

LES ECHANGES COMPARTIMENTAUX



I- Les membranes cellulaires

Définition d'une membrane :

- ✓ Sur le plan **histologique** : **tissu** (couche de \mathcal{C}) séparant 2 compartiments
- ✓ Sur le plan **cytologique** : **bicouche phospholipidique** séparant les compartiments intra et extra \mathcal{C}^R
 - partie **hydrophobe** dirigée vers le **centre** de la membrane
 - propriétés d'échanges variables selon le type \mathcal{C}^R

Fonctions de la membrane \mathcal{C}^R :

- ♦ **Isolement** physique
- ♦ **Régulation** des échanges
- ♦ **Communication** entre la \mathcal{C} et son environnement
- ♦ **Soutien** structural

Il existe une **perméabilité sélective** pour les **ions**, les **macromolécules** et les **molécules polaires** → nécessitent des **transporteurs** membranaires

≠ **Diffusion libre** pour **l'eau** (via les aquaporines), les **lipides** et les **gaz**

II- Transports transmembranaires

1) Les types de transports membranaires

Transport PASSIF = diffusion **simple** dans le **sens du gradient** de concentration, **sans consommation d'énergie ni transporteur**

Diffusion FACILITEE = diffusion dans le **sens du gradient** de concentration, **sans consommation d'énergie** mais avec utilisation d'un **transporteur**

Transport ACTIF = diffusion **contre le gradient** de concentration, avec **consommation d'énergie** et nécessitant un **transporteur**

2) La diffusion simple

= déplacement **aléatoire** (transport passif) de (micro)molécules en solution

Caractéristiques :

- **Ø de force** d'exerçant dans une direction et un sens précis sur la molécule considérée
- déplacement lié à **l'agitation thermique** (énergie cinétique)
- déplacement **induit par le gradient de concentration** entre les 2 milieux : **du plus concentré au moins concentré**

Rq : **DIALYSE** = diffusion d'un soluté micromoléculaire à travers les pores d'une membrane biologique

a) Lois de diffusion des molécules non chargées

- 1- La diffusion ne nécessite **pas de source d'énergie extérieure** (énergie propre des molécules)
- 2- Les molécules diffusent selon un **gradient de concentration** (du + fort au + faible)
- 3- La diffusion se poursuit jusqu'à atteindre un **équilibre**
- 4- La diffusion est **plus rapide** :
 - ✓ Pour des **températures + élevées**
 - ✓ Sur de **courtes distances**
 - ✓ Pour les **petites molécules**
 - ✓ Lorsque le **gradient de concentration** est **élevé**
- 5- La **vitesse de diffusion** à travers une membrane est plus grande si :
 - ✓ La **membrane est fine**
 - ✓ La **surface de diffusion** est **grande**
 - ✓ Le **gradient de concentration** est **élevé**
 - ✓ Selon la **perméabilité** de la membrane à la molécule (composition membranaire, liposolubilité de la molécule...)

b) Loi de Fick

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = -DS \frac{\Delta c^m}{\Delta x}$$

- $\frac{\Delta m}{\Delta t}$ = **débit de diffusion massique ou flux de diffusion**
- D = **coefficient de diffusion** ($m^2 \cdot s^{-1}$)
- S = **surface de section** de la membrane (m^2)
- Δc^m = variation de **concentration pondérale** entre 2 points (*négligée* puisque on va du + au - concentré) ($g \cdot L^{-1}$)
- Δx = **épaisseur** de la membrane
- $\frac{\Delta c^m}{\Delta x}$ = **gradient de concentration**

Simplification de la loi de Fick :

$$\text{Flux de diffusion} = \frac{\text{Aire de surface} \times \text{gradient de concentration} \times \text{perméabilité membranaire}}{\text{Épaisseur de la membrane}}$$

$$\text{Perméabilité membranaire} = \frac{\text{Liposolubilité}}{\text{Taille de la molécule}}$$

L'épaisseur de la membrane étant constante, le flux de diffusion est principalement conditionné par le **gradient de concentration** et la **perméabilité membranaire**.

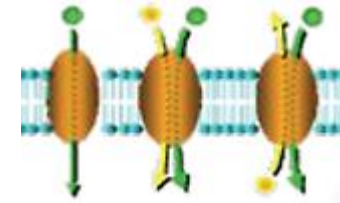
3) Transports transmembranaires protéiques

Le transport de **macromolécules** se fait par le biais de **transporteurs** (\neq diffusion simple) par **diffusion facilitée** ou par **transport actif**

Les transporteurs :

- **Canaux protéiques** : pour le passage de **l'eau** et des **ions** entre les compartiments extra et intra \mathcal{C}^R

- **Protéines porteuses** : permettent le passage de **molécules plus grosses** (glucose, AA). Elles agissent de 3 façons différentes :
 - **UNIORT** = transport **d'un seul** substrat
 - **SYMPORT** = transport de **plusieurs substrats** dans le **même sens**
 - **ANTIORT** = transport de **plusieurs substrats** dans des **sens opposés**



LE TRANSPORT TRANSEPIHELIAL

= transport d'une **substance** à travers **2 membranes** \mathcal{C}^R nécessitant une combinaison de **transports actifs et passifs**.

Il est permis par la **polarisation** \mathcal{C}^R (*distribution polarisée des transporteurs*) :

- ✗ **Pôle Apical** : en contact avec l'environnement extérieur
- ✗ **Pôle Basal** : en contact avec le compartiment extra \mathcal{C}^R

Exemple : transport transépithélial du glucose

- ✗ **Au pôle apical** : symport **Na⁺/glucose** (entrée dans la \mathcal{C})
- ✗ **Au pôle basal** :
 - **transporteur GLUT** (diffusion **facilitée**) qui fait passer le glucose dans le compartiment extra \mathcal{C}^R
 - **Antiport Na/K-ATPase** qui élimine l'excès de Na⁺ rentré précédemment et fait rentrée du K⁺ en contrepartie*

**en effet, le Na⁺ est majoritaire dans le milieu extra \mathcal{C}^R et le K⁺ est majoritaire dans le milieu intra \mathcal{C}^R*

III- Les mouvements du solvant

1) Osmose, osmolarité et pression osmotique

OSMOSE = déplacement libre d'un solvant du compartiment **le - concentré vers le compartiment le + concentré** jusqu'à un état **d'équilibre** osmotique. Ce déplacement se fait à travers une **membrane semi-perméable**.

→ dépend du nombre de **particules osmotiquement actives** (ie. dépend des particules non diffusibles = osmoles, et non pas de la molarité)

OSMOLARITE PLASMATIQUE ≈ 300 mosm.L⁻¹

- donnée par : **NATREMIE x2 + GLYCEMIE + osmolarité de l'UREE**
- en comparant deux solutions d'osmolarités différentes, on peut caractériser une des solutions **d'hyper-, iso- ou hypo-osmolaire** par rapport à l'autre.

PRESSION OSMOTIQUE = pression **empêchant** un solvant de passer à travers une mb semi-perméable. Elle est donnée par la **loi de Van't Hoff** :

π = pression osmotique (en Pa)

C° = osmolalité (en mosm.L⁻¹)

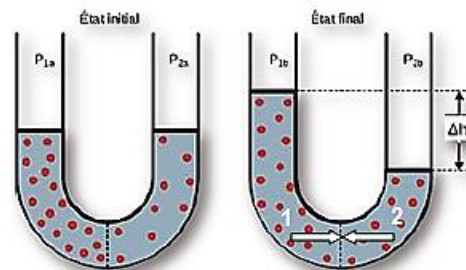
R= constante des gaz parfaits = **8,3 J.K⁻¹.mol⁻¹**

T = température absolue (en K) = **310 K** chez l'hô

$$\pi = C^\circ \cdot R \cdot T$$

⚠ si plusieurs solutés ne franchissent pas la membrane: prendre l'osmolarité totale (= somme des C°)

Illustration :



- 1- Pression osmotique
- 2- Pression exercée par l'eau qui tente de passer dans le compartiment de gauche

2) La tonicité

TONICITE	OSMOLARITE
<ul style="list-style-type: none"> • Comparaison C/solution • Grandeur non mesurable • Prédit les mouvements d'eau entre la C et la solution • Dépend de l'osmolarité et de la nature des particules (ie. prend en compte les solutés diffusibles ou non !) 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparaison de 2 solutions • Grandeur mesurable (mosm.L⁻¹) • Ne prédit pas les mouvements d'eau • Dépend uniquement des molécules non diffusibles

Exemple des GR :

GR + solution hypotonique	GR + solution isotonique	GR + solution hypertonique
C_{sq} = turgescence voire hémolyse	C_{sq} = rien ne se passe	C_{sq} = plasmolyse
↘ pression osmotique extra C^R	∅ de variations de la pression osmotique	↗ pression osmotique extra C^R

⇒ A l'**équilibre** des concentrations de particules osmotiquement actives, **l'osmose s'arrête** : la **pression osmotique ne varie plus**

3) Les échanges capillaires

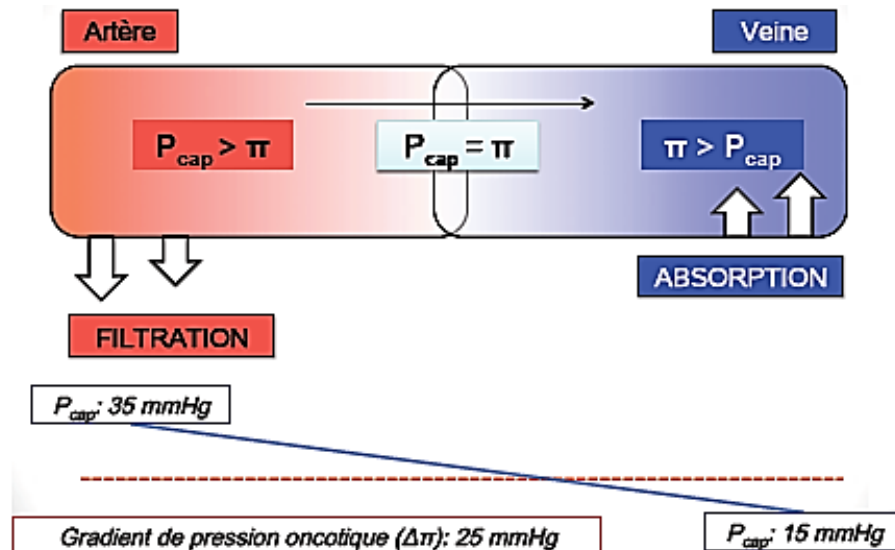
Les différents types d'échanges capillaires :

- La **diffusion** (dont la vitesse dépend du gradient de concentration)
- **Transcytose** (transport actif via des vésicules membranaires)
- **Filtration-absorption** (flux net sortant-flux net entrant)

FORCES DE STARLING = pression **osmotique** et pression **hydrostatique**

➔ régissent les échanges liquidiens entre le sang et le liquide interstitiel

Pression HYDROSTATIQUE	Pression ONCOTIQUE (colloïde osmotique)
<ul style="list-style-type: none"> • Pression exercée par le sang sur les parois des capillaires • Tend à faire sortir les liquides du compartiment plasmatique 	<ul style="list-style-type: none"> • Pression osmotique liée aux protéines (trouvées presque exclusivement dans le plasma) • Elle est constante du pôle artériel au pôle veineux • Tend à faire rentrer les liquides dans le compartiment plasmatique



Si la pression efficace $P_{eff} = \Delta P + \Delta M^*$ est :

- ✓ **Positive** : le flux net liquidien est **sortant** = **FILTRATION**
- ✓ **Négative** : le flux net liquidien est **entrant** = **ABSORPTION**

* ΔP = gradient de pression hydrostatique

ΔM = gradient de pression oncotique

IV- Homéostasie hydro-électrolytique

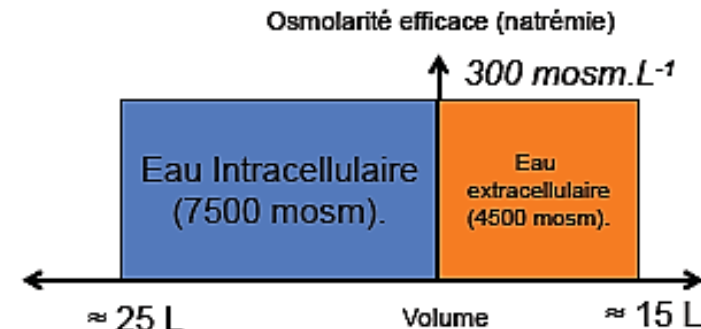
1) Le diagramme de Pitts

C'est une représentation schématique des **échanges hydriques** entre les compartiments intra et extracellulaires.

Rq : dans les cas cliniques, les modifications initiales ont lieu au niveau **extra^{CR}** et ont des répercussions sur le milieu **intra^{CR}**

PHYSIOLOGIQUEMENT

- **Osmolarité efficace identique** dans tous les compartiments ($\approx 300 \text{ mosm.L}^{-1}$) = même nbre de particules osmotiquement actives
- **Ø mouvements liquidiens**



Cause physiopathologique	Tonicité du compartiment extra \mathcal{C}^R	Diagramme de Pitts	Evolution volume extra \mathcal{C}^R	Evolution volume intra \mathcal{C}^R	Evolution osmolarité	Autres
Absorption H ₂ O (ici +3L)	Hypotonique	<p>279 mosm.L⁻¹ Osmolarité efficace</p> <p>Eau Intracellulaire (7500 mosm). Eau extracellulaire (4500 mosm).</p> <p>≈ 26,9 L Volume ≈ 16,1 L</p>	↗	↗	↘	Compensation : élimination du volume liquidien excédentaire par les urines très diluées (+ réabsorption de Na ⁺)
Ingestion d'un sérum salé isotonique	Isotonique	<p>300 mosm.L⁻¹ Osmolarité efficace</p> <p>Eau Intracellulaire (7500 mosm). Eau extracellulaire (5400 mosm).</p> <p>≈ 25 L Volume ≈ 18 L</p>	↗	=	=	Compensation : élimination du volume liquidien excédentaire par les urines (isotoniques)
Ingestion d'un sérum salé hypertonique	Hypertonique	<p>310 mosm.L⁻¹ Osmolarité efficace</p> <p>Eau Intracellulaire (7500 mosm). Eau extracellulaire (5500 mosm).</p> <p>≈ 24 L Volume ≈ 18 L</p>	↗	↘	↗	Compensation : excrétion urinaire hypertonique
Ingestion de sel sans eau	Hypertonique	<p>289 mosm.L⁻¹ Osmolarité efficace</p> <p>Eau Intracellulaire (7500 mosm). Eau extracellulaire (4800 mosm).</p> <p>≈ 24,5 L Volume ≈ 15,5 L</p>	↗	↘	↗	Compensation : soif intense + compensation rénale par excrétion urinaire concentrée

Déshydratation <i>(ex : diarrhée)</i>	Hypertonique		↘	↘	↗	Compensation : réhydratation
Hémorragie	Isotonique		↘	=	=	Prévention : hydratation par solutions électrolytiques au cours d'un effort physique
Compensations des pertes sudorales par de l'eau pure	Hypotonique		↘	↗	↘	Prévention : hydratation par solutions électrolytiques au cours d'un effort physique
Surcharge sodée et liquidienne	Hypertonique		↗	↘	↗	Compensation : excrétion urinaire hypertonique

RECAP

- ∞ **DIFFUSION** = transport **passif** de molécules (soluté), du milieu **le + concentré vers le - concentré**
- ∞ **LOI DE FICK** = explique la diffusion d'un soluté
- ∞ **DIALYSE** = diffusion de **soluté** à travers une membrane **biologique**
- ∞ **OSMOSE** = diffusion du **solvant** à travers une membrane **semi-perméable**, du milieu **le - concentré vers le + concentré**
- ∞ **LOI DE VAN'T HOFF** = donne la valeur de la pression osmotique