

POTENTIEL CHIMIQUE,

DIFFUSION ET CONVECTION



Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

SOMMAIRE

I – Potentiel chimique de molécules dissoutes

- A – Diffusion
- B – Pression osmotique
- C – Pression oncotique
- D – Abaissement cryoscopique
- E – Mesure de l'osmolalité

II – Séparation de molécules grâce à une membrane (dialyse)

- A – Diffusion
- B - Convection
- C – Pression oncotique
- D – Filtration et ultrafiltration

III – Membrane des capillaires sanguins

- **A – Relation de Starling**
- **B – Épanchement et oedème**
- **C – Effet Donnan**

IV – Membrane plasmique

- **A – Équilibre osmotique de l'eau**
- **B – Sodium, seule osmole efficace**
- **C – Perfusion de solutés**

I- Potentiel chimique de molécules dissoutes

A) Diffusion

a) Notions valables pour les liquides et les gaz

- Une molécule en solution a tendance à se distribuer de manière **homogène** par **diffusion** (agitation thermique). **Un rassemblement de molécules en solution possède un potentiel de diffusion ou potentiel chimique (PC).**

b) Loi de Fick

- Le PC d'une molécule est **proportionnel** à sa **[C]** et à son **coefficient de diffusion** (loi de Fick). Ce coefficient dépend de la température et de la mobilité mécanique de la molécule dans son milieu.

$$J_D(x) = -D \frac{dc}{dx}$$

x = distance entre 2 points

J_D = flux par diffusion (sur la distance x)

D = coefficient de diffusion

dc = différence de concentration entre A et B

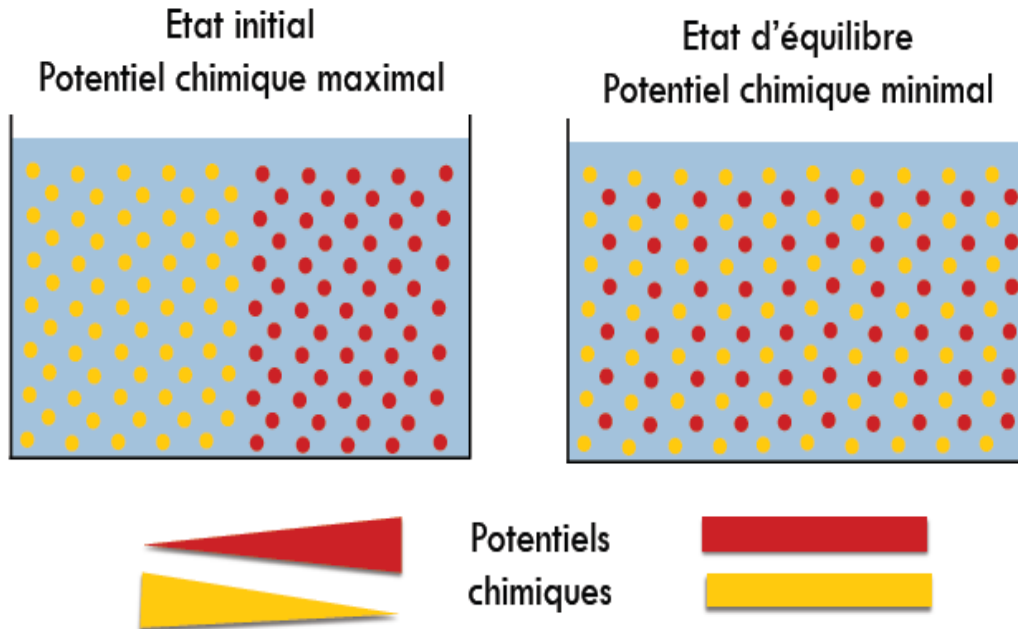
dx = distance entre 2 points très voisins A et B

dc/dx = gradient de concentration entre A et B

Potentiel chimique
de la molécule

Signe négatif = le flux va en sens inverse de celui du gradient
(le sens du gradient est orienté par convention du – vers le +).

c) Potentiel chimique en solution



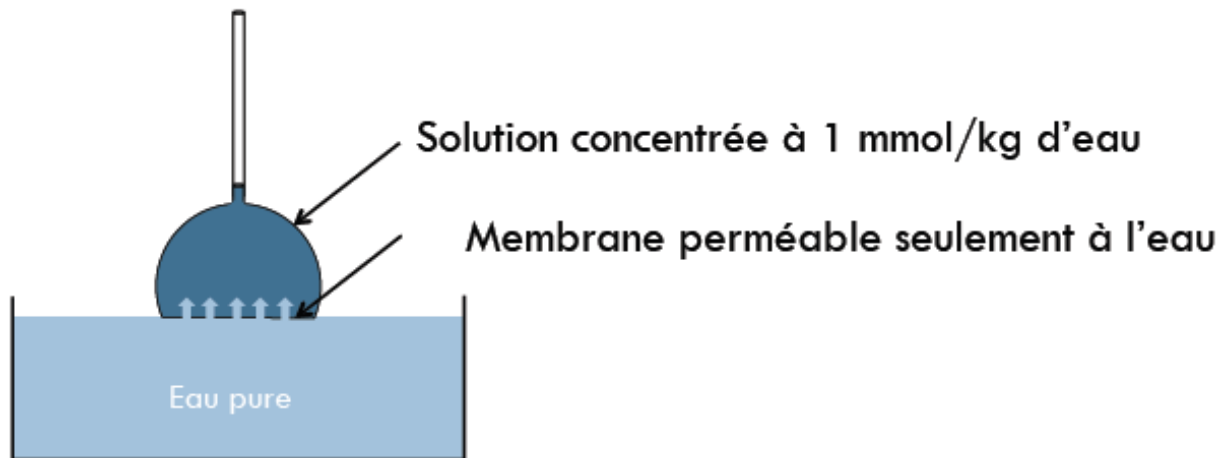
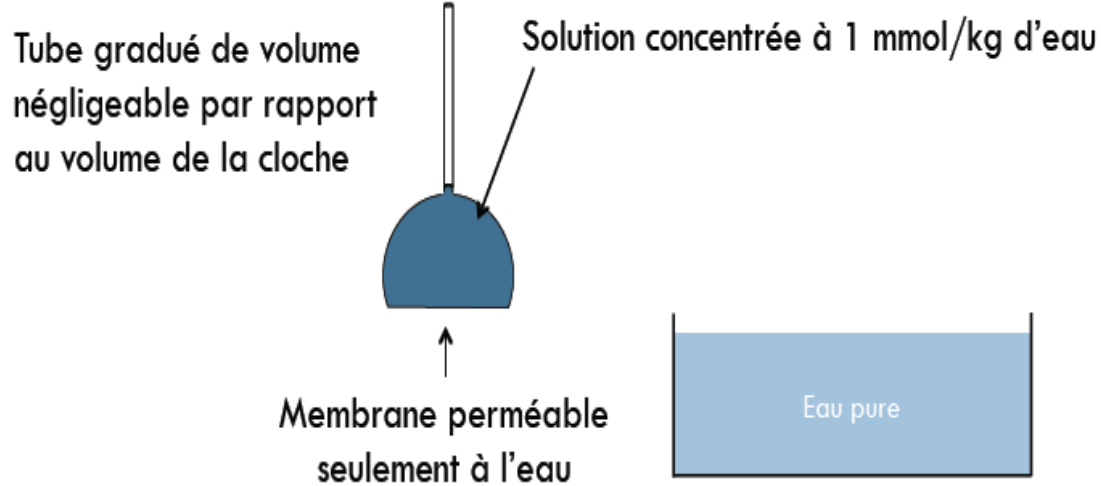
État initial : chaque espèce (rouge ou jaune) est concentrée dans une partie du récipient. À cet endroit, leur PC sera maximal.

État d'équilibre : les espèces diffusent vers l'endroit où leur $[C]$ est minimale. La $[C]$ des espèces est identique partout, donc pas de gradient de PC.

B) Pression osmotique

- Une molécule en **solution** s'appelle une osmole. Toute molécule en solution (y compris les molécules d'eau) exerce une pression proportionnelle à sa $[C]$: c'est la **pression osmotique**. Elle est mesurable par la mise en contact de solutions de $[C]$ différente par l'intermédiaire d'une **membrane sélective** (*qui ne laisse pas tt passer*).

- Mise en évidence avec **l'osmomètre de Dutrochet** :



> **Diffusion** de l'eau selon son PC, du secteur le - concentré vers le + concentré **en osmole**.
(Elle va aller diluer le milieu le + concentré en osmoles)

C) Pression oncotique

- Pression oncotique : (« oncos » = massif en grec) : une molécule en **suspension** exerce une pression **proportionnelle à sa [C]**. Cette pression s'appelle la pression **oncotique**. Elle est mesurable par la mise en contact de solutions de [C] différente par l'intermédiaire d'une **membrane sélective**.

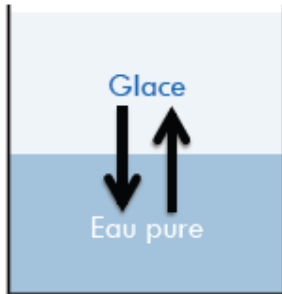
++++ : **Attention** à bien différencier molécules en solution et suspension :

Molécule en SOLUTION	Molécule en SUSPENSION
<ul style="list-style-type: none">• Molécule <u>incapable</u> de sédimenter sous l'effet de la gravité (centrifugation).• Elles modifient la température de congélation de l'eau (abaissement cryoscopique) : l'eau de mer congèle à une température inférieure à celle de l'eau douce. Cela mesure l'osmolalité (= quantité d'osmole/kg d'eau).• Exemples : toutes les osmoles.	<ul style="list-style-type: none">• Molécule capable de sédimenter.• Elles <u>ne modifient pas</u> la température de congélation de l'eau.• Elles augmentent la diffusion de la lumière et sont dosées par des propriétés optiques.• Exemples : protéines, complexes protéiques (lipoprotéines).

D) Abaissement cryoscopique

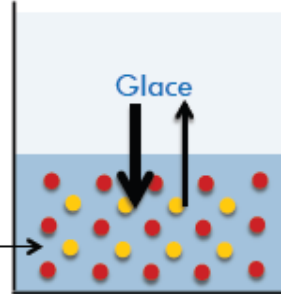
Phénomène physique

A la température de 0°C , la glace et l'eau sont en équilibre : la glace fond autant que l'eau congèle.



A la température de 0°C , la glace et de l'eau contenant des molécules dissoutes ne sont pas en équilibre : la glace fond plus que la solution ne congèle.

Solution =
eau et molécules
dissoutes



L'abaissement cryoscopique (A_c) est la **différence entre la température de congélation de l'eau pure et celle d'une solution**. Il est proportionnel à l'osmolalité de la solution (relation linéaire).

L'équilibre est obtenu pour une température inférieure à 0°C

E) Mesure de l'osmolalité

- Il y a **théoriquement** 2 méthodes pour mesurer la [C] de molécules dissoutes :
 - 1) Mesurer la **pression osmotique** avec l'osmomètre de Dutrochet
 - 2) Mesurer **l'abaissement cryoscopique : technique utilisée**
++++ !
- > Il n'y a en **pratique** qu'une seule façon de mesurer l'osmolalité : mesurer l' A_c . La mesure de la pression osmotique est **impraticable** en raison de **l'absence de membranes perméables seulement à l'eau** et de l'osmolalité **élevée** des fluides biologiques.

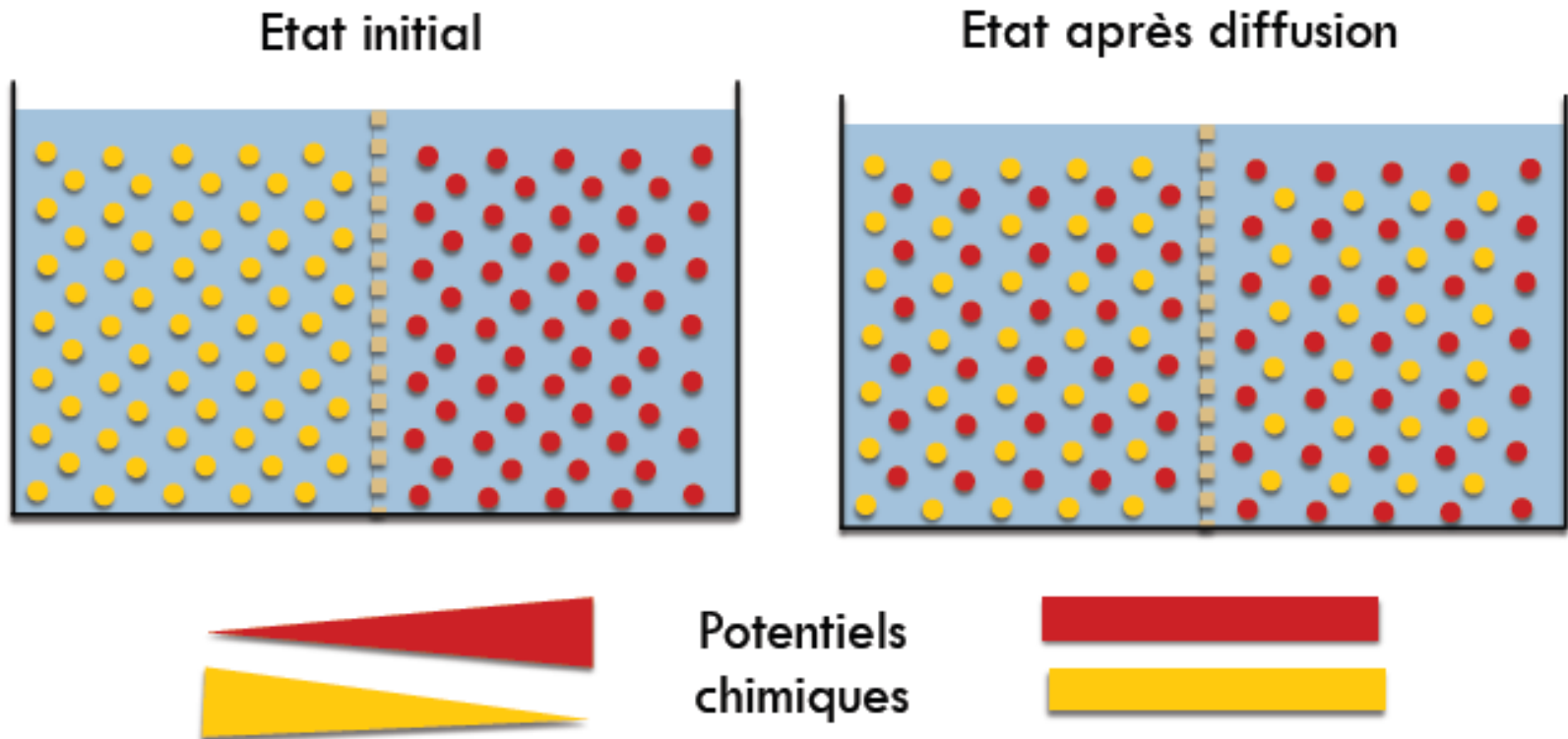
II – Séparation de molécules grâce à une membrane (dialyse)

A) Diffusion

Ce principe de séparation est retrouvé sous le terme de **dialyse** (« séparer à travers »).



Si la membrane séparant les 2 compartiments est **semi-perméable, non sélective**, on obtient le **même** résultat que dans le paragraphe I. A) c) (ie. en l'absence de mb). La membrane ne constitue pas un obstacle à la diffusion.



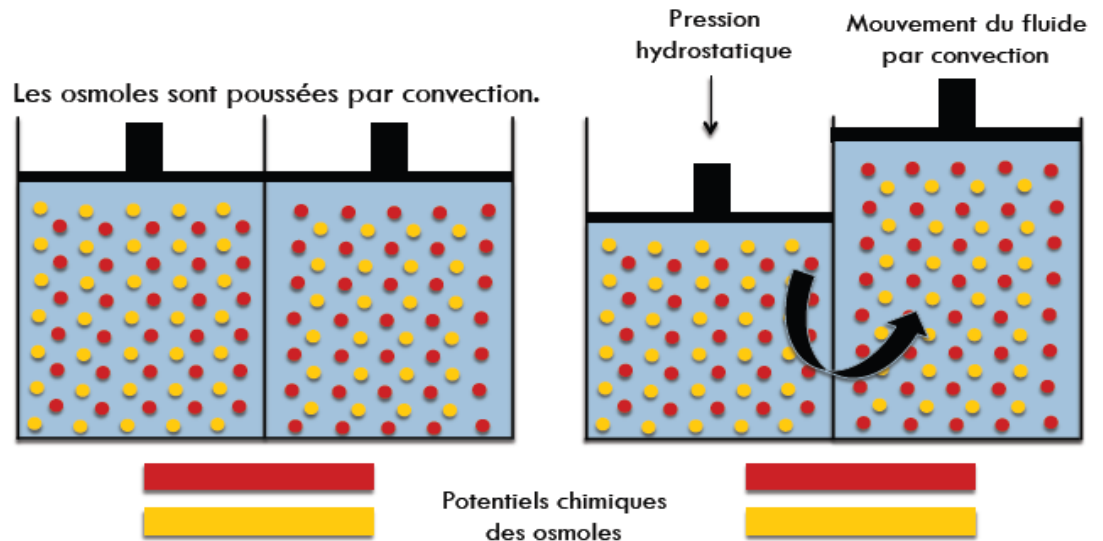
B) Convection

Convection : propriété d'un mélange de molécules **liquides ou gazeuses** de se déplacer selon la **pression hydrostatique** qu'elles subissent.



1/ Convection à travers une membrane **non** sélective :

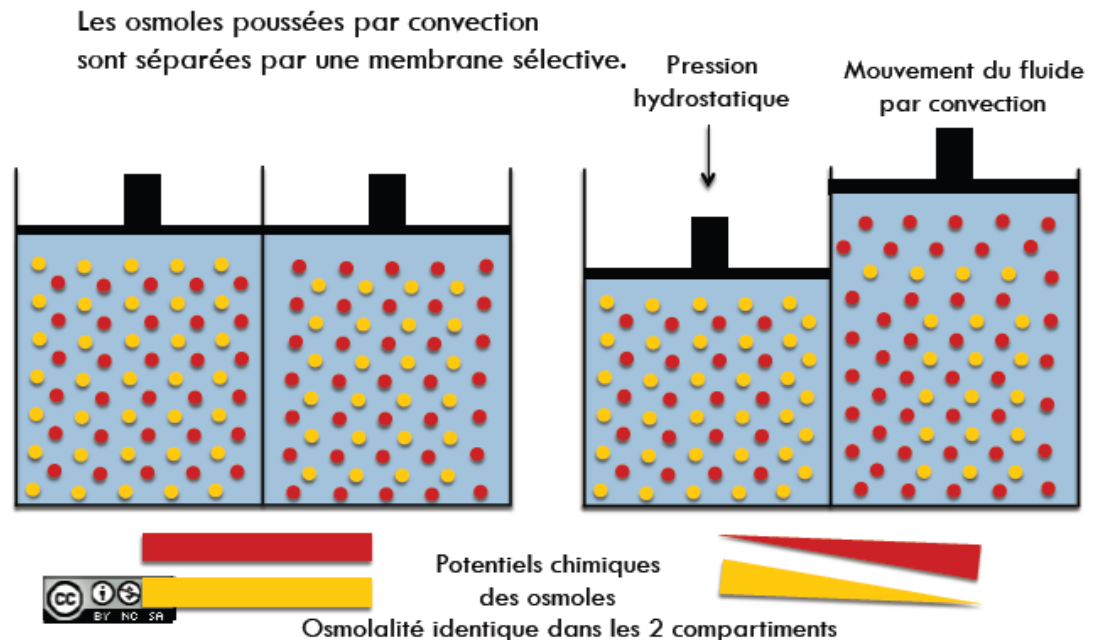
> Même avec l'ajout d'une p. hydrostatique, on ne modifie pas les PC, les gradients restent nuls car la mb laisse tout passer.



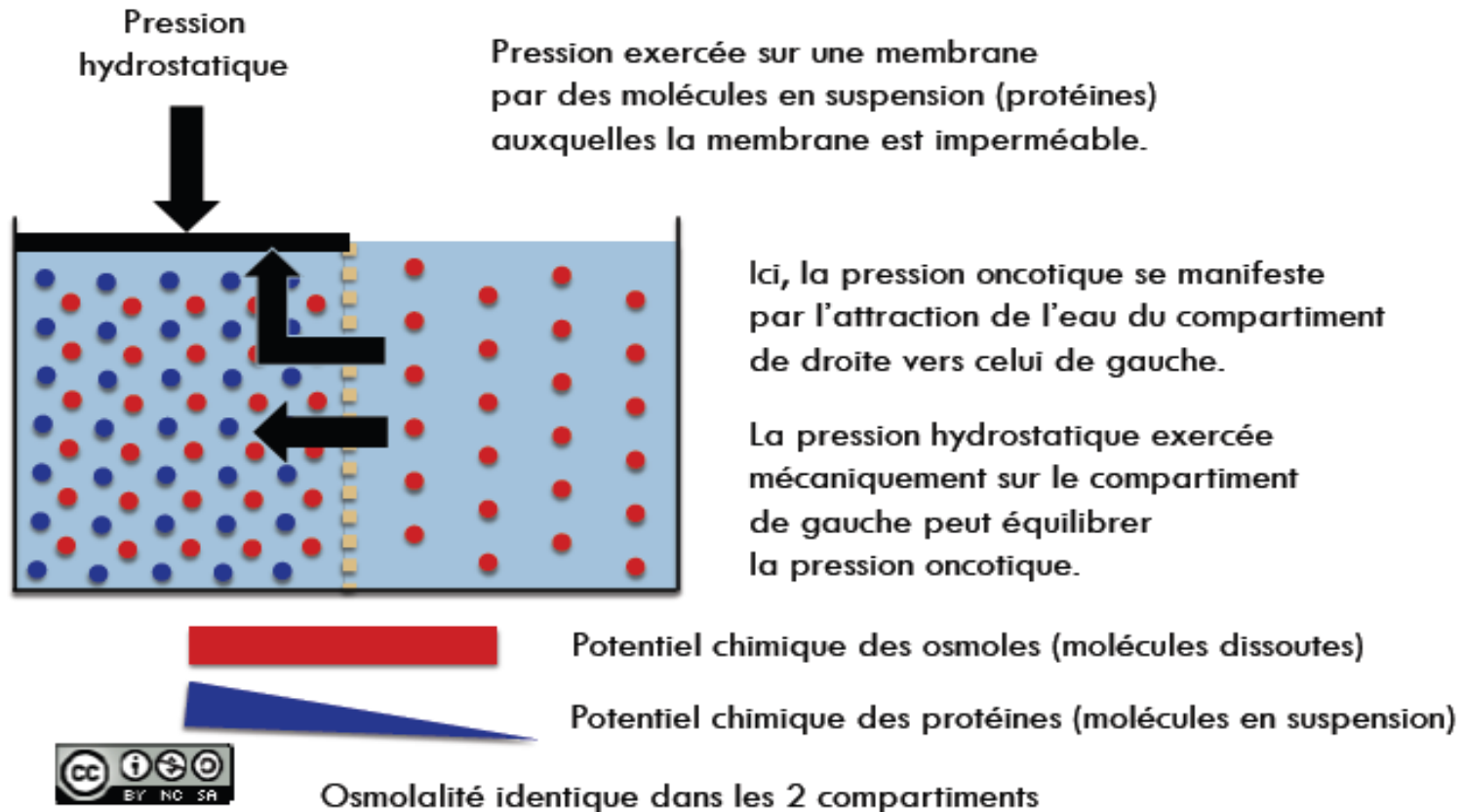
2/ Convection à travers une membrane **sélective** :

> Avec l'ajout d'une p. hydrostatique, on va avoir le passage de certaines molécules à travers la mb. Cela va générer des différences de PC.

> La membrane sélective est donc à l'origine d'une **création** d'un **PC**.



C) Pression oncotique



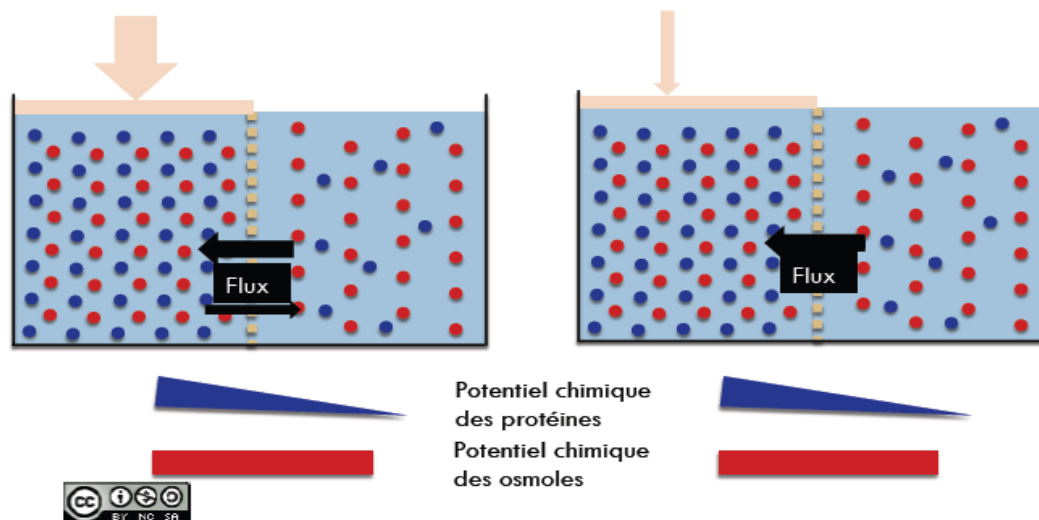
D) Filtration et ultrafiltration

- ⊙ **Filtration** : passage d'eau et de molécules en solution ou en suspension à travers une membrane **non** sélective.
- ⊙ **Ultrafiltration** : passage d'eau et de molécules en solution à travers une membrane **sélective**.
- **Forces motrices** = pression hydrostatique, pression osmotique, pression oncotique.

III – Membrane des capillaires sanguins

A) Relation de Starling

La mb des capillaires sépare le **plasma** du **liquide interstitiel**. La **[C] en protéines est plus importante dans le plasma**, ce qui va entraîner des flux d'eau et d'osmoles du LI **vers le plasma** (pression oncotique). Si la **pression hydrostatique exercée** (grosse flèche à gauche) est assez élevée, elle peut **contrecarrer la p.oncotique**.

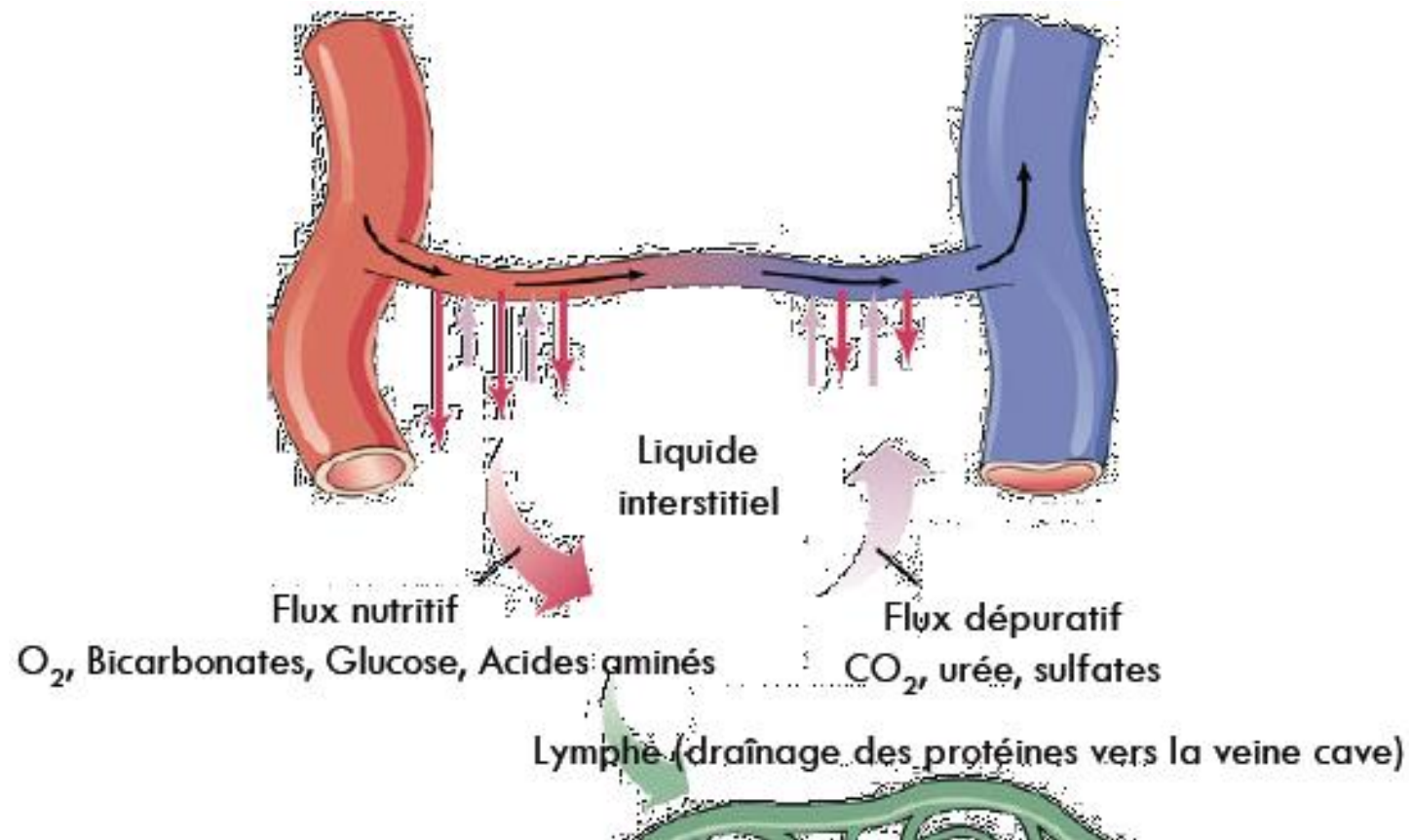


Pour la **grande majorité** des capillaires sanguins, ceux-ci sont **imperméables aux protéines**, et perméables à l'eau et aux osmoles.

> Pressions d'ultrafiltration (UF) dans les capillaires sanguins :

Pression dans les capillaires sanguins	Pression dans l'interstitium
<ul style="list-style-type: none">• Pression exercée par le cœur = pression hydrostatique (positive)• Pression exercée par les protéines (70g/l) = forte pression oncotique	<ul style="list-style-type: none">• Pression dans les tissus = pression hydrostatique (légèrement négative)• Pression exercée par les protéines (17g/l) = faible pression oncotique

RÉCAPITULATIF



> Modélisation de l'UF dans les capillaires sanguins (**relation de Starling**) : + + +

c = capillaire

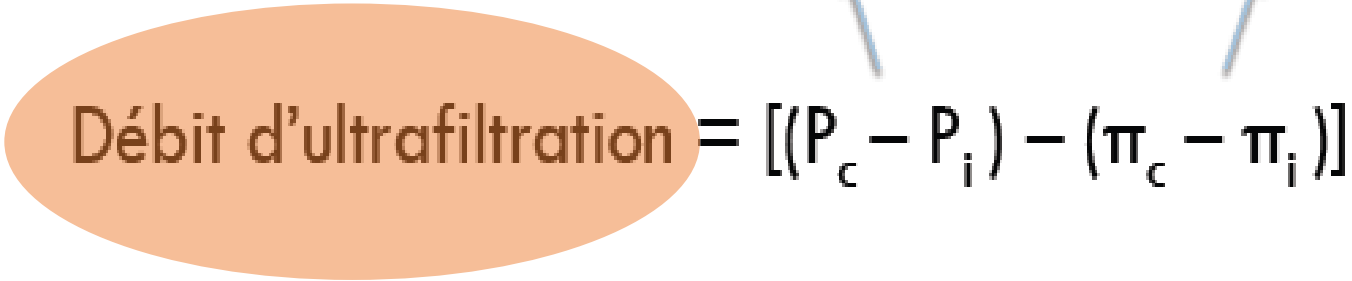
i = interstitiel

P = pression hydrostatique

π = pression oncotique

Gradient de
pression hydrostatique

Gradient de
pression oncotique



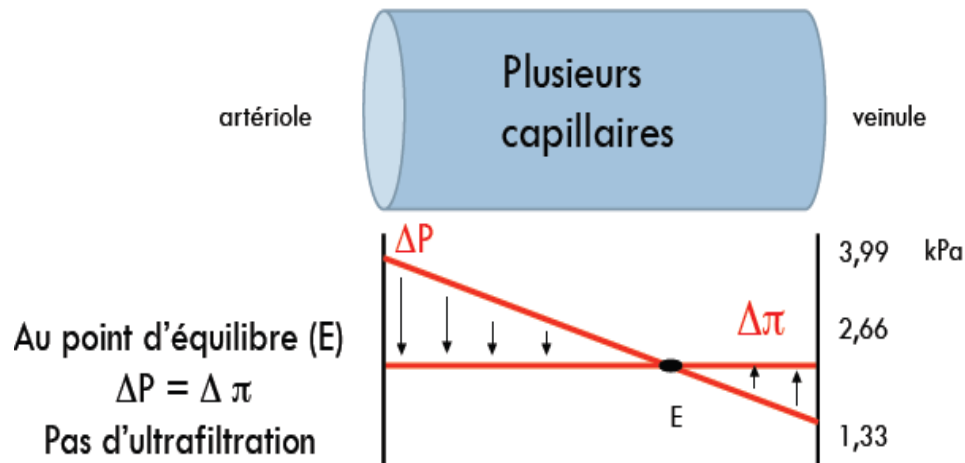
Débit d'ultrafiltration = $[(P_c - P_i) - (\pi_c - \pi_i)]$

> Les différents types de capillaire +++ :

Capillaire sanguin « standard »

ΔP = différence de pression hydrostatique

$\Delta \pi$ = différence de pression oncotique

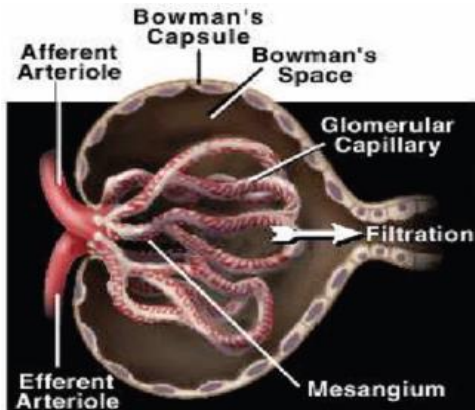


Dans les capillaires on a 2 pôles :

Artériel nutritif (absorptif) : $\Delta P > \Delta \pi$ donc les molécules vont du plasma vers le LI.

Veineux dépuratif : c'est l'inverse.

Capillaire glomérulaire rénal

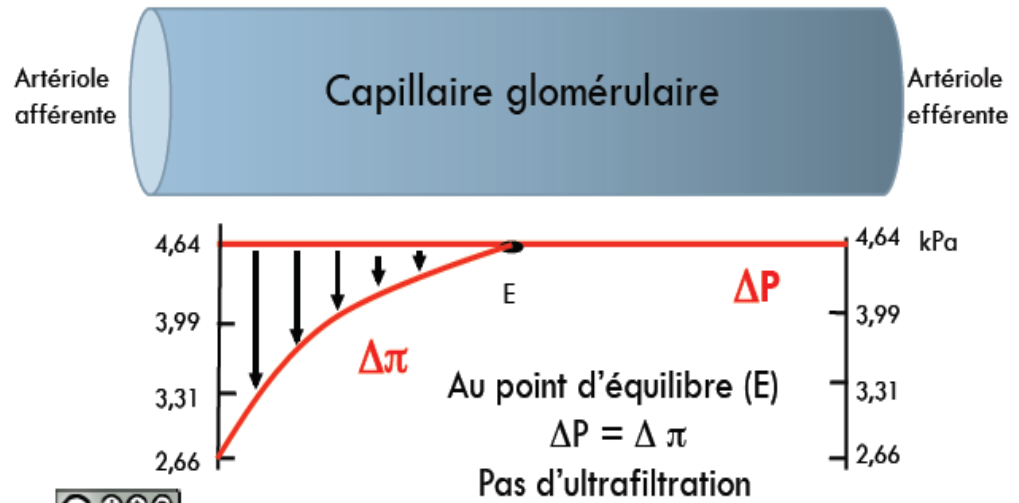


- Unité fonctionnelle de filtration rénale = glomérule « petite boule » (1 million/rein)

ΔP = différence de pression hydrostatique

$\Delta \pi$ = différence de pression oncotique

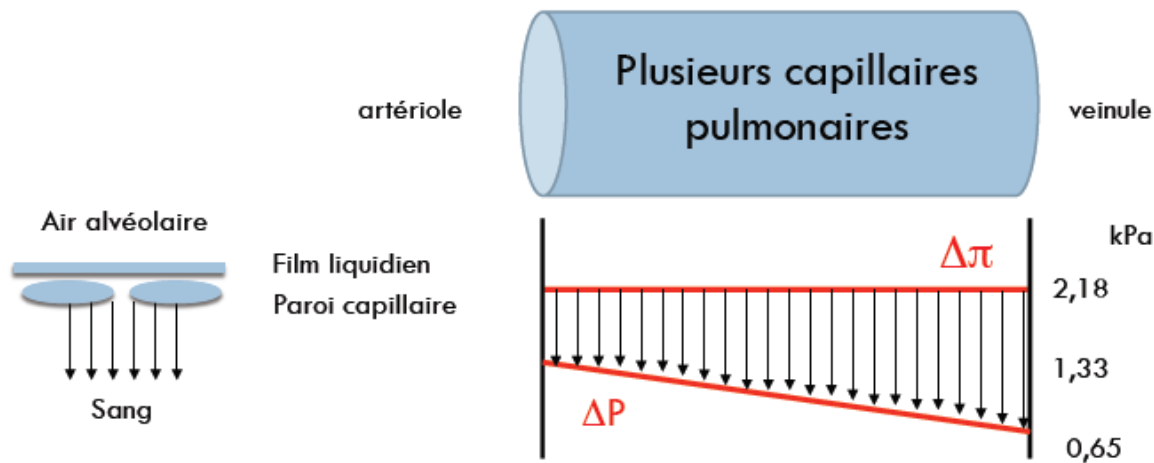
Ici, ΔP reste **inchangé** car on est dans un système **artériel**. Mais $\Delta \pi$ augmente jusqu'à atteindre l'équilibre : il y a UF du plasma vers l'urine primitive jusqu'au point E.



Capillaire alvéolaire pulmonaire

ΔP = différence de pression hydrostatique

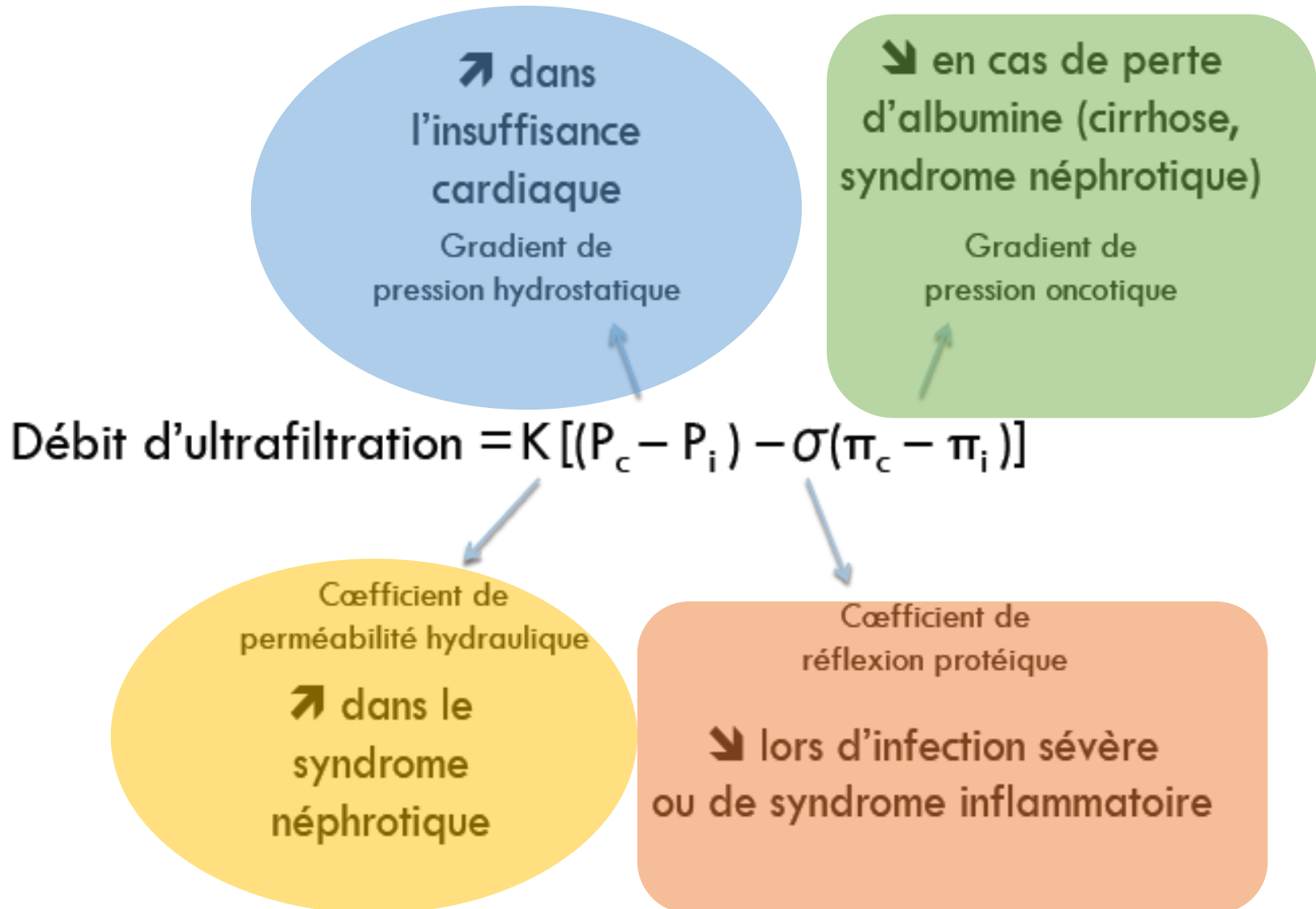
$\Delta \pi$ = différence de pression oncotique



Pas de variation de $\Delta \pi$.

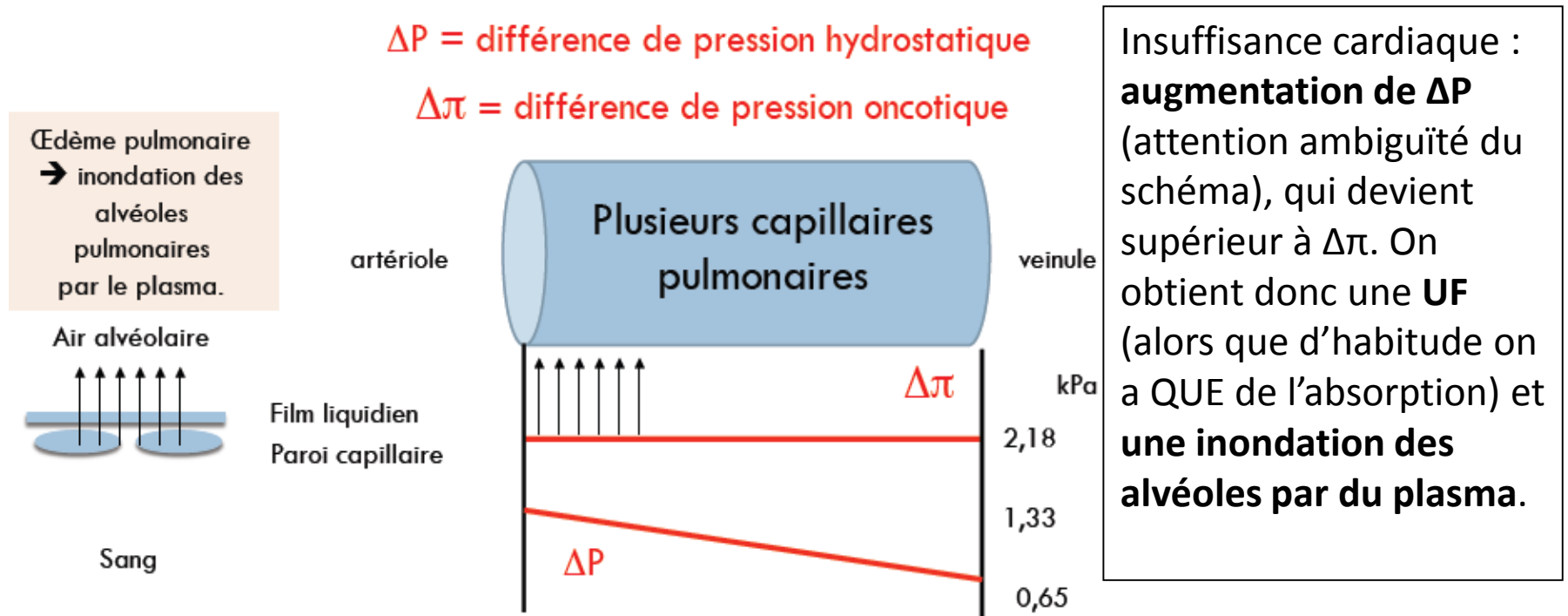
Mais ΔP diminue. Attention il n'y a pas de point E. Il y a seulement de **l'ABSORPTION** permettant aux alvéoles de ne pas être inondées par le plasma.

B) Applications de la relation de Starling en médecine

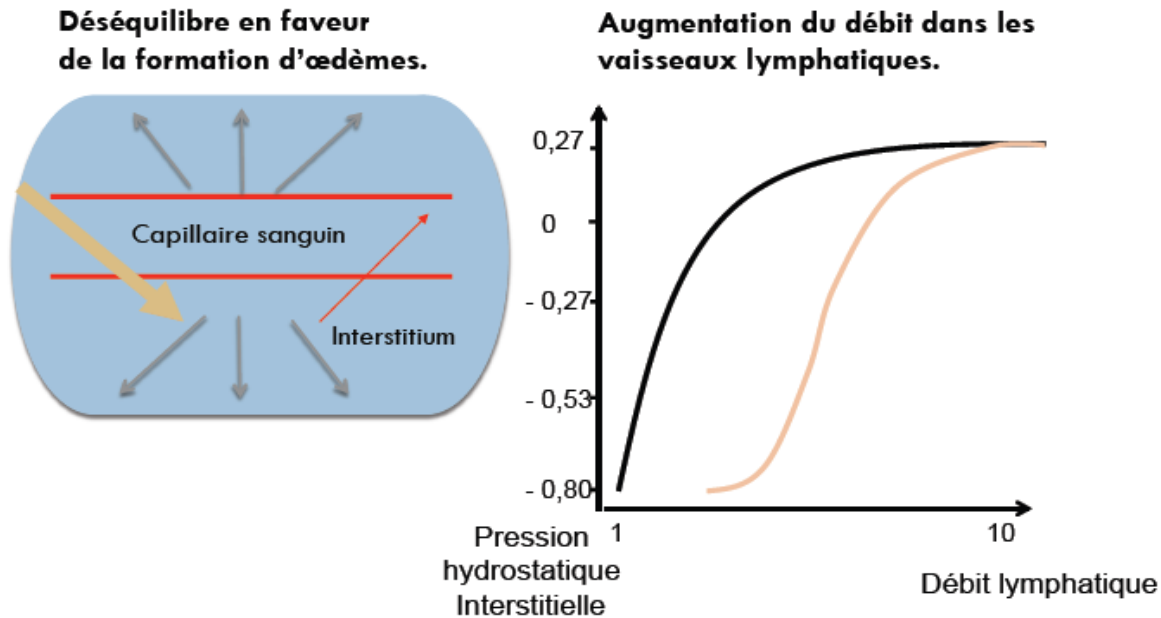


Œdèmes	Épanchements
<p>1) Accumulation de liquide extracellulaire dans le tissu sous-cutané. Le signe du godet traduit ce phénomène.</p> <p>2) Accumulation de liquide extracellulaire dans les alvéoles pulmonaires. La dyspnée ainsi que l'expectoration mousseuse et rosée traduisent ce phénomène.</p>	<p>Accumulation de liquide extracellulaire dans les cavités virtuelles de l'organisme :</p> <p>1/ Plèvre = pleurésie (-> matité lors de la percussion du thorax)</p> <p>2/ Péricarde = péricardite (-> bruit de frottement à l'auscultation)</p> <p>3/ Péritoine = ascite (-> perception des vibrations déclenchées par une pichenette d'un côté de l'abdomen avec la main posée de l'autre côté)</p>

> Effets de **l'insuffisance cardiaque** sur l'UF dans les capillaires pulmonaires :



> Rôle du réseau capillaire lymphatique:



Le réseau lymphatique est un **système de suppléance** du réseau sanguin en cas d'excès du liquide interstitiel. En cas de **déséquilibre**, la p. hydro du LI **augmente** et le débit lymphatique aussi jusqu'à une certaine **limite**.

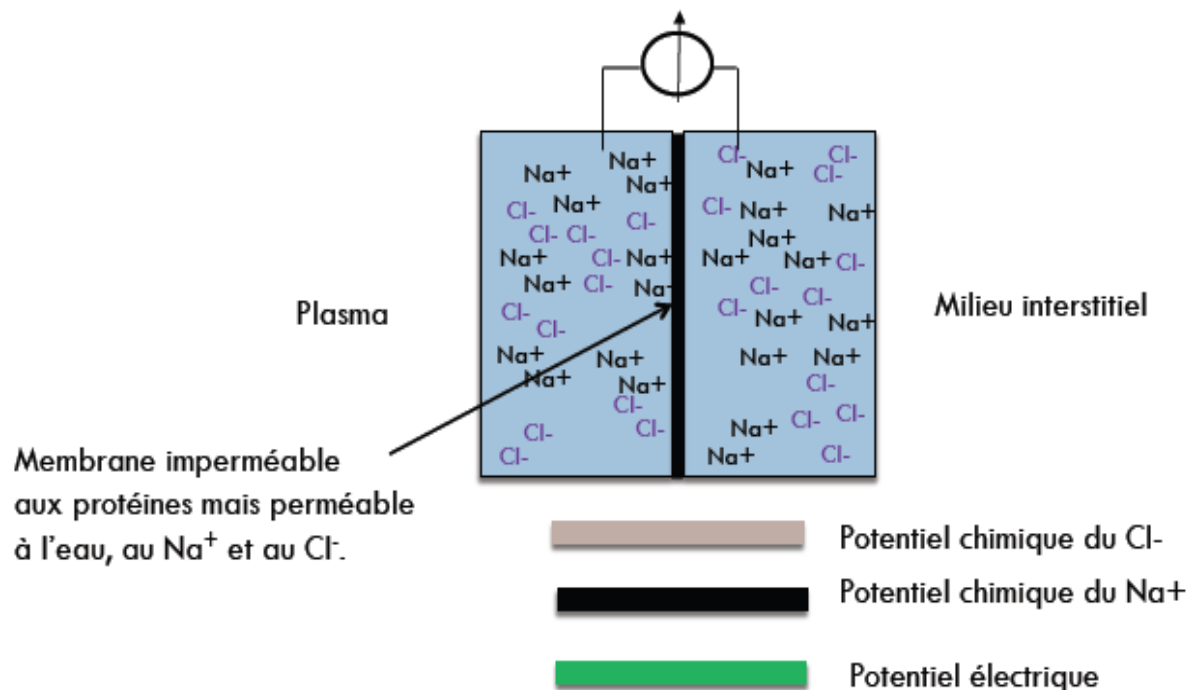
C) Effet Donnan

- On remarque une **absence d'égalité de [C]** en Na^+ et Cl^- de part et d'autre de la membrane capillaire (plasma plus riche en Na^+ et liquide interstitiel plus riche en Cl^-). *Or, comment cela est-ce possible puisque celle-ci est perméable à ces deux ions ?*
- On note aussi une **asymétrie de répartition des protéines** (+ dans le plasma).

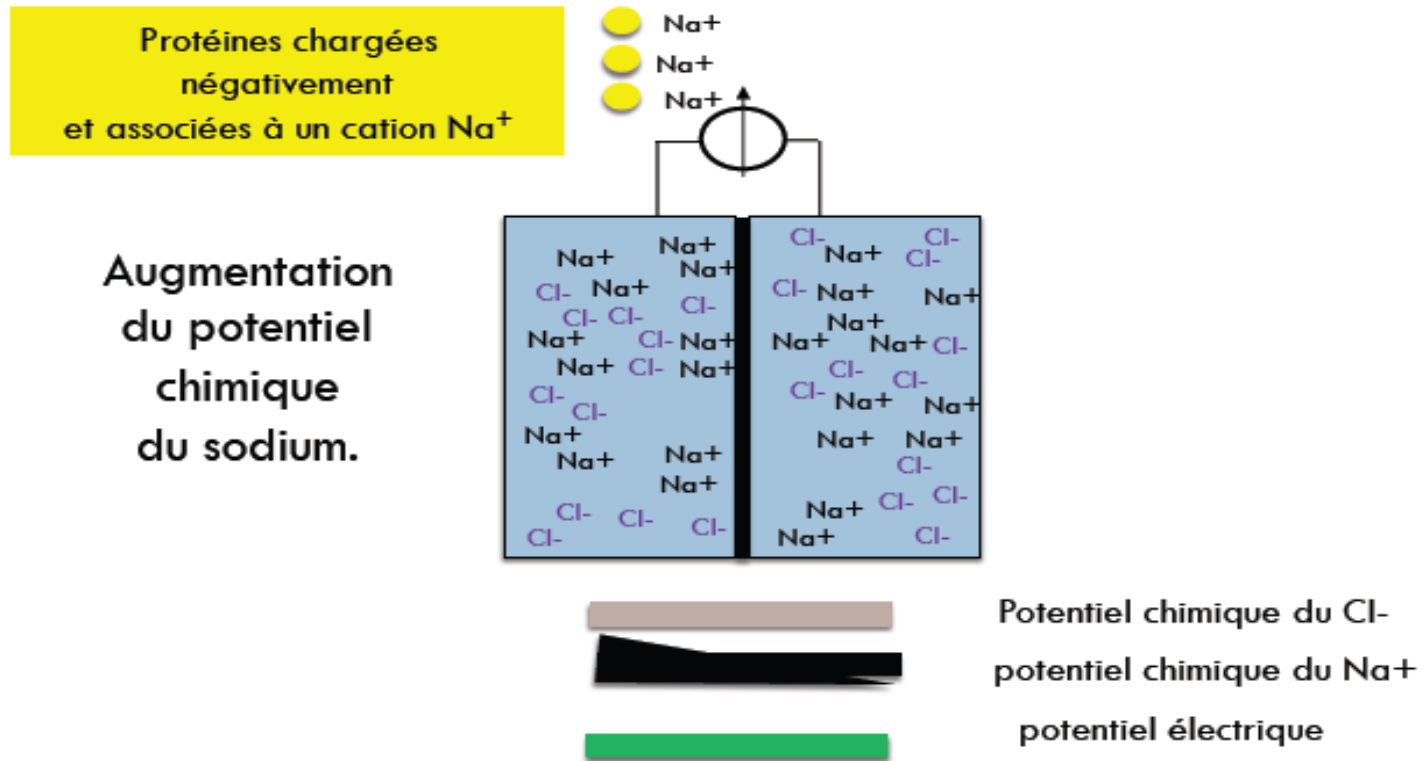
Membrane capillaire	
Plasma	Liquide interstitiel
$\text{Na}^+ = 150 \text{ mmol/kg d'eau}$	$\text{Na}^+ = 144 \text{ mmol/kg d'eau}$
$\text{Cl}^- = 109 \text{ mmol/kg d'eau}$	$\text{Cl}^- = 114 \text{ mmol/kg d'eau}$
Protéines = 70 g/l	Protéines = 17 g/l
Somme des anions = somme des cations	Somme des anions = somme des cations

> **Mise en évidence de l'effet Donnan :**

1) En **l'absence de protéines** de part et d'autre de la mb, la **composition ionique est identique** dans le plasma et le liquide interstitiel.

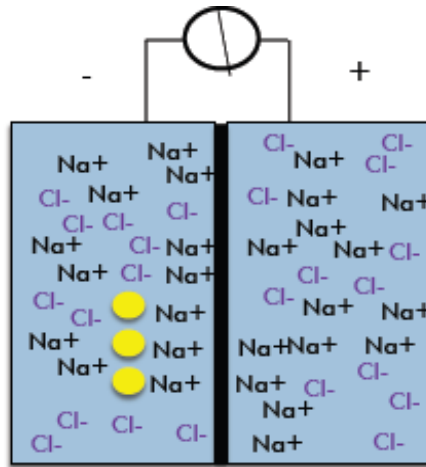


2) Introduction de **protéines chargées négativement associées à des ions Na^+** (protéinate de sodium) dans le **plasma** :



3) Génération d'un **potentiel électrique**

Cl⁻ diffuse selon
le potentiel électrique.



Un potentiel électrique
apparaît.

Les potentiels chimiques
et le potentiel électrique
s'équilibrent.



Potentiel chimique du Cl⁻

Potentiel chimique du Na⁺

Potentiel électrique

**Les solutions
restent
électroneutres
et les charges
électriques
restent
asymétriques.**

> Effet Donnan : **principe** et **conséquences** + + +

⊙ **Principe** : cet effet est basé sur la présence de **molécules chargées non diffusibles** à travers une membrane **sélective**. Les [C] des ions diffusibles se stabilisent lorsque les potentiels chimiques et électriques (PC et PE) **s'équilibrent**.

⊙ Conséquence électrique : le PE à l'équilibre est conditionné par la répartition des ions diffusibles.

⊙ Conséquence sur la composition des liquides : la [C] des ions diffusibles à l'équilibre est conditionnée par le PE.

➤ Conséquences de l'effet Donnan sur la composition du milieu extracellulaire :

La différence de composition en Na^+ et Cl^- entre le plasma et le liquide interstitiel est expliquée par **l'asymétrie de répartition des protéines** (anions) et par **l'imperméabilité de la membrane capillaire aux protéines.** + + + + + + + + +

IV – Membrane plasmique

A) Équilibre osmotique de l'eau

La **membrane plasmique** (*attention, c'est différent de la membrane capillaire !*) est une **bicouche lipidique** (tête hydrophile à l'extérieur et queue hydrophobe à l'intérieur de la mb). C'est également un **cristal liquide**.

Cristal : cohérence des éléments structurels. / Liquide : mobilité extrême des éléments structurels.

> L'eau :

⊙ **Équilibre osmotique de l'eau** : le milieu **cellulaire** est en équilibre osmotique avec le milieu **extracellulaire**.

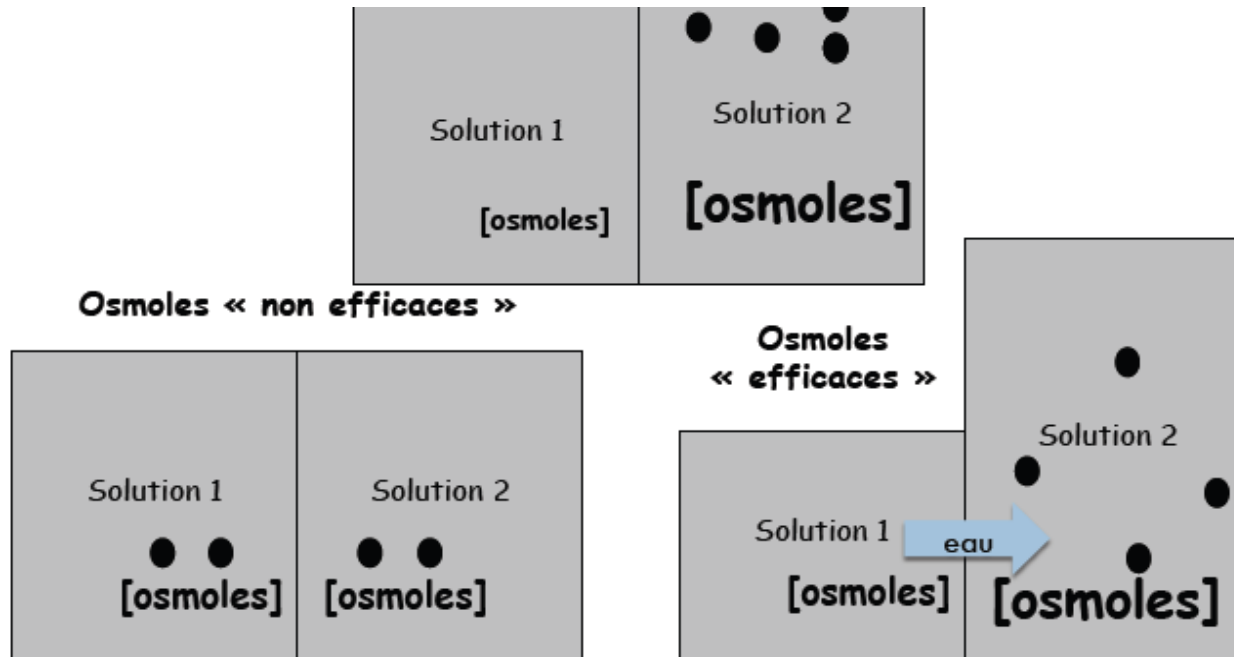
> Une **variation d'osmolalité « efficace »** d'un des 2 compartiments entraîne une **diffusion de l'eau du secteur le – vers le + concentré en osmoles**. La notion d'efficacité dépend des propriétés intrinsèques de la mb plasmique. Cette diffusion de l'eau s'appelle **l'osmose**.



B) Sodium, seule osmole efficace

L'**osmolarité efficace (=tonicité)** est la force qui attire l'eau d'un côté ou de l'autre des membranes cellulaires.

Une osmole efficace induit des **transferts d'eau** (++++++) et **modifie ainsi le volume des cellules** (ex: les globules rouges)



➤ Qualités d'une osmole efficace :

1/ Il s'agit d'une **osmole incapable de traverser la mb ou qui se comporte comme si elle ne pouvait pas la traverser** parce que sa répartition est **contrôlée** de manière active : c'est le cas pour le Na^+ et le K^+ .

2/ Il s'agit d'une **osmole circulante** : c'est le cas pour le Na^+ et le K^+ .

3/ Il s'agit d'une osmole dont **la variation de [C] plasmatique est sans conséquences sur les principales fonctions cellulaires** : ceci est le cas pour le Na^+ seulement. En effet, le K^+ stabilise le potentiel de mb.

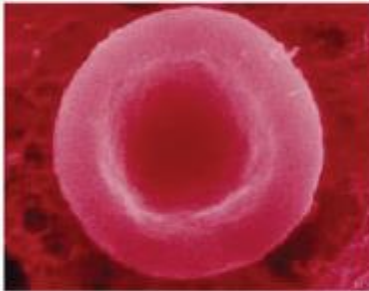
**CONCLUSION : LE SODIUM EST LA SEULE
OSMOLE EFFICACE ! + + + + + + + + +**

C) Perfusion de solutés

- > **L'isotonicité** est définie par rapport à la **natrémie normale**.
- > La natrémie normale = **[Na⁺]_{plasma}** (ou extracellulaire) = 140 +/- 5 mmol/L.

Natrémie = 140 mmol/L

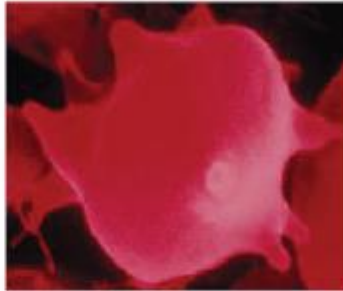
Milieu
ISOTONIQUE



Entrée = sortie d'eau

Natrémie > 145 mmol/L

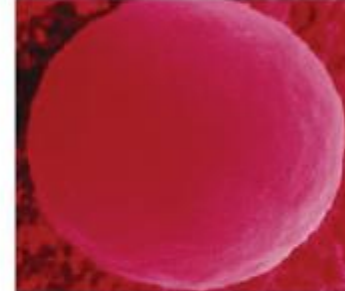
Milieu
HYPERTONIQUE



Sortie > entrée d'eau

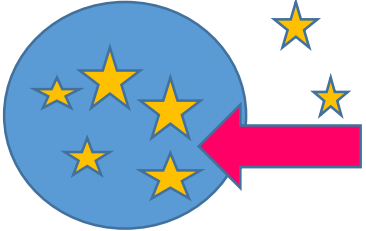
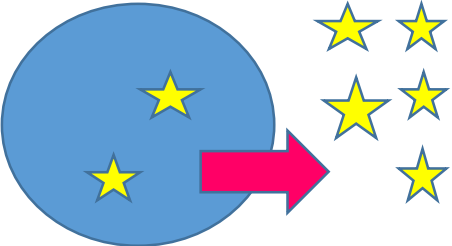
Natrémie < 135 mmol/L

Milieu
HYPOTONIQUE



Entrée > sortie d'eau

> Application en médecine avec le **diagramme de Pitts** (++++):

Type de solution perfusée	Conséquences
Situation n° 1 : perfusion d'une solution isotonique	Augmentation du volume extracellulaire (EC).
Situation n° 2 : perfusion d'une solution hypotonique 	<u>Au départ</u> : augmentation du volume EC mais diminution de son osmolalité. <u>Intermédiaire</u> : diffusion de l'eau du milieu EC vers IC. <u>Au final</u> : augmentation du volume EC et IC et une diminution de l'osmolalité.
Situation n° 3 : perfusion d'une solution hypertonique 	<u>Au départ</u> : augmentation du volume EC et de son osmolalité. <u>Intermédiaire</u> : diffusion de l'eau du milieu IC vers EC. <u>Au final</u> : augmentation du volume EC, augmentation de l'osmolalité mais diminution du volume IC.

Type de solution perfusée	Conséquences
<p>Situation n° 4 : perfusion d'une solution iso-osmotique (glucose et urée)</p> <p>! : on ne parle pas de tonicité car ce ne sont pas des osmoles efficaces !</p>	<p>Urée : l'urée et l'eau diffusent librement. Pas de modification de l'osmolalité (en pratique on ne perfuse pas d'urée !)</p> <p>Glucose : le glucose perfusé rentre dans la cellule et est consommé et dégradé immédiatement d'où une baisse de l'osmolalité IC. L'osmolalité EC diminue également.</p>
<p>Situation n° 5 : perfusion d'eau pure</p>	<p>NE JAMAIS PERFUSER D'EAU PURE !</p> <p>Elle provoque un choc osmotique ou hémolyse dans le cas des globules rouges !</p>

DES QUESTION ? 😊



Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

QCM N°1

○ **Donnez la ou les propositions vraies :**

- A) Toute molécule en solution s'appelle une osmole. Les osmoles peuvent modifier la température de congélation de l'eau.
- B) La filtration est le passage d'eau et de molécules en solution à travers une membrane sélective.
- C) Au pôle artériel des capillaires sanguins standards, la différence de pression oncotique est supérieure à la différence de pression hydrostatique.
- D) Au niveau des capillaires alvéolaires pulmonaires, on a uniquement de l'absorption.
- E) L'effet Donnan permet d'expliquer la différence de composition en Na^+ et Cl^- de part et d'autre de la membrane plasmique.

QCM N°1

○ **Donnez la ou les propositions vraies :**

- A) Toute molécule en solution s'appelle une osmole. Les osmoles peuvent modifier la température de congélation de l'eau.
- B) La filtration est le passage d'eau et de molécules en solution à travers une membrane sélective.
- C) Au pôle artériel des capillaires sanguins standards, la différence de pression oncotique est supérieure à la différence de pression hydrostatique.
- D) Au niveau des capillaires alvéolaires pulmonaires, on a uniquement de l'absorption.
- E) L'effet Donnan permet d'expliquer la différence de composition en Na^+ et Cl^- de part et d'autre de la membrane plasmique.

QCM N°1

○ **Donnez la ou les propositions vraies :**

- A) Toute molécule en solution s'appelle une osmole. Les osmoles peuvent modifier la température de congélation de l'eau.
- B) La filtration est le passage d'eau et de molécules en solution à travers une membrane sélective. => **NON** sélective
- C) Au pôle artériel des capillaires sanguins standards, la différence de pression oncotique est supérieure à la différence de pression hydrostatique.
- D) Au niveau des capillaires alvéolaires pulmonaires, on a uniquement de l'absorption.
- E) L'effet Donnan permet d'expliquer la différence de composition en Na^+ et Cl^- de part et d'autre de la membrane plasmique.

QCM N°1

○ **Donnez la ou les propositions vraies :**

- A) Toute molécule en solution s'appelle une osmole. Les osmoles peuvent modifier la température de congélation de l'eau.
- B) La filtration est le passage d'eau et de molécules en solution à travers une membrane sélective.
- C) Au pôle artériel des capillaires sanguins standards, la différence de pression oncotique est supérieure à la différence de pression hydrostatique. => **FAUX**, c'est l'inverse
- D) Au niveau des capillaires alvéolaires pulmonaires, on a uniquement de l'absorption.
- E) L'effet Donnan permet d'expliquer la différence de composition en Na^+ et Cl^- de part et d'autre de la membrane plasmique.

QCM N°1

○ **Donnez la ou les propositions vraies :**

- A) Toute molécule en solution s'appelle une osmole. Les osmoles peuvent modifier la température de congélation de l'eau.
- B) La filtration est le passage d'eau et de molécules en solution à travers une membrane sélective.
- C) Au pôle artériel des capillaires sanguins standards, la différence de pression oncotique est supérieure à la différence de pression hydrostatique.
- D) Au niveau des capillaires alvéolaires pulmonaires, on a uniquement de l'absorption.
- E) L'effet Donnan permet d'expliquer la différence de composition en Na^+ et Cl^- de part et d'autre de la membrane plasmique.

○ **Donnez la ou les propositions vraies :**

- A) Toute molécule en solution s'appelle une osmole. Les osmoles peuvent modifier la température de congélation de l'eau.
- B) La filtration est le passage d'eau et de molécules en solution à travers une membrane sélective.
- C) Au pôle artériel des capillaires sanguins standards, la différence de pression oncotique est supérieure à la différence de pression hydrostatique.
- D) Au niveau des capillaires alvéolaires pulmonaires, on a uniquement de l'absorption.
- E) L'effet Donnan permet d'expliquer la différence de composition en Na^+ et Cl^- de part et d'autre de la membrane plasmique : faux membrane **CAPILLAIRE**.

Merci de votre attention 😊



Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.