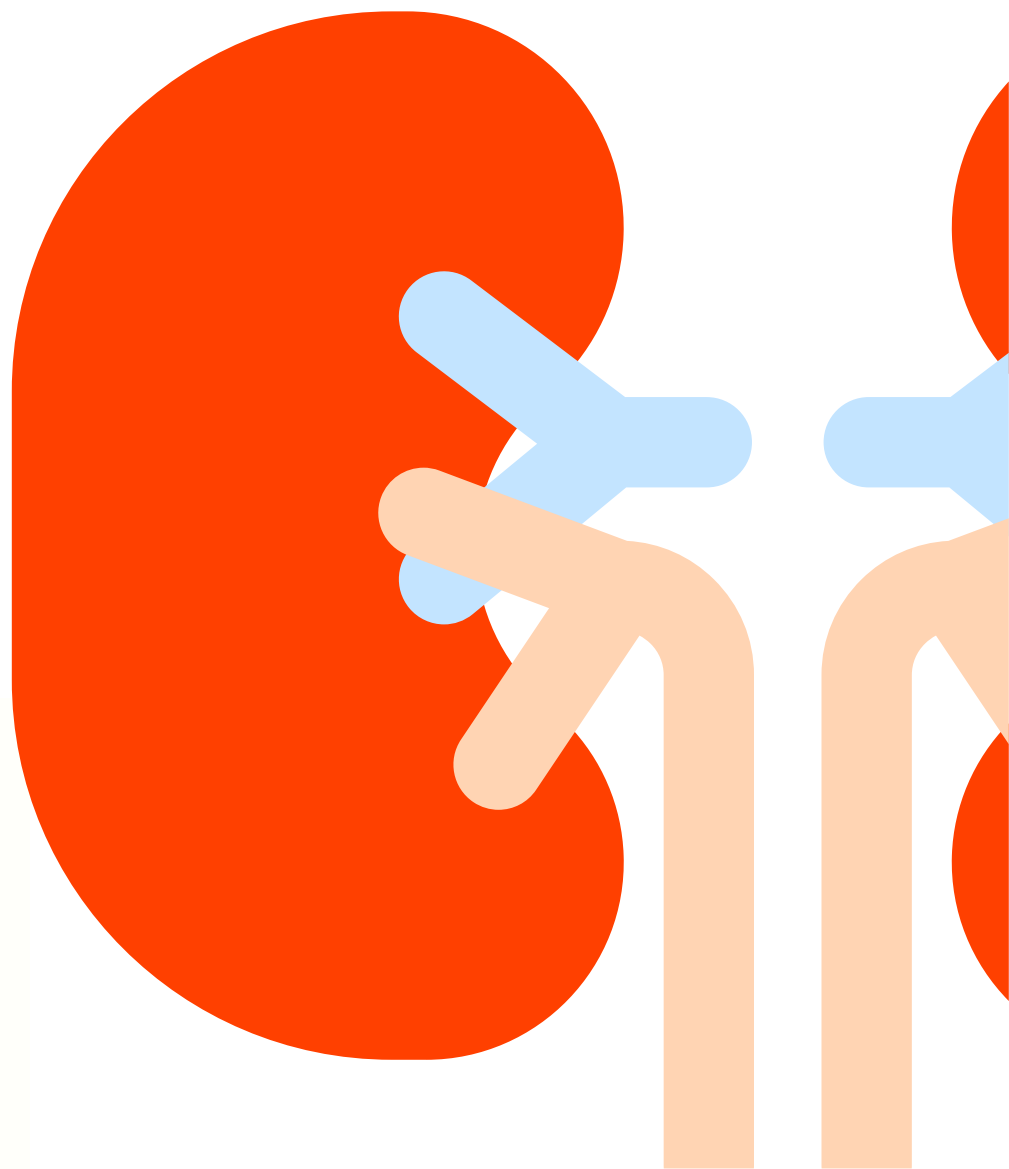


ENSEMBLE  
POUR ÉTUDIER

# GUIDE DE PHYSIOLOGIE

à colorier Netter



ELSEVIER

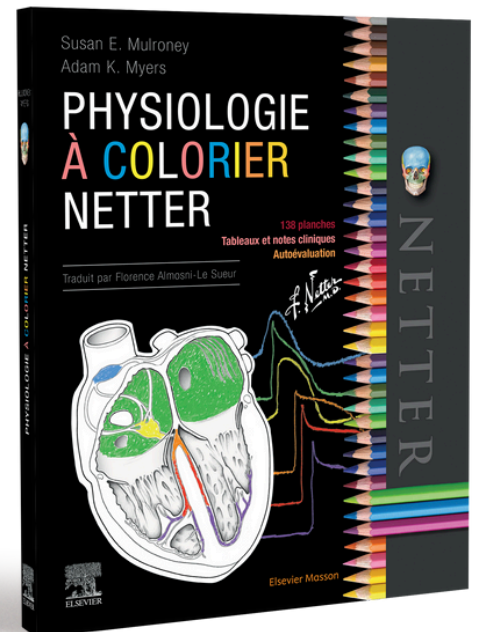
Health

# GUIDE DE PHYSIOLOGIE

## à colorier Netter

Accédez gratuitement à plusieurs de nos schémas en physiologie à colorier pour vous préparer aux mieux à vos études

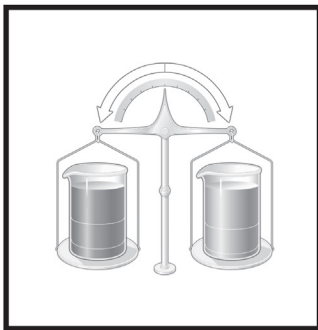
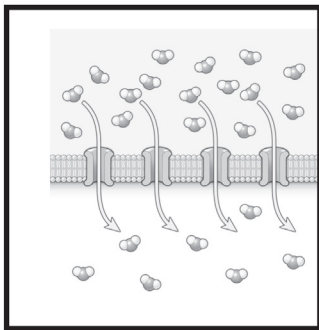
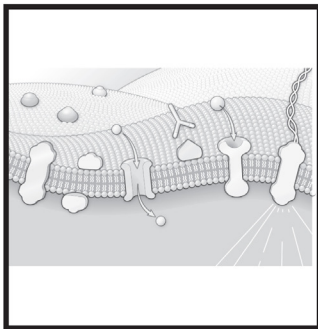
Grâce à son approche unique, l'ouvrage Physiologie à colorier Netter permet d'apprendre et de maîtriser la physiologie de façon facile et ludique. Toutes les théories de l'apprentissage soulignent l'importance d'être moteur de sa propre formation. Cet ouvrage propose quelque 130 planches composées de schémas à colorier dans un but pédagogique, et permet ainsi d'identifier et de mémoriser facilement les concepts physiologiques.



Health

ENSEMBLE  
POUR ÉTUDIER

# Chapitre 1 Physiologie et homéostasie cellulaire



Les cellules représentent les unités structurales et fonctionnelles des organismes vivants. Elles contiennent généralement un ensemble de composants en commun qui leur permettent de réaliser leurs fonctions fondamentales : synthèse protéique, respiration cellulaire, synthèse lipidique et enfin production, emballage et sécrétion de divers matériaux cellulaires. De plus, selon leur type, les cellules peuvent contenir divers organites intracellulaires. Tous ces composants baignent dans un **cytosol** semi-liquide et sont entourés par la **membrane plasmique** (ou cellulaire).

### Structures importantes

- Le **noyau** qui abrite l'information génétique, sous forme d'acide désoxyribonucléique (ADN), de gènes et de chromosomes, et contrôle les fonctions et la reproduction cellulaires.
- Le **nucléole**, à l'intérieur du noyau, qui initie la production des **ribosomes** nécessaires à la synthèse protéique.
- Le **réticulum endoplasmique** formé de membranes ou de sacs tubulaires aplatis. Le **réticulum endoplasmique rugueux (RER)** ou **granuleux (REG)** se distingue par la présence de ribosomes sur les membranes ; il est indispensable à la synthèse protéique. Le **réticulum endoplasmique lisse (REL)** ne porte pas de ribosomes et synthétise les lipides, y compris les hormones stéroïdiennes.
- L'**appareil de Golgi** formé de sacs remplis de liquide qui traitent les protéines synthétisées pour qu'elles puissent être utilisées dans d'autres organites cellulaires ou transportées hors de la cellule par le biais de vésicules.
- Des **vésicules** dotées de différentes fonctions : sécrétion, importation, stockage ou traitement de différents matériaux. Ces vésicules peuvent fusionner avec la membrane plasmique pour permettre l'**exocytose** et la sécrétion de leur contenu dans le milieu extérieur. Inversement, l'**endocytose** correspond à l'invagination de la membrane plasmique pour envelopper

des matériaux externes à la cellule puis à sa fusion bord à bord pour former une vésicule intracellulaire. Les vésicules lysosomales (lysosomes) contiennent des enzymes qui peuvent dégrader les matériaux intracellulaires indésirables.

- Les **mitochondries** forment la machinerie métabolique de la cellule. Ces organites produisent de l'**adénosine triphosphate (ATP)** qui représente la source d'énergie chimique pour l'ensemble de la cellule. Le nombre de mitochondries intracytoplasmiques nous renseigne sur la demande métabolique d'une cellule.

### LÉGENDEZ les composants cellulaires suivants :

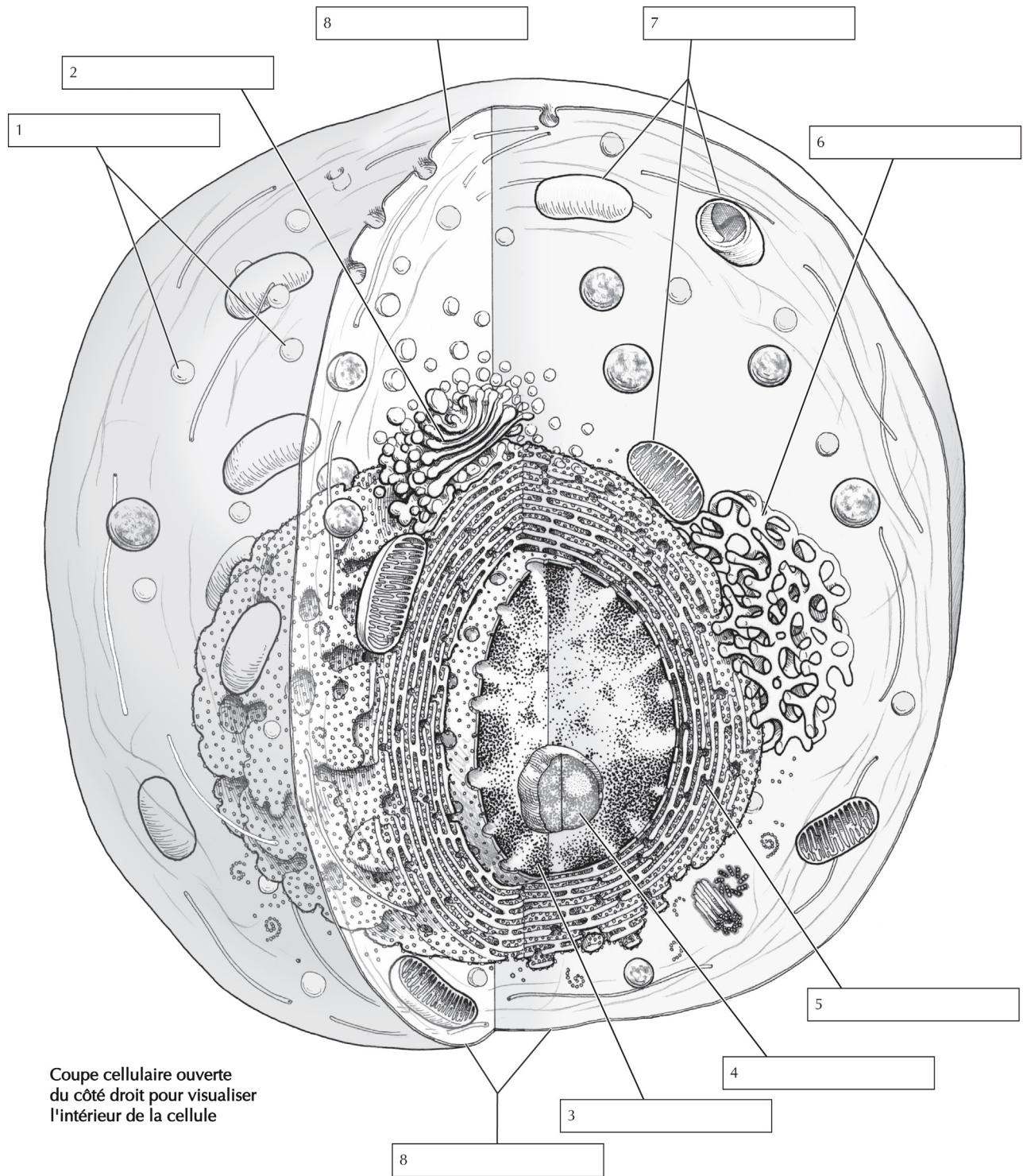
- 1. Vésicule.
- 2. Appareil de Golgi.
- 3. Noyau.
- 4. Nucléole.
- 5. RER (ou REG).
- 6. REL.
- 7. Mitochondries.
- 8. Membrane plasmique (cellulaire).

### COLORIEZ et LÉGENDEZ les composants dont le rôle primaire est le suivant :

- 1. Production d'énergie : mitochondries (en vert).
- 2, 3, 4, 5. Synthèse protéique : appareil de Golgi, noyau, nucléole, RER (en jaune).
- 6, 7. Synthèse lipidique : REL (en rouge).

### RÉPONSES AUX QUESTIONS DE RÉVISION

- A. Mitochondries.
- B. Nucléole, RER.
- C. Vésicules.
- D. Noyau.



Coupe cellulaire ouverte  
du côté droit pour visualiser  
l'intérieur de la cellule

**QUESTIONS DE RÉVISION**

- A. Quels sont les organites qui produisent l'ATP fournissant l'énergie nécessaire aux fonctions cellulaires ?
- B. Les ribosomes sont formés dans le \_\_\_\_\_ ; associés au \_\_\_\_\_, ils synthétisent les protéines.
- C. Les \_\_\_\_\_ peuvent fusionner avec la membrane plasmique pour excréter leur contenu *via* exocytose.
- D. Dans quel organite l'information génétique se trouve-t-elle ?

La **membrane plasmique** (ou membrane cellulaire) sépare la cellule de l'environnement externe. Elle se compose d'une **bicouche lipidique** principalement constituée de phospholipides et contenant plus ou moins de glycolipides, de cholestérol et de protéines. Dans la bicouche lipidique, les extrémités (queues) **hydrophobes** des acides gras des phospholipides sont orientées vers le centre de la membrane alors que leur extrémité polaire (tête), constituée de groupements **hydrophiles**, est orientée vers l'espace extracellulaire ou intracellulaire. La fluidité de la membrane dépend largement des **acides gras insaturés à courte chaîne** incorporés à l'intérieur des phospholipides ; l'incorporation de cholestérol dans la bicouche lipidique réduit sa fluidité. La région centrale hydrophobe et huileuse explique le rôle efficace de barrière de la bicouche lipidique qui s'oppose au passage des fluides d'un côté comme de l'autre tout en restant perméable par diffusion au travers des lipides.

Diverses protéines sont associées à la bicouche lipidique et sont dotées de fonctions diverses : **canaux ioniques** (pores membranaires), **récepteurs pour les ligands**, **molécules d'adhésion cellulaire** (permettant aux cellules d'adhérer à la **matrice extracellulaire** ou à d'autres cellules) et **marqueurs cellulaires** permettant la reconnaissance spécifique (comme les antigènes de surface). Le transport membranaire peut être passif ou actif, et il est dicté par la composition de la membrane, le gradient de concentration des solutés et la disponibilité des protéines de transport. Toute altération de la fluidité membranaire, de la concentration protéique ou de l'épaisseur de la membrane peut perturber les processus de transport.

**COLORIEZ et LÉGENDEZ** chacune des protéines membranaires citées ci-dessous :

- 1. Canaux ioniques.
- 2. Antigènes de surface (marqueurs de reconnaissance cellulaire).
- 3. Récepteur des ligands.
- 4. Molécule d'adhésion.

Notez parmi celles-ci quelles sont les structures protéiques qui traversent intégralement la membrane (protéines intégrales) et quelles sont les protéines qui ne sont que périphériques.

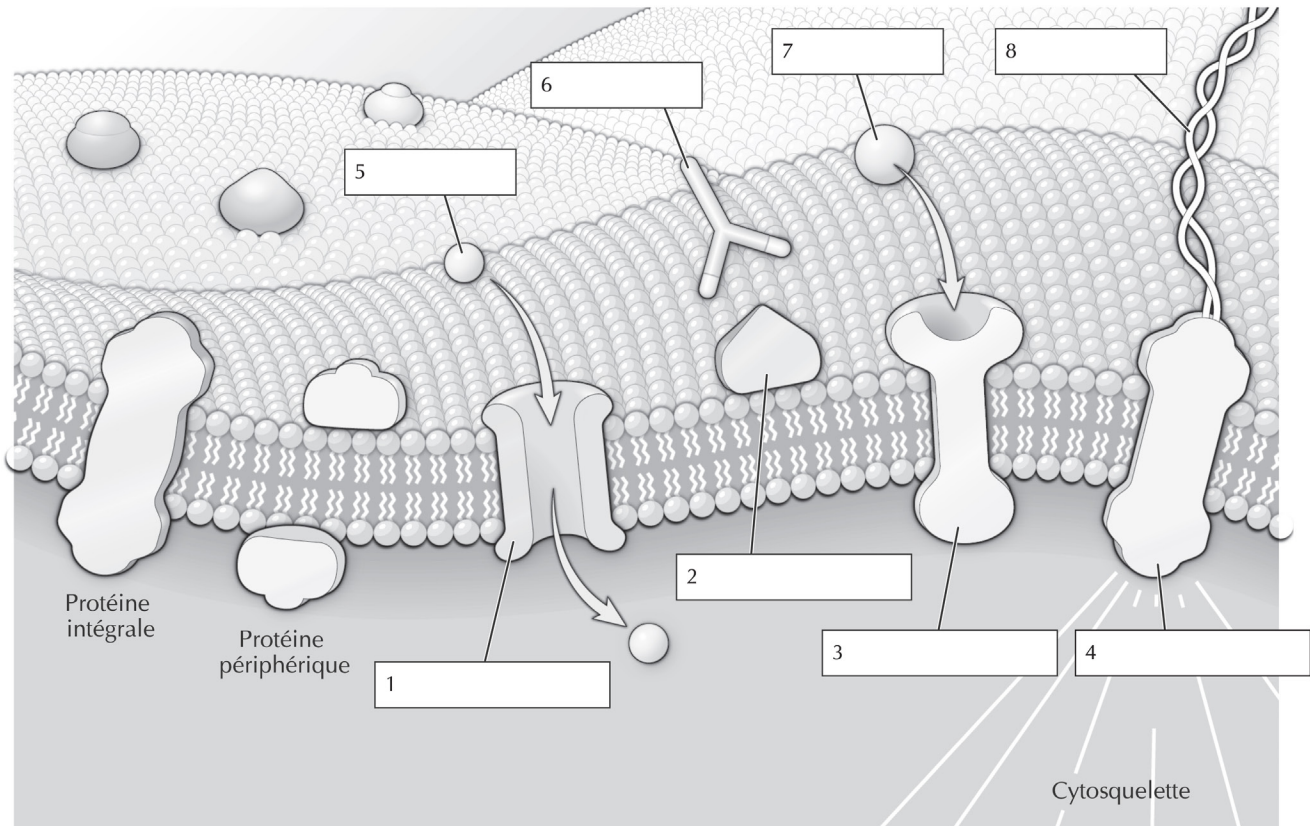
**COLORIEZ et LÉGENDEZ** chacune des molécules citées ci-dessous en utilisant la même couleur que la protéine membranaire qui leur est associée (coloriées de 1 à 4) :

- 5. Ion.
- 6. Anticorps.
- 7. Ligand.
- 8. Protéine de la matrice extracellulaire (collagène par ex.).

## RÉPONSES AUX QUESTIONS DE RÉVISION

- A. Bicouche lipidique, hydrophile.
- B. Protéines.
- C. Fluidité.





**QUESTIONS DE RÉVISION**

- A. La membrane plasmique est composée d'une \_\_\_\_\_, avec l'extrémité \_\_\_\_\_ (tête) de chaque phospholipide tournée vers la surface externe de la membrane.
- B. Le passage des ions au travers de la membrane, la fixation de ligands spécifiques et l'adhésion cellulaire sont permis par les \_\_\_\_\_ associées à la membrane.
- C. La \_\_\_\_\_ de la membrane est une propriété conférée par les acides gras insaturés et à courte chaîne qui la composent.

L'**homéostasie** – processus consistant à maintenir l'équilibre du milieu intérieur – est un concept essentiel en physiologie. Si l'on se place au niveau de l'organisme, le milieu intérieur de notre corps doit rester stable pour faire face aux variations de notre environnement et aux facteurs de stress ; au niveau cellulaire, le milieu intracellulaire doit également maintenir son équilibre pour pouvoir effectuer les diverses fonctions physiologiques.

La membrane plasmique protège le milieu intérieur de la cellule et limite les mouvements des solutés, des particules et de l'eau entre les compartiments intra- et extracellulaires. Toutefois ces mouvements sont nécessaires pour tout un tas de raisons, mais surtout parce qu'ils permettent l'entrée des nutriments, l'élimination des éléments inutiles et la communication entre le milieu intracellulaire et extracellulaire. La membrane plasmique peut être modélisée sous la forme d'une **membrane semi-perméable** qui ne peut être librement traversée que par certaines substances. Divers processus de transport permettent sa traversée.

**Le transport passif** ne dépend pas d'une source d'énergie (**énergie-indépendant**) et se produit par **diffusion simple** (ou libre) ou **diffusion facilitée**. La **diffusion** correspond au mouvement net d'une substance dissoute qui passe d'une zone où elle se trouve en forte concentration à une zone où sa concentration est plus faible.

La diffusion simple est le mode de transport le plus basique au travers d'une membrane. Elle suit la **loi de Fick** :

$$J_i = D_i \times A \left( \frac{1}{X} \right) \times (C_1 - C_2)$$

où

- $J_i$  représente le flux de diffusion ou flux net de la substance  $i$  ;
- $D_i$  est le coefficient de diffusion ;
- $A$  est l'aire de la membrane ;
- $X$  est l'épaisseur de la membrane ;
- $(C_1 - C_2)$  est la différence de concentration au travers de la membrane.

L'importance du flux net (diffusion) est directement proportionnelle à la surface de la membrane et à la différence de concentration (gradient) de la molécule de part et d'autre de celle-ci. Elle est inversement proportionnelle à l'épaisseur membranaire.

La diffusion facilitée passe par des canaux spécifiques ou par des protéines de transport membranaires. Les **canaux transmembranaires** forment des « pores » protéiques qui permettent à certaines substances spécifiques de traverser la région hydrophobe de la membrane plasmique. L'utilisation d'une **protéine de transport transmembranaire** (perméase), quant à elle, nécessite la liaison du ligand spécifique sur la protéine, ce qui entraîne la translocation du ligand au travers de la membrane. La diffusion facilitée augmente la vitesse de diffusion d'une molécule, mais dépend de la **capacité maximale de transport**. L'élévation de la concentration de la substance finit par saturer la protéine de transport et la vitesse de transport atteint alors un plateau (reste constante).

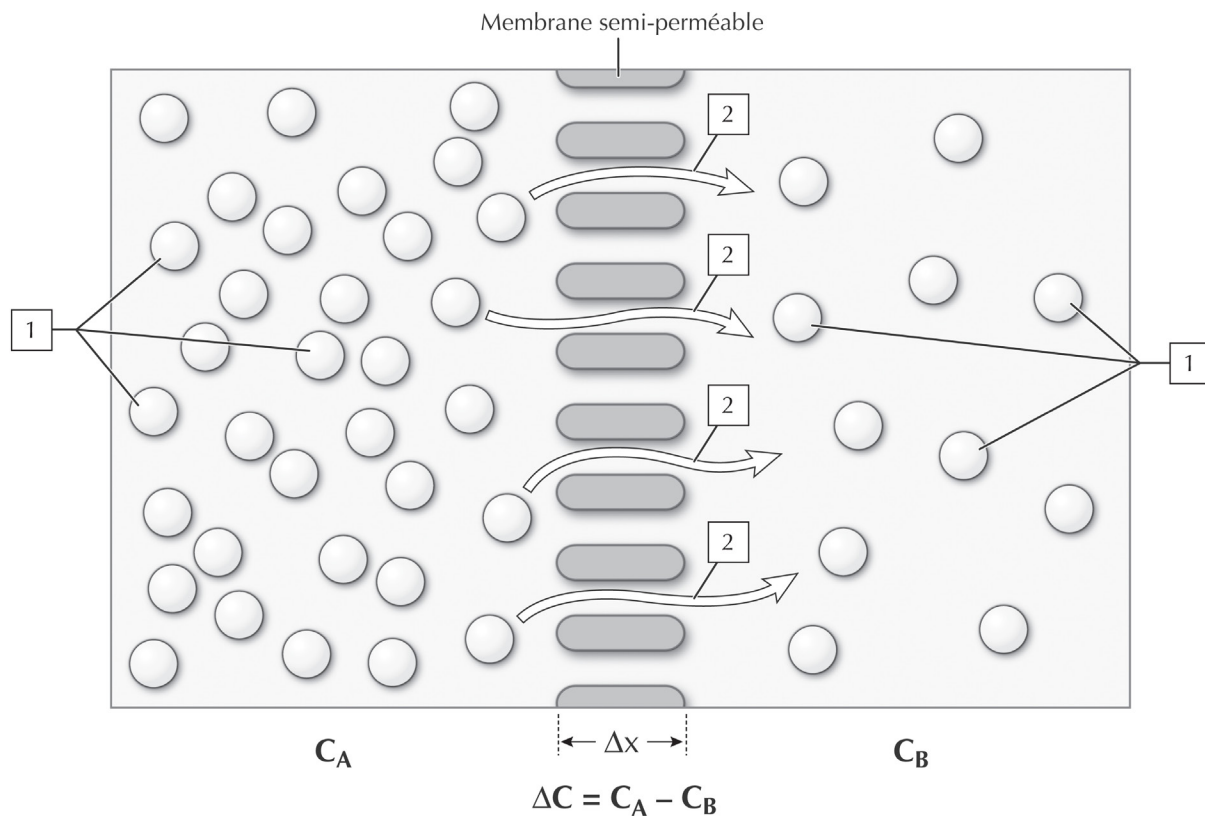
#### COLORIEZ

1. Les molécules de part et d'autre de la membrane (en bleu).
2. Les flèches indiquant la direction nette des molécules qui traversent la membrane par diffusion.

#### RÉPONSES AUX QUESTIONS DE RÉVISION

- Simple.
- Facilitée.
- La diffusion facilitée.
- Non, aucune dépense énergétique n'est nécessaire pour permettre la diffusion, mais cette dernière dépend de la composition de la membrane et du gradient de concentration du soluté.





### QUESTIONS DE RÉVISION

- La diffusion \_\_\_\_\_ se produit dès qu'il existe un gradient de concentration supérieur à zéro ; il existe une relation linéaire entre l'écoulement et l'importance du gradient.
- La diffusion \_\_\_\_\_ passe par des canaux ou des protéines de transport transmembranaires.
- Quel type de diffusion est associé à une capacité de transport maximale ?
- La diffusion nécessite-t-elle une dépense énergétique ?

# 1 Osmose et importance de l'osmolarité dans l'homéostasie liquidienne

La quantité de solutés dans le **liquide intracellulaire (LIC)** et dans le **liquide extracellulaire (LEC)** s'exprime en milliosmoles ; l'**osmolarité** correspond à la concentration d'un liquide.

Chez l'homme, l'osmolarité de l'ensemble de l'eau contenue dans l'organisme est égale à  $\sim 290$  milliosmoles/litre (mOsm/L) (à l'état d'équilibre, l'osmolarité du liquide intra- et du liquide extracellulaire est la même). Cet équilibre est atteint grâce au phénomène d'osmose.

À la différence des mouvements des *solutés* qui se font par diffusion, l'**osmose** correspond au mouvement (ou diffusion) *de l'eau* passant d'une zone ayant une faible concentration en soluté à une zone ayant une forte concentration en soluté. Ce mouvement de l'eau a lieu en raison de la **pression osmotique** exercée par la concentration en soluté.

Cette pression est équivalente à la **pression hydrostatique** nécessaire pour éviter le passage des fluides par osmose au travers d'une membrane semi-perméable. Pour illustrer ce concept, on peut prendre un tube en forme de U ayant différentes concentrations en soluté de part et d'autre d'une **membrane semi-perméable idéale** (c'est-à-dire une membrane perméable à l'eau, mais pas aux solutés).

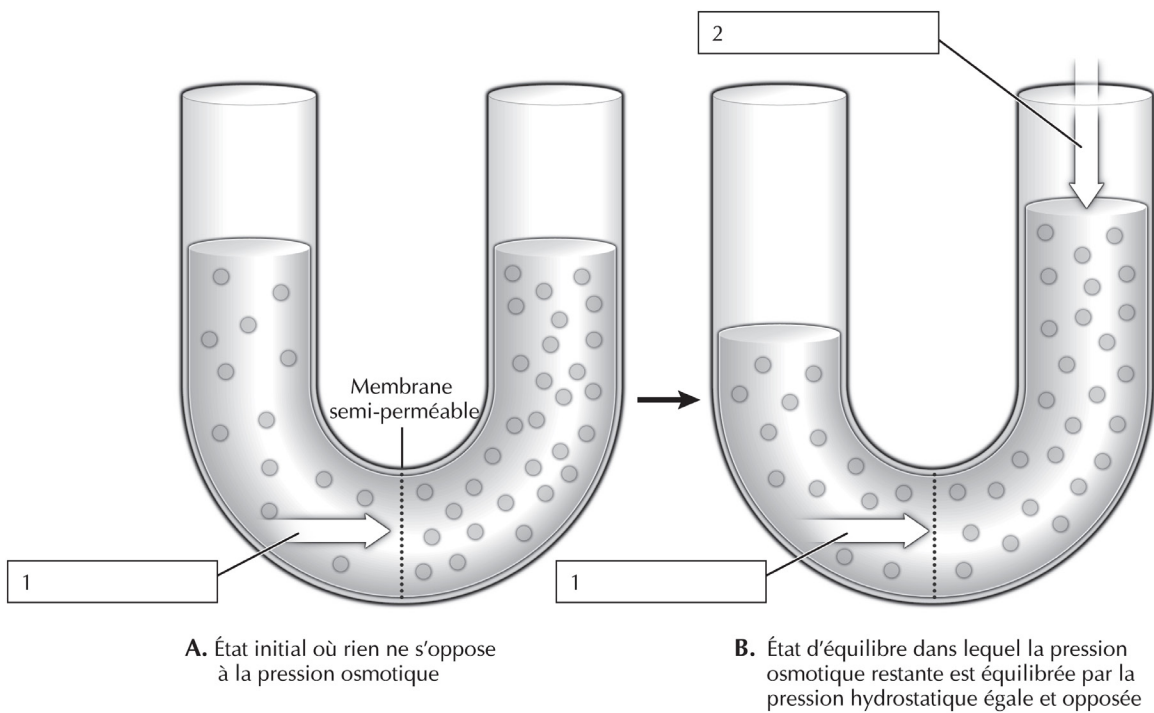
En raison de la différence de concentrations en soluté, l'eau va passer du côté du tube ayant la plus forte concentration en soluté en s'opposant à la force de gravité (pression hydrostatique) jusqu'à ce que la pression hydrostatique générée soit égale à la pression osmotique. (Attention à ne pas faire la confusion avec la pression oncotique qui se réfère spécifiquement à la pression osmotique exercée par les protéines !) Dans cet exemple, à l'équilibre, la concentration en soluté est pratiquement identique de part et d'autre de la membrane, mais le niveau d'eau n'est pas égal – ce déplacement d'eau est lié à la pression osmotique. Lorsque cet exemple s'applique à l'ensemble du corps, il apparaît clairement que toute modification de la concentration en soluté du LEC entraînera un flux osmotique qui pourra éventuellement engendrer un gonflement (œdème) ou une rétraction cellulaire (tous deux indésirables).

## COLORIEZ et LÉGENDEZ

- 1. Pression osmotique ; notez l'inégalité du niveau d'eau dans le tube en U à droite.
- 2. Pression hydrostatique.

## RÉPONSES AUX QUESTIONS DE RÉVISION

- A. L'eau va se déplacer en direction des concentrations en soluté les plus élevées, du LIC au LEC (et les cellules vont se rétracter).
- B. Pour que de l'eau entre dans les cellules, la concentration osmotique (osmolarité) devrait être plus élevée dans le LIC que dans le LEC.



## QUESTIONS DE RÉVISION

- Si la concentration en soluté est supérieure dans le LEC que dans le LIC, dans quelle direction l'eau va-t-elle s'écouler ?
- Quelles sont les conditions nécessaires dans le LEC pour que les cellules se mettent à gonfler (œdème) ?

Le **transport actif primaire** s'accompagne d'une dépense directe d'énergie dérivée de la conversion de l'ATP en **adénosine diphosphate (ADP)** et permet à des ions de traverser la membrane plasmique.

La pompe  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPase est un transporteur actif omniprésent qui dépense l'énergie sous forme d'ATP pour faire sortir le  $\text{Na}^+$  de la cellule et faire entrer le  $\text{K}^+$  dans la cellule, établissant les milieux ioniques intracellulaires et extracellulaires essentiels. Comme trois ions  $\text{Na}^+$  positifs empruntent cette pompe pour sortir de la cellule tandis que seulement deux ions  $\text{K}^+$  positifs l'empruntent pour y entrer, elle est dite électrogénique. Le gradient de concentration que cette pompe établit pour les ions  $\text{Na}^+$  permet à cet ion de diffuser dans le sens de ce gradient au cours de divers processus cellulaires, y compris le transport actif secondaire (prochain sujet).

La  **$\text{H}^+/\text{K}^+$  ATPase**, la  **$\text{H}^+$  ATPase** et la  **$\text{Ca}^{2+}$  ATPase** sont d'autres exemples de pompes permettant le transport primaire actif. Dans chaque cas, de l'ATP est utilisée pour déplacer un ou plusieurs ions contre son gradient de concentration.

La planche 1.5 illustre le transport actif primaire par la  $\text{Ca}^{2+}$  ATPase.

#### COLORIEZ

1. La flèche et les ions  $\text{Ca}^{2+}$  traversant la membrane par le biais du transporteur en direction de la plus forte concentration ionique, pour renforcer le fait que le transport actif primaire permet le déplacement d'une molécule contre son gradient de concentration.

**COLORIEZ et LÉGENDEZ** la réaction qui fournit l'énergie nécessaire pour déplacer les ions  $\text{Ca}^{2+}$  contre leur gradient de concentration :

2. ATP.  
 3. ADP.

#### Remarque clinique

Le transport actif primaire est essentiel à l'homéostasie des liquides ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPase), à la signalisation cellulaire ( $\text{Ca}^{2+}$  ATPase), à la sécrétion acide ( $\text{H}^+/\text{K}^+$  ATPase) ainsi qu'à d'autres fonctions. Si le blocage de la plupart de ces transporteurs peut provoquer des effets graves engageant le pronostic vital, certains médicaments peuvent agir en ciblant ces transporteurs, par exemple la  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPase en cas d'insuffisance cardiaque ou la  $\text{H}^+/\text{K}^+$  ATPase en cas d'hypersécrétion d'acide gastrique.

#### RÉPONSES AUX QUESTIONS DE RÉVISION

- A. N'importe lesquels de ces transporteurs :  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPase ;  $\text{H}^+/\text{K}^+$  ATPase ;  $\text{H}^+$  ATPase ;  $\text{Ca}^{2+}$  ATPase.  
 B. L'ATP en ADP.

# ENSEMBLE POUR ÉTUDIER



ELSEVIER

Health