

CHAPITRE 7 – LE MILIEU INTERIEUR :

I. QUELQUES DEFINITIONS :

Le milieu intérieur : milieu dans lequel baigne les cellules de l'organisme (au sens strict). On l'appelle **liquide (ou lymphe) interstitiel(le)**.

Sens large : ensemble des liquides extracellulaires (liquide interstitielle, lymphe canalisée, plasma)

Homéostasie : ensemble des réactions physiologiques qui permettent de maintenir constant les différents paramètres du milieu intérieur. Le milieu intérieur doit avoir une composition constante pour permettre la vie des cellules (PH, t°, concentration en certains nutriments, apport en eau et en minéraux).

Sans renouvellement, le liquide interstitiel s'épuise en nutriments et accumulent des déchets, ce qui entraîne la mort des cellules. Pour éviter cela, des **liquides circulants** assurent le renouvellement (plasma et lymphe canalisée).

II. LES COMPARTIMENTS LIQUIDIENS DE L'ORGANISME :

L'eau représente 60% de la masse corporelle d'un adulte en bonne santé. Elle va être répartie en 2 compartiments :

- le CLIC (compartiment liquidien intracellulaire) : ensemble des cytosols de toutes les cellules de l'organisme
- le CLEC : milieu intérieur au sens large : plasma, lymphe canalisée, liquide interstitiel

Remarque : il y a d'autres LE : liquide artériel, liquide céphalo-rachidien, liquide amniotique, humeur vitrée,...

1) REPARTITION DES VOLUMES DES COMPARTIMENTS HYDRIQUES :

MASSE CORPORELLE 100%	Masse de matière sèche 40%		
	Masse de liquide 20%	CLIC 40%	
		CLEC 20%	Plasma 4%

SANG = plasma (4%) + liquide intracellulaire des cellules sanguines (3.5%) = 7.5%

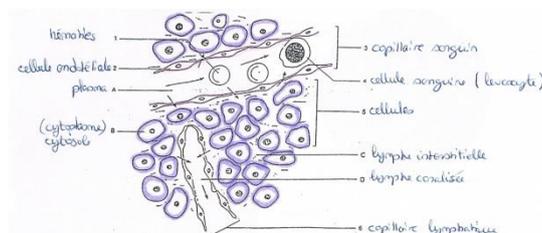
2) DETERMINATION DES VOLUMES DES COMPARTIMENTS HYDRIQUES :

LIC	Son volume est déterminé par : LIC = ETC (volume d'eau totale du corps) - LEC
LEC	Son volume est déterminé par l'utilisation de marqueurs . Ce sont de grosses molécules qui ne traversent pas la membrane plasmique des cellules donc qui ne se retrouvent pas dans le LIC. Elles se répandent dans le plasma et la lymphe totale.
Plasma	Son volume est déterminé par l'utilisation de marqueurs qui se lient aux protéines plasmatiques.

3) COMPARAISON DE LA TENEUR EN ELECTROLYTES DES DIFFERENTS COMPARTIMENTS LIQUIDIENS :

Comparaison plasma-lymphe interstitielle	Comparaison lymphe interstitielle-LIC
<ul style="list-style-type: none"> - Le plasma est plus concentré en électrolytes que la lymphe interstitielle. - Teneur en eau différente : 91% et 97% - Teneur en protéines différente : 8 fois plus dans le plasma que le liquide interstitielle - Proportion en sodium plus importante dans le plasma et plus de chlore dans la lymphe. 	<ul style="list-style-type: none"> - La concentration en électrolyte est plus importante dans le cytosol - Répartition inégale de K^+ et Na^+ : plus de K^+ et moins de Na^+ dans le liquide interstitiel - Plus de protéines dans le cytosol

Cette répartition des ions et les différences de composition permettent d'expliquer en partie les échanges entre les différents compartiments.

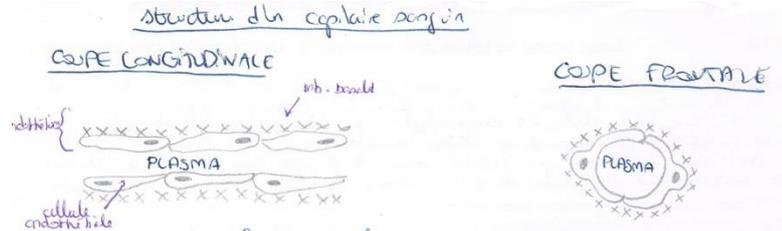
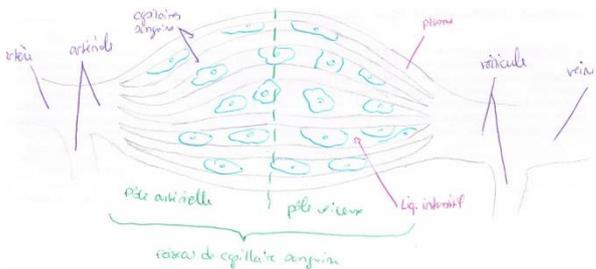


III. LES ECHANGES ENTRE PLASMA ET LYMPHE INTERSTITIELLE :

1) LIEU DES ECHANGES :

Les échanges se font à travers la paroi des capillaires (endothélium capillaire). Ces capillaires forment des réseaux (lit capillaires), dans lesquels ils s'insinuent entre les cellules.

La paroi des capillaires est un épithélium pavimenteux simple : endothélium vasculaire. C'est une barrière **semi-perméable aux gaz, ions, nutriments et hormones** mais **impermeables aux protéines**.



2) MECANISME DES ECHANGES :

Les échanges se font grâce à l'existence de deux pressions qui s'exercent sur la paroi du capillaire :

<p>La pression hydrostatique</p>	<p>= Pression de liquide sur la paroi des vaisseaux sanguins (si le liquide est le sang cette pression est appelée pression sanguine) A la sortie du cœur, la pression sanguine est maximale (105 mmHg). Plus on s'éloigne du cœur, plus cette pression diminue dans le système artériel (35 mmHg à l'entrée du réseau capillaire, et 15 mmHg dans la veinule à la sortie du réseau capillaire). → Au niveau du capillaire, cette Ph a tendance à faire passer par filtration l'eau et l'eau solutés du plasma vers le liquide interstitiel.</p>	<p>A diagram of a capillary showing hydrostatic pressure. The capillary is labeled 'capillaire sanguin' and contains 'PLASMA'. Arrows indicate '15 mmHg' at the 'pôle artériel' (arterial pole) and '15 mmHg' at the 'pôle veineux' (venous pole). A pink arrow labeled 'Filtration eau et solutés' points from the plasma into the 'Liquide interstitiel' (interstitial liquid). Labels include 'σ de tissu' (tissue surface) and '↑ Ph = pression hydrostatique' (↑ Ph = hydrostatic pressure).</p>
<p>La pression oncotique</p>	<p>= Différence (25 mmHg) de pression entre la pression osmotique du plasma (++) et celle du liquide interstitiel. Cette pression correspond à la pression osmotique due seulement aux protéines du plasma. → Au niveau du lit capillaire, la pression oncotique a tendance à faire passer par filtration l'eau et les solutés du liquide interstitiel vers le plasma.</p>	<p>A diagram of a capillary showing oncotic pressure. The capillary is labeled 'capillaire sanguin' and contains 'PLASMA'. Arrows indicate '15 mmHg' at the 'pôle artériel' (arterial pole) and '25 mmHg' at the 'pôle veineux' (venous pole). A pink arrow labeled 'Reabsorption eau et solutés' points from the interstitial liquid into the plasma. Labels include 'σ de tissu' (tissue surface), 'liq. interstitiel' (interstitial liquid), and '↑ P_o = pression osmotique' (↑ P_o = osmotic pressure).</p>
<p>Mise en jeu des deux pressions</p>	<p>Au pôle artériel du capillaire, la pression de filtration résultante permet le passage du liquide du plasma vers le liquide interstitiel. Au pôle veineux, la pression résultante est appelée pression de réabsorption, et permet le passage d'eau et de soluté du liquide interstitiel vers le plasma. → La lymphe interstitielle est donc formée par filtration du plasma à travers l'endothélium vasculaire des capillaires sanguins. Ceci assure l'apport en eau, nutriments, oxygène, et autres substances utiles au fonctionnement cellulaire. → La lymphe interstitielle est aussi réabsorbée dans le plasma à la sortie du réseau capillaire, au pôle veineux. Ceci assure l'élimination des déchets du métabolisme cellulaire et leur transport vers les organes épurateurs (poumons, reins,...). → Ces phénomènes de filtration/réabsorption permettent le renouvellement du liquide interstitiel indispensable à la vie cellulaire.</p>	<p>A diagram of a capillary showing the balance of pressures. The capillary is labeled 'capillaire sanguin' and contains 'PLASMA'. At the 'pôle artériel' (arterial pole), there is a '35 mmHg' hydrostatic pressure arrow pointing out and a '15 mmHg' oncotic pressure arrow pointing in, resulting in a net '15 mmHg' filtration arrow pointing out. At the 'pôle veineux' (venous pole), there is a '15 mmHg' hydrostatic pressure arrow pointing out and a '25 mmHg' oncotic pressure arrow pointing in, resulting in a net '10 mmHg' reabsorption arrow pointing in. Labels include 'Liq. interstitiel' (interstitial liquid), 'σ de tissu' (tissue surface), and '↑ P_h = pression de filtration résultante' (↑ P_h = resulting filtration pressure).</p>

■ Mécanismes de transport de l'eau et des substances dissoutes à travers la paroi du capillaire :

- Le **passage direct à travers les cellules endothéliales** (gaz et substances liposolubles)
- Le **passage par des pores entre les cellules** (eau, électrolytes, et protéines)
- La **diffusion** (simple, facilitée) et les **transports actifs** au niveau de la mb plasmique des cellules endothéliales

3) DESEQUILIBRE DES ECHANGES :

Les échanges se font sans changement de volume du plasma ou de la lymphe interstitielle mais il peut y avoir un déséquilibre des pressions et formation d'œdèmes (stase hydrique dans le liquide interstitiel, augmentation du volume).

→ Cirrhose hépatique

→ Cas du Kwashiorkor

IV. FORMATION DE LA LYMPHE CANALISEE ET SYSTEME LYMPHATIQUE :

La lymphe interstitielle est formée par filtration du plasma puis réabsorbée dans le plasma au niveau du pôle veineux. Mais **cette réabsorption ne compense pas la filtration**.

Il y a donc un excédent de liquide interstitiel qui doit être éliminé par drainage lymphatique.

1) STRUCTURE DES VAISSEAUX LYMPHATIQUES :

Les capillaires lymphatiques sont dispersés dans tous les tissus. Ce sont des vaisseaux fermés à leurs extrémités et de diamètre irrégulier. Les cellules sont disjointes (cellules endothéliales) ce qui rend les endothéliums très perméables, y compris aux protéines.

Les capillaires lymphatiques s'unissent pour **former des vaisseaux lymphatiques** qui quittent les organes. Ils présentent des valvules **orientées dans la même direction** qui impose à la lymphe une circulation unidirectionnelle.

2) FORMATION DE LA LYMPHE CANALISEE :

Mécanismes de formation	<p>La lymphe interstitielle est donc formée par filtration du plasma à travers l'endothélium vasculaire des capillaires sanguins (Vf). Elle est ensuite réabsorbée dans le plasma à la sortie du réseau de capillaires, au pôle veineux (Vr).</p> <p>Mais $V_r < V_f$: il en résulte un excès de lymphe interstitielle (V_e)</p> <p>Cet excédent de lymphe exerce une pression hydrostatique croissante sur la paroi des capillaires lymphatiques ce qui entraîne le passage d'eau et de solutés à travers les disjonctions cellulaires. Les protéines peuvent passer par ce mécanisme dans la lymphe canalisée.</p> <p>COMPOSITION :</p> <p>La lymphe canalisée et interstitielle ont une composition proche sauf que la canalisée est plus riche en protéines car les protéines synthétisées et excrétées par les cellules peuvent passer dans la canalisée. Et elle contient de nombreux déchets du métabolisme cellulaire.</p>
Dysfonctionnement de la formation	<p>Toute anomalie du drainage lymphatique conduit à la formation d'un œdème :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lorsque la quantité de protéines devient plus importante dans la lymphe interstitielle que dans le plasma, l'eau s'accumule dans la lymphe interstitielle. - Lorsque la circulation veineuse est insuffisante : le volume sanguin veineux augmente donc la pression veineuse augmente. Cela a pour conséquence une filtration accrue du plasma donc une accumulation de lymphe interstitielle, car elle ne peut pas être suffisamment drainée.

3) CIRCULATION DE LA LYMPHE DANS LE SYSTEME LYMPHATIQUE :

Le système lymphatique	<p>Il est divisé en deux parties inégales :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La partie gauche : qui draine la lymphe de la majorité du corps, du bras gauche et du côté gauche de la tête - La partie droite : qui draine la lymphe que du segment thoracique supérieur, du bras droit et du côté droit de la tête. <p>Les vaisseaux lymphatiques conduisent la lymphe canalisée vers les veines sous-clavières puis vers la veine cave supérieure et finalement vers l'oreillette droite du cœur où elle rejoint la circulation sanguine générale. Ainsi la lymphe formée par filtration du plasma, dans les différents tissus de l'organisme retourne dans le sang</p>
La circulation de la lymphe dans les vaisseaux lymphatiques	<p>La lymphe canalisée circule lentement sans être propulsée grâce à l'ouverture et à la fermeture des valvules et à la contraction des myosites lisses de la paroi des vaisseaux lymphatiques.</p> <p>Certains facteurs facilitent sa circulation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'activité musculaire - Les pulsations artérielles - La pression intra-abdominale

4) ROLES DE LA LYMPHE CANALISEE :

- **Drainage de l'excédent de liquide interstitiel** (évite la formation d'œdèmes)
- **Le passage dans le sang**, des protéines synthétisées dans les cellules et rejetées dans le liquide interstitiel
- **Le transport des lipides et des vitamines** liposolubles issus de la digestion, absorbée dans les vaisseaux lymphatiques de l'intestin grêle et conduits vers la circulation sanguine, sous forme de chylomicrons.
- **Le transport de cellules ou de particules étrangères à l'organisme vers les ganglions lymphatiques** pour que les lymphocytes puissent les éliminer et assurer l'immunité de l'organisme.

V. LES ECHANGES ENTRE LE LIQUIDE INTRACELLULAIRE ET LA LYMPHE INTERSTITIELLE :

Le maintien de l'équilibre hydrique, c'est-à-dire l'état d'hydratation des cellules est possible grâce aux différences de pression osmotique et de composition entre ces deux compartiments.

Cf : membrane plasmique

VI. VUE D'ENSEMBLE DES ECHANGES ENTRE LES COMPARTIMENTS LIQUIDIENS DE L'ORGANISME ET LE MILIEU EXTERIEUR :

Le milieu intérieur est donc un milieu d'échange : entre les différents compartiments et avec le milieu extérieur.

Le fonctionnement des cellules modifie sa composition en permanence : elles y puisent les substances qui leur sont nécessaires et y rejettent les substances issues de leur métabolisme.

Sans renouvellement, le milieu intérieur s'épuise en nutriments et certaines autres substances et s'enrichit en déchets ce qui entraîne la mort des cellules.

Il est donc nécessaire que sa composition demeure constante et que **son renouvellement soit assuré** :

A partir du plasma, la lymphe interstitielle **est formée** puis en partie **réabsorbée pour assurer le transport des molécules synthétisées et l'élimination des déchets** du métabolisme cellulaire. L'excédent de lymphe est alors drainé afin d'éviter la formation d'œdème et permettre le transport de substances dont la destinée est la circulation sanguine, mais qui ne peuvent pas passer directement dans le compartiment plasmatique à partir du liquide interstitiel.

Tout déséquilibre de la composition des différents compartiments ou de leur volume, a des conséquences néfastes sur l'organisme :

- **Déséquilibre due à une hémorragie** qui entraîne une chute de la pression artérielle ce qui peut désamorcer la pompe cardiaque
- **Modification du sang** : hyperglycémie (signe de diabète sucré)