

# ASPECTS PHYSIOLOGIQUES DES ECHANGES TRANSMEMBRANAIRES

Tut' rentrée 2021-2022  
Claralcalose & Elisanémie





## PLAN :

I-Ultrafiltration à travers les membranes biologiques

II-Diffusion des gaz à travers la membrane alvéolaire / Hématose

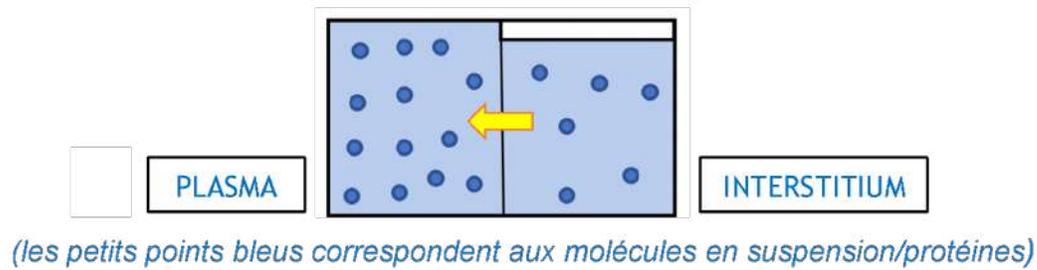
III-Equilibre osmotique de l'eau

IV-Flux osmolaire à travers les épithéliums

# I- Ultrafiltration à travers les membranes biologiques

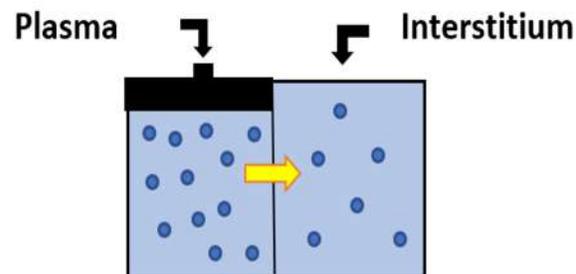
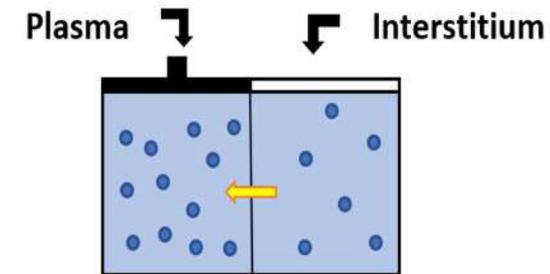
L'Ultrafiltration est le passage uniquement d'**eau** et de petites molécules en solution nommés **osmoles** à travers les membranes ! **PAS de PROTEINE !**





## Rôle des forces en présence :

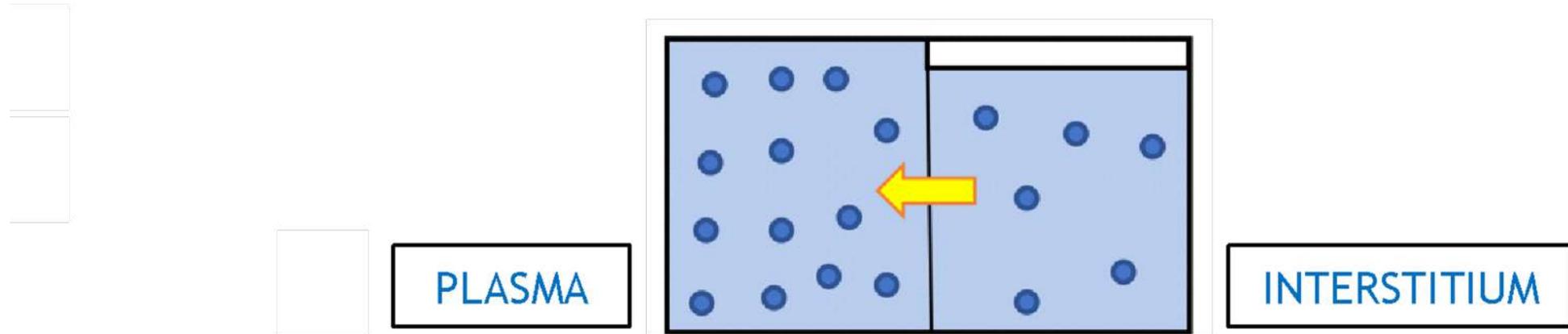
- Pression oncotique
- Pression hydrostatique



☀ De manière générale les échanges se font entre le plasma et l'interstitium et les 2 pressions entre en jeu en même temps.

# Pression oncotique

dépend de la concentration des molécules en suspension (protéines)



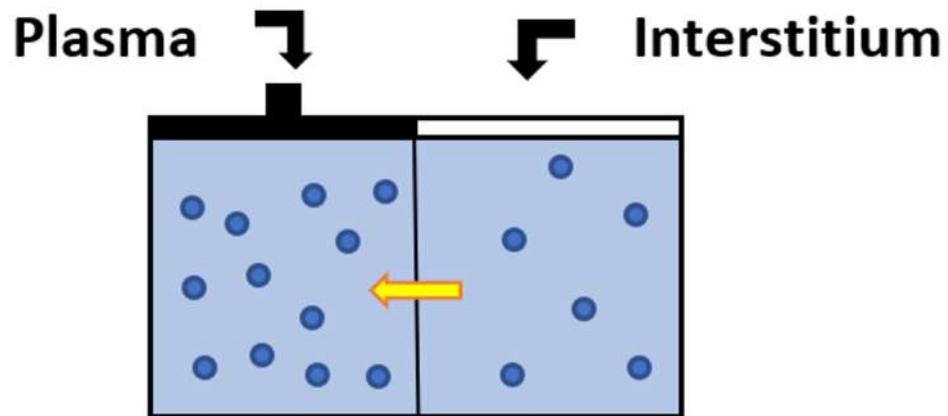
*(les petits points bleus correspondent aux molécules en suspension/protéines)*

**L'eau va aller vers le compartiment où la concentration en protéine est supérieure.**

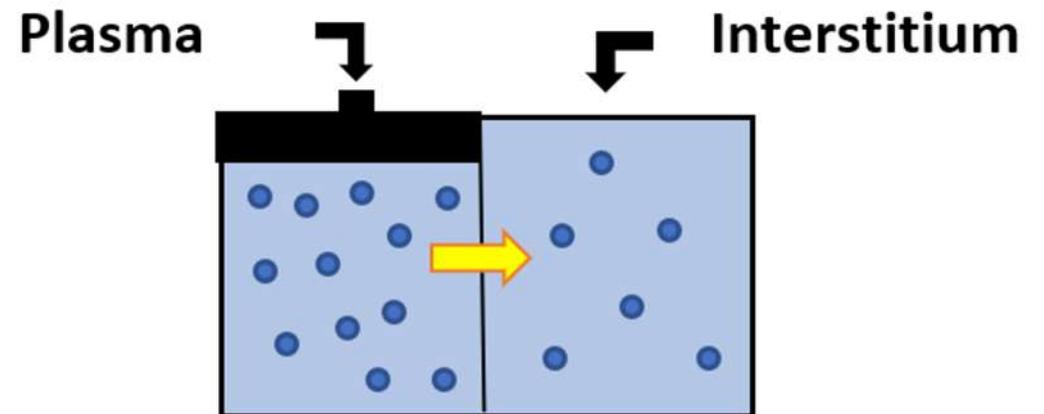
# Pression hydrostatique

on exerce une pression hydrostatique (on appuie avec un piston)

On génère un flux dans le **sens inverse** à celui généré par la pression oncotique.



**Limite le flux** d'eau dans le sens interstitium vers plasma/droite vers gauche



**Inverse le sens du flux** (si la pression hydrostatique devient supérieure à la pression oncotique)

# Relation de Starling

permet de caractériser le débit de l'ultrafiltration



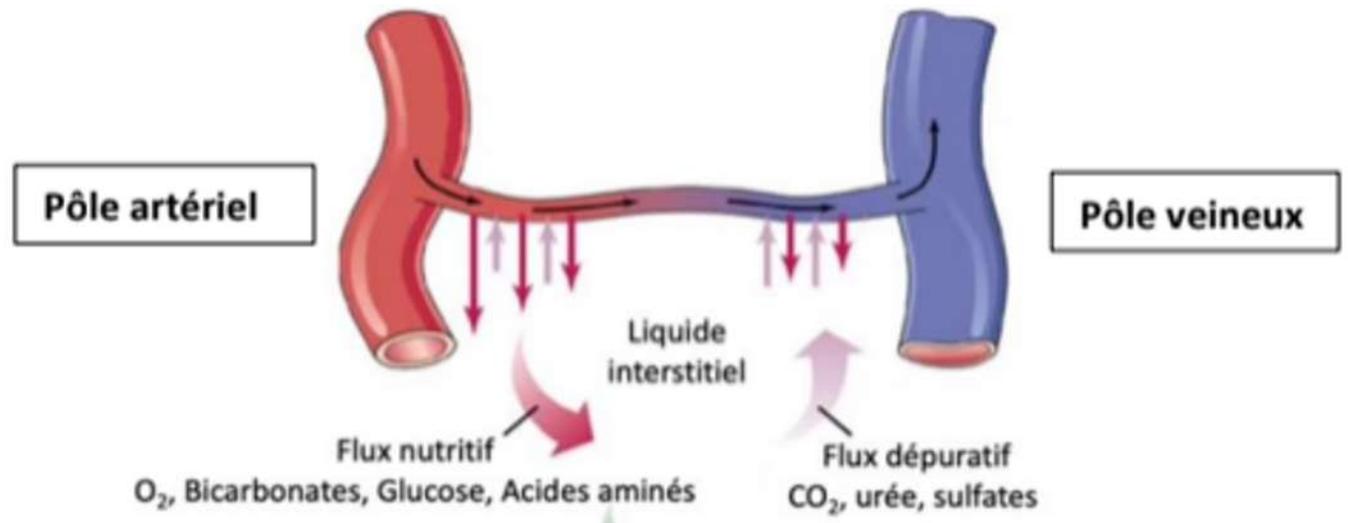
$$\text{Débit ultrafiltration} = [(P_c - P_i) - (\pi_c - \pi_i)]$$

c= capillaire i= interstitium P= pression hydrostatique  $\pi$ = pression oncotique

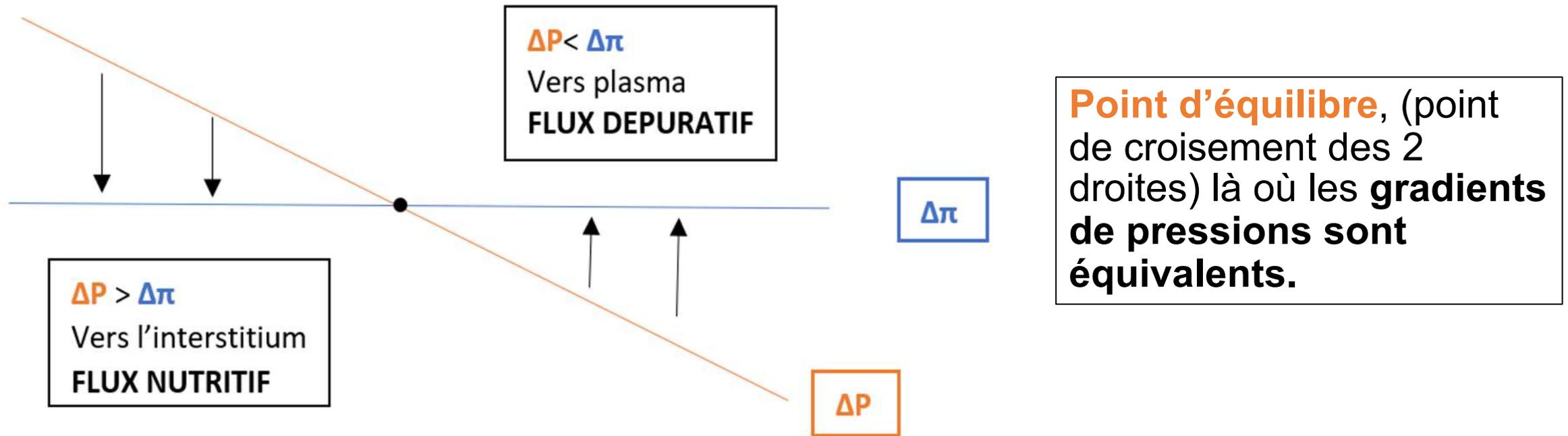
**Débit ultrafiltration = gradient de pression Hydrostatique ( $\Delta P$ ) - gradient de pression oncotique ( $\Delta \pi$ )**

# Etude des pressions

- **pression hydrostatique P**, dans le **capillaire** est élevé et **diminue petit à petit**
- **pression hydrostatique** des **tissus** est **légèrement NEGATIVE**
- **pression oncotique  $\pi$**  stable **+++** tout au long du vaisseau (70g/L)
- **liquide interstitiel**, la **pression oncotique** est **plus faible**



# Courbes des gradients de pressions



# Effet Donnan :

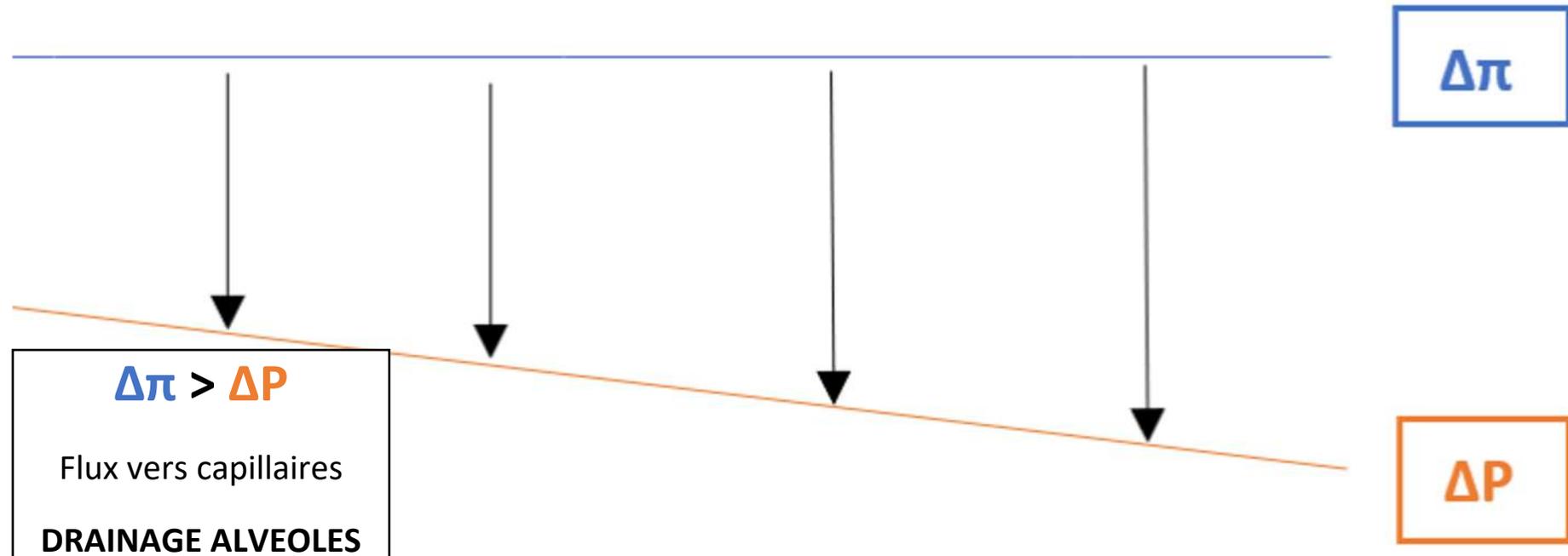


Répartit des **charges négatives** à l'intérieur de la **lumière** des capillaires

- protéines sont **électronégatives** et les charges négatives se repoussent
- conséquences sur la **perméabilité des capillaires**, empêche les protéines de s'encrasser sur la membrane.

## Différents types de membranes biologiques

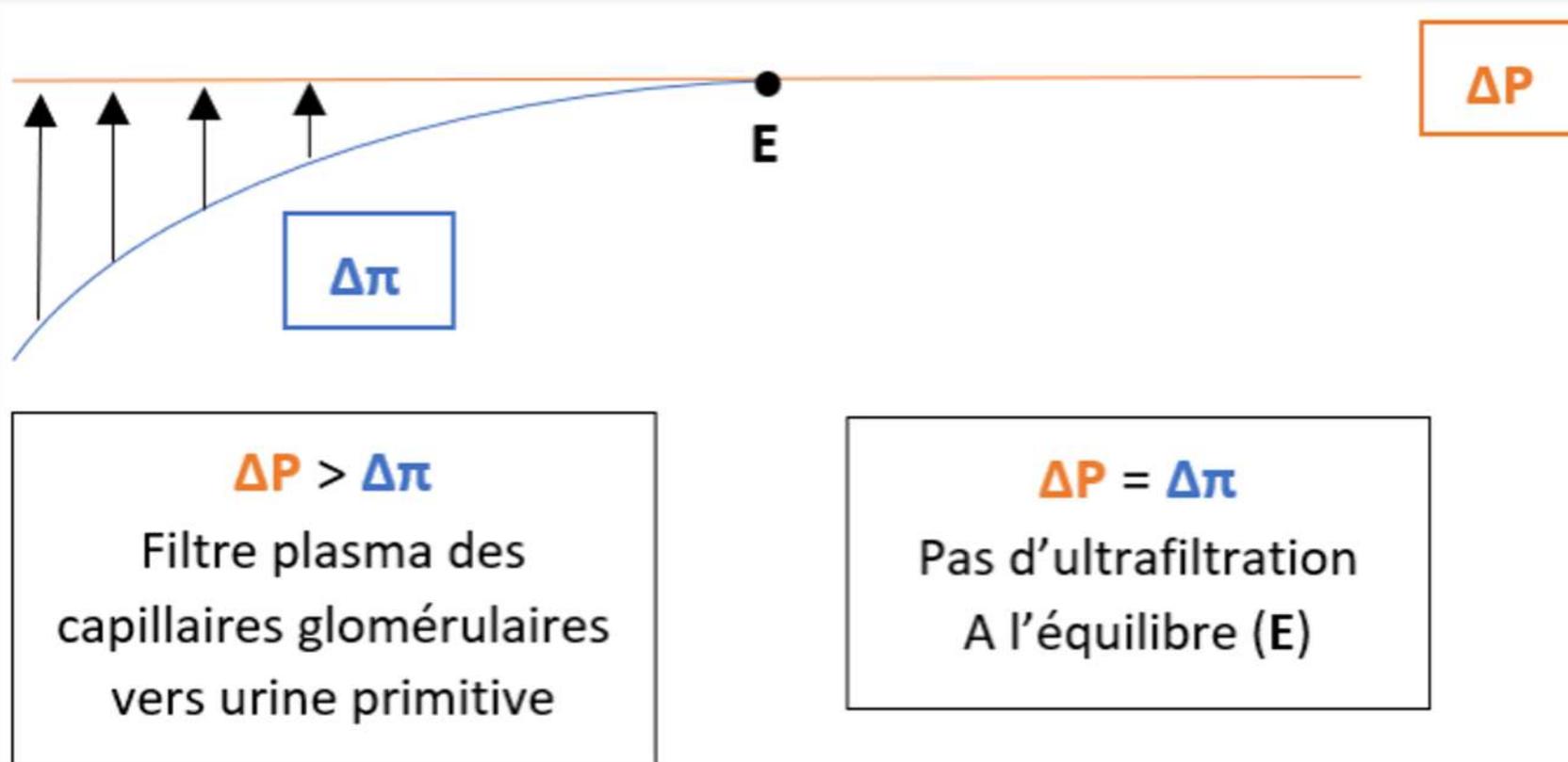
## Cas des Capillaires Pulmonaires



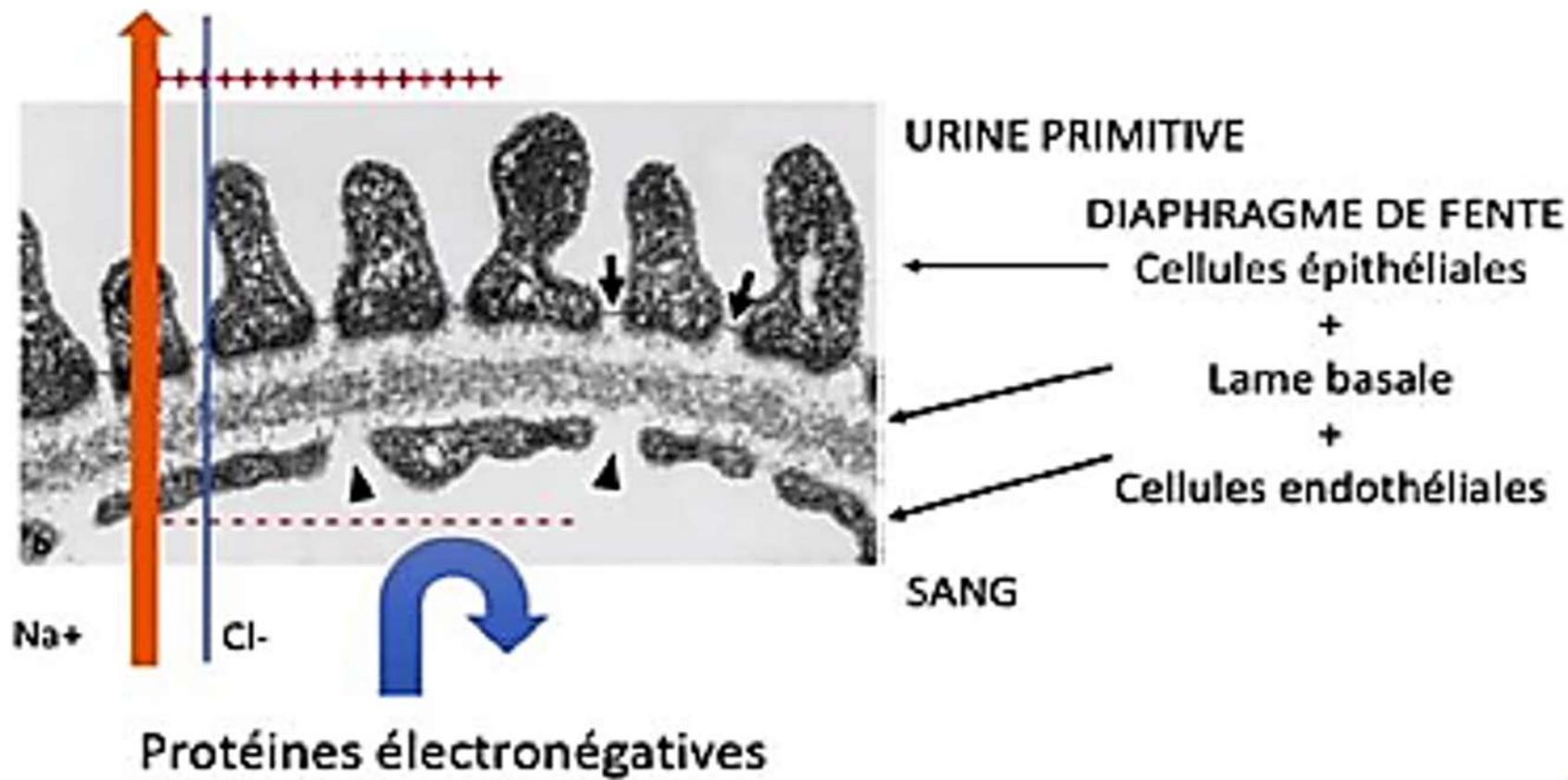
En condition **physiologie**, le flux est **uniquement des alvéoles vers les capillaires**.

# Différents types de membranes biologiques

## Cas des Capillaires Glomérulaires



En **physiologie**, les échanges sont **uniquement dans le sens d'une ultrafiltration du plasma pour donner l'urine primitive.**



## Epanchement et œdème :

Si les gradients ne sont plus correctement répartis il peut y avoir une accumulation de liquide extracellulaire à l'extérieur du capillaire

→ **Œdème** = liquide accumulé dans le **tissu sous-cutané**, signe du **godet**

**Œdème pulmonaire** : **dyspnée** ou un **essoufflement** avec des **expectorations** mousseuses et rosées.

→ **Epanchement** = accumulation de liquide dans une **cavité virtuelle** comme la **plèvre**, le **péricarde** et le **péritoine**

**Pleurésie**

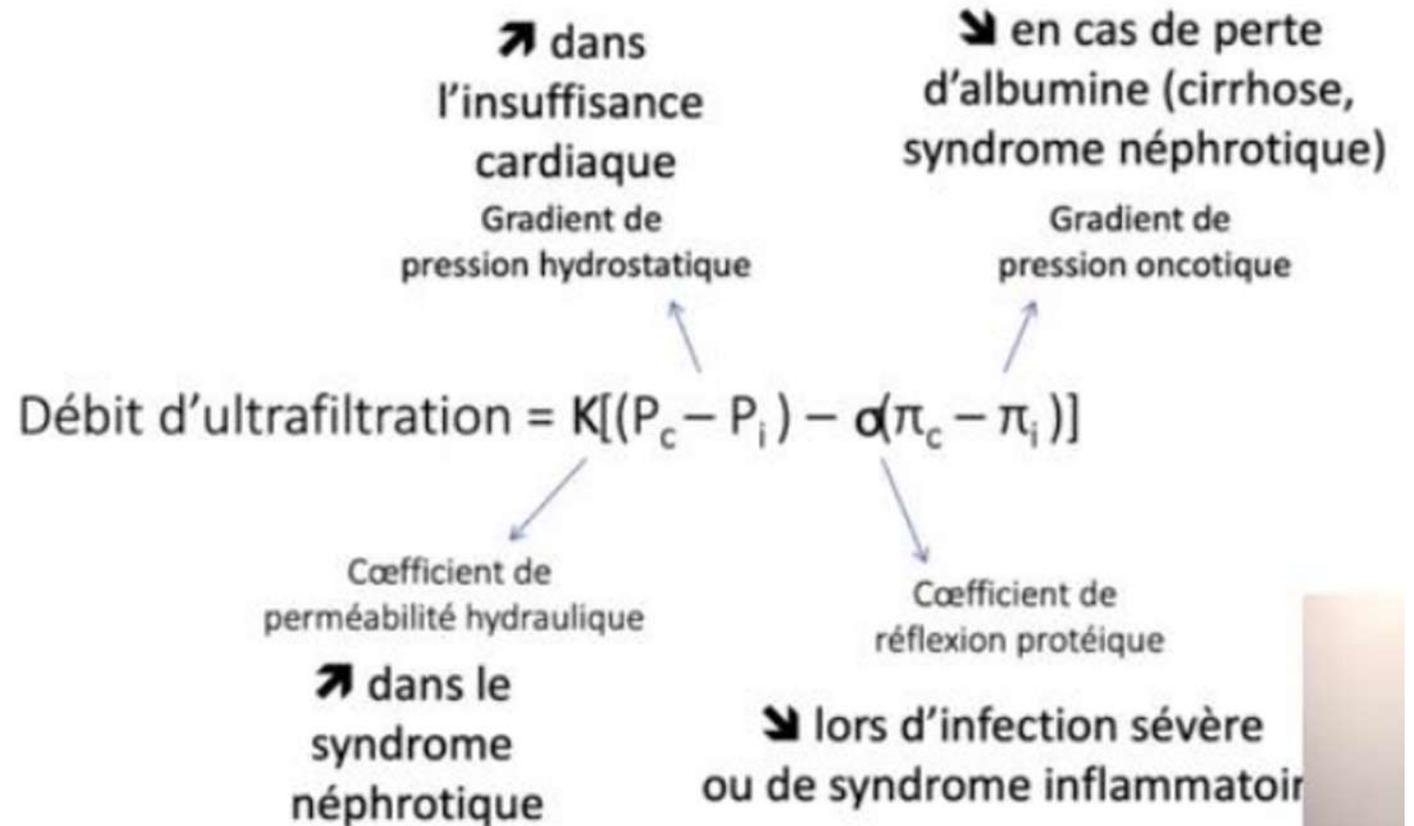
**Ascite**

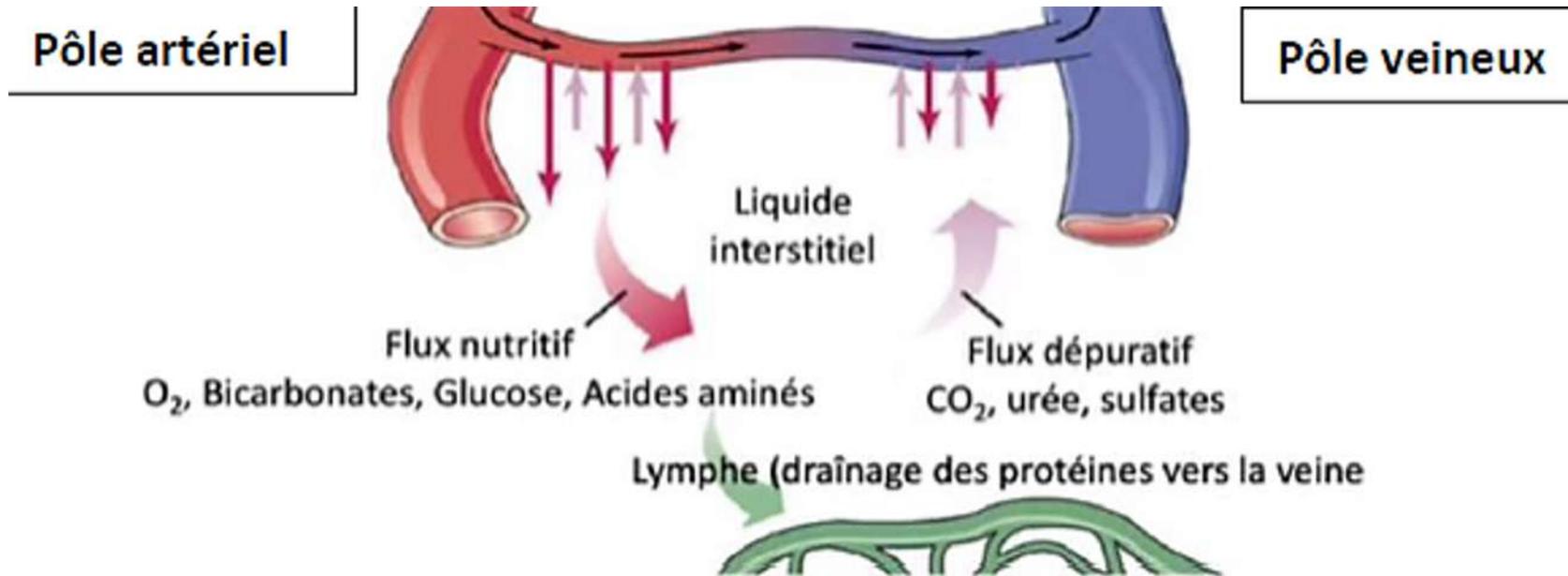
**Péricardite**

# Dérèglement des gradients

Peut être le signe d'autres pathologies comme :

- **insuffisance cardiaque**
- **syndrome néphrotique** (rein)
- **infection sévère**
- **pertes d'albumine**





## Réseau de suppléance : Capillaires lymphatiques

- **Permet d'éviter** la formation d'œdèmes ou d'épanchements
- Conduit le liquide vers la veine cave supérieure
- **Débit augmente en cas de pression anormale positive** dans l'interstitium

## Conclusion :

☀ L'**ultrafiltration** concerne l'eau et les osmoles mais pas les protéines.

☀ La *relation de Starling* désigne l'**équilibre des forces responsables de l'ultrafiltration**.

☀ En médecine un **déséquilibre** dans la relation est **fréquemment observé**.



## II-Diffusion des gaz à travers la membrane alvéolaire / Hématose

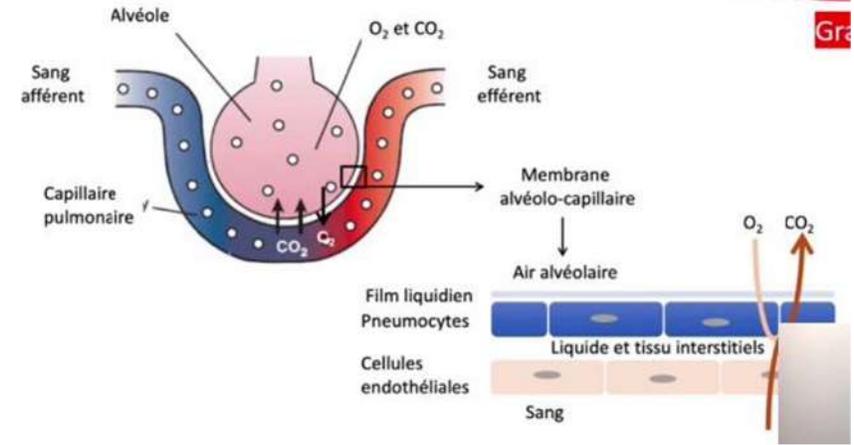
**Hématose** = échange des gaz à travers la membrane alvéolaire entre l'air et le sang.

### Air alvéolaire conditionné

L'air atmosphérique inspiré va être modifié lors de son trajet jusqu'aux alvéoles.

	Température	PO <sub>2</sub> PH <sub>2</sub> O PCO <sub>2</sub> en mm Hg	Particules en suspension
Air atmosphérique	Variable	158 variable 0,2	Présentes
Air alvéolaire conditionné	Constante 37°C	100 40 47	Absentes
Sang artériel	/	40 / 98	/

# Hématose

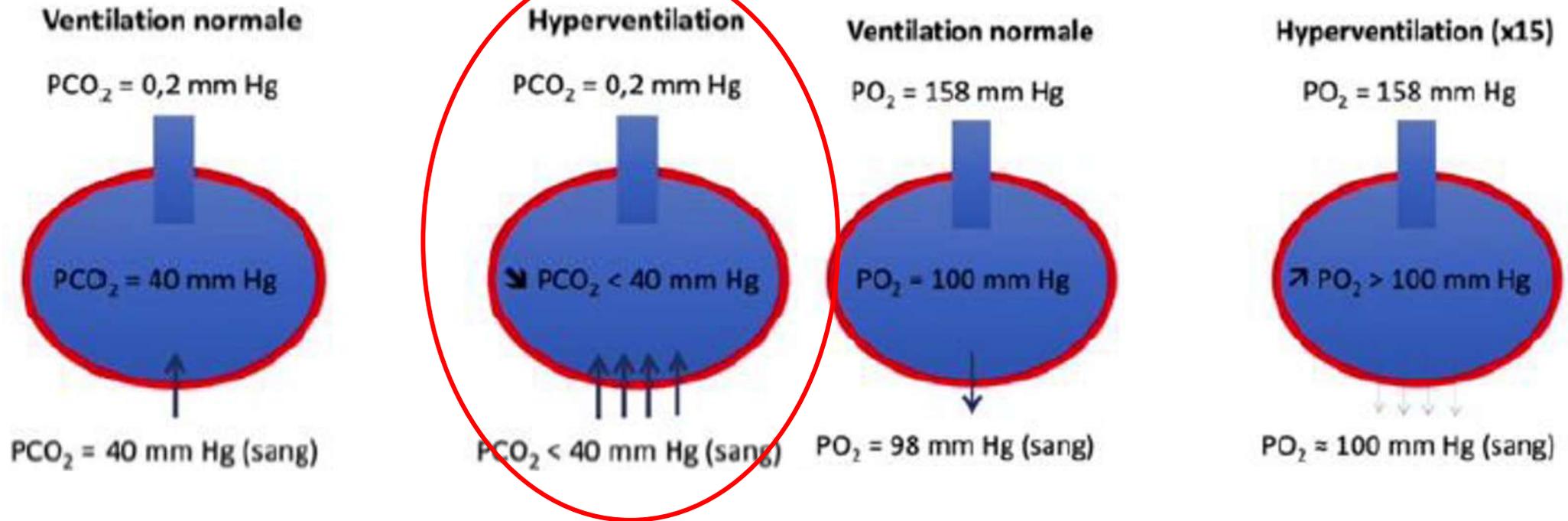


La diffusion des gaz se fait selon les principes de la **Loi de Fick** :

$$\text{Flux de gaz} = \frac{\text{Surface} \times \text{coefficient de solubilité} \times \text{différence de pression partielle}}{\text{Epaisseur de la membrane alvéolo-capillaire}}$$

*Gradient de pression partielle (en orange)*





# Hyperventilation

☀ *Hyperventiler* est un moyen **efficace pour éliminer le gaz carbonique** de l'organisme.

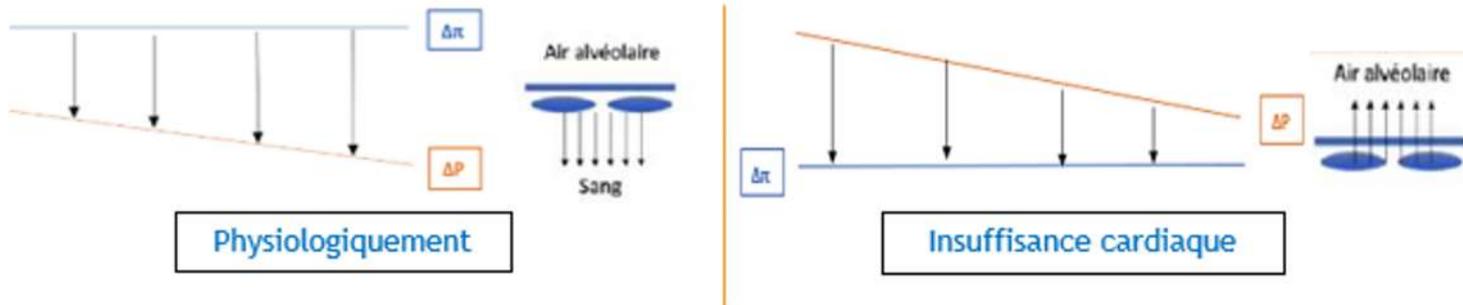
☀ *Hyperventiler* n'a **pas beaucoup d'effet sur l'apport en oxygène** au sang.

# Œdème pulmonaire

$$\text{Flux de gaz (air} \rightarrow \text{sang)} = \frac{\text{Surface} \times \text{coef. solubilité} \times \text{différence de pression partielle}}{\text{Épaisseur}}$$

L'épaisseur de la membrane alvéolo capillaire peut augmenter, et altérer le gradient de pression partielle diffusion des gaz va être diminuée (va créer un manque d'oxygène), voilà pourquoi l'œdème est responsable d'essoufflement ou de dyspnée.

## Insuffisance cardiaque



$\Delta P$  devient supérieur à  $\Delta \pi$  et les alvéoles vont se retrouver **inondées** par du plasma = *œdème pulmonaire*

Rôle essentiel du gradient de pression partielle

**En altitude**, la  $PO_2$  atmosphérique est diminué, ce qui diminue aussi la  $PO_2$  alvéolaire, et donc diminue la différence entre  $PO_2$  alvéolaire et dans le sang.

On rencontre donc une **difficulté à oxygéner le sang**



	Pression partielle de l'oxygène (kPa)		
	Sang	Alvéole	
Niveau de la mer	5,3	13,3	
4000 m	↘ 5,3	7,5	

## Conclusion :

☀ L'air alvéolaire est *conditionné*, il est **dépoussiéré, réchauffé et hydraté**.

☀ L'**hématose** dépend de la diffusion des gaz, de la **Loi de Fick**.

# III-Equilibre osmotique de l'eau

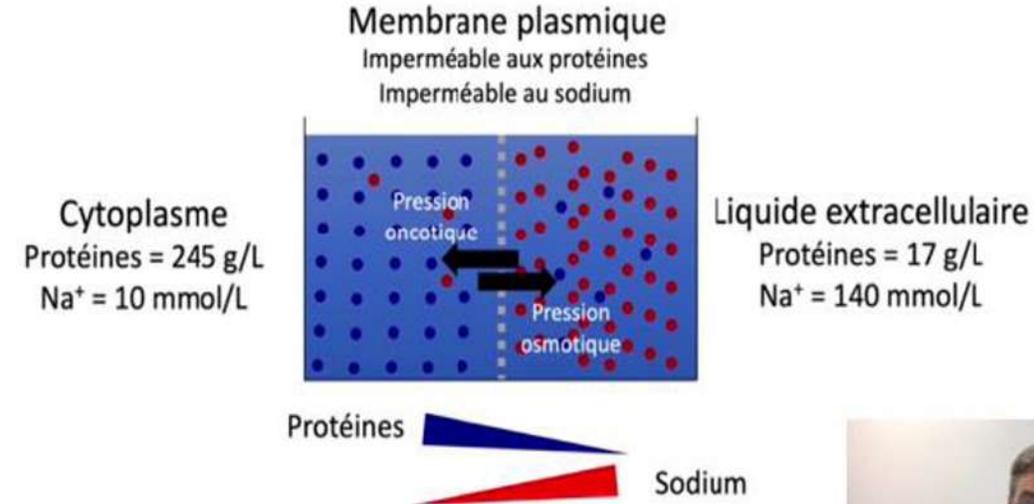
Membranes de capillaires  $\neq$  membranes plasmiques/ cellulaires

Membrane plasmique : sépare le **cytoplasme** du **liquide extracellulaire**

- perméable à **l'eau**
- imperméable aux **protéines**
- se comporte comme si elle était **imperméable au sodium ++**

**Toutes** les cellules de l'organisme possèdent des **aquaporines** (=protéines transmembranaires pour la diffusion facilitée de l'eau)

# Flux hydriques



- Pression oncotique
- Pression osmotique (dépend des osmoles)

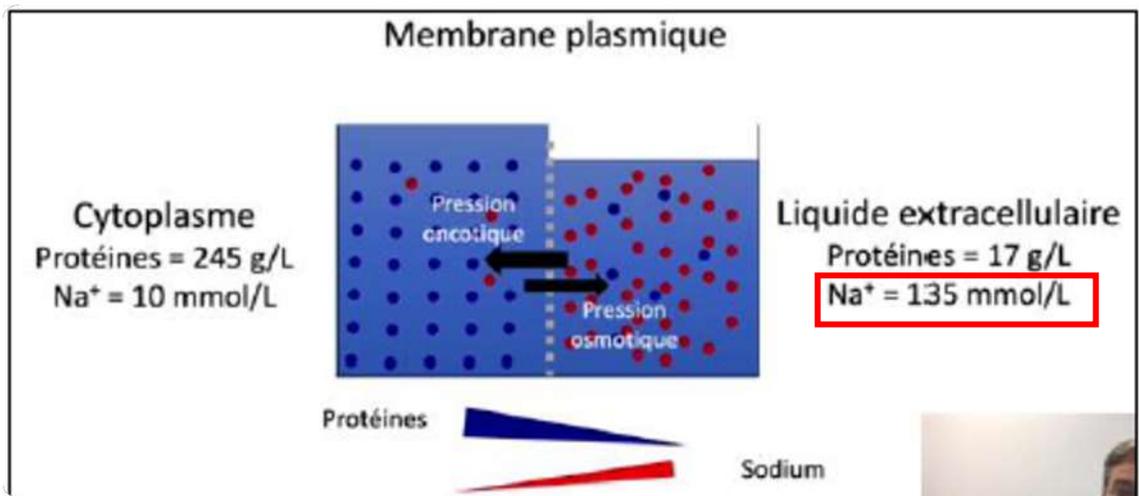
Cytoplasme : très riche en protéines → pression oncotique élevée

Liquide extracellulaire : grande concentration sodium → **forte pression osmotique**

- Flux hydrique vers le cytoplasme (dû à la pression oncotique)
  - Flux vers le liquide extracellulaire (dû à la pression osmotique)
- A l'état normal les pressions s'équilibrent → autant de molécules d'eau qui passe d'un compartiment à l'autre**

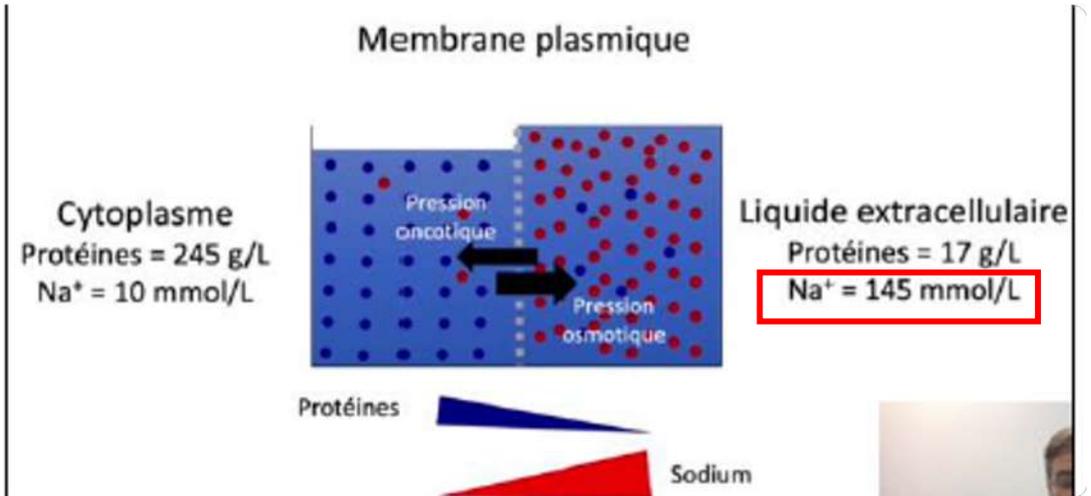
# Variations physiologiques de la concentration de sodium dans le liquide extracellulaire

→ variations de pression osmotique



diminution de [Na<sup>+</sup>]

- ♥ inflation du cytoplasme
- ♥ diminution V extracellulaire



augmentation de [Na<sup>+</sup>]

- ♥ diminution du V cellulaire
- ♥ augmentation du liquide extracellulaire

## Variations extrêmes de la concentration de sodium

- ♥ *Image 1* : cas **physiologique** équilibre des pressions
- ♥ *Image 2* : GR dans une **solution avec trop de sodium**
- ♥ *Image 3* : GR dans une **solution avec trop peu de sodium**

Na = 140 mmol/L



Entrée = sortie d'eau

Aspect en anneau avec centre concave

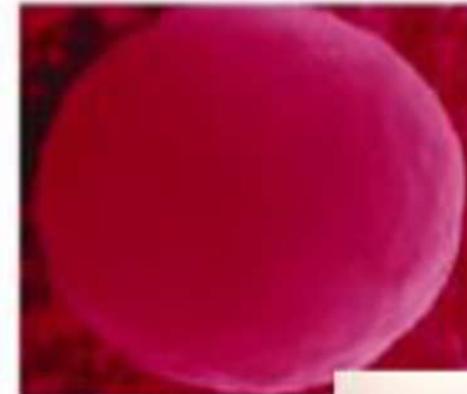
Na > 145 mmol/L



Sortie > entrée d'eau

Aspect d'oursin

Na < 135 mmol/L



Entrée > sortie

Aspect de ballon, GR gonflé

# La tonicité :

- ♥ dépend de la **quantité de sodium uniquement**
- ♥ valeur *qualitative*
- ♥ **concentration de sodium = tonicité de la solution sur la paroi de la cellule**

→ La variation de la concentration de sodium a un **impact sur le volume cellulaire** et sur la tonicité



## Conclusion :

☀ Les **membranes plasmiques** sont **perméables à l'eau**, **imperméables aux protéines** et se comportent **comme si elles étaient imperméables au sodium ( $\text{Na}^+$ )**

☀ Le **volume cellulaire** varie selon les **apports en sel  $\text{NaCl}$**  et **des apports en eau**.

# IV-Flux osmolaire à travers les épithéliums

## Epithélium séparant milieu intérieur et extérieur

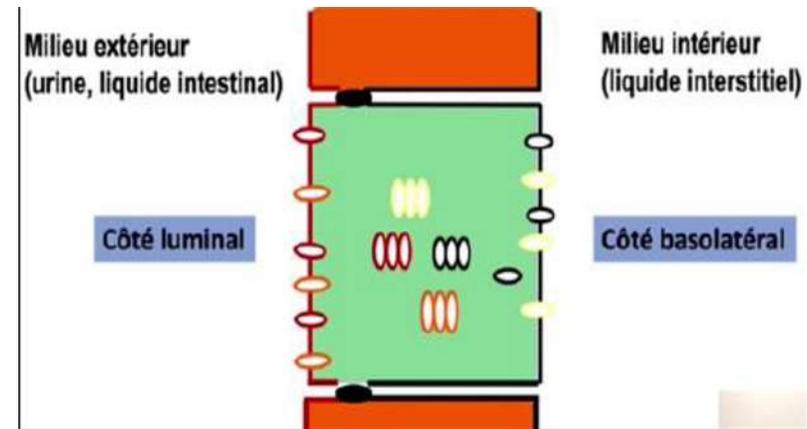
cellules épithéliales sont **polarisées**

**pôle basal** (vers le plasma) et **pôle luminal** (vers l'extérieur)

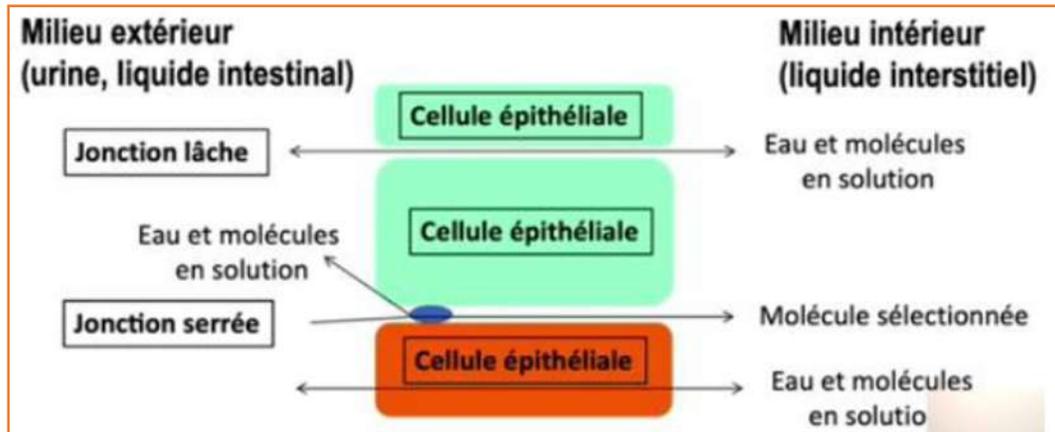
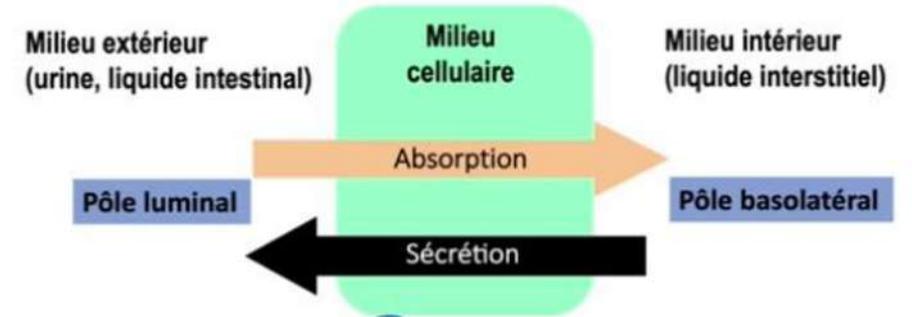
**jonctions** aux propriétés variables

**protéines de transports spécifiques**

**Les deux pôles fonctionnent de manière couplée ++**



# Fonctionnement des épithéliums



Flux trans ou para cellulaire

Flux paracellulaires □ jonctions entre les cellules sont lâche

Jonctions serrées □ il peut y avoir un passage sélectif

**Le plus souvent les flux sont transcellulaires**

## Conclusion :

- ☀ Les **épithéliums** séparent le milieu intérieur et extérieur.
- ☀ Les **flux transépithéiaux** se font grâce à une **association de transporteurs moléculaires**.



MERCI POUR VOTRE ECOUTE 😊



**QCM 1 : A propos de l'ultrafiltration à travers les membranes biologiques indiquez la (les) proposition(s) exacte(s) :**

- A) L'ultrafiltration concerne l'eau et les protéines mais pas les osmoles
- B) La relation de Starling désigne l'équilibre des forces responsables de l'ultrafiltration
- C) La relation de Starling dépend du gradient de pression hydrostatique et du gradient de pression osmotique
- D) La pression oncotique dépend de la concentration des molécules en suspension
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

## QCM 1 : BD

A) Faux : L'ultrafiltration concerne l'eau et les ~~protéines~~ mais pas les osmoles. Attention j'ai inversé, dans l'ultrafiltration les membranes ne sont **pas perméables aux protéines** mais bien à l'eau et aux osmoles.

B) Vrai

C) Faux : c'est la pression **oncotique** et non pas osmotique ++

D) Vrai

E) Faux

**QCM 2 : A propos de l'ultrafiltration à travers les membranes biologiques indiquez la (les) proposition(s) exacte(s) :**

- A) Dans les capillaires standards, le flux nutritif est au niveau du pôle artériel
- B) La pression oncotique est plus forte dans le liquide interstitiel que dans le plasma, car dans le liquide interstitiel il y a plus de protéines
- C) Dans les capillaires standards la pression oncotique est stable tout au long du vaisseau
- D) Dans les capillaires standards la pression hydrostatique est stable tout au long du vaisseau
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

## QCM 2 : AC

A) Vrai

B) Faux : la pression oncotique est plus forte dans le **plasma** car c'est dans le plasma qu'il y a le plus de protéines

C) Vrai

D) Faux : non ça c'est la pression oncotique (item C), la pression hydrostatique **diminue** entre le pôle artériel et le pôle veineux

E) Faux