

# Potentiel chimique, diffusion et convection

Tut'entrée 2020

PASS/LAS

## Introduction :

La **pression hydrostatique** exercée sur les liquides et gaz de l'organisme est la résultante de **la pression atmosphérique** et de la **pression de certains muscles** (Ex : cœur et muscles de la paroi thoracique).

Elle mobilise le **sang** et l'**air pulmonaire**.

L'écoulement des fluides est considéré comme **laminaire** (pour l'air et le sang) :

$$\textit{Débit de fluide} = \frac{\textit{différence de pression}}{\textit{résistance}}$$

Les mouvements moléculaires à l'intérieur d'un **milieu liquide** proviennent de différences de pression **osmotique**.

La pression osmotique est proportionnelle à la **concentration des molécules en solution**.

Les mouvements moléculaires à l'intérieur d'un **gaz** proviennent des différences de **pression partielle**.

# Diffusion (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)**

Le **potentiel chimique** d'une molécule est proportionnel à **sa concentration** et à **son coefficient de diffusion (loi de Fick).+++**

Le **coefficient de diffusion** dépend de :

- **La température** : l'agitation thermique est le « moteur » de la diffusion
- **La mobilité mécanique** de la molécule dans son milieu : chaque molécule possède un coefficient de mobilité mécanique qui détermine son coefficient de diffusion dans son milieu.

## Loi de Fick :

Le flux va en sens inverse de celui du gradient de concentration (d'où le – dans la formule.)

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

$x$  = 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

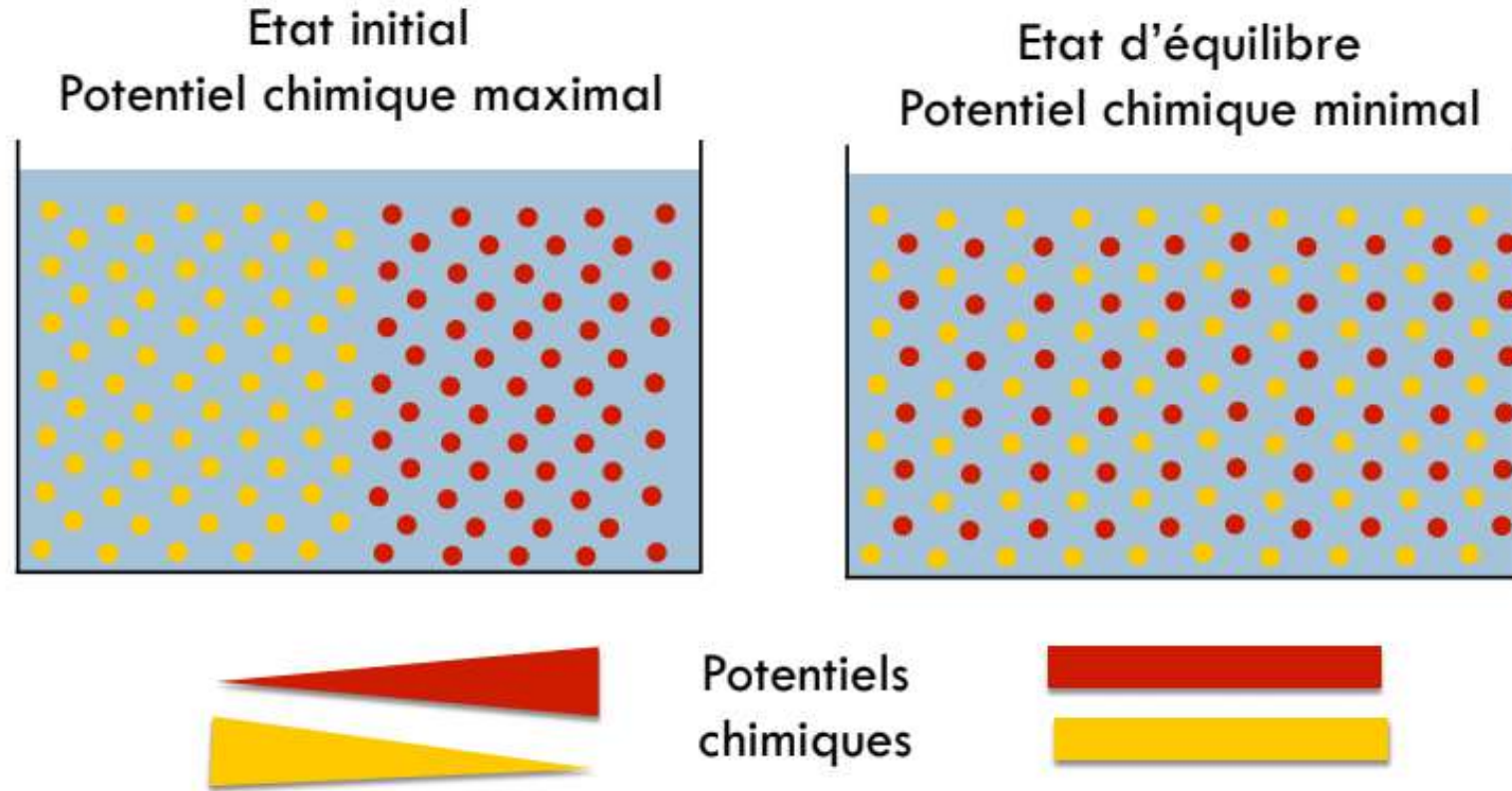
$dx$  = distance entre 2 points très voisins A et B

$dc/dx$  = gradient de concentration entre A et B

Potentiel chimique  
de la molécule

# Diffusion

## Potentiel chimique en solution



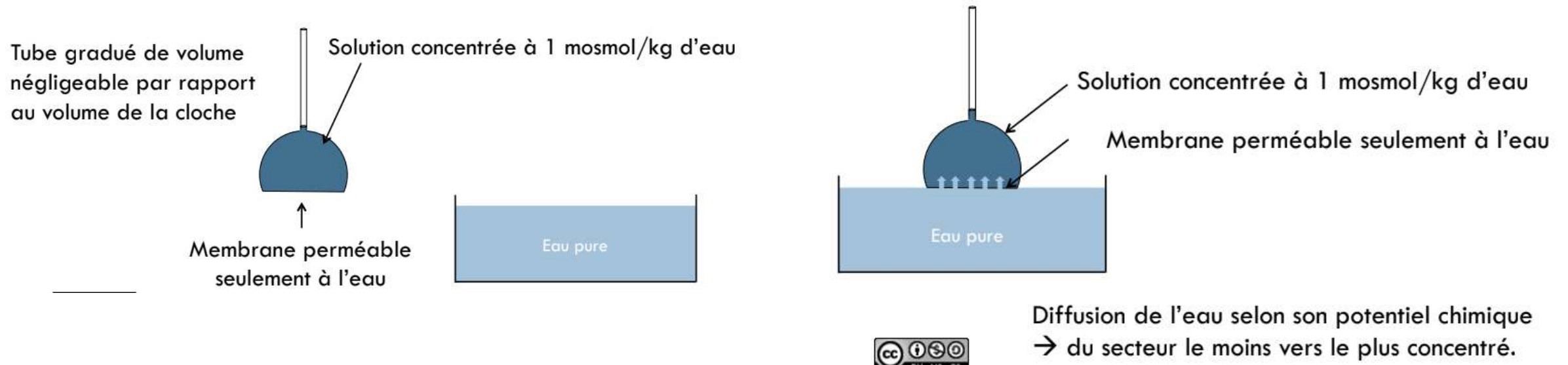
# Pression osmotique

Une molécule en solution s'appelle une **osmole**.

TOUTE molécule en solution (y compris les molécules d'eau) exerce une pression **proportionnelle** à sa concentration. Cette pression s'appelle la **pression osmotique**.

Elle est mesurable par la mise en contact de solutions de concentrations **différentes** par l'intermédiaire d'une membrane **sélective+++**

## Mise en évidence avec l'osmomètre de Dutrochet



# Pression oncotique

Une molécule en suspension (ex : protéines ...) exerce une pression **proportionnelle** à sa concentration, cette pression est la **pression oncotique**.

Elle est mesurable par la mise en contact de solutions de concentrations **différentes** par l'intermédiaire d'une membrane **sélective+++**

## Molécules en solution ou en suspension ? (tableau à connaître parfaitement)++++

Molécules en SOLUTION	Molécules en SUSPENSION
<ul style="list-style-type: none"><li>-Molécules <b>incapables</b> de <b>sédimer</b> sous l'effet de la gravité (centrifugation).</li><li>-Elles <b>modifient la température de congélation de l'eau (abaissement cryoscopique)</b> : l'eau de mer congèle à une température inférieure à celle de l'eau douce. Cette propriété permet de mesurer l'osmolalité.</li><li>- Exemple : toutes les <b>osmoles</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Molécules <b>capables</b> de <b>sédimer</b> après centrifugation.</li><li>-Elles <b>ne modifient PAS la température de congélation de l'eau.</b></li><li>- Elles augmentent <b>la diffusion de la lumière</b> et sont dosées par des <b>propriétés optiques.</b></li><li>- Exemple : protéines, complexes protéiques (lipoprotéines)</li></ul>

+++On n'utilise donc pas les mêmes méthodes physiques pour les différencier +++

# Abaissement cryoscopique

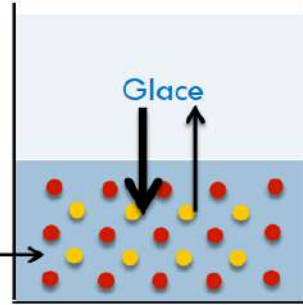
## Phénomène physique

A la température de  $0^{\circ}\text{C}$ , la glace et l'eau sont en équilibre : la glace fond autant que l'eau congèle.

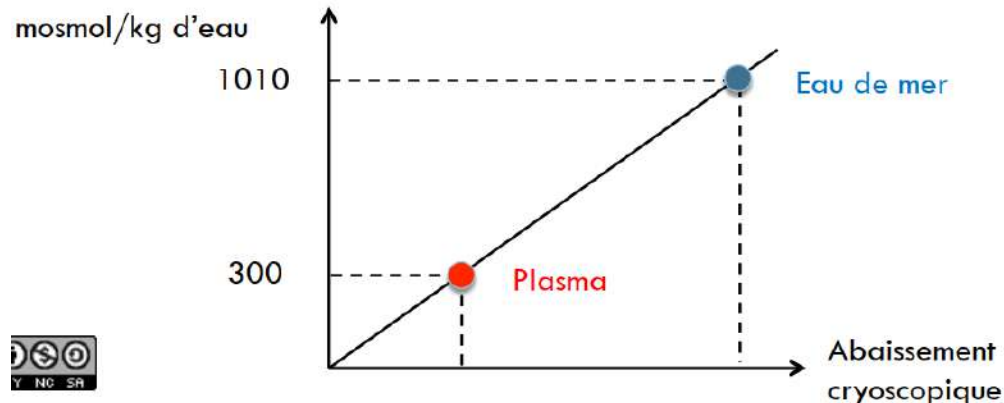


A la température de  $0^{\circ}\text{C}$ , la glace et de l'eau contenant des molécules dissoutes ne sont pas en équilibre : la glace fond plus que la solution ne congèle.

Solution =  
eau et molécules  
dissoutes



L'équilibre est obtenu pour une température inférieure à  $0^{\circ}\text{C}$



## ++A retenir ++

- L'abaissement cryoscopique est un phénomène **physique**
- Il correspond à 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
- Une solution (eau + osmoles) congèle à une température **inférieure** à celle de l'eau pure



# Mesure de l'osmolalité

Il y a théoriquement **2 méthodes** pour mesurer la concentration des molécules dissoutes :

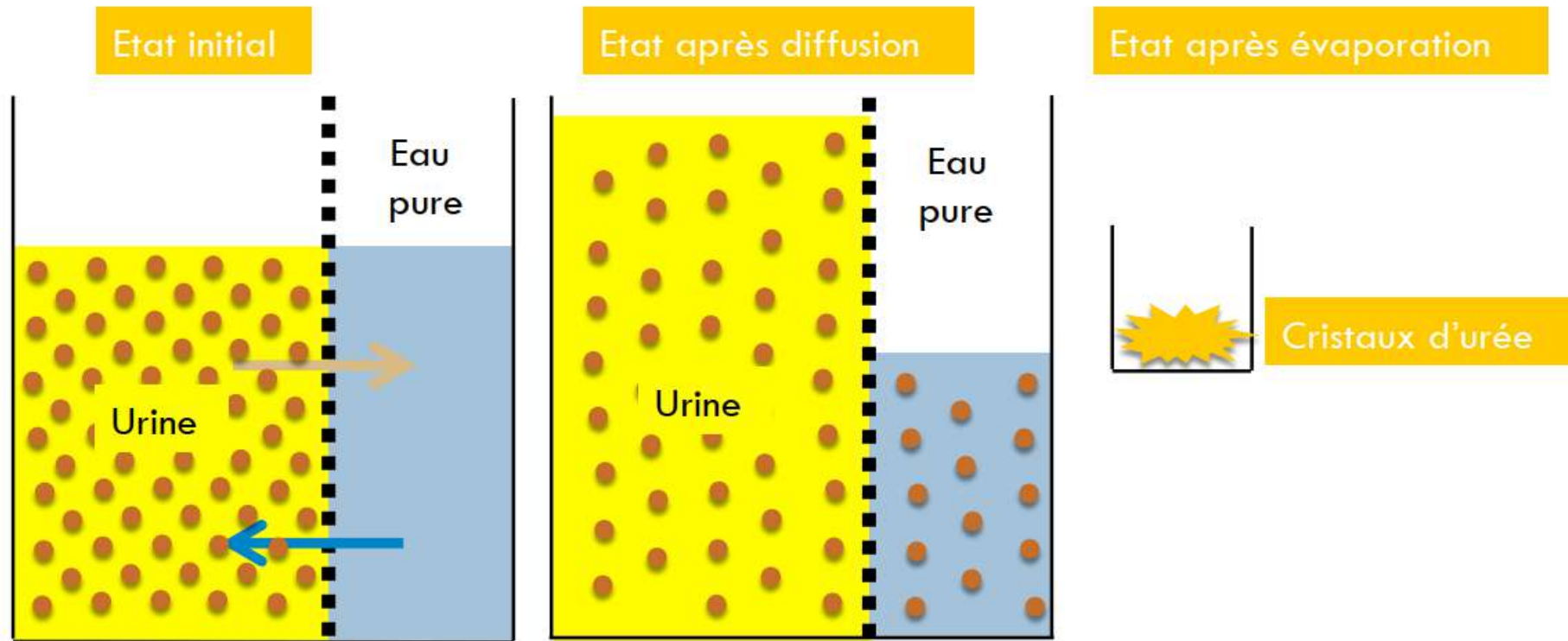
- Mesurer la **pression osmotique** (Osmomètre de Dutrochet)
- Mesurer **l'abaissement cryoscopique** : c'est la technique utilisée

En pratique, il n'y a qu'une seule façon de mesurer l'osmolalité : **mesurer l'abaissement cryoscopique**

- La mesure de la pression osmotique est **impraticable** en raison de ***l'absence de membranes perméables seulement à l'eau*** et de ***l'osmolarité élevée des fluides biologiques.***

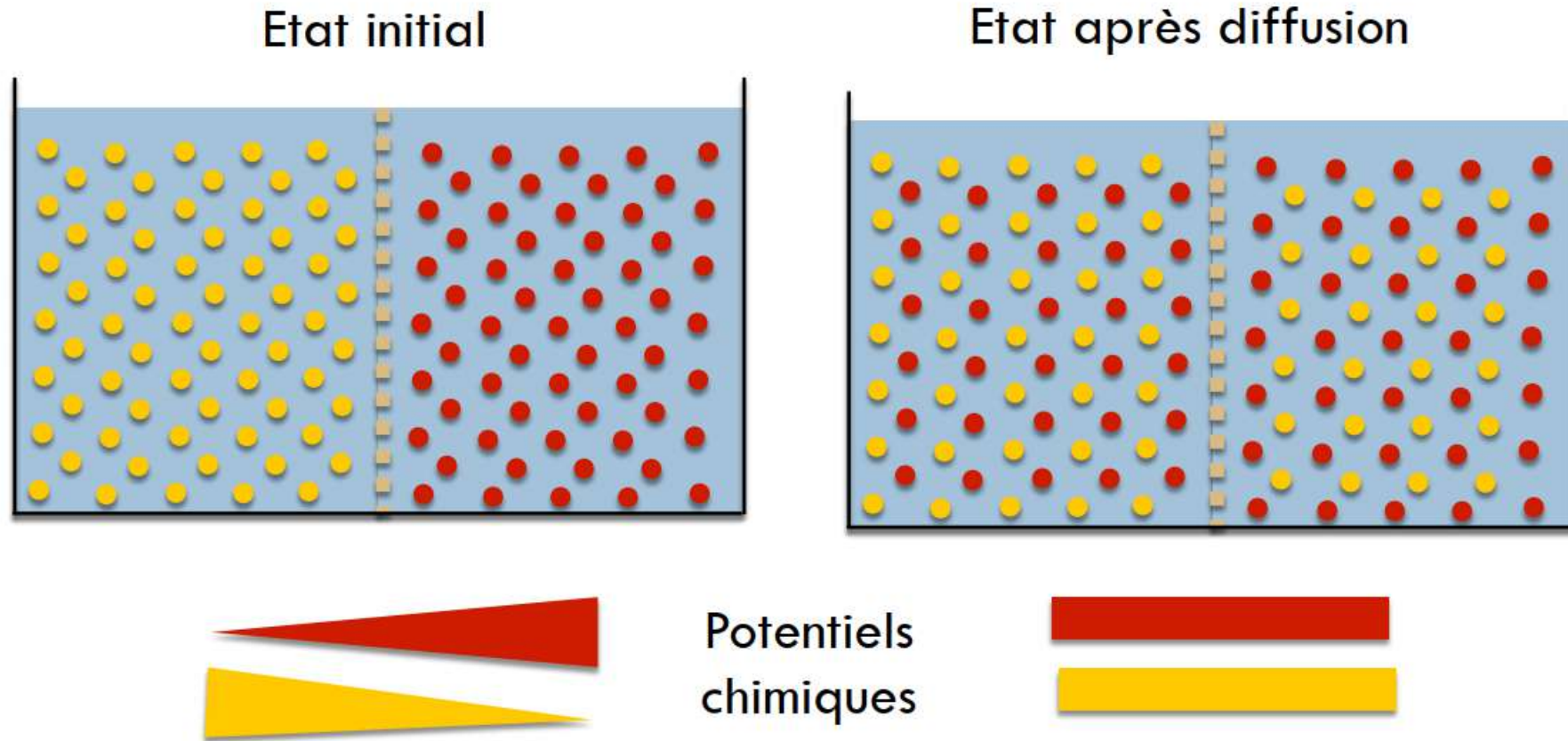
# Séparation de molécules grâce à une membrane (dialyse)

## Diffusion



**Dialyse : « séparer à travers »**

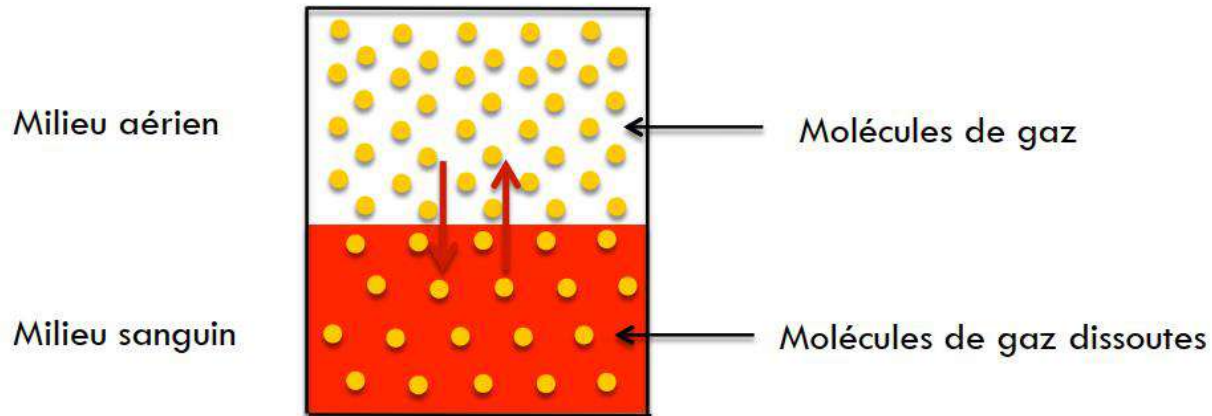
## Diffusion à travers une membrane



Si la membrane est **perméables aux 2 types d'osmoles**, alors le phénomène est le même que s'il n'y avait pas de membrane, **les concentrations s'équilibrent** et les **potentiels chimiques s'annulent**

# Diffusion à l'interface air-sang

*Flux de gaz (air → liquide) = coefficient de diffusion × gradient de pression partielle*



La capacité des molécules de gaz à passer de l'air alvéolaire vers le sang va dépendre :

- Du coefficient de diffusion de ces gaz, qui est **différent** pour chaque gaz
- Du gradient de pression partielle entre le sang et l'air alvéolaire

## Convection : Mouvement de fluide **ET** de molécules dissoutes (osmoles)

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

Chaque molécule possède un coefficient de mobilité mécanique qui caractérise sa facilité de déplacement dans **la membrane**.

$$Débit(x) = -L_H \frac{dp}{dx}$$

$x$  = distance entre 2 points

Débit = flux par convection (sur la distance  $x$ )

$L_H$  = coefficient de mobilité mécanique dans le milieu

$dp$  = différence de pression **hydrostatique** entre A et B

$dx$  = distance entre 2 points très voisins A et B

$dp/dx$  = gradient de pression entre A et B

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



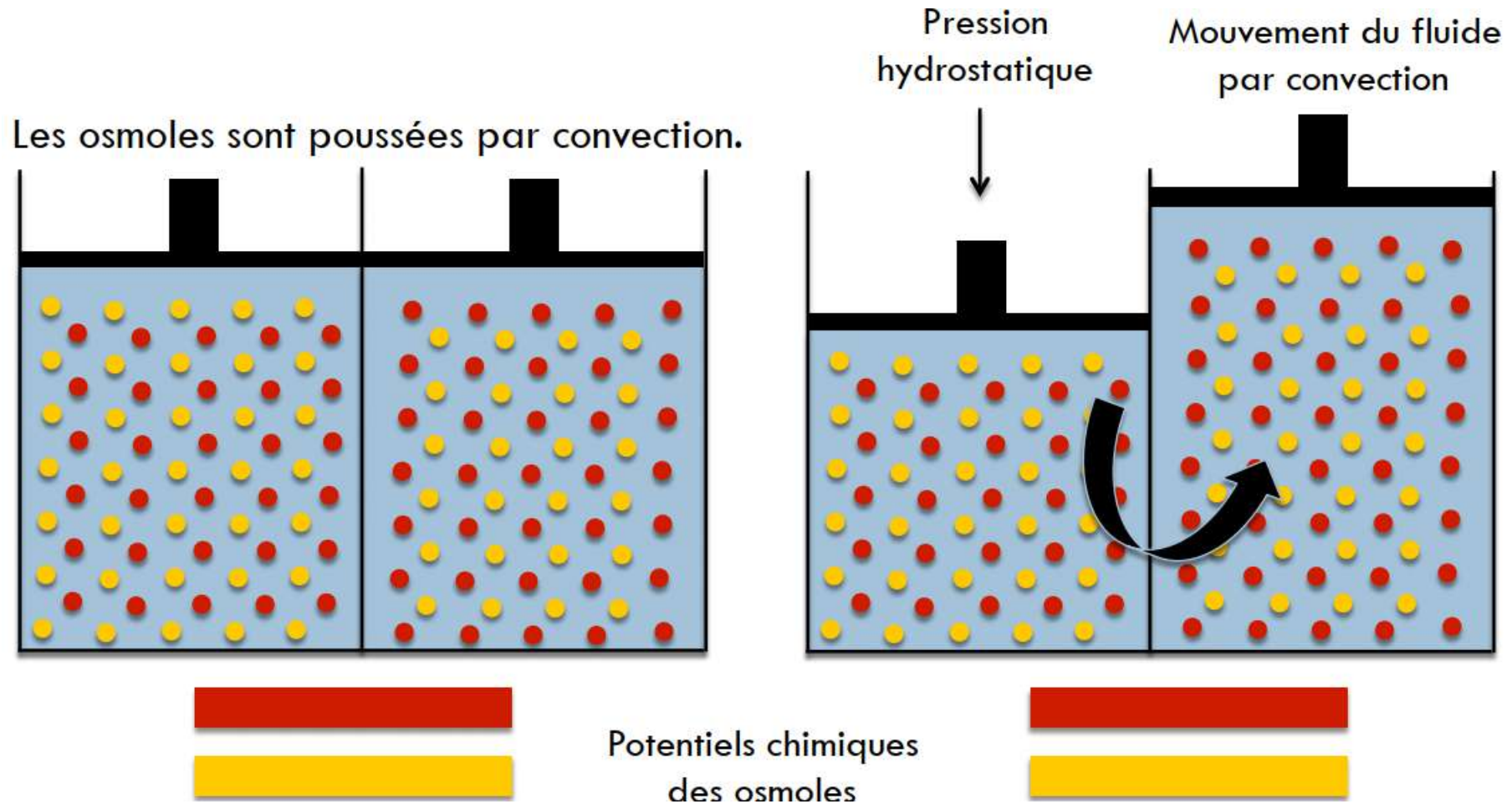
Il faut bien faire la différence entre la diffusion et la convection ! Dans la convection, on fait intervenir la **pression HYDROSTATIQUE** mais on a le même type de relation pour la mise en mouvement dans les fluides avec des forces de pression osmotiques et hydrostatiques (**analogie avec la loi de Fick**)



Par ailleurs, la convection et la diffusion vont collaborer pour permettre des mouvements harmonieux.

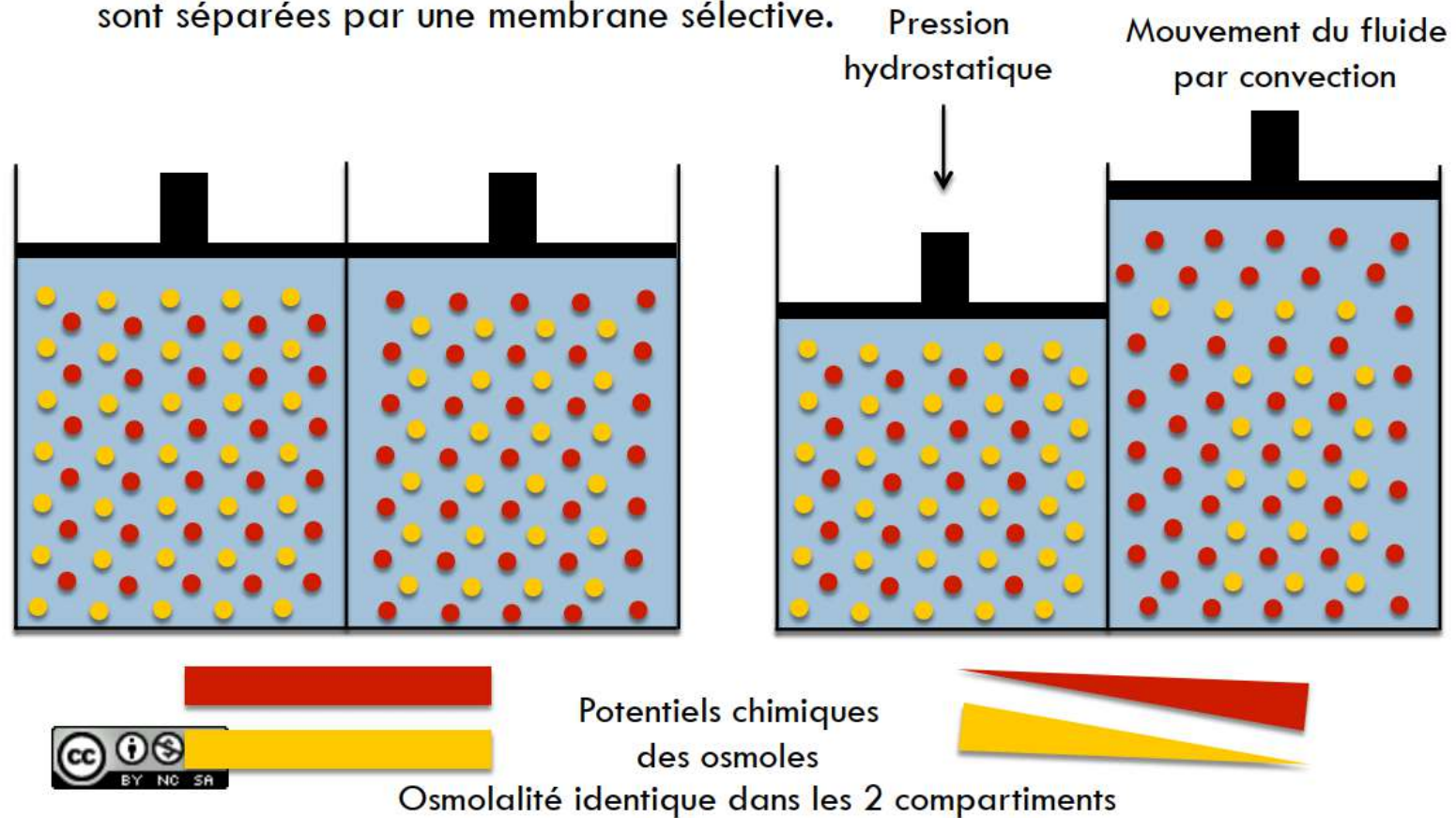


## Convection à travers une membrane NON sélective



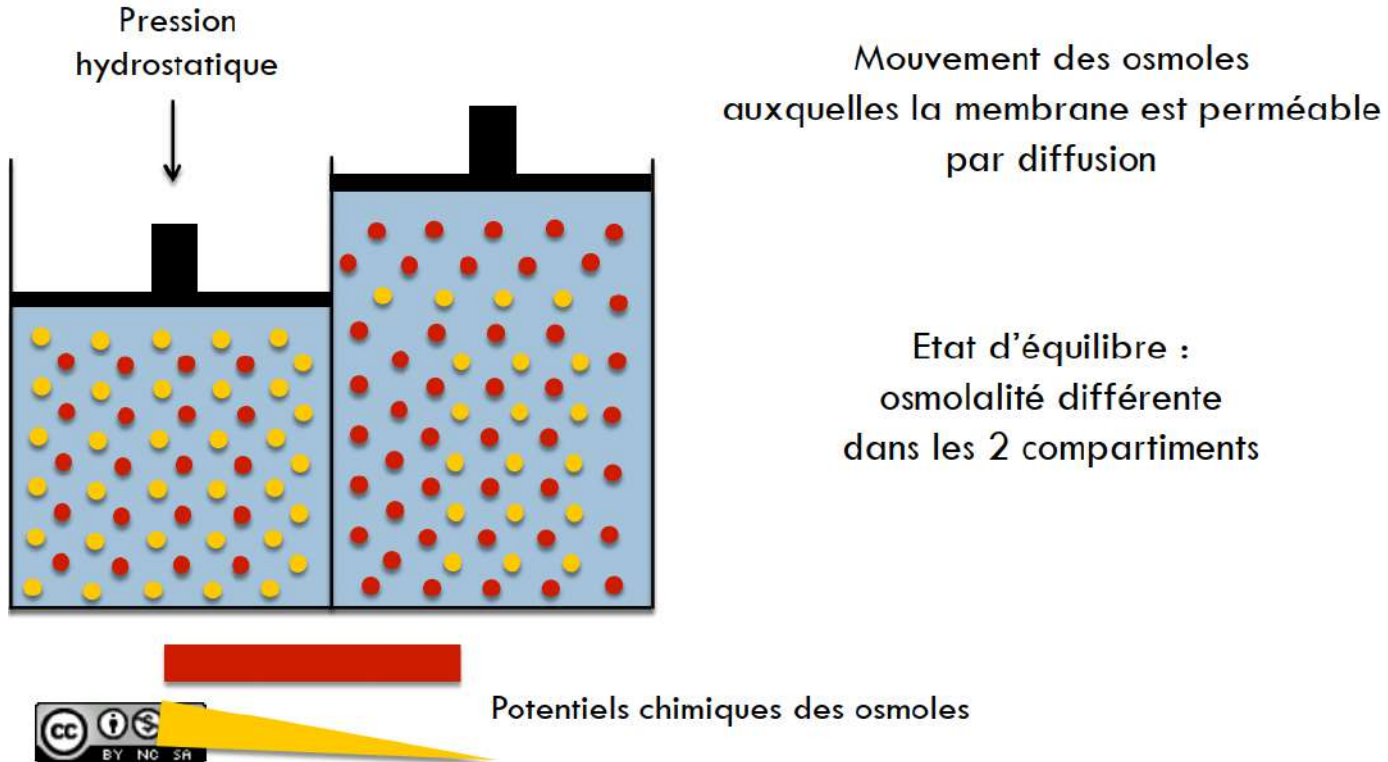
# Convection à travers une membrane sélective

Les osmoles poussées par convection  
sont séparées par une membrane sélective.



Une **membrane sélective** et une **pression hydrostatique** permettent de créer un **potentiel chimique**

# Convection à travers une membrane sélective

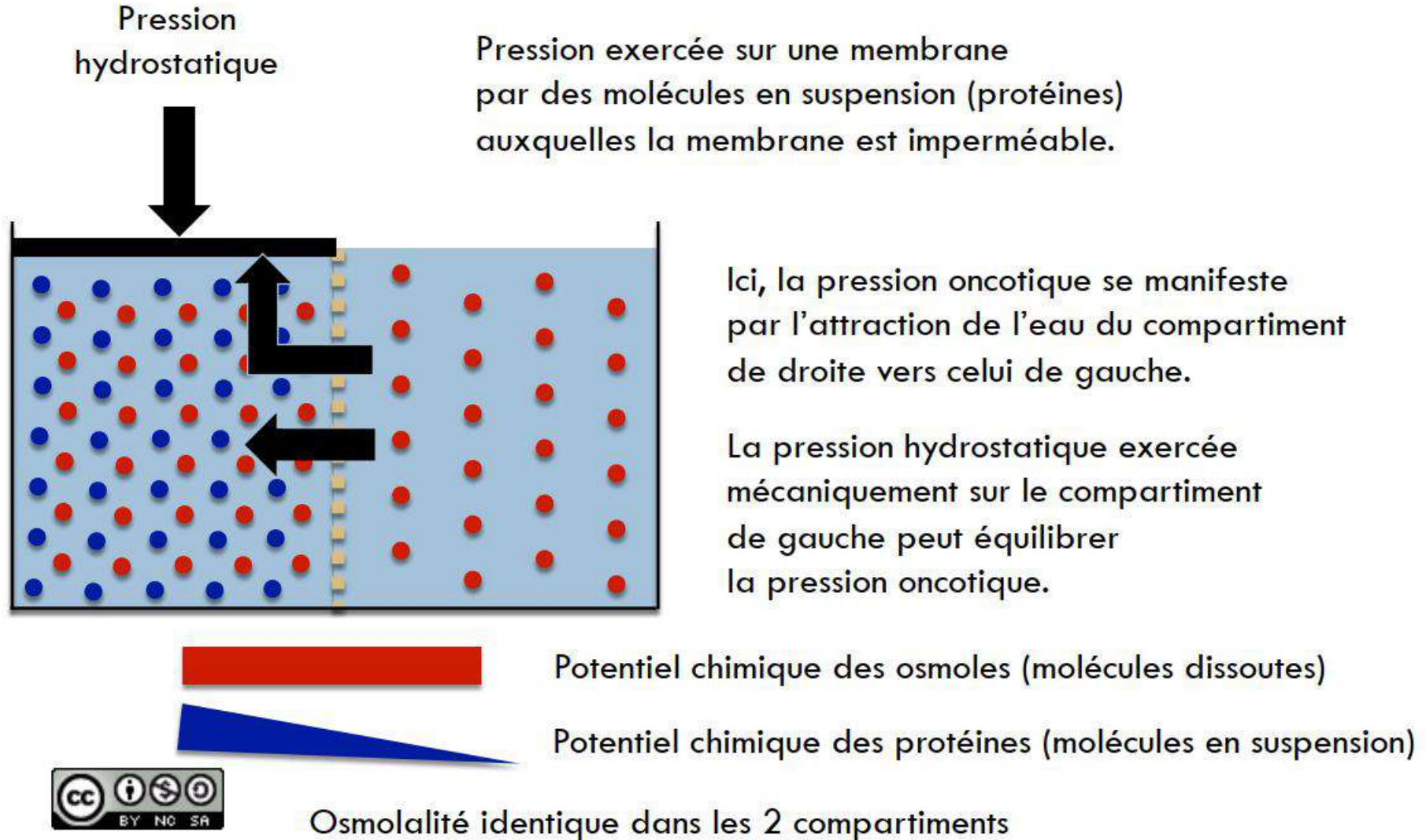


PC jaune  
Pas de PC rouge

(Sauf si la membrane est  
quand même légèrement  
perméable aux molécules  
jaunes)



# Pression oncotique



## +++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 molécule en solution à travers une membrane **sélective** (PAS de molécules en suspension +++)

**Dans l'organisme c'est de l'ultrafiltration+++**

Les forces motrices qui entrent en jeu sont les 3 types de pression que l'on a détaillé : **pression hydrostatique**, **osmotique** et **oncotique**.

## +++RECAP A RETENIR+++

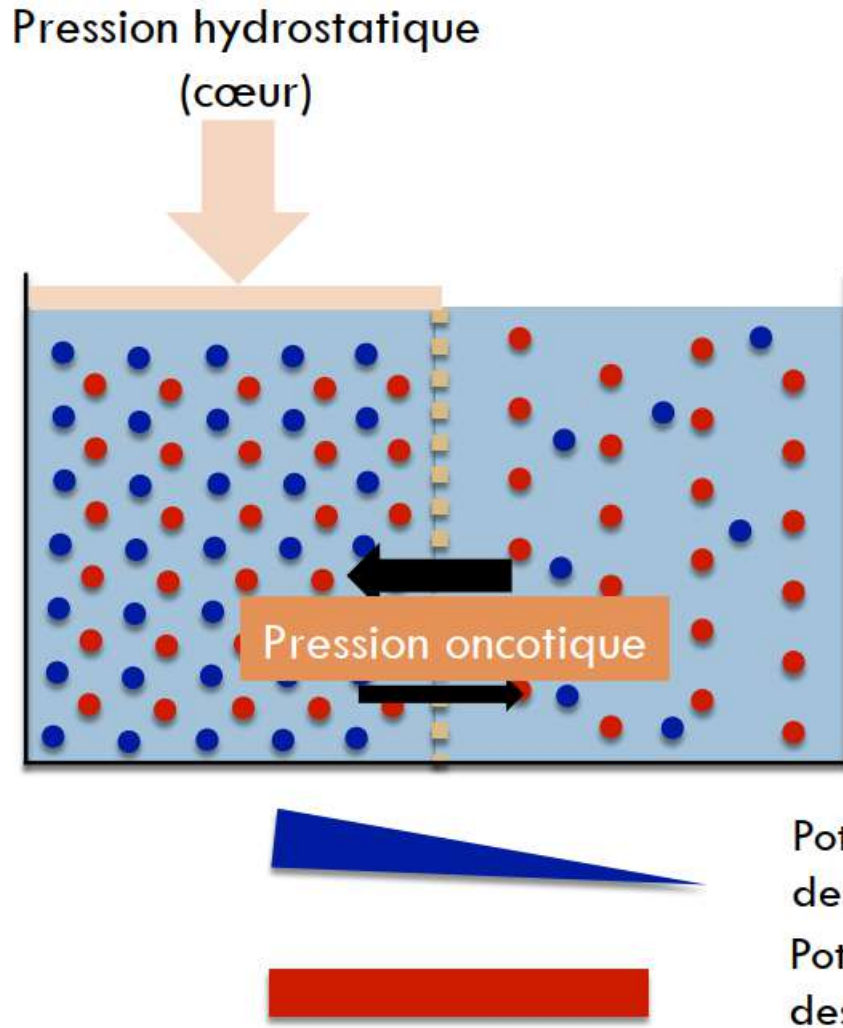
Diffusion : dépend de la pression OSMOTIQUE

CONVECTION : dépend de la pression HYDROSTATIQUE

La filtration **laisse** passer les molécules en suspension

L'ultrafiltration **ne laisse pas** passer les molécules en suspension (ex : dans les capillaires).

# Membrane des capillaires sanguins

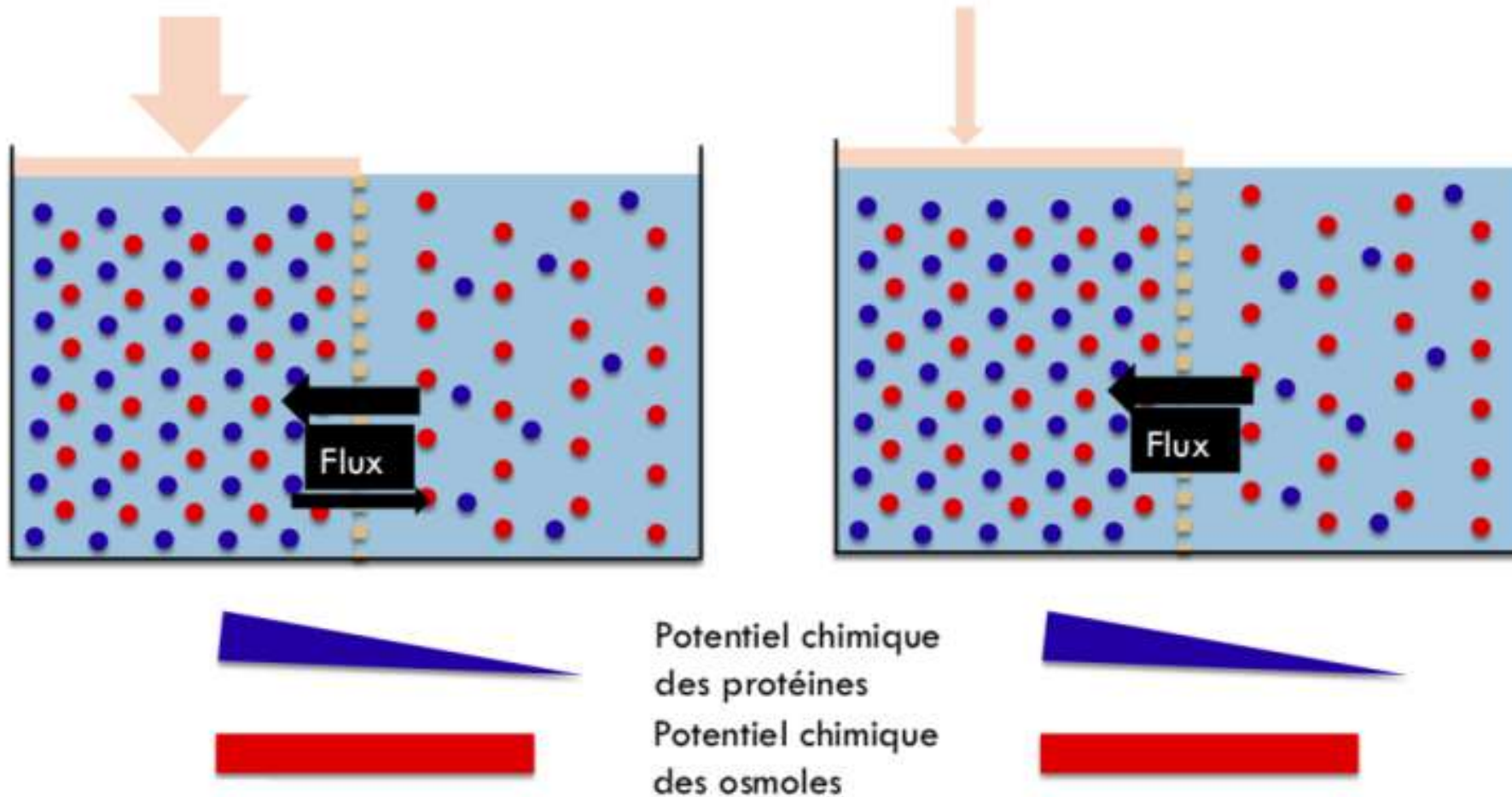


**Côté gauche :** Les vaisseaux dans lesquels on trouve la pression hydrostatique exercée par le cœur et des substances en suspension qui exercent une pression oncotique et des substances en solution

**Côté droit :** liquide interstitiel

**Au milieu :** membrane capillaire

## Relation de Starling



**Pression oncotique** : permet de pomper le LEC vers les capillaires (concentration en protéines plus importante dans les vaisseaux)

**Pression hydrostatique** : permet un flux vers le LEC

## Relation de Starling

**Pression d'ultrafiltration** : dépend de la perméabilité des capillaires (imperméables aux protéines et perméables à l'eau et aux osmoles)

**Pression hydrostatique** : diminue à mesure que l'on s'éloigne du cœur.

	Pression capillaire	Pression interstitium
Hydrostatique	Forte/ <b>Positive (cœur)</b>	Faible/ <b>négative</b>
Oncotique	Forte [protéines] = 70 g/L	Faible [protéines] = 17 g/L

# Relation de Starling

c = capillaire

i = interstitiel

P = pression hydrostatique

$\pi$  = pression oncotique

Gradient de  
pression hydrostatique

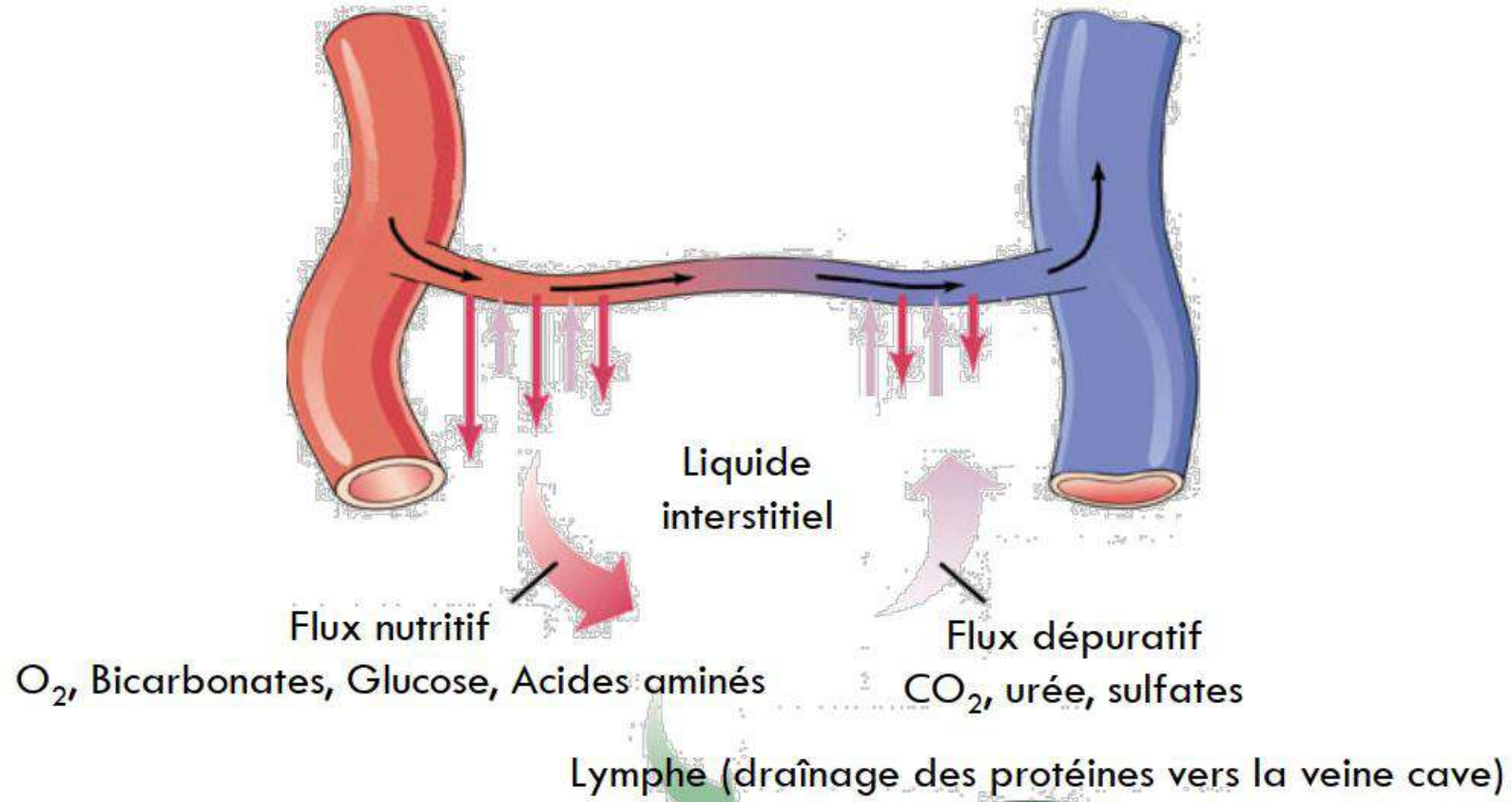
Gradient de  
pression oncotique

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

**La pression osmotique n'intervient pas ici +++**



## Relation de Starling



+Réseau de drainage lymphatique permettant d'éviter une accumulation de protéine dans le tissu interstitiel

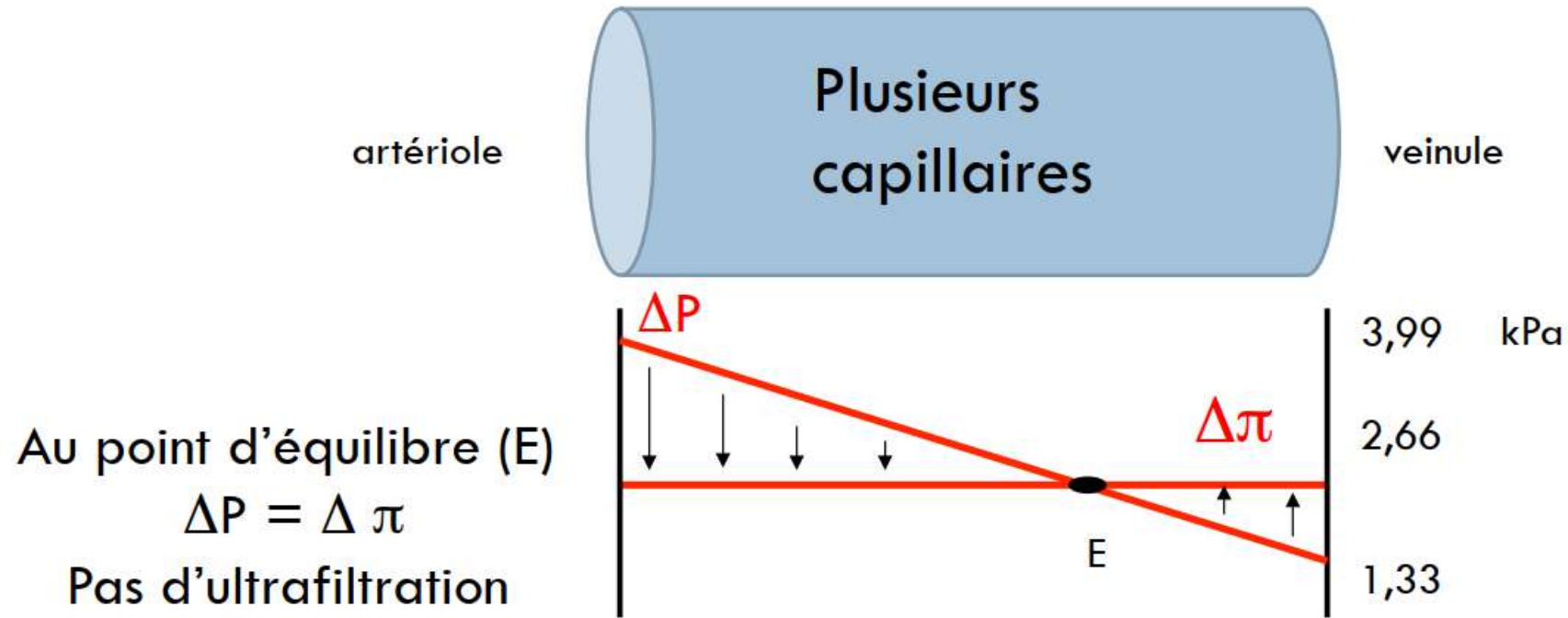


# Relation de Starling

## Capillaire standard

$\Delta P$  = différence de pression hydrostatique

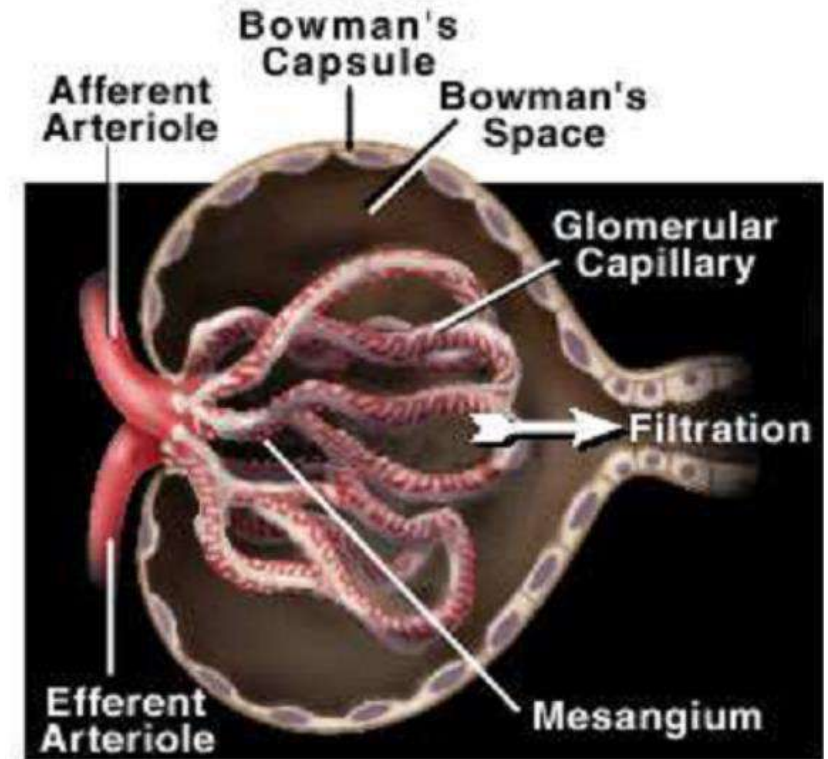
$\Delta \pi$  = différence de pression oncotique



## Relation de Starling

### Capillaire glomérulaire rénal

**Glomérule rénal** : unité fonctionnelle de filtration rénale (1 million de glomérules/rein)

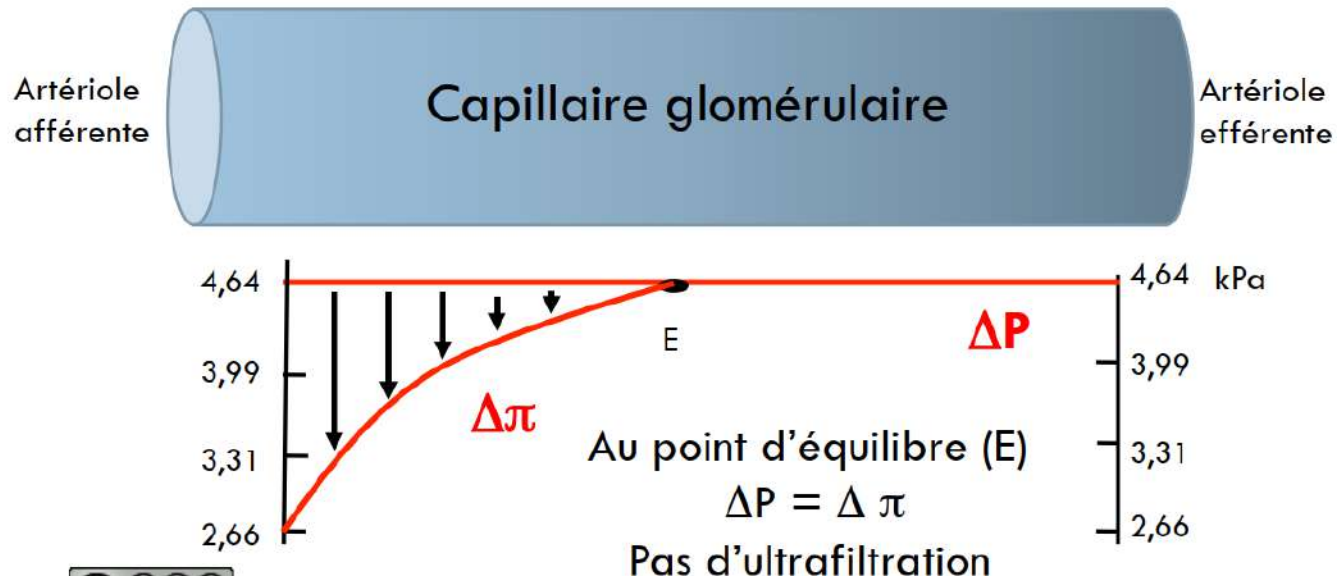


# Relation de Starling

## Capillaire glomérulaire rénal

$\Delta P$  = différence de pression hydrostatique

$\Delta \pi$  = différence de pression oncotique



C'est un **système porte artériel** : la pression hydrostatique ne varie pas

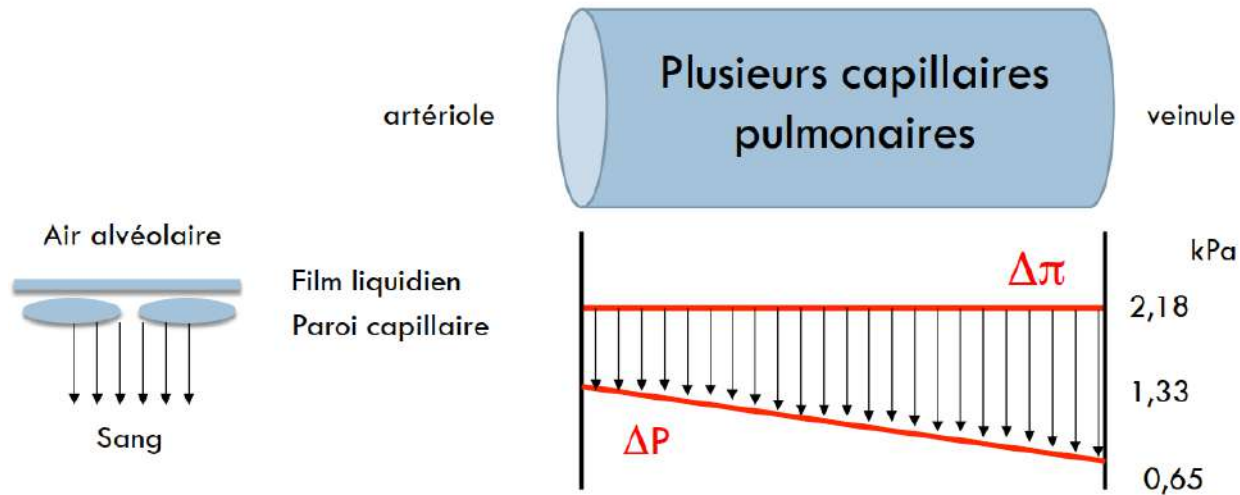
Il n'y a donc **pas de réabsorption de fluide au niveau des glomérules rénaux**

# Relation de Starling

## Capillaire alvéolaire pulmonaire

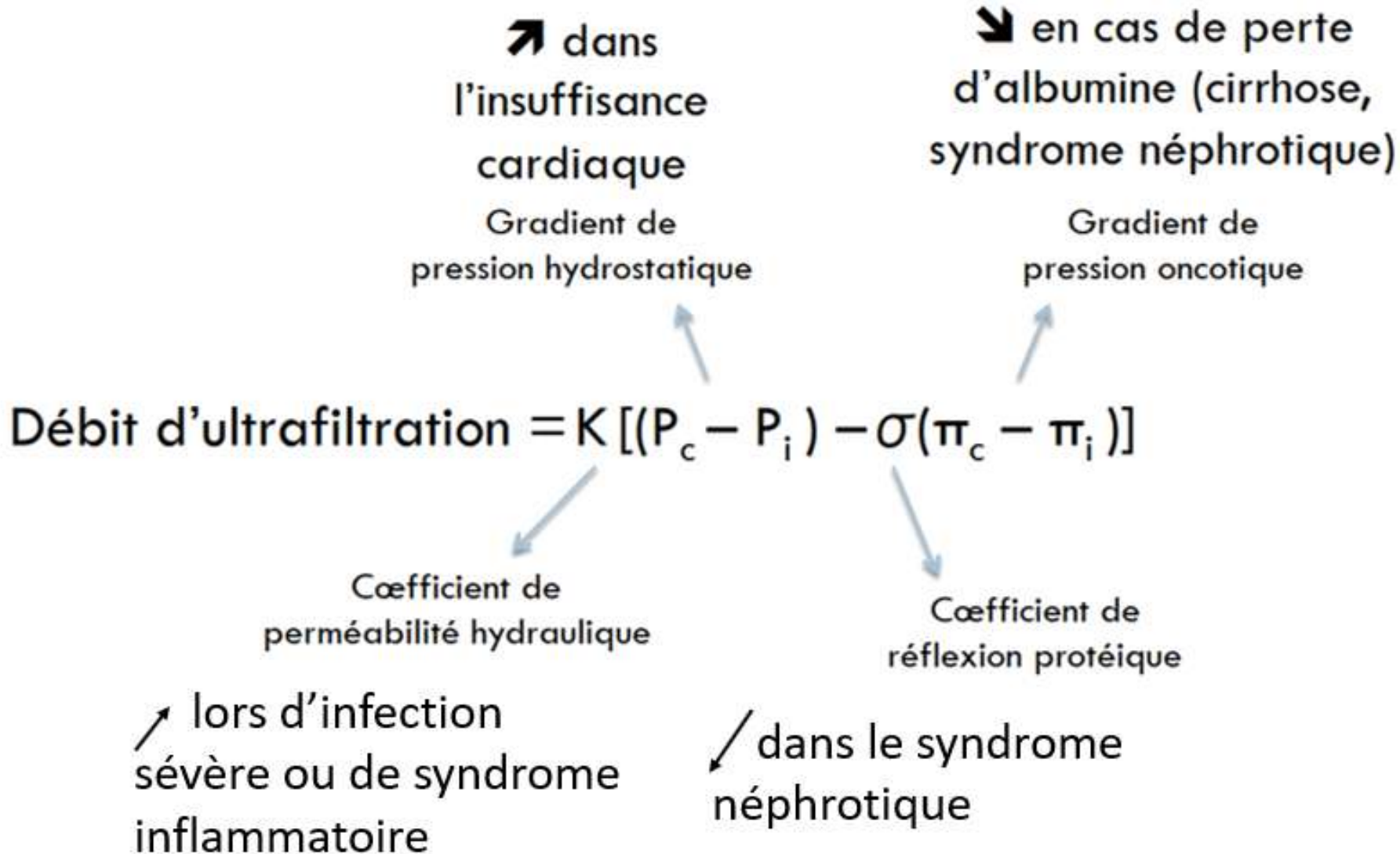
$\Delta P$  = différence de pression hydrostatique

$\Delta \pi$  = différence de pression oncotique



$\Delta P$  toujours inférieur à  $\Delta \pi$  car on est dans la petite circulation qui est un système à basse pression donc physiologiquement on a qu'un flux d'ultrafiltration vers le capillaire pulmonaire

# Relation de Starling application en médecine



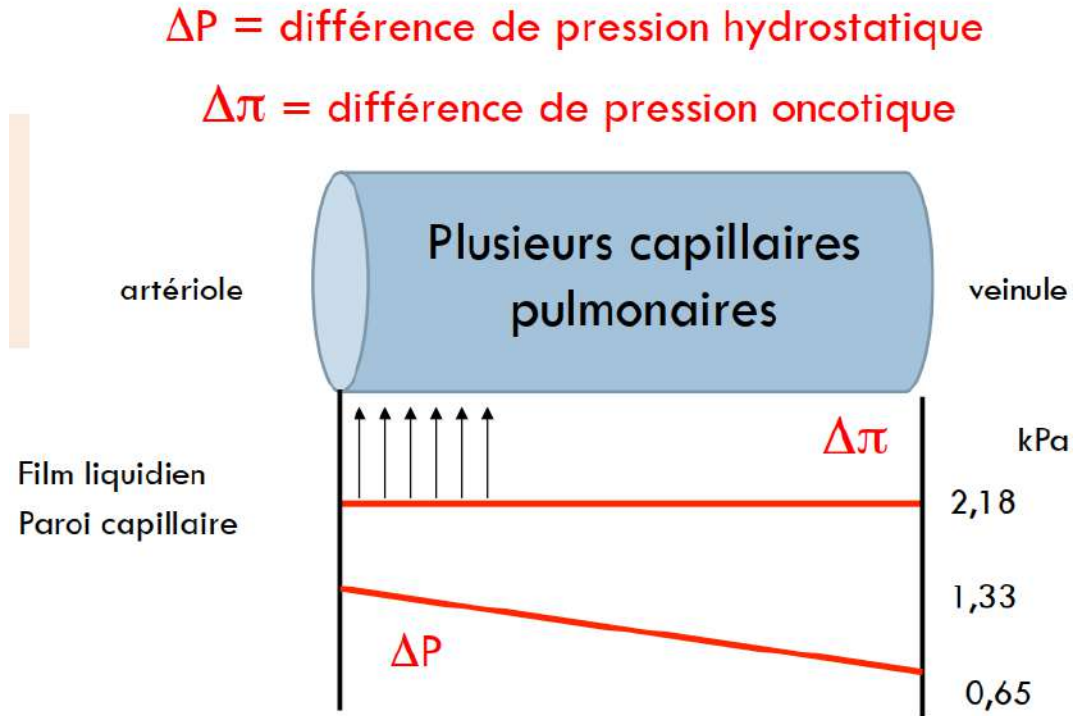
## Epanchements et œdèmes (tableau à connaître)

Œdèmes	Epanchements
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Accumulation de LEC dans le <b>tissu sous-cutané</b>. Se traduit par le <b>signe du godet</b>.</li><li>✓ Accumulation de LEC dans <b>les alvéoles pulmonaires</b>. Se traduit par une <b>dyspnée</b> et par <b>expectoration mousseuse et rosée</b></li></ul>	<p>Accumulation de LEC dans les cavités virtuelles de l'organisme :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ <b>Plèvre</b> = Pleurésie (matité lors de la percussion du thorax)</li><li>➤ <b>Péricarde</b> = Péricardite (bruit de frottement à l'auscultation du patient)</li><li>➤ <b>Péritoine</b> = Ascite (perception des vibrations causées par une pichenette d'un côté de l'abdomen avec la main posée du côté opposé)</li></ul>

# Effet de l'insuffisance cardiaque sur l'ultrafiltration dans les capillaires pulmonaires

$\Delta P$  devient supérieur à  $\Delta \pi$

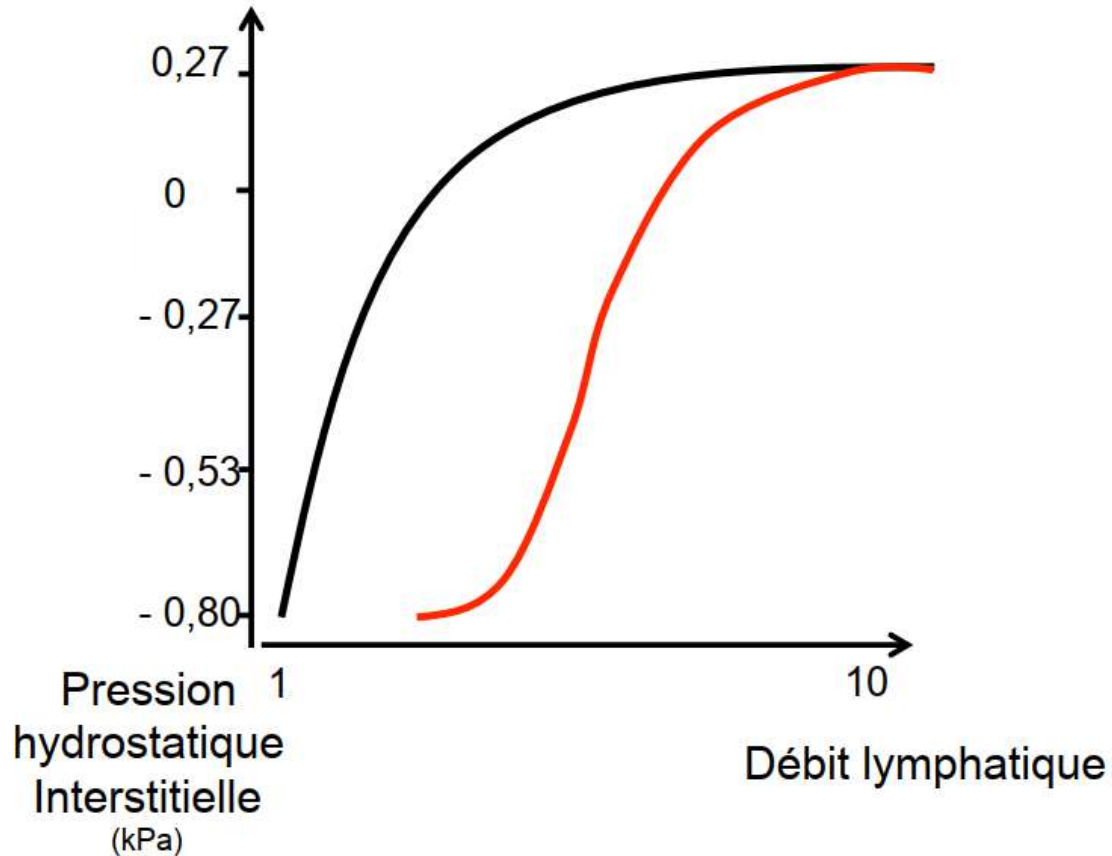
- Le débit d'ultrafiltration vers le MEC **augmente**.
- Les alvéoles pulmonaires vont alors être **inondées** par le plasma
- Formation d'un **Œdème Pulmonaire**





# Rôle du réseau capillaire lymphatique

Augmentation du débit dans les vaisseaux lymphatiques.



En cas d'œdème, le système lymphatique permet de **compenser** **JUSQU'À UN CERTAIN POINT** l'accumulation de LEC.

En cas d'augmentation du flux, le système de suppléance lymphatique travaille à plus fort débit.

En revanche lorsque la pression hydrostatique devient **positive**, on arrive au débit de suppléance maximal, le système lymphatique plafonne, il est dépassé et c'est là que les œdèmes se forment.

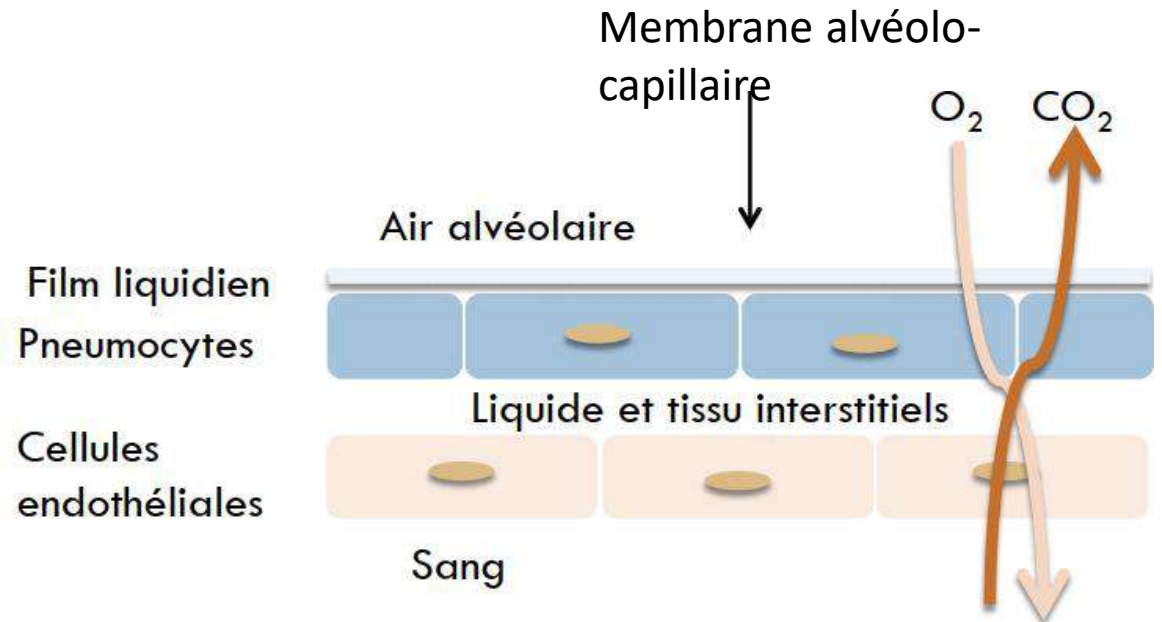


# Echanges gazeux dans les alvéoles pulmonaires

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

La diffusion des gaz entre l'air alvéolaire et le sang se passe à travers une **membrane alvéolo-capillaire** composée :

- D'un film liquidien
- De cellules endothéliales
- De pneumocytes
- De liquide interstitiel



# Echanges gazeux dans les alvéoles pulmonaires

## Applications en médecine

- **Augmentation de l'épaisseur de la membrane** : œdème pulmonaire : limite la diffusion des gaz et le patient présente des difficultés respiratoires (dyspnée)
- **Diminution de la pression partielle en altitude** : la pression atmosphérique diminue, le potentiel chimique de l'O<sub>2</sub> se voit divisé par 4 car la PO<sub>2</sub> alvéolaire se rapproche de celle du sang, le gradient de concentration est moins important. Un patient dont les poumons ne sont pas en bonne santé peut donc très mal supporter une ascension en altitude

## Echanges gazeux dans les alvéoles pulmonaires

### Applications en médecine

	Pressions partielles dans le sang artériel (kPa)	Coefficient de solubilité du gaz dans le sang à 37°C	Volume de gaz dissous dans 1 L de sang
oxygène	13,3	0,02	2,7 mL
gaz carbonique	5,3	0,52	27,6 mL

Débit cardiaque = 5 L/min

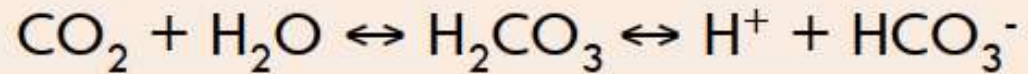
Consommation d'oxygène au repos = 250 ml/min       $\rightarrow 5 \times 2,7 = 13,5 \text{ mL/min}$  soit 5%

Production de gaz carbonique au repos = 200 ml/min       $\rightarrow 5 \times 27,6 = 138 \text{ mL/min}$  soit 69%

# Echanges gazeux dans les alvéoles pulmonaires

## Applications en médecine

- L'**hémoglobine** (protéine circulante dans le sang) va assurer le transport de **95 %** du dioxygène.
- L'élimination du **gaz carbonique** se fait grâce à un système enzymatique ubiquitaire = **l'anhydrase carbonique** (69%). Elle accélère la réaction d'hydratation du gaz carbonique.



Réaction d'hydratation  
accélérée par  
l'anhydrase carbonique

## L'effet Donnan+++

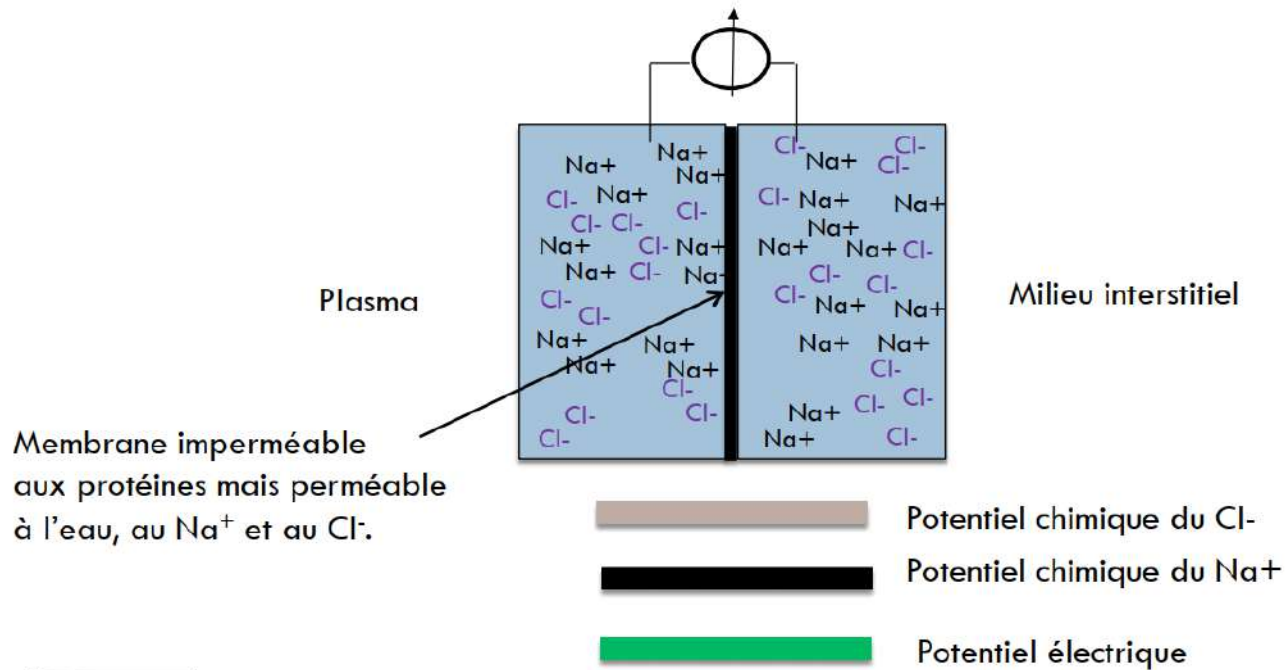
mmol/kg d'eau		Plasma	Liquide interstitiel
Cations	Na <sup>+</sup>	150	144
Anions	Cl <sup>-</sup>	109	114
	Protéines	1 (70 g/l)	0,25 (17 g/l)

Absence d'égalité de concentration en **protéines** mais aussi en **Na<sup>+</sup>** et en **Cl<sup>-</sup>**

- Mais le Na<sup>+</sup> et en Cl<sup>-</sup> sont des **osmoles auxquelles la membrane est perméable**, comment se fait-il alors qu'elles soient inégalement réparties ?

# L'effet Donnan+++

En l'absence de protéines : composition ionique identique



**Pas de potentiel chimique ni électrique pour le  $\text{Na}^+$  et le  $\text{Cl}^-$**

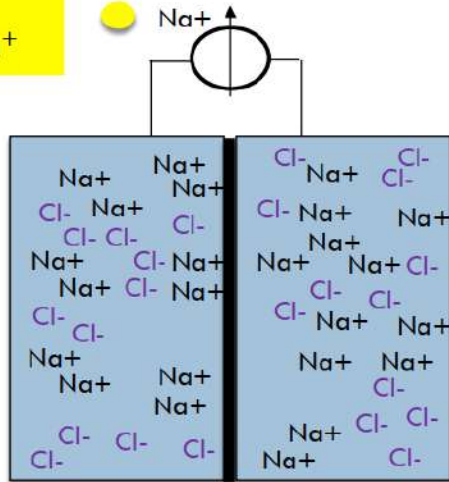
## L'effet Donnan+++

## Effets du protéinate de sodium

## Introduction de protéines négativement chargées associées à des ions $\text{Na}^+$

Protéines chargées  
négativement  
et associées à un cation  $\text{Na}^+$

● Na<sup>+</sup>  
● Na<sup>+</sup>  
● Na<sup>+</sup>



On ajoute ainsi des protéines et des  $\text{Na}^+$  ce qui va **créer un PC** pour celui-ci

Augmentation  
du potentiel  
chimique  
du sodium.

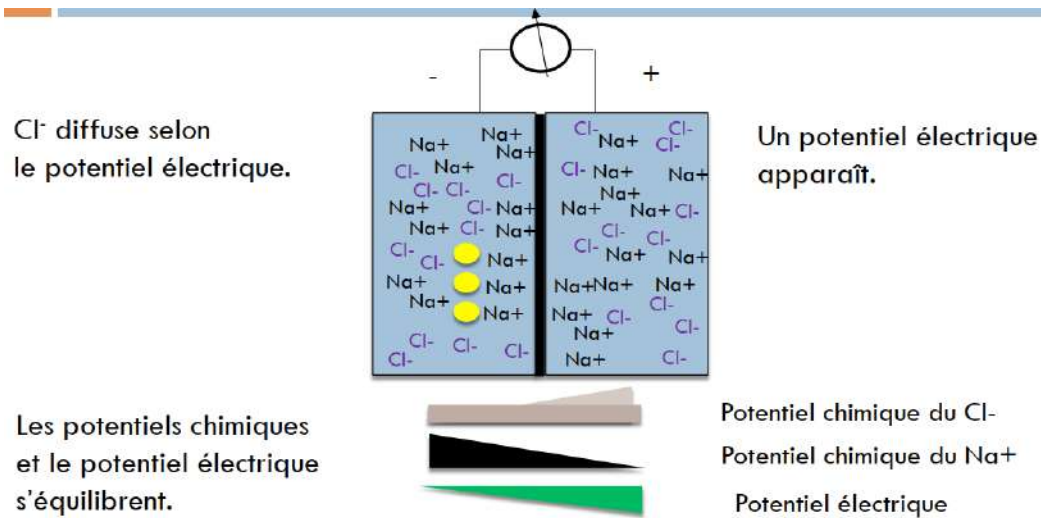
Potentiel chimique du  $\text{Cl}^-$   
 potentiel chimique du  $\text{Na}^+$   
 potentiel électrique



# L'effet Donnan+++

## Effets du protéinate de sodium

### Génération d'un potentiel électrique



Les protéines (chargées négativement) ne passent pas la membrane.

Le Cl<sup>-</sup> va alors fuir **selon son PE** et le Na<sup>+</sup> ne migrera que **partiellement** vers le LI

**++++Les solutions restent electroneutres mais asymétriques en charges.++++**  
**La différence de charges est perceptive seulement au niveau de la membrane capillaire et non à l'échelle de la solution**



## L'effet Donnan+++à retenir+++

L'effet Donnan se caractérise par :

- Une membrane sélective **imperméable** à des **molécules chargées non diffusibles** (protéines)
- Les concentrations des ions diffusibles se stabilisent lorsque **les PC et PE** s'équilibrent
- **Leur répartition est donc conditionnée à la fois par les PE et les PC**

## Migration de molécules électriquement chargées : analogie avec la loi de Fick :

$$J_E(x) = -u_m \frac{dV}{dx}$$

Potentiel électrique  
de la molécule

$x$  = distance entre 2 points

$J_E$  = flux par migration électrique (sur la distance  $x$ )

$u_m$  = coefficient de mobilité électrique dans le milieu

$dV$  = différence de charges électriques entre A et B

$dx$  = distance entre 2 points très voisins A et B

$dV/dx$  = gradient de charges entre A et B

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

JE se définit par le flux d'osmoles chargées qui **est proportionnel** à la **mobilité électrique** de la molécule et à la **différence de charges entre 2 points** A et B séparés par une distance  $x$

## Effet Donnan :

**Migration électrique** : propriété des molécules électriquement chargées de se déplacer selon la différence de potentiel électrique du milieu en allant vers les charges de signe opposé

**Coefficient de mobilité mécanique** : chaque molécule électriquement chargée possède un coefficient de mobilité mécanique qui caractérise sa facilité de déplacement dans la membrane.

### 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

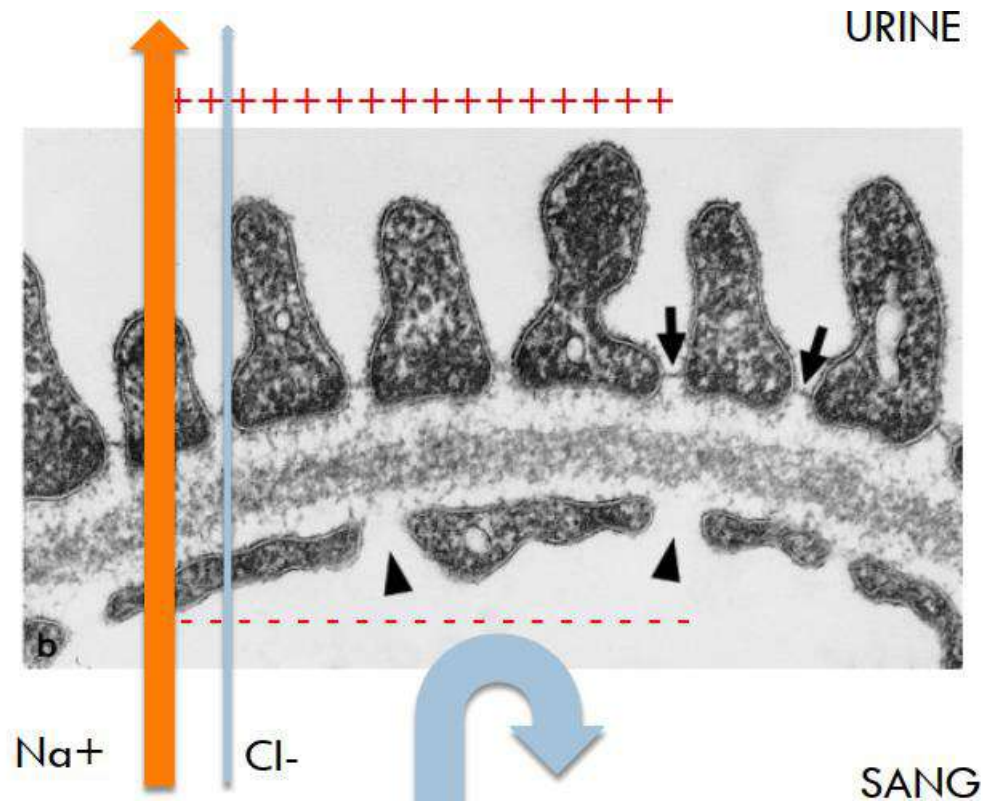
Cette différence électrique sur la membrane capillaire **est localisée** au niveau du feuillet +++(charges + côté interstitiel et charges – niveau plasmatique)

**Les solutions restent électroneutres.++**

## Conséquence de l'effet Donnan sur la composition du MEC

**Cette différence de composition en Na et Cl entre le plasma et le milieu interstitiel est expliquée par l'asymétrie de répartition des protéines et par l'imperméabilité de la membrane capillaire aux protéines.**

## Conséquences de la différence de mobilité mécanique des ions dans les capillaires glomérulaires :



### Système de protection glomérulaire :

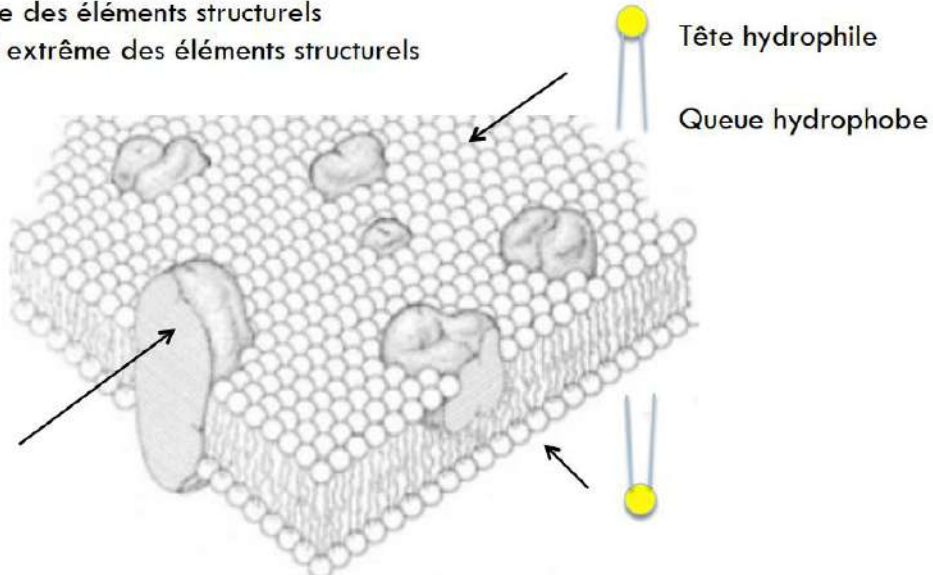
Le  $\text{Na}^+$  diffuse bien mieux que le  $\text{Cl}^-$  dans la membrane des capillaires glomérulaires. Le  $\text{Cl}^-$  va s'accumuler sur la membrane et empêcher les protéines d'aller **encrasser le glomérule rénal**.

# Membrane plasmique :

## **C'est un cristal liquide**

Cristal = cohérence des éléments structuraux

Liquide = mobilité extrême des éléments structuraux

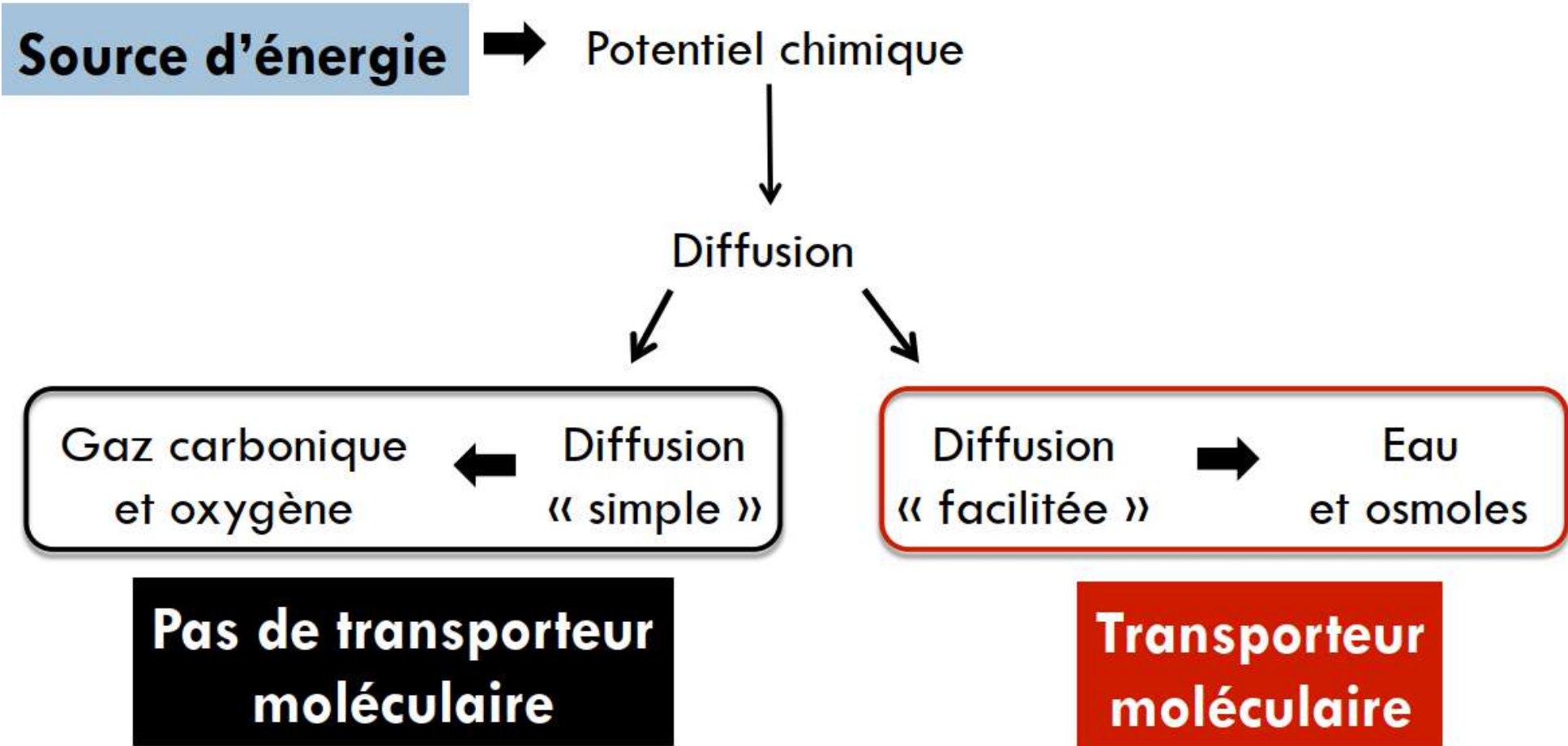


Protéine  
transmembranaire

## **La membrane PLASMIQUE :**

- ✓ Est une **bicouche lipidique**
- ✓ Est un **cristal liquide**
- ✓ **Sépare** le milieu cellulaire du MEC
- ✓ Comprend **des protéines**

## Membrane plasmique :





## L'équilibre osmotique de l'eau

- L'eau traverse les membranes à travers des pores qu'on appelle les aquaporines. Ces aquaporines sont ubiquitaires.
- 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 moins vers le secteur le plus concentré.
- La notion d'efficacité dépend des propriétés intrinsèques de la membrane plasmique.
- Cette diffusion de l'eau s'appelle **l'osmose**.

## L'équilibre osmotique de l'eau

mmol/l		Liquide cellulaire	Liquide interstitiel
<b>Osmolalité</b>	<b>mosmol/kg d'eau</b>	<b>298</b>	<b>298</b>
Cations	Na <sup>+</sup>	10	144
	K <sup>+</sup>	160	4
	Ca <sup>++</sup> ionisé	2	1,5
	Mg <sup>++</sup> ionisé	19	1
Anions	Cl <sup>-</sup>	6	114
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8	29
	Phosphates	87,5	1,25
	Protéines	3,5 (245 g/l)	0,25 (17 g/l)

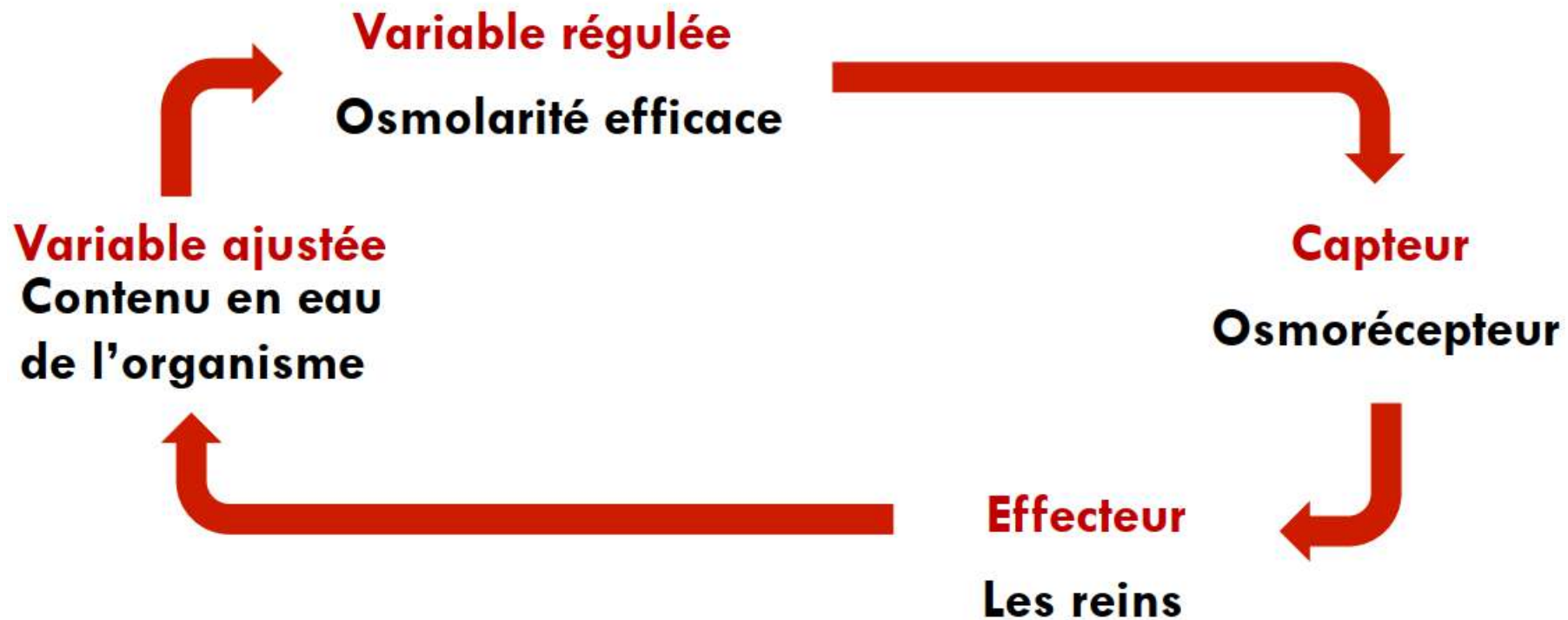
Malgré les différences de compositions osmolaires bien marquées, on remarque que **l'osmolalité est identique** dans le milieu cellulaire et le milieu extracellulaire. On dit qu'ils sont en **équilibre osmotique**.

**Petit spoil : on peut dire que les 2 compartiments sont iso-osmolaires. En revanche, ils ne sont pas iso-toniques.**

# Régulation

L'organisme a un contenu précis en eau. L'eau diffuse librement.

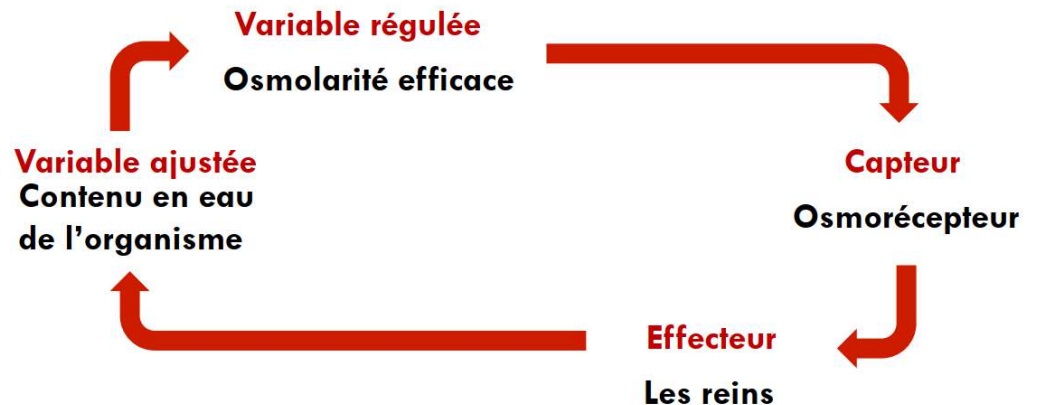
Il existe donc une **régulation**



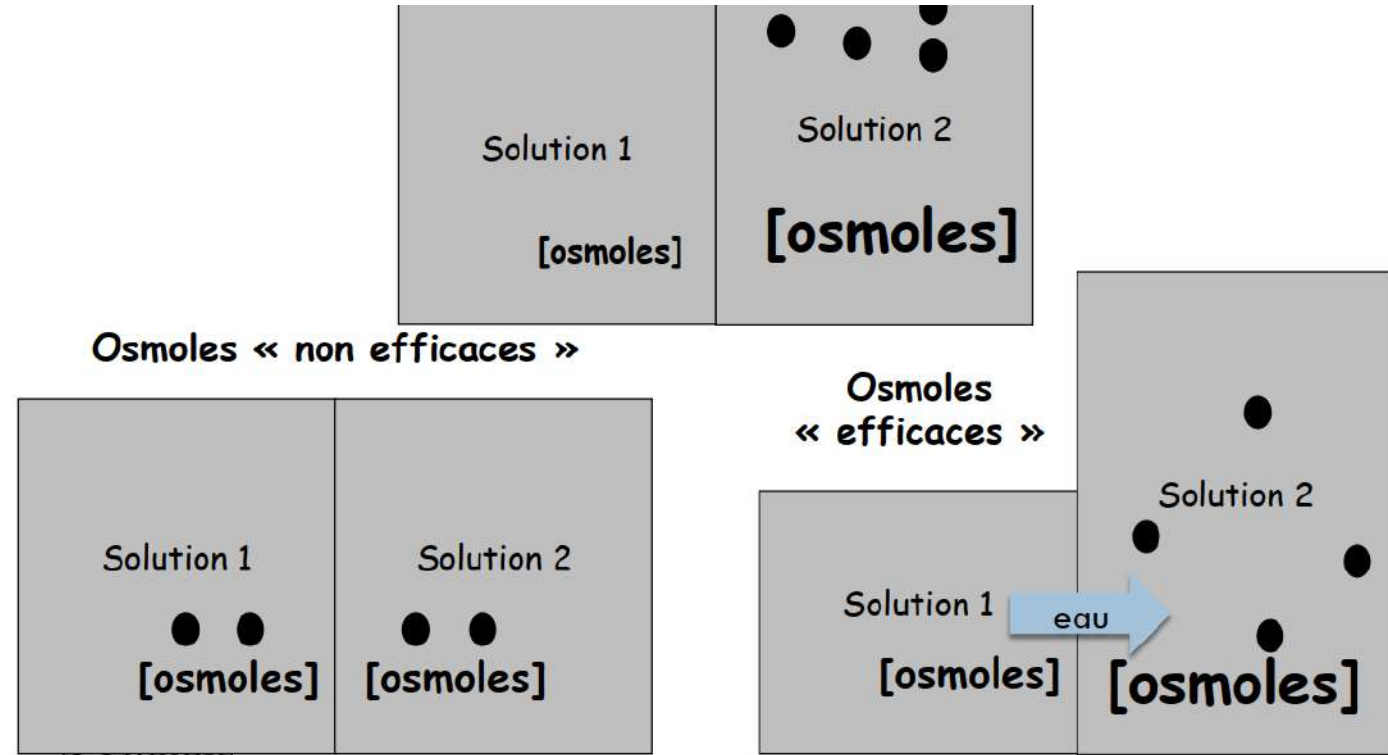
**L'osmolarité** efficace est la force qui attire l'eau d'un côté ou de l'autre des membranes cellulaires.

# Régulation : notion d'osmole efficace

Une osmole **efficace** induit des transferts d'eau et modifie donc le volume d'eau.  
**L'osmolarité efficace/tonicité** est la **force** qui attire l'eau d'un côté ou de l'autre des membranes **cellulaires**



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



# Régulation : qualités d'une osmole efficace

Une osmole **efficace** :

- est une osmole **incapable de traverser la membrane** ou qui se comporte comme si elle ne pouvait pas la traverser parce que sa répartition est contrôlée de manière **active** : **Na<sup>+</sup>** et **K<sup>+</sup>**
- Est une **osmole circulante** (il faut que les variations de concentration soient détectées par des osmorécepteurs qui se situent dans l'hypothalamus) : **Na<sup>+</sup>** et **K<sup>+</sup>**
- Est une osmole donc **la variation de concentration plasmatique est sans conséquence sur les principales fonctions cellulaires** : ceci est le cas **pour le Na<sup>+</sup> seulement**. En effet, le K<sup>+</sup> stabilise le potentiel de membrane

Le **SODIUM** est la **SEULE** osmole tonique dans l'organisme



**On s'accroche  
encore un peu  
avant la fin**

## Osmolalité et tonicité

$$\text{Osmolalité (mosmol/kg)} = \frac{[\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + [\text{Cl}^-] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{glucose}] + [\text{urée}] + \dots}{\text{masse d'eau}}$$

L'osmolalité, c'est **la somme des concentrations osmotiques rapportées au kilo d'eau.**

**≠**

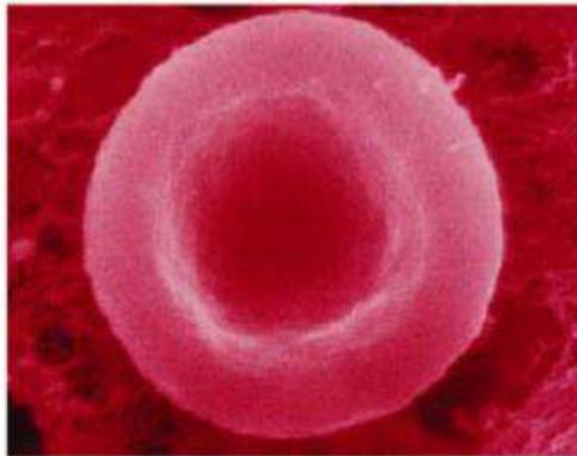
**La tonicité est une force qui attire l'eau d'un côté ou de l'autre de la membrane plasmique, dépendant de la concentration en osmoles efficaces (Na) et de la nature de la membrane**

# Tonicité et natrémie

$$\text{Natrémie normale} = [\text{Na}^+]_{\text{plasma}} = 140 \pm 5 \text{ mmol/L}$$

Natrémie = 140 mmol/L

Milieu  
ISOTONIQUE



Entrée = sortie d'eau

Natrémie > 145 mmol/L

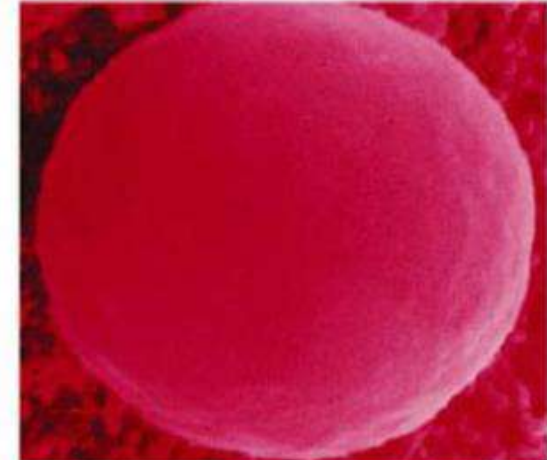
Milieu  
HYPERTONIQUE



Sortie > entrée d'eau

Natrémie < 135 mmol/L

Milieu  
HYPOTONIQUE



Entrée > sortie d'eau



# Osmorécepteurs

C'est un groupe de cellules situées dans l'hypothalamus.

Ce sont de neurones sujets aux mêmes variations de volume que toute autre cellule entourée de milieu interstitiel.

Les neurones sont capables de signaler leurs variations de volume qui dépendent des variations de tonicité du plasma.

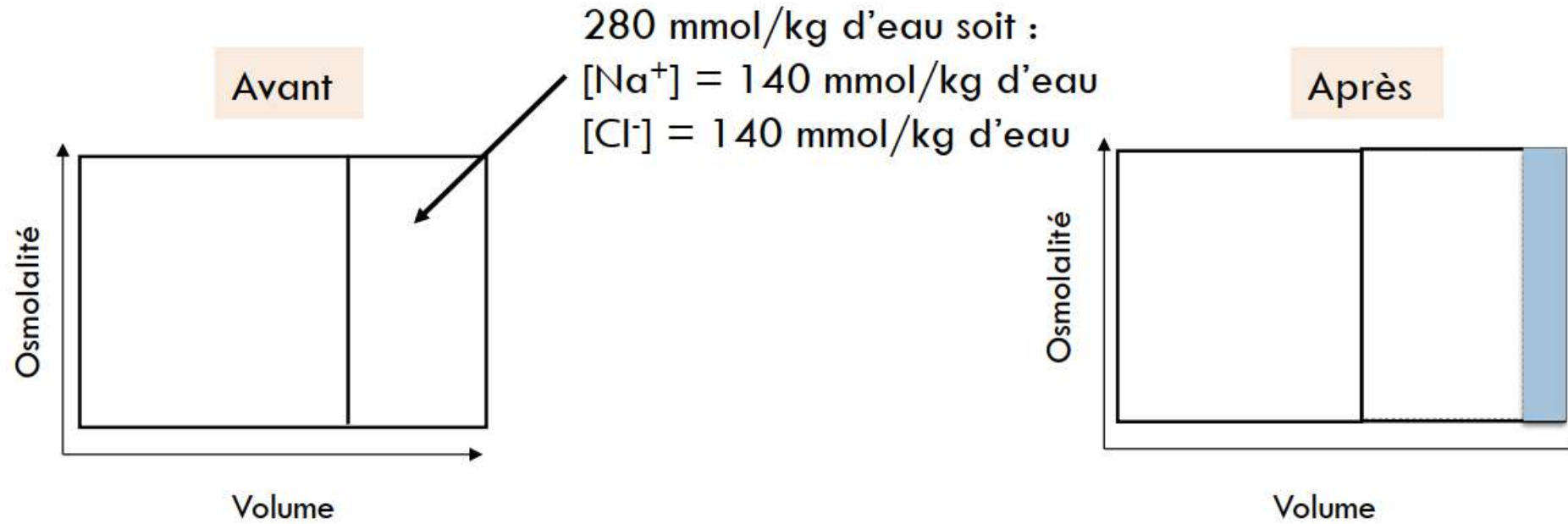
# Variation de la natrémie

## Variation de la natrémie = modification du volume cellulaire

- **Hypernatrémie** : Diminution du volume cellulaire (déshydratation cellulaire)
  - ✓ Variation de volume des osmorécepteurs
  - ✓ Les reins retiennent l'eau à partir de l'urine primitive
- **Hyponatrémie** : Augmentation du volume cellulaire
  - ✓ Variation de volume des osmorécepteurs
  - ✓ Les reins laissent partir l'eau dans l'urine primitive

# Perfusion de solutés : Perfusion d'une solution isotonique

Perfusion d'un litre d'une solution avec 8,2 g de NaCl/kg d'eau

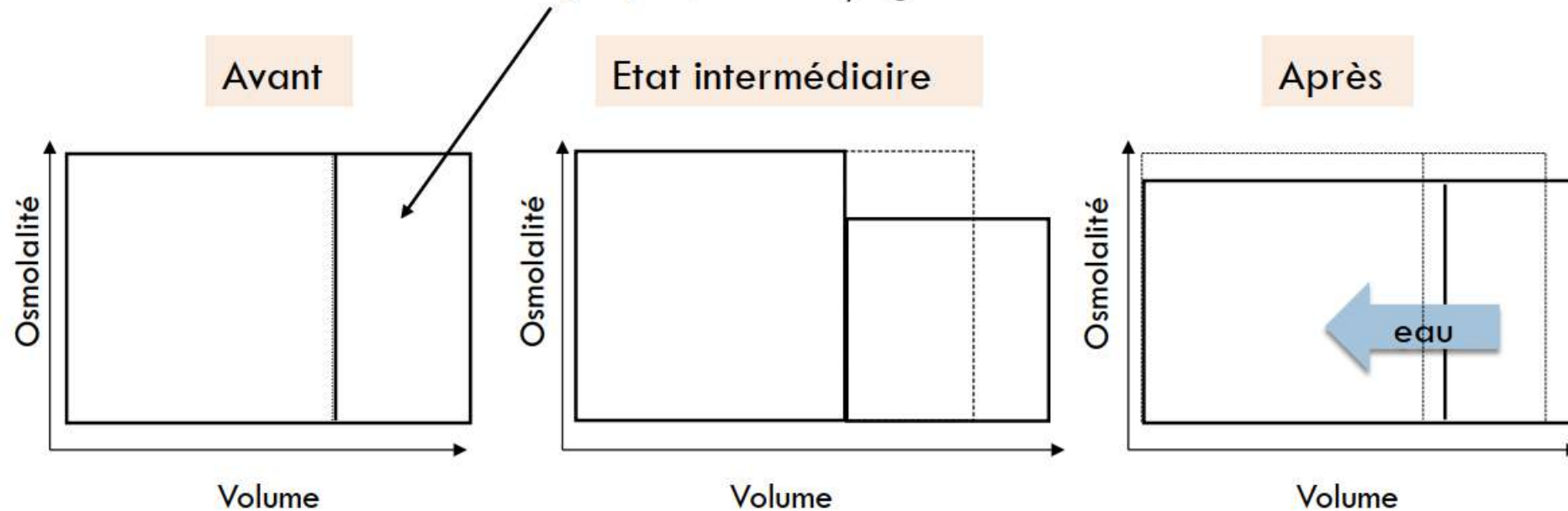


**Augmentation du volume extracellulaire sans modification de l'osmolalité.**

# Perfusion de solutés : Perfusion d'une solution hypotonique

Perfusion d'1 litre d'une solution avec 4,5 g de NaCl/kg d'eau

150 mmol/kg d'eau soit  
 $[\text{Na}^+] = 75 \text{ mmol/kg d'eau}$   
 $[\text{Cl}^-] = 75 \text{ mmol/kg d'eau}$



**Augmentation du volume extracellulaire et intracellulaire avec diminution de l'osmolalité globale.**

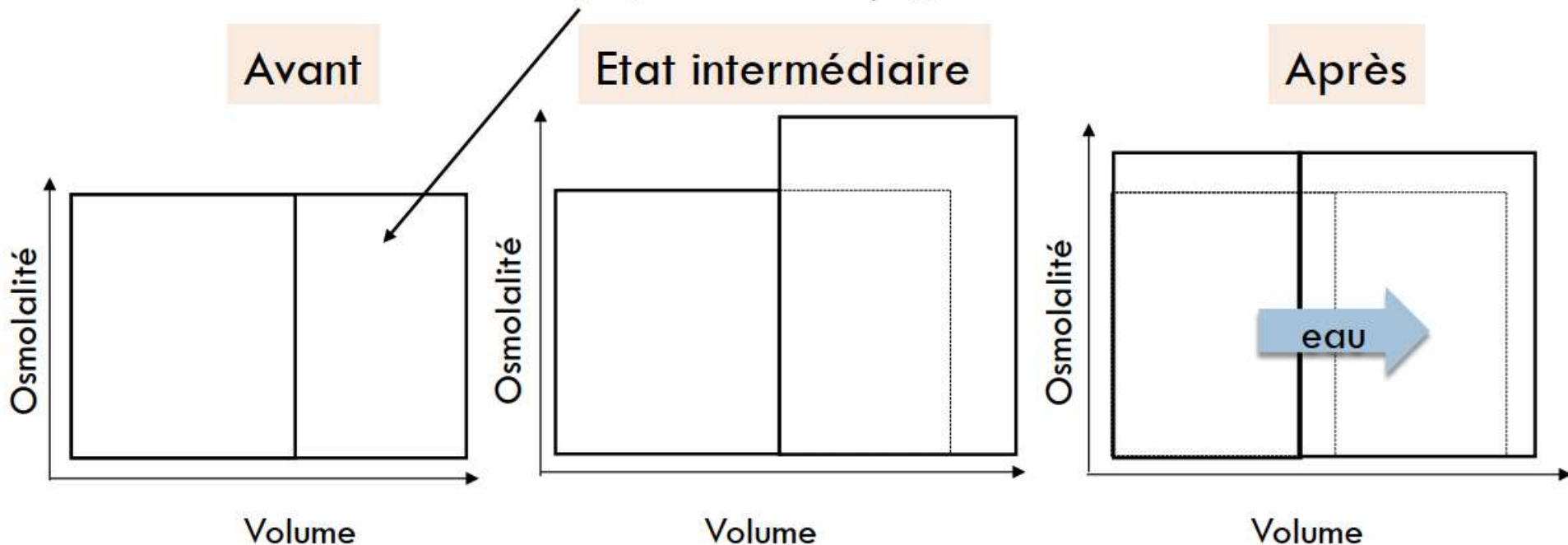
# Perfusion de solutés : Perfusion d'une solution hypertonique

Perfusion d'1 litre d'une solution avec 10 g de NaCl/kg d'eau

334 mmol/kg d'eau soit :

$[\text{Na}^+] = 167 \text{ mmol/kg d'eau}$

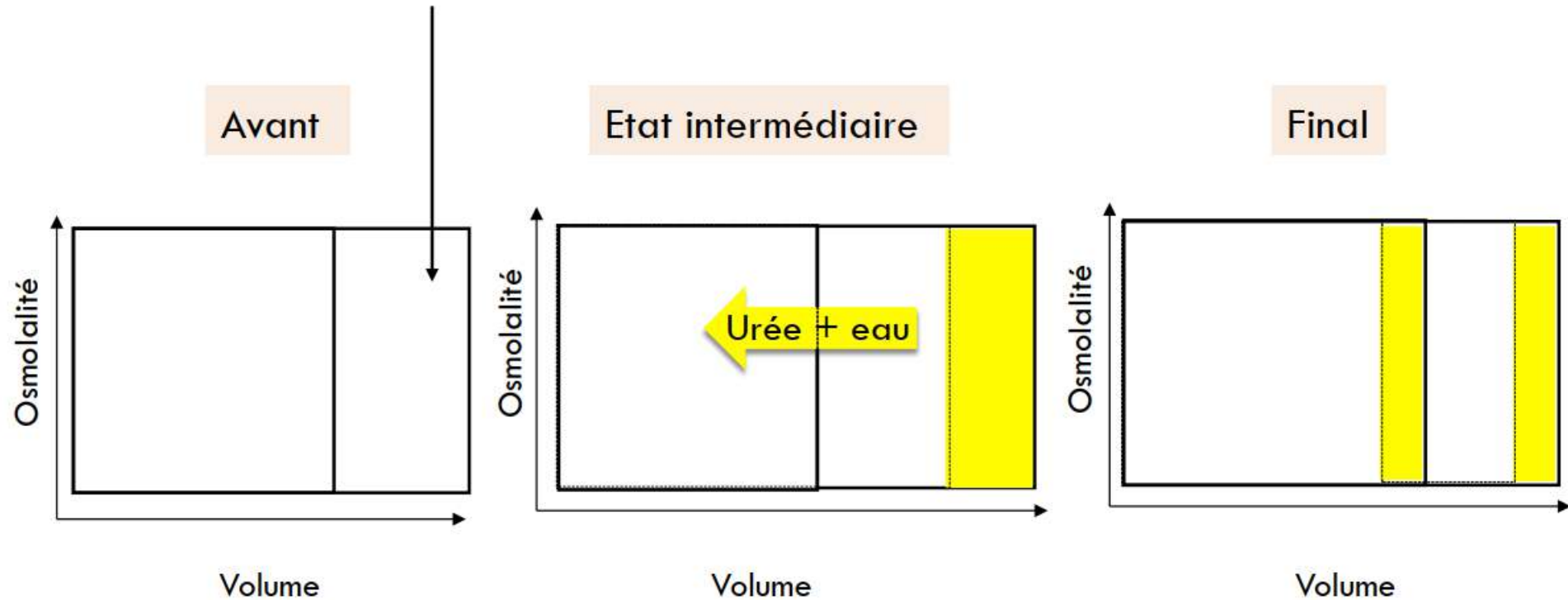
$[\text{Cl}^-] = 167 \text{ mmol/kg d'eau}$



**Augmentation du volume extracellulaire, diminution du VIC avec augmentation de l'osmolalité globale.**

## Perfusion de solutés : Perfusion d'une solution isoosmotique (urée)

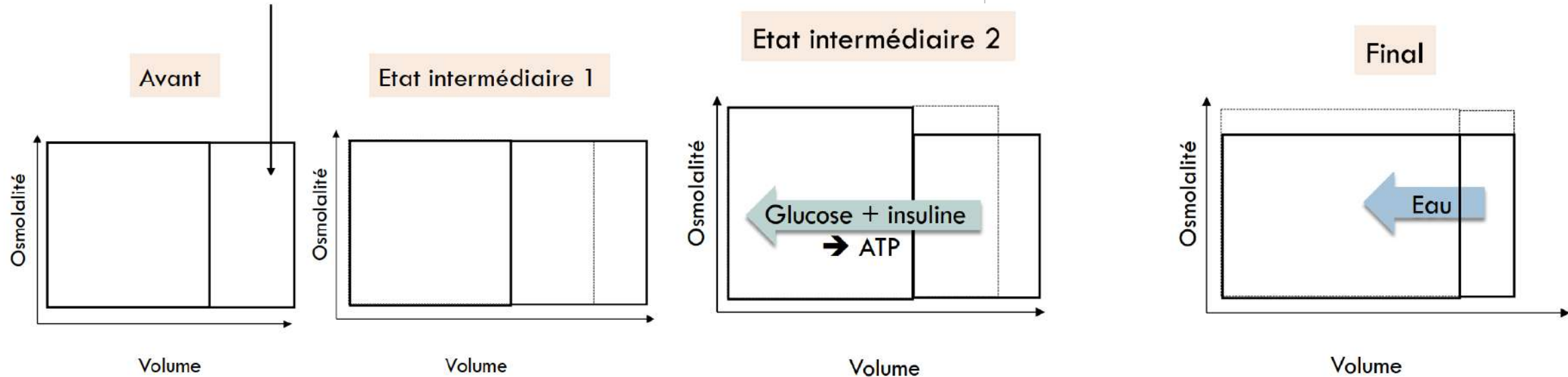
Perfusion d'un litre d'une solution avec 16,8 g d'urée/kg d'eau (280 mmol/kg d'eau)



**Augmentation du VEC, VIC, pas de modification de l'osmolalité**

# Perfusion de solutés : Perfusion d'une solution iso-osmotique (glucose)

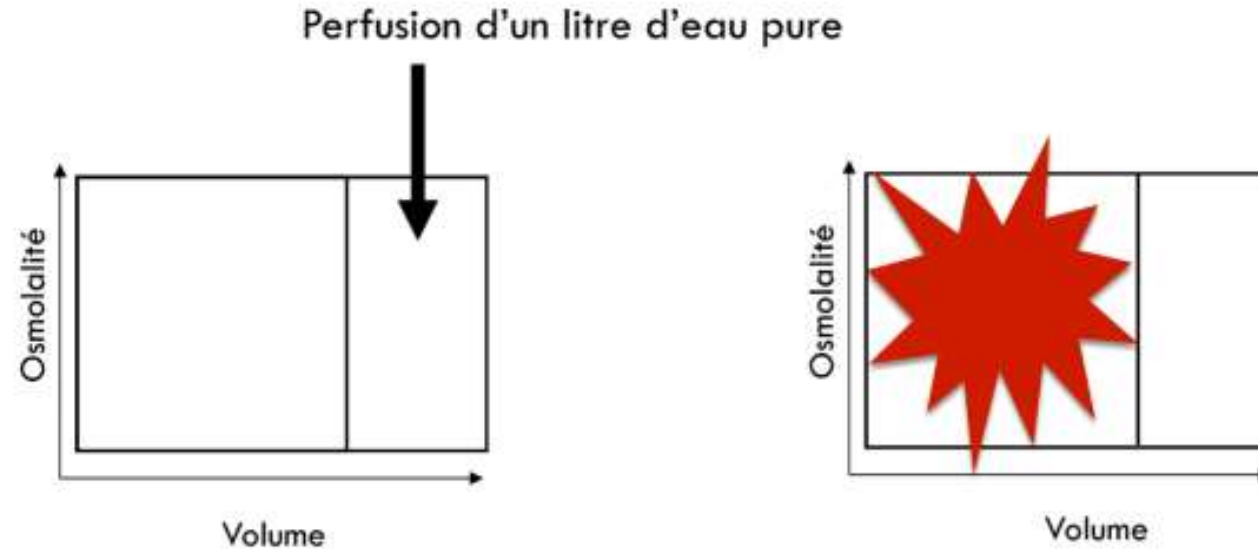
Perfusion d'un litre d'une solution avec 50 g de glucose/kg d'eau (292 mmol/kg d'eau)



**Cas plus complexe : au départ le VEC augmente, ensuite l'insuline permet de stocker le glucose dans la cellule. L'osmolalité extracellulaire diminue. On a donc un passage d'eau du MEC vers la cellule**



## Perfusion de solutés : Perfusion d'eau pure



Choc osmotique ou hémolyse dans le cas des globules rouges

Jamais de perfusion d'eau pure

L'eau pure étant très hypotonique, on va créer un énorme appel d'eau vers le globule rouge qui va causer la lyse de ce dernier : **l'hémolyse ou choc osmotique**

## Qcm d'application : Salle Socrative : Physio720

**QCM 1 : A propos des différentes osmoles du corps, donnez la ou les affirmation(s) correcte(s) :**

- A) Une osmole efficace repousse l'eau vers le compartiment opposé
- B) Dans le corps on trouve un grand nombre d'osmoles efficaces ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ....)
- C) Une osmole efficace ne traverse pas la membrane plasmique ou doit se comporter comme si elle ne pouvait pas la traverser.
- D) La variation d'osmolalité est perçue par les osmorécepteurs (neurones situés dans l'hypothalamus)
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses.

**Réponses C et D**

## Qcm d'application : Salle Socrative : Physio720

**QCM 2 (qcm largement inspiré d'un qcm du prof) :** Vous utilisez un rein artificiel composé d'une membrane imperméable aux protéines mais perméable aux osmoles pour séparer une solution isotonique au plasma et dépourvue de protéines en suspension (C1) du sang (C2). C1 et C2 sont soumis à la même pression hydrostatique.

**Plusieurs des phénomènes suivants se produisent. Lesquels ?**

- A) Passage d'eau et d'osmoles de C1 vers C2
- B) Passage d'eau et d'osmoles de C2 vers C1
- C) Passage d'osmoles seules de de C1 vers C2
- D) Ultrafiltration
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses.

**Réponses A et D**