



Tutorat 2023-2024



FORMATION EN SOINS INFIRMIERS

PREFMS CHU DE TOULOUSE

Rédaction 2022-2023

UECP 22

Anatomie et physiologie digestive et
rénale

Les compartiments liquidiens et
physiologie rénale

Ce cours vous est proposé bénévolement par le Tutorat Les Nuits Blanches qui en est sa propriété. Il n'a bénéficié d'aucune relecture par l'équipe pédagogique de la Licence Sciences pour la Santé ni de l'IFSI. Il est ainsi un outil supplémentaire, qui ne se substitue pas aux contenus diffusés par la faculté et l'institut en soins infirmiers.

Rédigé par Sourd Dorian à partir du cours de M.VALLET présenté le 28/02/2023 et le 06/03/2023

Les compartiments liquidiens et physiologie rénale

Dans ce cours, beaucoup de notions sont répétées, repérez les notions répétées et faites des liens. Bon courage :)

I. Homéostasie, milieu intérieur et compartiments liquidiens

a. Milieu intérieur

Le schéma ci-contre représente notre corps et les échanges qu'il peut faire entre les différents compartiments. Les cellules sont représentées au milieu du schéma et sont constituées du liquide intracellulaire (LIC). Elles « baignent » dans le liquide extra-cellulaire (LEC), le tout est enveloppé par les cellules protectrices : la peau. Des interactions sont possibles entre les différents compartiments : avec l'environnement, le tube digestif et les reins par exemple.

L'organisme est un environnement instable avec des entrées et des sorties permanente.

Selon Claude BERNARD à propos du milieu intérieur :

« Cette sorte d'indépendance que possède l'organisme dans le milieu extérieur vient de ce que, chez l'être vivant, les tissus sont en réalité soustraits aux influences par un véritable milieu intérieur qui est constitué par les liquides qui circulent dans le corps. »

b. Homéostasie

Lorsqu'il y a des modifications dans notre corps (baisse de la tension, alimentation, activité musculaire augmentée, brûlures...), elles sont détectées et intégrés puis un système de réponse se met en place. Cette régulation permanente pour rester un état stable correspond au concept d'homéostasie.

Walter CANNON a défini l'homéostasie par :

« C'est l'ensemble des réactions physiologiques coordonnées permettant le maintien à l'état stable des volumes, de la composition et des propriétés physico-chimiques du milieu intérieur et, par extension, des compartiments liquidiens de l'organisme. »

II. Compartiments liquidiens

a. Généralités

L'eau est l'unique solvant des compartiments liquidiens (60% du poids du corps est de l'eau). Les volumes des compartiments liquidiens nécessitent une stabilité qui est vitale pour maintenir le rôle des différents secteurs. Les compartiments liquidiens sont de compositions différentes d'un compartiment à l'autre. Ces différences sont déterminantes pour les équilibres et les échanges inter-compartimentaux. Un petit secteur permet les échanges entre le milieu extérieur et intérieur : le milieu plasmatique.

1) Solutions biologiques

Les solutions biologiques du compartiment liquidien sont de l'eau et des solutés (=particules dissoutes) :

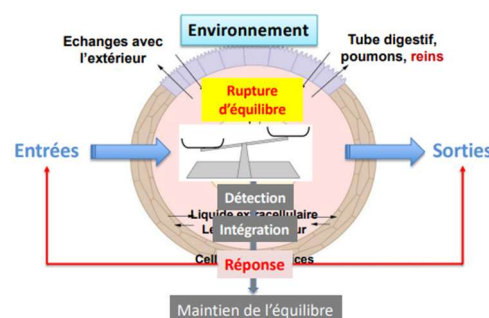
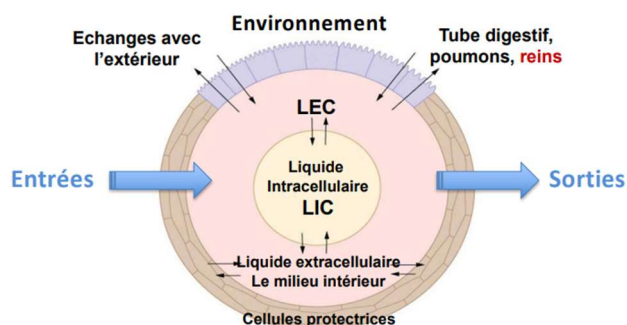
- 95% des solutés sont dissociés en ions chargés électriquement (=électrolytes)
 - o Cations : Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+
 - o Anions : Cl^- , HCO_3^- , PO_4^{3-}
- Les solutés non dissociés sans charge électrique (glucose, urée) sont peu abondants mais nécessaires.

La biologie médicale est l'étude surtout du compartiment plasmatique et des excréta (urines, selles, salive, sueur).

2) Unités de mesure des concentrations de solutés

Unité de concentration pondérale

L'unité de concentration pondérale s'exprime en gramme par litre de solution : g/L, mg/L. Elle est utilisée pour les molécules complexes comme les protéines mais elle n'informe pas sur les proportions moléculaires. Ex : Ag de NaCl a une masse de 600mg de Cl et 400mg de Na mais il y a le même nombre de chaque ion Na^+ et Cl^- .



Unité de concentration molaire

Unité de concentration molaire : molarité

La molarité est le nombre de mole(s) de substance par litre de solution exprimé en mmol/L. Une mole de substance est la quantité de matière contenant $6,023 \cdot 10^{23}$ molécules. La masse d'une mole correspond à la masse moléculaire.

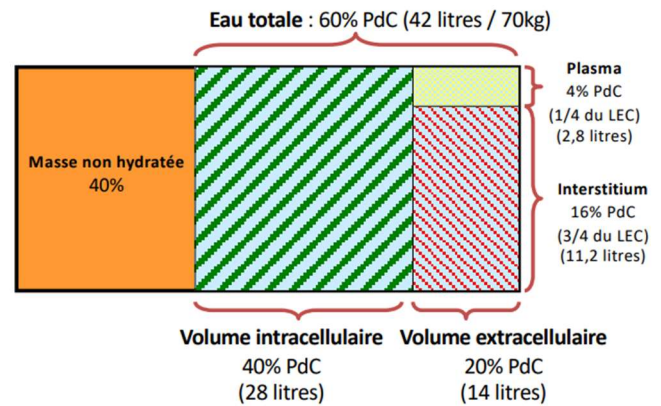
b. Compartiments liquidiens corporels : composition et propriétés

1) Distribution des volumes liquidiens et secteurs liquidiens

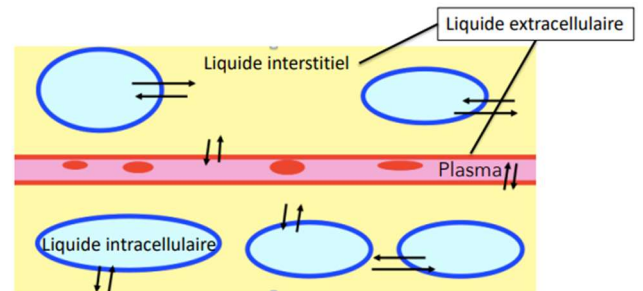
Dans notre corps, la masse non hydratée représente 40% du poids du corps. L'eau du corps se répartie majoritairement en intracellulaire puisque cela représente 40% du poids du corps. Les 20% restant correspondent au volume extracellulaire partagé par le plasma avec 4% du poids du corps et l'interstitium avec 16% du poids du corps.

Si on parle en termes de volume on a :

- Eau totale : 42L
 - o Volume intracellulaire : 28L
 - o Volume extracellulaire : 14L
 - Interstitium : 11,2L
 - Plasma : 2,8L



Dans l'exemple ci-contre est représenté un vaisseau qui traverse un tissu. Le liquide interstitiel (=interstitium) est en jaune et les cellules sont représentées en bleu. Elles contiennent le liquide intracellulaire. Le liquide interstitiel et le plasma représente le liquide extracellulaire. Au quotidien il y a des échanges entre le secteur plasmatique et le secteur interstitiel puis entre le secteur interstitiel et le secteur intracellulaire pour l'apport de nutriments, messages hormonaux, déchets...



2) Contenu corporel en eau

Les muscles sont composés à 80% d'eau et le tissu adipeux à 10%. Au cours de la vie, le pourcentage d'eau dans le corps diminue liée à une augmentation de la masse non hydratée.

3) Particularités du secteur plasmatique

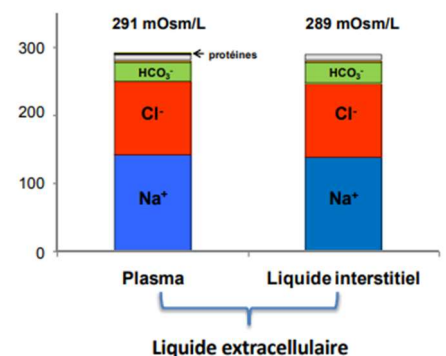
Le secteur plasmatique permet les échanges entre le milieu extérieur et notre organisme via le milieu interstitiel jusqu'aux cellules. Il a un faible volume (2,8L) mais l'avantage de circuler rapidement (2,5 à 3L/min) et de faire plusieurs fois le tour du corps. L'inconvénient est qu'il a un faible effet tampon.

Il permet aussi un accès facile pour l'étude clinique de l'eau et des solutés. C'est une voie d'entrée pour les solutés et nombreuses substances pharmacologiques.

4) Composition du liquide extracellulaire

Etudier la composition du volume extracellulaire revient à étudier la composition du plasma et du liquide interstitiel. La composition est presque identique entre le plasma et le liquide interstitiel mais elle varie en terme de protéines car les parois des capillaires sont très perméables aux solutés mais pas aux protéines.

Le liquide extracellulaire est composé en majorité de sodium Na^+ puis de chlore Cl^- et de bicarbonate HCO_3^- . Le plasma et le liquide interstitiel sont électriquement neutres.



5) Valeurs usuelles de l'ionogramme plasmatique

Voici les valeurs détaillées de la composition du plasma. Le sodium est en quantité majoritaire, puis vient le chlore, le bicarbonate. Le potassium est très important pour l'organisme mais il est présent en faible quantité.

L'osmolalité est un reflet de l'intégralité de toutes les substances dissoutes dans l'eau. Elle dépend de la concentration des éléments et elle permet de voir si la quantité d'eau est normale dans un secteur liquidien.

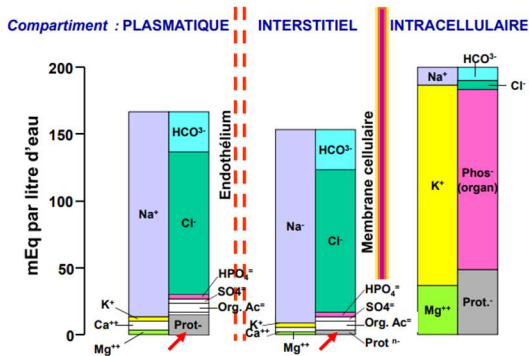
Nom	Abréviation chimique	Valeurs usuelles (mmol/L)	
		Min	Max
Sodium	Na ⁺	136	144
Potassium	K ⁺	3,5	5,0
Chlore	Cl ⁻	98	106
Bicarbonates	HCO ₃ ⁻	22	28
Osmolalité		280	300
Calcium	Ca ²⁺	2,20	2,60
Magnésium	Mg ²⁺	0,70	1,10
Phosphates	HPO ₄ ²⁻	0,80	1,30

6) Composition du liquide intracellulaire

Le liquide intracellulaire a une composition très différente du liquide extracellulaire. Le cation le plus important est le potassium, puis vient le magnésium et le sodium. L'anion le plus important est le phosphate, les protéines (électriquement neutres) arrivent en second puis vient le phosphate et le chlore.

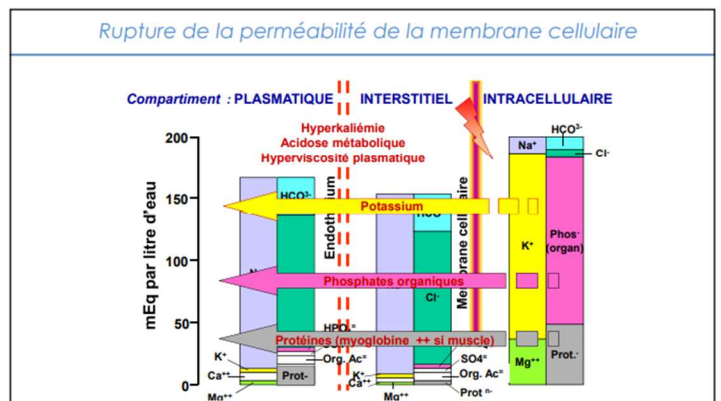
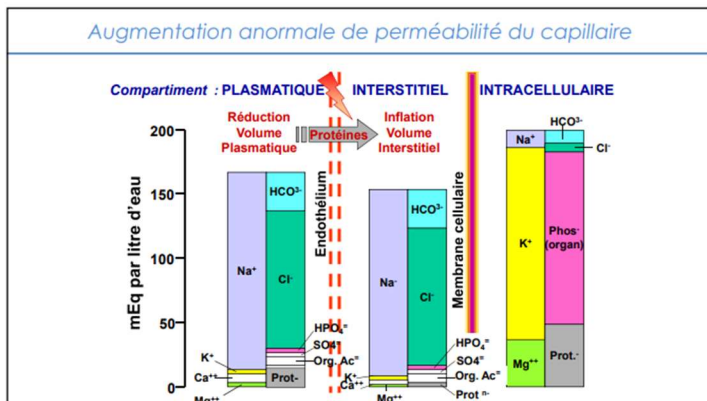
Les dosages intracellulaires sont compliqués et il y a une hétérogénéité d'un tissu à l'autre et d'une zone de la cellule à l'autre (mitochondrie, lysosome, cytoplasme...)

7) Différences entre les compartiments



Les zones d'échanges entre les différents compartiments ne doivent faire passer que certains éléments et en retenir d'autres. La zone d'échange entre le secteur plasmatique et le secteur interstitiel est l'endothélium du capillaire. Le zone d'échange entre le secteur interstitiel et intracellulaire est la membrane cellulaire. S'il y a une hyperperméabilité entre les différents secteurs il peut y avoir des conséquences graves.

Par exemple, si le capillaire devient perméable aux protéines, il y a une augmentation du volume interstitiel car elles vont remplir celui-ci qui en est

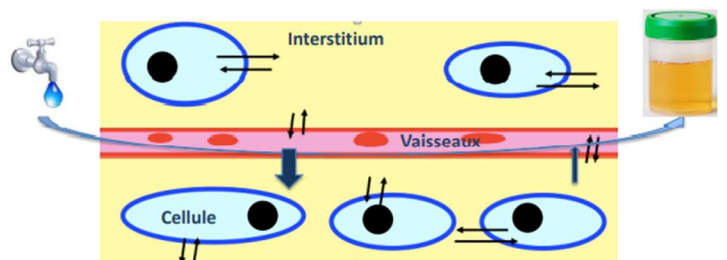


normalement dépourvu. Si la membrane cellulaire devient très perméable (dans le cas d'un membre écrasé par exemple) le contenu des cellules se déverse dans le secteur interstitiel et on a une augmentation brutale de concentration en potassium (responsable de trouble du rythme), des phosphates et des protéines.

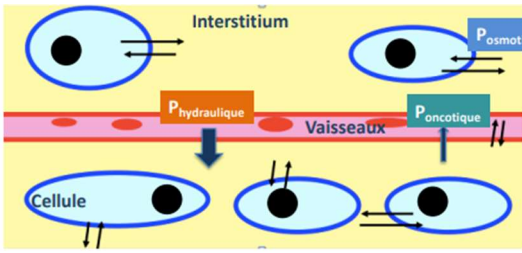
c. Transports et échanges entre compartiments

1) Mouvements d'eau de l'organisme

La membrane cellulaire et la paroi capillaire sont très perméables à l'eau. Elle peut donc se déplacer d'un compartiment à l'autre.



2) Forces déterminants les mouvements d'eau



Ces échanges sont régulés par différents types de pression. Au niveau de la cellule, les transferts d'eau entre le secteur intracellulaire et l'interstitium dépend de la pression osmotique.

Au niveau du vaisseau, la régulation se fait par la pression hydraulique (=hydrostatique) et la pression oncotique.

- $P_{hydraulique}$ = Aussi appelée pression hydrostatique, elle correspond à la pression exercée sur la paroi capillaire. Elle est générée par le système cardiovasculaire (=pression artérielle).
- $P_{oncotique}$ = Elle correspond à la pression exercée par la différence de concentration des protéines entre le secteur plasmatique et le secteur interstitiel faisant attirer l'eau (l'eau se déplace vers le secteur ayant le plus de protéines)
- $P_{osmotique}$ = qui est la différence de concentration de tous les solutés dissous dans les secteurs liquidiens intra et extracellulaire.

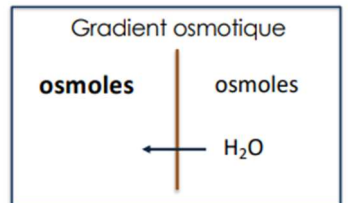
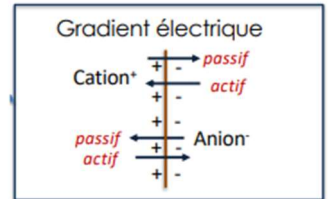
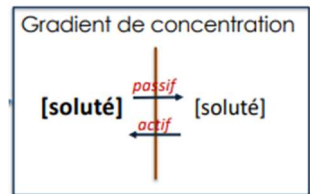
3) Transport des substances au niveau de la membrane cellulaire

Au niveau de l'interstitium il y a une diffusion (sauf pour les protéines) en fonction du gradient de concentration.

Le transport passif se fait selon le gradient osmotique ou électrochimique et ne requiert pas d'énergie métabolique. Les éléments se déplacent de la zone plus concentrée vers la zone moins concentrée.

Le transport actif se fait contre un gradient électrochimique et requiert l'énergie métabolique (ATP). Les éléments se déplacent de la zone moins concentrée vers la zone plus concentrée.

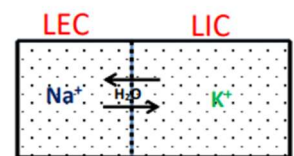
Au niveau de la cellule on retrouve un gradient électrochimique : les électrolytes sont plus finement triés et en plus du gradient de concentration, on retrouve aussi un gradient électrique (en fonction de la charge). La membrane a une différence de potentiel : elle est négative à l'intérieur et positive à l'extérieur. Les cations vont donc rentrer plus facilement dans la cellule tandis que les anions nécessiteront un passage par un transport actif.



4) Pression osmotique

L'eau peut passer au niveau de la membrane cellulaire par transport passif selon un gradient osmotique. Elle est à l'équilibre et celui-ci peut être dérégulé si l'osmolalité (concentration des solutés) est modifiée car l'eau se dirige spontanément vers le secteur ayant une plus grande concentration d'osmole. L'objectif est de maintenant les mêmes concentration d'osmole de part et d'autre de la membrane cellulaire (car l'endroit plus concentré sera *in fine* plus dissout par l'eau).

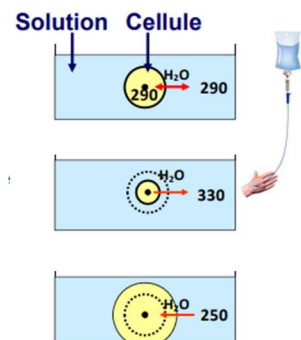
La concentration en sodium dans le liquide extracellulaire est la même que pour le potassium dans le liquide intracellulaire. La pression osmotique générée est donc la même ce qui a pour conséquence de maintenir à l'équilibre les échanges d'eau. Il n'y a donc naturellement pas de variation de volume intracellulaire.



5) Mouvements d'eau entre les compartiments extra- et intra-cellulaires

Lorsque l'on perfuse un patient, la solution passe d'abord dans le liquide plasmatique (=milieu extracellulaire). Il y a 3 types de solutions faisant varier le volume cellulaire :

- Isotonique : même concentration en molécules osmotiquement actives (ex : sérum physiologique NaCl 0,9%)
- Hypertonique : concentration plus élevée en molécules osmotiquement actives (ex : NaCl 7,5%)



- Hypotonique : concentration plus basse en molécules osmotiquement actives (ex : solution glucosée car le glucose entre dans la cellule pour être utilisée pour la respiration cellulaire).

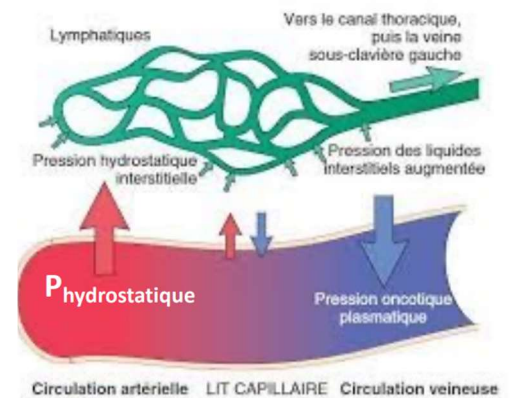
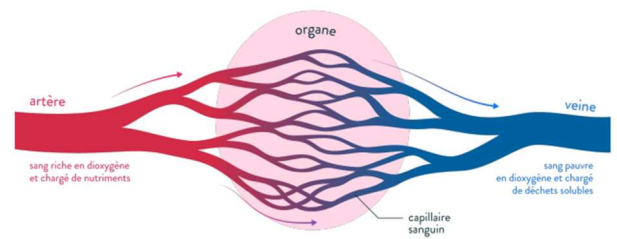
6) Mouvements d'eau entre le plasma et le liquide interstitiel

Les capillaires sont les zones d'échanges entre le secteur plasmatique et le secteur interstitiel. Ce sont des petits vaisseaux mesurant entre 3 à 9µm de diamètre et mesurant entre 0,5 et 1mm de longueur. Dans le corps nous avons 10 milliards de capillaires représentant une surface d'échange d'environ 500 à 1000m² (2,5 à 5 terrains de tennis).

Les mouvements d'eau entre ces deux compartiments dépendent de 3 facteurs :

- Pression hydrostatique (expliqué au II. c. 1)). Elle dépend du cœur, de la gravité et les muscles.
- Pression oncotique (expliqué au II. c. 1))
- Perméabilité du capillaire (coefficient d'ultrafiltration)

La pression hydrostatique fait sortir l'eau du capillaire tandis que la pression oncotique la ramène. La pression hydrostatique décroît le long du capillaire ce qui a pour conséquence qu'à la fin du capillaire artériel il y a plus d'entrée d'eau qu'au début. En temps normal il y a plus de sortie d'eau que d'entrée car la pression hydrostatique est plus élevée sur le versant artériel que veineux. L'excès d'eau est ensuite récupéré par la circulation lymphatique qui draine son contenant vers la veine cave inférieure.



7) Formation des œdèmes

Un œdème est une accumulation d'un excédent de liquide dans le secteur interstitiel. Ils sont cliniquement visibles s'il y a une augmentation d'eau qui dépasse 3 à 4L. Ce type d'œdème est blanc, mou et il marque le godet.



8) Mécanismes de la formation des œdèmes

Le premier mécanisme est l'augmentation de la pression hydrostatique capillaire au niveau veineux (pas au niveau artériel car les sphincters pré-capillaires la régule, voir cours physio cardiaque). C'est ce qu'il se passe lors d'une insuffisance cardiaque : Le cœur n'arrive plus à éjecter le sang du secteur veineux au secteur artériel causant une accumulation de sang dans le secteur veineux, ce qui entraîne une augmentation de la pression hydrostatique et donc la formation d'œdèmes.

Le deuxième mécanisme est lorsque la pression oncotique est diminuée en cas d'hypoalbuminémie notamment. Les protéines attirent moins l'eau jusqu'au capillaire et elle reste dans le liquide interstitiel.

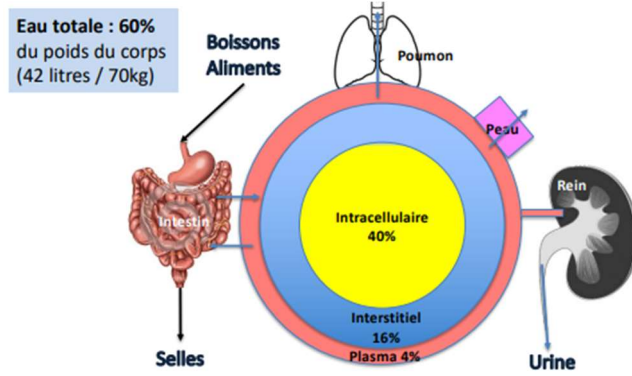
Le troisième mécanisme est l'augmentation brutale de la perméabilité capillaire aux protéines (chocs toxiques par exemple)

Le quatrième mécanisme est l'obstruction lymphatique qui sert à drainer l'eau résiduelle dans le liquide interstitiel.

d. Bilan hydrique

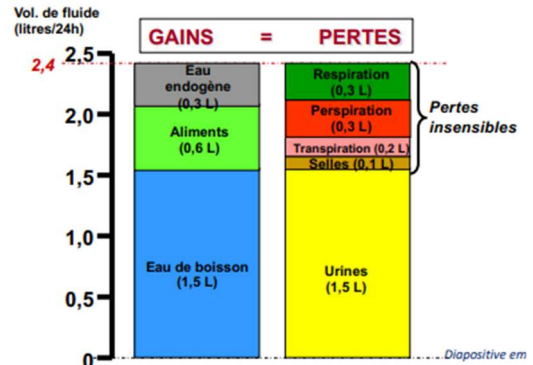
L'eau a un rôle de solvant via le remplissage des compartiments liquidiens mais elle sert aussi à l'élimination des déchets dans les urines et l'excédent de température via la thermolyse (sudation).

1) Zones d'échange avec le milieu extérieur

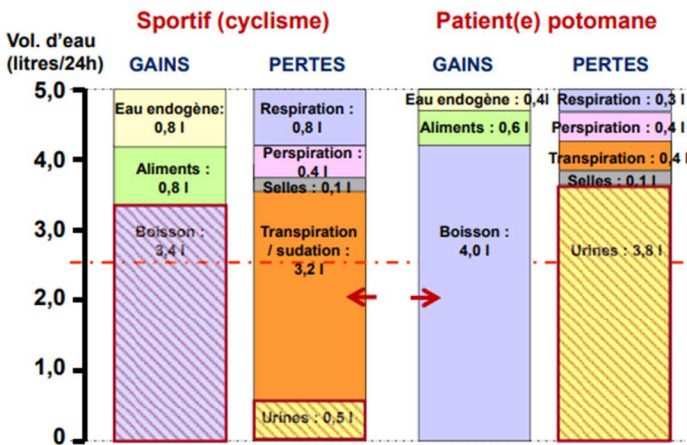


2) Bilan hydrique quotidien

L'eau est apportée dans notre corps par les boissons (1,5L) et l'eau contenue dans les aliments (0,6L) mais aussi par notre métabolisme (eau endogène : 0,3L). Il existe des pertes d'eau insensibles : respiration (0,3L), perspiration (0,3L), transpiration (0,2L) et selles (0,1L). Les pertes d'eau sensibles sont les urines (1,5L).



3) Exemples d'ajustement du bilan hydrique



Un sportif a besoin de s'hydrater plus et il transpire plus tout en urinant moins.

Un potomane boit beaucoup mais ne fait pas d'exercice. C'est donc les urines qui vont évacuer l'eau.

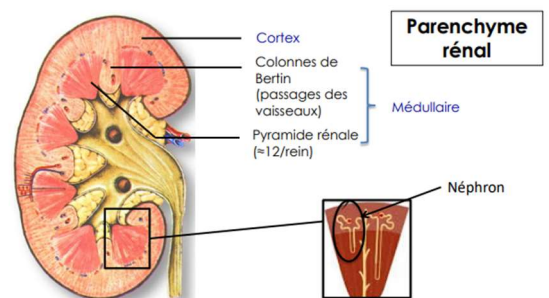
III. Physiologie rénale

a. Anatomie rénale

Les reins sont en forme de haricot et pèsent 150g chacun. Ces organes sont pairs et ils mesurent 11 à 12cm de haut pour 6cm de large et 3cm d'épaisseur.

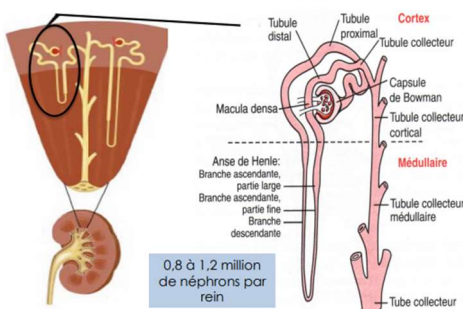
Ils sont entourés d'une capsule rénale en 2 parties :

- Partie externe fibreuse et protectrice : parenchyme
- Partie interne grasseuse : voies urinaires



Le parenchyme rénal est composé de pyramides, de colonnes où passent les vaisseaux et du cortex. Dans les pyramides et le cortex se situent les néphrons : les unités de filtration du sang qui permettent la formation de l'urine.

Unité fonctionnelle du rein : le néphron



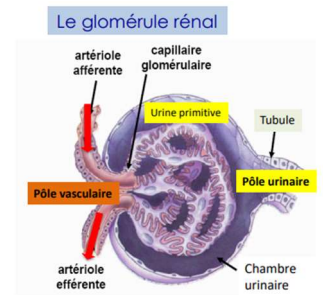
Dans le corps il y a 0,8 à 1,2 million de néphrons par rein. Ils sont constitués du capillaire glomérulaire, permettant une première filtration du sang et du tubule servant à fabriquer l'ultrafiltrat d'urine.

Ce capillaire a la grande particularité d'être artériolo-artériolaire, c'est-à-dire que du sang oxygéné arrive au glomérule, et il ressort tout aussi oxygéné. En revanche, sa composition en eau et déchets est différente.

Le tubule rénal est composé de 3 parties :

- Tubule proximal : part du glomérule et s'enfonce dans la médullaire
- Anse de Henlé : uniquement présente dans la médullaire
- Tubule contourné distal : se jette dans le canal collecteur

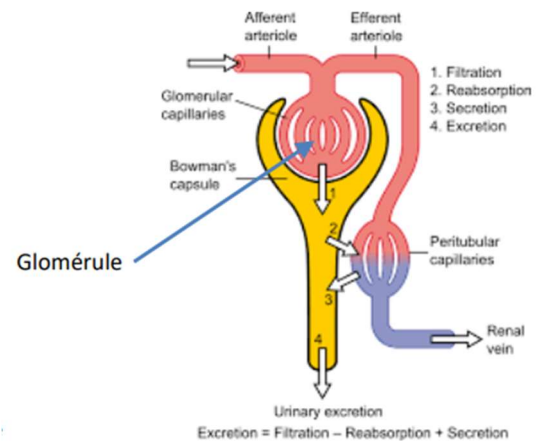
Le canal collecteur récupère plusieurs tubules contournés distaux pour ensuite acheminer l'urine jusqu'à l'extérieur du rein. Depuis le glomérule jusqu'à la sortie du canal collecteur il va y avoir un remaniement de l'urine.



La vascularisation rénale est importante : 1L/min ce qui correspond à 20% du débit cardiaque au repos, pour 0,5% du poids du corps (1/3 de plus que le cerveau). La distribution est néanmoins hétérogène au sein du rein puisque le cortex contient 90% du débit sanguin rénal. Cette hypervascularisation sert à la fonction de filtration glomérulaire (le tri de déchets du sang).

La médullaire est vascularisée par 10% de la vascularisation totale du rein et est donc sensible à l'ischémie.

Cheminement du sang en cours de filtration : le sang arrive depuis une artériole afférente jusqu'au glomérule. Une filtration a lieu au niveau du glomérule qui vient déverser le filtrat dans la capsule de BOWMAN (première partie du tubule contourné proximal). Néanmoins, des éléments peuvent être réabsorbés pour revenir dans la circulation au niveau du pôle artériolo-veineux pour rejoindre la circulation veineuse. Cela fonctionne aussi dans l'autre sens, des éléments qui n'ont pas été filtrés par le glomérule peuvent être sécrétés depuis l'artériole dans le tubule. L'excrétion est donc :



$$\text{Excrétion} = \text{filtration} - \text{réabsorption} + \text{sécrétion}$$

b. A quoi servent les reins ?

Les reins servent à produire l'urine. L'urine est de l'eau qui contient :

- Produits du catabolisme (urée, créatinine, acide urique, ammonium) en fonction des apports
- Excédents d'électrolytes (Na, K, Ca, Mg, Phosphates...) en fonction des apports
- Dilués ou non dans un excédent d'eau, en fonction des apports

Les urines ne contiennent pas certaines substances à potentiel énergétique (glucose) ou vitales (bicarbonates...).

1) Maintenir stable le milieu intérieur

La principale fonction des reins est de maintenir le milieu intérieur constant face à un environnement extérieur instable. Cette régulation est fine comme pour la kaliémie ([K⁺]), la natrémie ([Na⁺]), l'osmolalité ou le pH comparé à l'amplitude d'excrétion urinaire possible par jour.

2) Epuration sélective

Certaines substances sont présentes dans le plasma et pas dans l'urine (substances « utiles »). Ce sont :

- Protéines : 72g/L
- Glucose : 5,5 mmol/L
- Bicarbonates : 25 mEq/L

Concentration plasmatique	Nom	Excrétion urinaire par jour	
136-145 mmol/L	Sodium	<2	>500
3,5-5,0 mmol/L	Potassium	20	>100
280-300 mmol/kg	Osmolalité	50	1200
7,38-7,42	pH	4,5	8,5

On a aussi des substances présentes en faible quantité dans le plasma et en grande quantité dans l'urine (déchets) :

- Urée peut être 50 fois plus concentrée dans l'urine que dans le sang (sang environ 4 mmol/L)
- Créatinine peut être 50 à 120 fois plus concentrée dans l'urine que dans le sang (sang : 90 µmol/L)

On a aussi des substances absentes du plasma et présentes dans les urines :

- Ammonium (NH₄⁺) qui est une production rénale afin d'éliminer l'acidité, 30 à 70 mmol/L

3) Les fonctions rénales

Maintien de l'homéostasie hydro-électrolytique :

La perte de la fonction rénale cause des désordres électrolytiques :

- Hyperkaliémie
- Diminution des bicarbonates et du pH (acidose)
- Hyponatrémie (accumulation d'eau)
- Hypocalcémie (défaut de vitamine D active)
- Hyperphosphatémie
- Hypermagnésémie

Epuration des produits de métabolisme :

La perte de la fonction rénale cause une accumulation de produits du catabolisme :

- Catabolisme des protéines
 - o Urée
 - o Acidose métabolique
- Catabolisme des purines
 - o Acide urique
 - o Acidose métabolique
- Métabolisme musculaire
 - o Créatinine

Rôle endocrine :

La perte de la fonction rénale cause un défaut de synthèse hormonale :

- Calcitriol (vitamine D activée par hydroxylation par le rein)
 - o Stimule l'absorption intestinale du calcium
 - o Défaut => hypocalcémie, déminéralisation osseuse
- Rénine
 - o Rôle dans la régulation de la pression artérielle
 - o Défaut => altération de l'adaptation à l'hypovolémie
- Erythropoïétine (EPO)
 - o Stimule la synthèse de globule rouge
 - o Défaut => anémie

c. La fonction rénale : débit de filtration glomérulaire

1) Formation de l'urine : généralités

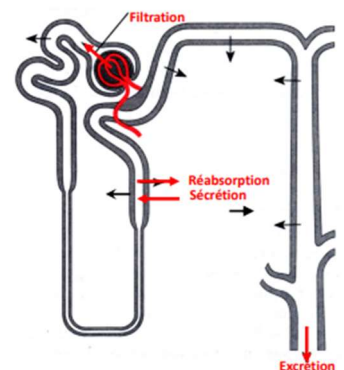
La filtration du plasma par les glomérules donne un ultrafiltrat du plasma : l'urine primitive. Ce filtrat glomérulaire est délivré aux tubules rénaux. Les transports tubulaires (réabsorption/sécrétion) permettent d'ajuster la composition de l'urine définitive.

2) Qu'est-ce que la fonction rénale ?

La filtration glomérulaire est l'étape initiale et déterminante de la formation des urines. En conséquence, le débit de filtration glomérulaire (DFG) est le meilleur index global de la fonction « rénale » chez un sujet sain ou malade.

Le DFG représente 20% du débit plasmatique rénal (120mL/min). Chaque jour nos reins filtrent :

- Environ 180L d'urine primitive
- 16 fois la totalité du volume extracellulaire (1fois toutes les 80 minutes)
- 58 fois le secteur plasmatique (1 fois toutes les 25 minutes).



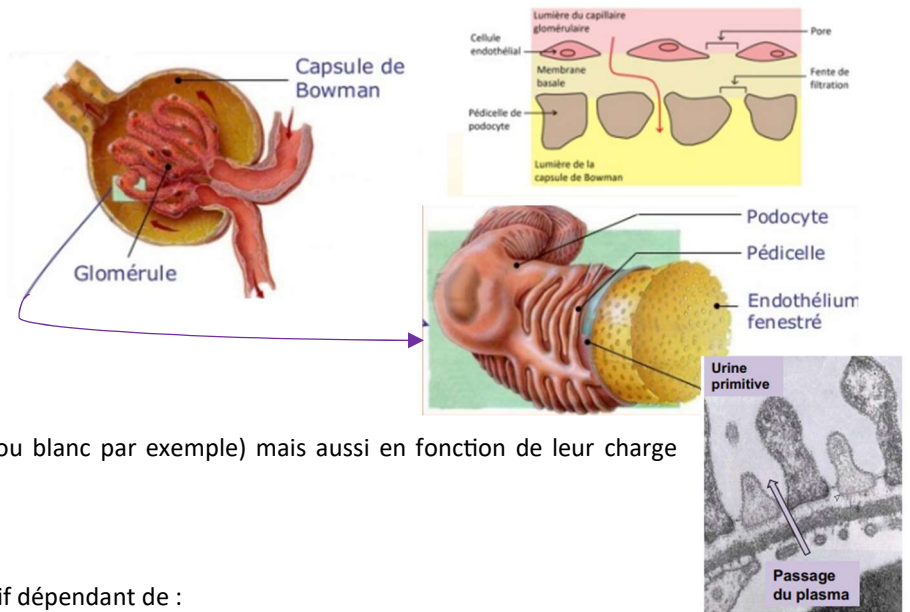
La proportion du filtrat finalement excrétée représente en moyenne 1,5L, soit moins d'1% de l'urine primitive initialement formée.

3) Le filtre glomérulaire

Les 3 structures du filtre glomérulaire :

- Endothélium capillaire fenêtré
- Membrane basale
- Podocytes (cellules épithéliales)

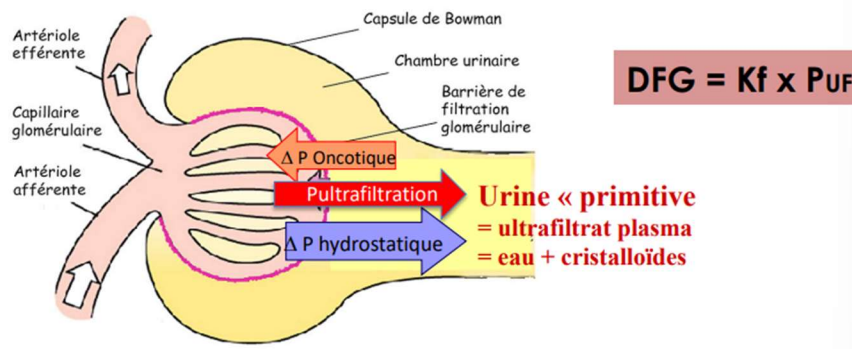
Sur le schéma en haut à droite, pour passer du capillaire au tubule, le sang va devoir franchir la membrane basale et les podocytes et leurs pédicelles. Ce filtre glomérulaire est très sélectif et il permet de laisser passer des substances ou non en fonction de leur taille (globules rouges ou blanc par exemple) mais aussi en fonction de leur charge électrique (répulsion des charges négatives).



4) Principe de filtration glomérulaire

La filtration glomérulaire est un phénomène passif dépendant de :

- Pression d'ultrafiltration qui est la différence entre la pression hydrostatique et la pression oncotique. Etant donné que ces deux pressions sont opposées et que la pression hydrostatique est plus forte, cela nous donne donc la pression qui amène le liquide à sortir du capillaire (c'est comme si une voiture avançait de 10km/h et que quelqu'un essayer de la tirer en arrière de 3km/h. La voiture avance donc de 7km/h au totale. Dans le glomérule, pression oncotique = personne qui tire ; pression hydrostatique = voiture ; pression ultrafiltration = avancée totale de la voiture)
- Coefficient de filtration (dépend de la perméabilité du filtre et de la surface du capillaire glomérulaire)



5) Quand faut-il évaluer la fonction rénale ?

- Découverte d'une HTA
- Dépistage d'une hématurie/d'une protéinurie
- Diabète
- Désordres électrolytiques/œdèmes généralisés
- Administration d'une substance à élimination rénale (iode, certains médicaments...)
- Etc...

6) Détermination de la fonction rénale

Mesure du débit de filtration glomérulaire :

Elle repose sur la notion de clearance plasmatique d'une substance. C'est le volume théorique de plasma totalement épuré de la substance par unité de temps (mL/min). La clearance rénale d'une substance est la quantité de substance éliminée dans les urines en 1 minute.

- C_s = Concentration de la substance
- $[U]_s \times V$ = Débit urinaire
- $[P]_s$ = pression de la substance dans le plasma

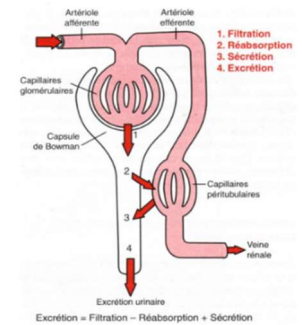
$$C_s = \frac{[U]_s \times \dot{V}}{[P]_s}$$

Rappel : une substance peut être filtré au niveau du glomérule, réabsorbée au niveau de tubule vers le capillaire et sécrétée depuis le capillaire vers le tubule.

Donc quantité filtrée = quantité excrétée – quantité réabsorbée + quantité sécrétée

Un traceur idéal du débit de filtration glomérulaire est une substance :

- Librement filtrée
- Ni sécrétée, ni absorbée
- Ni métabolisée, ni produite par le tubule rénal



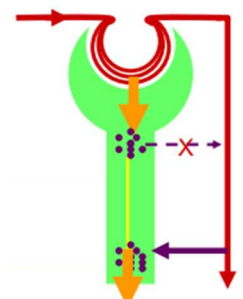
Pour ce type de substance, quantité filtrée = quantité excrétée. Si on calcule la clearance de cette substance, on obtient alors le débit de filtration glomérulaire.

Aucune substance endogène ne répond à ces critères. Si on veut utiliser cette technique, on doit administrer un traceur exogène comme l'EDTA pour obtenir un « gold standard ». Ceci est coûteux et long et n'est réservé que pour des situations particulières. Néanmoins, on connaît exactement le débit de filtration glomérulaire à un instant t.

Estimation du débit de filtration glomérulaire :

On réalise donc des estimations du débit de filtration glomérulaire grâce à un traceur endogène : la créatinine.

La créatinine est une substance produite par le métabolisme musculaire et son élimination rénale est stable au quotidien. Elle est librement filtrée au niveau du glomérule, elle n'est pas réabsorbée au niveau du tubule mais elle est sécrétée au niveau du tubule. C'est donc un traceur qui surestime le DFG.



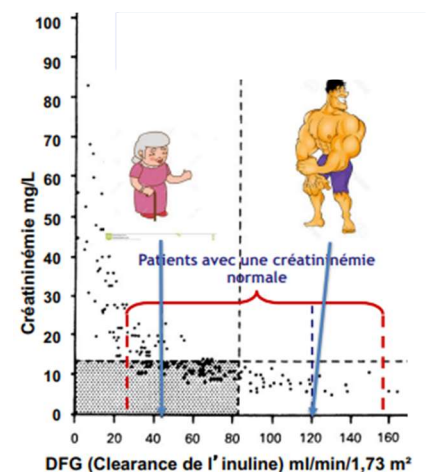
La production de créatine dépend :

- Anthropométrie
 - o Sexe, âge, gabarit, ethnie
- Pathologie musculaire
- Alimentation
- Activité physique

Créatininémie :

- Chez la femme : 45-85µmol/L (5-10mg/L)
- Chez l'homme : 60 à 110µmol/L (7-12mg/L)

Dans le tableau ci-contre, on met en relation les mesures de la créatine plasmatique avec le débit de filtration glomérulaire associé. Les créatines normales sont sous le trait pointillé noir horizontal. On remarque que pour une même valeur de créatininémie, on a des DFG différents : Pour un sujet dont la créatininémie est de 10mg/L (88,5 µmol/L), l'intervalle de confiance du DFG est compris entre 40 et 120 mL/min/1,73m². Un DFG de 120 mL/min/1,73m² est bon pour un sportif tandis que qu'avec la même valeur chez une dame âgée, on obtient une insuffisance rénale à 40 mL/min/1,73m².



On ne peut donc pas utiliser la créatininémie en valeur tel quelle dans le plasma. On va donc utiliser des formules d'estimations et notamment la CKD-EPI recommandée par l'HAS.

- Cockcroft-Gault (ml/min) : Non recommandé par l'HAS
- MDRD (ml/min/1.73m²) : Désormais plus recommandé par l'HAS
- **CKD-EPI (ml/min/1.73m²) : Recommandée par l'HAS**
 - Paramètres : créatininémie, âge, genre
 - Limites : âge>75 ans, maigreur (BMI<18) et obésité (BMI>35)

Le laboratoire doit rendre un DFG estimé par une formule lors de tout dosage de la créatininémie

D'autres formules, d'autres marqueurs endogènes (Cystatine C)

7) Valeurs et variations physiologiques du DFG

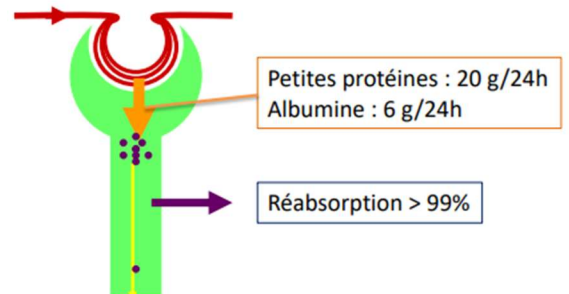
- Adulte jeune (20 – 30 ans) : 120 mL/min/1,73 m²
 - o Homme : 127 ± 20 mL/min/1,73 m²
 - o Femme : 118 ± 20 mL/min/1,73 m²
- Vieillesse
 - o Après 30 ans, diminution de 1 mL/min/1,73 m² par an :
 - 50 ans ≈ 80-120 mL/min/1,73 m²
 - 70 ans ≈ 60-100 mL/min/1,73 m²
 - 90 ans ≈ 40-80 mL/min/1,73 m²
- Grossesse
 - o Second trimestre : 127 ± 29 mL/min/1,73 m²
 - o Troisième trimestre : 158 ± 15 mL/min/1,73 m²

8) Les marqueurs d'atteinte rénale

Ce sont :

- Protéinurie/albuminurie (protéines et albumine dans les urines)
- Hématurie : GR > 10/mm³ (hors cause urologique)
- Leucocyturie : GR > 10/mm³ (en l'absence d'infection)
- Anomalie morphologique des reins

La protéinurie peut être détectée par les bandelettes urinaires et mesurée dans les urines. Au quotidien, on filtre 20 g de petites protéines et 6 g d'albumine. 99% des ces protéines et de l'albumine sont réabsorbées par le tubule pour être renvoyé dans la circulation sanguine.



Les valeurs normales de la concentration en protéine et albumine sont :

- Protéines : moins de 200 mg/24h ou mg/g de créatinine
- Albumine : moins de 20 mg/24h ou mg/g de créatinine

Au-delà on parle de protéinurie et d'albuminurie. Ceci peut avoir lieu à cause d'un défaut du glomérule qui laisse passer trop de protéines ou à cause d'un défaut de réabsorption au niveau du tubule.

Si le défaut a lieu au niveau du glomérule, alors il laisse passer plus facilement l'albumine et lorsque l'on a plus de la moitié d'albumine dans les urines, on parle de protéinurie glomérulaire.

Si le défaut a lieu au niveau de la réabsorption, alors il réabsorbe moins bien les petites molécules, et on parle de protéinurie tubulaire.

9) Utilisation du résultat de DFG

Classification de la maladie rénale chronique, d'après l'HAS, 2012

		DFG mL/min/1,73 m ²	
Insuffisance rénale chronique	Maladie rénale chronique avec DFG normal ou légèrement diminué	Stade 1	≥ 90
		Stade 2	60-89
	IRC modérée	Stade 3A	45-59
		Stade 3B	30-44
	IRC sévère	Stade 4	15-29
IRC terminale	Stade 5	< 15	

Avec marqueurs d'atteinte rénale > 3 mois

On a une insuffisance rénale chronique si DFG < 60 mL/min/1,73 m². On peut aussi avoir des tableaux combinant protéinurie, DFG et niveau d'atteinte rénale. Plus le DFG diminue et plus la protéinurie augmente, plus le patient est à risque. Un patient ayant une protéinurie sans DFG altéré est aussi à risque qu'un patient n'ayant pas de protéinurie mais un DFG altéré.

10) Chiffres en France

L'insuffisance rénale chronique concerne 10% des adultes (près de 3 millions de personne)

En 2018 :

- 90 000 patients en insuffisance rénale terminale
 - o Pres de 50 000 dialysés
 - o 40 000 porteurs d'un greffon rénal

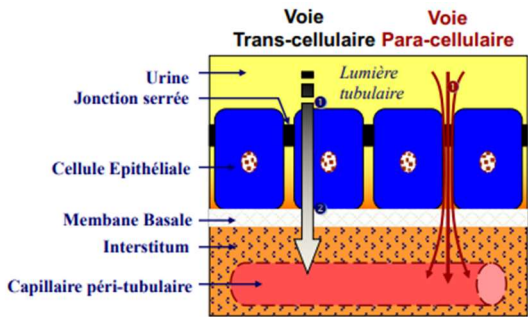
Environ 11 000 nouveaux patients par an en insuffisance rénale terminale.

d. Fonctions tubulaires et homéostasie hydroélectrique

1) Formation de l'urine : généralités

La première filtration est glomérulaire et aboutie à la formation de l'urine primitive qui est un ultrafiltrat de plasma. Mais elle est remaniée par le tubule (sécrétion et réabsorption) ceci dans l'ajuster la composition de l'urine définitive.

2) Voie de transport trans-épithélial



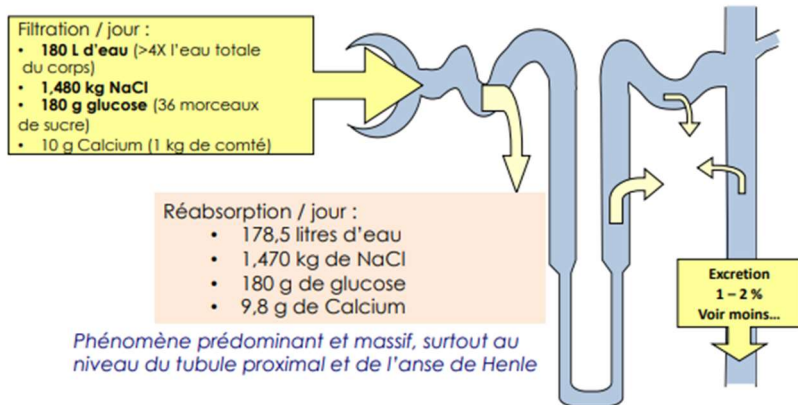
Voie para-cellulaire : perméabilité des jonctions variable suivant le segment (lâche pour TP et BALH et serrée pour TCD et Canal Collecteur)

Sur le schéma ci-contre, on retrouve le capillaire en bas, l'interstitium en orange, la membrane basale en blanc et les cellules épithéliales composant le tubule et reliées entre-elles par des jonctions serrées en bleu. La réabsorption étant prédominante, on va plus la détailler.

Il y a 2 moyens de réabsorption : la voie para-cellulaire permet la réabsorption par un gradient chimique en passant par les jonctions serrées (si une substance est plus concentrée dans le tubule que dans l'interstitium alors elle quitte le tubule). Au fur et à mesure de l'avancée dans le tubule, les jonctions sont de moins en moins perméables et laissent moins passer les éléments.

La voie trans-cellulaire se fait au travers de la cellule et nécessite une entrée au pôle apical et une sortie au pôle baso-latéral. Cette voie nécessite de l'énergie et par exemple pour le sodium qui est très peu présent dans la cellule mais très présent dans le plasma, on va voir une sortie par la pompe Na/K-ATPase. Cette voie est régulable par des hormones qui vont ajuster l'activité des différentes pompes. Cette voie est minoritaire dans la réabsorption.

Chiffres :



Phénomène prédominant et massif, surtout au niveau du tubule proximal et de l'anse de Henle

Il y a une très grande réabsorption au niveau du tubule et en particulier au niveau du tubule proximal avec 60 à 70% de la réabsorption des éléments (eau et sodium par exemple). Plus on chemine, plus la réabsorption diminue en quantité. L'anse de Henlé réabsorbe 20% et pour les segments distaux, la réabsorption est très faible mais bien plus régulée.

Cette différence de fonctionnement des tubules est combinée avec une différence de morphologie des cellules qui composent le tubule. Pour le tubule proximal, on a une bordure en brosse qui permet d'améliorer les échanges avec l'urine primitive et la présence de beaucoup de mitochondries pour faire fonctionner les pompes Na/K-ATPase en raison de la forte nécessité de réabsorber les éléments par la voie trans-cellulaire. La branche de Henlé est assez riche en mitochondrie mais la bordure en brosse est moins développée. Le tubule contourné distal contient des mitochondries en nombre moins important et une disparition des bordures en brosse est à noter. Le canal collecteur quant à lui possède différents types cellulaires assurant d'autres réabsorptions.

3) Homéostasie hydro-électrolytique

Les mécanismes de réabsorption/sécrétion permettent d'éliminer la quantité nécessaire pour le maintien d'un bilan nul (entrées=sorties). Cette régulation fine est remarquable puisque l'excrétion urinaire est très variable alors que les valeurs plasmatiques régulées sont dans des limites étroites.

Concentration plasmatique	Nom	Excrétion urinaire par jour	
136-145 mmol/L	Sodium	<2	>500
3,5-5,0 mmol/L	Potassium	20	>100
280-300 mmol/kg	Osmolalité	50	1200
7,38-7,42	pH	4,5	8,5

IV. Homéostasie hydrique

a. Cas clinique

David, âgé de 40 ans doit passer un scanner abdominal avec injection de produit de contraste iodé. Le bilan biologique qu'il apporte montre une créatinémie à 135µmol/L (normal : 60-110). L'application National Kidney Foundation permet d'estimer le DFG. On trouve 59mL/min/1,73m² de DFG. Il est donc en insuffisance rénale chronique modérée.

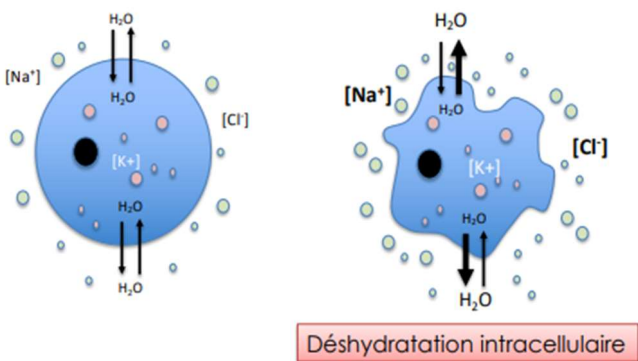
David a peur car on lui a parlé du risque de boire trop, surtout lorsque l'on a une insuffisance rénale.

- Quelle quantité maximale d'eau peut-on boire ?
- Comment le rein peut adapter la quantité d'eau à éliminer dans l'urine ?

b. Fonctions de l'eau, zones d'échange et bilan hydrique quotidien

L'eau a une fonction de remplissage des compartiments liquidiens et une fonction d'élimination de la chaleur (=thermolyse) et des déchets et maintenir l'équilibre hydroélectrolytique via les urines. Les gains sont la boisson, les aliments et l'eau endogène. Les pertes sont insensibles lorsque l'on parle de respiration, de perspiration, de transpiration et des selles, puis sensibles lorsque l'on parle des urines. Au quotidien, il y a autant d'entrée que de sortie.

c. Bilan hydrique négatif



À gauche on retrouve une cellule à l'équilibre hydrique. Il y a la même osmolalité en extracellulaire qu'en intracellulaire donc les mouvements donc ne vont pas plus dans un sens que dans l'autre.

À droite, on est dans la situation d'un bilan hydrique négatif (on fait sortir plus d'eau que ce qu'on ne fait rentrer). La première conséquence est la déshydratation extracellulaire (plasme et liquide interstitiel) et donc l'augmentation en concentration des solutés. Le liquide extracellulaire devient donc hypertonique par rapport au liquide intracellulaire ce qui a pour conséquence un déplacement d'eau de la cellule vers le liquide interstitiel et le plasma. La cellule

est donc déshydratée et elle fonctionne moins bien.

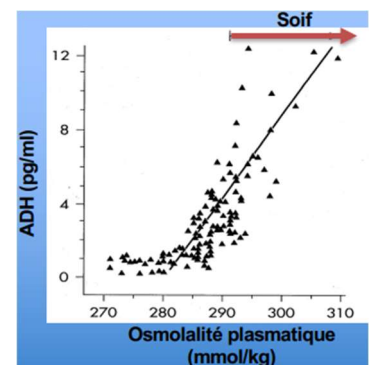
d. Adaptation à la perte hydrique

Lors d'une déshydratation, il y a une stimulation cérébrale favorisant la production d'une hormone anti-diurétique : l'ADH. En parallèle, on a la sensation de soif (la vraie soif, celle qui nous donne très envie de boire). On a donc une adaptation en termes de réduction des sorties (ADH) et d'augmentation des entrées (soif).

1) Epargne hydrique et ADH

La post hypophyse est une structure cérébrale capable de détecter l'augmentation de concentration des osmoles extracellulaires et de sécréter l'ADH.

Sur le graphique suivant, on a mis en relation l'osmolalité plasmatique (=concentration de tous les solutés extracellulaires) en fonction de l'ADH. On voit qu'à partir d'une certaine osmolalité plasmatique, on a une augmentation de la sécrétion d'ADH. La particularité de cette hormone est qu'elle est polypeptidique et elle est donc très rapidement dégradée dans le plasma. L'hypophyse peut donc faire varier la concentration en ADH rapidement et ainsi réaliser une régulation fine permettant d'adapter la concentration des urines pour limiter les sorties d'eau.



2) Transferts néphroniques d'eau

Une fonction rénale normale donne 180L d'urine primitive fabriquée par le glomérule par jour.

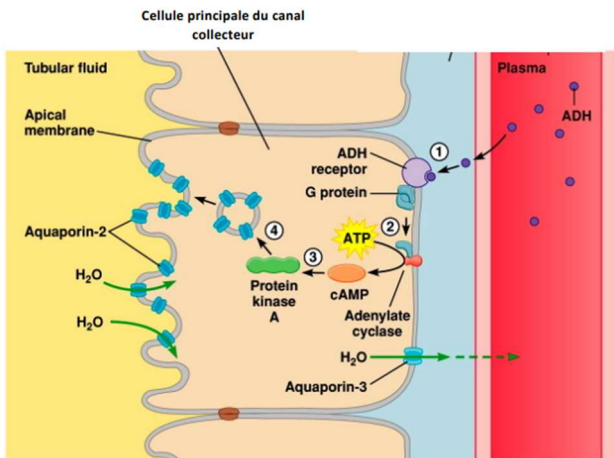
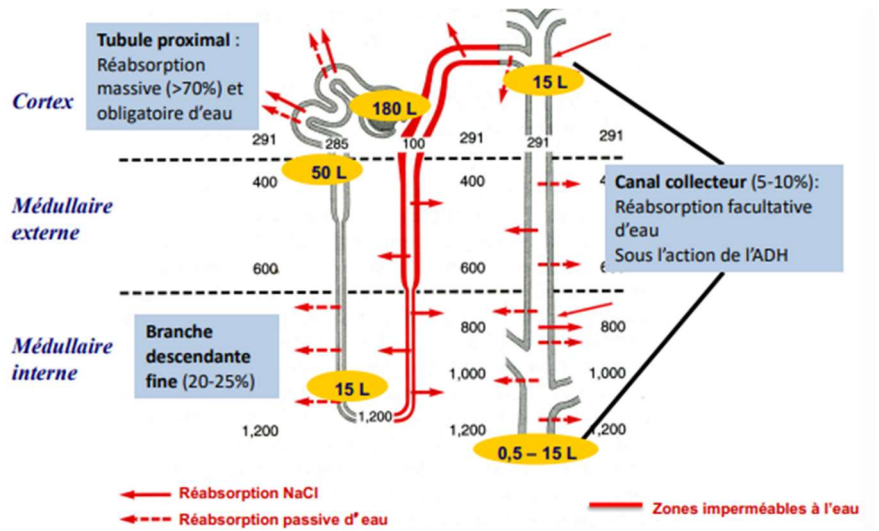
Cette urine primitive est ensuite remaniée par le tubule contourné proximal. Celui-ci réabsorbe 70% de l'eau présente dans les urines primitives et au sortir du tubule contourné proximal, il ne reste plus que 50L d'urine primitive.

Dans la partie descendant de l'anse de Henlé, 20 à 25% de l'eau est réabsorbée et il ne reste plus que 15L d'urine primitive.

Dans la branche ascendante de l'anse de Henlé et le tubule contourné distal (en rouge), il n'y a pas plus réabsorption d'eau mais le sodium continue d'être réabsorbé. On a donc 15L d'urine au début du canal collecteur.

Le canal collecteur a pour rôle de réguler finement l'urine grâce à l'action de l'ADH : il est perméable à l'eau sans ADH et imperméable à l'eau en présence d'ADH. Potentiellement, sans ADH on a 15L d'urine définitive et avec ADH pourrait aller jusqu'à 0,5L. En faisant varier la concentration en ADH, on peut donc faire varier le volume d'urine définitive, ce qui s'accompagne d'une variation de la l'osmolalité de 50 à 1200 mmol/kg.

3) Action de l'ADH sur le canal collecteur



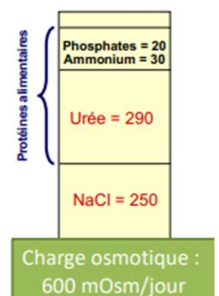
L'ADH est produite par la posthypophyse et circule dans le sang. Arrivé dans le rein au niveau du canal collecteur, elle se fixe au pôle baso-latéral sur un récepteur à ADH. Via une cascade de signaux, des aquaporines sont recrutées pour se fixer sur la membrane au pôle apical. Les aquaporines sont présentes dans toutes les cellules et elles servent de canaux à eau (car l'eau ne passe pas au niveau de la bicouche lipidique).

Au niveau baso-latéral, les aquaporines ne varient pas en nombre et l'ADH n'a pas d'action sur elles.

Donc la membrane apicale est perméable à l'eau uniquement s'il y a de l'ADH et par conséquent si les aquaporines sont exprimées. A noter que cette perméabilité est ajustée en fonction de l'abondance de l'ADH qui se fixe sur les récepteurs.

e. La quantité d'urine dépend aussi de ce qu'on mange

La quantité d'urine dépend de ce qu'on boit régulant ainsi le système ADH, mais elle dépend aussi de ce qu'on mange car on n'élimine pas de l'eau pure. Dans l'urine, il y a des osmoles comme l'urée (déchet issu du catabolisme des protéines), le chlorure de sodium, le phosphate, l'ammonium... La quantité de ces osmoles éliminés par jour donne la charge osmotique. Cette charge dépend des protéines alimentaires et du chlorure de sodium que nous ingérons. A noter que si on mange quelque chose de sucré, le sucre présent n'est pas éliminé dans les urines. En revanche, si on mange quelque chose de salé, le sel est en revanche éliminé dans les urines (=chlorure de sodium).



On prend un individu standard en manque d'eau avec une charge osmotique normale de 600 mOsm/jour. On admet qu'il a la capacité de concentrer ses urines au maximum soit à 1200 mmol/kg.

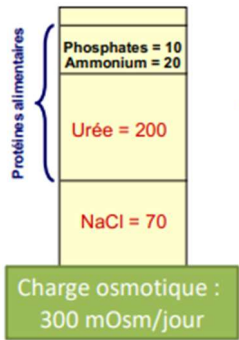
$$\frac{600}{1200} =$$

0,5 ; donc l'individu devra évacuer les 600 mOsm en 0,5L dans la journée. S'il boit moins de 0,5L par jour, il aura quand même une diurèse de 0,5L et il aura donc un bilan hydrique négatif (car il ne peut pas plus concentrer les osmoles).

On prend le même individu standard en excès d'eau avec une charge osmotique normale de 600 mOsm/jour. On admet qu'il a la capacité de diluer ses urines à 50 mmol/kg. $\frac{600}{50} = 12$; donc l'individu devra évacuer les 600 mOsm en 12L dans la journée. S'il boit plus de 12L par jour, il aura quand même une diurèse de 12L et il aura donc un bilan hydrique positif (car il ne peut pas plus diluer les osmoles).



Le rein gère plus facilement la pléthore que la restriction.



En revanche, si ce même individu réduit ses apports alimentaires en sodium et en protéine alimentaire alors sa charge osmotique à éliminer sera plus faible : 300 mOsm/jour.

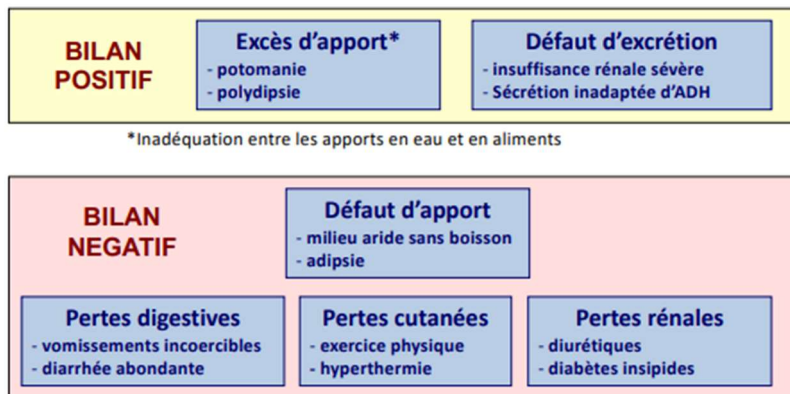
• S'il est en manque d'eau extrême, il concentrera ses urines à 1200 mmol/kg. $\frac{300}{1200} = 0,25$; donc l'individu devra évacuer les 300 mOsm en 0,25L dans la journée. Il pourra restreindre ses entrées d'eau à 0,25L d'eau avec 300 mOsm/jour.



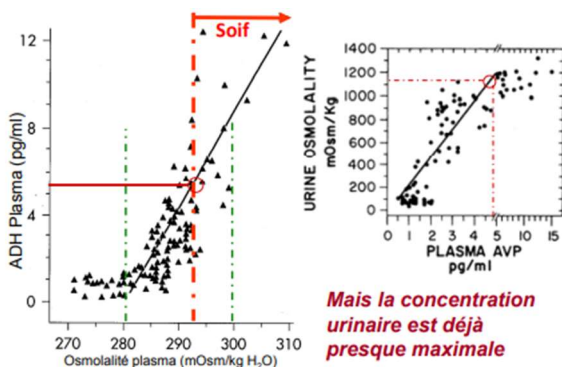
S'il est en excès d'eau, il diluera ses urines à 50 mmol/kg. $\frac{300}{50} = 6$; donc l'individu devra évacuer les 300 mOsm en 6L dans la journée. Il ne pourra pas boire plus que 6L sinon son bilan hydrique se positif.

Chez la personne âgée en restriction sodée à cause d'une hypertension artérielle, il y a une faible charge osmotique. Pendant la canicule, elles ont moins faim et s'hydratent plus. Avec une capacité de dilution des urines affaiblie par l'âge, le volume maximal d'apport en eau ne peut être que de 3L. Donc le risque de déshydratation à cause de la chaleur est tout aussi important que le risque de surhydratation.

f. Causes de rupture du bilan hydrique



g. Boire quand on a soif ?



On fabrique de l'ADH en fonction de la concentration des osmoles plasmatiques. A partir de 294 mOsm/kg d'osmolalité plasmatique, on a une masse volumique en ADH de 5 pg/mL et c'est à partir de cette valeur que l'on ressent la sensation de soif.

Lorsque l'on compare la valeur de masse volumique en ADH dans le plasma et la charge osmotique urinaire, on voit que pour 5 pg/mL on a une concentration d'environ 1 100 mOsm/kg. Donc quand on a soif, on a déjà des urines concentrées au maximum.

h. L'hydratation « optimale »

Une hydratation optimale apporte suffisamment de fluide pour :

- Assurer la réplétion des volumes hydriques

- Eliminer les déchets urinaires en toute sécurité (infection et calculs rénaux)

Apport hydrique adéquat incluant les fluides de boisson et l'eau des aliments :

- 2,0L/jour pour une femme
- 2,5L/jour pour un homme

Donc en boisson :

- 1,5L/jour pour une femme
- 2L/jour pour un homme

i. Résumé homéostasie hydrique

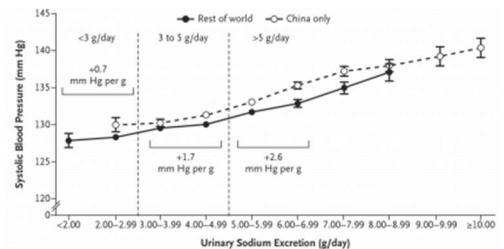
- Le glomérule filtre 180 litres d'eau par jour. En fonction des apports alimentaires d'eau et des pertes extrarénales, le rein adapte précisément l'excrétion urinaire d'eau
- Le volume d'urines peut varier de moins de 1 L par jour à plus de 10 L (les valeurs extrêmes de diurèse dépendent des apports alimentaires en sel et protéines)
- Le rein gère plus facilement la pléthore d'apport hydrique que la restriction

V. Homéostasie sodée

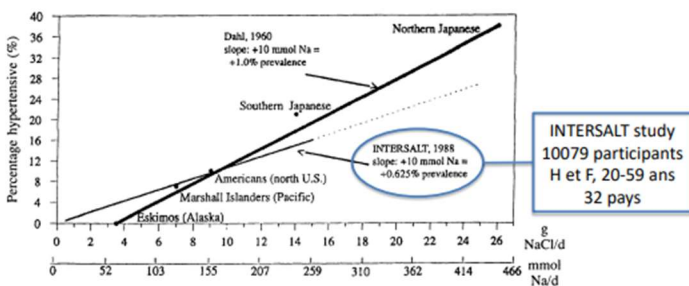
a. Apports sodés et pression artérielle

Patrick, 53 ans, consulte son médecin traitant suite à la découverte en médecine du travail d'une pression artérielle augmentée à 180/90mmHg son médecin l'interroge sur ses apports alimentaires.

- Existe-t-il un lien entre les apports sodés et pression artérielle ?
- Peut-on connaître les apports sodés d'un individu hors de la consultation ?



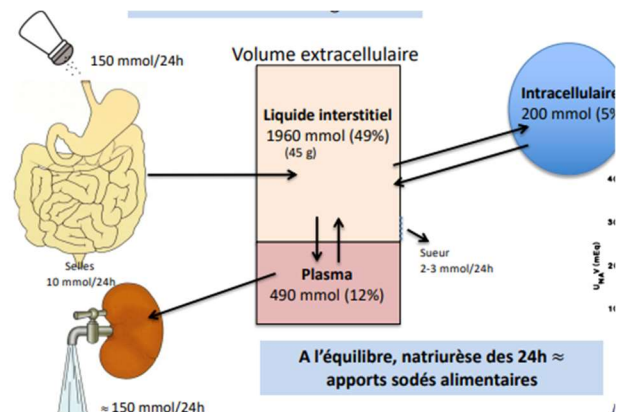
Dans le graphique issu d'une étude de 102 216 participants de 35 à 70 ans répartis sur 667 communautés, 18 pays et 5 continents, on voit que la pression artérielle augmente avec les apports sodés.



On voit ici que le risque d'hypertension artérielle augmente en même temps que les apports sodés.

b. Sodium dans l'organisme

Le sodium dans l'organisme se situe majoritairement dans le liquide extracellulaire, c'est-à-dire dans le liquide interstitiel et le plasma. On a environ 100g de sodium dans le corps soit 4350 mmol. 49% soit 1960 mmol se situe dans le liquide interstitiel et 12% soit 490 mmol dans le plasma. Dans la cellule il y a très peu de sodium : 5% du sodium corporel soit 200 mmol. Le reste se situe dans le tissu conjonctif (secteurs non hydratés).

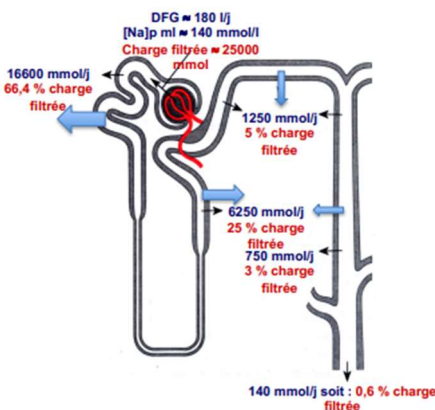


Rappel : même si le sodium est plus concentré en extracellulaire qu'en intracellulaire, il y a au total la même osmolalité (=concentration en soluté) entre ces deux secteurs.

Le sodium est apporté par l'alimentation. Il est faiblement éliminé par les selles et la sueur et on estime que l'élimination sodique rénale correspond aux entrées de sodium par l'organisme en raison de la grande absorption sodique au niveau du tube digestif.

Donc à l'équilibre, la natriurèse des 24h est considérée comme égale aux apports sodés alimentaires.

c. Réabsorption tubulaire du sodium



La concentration sodique plasmatique est élevée : 140 mmol/L et le glomérule filtre 25 000 mmol/j de sodium, ce qui correspond à 1,5kg de NaCl (=sel) par jour.

Comme le glomérule filtre la quasi-totalité du sodium plasmatique, il va falloir le réabsorber au niveau du tubule.

Le tubule contourné proximal effectue le rôle principal de réabsorption : entre 60 et 70%. Cette réabsorption est peu régulée mais elle consomme beaucoup d'énergie via le fonctionnement de la pompe Na/K – ATPase.

Dans la partie ascendante de l'anse de Henlé 25% est filtré, dans le tubule contourné distal 5% est filtré puis dans le canal collecteur 3% est filtré.

C'est dans le canal collecteur qu'agissent les principales hormones de régulation du sodium et donc sur la pression artérielle : l'angiotensine et l'aldostérone. Celles-ci permettent de réguler au gramme près la concentration en sodium éliminée dans les urines.

La réabsorption est inhibée par les diurétiques. La furosémide agit au niveau de l'anse de Henlé, les diurétiques thiazidiques agissent au niveau du tubule contourné distal. Les diurétiques agissant sur le canal collecteur sont moins efficaces (de manière physiologique) : ce sont les diurétiques épargneurs de potassium (antialdostérone ou amiloride)

d. Système rénine-angiotensine-aldostérone

D'autres systèmes agissent pour la régulation du sodium et de la pression artérielle mais le principal est le système hormonal rénine-angiotensine-aldostérone.

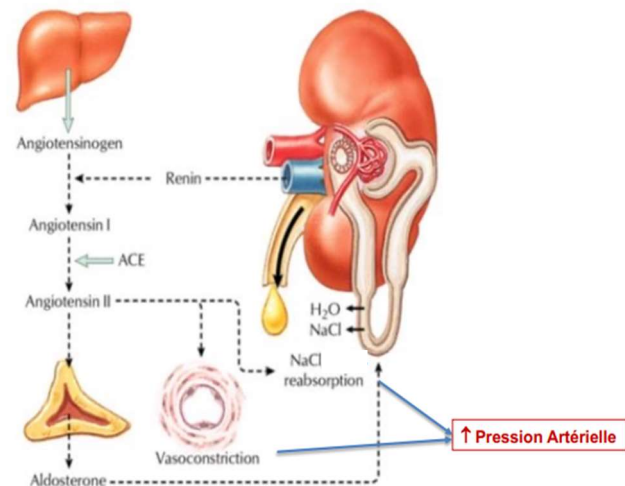
La rénine est une enzyme fabriquée par les reins dans l'appareil juxtaglomérulaire, entre le glomérule et le tubule contourné distal. La sécrétion de la rénine est stimulée par la diminution de la pression capilo-glomérulaire donc la diminution de la pression artérielle mais aussi par le système nerveux végétatif orthosympathique qui est activé lorsque la pression artérielle diminue.

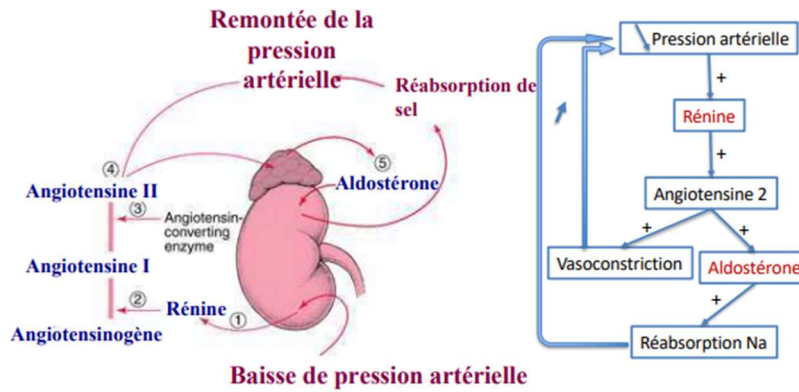
L'angiotensinogène est fabriqué en continu par le foie. La rénine permet de convertir l'angiotensinogène en angiotensine I. Comme la sécrétion de rénine varie, la quantité d'angiotensine I ainsi formée va également varier.

L'angiotensine I va être clivée en angiotensine II via l'enzyme de conversion de l'angiotensine (ACE). L'ACE est fabriquée partout dans le corps mais en particulier par les poumons. Donc si on a de l'angiotensine I, on aura de l'angiotensine II.

L'angiotensine II a plusieurs rôles : elle stimule les surrénales pour fabriquer l'aldostérone (stimule la réabsorption de chlorure de sodium), elle permet la vasoconstriction des vaisseaux et elle stimule la réabsorption de chlorure de sodium.

En résumé : la production d'aldostérone et d'angiotensine permet la régulation de la pression artérielle via la vasoconstriction des vaisseaux et la réabsorption de sodium. (Réabsorption = augmentation de la pression artérielle).



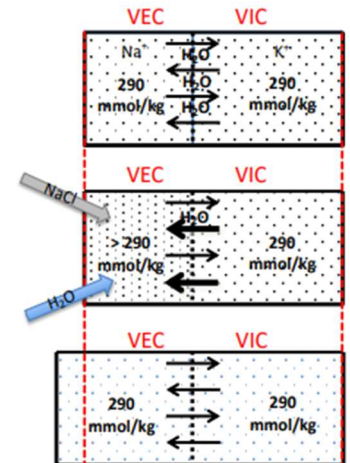


e. Sodium et volume extracellulaire

Pourquoi garder du sodium permet de faire varier la pression artérielle ?

Les points noirs sur le schéma représentent l'osmolalité (=concentration en solutés). Plus les points sont rapprochés et plus la concentration est forte. Dans la situation du haut, il y a la même concentration en extracellulaire qu'en intracellulaire. Les échanges d'eau sont à l'équilibre.

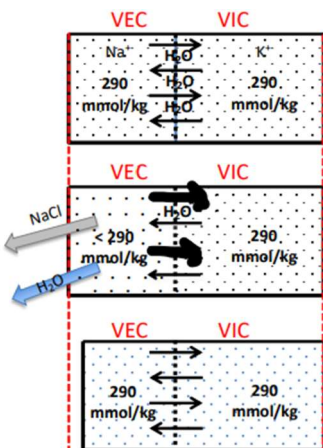
Si on augmente la concentration en sodium du volume extracellulaire, il y aurait normalement un déplacement d'eau de l'intérieur de la cellule vers l'extérieur pour diluer le volume extracellulaire. Néanmoins, cette augmentation de concentration dans le milieu extracellulaire va stimuler la synthèse d'ADH et la soif ce qui provoque une augmentation des entrées d'eau combinée à une diminution des sorties rénales d'eau. Il va en résulter un gain iso-osmotique d'eau c'est-à-dire qu'il y a un apport d'eau jusqu'à avoir un équilibre iso-osmotique entre les 2 compartiments. Par exemple, si on ajoute 9g de chlorure de sodium, on va avoir un gain total d'eau de 1L dans le milieu extracellulaire.



Ce qui fait que la concentration extracellulaire ne varie pas, c'est le volume qui va être modifié. La situation intermédiaire n'est en réalité pas produite du fait des systèmes régulateurs d'ADH et de soif. Au final, si on augmente la concentration dans le liquide extracellulaire, on en augmente le volume sans faire varier le volume intracellulaire.

Ceci marche sous réserve que le système de régulation de l'ADH et la soif soient fonctionnels.

f. Diminution du stock de sodium et volume extracellulaire



Il en va de même pour une diminution de la concentration de sodium dans le liquide extracellulaire :

Hypothétiquement il devrait y avoir un déplacement d'eau du liquide extracellulaire vers le liquide intracellulaire pour amener les 2 compartiment à la même concentration.

En réalité, il y a une inhibition de la production d'ADH et de la soif ce qui cause une diminution des entrées et une augmentation des sorties rénales d'eau aboutissant à une perte iso-osmotique d'eau, c'est-à-dire une perte d'eau jusqu'à avoir un équilibre iso-osmotique entre les 2 compartiments.

Si on enlève 9g de chlorure de sodium en extracellulaire, on enlève 1L de liquide.

Donc que ce soit par une augmentation ou une diminution de l'osmolalité plasmatique, il n'y a au final pas de variation de volume de la cellule ni de variation de concentration des solutés mais il y a une modification de la quantité d'osmole et du volume extracellulaire.

Cette régulation des volumes a un lien avec la pression artérielle. En effet, le volume extracellulaire contient le volume plasmatique (les vaisseaux sanguins) et en sachant que la pression artérielle dépend du volume plasmatique, alors s'il y a une variation du volume extracellulaire alors il y aura une variation de la pression artérielle. Voilà comment l'homéostasie du sodium impacte la pression artérielle.

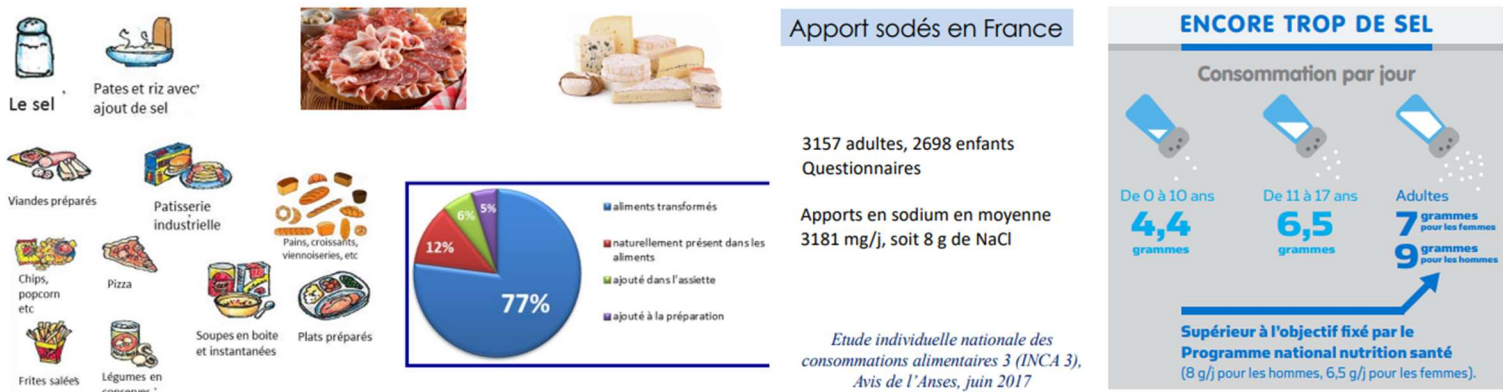
g. Reprise du cas clinique

Un bilan urinaire est réalisé sur Patrick ; Na = 250mmol/24h

- Apport sodés quotidiens de 15h de NaCl → c'est trop

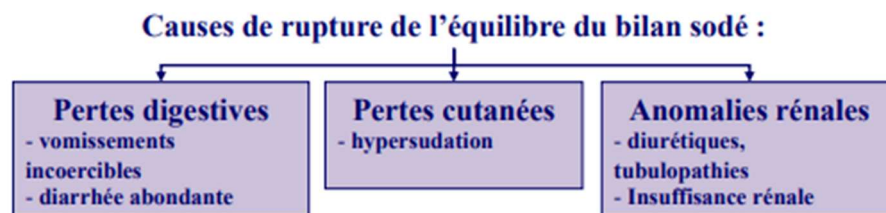
Où trouve-t-on du sel dans l'alimentation ?

h. Apports alimentaires de sodium



i. Limites physiologiques du bilan sodé

Les limites de l'excrétion urinaire de sodium dépendent en partie de la disponibilité en eau (voir IV. e.). L'excrétion minimale est de <2 mmol/24h et l'excrétion maximale de 500 mmol/24h. Il peut y avoir cependant des ruptures du bilan sodé :



j. Résumé homéostasie sodée

1. L'essentiel du sodium alimentaire provient des aliments transformés
2. La quantité de sodium dans le secteur extracellulaire détermine le volume extracellulaire et contribue à la pression artérielle
3. En cas de déficit en sodium, le rein peut réabsorber tout le sodium filtré
4. Des apports sodés excessifs peuvent favoriser la survenue d'une HTA
5. Le système Rénine-Angiotensine-Aldostérone joue un rôle essentiel dans l'homéostasie du sodium (et donc dans la régulation de la pression artérielle)