

Compartiments, échanges et mouvements liquidiens

Généralités

- Volume et composition des liquides du corps, mesure des compartiments liquidiens.
- Échanges entre les différents compartiments :
 - Échanges de solutés : diffusion, transports membranaires.
 - Échanges de solvant : pression osmotique et oncotique, osmolalité et osmolarité.
 - Mouvements d'eau entre compartiments vasculaire et interstitiel.
 - Mouvements d'eau entre compartiments extracellulaire et intracellulaire.

I. Compartiments liquidiens

A. Contenu en eau : (environ 60% du poids du corps)

Varie selon les organes, les tissus :

Graisse	10%
Os	22%
Muscle	76%

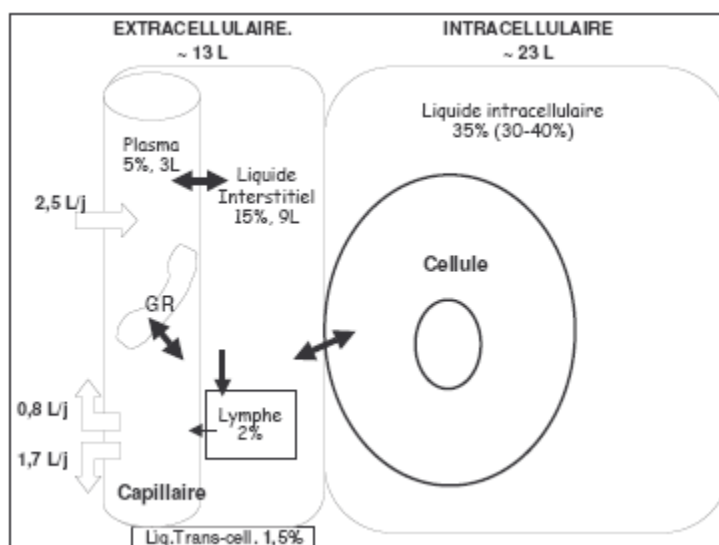
Corpulence :

Relation inverse entre graisse de réserve et contenu en eau.

Age :

Nourrisson	75%
Vieillard	< 60%

B. Détail des compartiments liquidiens (!différents des compartiments corporels décrits au 1er cours!!)



Toutes les perturbations viennent en général du compartiment extracellulaire. On peut remarquer que le compartiment extracellulaire représente 1/3 (12L) et l'intracellulaire 2/3 (24L).

Le liquide transcellulaire correspond aux sucs digestifs, au liquide pleural, péricardique...

C. Mesure des compartiments liquidiens : méthodes de dilution d'un traceur

Principe : dilution d'un indicateur dans un espace de distribution.

$Q = C \cdot V$ avec Q: masse en g,
C: concentration (massique),
V: volume.

Les indicateurs sont **toujours administrés à partir du secteur vasculaire**.

Un bon indicateur doit se distribuer dans un seul compartiment, ne doit pas faire d'échange avec les autres compartiments.

Les trois points essentiels que doit vérifier un bon indicateur sont :

- ne pas modifier le volume,
- ne pas être métabolisé,
- être non toxique.

Si la substance est éliminée partiellement : $V = [Q_{\text{injecté}} - Q_{\text{éliminé}}] / C$

D. Mesure des compartiments liquidiens

Compartiments	Substances	Volume (%PC)
<i>Eau totale</i>	³ H ₂ O (eau tritiée) ² H ₂ O (eau lourde)	60%
<i>Eau extracellulaire</i>	Inuline Mannitol Thiosulfate	16-20% 25-30% 20-25%
<i>Eau plasmatique</i>	Albumine Hématies	4-5% 4-5%

L'eau intracellulaire peut se mesurer en enlevant à l'eau totale la quantité d'eau extracellulaire.

E. Composition ionique des compartiments liquidiens

	Compartiments extracellulaires		Compartiment intracellulaire
	Plasma (mmol.L ⁻¹)	Interstitium (mmol.L ⁻¹)	Cellules (mmol.L ⁻¹)
Cations			
Na ⁺	142	142	10
K ⁺	4	4.1	160
Ca ²⁺	1.5	1.7	< 0.01
Mg ²⁺	1	0.5	19
Anions			
Cl ⁻	103	114	2
HCO ₃ ⁻	26	29	8
HPO ₄ ⁻	2	1.25	120
Divers	4	3	-
Protéines	16	0.25	55
Glucose	5	-	-
Urée	5	-	-

Les ions représentatifs du milieu extracellulaire (plasma + interstitium) sont Na^+ et Cl^- . Pour le milieu intracellulaire, ce sont les ions K^+ et HPO_4^- . Dans le plasma, la quantité de protéines est relativement faible ; dans l'interstitium, elle est quasi nulle. Par contre, les protéines sont en très grande quantité dans les cellules

II. Les échanges entre les compartiments

Les échanges entre les compartiments dépendent des caractéristiques de la membrane qui sépare les secteurs :

1. Au sein du secteur extracellulaire entre les compartiments vasculaire / interstitiel : ENDOTHELIUM.
2. Entre le secteur interstitiel et le secteur intracellulaire : MEMBRANE PLASMIQUE.

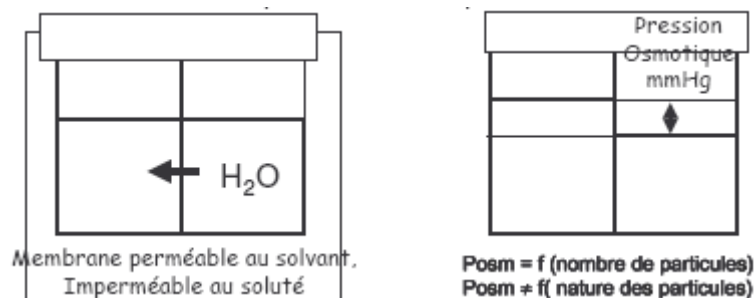
A. Asymétrie des barrières entre compartiments

Perméabilité à la substance....	1. La paroi capillaire	2. La membrane cellulaire
...Eau	Très perméable (pores de 40 Armstrong de diamètre + aquaporines)	Perméable
...Substances liposolubles (O_2 , CO_2)	Perméable	Perméable
...Substances dissoutes hydrosolubles (ions, sucre, acides aminés)	Très perméable pour les molécules de diamètre inférieur à 40 Å. Perméable pour les autres.	Moyennement perméable (< 40 Å) Moyennement perméable (> 40 Å) (via transporteurs spécifiques)
...Protéines	Imperméable (même si une très petite quantité passe par pinocytose)	Imperméable

B. Échanges de solvants.

→ Osmose, pression osmotique

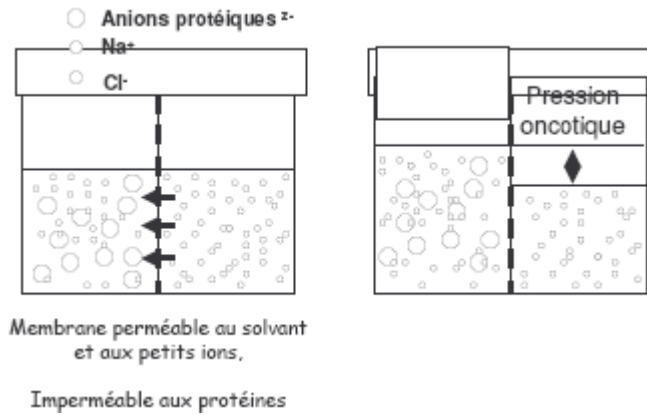
Les membranes biologiques ralentissent le mouvement des solutés plus que celui du solvant. Il en résulte des différences de concentration des solutés qui sont à l'origine de mouvements d'eau à travers les membranes → pression osmotique.



La pression osmotique n'est pas fonction de la nature des particules mais du nombre.

→ **Pression oncotique (Gibbs-Donnan) ou colloïdo-osmotique.**

La pression oncotique est développée principalement par des protéines non diffusibles. La pression colloïdo-osmotique est la pression oncotique au niveau colloïdal.



Gibbs-Donnan nous indique que dans le compartiment où se trouvent les protéines, il y aura un excès de cations diffusibles (Na^+).

En effet, les anions protéiques étant chargés négativement (définition même d'un anion), pour respecter l'électroneutralité, de nombreux cations (Na^+) vont traverser la membrane en même temps que l'e pour rejoindre le compartiment de gauche et « tamponner » les charges «-» des protéines.

→ **Gibbs-Donnan et compartiments extracellulaires.**

	Plasma		Interstitium	Cellules
	mmoles/l	mmoles/kg eau	mmoles/l	mmoles/l
Cations				
Na^+	142	(/0.94) 150	142	10
K^+	4	4,3	4	140
Ca^{2+}	1.5	1.6	1,5	<0,01
Mg^{2+}	1	1.06	1	35
Anions				
Cl^-	103	109	114	2
HCO_3^-	26	28	29,4	8
HPO_4^-	2	2.1	2.2	120
Divers	4	4.2		
Protéines	16			55

←→ Gibbs-Donnan

On peut noter que pour les cations, la valeur de leur concentration dans l'interstitium est multipliée par 0,95 par rapport au plasma alors que pour les anions, elle est divisée par 0,95.

Pour tous les ions, on divise par 0,94 la valeur en mmoles par litre de plasma pour obtenir la valeur en mmoles par kg d'eau (plasma sans les protéines).

Le phénomène de Gibbs-Donnan s'observe au niveau de la barrière capillaire.

C. Osmolalité, osmolarité

- **Osmolalité** : nombre d'osmoles de particules osmotiquement actives par unité de poids de solvant (kg d'H₂O).

-Substances neutres : 1mmol→1mosm
 -NaCl : 1mmol→2mosm
 -CaCl₂ : 1mmol→3mosm

- **Osmolarité** : nombres d'osmoles de particules osmotiquement actives par unité de volume (L) de solution.

- L'osmolarité néglige le volume occupé par les solutés, par exemple les protéines, les lipides...

- Osmolarité_{plasma} < Osmolalité_{plasma} en mmol / kg d'eau (pas de différence entre les 2 au niveau SI)

D. Concentration osmotique

- ✓ **Relation entre pression et concentration osmotique**

$$P_{osm} = \frac{nRT}{V}$$

$$P_{osm} = \frac{1mole \times 0.082 \times (0^{\circ} + 273^{\circ})}{1L_{H_2O}}$$

Pression osmotique : 1 mole
 1 litre d'H₂O
 0°C

1 osmole.....	17000mmHg
1 mosmole.....	17mmHg

L'osmolarité plasmatique : 280 mosm/L d'H₂O → P_{osm}= 4760 mmHg

- ✓ Une substance contribue d'autant plus à **l'osmolalité totale** que :

1. Sa concentration est élevée,
2. Son poids moléculaire est faible.

- ✓ **Contribution osmotique du Na et du Cl à l'osmolalité totale du plasma**

Concentration élevée et poids moléculaire faible.

Na+	326.6 mg/100mL	23	152.7 mosm/L d'H ₂ O
Cl-	367.7 mg/100mL	35	109.9 mosm/L d'H ₂ O

- ✓ **Contribution osmotique du glucose : peu importante.**

Concentration faible (100 mg/100mL) et poids moléculaire important (180).

- ✓ **Contribution osmotique des protéines à l'osmolalité plasmatique : peu importante**

Concentration très faible (7 mg/100mL) et poids moléculaire élevé (70 000 !!).

III. Les mouvements liquidiens entre les compartiments.

A. Mouvements d'eau entre les compartiments extracellulaires

Vaisseaux <-> Interstitium

La paroi capillaire est perméable à l'eau et aux substances dissoutes mais imperméables aux protéines.

Le transfert d'eau va donc dépendre des différences de pressions hydrostatique (P) et de pression oncotique ($\pi = \pi_{\text{grec}}$) entre les deux compartiments

→ HYPOTHESE DE STARLING.

$$Q_{H_2O} = k [(P_{\text{cap}} - \pi_{\text{plasma}}) - (P_{\text{int}} - \pi_{\text{int}})]$$

P_{cap} : pression hydrostatique dans le capillaire.

π_{plasma} : pression oncotique plasmatique.

$(P_{\text{int}} - \pi_{\text{int}})$ → négligeable car P_{int} : pression dans le liquide interstitiel = - 5mmHg,

π_{int} : pression oncotique du liquide interstitiel négligeable.

Schéma 1 : modélisation des mouvements d'eau entre le capillaire et l'interstitium

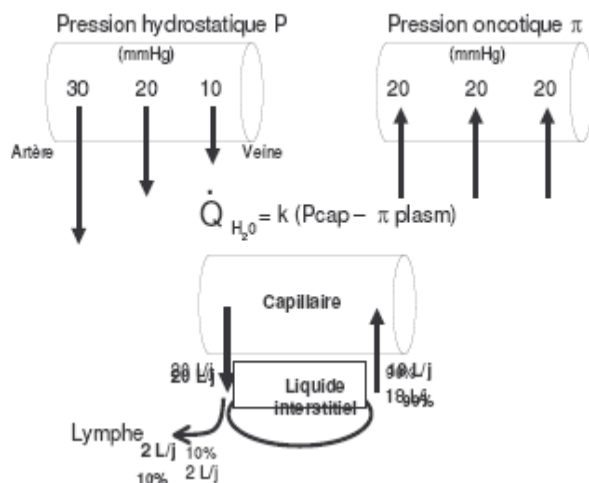


Schéma 2 : variation des pressions

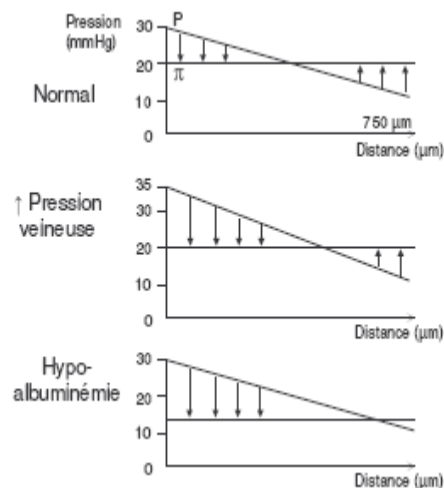


Schéma 1 :

À l'entrée du capillaire, l'on observe une sortie d'eau puisque P (pression hydrostatique) est supérieure à π (pression oncotique).

A mi chemin, il y a une égalité des pressions, qui se compensent, et donc on observe un flux net nul : c'est une situation d'équilibre.

A la sortie du capillaire, P est devenue inférieure à π donc on observe une entrée d'eau.

Le mouvement soluté / eau se fait en permanence.

Schéma 2 :

La première courbe résume le schéma précédent : Π est constante et P diminue quand on s'éloigne de l'entrée du capillaire. A mi chemin, il y a égalité des pressions.

La deuxième courbe indique une P augmentée. Ainsi, $P > \Pi$ sur une plus grande portion du capillaire, la sortie d'eau est plus grande que l'entrée. Il y a donc un excès d'eau dans l'interstitium par rapport à la situation normale : c'est un œdème.

La troisième courbe indique une Π abaissée (par perte de protéines). Le résultat est le même que précédemment, la sortie d'eau est supérieure à l'entrée, nous sommes donc en situation d'œdème.

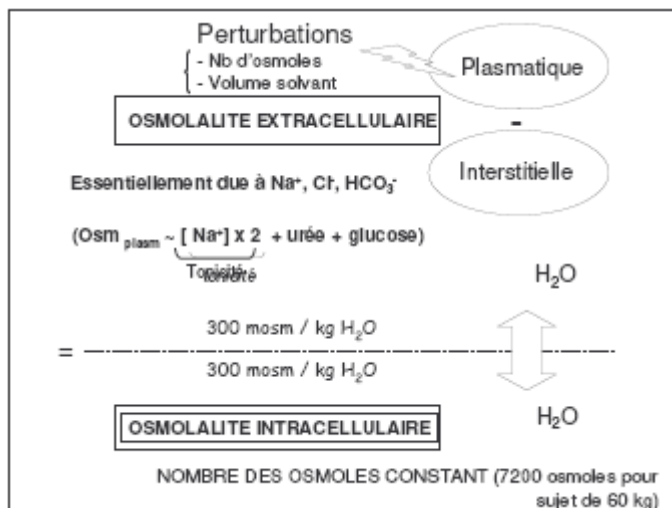
B. Mouvement d'eau entre les compartiments intra et extracellulaire

Interstitium <-> Cellules

Le transfert d'eau est régi par les différences d'osmolalité entre les deux compartiments.

Il a pour conséquence d'égaliser l'osmolalité entre ces deux compartiments.

L'osmolalité entre milieu intra et milieu extracellulaire doit être à l'équilibre.



La modification initiale est **toujours extracellulaire**:

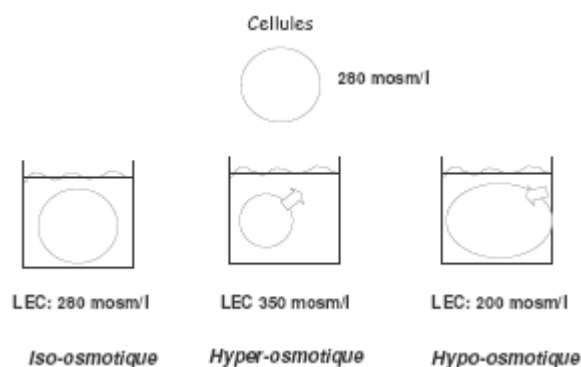
--> Volume

--> Pression

Cela crée un mouvement d'eau selon le gradient de pression osmotique (égalisation des pressions osmotiques dans les compartiments).

Le contenu en osmoles du secteur intracellulaire reste constant.

Comportement des cellules en fonction des variations d'osmolalité extracellulaire



Évaluation clinique et biologique de l'état d'hydratation des compartiments liquidiens

ETAT STABLE

Pour évaluer l'état d'hydratation, il faut effectuer différentes mesures; si les valeurs trouvées sont normales, alors l'état est stable:

Secteur extracellulaire:

--> pression artérielle, pli cutané, poids, fréquence cardiaque,
--> hémocrite, protidémie.

Secteur intracellulaire:

--> état des muqueuses, poids, état neurologique,
--> pression osmotique, natrémie ([Na⁺])

VARIATIONS ISOTONIQUES DU LIQUIDE EXTRACELLULAIRE

Il n'y a pas de variations d'osmolalité ni de transfert LEC<->LIC.

Hyperhydratation EC:

Par perfusion, on rajoute 1L de liquide isotonique en extracellulaire. On observe donc une augmentation du Volume EC mais pas de variation de pression osmotique --> pas d'échange.

- Augmentation de la pression artérielle, prise de poids, œdèmes.
- Diminution de l'hématocrite, de la protidémie,
- Osmolalité, Pression osmotique et Natrémie normales.

Déshydratation EC:

Après avoir retiré du liquide en extracellulaire, il y a diminution du VEC sans variation de pression osmotique --> pas d'échange.

- Diminution de la pression artérielle, tachycardie, perte de poids, pli cutané,
- Augmentation de l'hématocrite et de la protidémie,
- Osmolalité, Pression osmotique et Natrémie normales.

APPORT HYPOTONIQUE AU LEC

Suite à l'ajout d'un liquide hypotonique dans le milieu extracellulaire, la pression osmotique du LEC diminue. On observera pas la suite un mouvement d'eau vers le compartiment intracellulaire pour équilibrer les deux pressions osmotiques. Il y a ainsi une hyperhydratation à la fois intra et extracellulaire.

Hyperhydratation du LIC:

- Augmentation du poids, troubles neurologiques, muqueuses humides,
- Diminution de l'osmolalité et de la natrémie.

+ Hyperhydratation du LEC:

- Augmentation du poids, de la pression artérielle...
- Diminution de la protidémie et de l'hématocrite.

APPORT HYPERTONIQUE AU LEC

Cette fois-ci, l'ajout est un liquide hypertonique, donc il y a augmentation de la pression osmotique extracellulaire. Pour retourner à l'équilibre, il va y avoir création d'un mouvement d'eau du secteur intra au secteur extracellulaire. On observera donc une déshydratation intracellulaire et une hyperhydratation extracellulaire.

Déshydratation intracellulaire:

- Perte de poids, muqueuses sèches, coma,
- Augmentation de l'osmolalité et de la natrémie.

+ Hyperhydratation extracellulaire:

- Augmentation du poids, œdèmes...
- Diminution de l'hématocrite et de la protidémie.

POINTS IMPORTANTS A RETENIR:

- pression osmotique intracellulaire = pression osmotique extracellulaire
- Une perturbation du volume extracellulaire (sans perturbation de pression osmotique) n'entraîne pas de mouvement d'eau.
- Une perturbation de pression osmotique extracellulaire entraîne un mouvement d'eau du secteur où la pression osmotique est la plus basse vers le secteur où la pression osmotique est la plus élevée.