

Transferts transmembranaires : ultrafiltration

I. ULTRAFILTRATION A TRAVERS LES MEMBRANES BIOLOGIQUES

A. Rôle des forces en présence

≠ **osmole** : petites molécules en **solutions** (revu dans un autre cours)

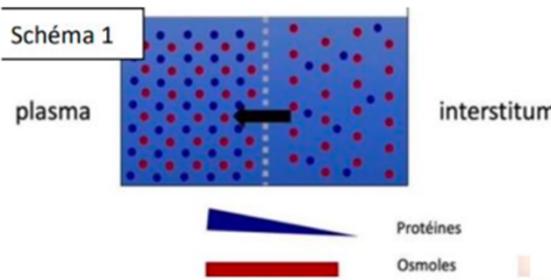
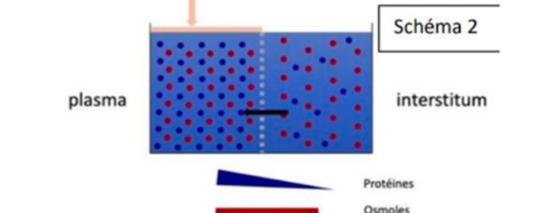
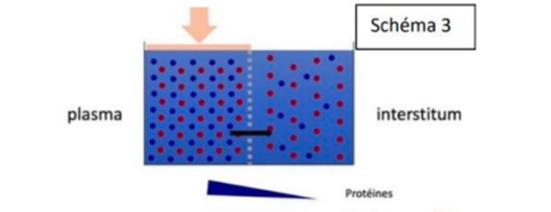
≠ **ultrafiltration** : passage **uniquement** d'eau et d'osmoles à travers les membranes biologiques (PAS les **protéines** (car trop grosses))

⇒ Elle caractérise les échanges à travers les membranes de l'organisme.

≠ **Pression oncotique** Π : dépend de la concentration des molécules en **suspension** (protéines)

➤ Elle se manifeste par la tendance de l'eau à aller vers le compartiment où la concentration en protéine est **supérieure** (du - concentré vers le + concentré)

⇒ Cherche à aller vers **l'intérieur** du **capillaire**

<p>Schéma 1</p> 	<p>La pression oncotique est plus importante dans le compartiment de gauche (plasma) car la concentration en protéines est plus importante.</p> <p>Le plasma est donc plus riche en protéines que l'interstitium +++ (espace entre les vaisseaux, cellules...)</p> <p>L'eau va donc tendre à passer du compartiment de droite vers le gauche (- vers +)</p> <p>L'eau cherche toujours à « diluer » le compartiment le plus concentré (- concentré vers le +)</p>
<p>Schéma 2</p> 	<p>Si on exerce une pression hydrostatique (avec un piston=) sur la gauche (plasma) on va générer un flux dans le sens inverse à celui généré par la pression oncotique.</p> <p>On limite donc le flux d'eau dans le sens : Interstitium → plasma</p>
<p>Schéma 3</p> 	<p>Maintenant, si on augmente la P hydrostatique jusqu'à ce qu'elle devienne supérieure à la P oncotique, on INVERSE le sens du flux hydrique (on limitait avant)</p> <p>Donc le flux va de droite à gauche (+ concentré vers le -)</p>

En générale les échanges se font au niveau des **capillaires**, entre le **plasma** et **l'interstitium**. Dans le corps, les deux pressions entrent en jeu en **même temps** (on voit ça juste après bg)..

LA RELATION DE STARLING

Elle permet de caractériser le **débit d'ultrafiltration** :

c = capillaire
i = interstitiel
P = pression hydrostatique
 π = pression oncotique

Gradient de pression hydrostatique Gradient de pression oncotique

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

Le débit d'ultrafiltration est **proportionnel** à la **différence** entre le **gradient de pression hydrostatique** et le **gradient de pression oncotique**.

Cette relation va permettre de savoir quelle pression **prédomine** et donc dans quel sens elle évoluera le fluide. Les deux pressions ont un **sens opposé**, celle qui **prédomine impose** le **sens des échanges**.

Tut'help :

P oncotique : Favorise le transfert du liquide ; du **liquide interstitiel** vers le **capillaire**

P hydrostatique : pulse à **l'intérieur** du capillaire, favorise le transfert du liquide du **capillaire** vers le **liquide interstitiel**.

LES CAPILLAIRES STANDARDS

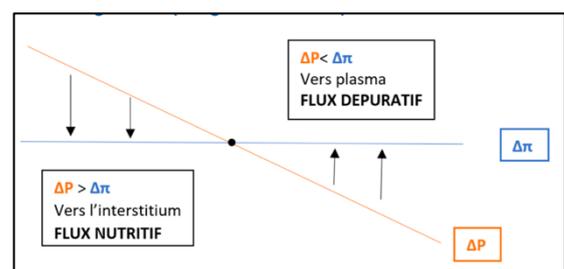
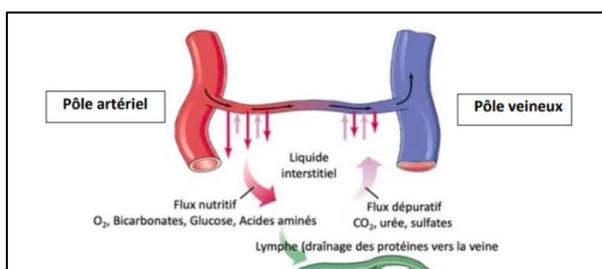
◇ **pôle artériel** & **veineux**.

◇ flux **nutritif** & flux **dépuratif**

Pourquoi dépuratif / nutritif ???

Nutritif : les **nutriments** contenus dans le sang vont aller dans les tissus (donc vont diffuser **à travers** les **capillaires**) pour répondre aux besoins énergétiques des différents tissus/organes.

Dépuratif : les **déchets** des tissus vont diffuser pour aller rejoindre le **sang (veineux)** qui sera épuré de ces déchets (reins et poumons).



◇ on a donc un flux **nutritif** au pôle **artériel** car $\Delta P > \Delta \pi$: les **nutriments** vont à l'extérieur. ++

◇ un flux **dépuratif** au pôle **veineux** car $\Delta \pi > \Delta P$: les **déchets** rejoignent les veines. ++

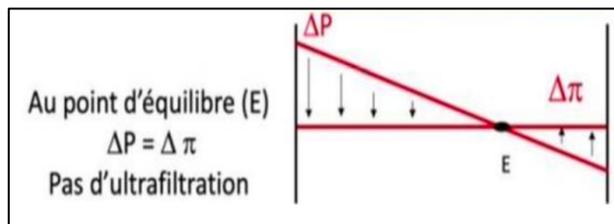
- La **pression hydrostatique P** dans le **capillaire** est **forte** au départ (**pôle artériel**) et **DIMINUE** en se rapprochant du **pôle veineux**.

Cette diminution est dû à la **forte** pression des artères à la sortie du cœur. En circulant, la pression diminue dû **aux frottements** (les veines sont **après** les artères).

N.B : la pression **hydrostatique** des **tissus** est **LÉGÈREMENT NÉGATIVE** parce qu'ils ont une **élasticité** qui exerce une traction sur les parois.

La P hydrostatique est **positive** dans les fluides mais **negative** dans les tissus. C'est notamment dû à la **tension de surface** qui « tire » les parois des cellules vers **l'intérieur** (non expliqué par le prof donc osef si tu comprends pas)

- La **pression oncotique** est **STABLE** tout au long du capillaire (**70g/L**). +++
C'est logique ! Elle dépend des protéines qui ne passent **PAS** la membrane (**#ultrafiltration**)



On étudie les échanges avec **les courbes des gradients de pressions**, en regardant quel gradient est **supérieur**. On a donc, un flux **nutritif** & **dépuratif**, ainsi qu'un **point d'équilibre E** (*croisement des 2 droites*) où les gradients sont équivalents, les flux ont la même **intensité** !

PROPRIÉTÉS DES CAPILLAIRES STANDARDS

Perméabilité

- **Imperméable** aux **protéines**
- Perméables aux osmoles et eau

Pression interne

- Pression exercée par le **cœur** = pression **hydrostatique** (**positive**)
- Pression exercée par les protéines = **oncotique** (**70g/l**) (**forte**)

Pression externe

- Pression dans les tissus = **hydrostatique** (**NÉGATIVE**)
- Pression exercée par les **protéines** (**17g/L**) = **faible** pression oncotique

L'EFFET DONNAN

Ok c'est cool les pressions permettent de réguler les flux mais les protéines dans tout ça ?? C'est comme pour un filtre à café, le fluide passe le filtre (membrane) mais le café (protéines) ne peut PAS passer. Au bout d'un moment le fluide ne passe plus à cause d'un colmatage

Elles ne peuvent PAS passer la membrane, elles sont « bloqués » dans les capillaires et risquent de s'encrasser sur la membrane !! C'est là qu'intervient l'effet Donnan :

- Uniquement dans les capillaires STANDARDS (**!!** piège qcms)

Les protéines sont électronégatives. Comme les charges de mêmes signes se repoussent, l'effet Donnan répartit les charges négatives à l'intérieur de la lumière (=partie interne) des capillaires.

Les protéines ne sont plus sur les parois, les fluides peuvent passer sans problème.

Membrane capillaire	
Plasma	Liquide interstitiel
Na ⁺ = 150 mmol/kg d'eau	Na ⁺ = 144 mmol/kg d'eau
Cl ⁻ = 109 mmol/kg d'eau	Cl ⁻ = 114 mmol/kg d'eau
Protéines = 70 g/l	Protéines = 17 g/l
Somme des anions = somme des cations	Somme des anions = somme des cations

Tut' récap: capillaires standards

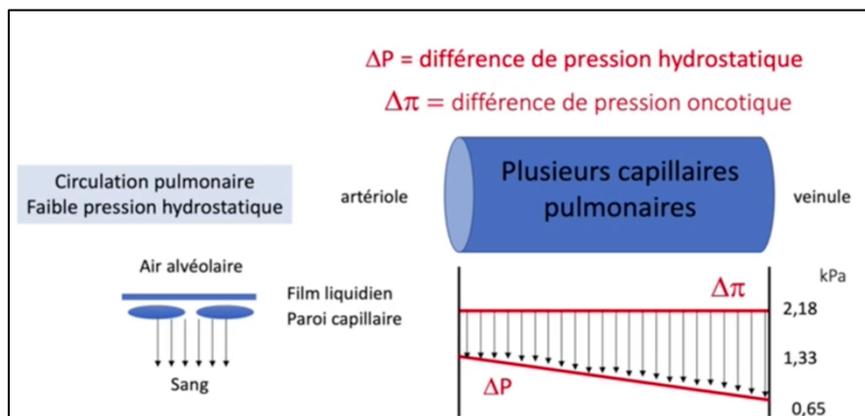
- La pression hydrostatique diminue en se rapprochant du pôle veineux
- La pression oncotique est STABLE (protéines ne passent pas)
- $\Delta P > \Delta \pi$ au pôle artériel: flux nutritif, les nutriments sortent vers l'interstitium.
- $\Delta P < \Delta \pi$ au pôle veineux: flux dépuratif, les déchets vont aux veines.
- Effet Donnan

B. Différents types de membranes biologiques

LES CAPILLAIRES PULMONAIRES

Dans la circulation pulmonaire, il y a une faible pression hydrostatique.

De fait, l'équilibre entre les gradients de pression est différent par rapport à ce que l'on vient de voir :



- La **pression oncotique** est **STABLE**, elle ne varie pas entre le pôle artériel et veineux (comme les capillaires standards)
- Le gradient de pression **hydrostatique ΔP DIMINUE** du pôle artériel au pôle veineux
 - En raison de la perte de charge (= des frottements).

Mais, on remarque que le **ΔP** est **TOUJOURS INFÉRIEUR** au gradient oncotique **$\Delta \Pi$** .

- ⇒ Cela signifie que les alvéoles pulmonaires sont **drainées** en permanence et que le liquide qui y règne n'est qu'un **petit film** liquidien, à travers lequel se font des **échanges gazeux**.

Le liquide est **TOUJOURS** dirigé vers les **capillaires** (pas vers les alvéoles) pour qu'elles ne soient pas **noyées**.

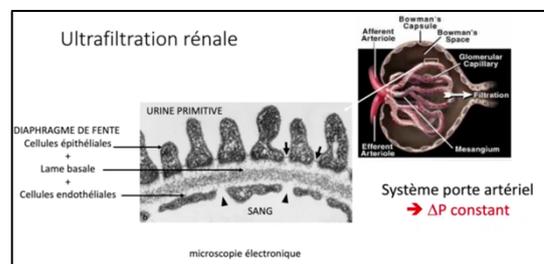
ULTRAFILTRATION RÉNALE

A l'intérieur des reins, le régime de pression est encore différent :

Il y a un **système porte artériel** qui est à très **FORTE** pression par rapport à la circulation systémique (alors que dans les capillaires pulmonaires on a une faible pression).

Les unités de filtration sont représentées par les **glomérules**. Il est composé de 3 types de vaisseaux sanguins :

- Les artéioles **afférentes** en haut
- Les artéioles **efférentes** en bas
- Les **capillaires glomérulaires**



En grossissant au ME un capillaire glomérulaire, on peut observer les cellules **épithéliales**

(digitations en haut), la **lame basale** (milieu) et des cellules **endothéliales aplaties** (en bas).

C'est quoi ?? (pas expliqué donc pas à apprendre)

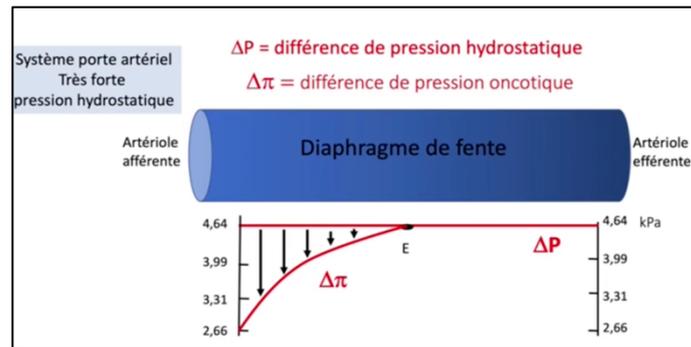
Le **glomérule** est un ensemble de vaisseaux **sanguins** associés à des **tubules** rénaux. Le tout formant le **néphron** (unité fonctionnelle du rein). Le glomérule permet la **filtration** du sang afin de produire l'urine.

LES CAPILLAIRES RENAUX

Le **diaphragme de fente** fait référence à l'**ultrafiltration** dans les reins. Ce terme désigne les échanges qu'on observe au niveau des capillaires glomérulaires rénaux, au niveau des podocytes (cellules de l'épithélium rénal). Info en plus, pas à savoir.

A l'intérieur de **diaphragme de fente** (de bas en haut), il y a une **ultrafiltration**.

Le système est à **forte pression hydrostatique** (à cause du système porte).



- Le ΔP ne varie PAS de l'artériole afférente à l'artériole efférente.

Comme le plasma filtre à travers le diaphragme de fente, les protéines se concentrent à l'intérieur du plasma puisque tout le liquide se dirige vers l'extérieur du capillaire (car ΔP prédomine).

- On aura donc, moins de liquide pour autant de protéines
 - o La concentration en protéines AUGMENTE

C'est des maths : $C = \frac{n}{V}$, la quantité de protéine est la même mais le volume diminue donc, la concentration augmente !

Tu t'appelles :

Pression oncotique favorise transfert de l'extérieur vers l'intérieur (capillaire).

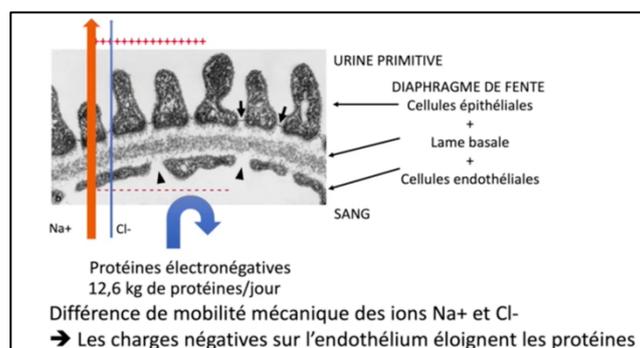
Pression hydrostatique favorise le transfert de l'intérieur (capillaire) vers l'extérieur

- La pression oncotique exercée dans le capillaire AUGMENTE.
 - o Jusqu'au niveau du ΔP , à ce moment, le flux s'interrompt.

Ce rapport des gradients indique donc qu'il y a une ultrafiltration qui va toujours dans le sens :

⇒ du capillaire (intérieur) vers l'urine primitive (extérieur).

Il n'y a donc PAS de protéines dans l'urine primitive bien que le $\Delta \pi$ arrive au niveau d'équilibre.



Pour éviter que le filtre glomérulaire ne s'encrasse, la mobilité différentielle du sodium et du chlorure à l'intérieur de diaphragme de fente crée une lumière capillaire électronégative qui repousse les protéines.

⇒ La force électrostatique permet le maintien du filtre.

C. Épanchement et œdèmes

Lorsque les gradients de pression ne sont plus répartis correctement, du liquide extracellulaire va s'accumuler.

≠ œdème : accumulation de liquide dans le **tissu sous cutané**.

- Se traduit par le **signe du godet**
 - On laisse la trace du doigt lorsqu'on appuie, en comprimant le tissu sous-cutané (*ntm la crête tibiale antérieure*).

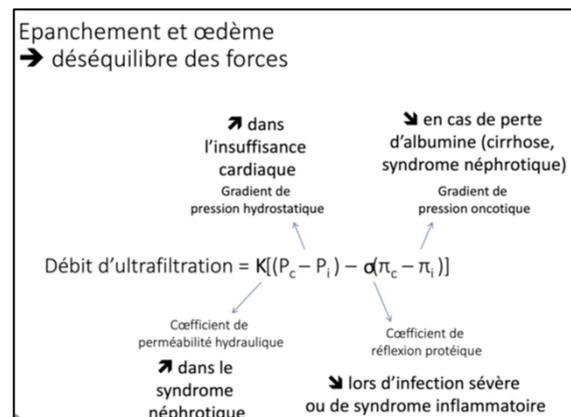
L'**œdème** peut également se trouver dans les **alvéoles pulmonaires**, ce qui va provoquer une **dyspnée** ou un essoufflement, accompagnés d'une **expectoration mousseuse et rosée** (comme le plasma).

≠ épanchement : accumulation de liquide extracellulaire dans les **cavités virtuelles** de l'organisme (plèvre, péricarde, péritoine).

- **Pleurésie** (plèvre) : **matité** lors de la percussion du thorax.
- **Péricardite** (péricarde) : bruits de **frottements** à l'auscultation.
- **Ascite** (péritoine) : **vibration** déclenchée par une pichenette d'un côté l'abdomen.

La **relation de Starling** nous indique comment en pathologie les **œdèmes** et les **épanchements** se forment.

Dans l'insuffisance cardiaque, la cirrhose (foie) ou encore dans le syndrome néphrotique, les gradients de pressions ainsi que les coefficients de perméabilités ou de réflexion protéiques sont **modifiés**.

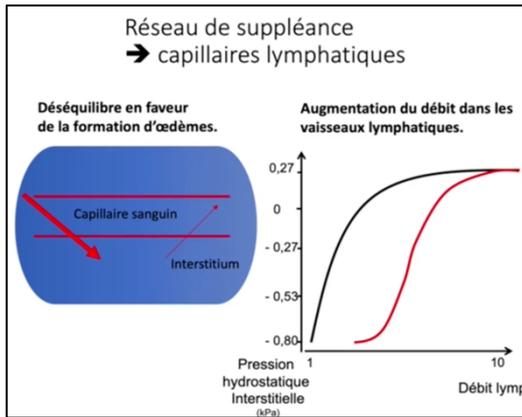


Tu t'appelles : Le débit d'ultrafiltration est **proportionnel** à la **différence** entre le **gradient** de pression hydrostatique et le **gradient** de pression oncotique.

LES CAPILLAIRES LYMPHATIQUES

Il existe un **réseau de suppléance** dans l'organisme.

Lorsque le flux de plasma s'extravase dans l'**interstitium** (vers l'extérieur des capillaires) et qu'il rentre dans les **capillaires** par la suite en quantité moins importantes, il n'y a **pas** pour autant la formation d'**œdèmes** ou d'**épanchements**.



En effet, il existe un **réseau lymphatique** qui va être capable de conduire le liquide **interstitiel** vers la **veine cave supérieure** (VCS).

Ce réseau possède un débit qui **augmente** considérablement lorsque la **pression interstitielle** devient **positive** (cf graphique à droite). Cela se produit lorsqu'il y a une quantité de liquide **anormale** dans **l'interstitium**.

En gros : La pression **interstitielle** est « normalement » **négative** (faible film liquidien), lorsqu'elle devient **positive**, on a trop de liquide dans **l'interstitium**. A ce moment, le **réseau de suppléance** (lymphatique) va se mettre en marche et **drainer** ce liquide (pour éviter les œdèmes...). Les **œdèmes** et **épanchements** apparaissent donc quand le système lymphatique est **saturé**.

CONCLUSION

- L'ultrafiltration à travers les membranes biologiques concerne l'eau, l'ensemble des osmoles mais **PAS** les **protéines** !!
 - (sauf dans les capillaires **sinusoïdes du foie**, puisque le foie fabrique les protéines).
- La relation de **Starling** désigne l'équilibre des forces responsables de l'ultrafiltration.
- Le déséquilibre de ces forces est extrêmement fréquent en médecine

RECAP pour les champions

STANDARDS	PULMONAIRES	RÉNAUX
- Pôle artériel / veineux - $\Delta\pi$ stable - ΔP diminue $\Delta P > \Delta\pi$: nutritif $\Delta P < \Delta\pi$: dépuratif • Effet Donnan	- Pôle artériel / veineux - $\Delta\pi$ stable - ΔP diminue ΔP toujours $< \Delta\pi$ Alvéoles → capillaires	- Artéiole affé / effé - $\Delta\pi$ augmente - ΔP stable Diaphragme de fente Pas de protéines dans l'urine Capillaires → urine primitive



La fiche est complète youhouuuuu
 La moindre question / incompréhension → fofo
 Grosse dédicace à toi ! Donne tout et reviens en p2 😊