



Tutorat 2024-2025



FORMATION EN SOINS
INFIRMIERS
PREFMS CHU DE TOULOUSE
Rédaction 2023-2024

Semestre 2

UECP 22 Anatomie et physiologie digestive et 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 et de l'IFSI. Il est ainsi un outil supplémentaire, qui ne subsiste pas aux contenus diffusés par la faculté et l'institut en soins infirmiers.

Physiologie du rein et des voies urinaires

I.	COMPARTIMENTS LIQUIDIENS.....	3
1.	PRINCIPE D'HOMEOSTASIE	3
a.	<i>Concept de « milieu intérieur »</i>	3
2.	PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE SOLUTIONS BIOLOGIQUES	3
b.	<i>Unités de mesure des concentrations de solutés.....</i>	3
3.	COMPARTIMENTS LIQUIDIENS CORPORELS : COMPOSITION ET PROPRIETES.....	4
a.	<i>Distribution des volumes liquidiens.....</i>	4
b.	<i>Propriétés du secteur plasmatique</i>	4
c.	<i>Composition du liquide extracellulaire</i>	4
d.	<i>Composition du liquide intracellulaire</i>	4
e.	<i>Différences entre les compartiments</i>	5
4.	TRANSPORTS ECHANGES ENTRE COMPARTIMENTS.....	5
a.	<i>Mouvements d'eau de l'organisme</i>	5
b.	<i>Forces déterminants les mouvements d'eau</i>	5
c.	<i>Transport des substances au niveau de la membrane cellulaire</i>	6
d.	<i>Echange d'eau.....</i>	6
e.	<i>Mouvements d'eau entre les compartiments extra et intracellulaires</i>	6
f.	<i>Mouvements d'eau entre le plasma et le liquide interstitiel</i>	6
g.	<i>Mouvements d'eau entre les compartiments plasmatique et interstitiels.....</i>	7
h.	<i>Formation des œdèmes.....</i>	7
5.	BILAN HYDRIQUE.....	7
a.	<i>Bilan hydrique quotidien</i>	7
II.	PHYSIOLOGIE RENALE	7
1.	A QUOI SERVENT LES REINS	7
a.	<i>Maintenir stable le milieu intérieur.....</i>	7
b.	<i>Epuration sélective</i>	8
c.	<i>Les fonctions rénales</i>	8
2.	LA FONCTION RENALE : DEBIT DE FILTRATION GLOMERULAIRE	9
a.	<i>Formation de l'urine : généralités</i>	9
b.	<i>Le filtre glomérulaire.....</i>	9
c.	<i>Principe de la filtration glomérulaire</i>	9
d.	<i>Détermination de la fonction rénale</i>	10
e.	<i>Evaluation du DFG.....</i>	10
f.	<i>Valeurs et variations physiologiques du DFG.....</i>	11
g.	<i>Les marqueurs d'une atteinte rénale.....</i>	11
3.	FONCTIONS TUBULAIRES ET HOMEOSTASIE HYDROELECTROLYTIQUE	11
a.	<i>Voies de transport transépithélial.....</i>	11
b.	<i>Filtration et réabsorption</i>	12
c.	<i>Homéostasie hydroélectrolytique</i>	12
III.	HOMEOSTASIE HYDRIQUE.....	12
1.	FONCTIONS DE L'EAU, ZONES D'ÉCHANGE ET BILAN HYDRIQUE QUOTIDIEN	12
2.	BILAN HYDRIQUE NEGATIF	12
3.	ADAPTATION A LA PERTE HYDRIQUE	12
a.	<i>Epargne hydrique et ADH.....</i>	13
b.	<i>Transferts néphroniques d'eau</i>	13
c.	<i>Action de l'ADH sur le canal collecteur</i>	13
4.	CAUSES DE RUPTURES DU BILAN HYDRIQUE.....	13
5.	RESUME.....	14
IV.	HOMEOSTASIE SODEE	14
1.	LE SODIUM DANS L'ORGANISME	14

2.	REABSORPTION TUBULAIRE DU SODIUM.....	14
3.	SYSTEME RENINE-ANGIOTENSINE-ALDOSTERONE.....	15
4.	SODIUM ET VOLUME EXTRACELLULAIRE.....	16
5.	DIMINUTION DU STOCK DE SODIUM ET VOLUME EXTRACELLULAIRE.....	16
6.	RESUME.....	16
7.	LIMITES PHYSIOLOGIQUES DU BILAN SODE.....	16
8.	HOMEOSTASIE DU SODIUM : 5 MESSAGES.....	16

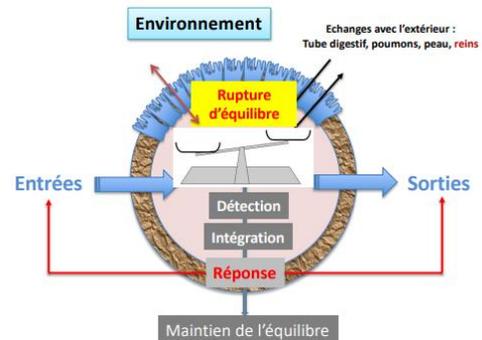
I. Compartiments liquidiens

1. Principe d'homéostasie

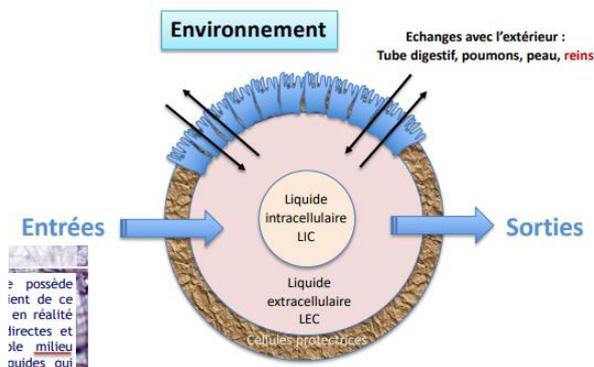
L'homéostasie est un processus de régulation par lequel l'organisme maintient les différentes constantes du milieu intérieur (ensemble des liquides de l'organisme) entre les limites des valeurs normales → Maintien d'un état d'équilibre dans l'organisme

Selon Walter CANNON : Processus de régulation par lequel l'organisme maintient les différentes constantes du milieu intérieur (ensemble des liquides de l'organisme) entre les limites des valeurs normales.

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



a. Concept de « milieu intérieur »



Chaque compartiment liquidiens est composé d'un liquide intracellulaire (LIC) qui est entouré par un liquide extracellulaire (LEC), lui-même entouré par des cellules protectrices comme la peau.

Les échanges entre l'environnement extérieur et l'intérieur de la cellule sont constants et équilibrés par le principe d'homéostasie.

2. Principales caractéristiques de solutions biologiques

- ❖ Eau = unique solvant de l'organisme → représente 60% du poids corporel
- ❖ Solutés :
 - Les solutés sont dissociés en ions (charge électrique) (95%) → les électrolytes :
 - Cations (ions +) : Na, K, Ca, Mg, H
 - Anions (ions -) : Cl, HCO₃, PO₄
 - Les solutés non dissociés : aucune charge électrique (Glc, urée) → peu abondants mais importants
- ❖ Biologie médicale : étude du compartiment plasmatique et des excréta (urines, salives...)

b. Unités de mesure des concentrations de solutés

- ❖ Unité de concentration pondérale (relatif au poids) :
 - g/L, mg/L
 - Molécules complexes

- N'informe pas sur les proportions moléculaires : NaCl regroupement de deux ions avec le même nombre mais quantité en gramme différente
- ❖ Unité en concentration molaire : molarité
 - mmol/L : nombre de mole par litre
 - 1 mole = $6,023 \times 10^{23}$ molécules
 - Masse d'une mole = masse moléculaire

3. Compartiments liquidiens corporels : composition et propriétés

a. Distribution des volumes liquidiens

Eau totale représente 60% du poids du corps = 42 litres pour un individu de 70kg. Elle est contenue dans le volume intracellulaire et extracellulaire

Notre organisme se compose de trois grands compartiments :

- ❖ Volume intracellulaire (=liquide intracellulaire) :
 - Représente 40% du poids du corps (PdC)
 - Contient 2/3 de l'eau totale = 28 litres
 - ❖ Volume extracellulaire (=liquide extracellulaire) :
 - Interstitium : 16% du PdC
 - Plasma : 4% PdC
- 20% Pdc
1/3 de l'eau totale = 14litre
- ❖ Masse non hydratée :
 - 40%
 - Ne contient pas d'eau

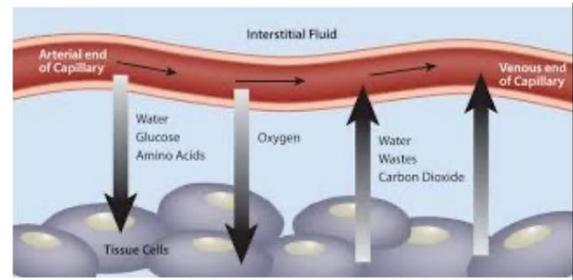
Les muscles sont composés à 80% d'eau et le tissu adipeux à 10%. Au cours de la vie, le pourcentage d'eau dans le corps diminue liée à une augmentation de la masse non hydratée.

b. Propriétés du secteur plasmatique

L'interstitium ou espace interstitiel serait une couche de tissu remplie de liquide circulant autour des cellules (dans le volume extracellulaire).

Le secteur plasmatique correspond à l'eau contenue à l'intérieur des vaisseaux.

- ❖ Il existe des échanges entre le milieu extérieur et notre organisme : secteur plasmatique → interstitium → cellules.
- ❖ Faible volume liquidien (2.8L/70kg) mais débit de distribution des nutriments et O₂ rapide (2.5-3L/min)
- ❖ Secteur facilement accessible pour l'étude clinique de l'eau et des solutés
- ❖ Voie d'entrée pour solutés et nombreuses substances pharmacologiques



c. Composition du liquide extracellulaire

Le liquide extracellulaire est composé principalement de :

- Sodium Na⁺
- Chlore Cl⁻
- Bicarbonate HCO₃⁻

La composition du plasma et du liquide interstitiel est quasi identique et ils sont électriquement neutres → Les charges + et - s'équilibrent et donc s'annulent.

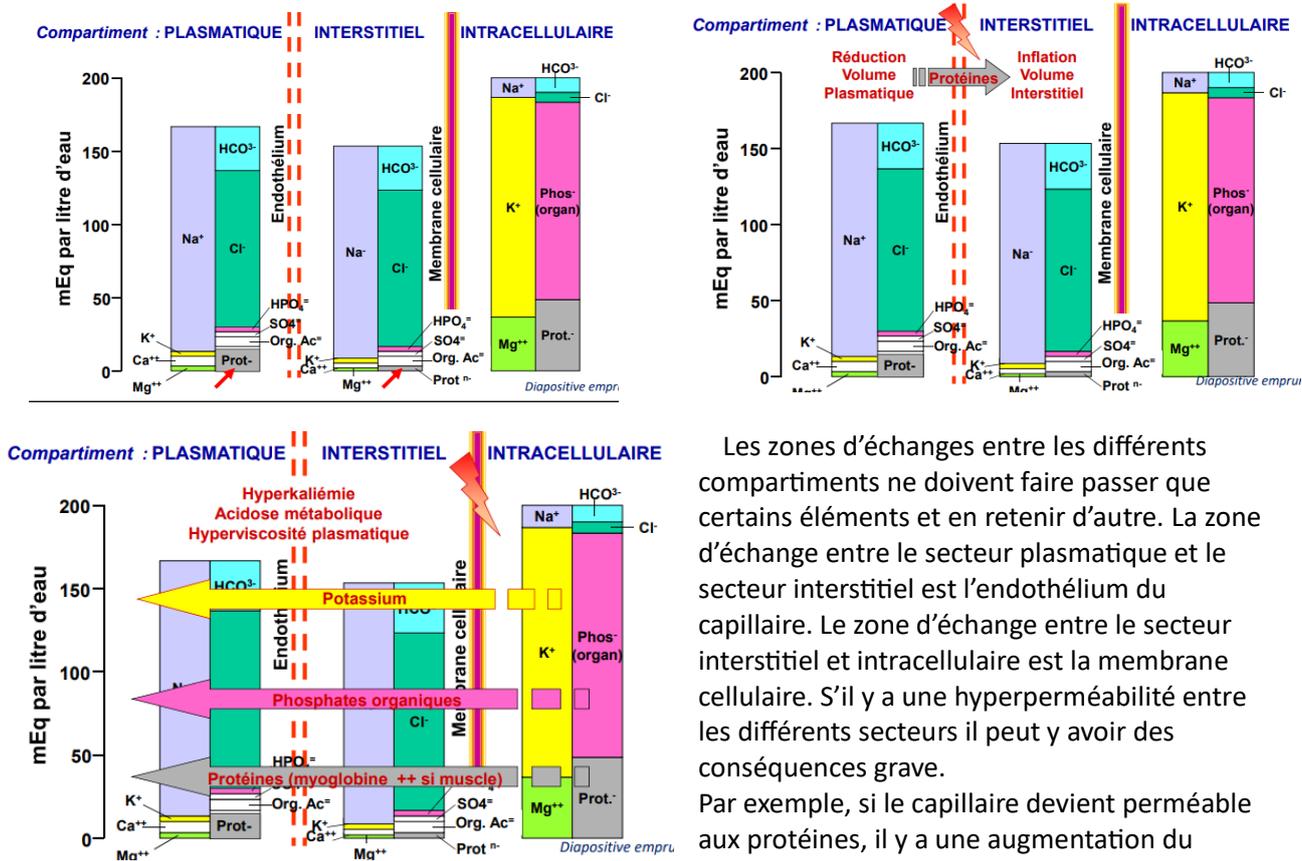
Nom	Abréviation chimique	Valeurs usuelles (mmol/L)	
		Min	Max
Sodium	Na ⁺	136	144
Potassium	K ⁺	3,5	5,0
Chlore	Cl ⁻	98	106
Bicarbonates	HCO ₃ ⁻	22	28
Osmolalité		280	300
Calcium	Ca ²⁺	2,20	2,60
Magnésium	Mg ²⁺	0,70	1,10
Phosphates	HPO ₄ ²⁻	0,80	1,30

d. Composition du liquide intracellulaire

Ils n'existent pas de technique assez précise pour connaître la composition du liquide intracellulaire. De plus, sa composition et la distribution des ions sont variables d'un tissu à l'autre.

Les principaux ions retrouvés sont le K^+ , $Phos^-$, $Prot^-$, Mg^{++} , Na^+ → Cependant, chaque compartiment est électriquement neutre (les charges s'équilibrent et s'annulent).

e. 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 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.

4. Transports échanges entre compartiments

a. 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.

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

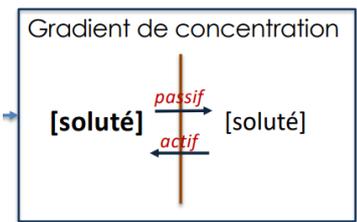
- ❖ Pression oncotique : forme de pression osmotique exercée par les protéines dans le plasma d'un vaisseau sanguin (=v.s) → attire l'eau dans le système circulatoire (v.s)
- ❖ Pression hydraulique (=hydrostatique) ≠ pression oncotique
- ❖ Pression osmotique : L'eau migre du compartiment le moins concentré vers le plus concentré afin d'équilibrer le système pour avoir la même force ionique dans les deux compartiments, le milieu intracellulaire et extracellulaire

c. Transport des substances au niveau de la membrane cellulaire

Transport passif

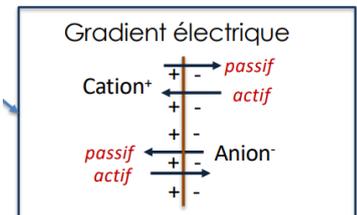
Gradient de concentration :

Entre le milieu intracellulaire et le milieu extracellulaire, il y a un transport passif par diffusion (sauf pour les protéines) en fonction du gradient de concentration. Ce transport ne demande pas d'énergie (ATP). Les éléments se déplacent de la zone plus concentrée vers la zone moins concentrée.



Gradient électrique :

La membrane a une différence de potentiel : elle est négative à l'intérieur et positive à l'extérieur. Les cations (ions+) vont rentrer dans la cellule par transport passif sans énergie.



Transport actif

Gradient de concentration :

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

Gradient électrique :

La membrane a une différence de potentiel : elle est négative à l'intérieur et positive à l'extérieur. Les cations (ions+) vont pouvoir de la cellule mais grâce au transport actif, donc avec énergie (ATP).

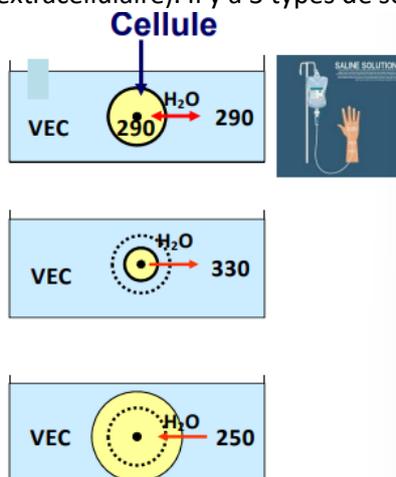
d. Echange d'eau

Si la membrane est semi-perméable, c'est l'eau qui se déplacera du milieu le moins concentré en solutés (solution hypotonique) vers la solution la plus concentrée en solutés (solution hypertonique). Ce phénomène est appelé osmose → équilibre des compartiments

La membrane cellulaire est peu perméable aux solutés → Pression osmotique générée par le Na⁺ dans le LEC et le K⁺ dans le LIC

e. Mouvements d'eau entre les compartiments extra et intracellulaires

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 :

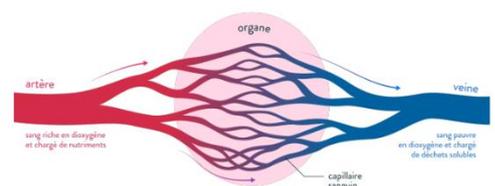


- ❖ Isotonique : même concentration en molécules osmotiquement actives (ex : sérum physiologique NaCl 0,9%) → Equilibre entre le LIC et le LEC donc pas de mouvements d'eau
- ❖ Hypertonique : concentration plus élevée en molécules osmotiquement actives (ex : NaCl 7,5%) → Puisque la perfusion est plus concentrée, l'eau contenue dans le LIC va sortir pour équilibrer le LEC et diminuer sa concentration.
- ❖ 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) → Puisque la perfusion est moins concentrée, l'eau va rentrer dans le LIC pour équilibrer et augmenter la concentration à l'intérieur du LIC.

f. Mouvements d'eau entre le plasma et le liquide interstitiel

Capillaires :

- Zones d'échanges entre le secteur plasmatique et le secteur interstitiel

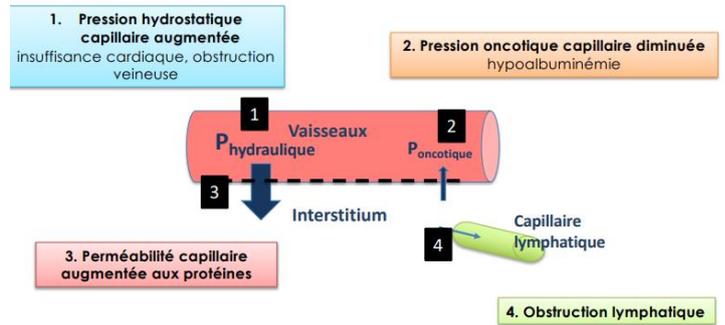


- Petits vaisseaux (3-9µm de diamètre)
- 10 milliards → surface d'échange = 500-1000m²

g. Mouvements d'eau entre les compartiments plasmatique et interstitiels

Ils dépendent de 3 facteurs :

- Pression hydrostatique : générée par le système cardio-vasculaire, la gravité, les muscles
- Pression oncotique : générée par la différence en protéines entre les 2 compartiments
- Perméabilité du capillaire (=coefficient d'ultrafiltration)



h. Formation des œdèmes

Œdèmes = accumulation d'un excédent de liquide dans le secteur interstitiel → visible si + de 3-4L

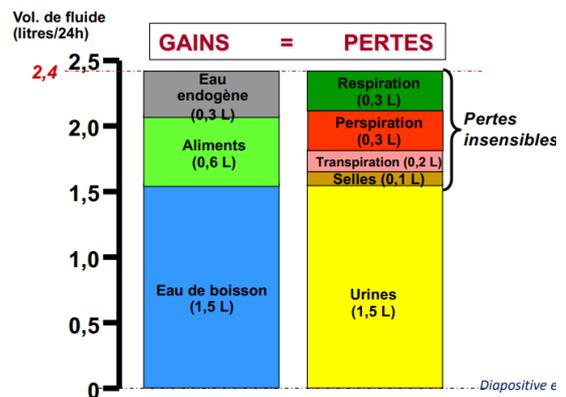
5. Bilan hydrique

L'eau a plusieurs rôles :

- Remplissage des compartiments liquidiens via le solvant
- Elimination des déchets dans les urines
- Elimination de l'excédent de température via la thermolyse (sudation)

a. Bilan hydrique quotidien

Il existe des pertes d'eau **insensibles** : respiration (0,3L), perspiration (échanges respiratoires qui se font par la peau) (0,3L), transpiration (0,2L) et selles (0,1L). Les pertes d'eau **sensibles** sont les urines (1,5L).



II. Physiologie rénale

1. A quoi servent les reins

Volume d'eau contenant en fonction des apports → produire de l'urine qui contient :

- Produits de catabolisme (=dégradation) (urée, créatinine, acide urique, ammonium),
- Excédents d'électrolytes (Na, k...)
- Dilués ou non dans un excédent d'eau

→ Ne contenant pas certaines substances à potentiel énergétique (Glc) ou vitales (bicarbonates)

a. Maintenir stable le milieu intérieur

→ La principale fonction des reins est de maintenir le milieu intérieur constant face à un environnement extérieur instable

Maintien de l'homéostasie hydroélectrolytique

Le rein a une capacité de variation de volume et de composition des urines alors que les valeurs plasmatiques sont dans les limites étroites.

Le rein → Maintien d'un bilan nul

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

Entrées = sorties

b. 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

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 μ mol/L)

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

- Ammonium (NH_4^+) \rightarrow une production rénale afin d'éliminer l'acidité, 30 à 70 mmol/L

c. Les fonctions rénales

Les reins maintiennent l'équilibre hydro-électrolytique

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

\rightarrow Perte de cette fonction rénale = désordres électrolytiques

Epuration des produits de métabolisme

Catabolisme des protéines :

- Urée
- Acidose métabolique

Catabolisme des purines :

- Acide urique
- Acidose métabolique

Métabolisme musculaire : Créatinine

\rightarrow La perte de la fonction rénale = accumulation de produits du catabolisme

Fonction endocrine

Calcitriol (vitamine D activée par hydroxylation par le rein) :

- Stimule l'absorption intestinale du calcium
- Défaut \Rightarrow hypocalcémie, déminéralisation osseuse

Rénine :

- Rôle dans la régulation de la pression artérielle
- Défaut \Rightarrow altération de l'adaptation à l'hypovolémie

Erythropoïétine (EPO) :

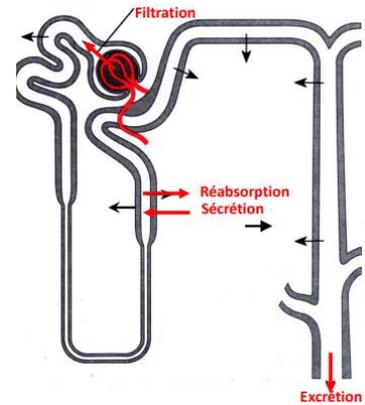
- Stimule la synthèse de globule rouge
- Défaut \Rightarrow anémie

La perte de la fonction rénale \rightarrow défaut de synthèse hormonale

2. La fonction rénale : débit de filtration glomérulaire

a. Formation de l'urine : généralités

Filtration du plasma par les glomérules → Formation de l'urine primitive, ultrafiltration du plasma (= sans protéine) → Le filtrat glomérulaire est délivré aux tubules rénaux
 Les transports tubulaires (réabsorption/sécrétions) → ajuster la composition de l'urine définitive



Qu'est-ce que la fonction rénale ?

La filtration glomérulaire est l'étape initiale et déterminante de la formation des urines → De ce fait, le **DFG = Débit de filtration glomérulaire est le meilleur index global de la fonction rénale.**

Quelques chiffres → Chaque jour nos reins filtrent :

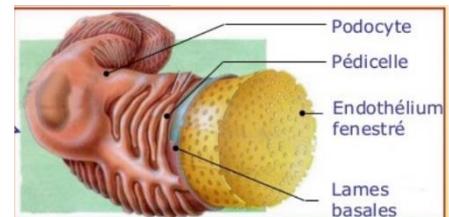
- 180L d'urine primitive
- 16x la totalité du volume extracellulaire
- 58x le secteur plasmatique

→ La proportion du filtrat finalement excrétée représente en moyenne 1.5L soit < 1%

b. Le filtre glomérulaire

Les 3 structures du filtre glomérulaire :

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



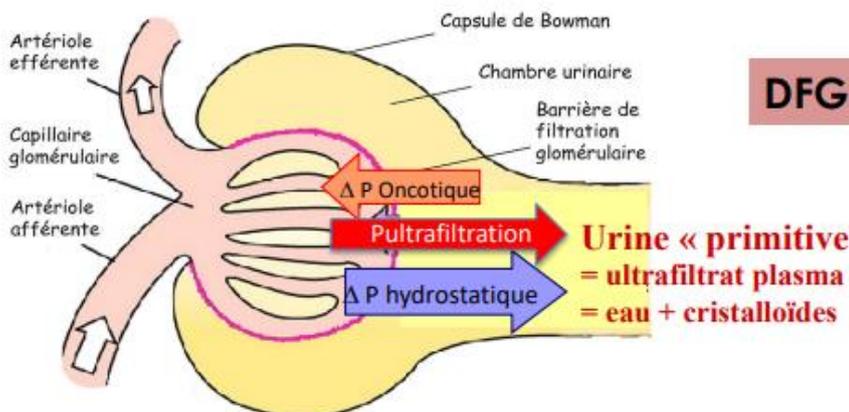
Le sang sera filtré en passant du capillaire au tubule, il passera la membrane basale et les podocytes et leurs pédicelles.

Ce filtre glomérulaire est très sélectif et il permet de laisser passer des substances ou non en fonction de leur taille (+ en fonction de leur charge électrique).

c. Principe de la filtration glomérulaire

Phénomène passif → Dépend de :

- Pression d'ultrafiltration (=pression sanguine dans capillaire glomérulaire)
- Coefficient de filtration (=perméabilité du filtre et surface capillaire)



$$DFG = K_f \times P_{UF}$$

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...)

d. Détermination de la fonction rénale

Notion de clairance

Clairance plasmatique d'une substance : volume théorique de plasma totalement épuré de la substance par unité de temps (mL/min)

Clairance rénale de la substance : qtt de substance éliminée dans les urines en 1min

$$C_s = \frac{[U]_s \cdot V}{[P]_s} \text{ avec}$$

C_s = Concentration de la substance

[U]_s x V = Débit urinaire

[P]_s = pression de la substance dans le plasma

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

Quantité filtrée = quantité excrétée

$$\Leftrightarrow P * DFG = U * V$$

$$\Leftrightarrow DFG = \frac{U * V}{P} = \text{Clairance rénale}$$

e. Evaluation du DFG

Mesures du DFG

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.

Estimations du DFG

→ Avec la créatinine sanguine on peut estimer le DFG

C'est un marqueur endogène → 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 (car pas réabsorbé) le DFG.

Limites de la créatinine sanguine :

- Anthropométrie : sexe, âge, gabarit....
- 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)

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, maigre (BMI < 18) et obésité (BMI > 35), pathologies neuro-musculaires

f. Valeurs et variations physiologiques du DFG

Adulte jeune (20 – 30 ans) : 120mL/min/1,73m²

- Homme : 127 ± 20 mL/min/1,73m²
- Femme : 118 ± 20 mL/min/1,73m²

Vieillesse → Après 30 ans, diminution de 1mL/min/1,73m² par an :

- 50 ans ≈ 80-120 mL/min/1,73m²
- 70 ans ≈ 60-100 mL/min/1,73m²
- 90 ans ≈ 40-80 mL/min/1,73m²

Grossesse :

- Second trimestre : 127 ± 29 mL/min/1,73m²
- Troisième trimestre : 158 ± 15 mL/min/1,73m²

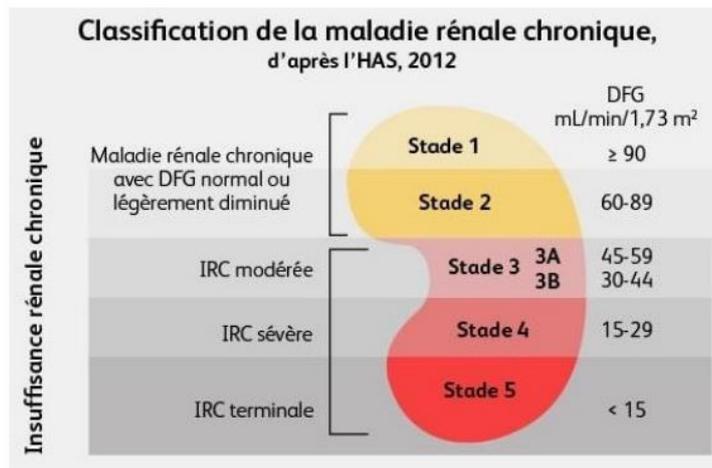
g. Les marqueurs d'une atteinte rénale

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

Protéinurie physiologique et pathologique

→ Détectée par une bandelette urinaire

	Valeurs physiologiques	Valeurs pathologiques
Protéinurie	200mg/24h	> 300 mg/24h
Albuminurie	20mg/24h	> 30mg/24h

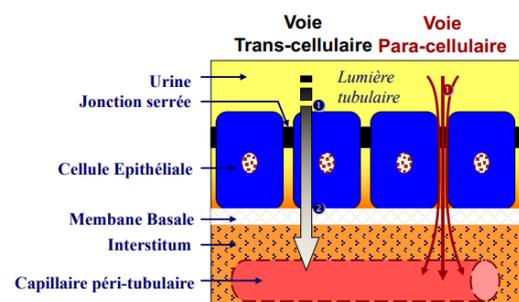


Insuffisance rénale chronique si DFG < 60 mL/min/1,73m²

3. Fonctions tubulaires et homéostasie hydroélectrolytique

a. Voies de transport transépithélial

Réabsorption et sécrétion → au travers d'un épithélium
2 façons :



- Réabsorption transcellulaire → besoin de protéines = transporteurs spécifiques de chaque substance nécessaire que ce soit au pôle apical et basale
- Réabsorption paracellulaire (entre les cellules) → dépend des différences de concentration entre la lumière et l'interstitium → tubule proximal très perméable dans paracellulaire

b. Filtration et réabsorption

Filtration/jour :

- 180 L d'eau
- 1.480 kg NaCl
- 180g glucose
- 10g calcium

Réabsorption/jour (+++ tube proximal et anse de Henle) :

- 178.5 L → 1.5L urines
- 1.470 kg de NaCl
- 180g glc → 0g glc dans urines
- 9.8g de calcium

c. Homéostasie hydroélectrolytique

Osmoles = sodium et potassium

Excrétions urinaires très variables alors que les valeurs plasmatiques sont dans des limites étroites

Mécanismes de réabsorption/sécrétion permettent d'éliminer la quantité nécessaire pour le maintien d'un bilan nul → entrées = sorties

III. Homéostasie hydrique

1. 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.

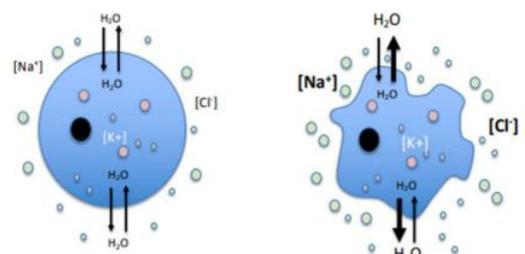
Les apports en eau sont la boisson, les aliments et l'eau endogène

Les pertes négligeables sont la respiration, de perspiration, de transpiration et des selles et les pertes non négligeables sont les urines. Au quotidien, il y a autant d'entrée que de sortie.

2. Bilan hydrique négatif

Si on ne boit pas assez d'eau alors le MEC (Milieu Extra Cellulaire) est pauvre en eau et riche en soluté → solution hypertonique alors la pression osmotique va varier. Pour équilibrer le MEC et MIC, H₂O va sortir des cellules (=du MIC) → donc dessèchement des cellules. Dans les cas les plus sévères, cela peut entraîner un séchage du cerveau et augmenter la sécrétion hormone ADH (anti-diurétique).

De ce fait, +++ la pression osmotique ↑ = +++ on a soif

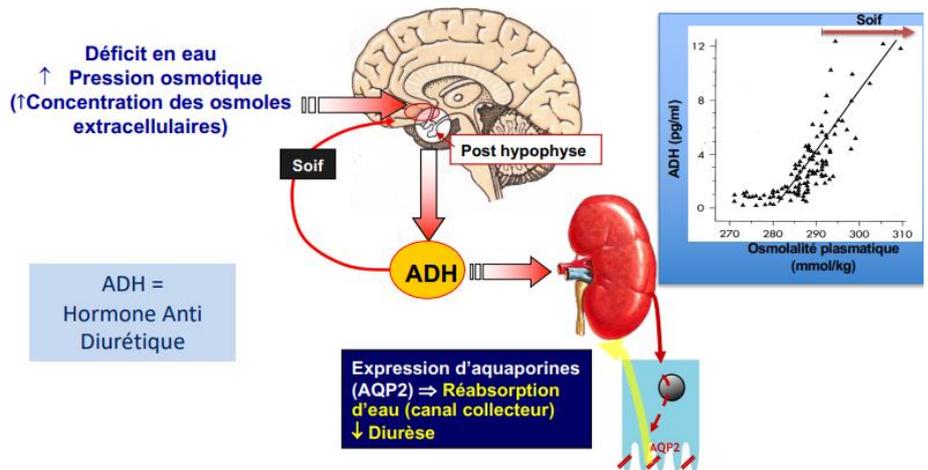


3. Adaptation à la perte hydrique

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. On a donc une adaptation en termes de déduction des sorties (ADH) et d'augmentation des entrées (soif).

a. Epargne hydrique et ADH

ADH est fabriqué dans hypothalamus et sort depuis l'hypophyse.
 Besoin de canaux à eaux lors de la sécrétion de l'ADH → stimulation expression d'aquaporines → réabsorption d'eau = ↓ diurèse



b. Transferts néphroniques d'eau

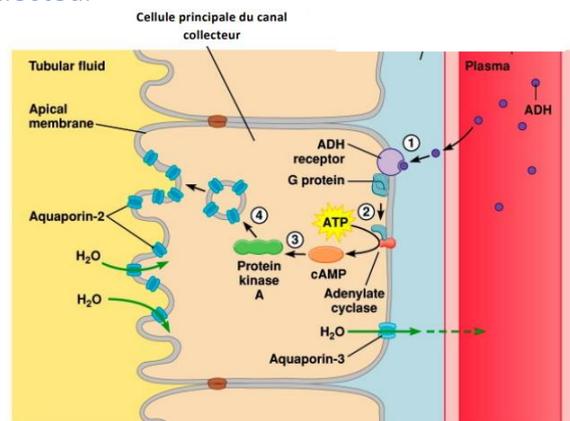
Canal collecteur → réabsorption facultative = dépend de ADH :

- Avec ADH = réabsorption → 0.5 L d'urines définitives
- Sans ADH = 0 réabsorption → 15 L d'urines définitives

Le canal collecteur a pour rôle de réguler finement l'urine grâce à l'action de l'ADH. 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 l'osmolalité de 50 à 1200 mmol/kg.

c. 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). Lors de la détection d'ADH dans la cellule, la membrane apicale devient perméable à l'eau grâce aux recrutements d'aquaporines.



4. Causes de ruptures du bilan hydrique

Bilan positif :

- **Excès d'apport :**
 - Polydipsie
 - Potomanie
- **Défaut d'excrétion :**
 - Insuffisance rénale sévère
 - Sécrétion inadaptée d'ADH

Bilan négatif :

- **Défaut d'apport (pas d'eau disponible) :**
 - Milieu aride sans boisson
 - Adipsie
- **Pertes digestives :**

- Vomissements incoercibles
- Diarrhée abondante
- **Pertes cutanées :**
 - Exercice physique
 - Hyperthermie
- **Pertes rénales :**
 - Diurétiques
 - Diabète insipides

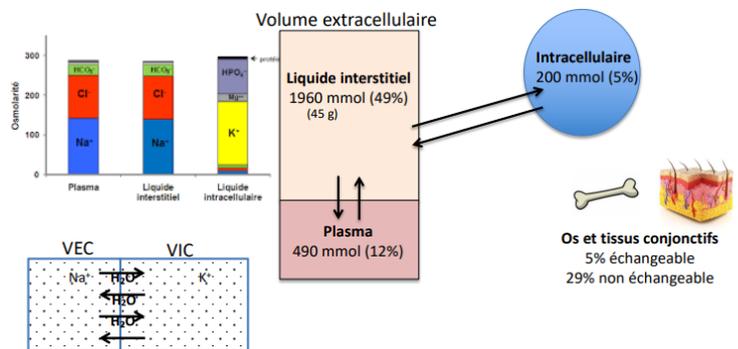
5. Résumé

- ❖ Le glomérule filtre 180 litres d'eau par jour. En fonction des apports alimentaires d'eau et des pertes extra-rénales, le rein adapte précisément l'excrétion urinaire d'eau.
- ❖ Le volume d'urines peut varier de moins de 1L/j à plus de 10L
- ❖ Le rein gère plus facilement la pléthore d'apport hydrique que la restriction

IV. Homéostasie sodée

1. Le sodium dans l'organisme

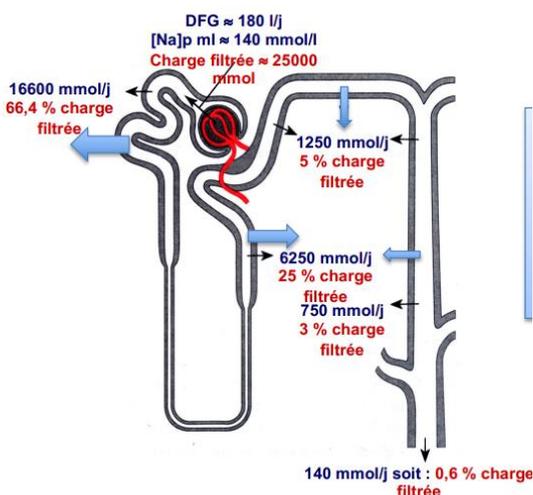
Le sodium dans l'organisme se situe majoritairement dans liquide extracellulaire, c'est-à-dire dans le liquide interstitiel et le plasma. On a environ 100g de sodium dans le corps soit 4350 mmol. 49% soit 1960 mmol se situe dans le liquide interstitiel et 12% soit 490 mmol dans le plasma. Dans la cellule 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).



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.

2. Réabsorption tubulaire du sodium



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. Le 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)

3. Système rénine-angiotensine-aldostérone

→ C'est le principal système hormonal de l'homéostasie sodée et de régulation de la pression artérielle

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 lors la diminution de la PA mais aussi par le système nerveux végétatif orthosympathique qui est activé lorsque la pression artérielle diminue.

L'angiotensinogène est fabriqué en continue par le foie. La rénine permet de convertir l'angiotensinogène en angiotensine I.

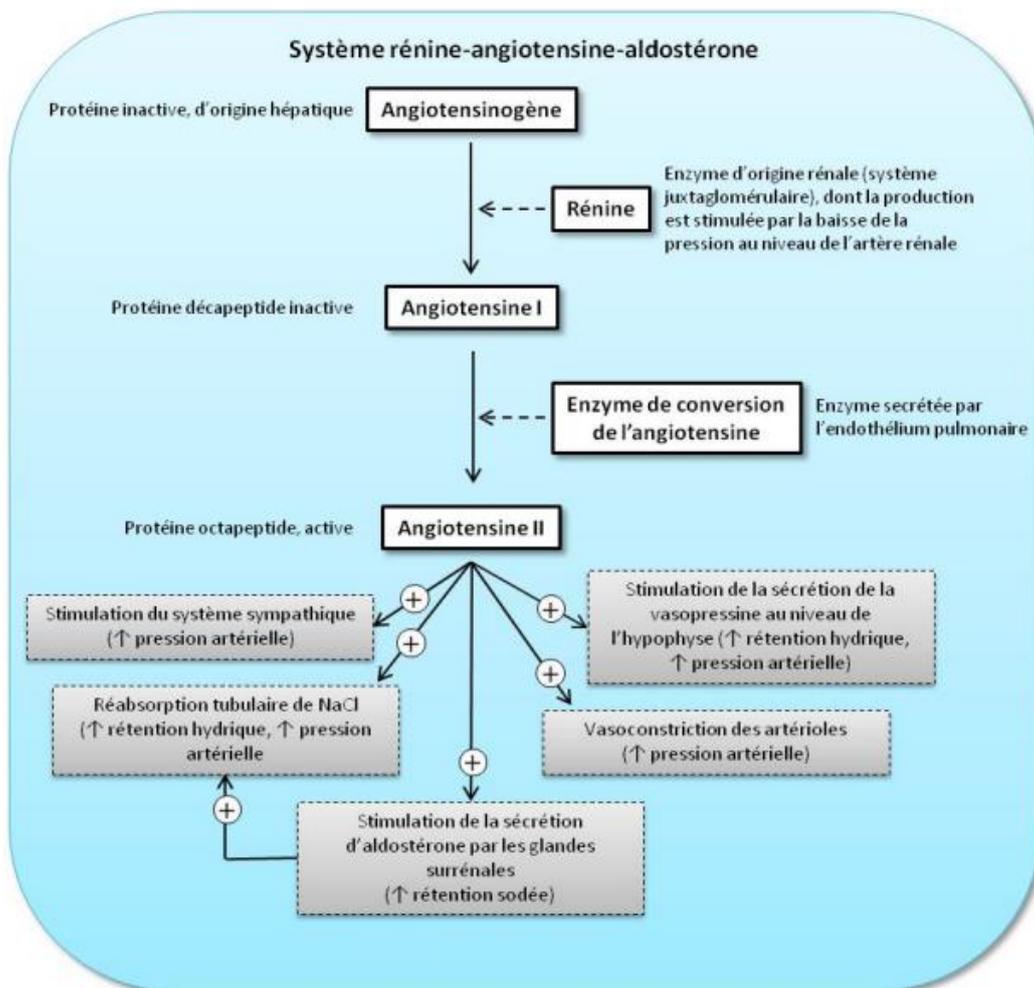
L'angiotensine I va être clivée en angiotensine II via l'enzyme de conversion de l'angiotensine (ACE).

L'ACE est fabriquée partout dans le corps mais en particulier par les poumons.

L'Angiotensine II a plusieurs rôles :

- Stimule les surrénales pour fabriquer l'aldostérone (aldostérone stimule la réabsorption de NaCl)
- Permet la vasoconstriction des vaisseaux
- Stimule la réabsorption de NaCl

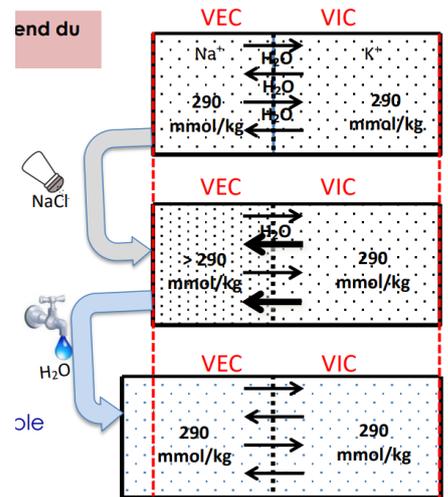
En résumé : la production d'aldostérone et d'angiotensine permet la régulation de la pression artérielle via la vasoconstriction des vaisseaux et la réabsorption de sodium. (Réabsorption = augmentation de la pression artérielle).



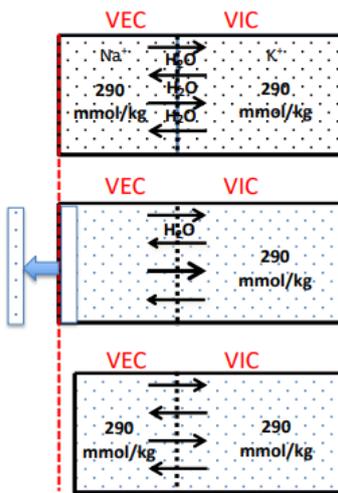
4. Sodium et volume extracellulaire

Si on augmente la concentration en sodium du volume extracellulaire, il y a un déplacement d'eau de l'intérieur de la cellule vers l'extérieur pour diluer le volume extracellulaire. Stimulation de la synthèse d'ADH et la soif → ↑ des entrées d'eau et ↓ 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. La concentration extracellulaire ne varie pas, c'est le volume qui va être modifié. Au final, si on souhaite augmenter la concentration dans le liquide extracellulaire, on en augmente le volume sans faire varier le volume intracellulaire.



5. Diminution du stock de sodium et volume extracellulaire



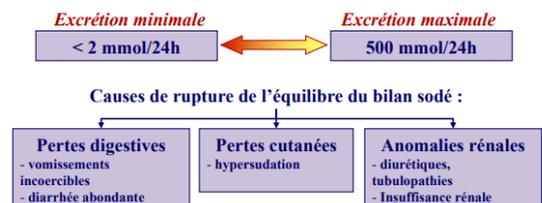
Il en va de même pour une diminution de la concentration de sodium dans le liquide extracellulaire. Il devrait y avoir un déplacement d'eau du liquide extracellulaire vers le liquide intracellulaire pour amener les 2 compartiments à la même concentration. En réalité, il y a une inhibition de la production d'ADH et de la soif ce qui cause une ↓ des entrées (↓ soif) et une ↑ des sorties rénales d'eau. Cela entraîne 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. Il y a une modification de la quantité d'osmole et du volume extracellulaire.

6. Résumé

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.

7. Limites physiologiques du bilan sodé

Les limites de l'excrétion urinaire de sodium dépendent en partie de la disponibilité en eau. L'excrétion minimale est de <2mmol/24h et l'excrétion maximale de 500mmol/24h.



8. Homéostasie du sodium : 5 messages

- ❖ L'essentiel du sodium alimentaire provient des aliments transformés
- ❖ La quantité de sodium dans le secteur extracellulaire détermine le volume extracellulaire et contribue à la PA
- ❖ En cas de déficit en sodium, le rein peut réabsorber tout le sodium filtré
- ❖ Des apports sodés excessifs peuvent favoriser la survenue d'une HTA

- ❖ Le système Rénine-Angiotensine-Aldostérone joue un rôle essentiel dans l'homéostasie du sodium (=régulation PA)

Qcm :

- La perte de la fonction rénale peut entraîner une hyperkaliémie
- Chaque jour, le rein filtre environ 180L d'urines
- Le rein est un organe « endocrine »
- Fonction rénale = débit de filtration glomérulaire
- Créatinémie = estime la fonction rénale
- Le volume d'urine normal est de 1.5L par jour → il n'y a pas de normes juste volume moyen
- En l'absence d'ADH les urines sont dilués V
- L'hormone ADH est sécrétée par les reins F
- Les apports alimentaires en sucre déterminent la capacité max d'élimination par les reins F
- Lorsque l'on boit uniquement quand on a soif, la concentration d'urine est concentrée à son max V