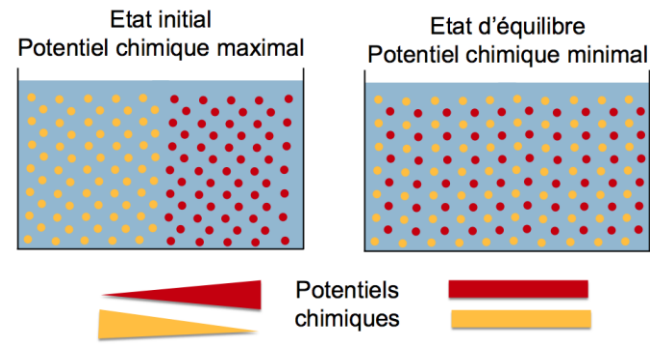


## I/ Potentiel chimique des molécules

**Potentiel chimique :** quantité de la molécule en un point, proportionnel à la concentration

- En solution :



- Dans un mélange gazeux :  
 $\text{Potentiel chimique} = P^{\circ} \text{ barométrique} \times \text{fraction molaire}$

## A) Diffusion

**Diffusion :** propriété des molécules en solution de se déplacer selon leur potentiel chimique.

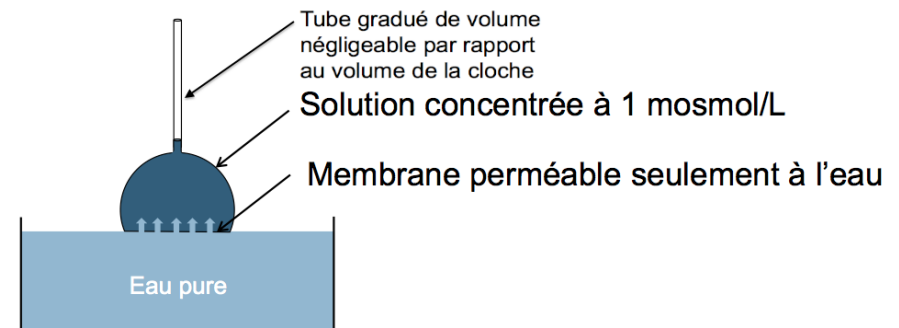
Un rassemblement de molécules en solution possède un potentiel de diffusion.

## B) Pression osmotique

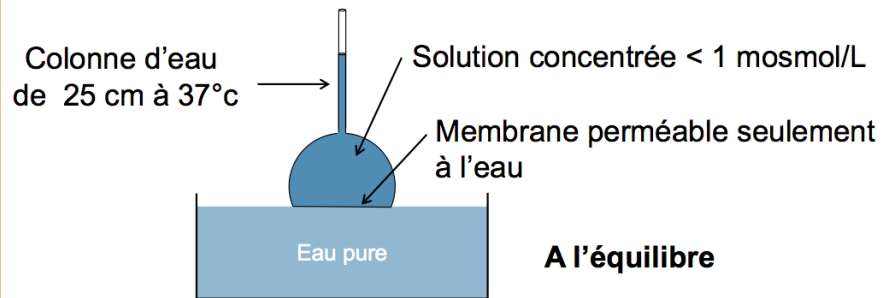
**Osmole :** molécule dissoute

**Pression osmotique :** pression exercée par les molécules dissoutes, proportionnelle à leur concentration  
Mesurable par la mise en contact de solution, de concentration différente par l'intermédiaire d'une membrane sélective

- Osmomètre de Dutrochet

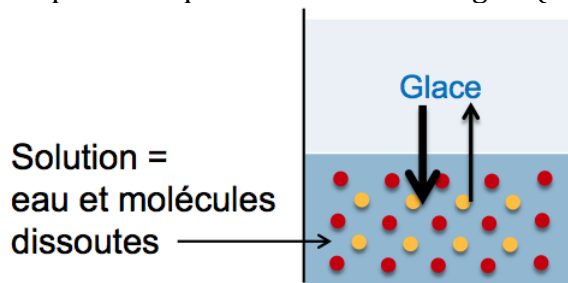


L'eau diffuse selon son propre potentiel chimique c'est-à-dire du secteur le plus concentré en eau au moins concentré.

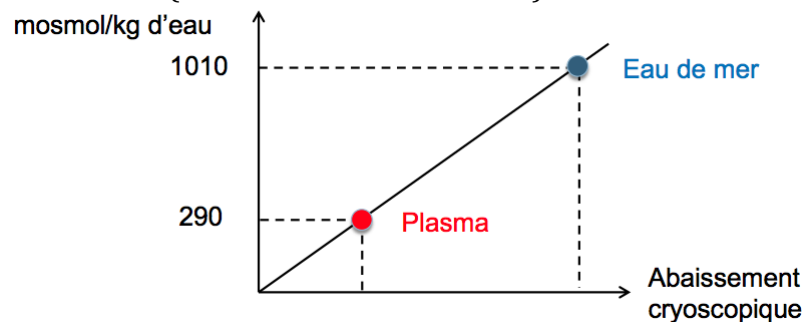


### C) Abaissement cryoscopique

À  $T=0^{\circ}\text{C}$  : la glace et l'eau liquide pure sont en équilibre. En revanche, s'il y a des molécules dissoutes dans l'eau (ex : eau de mer), la glace fond plus vite que la solution ne congèle (équilibre à  $T<0^{\circ}\text{C}$ ).



**Abaissement cryoscopique** : différence entre la température de congélation de l'eau pure et celle de la solution, proportionnel à l'osmolalité (concentration de l'osmole)



### D) Mesure de l'osmolalité

2 méthodes :

- mesure de la pression osmotique
- mesure de l'abaissement cryoscopique

Mais en pratique, on n'utilise que l'abaissement cryoscopique.

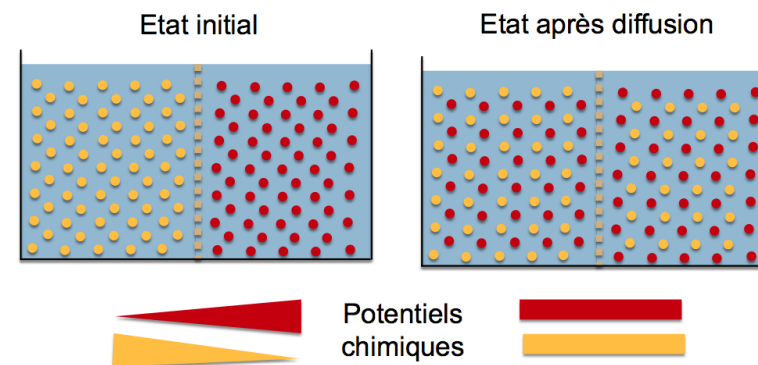
Pourquoi n'utilise-t-on pas l'osmomètre de Dutrochet ?

Il n'existe pas de membrane perméable seulement à l'eau

Pour 1 mosmol/L, il faut une colonne d'eau de 25 cm donc pour une concentration de 300 mosmol/L (plasma), il faudrait une colonne d'eau de 75m.

## II/ Séparation de molécules à travers une membrane (dialyse)

### A) Diffusion

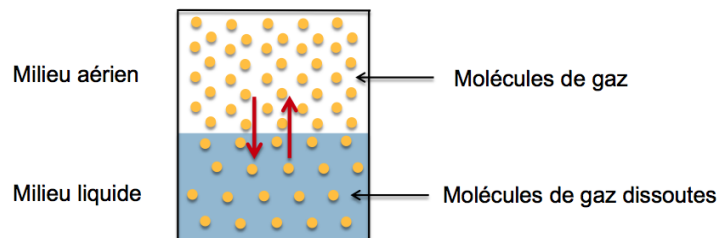


**Coefficient de mobilité mécanique dans une membrane :** chaque molécule dissoute possède un coefficient de mobilité mécanique qui détermine sa facilité de déplacement à travers la membrane

La mobilité des osmoles électriquement chargés est responsable des potentiels électriques transmembranaires

Interface air-sang :

Potentiel chimique d'un gaz dissous =  $P^o$  partielle x coefficient de solubilité



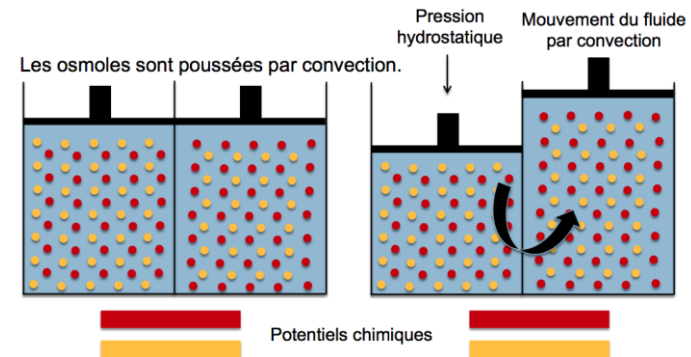
## B) Convection

**Convection :** propriété des molécules de se déplacer selon la pression hydrostatique qu'elles subissent

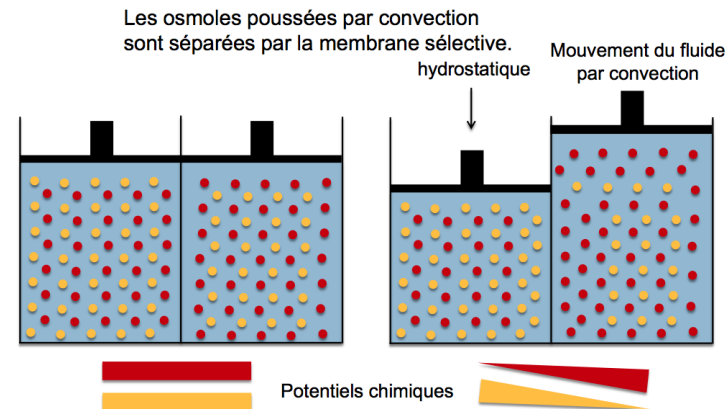
**Pression hydrostatique :** résultante de la pression atmosphérique et de la pression de certains muscles (cœur + muscles de la paroi thoracique)

La pression hydrostatique mobilise le sang et l'air pulmonaire.

➤ Membrane non sélective :



➤ Membrane sélective :



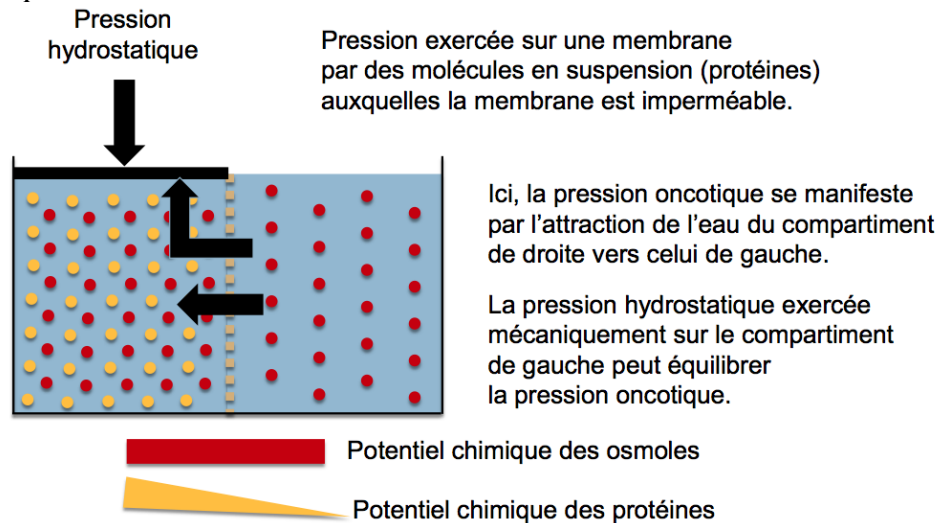
## C) Pression oncotique

**Pression oncotique :** pression exercée sur une membrane par des molécules en suspension (protéines) auxquelles la membrane est imperméable, proportionnelle à la concentration de ces molécules

Mesurable par l'augmentation de la diffusion de la lumière et dosée par des procédés optiques.

Pas de conséquence sur l'abaissement cryoscopique.

Cette pression est importante dans les échanges entre le plasma et le liquide interstitiel.



## D) Filtration et ultrafiltration

**Filtration :** passage d'eau et de molécules en solution à travers une membrane non sélective

**Ultrafiltration :** passage d'eau et de molécules en solution à travers une membrane sélective

Les forces motrices sont les pressions hydrostatique, osmotique et oncotique.

Bobo10

## III/ Membrane des capillaires sanguins

### A) Relation de Starling : modélisation d'ultrafiltration

Capillaires sanguins : perméables à l'eau et aux osmoles, imperméables aux protéines.  $P^o$  hydrostatique positive et forte  $P^o$  oncotique

Interstitium :  $P^o$  hydrostatique légèrement négative et faible  $P^o$  oncotique

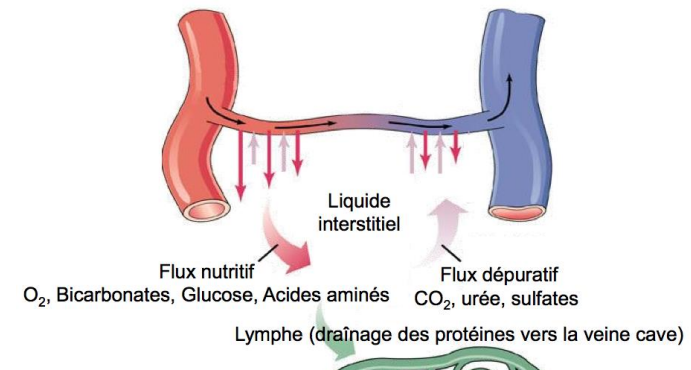
Gradient de pression hydrostatique

Gradient de pression oncotique

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

Avec c : capillaire, i : interstitium, P :  $P^o$  hydrostatique,  $\pi$  :  $P^o$  oncotique

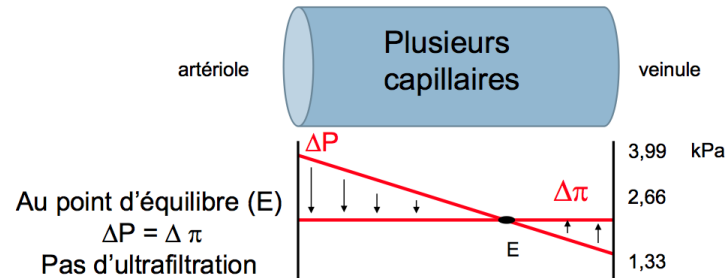
➤ Capillaire standard



Lymphes : réseau de suppléance de captation des protéines car leur membrane est perméable aux protéines

$\Delta P$  = différence de pression hydrostatique

$\Delta \pi$  = différence de pression oncotique



P° hydrostatique :  $\Delta P$  diminue car la force de poussée du cœur diminue

P° oncotique :  $\Delta \pi$  reste stable car la concentration en protéines est la même dans tous les capillaires standards

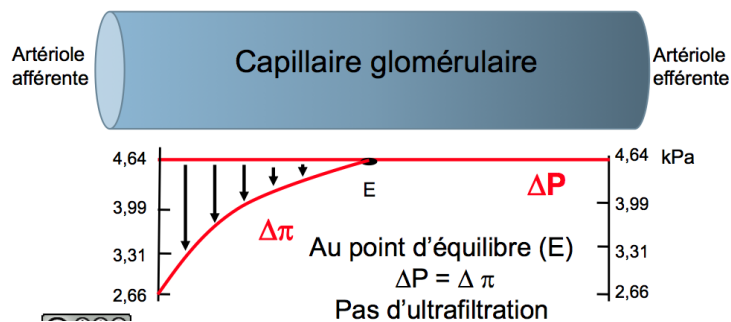
Milieu artériel :  $\Delta P > \Delta \pi \rightarrow$  ultrafiltration vers le milieu interstitiel

Milieu veineux :  $\Delta \pi > \Delta P \rightarrow$  réabsorption de liquide de l'interstitium vers les capillaires

➤ Capillaire rénal : entre 2 artérioles

$\Delta P$  = différence de pression hydrostatique

$\Delta \pi$  = différence de pression oncotique



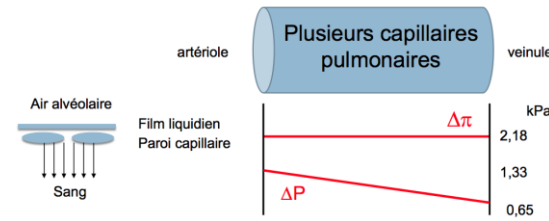
P° hydrostatique :  $\Delta P$  ne change pas puisqu'on reste dans le secteur artériel

P° oncotique :  $\Delta \pi$  augmente jusqu'à un point d'équilibre car on filtre le liquide donc les protéines se concentrent

➤ Capillaire alvéolaire pulmonaire

$\Delta P$  = différence de pression hydrostatique

$\Delta \pi$  = différence de pression oncotique



P° hydrostatique :  $\Delta P < \Delta \pi \rightarrow$  pas de filtration vers l'extérieur mais toujours une réabsorption entraînant une tendance du film alvéolo-capillaire à venir vers le plasma

P° oncotique :  $\Delta \pi$  reste stable (concentration protéique du plasma)

### Applications en médecine :

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

avec K : coefficient de perméabilité hydraulique et  $\sigma$  : coefficient de réflexion protéique

Augmentation du gradient de  $\Delta P$  : Insuffisance cardiaque

Diminution de  $\Delta \pi$  (perte d'albumine) : Cirrhose, syndrome néphrotique

Augmentation de K : syndrome Néphrotique

Diminution de  $\sigma$  : Infection sévère, inflammation

### B) Épanchement et œdème

**Œdème :** accumulation de liquide extra-cellulaire dans le tissu sous cutané (signe du godet) ou dans les alvéoles pulmonaires (dyspnées et expectorations mousseuses)

**Épanchement :** accumulation de liquide extra-cellulaire dans les cavités virtuelles

Plèvre → pleurésie (matité à la percussion du thorax)

Péricarde → péricardite (frottements à l'auscultation)

Péritoine → ascite (propagation des vibrations déclenchées)

### Insuffisance cardiaque :

Le cœur gauche n'arrive plus à pomper → accumulation de liquide en amont → augmentation  $\Delta P$  qui devient  $> \Delta \pi$  → ultrafiltration vers l'extérieur → œdème pulmonaire

### Rôle du réseau lymphatique :

Si  $\Delta P$  augmente à partir d'un certain seuil, on a une augmentation brutale du débit du réseau lymphatique (stabilisation) puis quand ce système est dépassé on a un œdème.

## C) Diffusion des gaz entre l'air et le sang

Le flux de gaz entre l'air et le sang est égal à :

$$\text{Flux} = \frac{\text{surface d'échange} \times \text{coeff de solubilité} \times \Delta \text{pression partielle}}{\text{Epaisseur}}$$

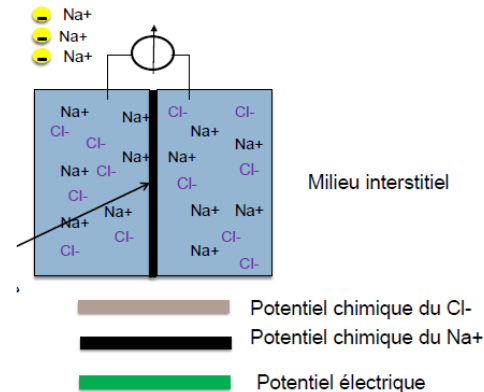
### Applications :

Augmentation de l'épaisseur de la membrane alvéolo-capillaire (ex : œdème pulmonaire) : dyspnée (baisse du flux, moins d'O<sub>2</sub> se fixe à l'hémoglobine)

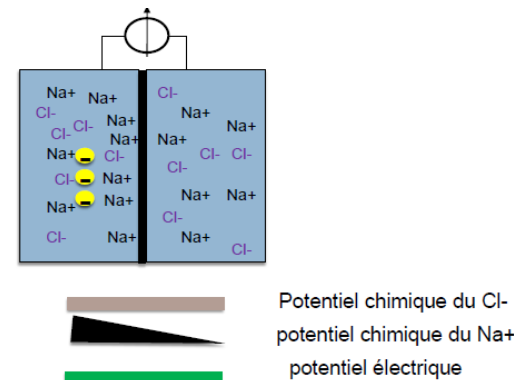
Diminution de la différence de pression partielle entre le sang et l'alvéole en altitude : dyspnée

## D) Effet Donan

Il y a une asymétrie de composition en protéines (chargées -) entre le plasma et le liquide interstitiel. Le plasma contient plus de protéines donc on a une charge légèrement supérieure dans le liquide interstitiel.



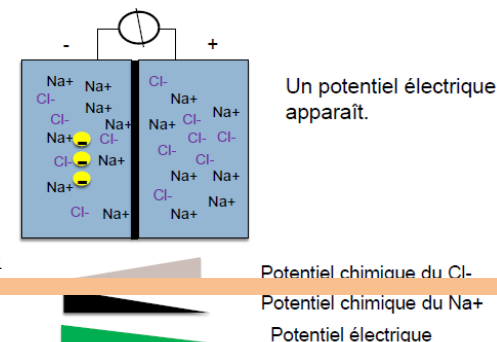
Etat normal : 2 compartiments séparés par une membrane sélective (capillaire) perméable à l'eau, au Na<sup>+</sup> et au Cl<sup>-</sup> mais imperméable aux protéines. Pas de différence de potentiel électrique car égalité des potentiels chimiques



Introduction de protéines (chargées -) associées à du Na<sup>+</sup>

Dissociation partielle entre les protéines et Na<sup>+</sup>

Na<sup>+</sup> diffuse selon son potentiel chimique



Cl<sup>-</sup> diffuse alors selon son potentiel électrique  
Les charges positives passent de gauche à droite donc le potentiel membranaire du côté gauche est rendu négatif.

Le chlore fuit le côté gauche et s'accumule du côté droit, selon un potentiel électrique, et engendre un potentiel chimique pour le chlore.

Mais globalement on reste neutre car on a autant de  $\text{Na}^+$  que de  $\text{Cl}^-$  !

L'effet Donan explique la différence de composition en  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  entre le plasma et le liquide interstitiel par l'asymétrie de répartition des protéines et par l'imperméabilité de la membrane aux protéines. Cette asymétrie de répartition ionique n'est pas liée à la perméabilité membranaire ionique sélective.

## IV. Membrane plasmique

Membrane = bicouche lipidique

2 types de diffusion à travers la membrane :

- diffusion simple (sans transporteur moléculaire, pour l' $\text{O}_2$ , le  $\text{CO}_2$ )
- facilitée (avec des transporteurs membranaires, pour l'eau et les osmoles)

### A/ Equilibre osmotique de l'eau

L'eau traverse la membrane grâce à des aquaporines.

**Osmose :** diffusion de l'eau du compartiment le moins concentré au plus concentré en osmoles.

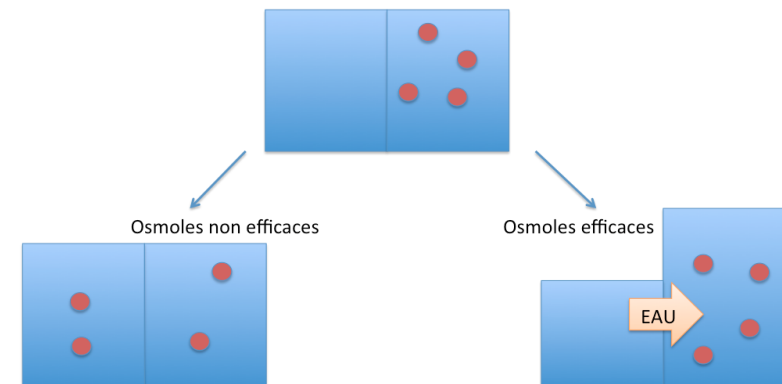
Le milieu cellulaire est en équilibre osmotique avec le milieu extracellulaire.

Il n'y a pas la même composition de part et d'autre de la membrane cellulaire mais il y a la même osmolalité.

### B) Osmole efficace

**Osmolarité efficace (=tonicité) :** force qui attire l'eau d'un côté ou de l'autre de la membrane cellulaire

Une osmole efficace entraîne des transferts d'eau et modifie le volume des cellules.



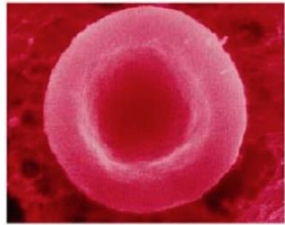
Une osmole efficace doit :

- être incapable de traverser la membrane (ou agir comme si elle ne pouvait pas)
- être circulante
- ne pas avoir de conséquence sur les principales fonctions cellulaires si sa concentration plasmatique varie

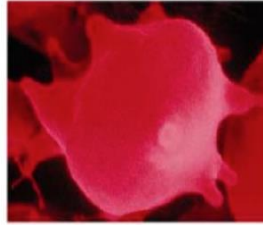
→ Le sodium est la seule osmole efficace de l'organisme.

L'osmolarité est la somme des fractions molaires d'une solution

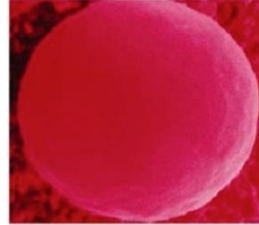
L'isotonicité est définie par rapport à la natrémie normale.



Entrée = sortie d'eau  
Milieu ISOTONIQUE



Entrée < sortie d'eau  
Milieu HYPERTONIQUE



Entrée > sortie d'eau  
Milieu HYPOTONIQUE

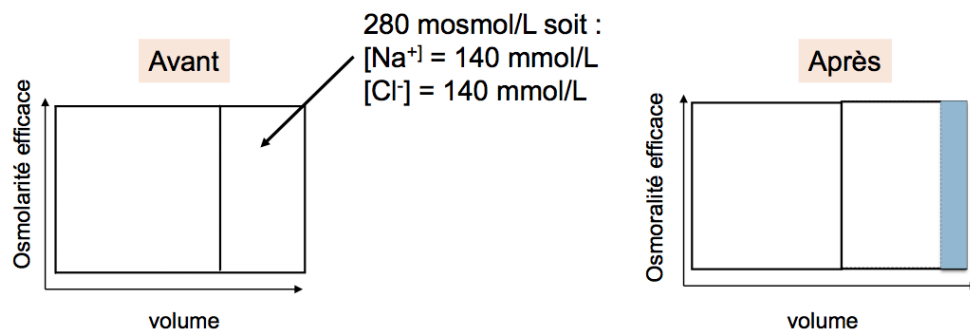
Variation de la natrémie → modification du volume cellulaire

Hypernatrémie → baisse du volume cellulaire

Hyponatrémie → augmentation du volume cellulaire

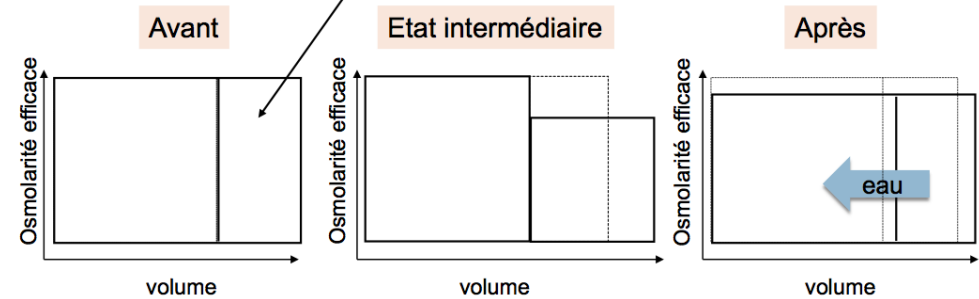
### C) Perfusion de soluté

- Perfusion d'une solution isotonique :



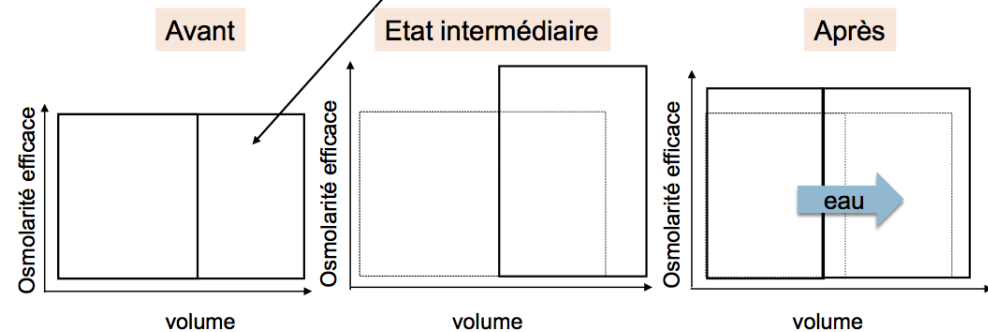
- Perfusion d'une solution hypotonique :

150 mosmol/L soit  
[Na<sup>+</sup>] = 75 mmol/L  
[Cl<sup>-</sup>] = 75 mmol/L

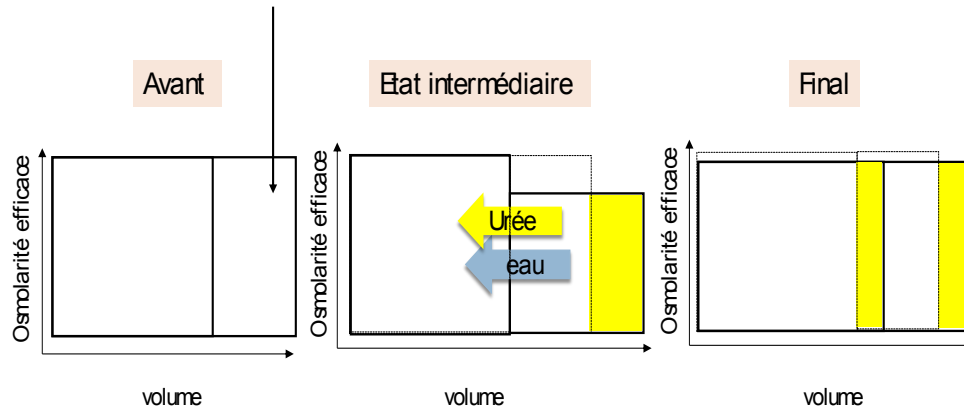


- Perfusion d'une solution hypertonique :

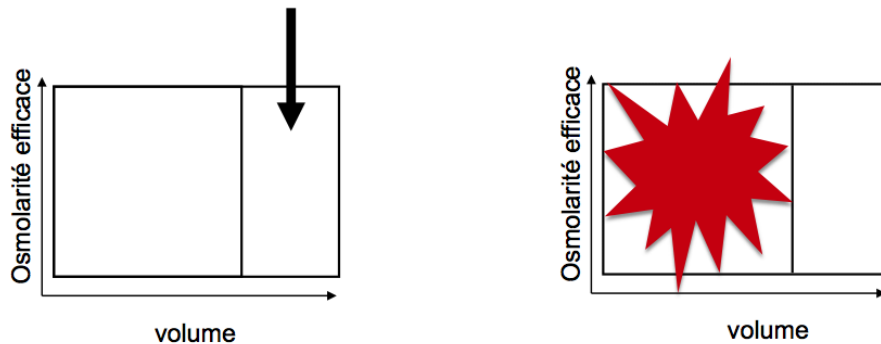
334 mosmol/L soit :  
[Na<sup>+</sup>] = 167 mmol/L  
[Cl<sup>-</sup>] = 167 mmol/L



## ➤ Perfusion d'une solution iso-osmotique :

Perfusion d'un litre d'eau avec 16,8 g d'urée  $\Rightarrow$  280 mosmol/ L

## ➤ Perfusion d'eau pure :

**Choc osmotique ou hémolyse dans le cas des globules rouges****Jamais de perfusion d'eau pure**