

## Potentiel chimique, diffusion et convection

### 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) :

- 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 (valable 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 du gradient de concentration qui est orienté par convention du – vers le +

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

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

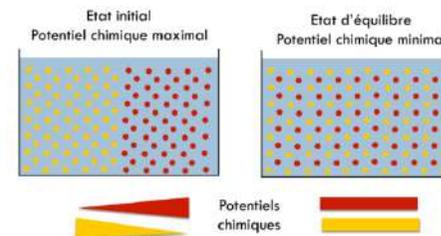
dx = distance entre 2 points très voisins A et B

dc/dx = gradient de concentration entre A et B

Potentiel chimique de la molécule

### Potentiel chimique en solution

Le **PC** est représenté sous la forme d'un triangle avec une base large (fort potentiel) et un sommet (faible potentiel)



**Etat fictif initial** : le PC pour les osmoles rouges est fort à droite et pour les jaunes fort à gauche

**Etat final** : état d'équilibre où les PC sont nuls : les molécules se sont distribuées de façon homogène dans le milieu

## Pression osmotique

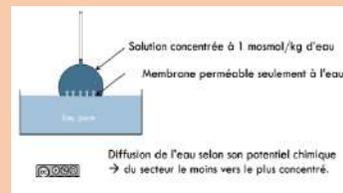
- ✓ Une molécule en **solution** s'appelle une **osmole**.
- ✓ TOUTE molécule **en solution** (y compris les molécules d'eau) exerce une pression **proportionnelle** à sa concentration. Cette pression s'appelle la **pression osmotique**.
- ✓ Elle est mesurable par la mise en contact de solutions de concentrations **différentes** par l'intermédiaire d'une membrane **sélective+++**

### Mise en évidence par l'osmomètre de Dutrochet

Appareil historique avec une cloche et une pipette séparées par une **membrane perméable seulement à l'eau++**. A l'intérieur de la cloche, on met une solution **concentrée** à 1 mosmol/kg d'eau.

En posant la cloche sur un bac d'eau pure, l'eau va avoir tendance à monter, la nature de la membrane détermine le fait que **seuls les mouvements ascendants de l'eau seront possibles** et le fait que le **passage d'osmoles vers le bas est impossible**.

Donc cette diffusion de l'eau se fait **vers le secteur le – vers le + concentré** et la colonne de liquide augmente jusqu'à une certaine hauteur, c'est la pression osmotique.



## 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 suspension ou en solution ? +++

Molécules en SOLUTION	Molécules en SUSPENSION
-Molécules <b>incapables</b> de <b>sédimer</b> sous l'effet de la gravité (centrifugation).	Molécules <b>capables</b> de <b>sédimer</b> après centrifugation.
-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.	-Elles <b>ne modifient PAS la température de congélation de l'eau</b> .
- Exemple : toutes les <b>osmoles</b>	- Elles augmentent <b>la diffusion de la lumière</b> et sont dosées par des <b>propriétés optiques</b> .
	- Exemple : protéines, complexes protéiques (lipoprotéines)

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

## L'abaissement cryoscopique

- Est un phénomène **physique**
- Correspond à la **différence entre la température de congélation de l'eau pure et celle d'une solution**
- Est **proportionnel** à l'**osmolalité** de la solution par une relation **linéaire**
- 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 :

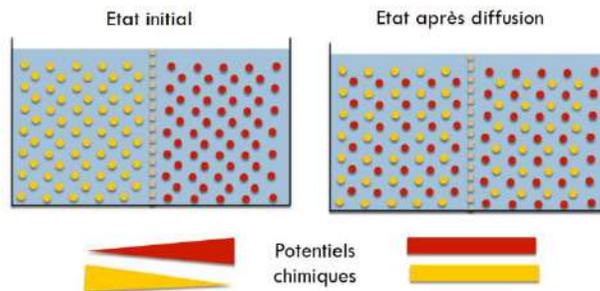
- Mesurer la **pression osmotique** (Osmomètre de Dutrochet)
- Mesurer l'**abaissement cryoscopique** : **c'est la technique utilisée**

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**.

## Diffusion à travers une membrane

Si la membrane est **perméable 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

La capacité des molécules à passer de l'air 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

## Convection : mouvement de fluide ET de molécules dissoutes (osmoles)

$$\text{Débit}(x) = -L_H \frac{dp}{dx}$$

$x$  = 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 +).

**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**.

**Diffusion ≠ convection** mais elles collaborent et sont **complémentaires**.

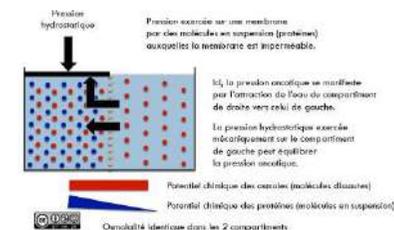
Dans la convection on fait intervenir la pression **HYDROSTATIQUE** alors que la diffusion est provoquée par la pression **OSMOTIQUE**.

Par ailleurs, les 2 relations (formules) se ressemblent (**analogie avec la loi de Fick**)

Convection à travers une membrane NON sélective	
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Le PC est <b>harmonieux</b> dans toute la solution</li> <li>2. On exerce sur le compartiment de gauche <b>une pression hydrostatique (piston)</b>, comme la membrane n'est pas sélective, on <b>ne modifie pas la composition osmolaire des solutions.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Le <b>PC est inchangé</b></li> </ul> </li> </ol>
Convection à travers une membrane SELECTIVE	
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Absence de PC</li> <li>2. On exerce une <b>pression du côté gauche</b> et par <b>convection</b> on fait monter le couvercle de droite, mais comme les molécules jaunes passent moins que les rouges, elle s'accumule à gauche et <b>on a ainsi un fort PC jaune à gauche</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ <b>Donc selon la nature de la membrane et les forces de pression hydrostatique, on a des situations d'équilibre différentes.</b></li> </ul> </li> </ol>
Convection à travers une membrane SELECTIVE	
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En partant de la situation précédente, on observe ce qu'il se passe si on laisse le système reposer comme ça             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ <b>Si la membrane est quand même légèrement perméable aux molécules jaunes, tous les potentiels vont disparaître à l'équilibre</b></li> <li>➢ <b>Si la membrane n'est pas du tout perméable aux jaunes, on va maintenir PC élevé à gauche pour les osmoles jaunes.</b></li> </ul> </li> </ol>

## Pression oncotique

Ici on a rajouté des **protéines** dans le compartiment de gauche, on observe alors que la **pression oncotique** exercée par ces dernières va **attirer** l'eau vers le compartiment de gauche pour venir diluer les protéines.



## 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 :

**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

Le plasma est en équilibre avec le milieu interstitiel.

La pression **oncotique** permet de pomper le LEC vers les capillaires

(concentration en protéines plus importante dans les vaisseaux)

La pression **hydrostatique** permet un flux vers le LEC

On a donc un rapport de forces entre les pressions oncotique et hydrostatique.

## 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

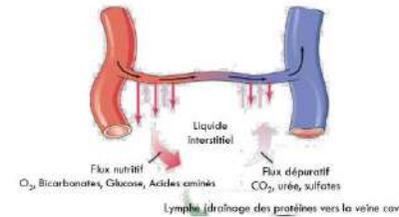
c = capillaire  
i = interstitiel  
P = pression hydrostatique  
π = pression oncotique

Gradient de pression hydrostatique      Gradient de pression oncotique

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

La pression osmotique n'intervient pas ici +++

La relation de Starling postule que le **débit d'ultrafiltration** est **proportionnel** à la différence entre le gradient de pression hydrostatique et le gradient de pression oncotique.



On a un capillaire avec à gauche une artère et à droite une veine.

La pression sanguine est forte dans l'artère et lorsque le sang est au **pôle artériel** du capillaire on a un **flux nutritif** (vers le MI)

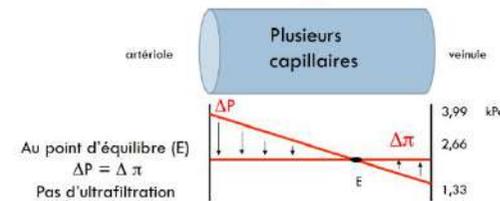
Puis au **pôle veineux**, la pression hydrostatique est moindre on a donc un **flux dépuratif** (vers le capillaire)

On a aussi un réseau de drainage qui est le réseau lymphatique qui intervient pour éviter la formation d'œdèmes.

## Capillaire sanguin standard

$\Delta P$  = différence de pression hydrostatique

$\Delta \pi$  = différence de pression oncotique



$\Delta \pi$  ne varie pas de gauche à droite  
 $\Delta P$  diminue

A gauche de E, flux **nutritif** (pôle artériel) :  $\Delta P > \Delta \pi$

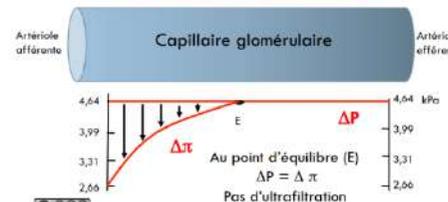
Au niveau de E : autant de passage dans les 2 sens ou **pas d'ultrafiltration**

A droite de E, flux **dépuratif** (pôle veineux) :  $\Delta P < \Delta \pi$

## Capillaire glomérulaire rénal

$\Delta P$  = différence de pression hydrostatique

$\Delta \pi$  = différence de pression oncotique



$\Delta \pi$  augmente le long du capillaire car le liquide et les osmoles fuient

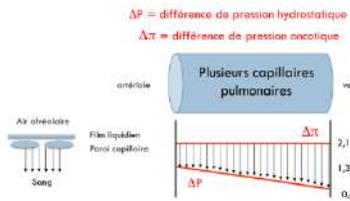
$\Delta P$  reste constante car on est dans un système porte artériel

A gauche de E, flux **d'ultrafiltration vers le LI**  
 $\Delta P > \Delta \pi$

Au niveau de E : autant de passage dans les 2 sens ou **pas d'ultrafiltration**

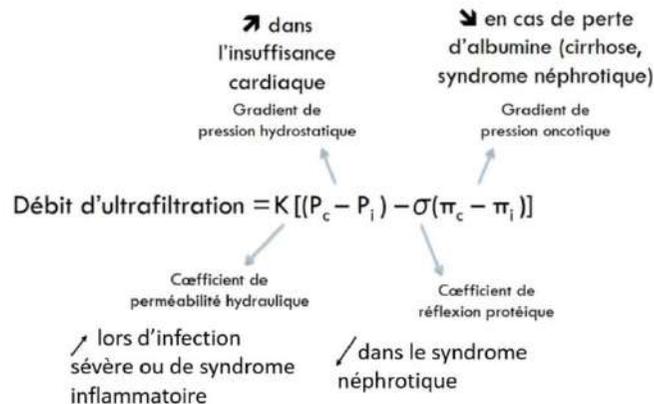
A droite de E, on n'a **jamais** d'ultrafiltration vers le capillaire ici+++

### Capillaire alvéolaire pulmonaire



$\Delta\pi$  ne varie pas  
 $\Delta P$  reste toujours inférieur à  $\Delta\pi$  car on se trouve dans la petite circulation  
**Donc physiologiquement, on n'a que de l'ultrafiltration vers le capillaire ici+++**

### Relation de Starling : application en médecine



D'après la relation de Starling, si le **débit d'ultrafiltration augmente**, on a une fuite de LEC (plasma sans protéines) du compartiment sanguin pour former œdèmes et épanchements.

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 une <b>expectoration mousseuse et rosée</b></li> </ul>	<p>Accumulation de LEC dans <b>les cavités virtuelles</b> 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>

En cas d'**insuffisance cardiaque**, on a une augmentation du gradient de pression hydrostatique.  **$\Delta P$  devient supérieur à  $\Delta\pi$**  et on a alors **une inondation des alvéoles pulmonaires**.

### Rôle du réseau lymphatique

La pression hydrostatique est **négative à l'état normal**. Lorsqu'elle se rapproche de 0, le système de suppléance lymphatique va **s'enclencher** pour limiter la formation d'œdèmes.

Si la p.hydrostatique continue d'augmenter et devient **positive**, alors le système lymphatique **plafonne** et on arrive au **débit de suppléance maximal**, c'est là que l'œdème apparaît.

### Echanges gazeux dans les alvéoles pulmonaires

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

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

## Rôle des gaz dissouts et de l'hémoglobine

Au repos on consomme : **250 mL/min d'O<sub>2</sub>** et on produit **200 mL/min de CO<sub>2</sub>** par respiration cellulaire.

L'oxygène est beaucoup moins soluble que le gaz carbonique, il faut donc une protéine pour le transporter : **l'hémoglobine qui en transporte 95%**.

L'élimination du gaz carbonique se fait, pour sa part, à **69% sous forme dissoute** grâce à **l'anhydrase carbonique** qui va accélérer la réaction d'hydratation du CO<sub>2</sub>.

## L'effet Donnan +++

L'effet Donnan concerne la **membrane capillaire** (≠plasmique).+++

On observe **une inégalité de concentration de Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup>** d'autour de la membrane capillaire. SAUF que cette membrane leur est perméable...

*Comment se fait-il qu'il n'y ait pas de répartition homogène de ces osmoles ?*

Dans le capillaire, il y a en fait, **des protéines chargées négativement** qui ne passent pas la membrane qui leur est imperméable

Le **sodium ne va pas migrer uniquement selon son potentiel chimique** : il va être « ralenti » par les protéines (charges négatives) qui vont le retenir.

**Un potentiel électrique est créé.**

Le Cl<sup>-</sup> lui va aller vers le MI car il va fuir **les charges négatives**.

Les PC et les PE vont ensuite s'équilibrer

**Les charges électriques sont asymétriques mais les solutions restent**

**L'effet Donnan** se caractérise par :

- La présence de **molécules chargées non diffusibles** à travers une membrane **sélective**
- Les concentrations des ions diffusibles se stabilisent lorsque **les PC et les PE s'équilibrent**

**électroneutres**, les différences électriques concernent uniquement les feuillettes de la membrane et non l'ensemble de la solution.

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

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

x = distance entre 2 points

J<sub>E</sub> = flux par migration électrique (sur la distance x)

u<sub>m</sub> = 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 +).

Potentiel électrique de la molécule

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

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

## 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.

## Système de protection glomérulaire :

Le Na<sup>+</sup> diffuse bien mieux que le Cl<sup>-</sup> dans la membrane des capillaires glomérulaires. Le Cl<sup>-</sup> va s'accumuler sur la membrane et empêcher les protéines d'aller encrasser le glomérule rénal.

### La membrane plasmique (≠capillaire) :

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

A travers cette membrane, on a de la diffusion :

**Simple :** qui n'utilise pas de protéines transmembranaires. (gaz)

**Facilité :** qui utilise des transports moléculaires (osmoles et eau ++)

## Equilibre osmotique de l'eau

L'eau traverse les membranes à travers des pores qu'on appelle les aquaporines. Ces aquaporines sont ubiquitaires.

Une variation de tonicité entre 2 compartiments va être responsable d'eau du secteur le moins vers le plus concentré.

La notion d'efficacité dépend des propriétés intrinsèques de la membrane plasmique.

La diffusion de l'eau s'appelle l'osmose.

L'osmolalité est identique dans le milieu cellulaire et le milieu extracellulaire.

On dit qu'ils sont en équilibre osmotique.

Les deux milieux sont iso-osmolaires.

## Régulation

L'eau diffuse librement. L'organisme a un contenu précis en eau. C'est pourquoi on a un système de régulation.

<b>Variable régulée : Tonicité</b> Il est nécessaire de réguler l'osmolarité du plasma	<b>Capteur : Osmorécepteurs</b> Captent les variations de tonicité
<b>Effecteurs : reins</b> Retiennent ou relâchent l'eau afin d'ajuster la composition en eau	<b>Variable ajustée : Contenu en eau de l'organisme</b> Ajusté par les systèmes de 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**.

### 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>**

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

### Différence « osmolalité » et « tonicité »

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

En revanche, la **tonicité** est une **force** qui dépend de la **concentration en osmoles efficaces (Na)** et de la **nature de la membrane**.

**Milieu isotonique** : L'isotonicité est définie par rapport à la natrémie normale (**140 +/- 5mmol/L**) : **Sortie = entrée d'eau**

**Milieu hypertonique** (>145 mmol/L) : **Sortie > entrée d'eau**

**Milieu hypotonique** (< 135 mmol/L) : **Entrée > sortie d'eau = hémolyse intravasculaire**

### 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.

### Perfusion de solutés

La **variation de la natrémie** est associée à une **modification du volume cellulaire**.

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

### Diagramme de PITTS +++

<b>Perfusion d'une solution ISOTONIQUE</b>	
<p>Perfusion d'un litre d'une solution avec 8,2 g de NaCl/kg d'eau</p>	<p><b>Augmentation du VEC,</b> <b>La tonicité ne varie pas</b></p>
<b>Perfusion d'une solution HYPOTONIQUE</b>	
<p>Perfusion d'un litre d'une solution avec 4,5 g de NaCl/kg d'eau</p>	<p><b>Augmentation du VIC et VEC</b> <b>Diminution globale de la tonicité</b></p>
<b>Perfusion d'une solution HYPERTONIQUE</b>	
<p>Perfusion d'un litre d'une solution avec 10 g de NaCl/kg d'eau</p>	<p><b>Augmentation du VEC / Diminution du VIC</b> <b>Augmentation globale de la tonicité</b></p>
<b>Perfusion d'une solution iso-osmotique (urée)</b>	
<p>Perfusion d'un litre d'une solution avec 16,8 g d'urée/kg d'eau (280 mmol/kg d'eau)</p>	<p><b>Pas de modification de la tonicité</b> <b>Augmentation du VIC et VEC</b></p>
<b>Perfusion d'une solution iso-osmotique (glucose)</b>	
Alors là c'est pas easy.....	

<p>Perfusion d'un litre d'une solution avec 50 g de glucose/kg d'eau (292 mmol/kg d'eau)</p>	<p>Le glucose est consommé par la cellule pour faire de l'ATP, ok ?</p> <p>Donc au départ on perfuse le glucose, on augmente le VEC et l'osmolalité ne varie pas, puis (ACCROCHE TOIII), là on a sécrétion d'insuline, le glucose entre alors dans la cellule, l'osmolalité du MEC diminue, et le VIC augmente</p> <p>On a donc un passage d'eau du MEC vers la cellule</p> <p>Au final : <b>Augmentation du VIC</b> <b>Pas de modification de tonicité</b></p>
<b>Perfusion d'eau pure</b>	
<p>Perfusion d'un litre d'eau pure</p>	<p>L'eau pure est une <b>solution très hypotonique</b> au plasma, donc on va créer un ENORME appel d'eau vers les GR du patient qui va alors entrer en <b>hémolyse ou choc osmotique</b></p> <p><b>On ne perfuse JAMAIS d'eau pure,</b> (au risque de faire très fortement clamser ton patient)</p>

Voilà pour cette fiche plutôt complète. Ce cours paraît assez dense au début, mais au final, très peu de par cœur, une fois que c'est compris, c'est tout tranquille. Bossez le bien, il est important pour comprendre les échanges physiologiques et le prof l'aime+++

Dédi aux meilleures Co-TUTS (Comacidose et Myrtille)  
Dédi à la meilleure de tous, mon chacal préféré qui se reconnaîtra

Et à Céleste, Ilo, Léa qui ne liront sûrement jamais ça...