

Faculté de médecine BATNA
Laboratoire de physiologie
Dr : GUEDJATI MR
Responsable du module de physiologie humaine
1^{ère} année de médecine.

PHYSIOLOGIE DU MILIEU INTERIEUR

PLAN :

- I- Introduction**
- II- Compartiments liquidiens :**
 - A- L'eau totale**
 - B- Compartiment extracellulaire**
 - C- Compartiment intracellulaire**
 - D- Principes de mesure des volumes des compartiments**
- III- Masses échangeables**
- IV- Unités de mesures des concentrations :**
 - A- Moles**
 - B- Equivalent**
 - C- Osmole**
- V- Mouvements d'eau et des substances dissoutes**
- VI- Variations physiologiques et physiopathologiques**

I- INTRODUCTION :

Le poids total de l'organisme humain est représenté à 60 % d'eau et à 40 % de substance organique.

L'eau totale de l'organisme est divisée en compartiments liquidiens ; deux compartiments sont à distinguer séparant les cellules du milieu dans lequel elles baignent :

- Le compartiment intracellulaire.
- Le compartiment extracellulaire.

C'est la membrane cellulaire qui constitue la barrière entre ces deux compartiments ; c'est une structure sélective « filtre » à travers laquelle s'effectuent des mouvements hydrique et ioniques mais aussi des transports spécifiques (voir cours physiologie de la membrane).

Une variabilité de la composition des deux compartiments est due à une répartition des ions et de l'eau de part et d'autre de la bicouche moléculaire de SINGER NICOLSON.

- Pompe Na^+/K^+ atpase
- Equilibre de GIBBS- DONNAN
- Schéma de STARLING.

La balance hydrique, n'est que le reflet d'un état d'équilibre entre les apports et les sorties.

Tableau : 1 les entrées et les sorties quotidiennes d'eau dans l'organisme humain.

Apports	Sorties
- boissons : 1200 ml	- urines : 1500 ml
- aliments : 1000 ml	- perspiration insensible : 900 ml (poumon et peau)
- métabolisme : 350 ml	- dans les matières fécales : 100 ml
Total: 2550 ml / 24 h	

La balance hydrique est stable si les entrées compensent les sorties ; les mécanismes régulateurs de cette balance font intervenir le centre de la soif et le rein ; et en fonction des variations de la température ambiante, l'organisme répond en jouant essentiellement sur la fonction rénale.

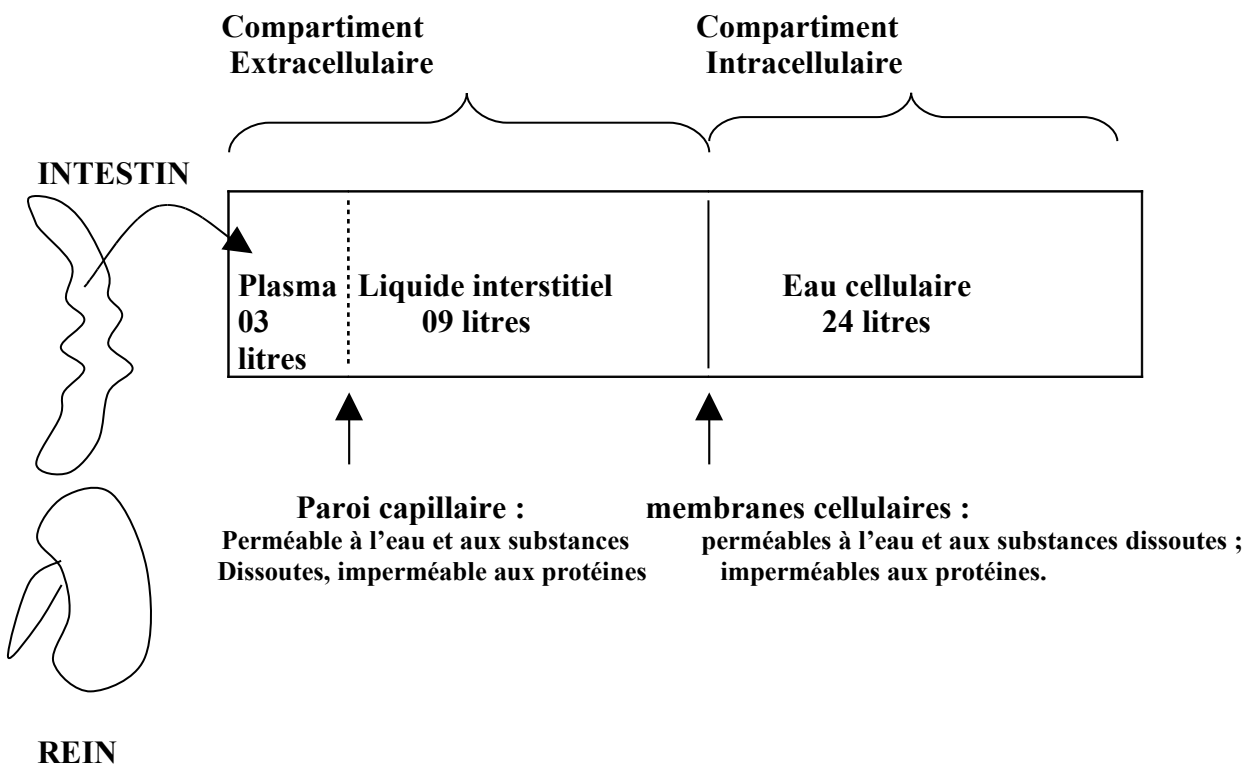
II- LES COMPARTIMENTS LIQUIDIENS :

A- L'eau totale de l'organisme :

Elle représente pratiquement 60 % (36-40 litres) du poids global de l'organisme, pratiquement 15 à 28 % du poids chez l'homme (12-19 kg) représente la masse grasse et un peu plus chez la femme 20 à 35 % du poids total (15 – 19 kg). Le reste représente la masse musculaire.

Chez l'enfant l'eau totale représente environ 70 % du poids total ; c'est aussi moins réparti chez les sujets obèses.

La figure : 1 les compartiments liquidiens d'un sujet pesant 60 kg.



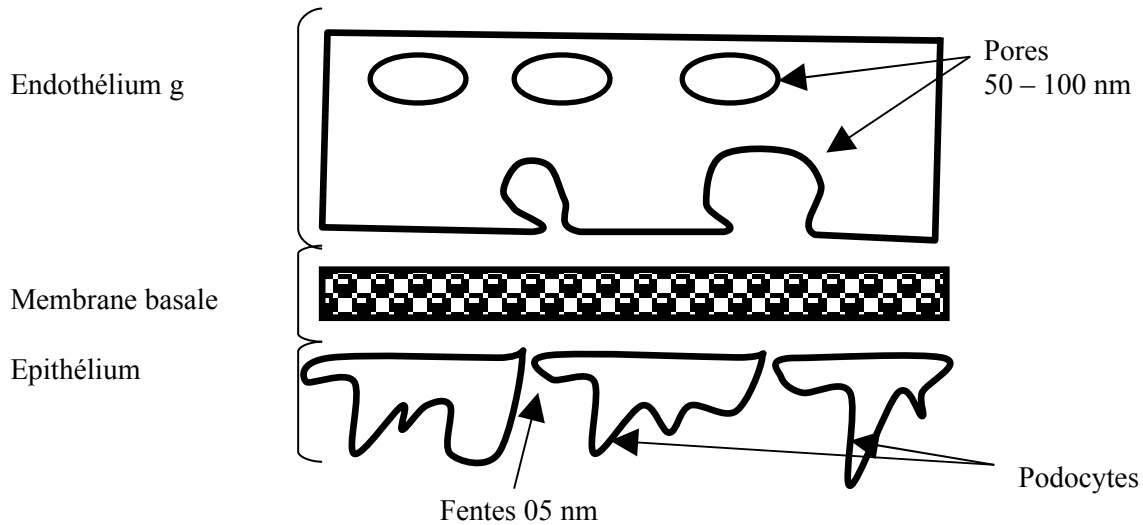
B- Le compartiment extracellulaire :

Il s'agit de la partie du milieu intérieur de l'organisme délimité par le milieu extérieur et les membranes cellulaires.

Divisé en deux compartiments séparés par le capillaire sanguin ce dernier est constitué pratiquement de trois parties histologiques. **Figure : 2 structure d'un capillaire sanguin.**

- Le secteur vasculaire : composé des hématies et du plasma : **4 % de l'eau total.**
- Le secteur interstitiel : **16 % de l'eau total** ; c'est un liquide dans lequel baignent les cellules de l'organisme, la lymphe est aussi rattachée à ce secteur elle représente **2 %** de l'eau totale, cette lymphe se draine dans le canal thoracique.

Figure : 2 Structure d'un capillaire sanguin.



Le tableau : 2 montre que la composition en substances dissoutes entre les deux secteurs sanguins est pratiquement la même en cations ioniques, alors que la composition en anions ioniques est largement différente.

Le chlore (Cl^-) est légèrement plus élevé dans le milieu interstitiel, de la même façon les bicarbonates (Hco_3^-) sont plus répartis dans ce secteur.

La différence réelle figure dans la composition en protéines qui sont quasi absentes dans le secteur interstitiel et représentent la force électrique du plasma sanguin.

Les autres anions (phosphates –anions organiques) sont légèrement plus élevés dans le milieu interstitiel.

	Plasma (mmol/l)	Interstitium (mmol/l)
Cations:		
- Na^+	141	142
- K^+	4	4,1
- Ca^{++}	2,5	1,7
- Mg^{++}	0,8	0,5
- H^+	$40 \cdot 10^{-6}$	$40 \cdot 10^{-6}$
Anions:		
- Cl^-	103	116
- Hco_3^-	26	29,4
-phosphates	1	1,12
-sulfates	0,50	0,55
- protéines	60 g/l	absentes
-anions organiques	4,2	4,7

C- Le compartiment intracellulaire:

L'eau intracellulaire représente 40 % du poids du corps.

La composition de ce secteur est très hétérogène en fonction de la nature des tissus.

Le principal cation intracellulaire est le potassium (K^+). (Origine de cette distribution voir chapitre physiologie de la membrane).

La différence entre la composition du milieu cellulaire et celle du milieu extracellulaire est due à l'équilibre de GIBBS –DONNAN.

Cet équilibre est lié à la présence des protéines intracellulaires et surtout à un transport actif de la pompe Na^+/K^+ atpase.

En fait, la présence des protéines, attire de l'eau vers la cellule car sa membrane est imperméable à ces anions de gros poids moléculaire.

La force d'attraction est dite force colloïde osmotique. Il y'a un risque que la cellule se gonfle et s'éclate.

Or, à l'état normal, la pompe atpasique de la membrane cellulaire, contre balance cette force et empêche l'hyper hydratation cellulaire.

Le tableau : 3 montre un exemple de composition entre cellule musculaire et interstitium.

	Interstitium (meq/l)	Eau cellulaire (meq/l)
Cations :		
- Na^+	142	10
- K^+	4	140
- Ca^{++}	2,5	-
-Mg	0,5	35
Total :	149	185
Anions :		
- Cl^-	144	2
- Hco_3^-	28	8
-phosphates	2	120
-sulfates	1	-
- protéines	-	55
-anions organiques	4	-
Total :	149	185

D- Les principes de mesure des volumes des compartiments :

La méthode utilisée est la méthode de dilution d'un indicateur.

Si la masse « m » d'une substance est introduite dans un compartiment de volume « Q », la concentration « C » de la substance si elle est bien répartie dans le volume est telle que :

$$m = C \cdot Q$$

chez l'être vivant la répartition de la substance dans l'organisme se fait dans l'espace et non dans le volume donc on parle d'espace de distribution.

L'indicateur est souvent éliminé par l'organisme, de se faite l'étude se porte sur la décroissance de la substance dans le plasma.

Cet indicateur doit répondre à plusieurs critères :

- Poids moléculaire faible
- Non toxique
- Non métaboliser.
- Non chargé.

Les indicateurs les plus utilisés sont :

- L'eau tritiée
- Inuline
- Radiosulfate
- Radiobrome.

III- LES MASSES ECHANGEABLES :

La masse d'électrolytes soumise à des échanges rapides est appelée masse échangeable. C'est grâce à l'introduction d'un isotope radioactif de l'électrolyte considéré qu'on peut mesurer sa masse échangeable.

La masse échangeable du sodium en 24 h est laquelle se dilue une certaine quantité de sodium radioactif. En t_0 l'isotope a une radioactivité A_0 , on récolte les urines des 24 h et la radioactivité A_u contenue dans ces urines.

Au total, la différence entre A_0 et A_u constitue la masse échangeable du sodium.

IV- LES UNITES DE MESURES DES CONCENTRATIONS :

A- Moles – concentration molaire :

C'est la masse en gramme d'une molécule gramme c'est à dire $6,02 \cdot 10^{23}$ molécules ou atomes. Elle est exprimée en mole (M) par litre de solution.

Par exemple un litre de solution molaire de NaCl contient 58,5 g de ce sel.

Plus souvent on préfère utiliser la millimole (mmole), cette unité de mesure concerne les substances ionisées et non ionisées.

B- Equivalents – concentration en équivalents :

Un équivalent correspond à la masse d'un anion se combinant à une mole. Le plus souvent on utilise le milliéquivalent (meq).

Cette unité de mesure pour les substances dissoutes tel que les électrolytes, elle ne peut intéresser que les substances fortement dissociées comme le chlorure de sodium. Elle ne peut pas concerner les substances peu dissociées comme le calcium car souvent lié aux protéines de transport à plus de la moitié.

C- Osmole- concentration osmolaire :

C'est une unité proportionnelle au nombre de particules dissoutes osmotiquement actives quelques soit leur nature chimique (dissoute ou non).

Si la concentration osmolaire est identique à la concentration molaire c'est que les particules dissoutes ne sont pas dissociées.

Si les particules sont dissoutes, la concentration osmolaire est égale à la concentration molaire multipliée par le nombre des ions résultants.

Une osmole est la masse d'une substance qui, dissoute dans un gramme d'eau abaisse le point de congélation de 1,86° c. Elle varie dans l'organisme humain entre 280-300mOsm/kg d'eau ; dans ce cas là elle est dite « **osmolalité** ».

Si on ne tient pas compte de l'unité en kilogramme d'eau mais en litre d'eau on parle de « **osmolarité** ». Il est approprié d'utiliser la première définition.

Ainsi l'osmolarité n'est que la concentration des particules dissoutes exerçant un pouvoir osmotique réel par rapport aux molécules d'eau.

L'osmolarité plasmatique (OsmP) est définie comme étant la concentration d'osmoles contenue dans un litre de plasma (mOsm/l).

Alors que l'osmolalité plasmatique n'est autre que la concentration d'osmoles contenue dans un kg d'eau (mOsm/kg).

En pratique médicale, les deux définitions n'ont pas la même signification parce que:

- Le transport passif libre pour les substances dissoutes inactives (urée: physiologique- méthanol: pharmacologique) ne crée pas de gradient osmotique transmembranaire.
- Le transport actif des substances non diffusibles (Na⁺ - glucose: physiologique – mannitol: pharmacologique) entraîne obligatoirement des mouvements d'eau transmembranaires.

Le calcul de l'osmolarité plasmatique:

a -L'ensemble des osmoles actives et inactives (ionogramme):

$$\text{OsmP} = [(\text{Natrémie} \times 2) + \text{glycémie} + \text{urée}] = 280 - 295 \text{ mmol/l ou mOsmol/l}$$

b -L'ensemble des osmoles actives: tonicité plasmatique:

$$\text{OsmP} = [(\text{Natrémie} \times 2) + \text{glycémie}]$$

Les solutions iso-osmotiques ont une concentration osmolaire de 280-300 mOsm/kg d'eau, identique à celle du milieu extracellulaire.

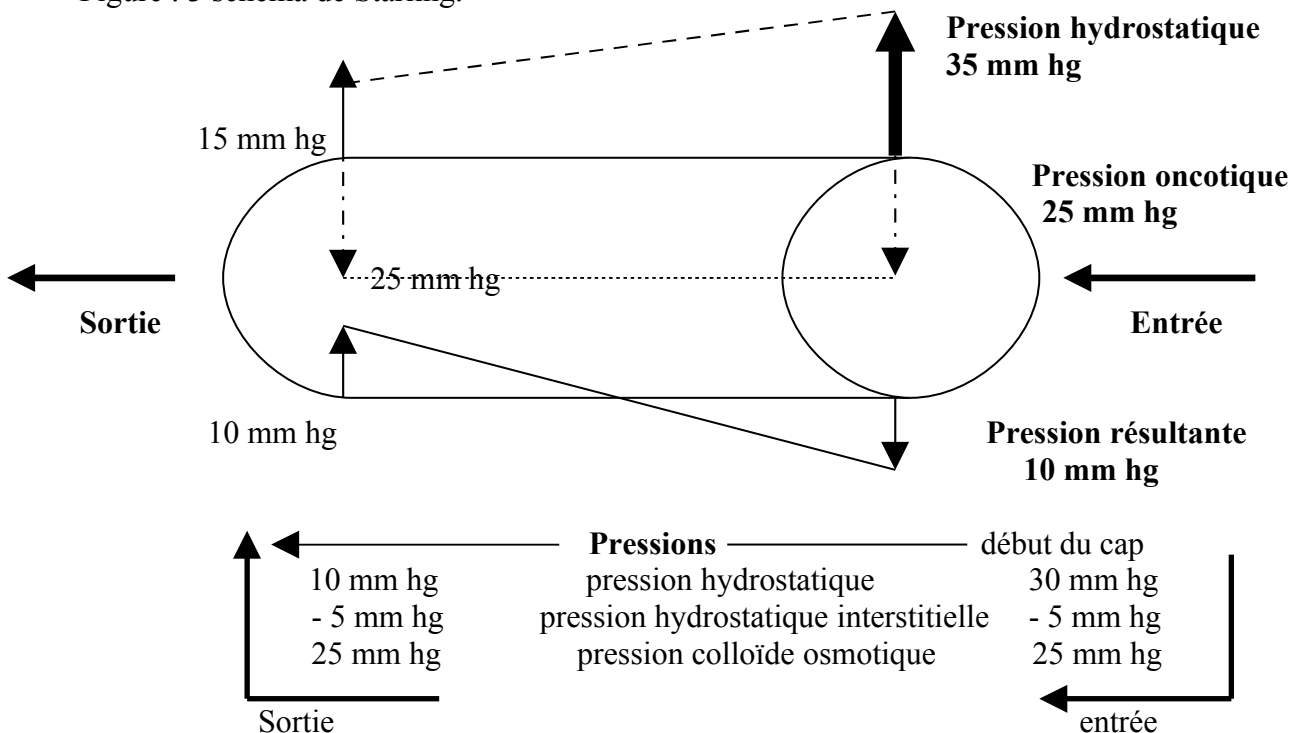
Les solutions isotoniques sont des solutions iso-osmotiques de cristalloïdes ne pénétrant pas dans les cellules.

V- LES MOUVEMENTS D'EAU ET DES SUBSTANCES :

-Entre le secteur vasculaire et secteur interstitiel, la présence des protéines dans le secteur plasmatique et leur caractère anionique, rendent la pression colloïde osmotique plasmatique un peu supérieure à la pression osmotique interstitielle : le résultat l'eau et les électrolytes tendent à être retenus dans le secteur plasmatique.

-Cette pression colloïde osmotique est contre balancée par la différence de pression hydrostatique capillaire moyenne.

-L'ensemble des mouvements d'eau à travers le capillaire sanguin a été décrit par Starling.
Figure : 3 schéma de Starling.



➤ Au début du capillaire :

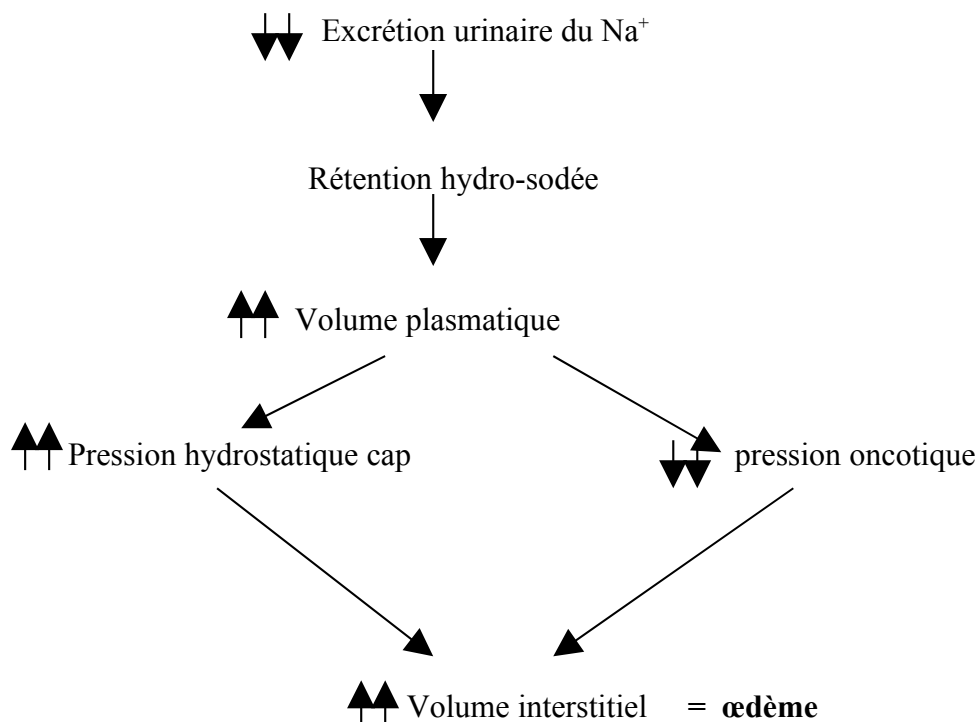
La différence de pression hydrostatique (35 mm hg) est supérieure à la différence de pression colloïde osmotique (25 mm hg), le résultat est un transfert d'eau et des substances dissoutes du plasma vers le liquide interstitiel.

➤ Dans la 2^{ème} partie du capillaire :

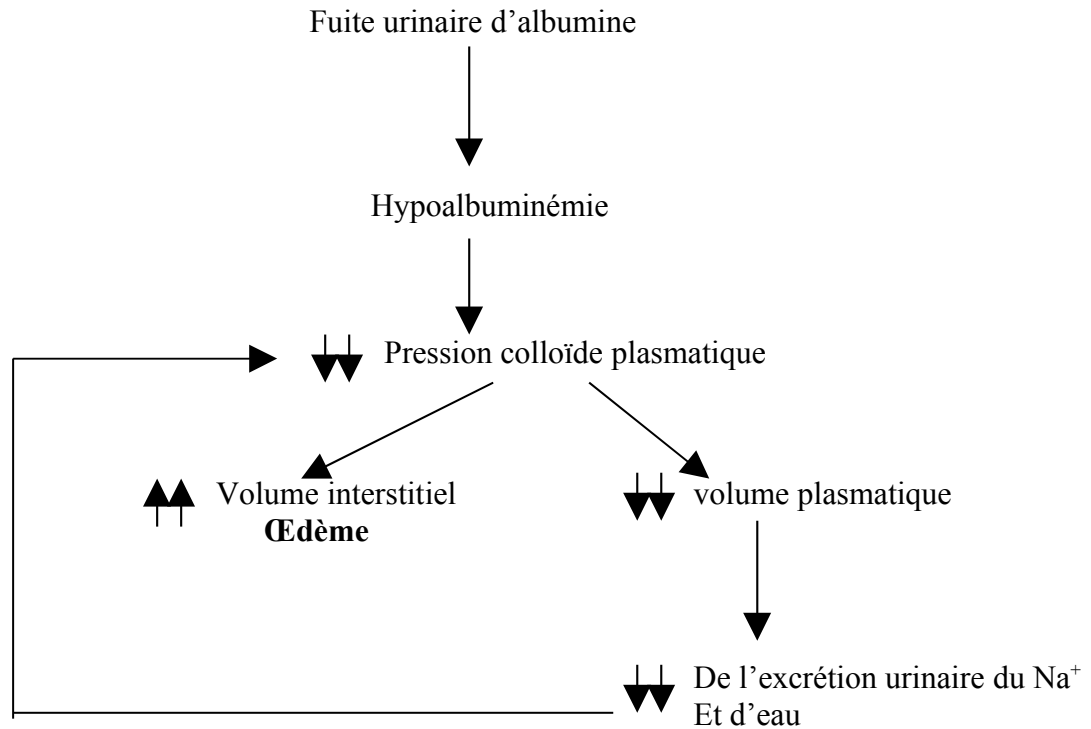
La différence de pression hydrostatique devient inférieure à 15 mm hg alors que la pression colloïde osmotique est de 25 mm hg. Le résultat est un retour de l'eau et des substances dissoutes du liquide interstitiel vers le plasma. La diminution de la pression hydrostatique est due aux résistances du vaisseau à l'écoulement sanguin.

VI- LAS VARIATIONS PHYSIOLOGIQUES ET PHYSIOPATHOLOGIQUES :

- L'exercice physique est responsable d'une production excessive d'eau, cette production engendre une déperdition sous forme de transsudation. Pour que la balance hydrique soit stable il faut compenser ces pertes d'eau.
- L'adaptation thermique au cours du chaud est basée sur une élimination de l'eau sous forme de sueurs, et équilibrée par les phénomènes de la soif et la réduction de l'élimination urinaire de l'eau.
- L'ingestion accrue de sel (NaCl) peut entraîner une ingestion excessive d'eau compensatrice à l'élévation de l'osmolarité efficace extracellulaire. Le chlorure de sodium représente 95 % de l'osmolarité plasmatique.
- Dans certaines pathologies, il y'a rétention de NaCl par voie rénale, l'osmolarité efficace extracellulaire augmente, par conséquent la pression hydrostatique capillaire augmente par rapport à la pression colloïde osmotique (oncotique) le liquide passe du secteur plasmatique vers le liquide interstitiel ; cliniquement c'est l'œdème.
figure : 4 origine de l'œdème par rétention urinaire sodée



- De la même façon, on peut avoir dans des situations pathologiques une fuite urinaire des protéines à l'origine d'une hypoalbuminémie et les conséquences sont élaborées sur la figure : 5



- Une fuite urinaire du NaCl et d'eau entraîne une déshydratation.

