

Bio 11 : membranes et échanges de matière
--

Les attendus du programme officiel

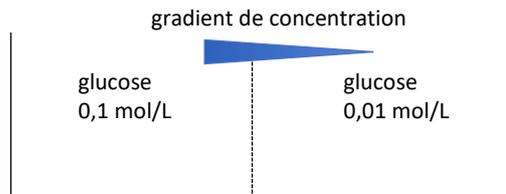
<p>L'eau, les solutés neutres ou chargés et les gaz dissous peuvent traverser les membranes. La perméabilité de la membrane vis-à-vis d'une substance chimique dépend de ses propriétés physico-chimiques et de celles de la substance considérée.</p> <p>Ces échanges transmembranaires sont régis par les différences de potentiel électro-chimique. Les flux de solutés s'effectuent dans le sens des potentiels électro-chimique décroissants par transport passif simple ou facilité ou dans le sens inverse par transport actif primaire ou secondaire (couplages énergétiques). Les flux transmembranaires sont une fonction linéaire (diffusion simple) ou une fonction présentant un plateau de saturation (échange assisté par un transporteur) de la concentration en molécule transportée.</p> <p>Des flux transmembranaires d'ions sont à l'origine d'un potentiel électrique appelé potentiel de membrane.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Relier la perméabilité membranaire à la composition de la membrane. - Exploiter la notion de potentiel électrochimique pour déterminer le caractère spontané ou non d'un échange. - Exploiter la relation de Nernst pour déterminer le potentiel d'équilibre d'un ion. - Exploiter la loi de Fick pour expliquer les caractéristiques cinétiques de certains échanges transmembranaires. - Exploiter la notion de potentiel hydrique pour déterminer le sens des flux d'eau. - Relier les caractéristiques des protéines membranaires (canal, transporteur) aux modalités d'échange. - Relier les échanges présentés à leurs fonctions biologiques. - Relier l'inégale répartition des ions et les flux transmembranaires à l'existence d'un potentiel de membrane.
<p>Précisions et limites : <i>Les échanges sont étudiés sur l'exemple de l'entérocyte (exemples préconisés : canal ionique, transporteur GLUT, Na⁺/K⁺ ATPase, symport Na⁺/glucose de type SGLT, aquaporine). L'existence de protéines membranaires chez une cellule bactérienne est mentionnée. Pour les cellules végétales, on s'appuie sur l'étude des échanges transmembranaires impliqués dans l'absorption racinaire (SV-B-2-1). Le potentiel de membrane est étudié à partir d'une cellule non excitable, les cellules excitables sont abordées dans la partie communication (SV-I-2).</i></p>	
<p>Des transferts de matière entre les compartiments et avec le milieu extracellulaire (endocytose et exocytose) sont réalisés par l'intermédiaire de vésicules. Le bourgeonnement et la fusion des vésicules reposent sur les propriétés des membranes et l'implication des protéines. Le transport et le guidage des vésicules mettent en jeu le cytosquelette.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Relier les échanges présentés à leurs fonctions biologiques
<p>Précisions et limites : <i>On ne détaille pas la diversité des protéines associées aux mécanismes d'endo et d'exocytose.</i></p>	

I- La voie transmembranaire

A- Des échanges régis par des différences de potentiels électrochimiques

1- Cas des solutés non chargés

Contexte : inégale répartition de glucose par ex, dans deux compartiments séparés par une membrane perméable.



Observation d'un déplacement spontané : il y a une force motrice, dite gradient de concentration qui pousse le soluté glucose à changer de compartiment ; le gradient est habituellement représenté par un triangle dirigé dans le sens du mouvement.

Chaque compartiment est caractérisé par son potentiel électrochimique, exprimé en Joule, qui quantifie l'énergie potentielle d'un soluté dans un compartiment, énergie dépendant de sa concentration et de sa charge. Un potentiel électrochimique élevé correspond à une propension à quitter le compartiment.

Dans un compartiment, pour le soluté S :

$$\mu_S = \mu^\circ + R \cdot T \cdot \ln(S)$$

←
 potentiel standard :
 pH7 ;
 298 K ;
 S à 1 mol/L

 ↓
 R = constante des gaz parfaits =
 8,32 · 10⁻³ kJ·mol⁻¹·K⁻¹
 T = température absolue en K
 S = concentration de S

Le mouvement se fait spontanément dans le sens des potentiels électrochimiques décroissants.

On définit la variation d'enthalpie libre associée au changement de compartiment : lors d'un flux entre un compartiment initial et un compartiment final

$$\Delta G = \mu_{S \text{ final}} - \mu_{S \text{ initial}}$$

$$\Delta G = R \cdot T \cdot \ln(S_{\text{final}} / S_{\text{initial}})$$

ΔG s'exprime aussi en Joule. Si le ΔG du changement de compartiment est négatif le travail est qualifié d'exergonique. La valeur absolue du ΔG traduit l'énergie libérée et disponible lors de la réalisation de ce travail.

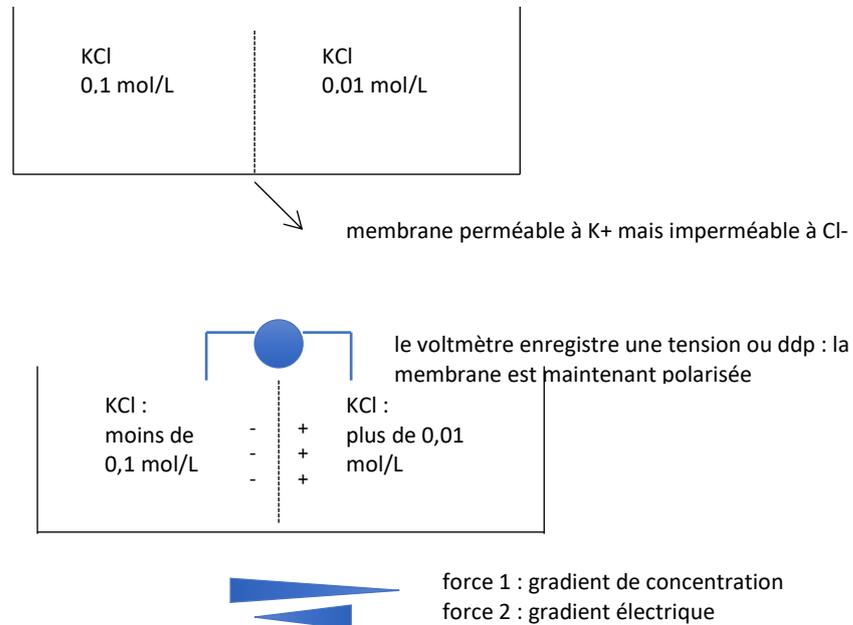
Arrêt du mouvement lorsqu'on atteint l'égalité des concentrations : situation d'équilibre ($\Delta G = 0$)

2- Cas des solutés chargés

Contexte : inégale répartition de KCl avec membrane perméable uniquement au K⁺.

Observation d'un déplacement spontané de K⁺.

Mesure d'une ddp entre les deux compartiments, induite par le déplacement.



Deux forces s'appliquent à K⁺ : gradient de concentration ; gradient électrique.

La résultante des deux forces est le gradient électrochimique : sa direction indique le flux spontané des ions.

Le potentiel électrochimique (en joule) quantifie l'énergie potentielle d'un soluté dans un compartiment, énergie dépendant de sa concentration et de sa charge.

Dans un compartiment, pour le soluté S :

$$\mu_S = \mu^\circ + R \cdot T \cdot \ln(S) + z \cdot F \cdot E$$

<p>potentiel standard : pH7 ; 298 K ; S 1 mol/L</p>	<p>R = constante des gaz parfaits = 8,32 · 10⁻³ kJ·mol⁻¹·K⁻¹</p> <p>T = température absolue en K</p> <p>S = concentration de S</p>	<p>z = valence = nombre de charge</p> <p>F = constante de Faraday = 96,5 kJ·V⁻¹·mol⁻¹</p> <p>E = potentiel électrique en Volt</p>
---	---	---

Lors d'un changement de compartiment, la différence de potentiel électrochimique d'un ion représente la variation d'enthalpie libre (ΔG en joule aussi) : c'est la formule de **Nernst**

Entre deux compartiments, final et initial, pour le soluté S :

$$\Delta G = \mu S_{\text{final}} - \mu S_{\text{initial}}$$

$$\Delta G = R \cdot T \cdot \ln(S_{\text{final}} / S_{\text{initial}}) + z \cdot F \cdot (E_{\text{final}} - E_{\text{initial}}) \quad \text{formule de Nernst}$$

$\Delta G = 0$ quand les deux forces s'annulent.

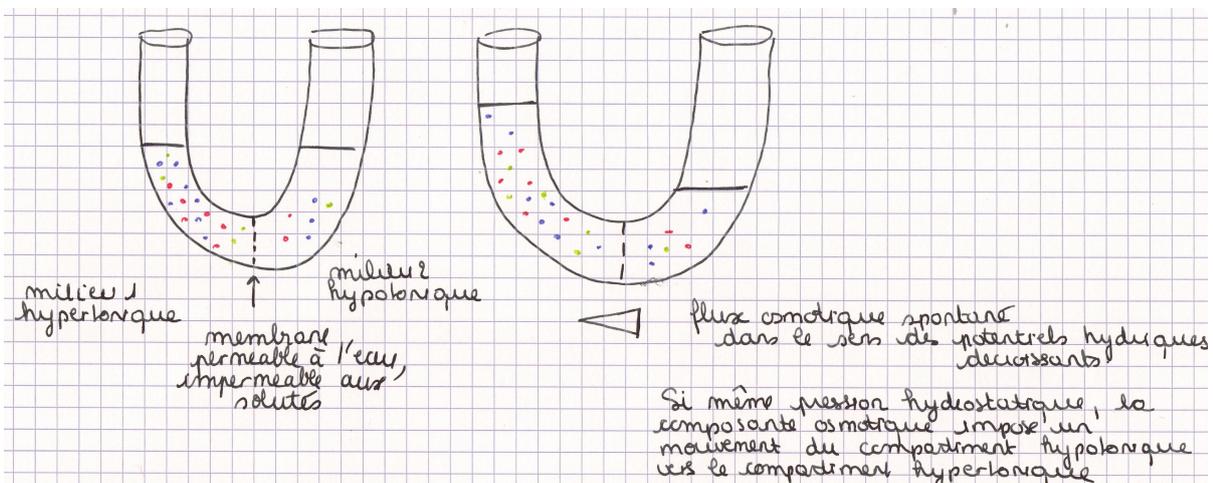
On définit par ailleurs potentiel électrique d'équilibre d'un ion (en volt) : c'est la valeur théorique de la tension transmembranaire telle que $\Delta G = 0$.

3- Cas du solvant : le potentiel hydrique

On définit le potentiel hydrique d'un compartiment, en joule, comme l'énergie potentielle du solvant. Il traduit la propension de l'eau à quitter un compartiment ; le mouvement de l'eau s'effectue spontanément dans le sens des potentiels hydriques décroissants.

Le potentiel hydrique possède deux composantes principales :

- une composante hydrostatique = la pression de l'eau sur le contenant. La composante hydrostatique est nulle dans les cellules animales, élevées dans les cellules à parois
- une composante gravitaire, négligeable
- une composante osmotique = l'effet de la concentration des solutés, toutes natures confondues.



Dans un compartiment on définit le potentiel hydrique :

$$\psi = \psi_h + \psi_o + (\psi_g)$$

composante hydrostatique + composante osmotique + (comp.gravitaire)

Entre deux compartiments :

$$\Delta G = (\psi_h \text{ final} - \psi_h \text{ initial}) + (\psi_o \text{ final} - \psi_o \text{ initial})$$

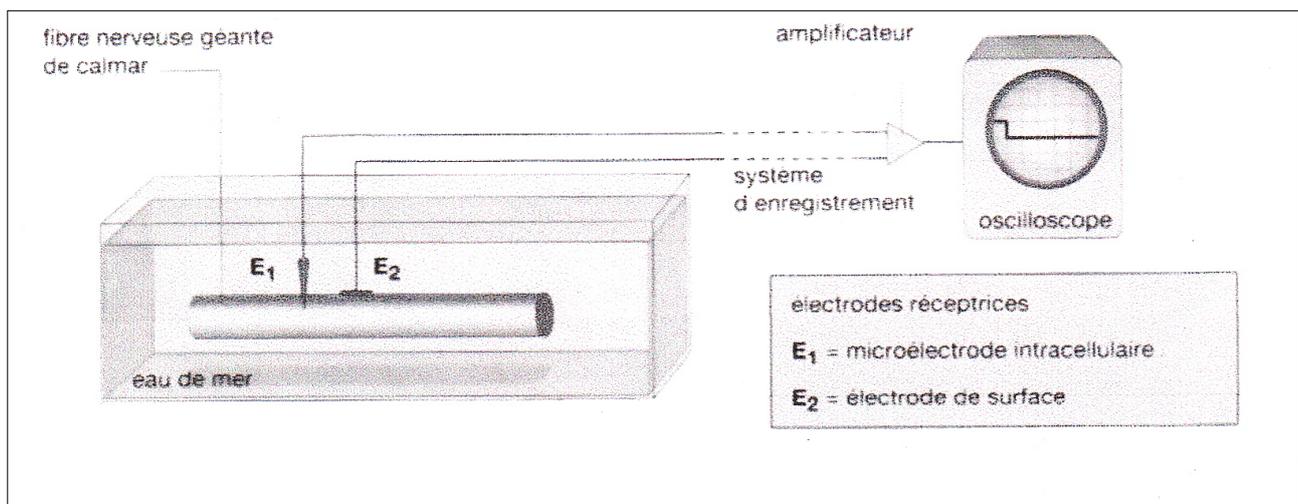
différence nulle chez les animaux ; souvent négligeable chez les végétaux

spontané si le compartiment final est hypertonique

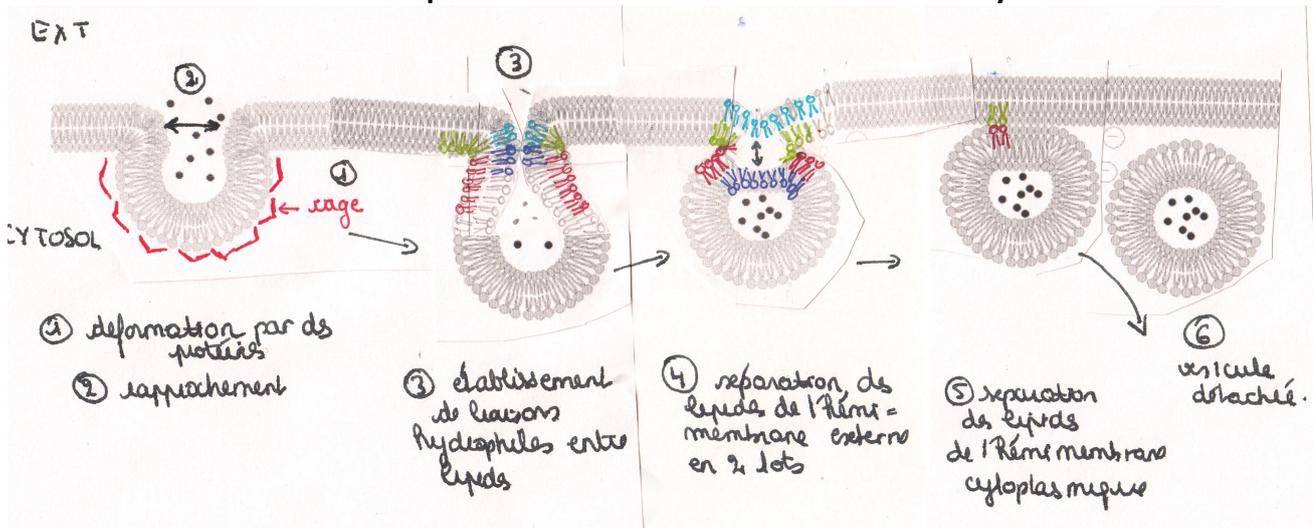
$$\psi_o = - R . T \ln (S)$$

$$\Delta G = - R . T . \ln (S \text{ final} / S \text{ initial})$$

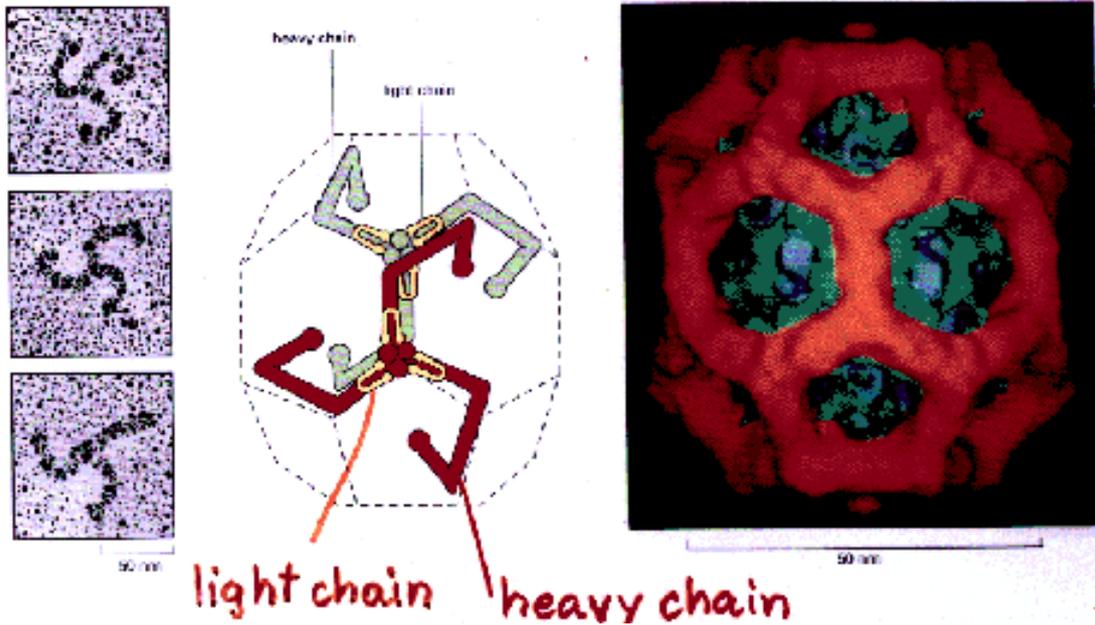
Document 1 : mesure du potentiel membranaire



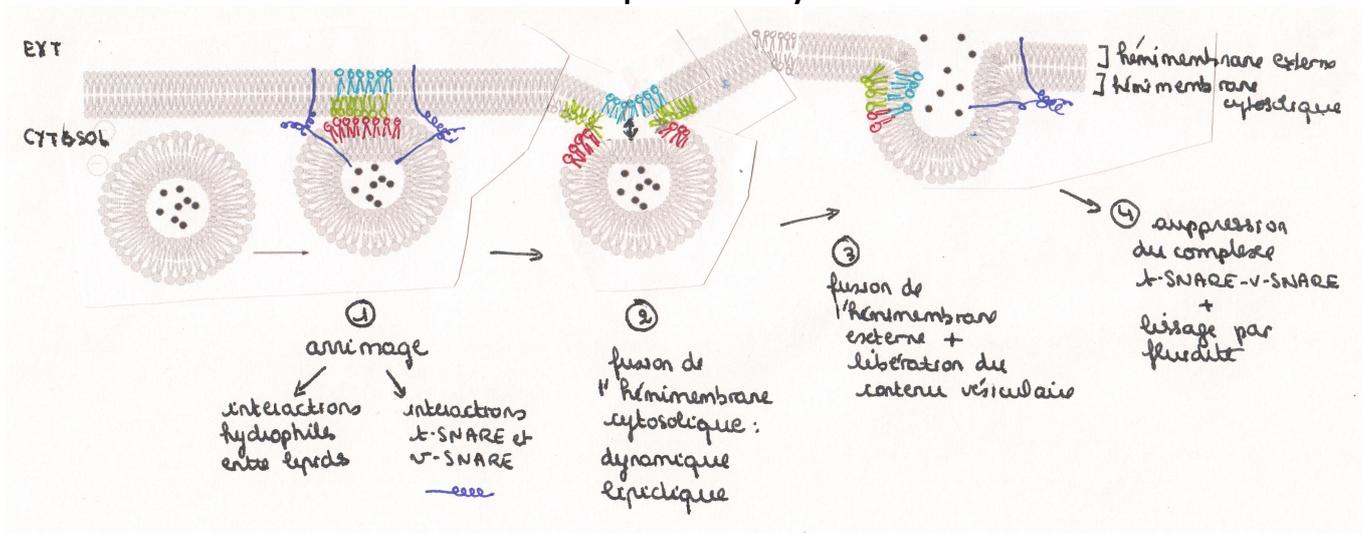
Document 3 : formation d'une vésicule Exemple de la formation d'une vésicule d'endocytose



Document 4 : la clathrine



**Document 5 : fusion d'une vésicule dans une membrane cible
Exemple de l'exocytose**



Document 6 : expérience de Palade

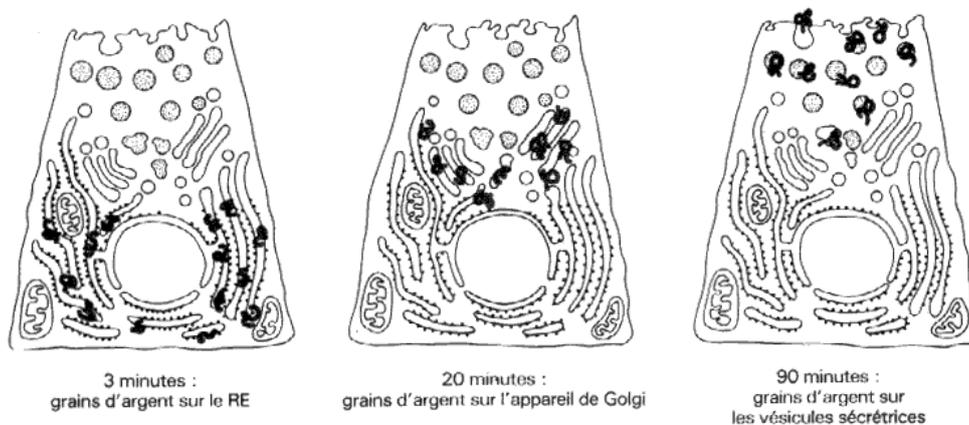
Expérience de Palade

Matériel biologique : une culture de cellules sécrétrices (cellule acineuse pancréatique)

Expérience en 3 temps :

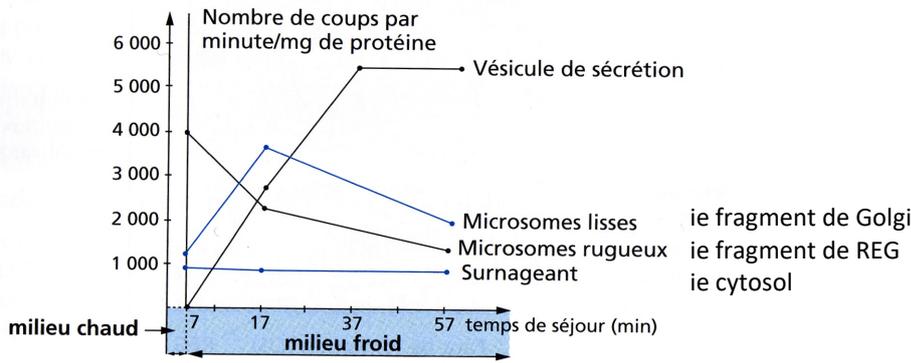
- pulse ou marquage bref : culture des cellules pendant 3 minutes en présence de leucine radioactive
- chasse : poursuite de la culture en milieu froid pendant un temps variable
- révélation de la radioactivité

Révélation 1 : par autoradiographie :



Interprétation :

Révélation 2 : par fragmentation de la cellule et mesure de la radioactivité dans les fragments de divers compartiments



Interprétation :

