+</sup>) que le milieu extracellulaire. Pourtant, des ions K<sup>+</sup> sortent par protéines membranaires (diffusion simple par canaux ioniques du compartiment le plus concentré vers le compartiment le moins concentré) : on devrait donc normalement s'attendre à ce que les concentrations ioniques intra et extracellulaires soient égales.

- Comment alors expliquer ces différences?
- Faites un schéma précis (avec la légende appropriée) permettant d'expliquer les différentes étapes du fonctionnement du transporteur membranaire impliqué dans le maintien de ce gradient ionique.

**XI. Exercice 7 : Perméabilité des hématies de Mammifère au Glucose.**

La perméabilité de la membrane des hématies vis-à-vis du glucose a été étudiée au moyen des isomères radiomarqués de cette molécule : le L-glucose et le D-glucose.

Après des temps d'incubation variés (à 37 °C) dans une solution de glucose 10 mM de chaque type, les cellules sont centrifugées à 4 °C et la radioactivité associée au culot est mesurée. Les courbes obtenues sont présentées dans le graphe suivant (1) :



1. Quelle hypothèse doit-on exclure concernant le transport du glucose à travers la membrane de l'hématie ? Justifier la réponse.

La mesure de la concentration intracellulaire maximale en D-glucose (atteinte en 15 minutes, courbe (1), montre qu'elle est égale à la concentration extracellulaire:

2. Quel mécanisme physique est mis en jeu dans le transport du D-glucose, et comment appelle-t-on ce type de transport ?

Les transports du D-galactose et du D-mannose (isomères du glucose) radioactifs ont été étudiés dans les mêmes conditions expérimentales, et les résultats sont donnés dans le graphe (2).

3. Que pensez-vous de l'efficacité du transport de ces molécules, en comparaison de celle du D-glucose ?

Lorsqu'on ajoute à la solution de D-glucose radioactif (10 mM) extracellulaire du D-galactose ou du D-mannose à une concentration de 200 mM, on observe que la pénétration du glucose dans les hématies est significativement ralentie.

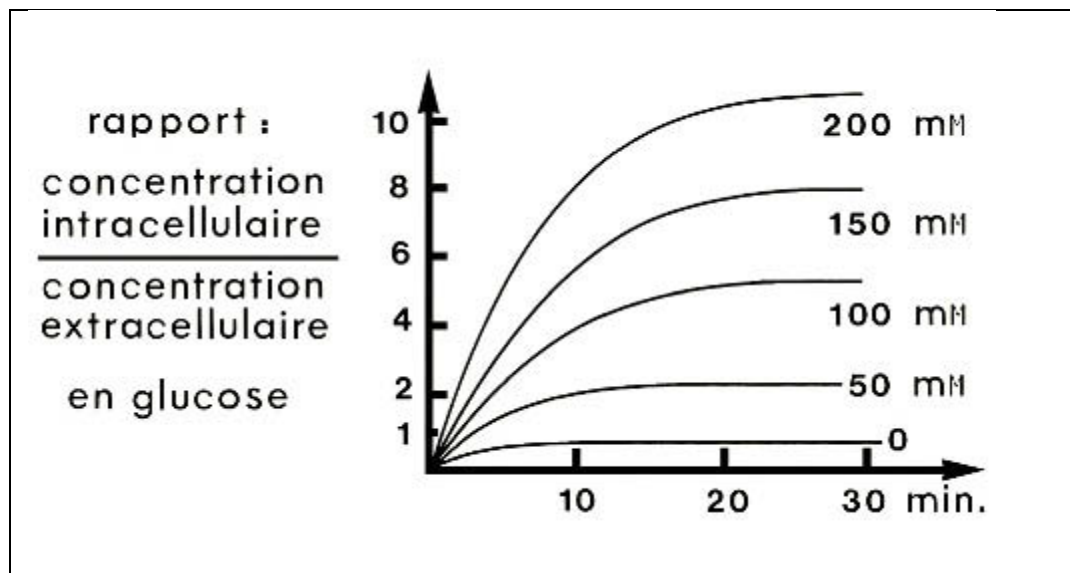
4. En rassemblant les données obtenues avec ces expériences, quelles conclusions peut-on tirer concernant les mécanismes du transport du glucose dans ces cellules ?

## XII. Exercice 8 : Absorption du Glucose par les Entérocytes.

La perméabilité de la membrane apicale des Entérocytes vis-à-vis du glucose est étudiée sur des fragments d'intestin grêle de Mammifère. L'épithélium intestinal est unistratifié et constitué en majorité de cellules absorbantes : les Entérocytes. Des fragments d'intestin grêle sont prélevés et maintenus en culture ; une solution de glucose radiomarqué

est introduite dans la lumière, puis la radioactivité intracellulaire est évaluée après des temps de mise en contact croissants.

L'influence de la concentration extracellulaire en  $\text{Na}^+$  (du côté apical des cellules) sur le transport du glucose a été étudiée ; les courbes suivantes traduisent les effets de concentrations croissantes en  $\text{Na}^+$  sur le rapport : concentration intracellulaire en glucose / concentration extracellulaire (identique dans les diverses expériences) :



1. Quel est l'effet de la concentration en  $\text{Na}^+$  (mM) sur le transport du glucose ?
2. D'après l'analyse des valeurs obtenues pour le rapport des concentrations en glucose, que pensez-vous du mécanisme de transport de cette molécule ?

Quel type de transporteur doit-on invoquer, dans une telle situation ?

Lorsque les fragments d'intestin sont mis en présence (du côté externe) de ouabaïne, un composé connu pour inhiber la pompe membranaire  $\text{Na}/\text{K}$  ATPase, on observe que la pénétration du glucose dans les Entérocytes est très rapidement inhibée.

3. Quel lien établissez-vous entre cette dernière observation et le mécanisme de transport qui a été mis en évidence plus haut ?

### XIII. Exercice 9: Mécanisme de l'endocytose du Fer

Le Fer, comme de nombreux autres composés, circule dans le sang sous une forme liée à une protéine nommée apotransferrine ; le complexe formé avec le Fer (une molécule de protéine liée à deux ions  $\text{Fe}^{3+}$ ) porte le nom de ferrotransferrine. Les cellules de notre

organisme possèdent à leur surface des récepteurs qui lient spécifiquement la ferrotransferrine, mais sont incapables de lier l'apotransferrine seule. Ces récepteurs chargés permettent, par endocytose, la capture du fer par les cellules ; ce dernier est indispensable à de nombreuses enzymes.

Les chercheurs disposent d'apotransferrine purifiée et marquée radioactivement au  $^{59}\text{Fe}$ , d'une part, et de fer radioactif ( $^{59}\text{Fe}$ ), d'autre part. On peut ainsi obtenir de la ferrotransferrine marquée soit sur le Fer, soit sur sa partie protéique. Les expériences suivantes ont pour but d'étudier les mécanismes de l'endocytose du Fer.

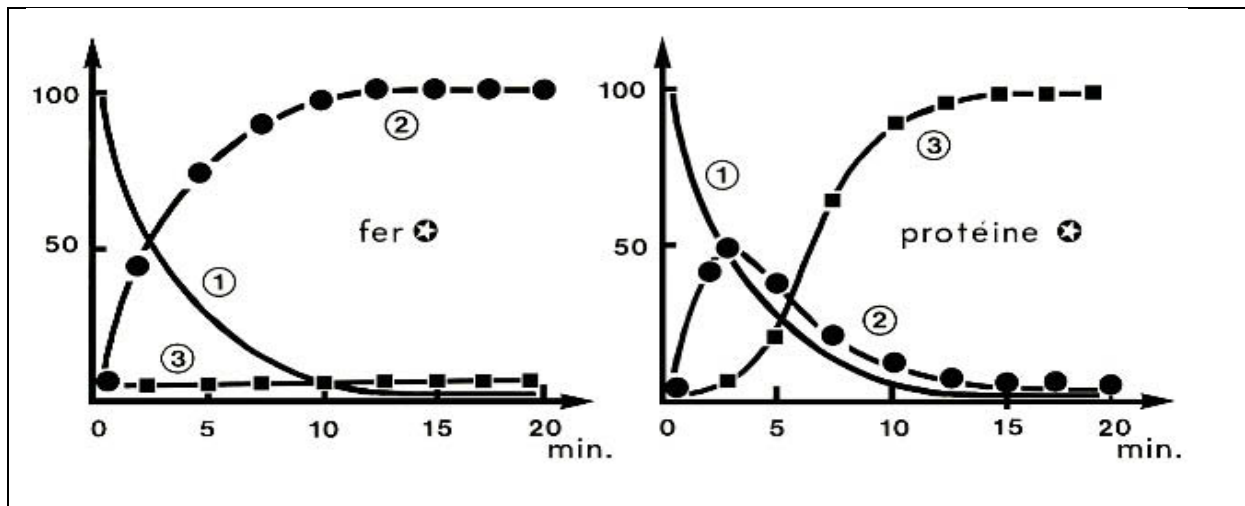
- 1) Deux lots de cellules humaines en culture sont mis en présence, pendant 30 minutes et à  $4^\circ\text{C}$ , de ferrotransferrine marquée soit grâce au Fer, soit dans sa partie protéique.

Après cette incubation, les cellules sont remises en culture dans un milieu neuf, dépourvu de fer et de ferrotransferrine, et à  $37^\circ\text{C}$ .

- 2) Des prélèvements de cellules sont ensuite effectués dans les deux lots, au cours du temps (20 min), et deux types de mesures sont réalisés sur ces cellules :
  - a) la radioactivité présente à leur surface (courbe 1), mesurée en décrochant le ligand de son récepteur grâce à une solution de force ionique élevée ;
  - b) la radioactivité présente dans les cellules après ce traitement (courbe 2).

Simultanément, la radioactivité du milieu de culture est mesurée pendant toute la durée de l'expérience (courbe 3). Les graphes suivants montrent l'évolution de ces trois types de mesures, exprimées en %, au cours du temps.

1. Pour quelles raisons les cellules sont-elles d'abord mises à  $4^\circ\text{C}$ , en présence de ferrotransferrine radioactive ?
2. Comment la radioactivité en surface des cellules évolue-t-elle au cours de ces deux expériences ? Comment interprétez-vous ces résultats ?
3. Comment la radioactivité associée au Fer et celle associée à la protéine évoluent elles pendant les 5 premières minutes, dans les deux expériences ? Comment interprétez-vous ces résultats ?
4. Comment la radioactivité associée au Fer et celle associée à la protéine évoluent elles au cours de la suite de l'expérience ? Comment interprétez-vous ces résultats ?
5. Pourquoi la radioactivité mesurée dans le milieu de culture évolue-t-elle différemment dans les deux expériences ? Quelle relation faites-vous avec les résultats analysés dans la question 3, après 5 min d'incubation des cellules ?
6. À partir de l'ensemble de ces données, schématiser l'histoire des récepteurs ainsi que celle de la ferrotransferrine au cours du processus d'endocytose du Fer.



**XIV. Exercice 10: L'exocytose**

**Remplir le vide dans le paragraphe suivant par la bonne proposition**

**Les propositions :** Macromolécules ; intracellulaires ; vacuoles ; extracellulaire ; régulée ; membrane plasmique ; spécialisées ; inverse ; l'endocytose ; intracellulaires ; stimulus ; vacuoles ; hors ; constitutive actif

L'exocytose est un processus de transport ..... destiné à l'exportation de .....comme les protéines, les polysaccharides, et les matériaux synthétisés par la cellule et contenus dans les compartiments membranaires .....

L'exocytose peut être considérée comme le phénomène ..... de ..... c'est une voie qui permet aux substances ..... d'être libérées dans le milieu .....

-Les produits destinés à être rejetés sont emprisonnés à l'intérieur de .....puis sont déversés ..... de la cellule, la membrane de ces .....se confond alors avec la .....

-Il existe deux types d'exocytose : l'exocytose .....et l'exocytose .....cette dernière fonctionne dans les cellules .....en réponse à un .....

**BIBLIOGRAPHIE**

1. ALBERTS B., JOHNSON A., LEWIS J., RAFF M., ROBERTS K., WALTER P. (2007). **Biologie Moléculaire De La Cellule**. Flammarion 1463P.
2. AMON A., BERK A., BRETSCHER A., KAISER C A ., KRIEGE M., LODISH H., PLOEGH H., SCOTT M P (2014) **Biologie moléculaire de la cellule** De Boeck Supérieur 1240 P
3. BASSAGLIA Y., (2001) **Biologie Cellulaire Moloine** 198 P.
4. BROOKER R J., WIDMAIER E P., GRAHAM L E., STILING P D. (2011) **BIOLOGY McGraw-Hill**, 1453P.
5. CALLEN J.-C. (2005) **Biologie Cellulaire : Des molécules aux organismes 2<sup>ième</sup> édition**. Dunod 514P.
6. CALLEN J.-C. (2009) **Biologie Cellulaire en 30 fiches**. Dunod 163P.
7. CAU P., SEITE R., (2007) **Cours de biologie cellulaire**. Ellipses edition S.A. -605P.
8. COOPER GEOFFREY M (1999) **La Cellule une approche moléculaire** De Boeck 572P.
9. DJEKOUN ., BENSOLTANE S (2003) **Biologie de la cellule**. Edition de l'université Mentouri-Constantine 245P.
10. FAVRO C., NICOLLE F (2011) **Biologie cellulaire**. Hachette Livre, 340P.
11. FAUCHER J., LACHAINE R (2012) **Biologie Pearson** 1611P.
12. HEUSSER S., DUPUY H-G. (2008) **Atlas de biologie animale**, tome 2, Les grandes fonctions, Dunod, 144P.
13. KARP G (2008) **Biologie cellulaire et moléculaire** De Boeck 810P.
14. KIERSZENBAUM A L. (2006) **Histologie Et Biologie Cellulaire**. Une introduction à l'anatomie pathologique De Boeck Université 683P.
15. MARC T., SANDRA R., RIGO P. (2014) **Biologie cellulaire exercices et méthodes** Dunod 28P.
16. PETIT J-M., ARICO S., JULIEN R. (2013) **Mini manuel de biologie cellulaire**. Dunod 229P.
17. RAVEN P H JOHNSON G B MASON K A LOSOS J B SINGER S R (2017) **Biologie**. De Boeck Supérieur 1400P.
18. QUEVAUVILLIERS J., SOMOGYI A., FINGERHUT A. (2008) **Dictionnaire médical**. Elsevier Masson S.A.S. 562P

**19. RICHARD D., GIRAUD N., PRADERE F., SOUBAYA T. (2010) BIOLOGIE**

Licence tout le cours en fiches. *Dunod* 712P.

**20. SEGUY B (1996) Physiologie Maloine édition 444P.**

**Adresses de sites web (consultés le 20/01/2022)**

RACHIDI W (2012) Cours De Biologie Cellulaire. Les Membranes Biologiques : Structures Et Fonctions (pdf). Université Joseph Fourier de Grenoble [www.medatice-grenoble.fr](http://www.medatice-grenoble.fr)

AROUNE D., BELKHELFA M., DEKAR- MADOUI A., HANNACHE K., MEDJEBER O., *et al.* Biologie Cellulaire <https://khabech.com/course/view.php?id=94>

Site web de l'université Angers : Comparaison des cellules Procaryotes et Eucaryotes : <http://biochimej.univ-angers.fr/>

Site web de l' Haute Ecole de Charlemagne. Biochimie Part I cours de 1ère année Biologie Médicale (pdf) 64P. [www.biomedcharlemagne.be](http://www.biomedcharlemagne.be)

Site web de l'université Bordeaux 1. BIOLOGIE CELLULAIRE UFR de Sciences Biologiques, [http://ressources.unisciel.fr/biocell/menu/co/module\\_menu.html#content](http://ressources.unisciel.fr/biocell/menu/co/module_menu.html#content)

Cours / TD / TP / Examens de Sciences Nature Vie L1. <https://etudz.com/telechargements/biologie-cellulaire/>

Cours de biologie Ressources pour professeurs et étudiants <https://www.ebiologie.fr/cours/>

Cours de Biologie cellulaire. Biologie et multimédias [https://rnbio.sorbonne-universite.fr/bio-cell\\_accueil](https://rnbio.sorbonne-universite.fr/bio-cell_accueil)

**Le Dictionnaire Visuel.** <https://infovisual.info/fr/biologie-vegetale/cellule-vegetale>