

La physiologie rénale

Cours dédié au étudiants universitaire d'ENS

**Filières : Enseignement secondaire pour la
science de la vie et de la terre**

Semestre : S5

Réalisé par : Fatima Ezzahra

Sommaire :

IME HYDROMINÉRAL ET ÉQUILIBRE HYDRIQUE:	4
1.1. L'Équilibre Hydrique.....	4
1.2. La Régulation de l'Apport et de la Déperdition Hydrique.....	5
II. DÉSÉQUILIBRES IONIQUES ET VOLÉMIQUES:	5
2.1. La Natrémie et la Volémie:.....	5
2.2. 2. La Kaliémie (Concentration Plasmatique de K+)......	6
2.3. La Déshydratation et ses Types.....	6
2.4. L'Œdème.....	7
III. RÉGULATION DES ÉLECTROLYTES ET LE pH:	8
3.1. Le Rôle du Sodium (Na ⁺):.....	8
L'équilibre électrostatique désigne l'équilibre des ions inorganiques dans l'organisme (Sodium, Calcium, Potassium, Magnésium).....	8
3.2. Le Rôle du Potassium (K ⁺):.....	8
3.3 La Régulation du Calcium (Ca ²⁺):.....	8
3.4. Le Magnésium (Mg ²⁺) et les Anions:.....	9
3.5. L'Équilibre Acido-Basique et les Tampons:.....	9
VI. LA PHYSIOLOGIE RÉNALE : FONCTIONS ET ANATOMIE:	9
4.1. Introduction au Système Urinaire.....	9
4.2. Les Reins : Fonctions et Anatomie:.....	10
4.3. Vascularisation et Innervation:.....	11
4.4. Le Néphron : Unité Fonctionnelle:.....	12
V. MÉCANISMES DE FORMATION DE L'URINE:	12
5.1. Le Glomérule et la Filtration:.....	12
5.2. Réabsorption et Sécrétion Tubulaire:.....	12
6. CONCENTRATION DE L'URINE ET CLAIRANCE	14
6.1. Mécanisme de Concentration (Anse de Henlé).....	14
6.2. Régulation Hormonale et Diurétiques:.....	14
6.3. Détermination de la Clairance:.....	15

TABOLISME HYDROMINÉRAL ET ÉQUILIBRE HYDRIQUE:

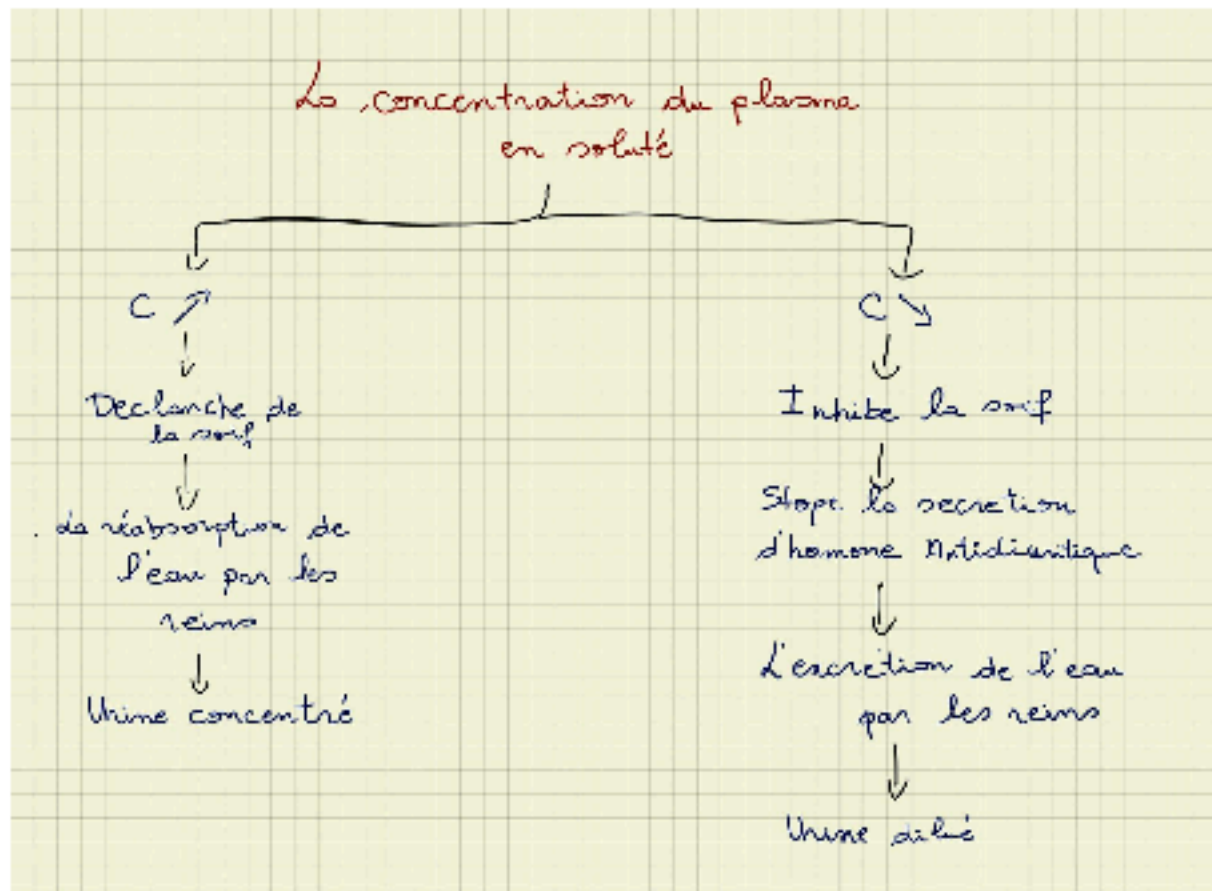
1.1. L'Équilibre Hydrique:

L'équilibre hydrique est atteint lorsque la quantité des pertes d'eau est en équilibre avec la quantité absorbée (**gain**). Pour un homme standard, l'apport doit être de **2.5 L**.

Apports en eau	Proportion	Pertes en eau	Proportion
Liquides ingérés	60 %	Excrétion urinaire	60 %
L'eau contenue dans les aliments	30 %	Respiration (air expiré)	24 %
L'eau produite dans le métabolisme	10 %	Transpiration	8 %
—	—	Défécation	8 %

Tableau 1 : Bilan des Apports et Pertes d'Eau

Teneur en Eau Corporelle : à mesure que l'épaisseur du tissu adipeux **augmente** ; il peut y avoir une compression des vaisseaux sanguins et une perturbation du flux sanguin local. Cela peut affecter la distribution de l'eau dans cette région du corps. De plus, les cellules grasses elles-mêmes contiennent moins d'eau que d'autres types de cellules corporelles, c'est pour cela que la teneur en eau diminue avec le pannicule adipeux.



L'organe responsable de l'équilibre du milieu intra- et extracellulaire est **le rein**. Les reins jouent un rôle majeur dans le maintien de la stabilité du milieu extracellulaire (LEC) pour le bon fonctionnement de la cellule. La stabilité du volume et la composition du LIC (Liquide IntraCellulaire) est essentielle au fonctionnement de la cellule ; elle dépend de celle du LEC (Liquide ExtraCellulaire) maintenue dans des limites très proches.

II. DÉSÉQUILIBRES IONIQUES ET VOLÉMIQUES:

2.1. La Natrémie et la Volémie:

La **Natrémie** désigne la concentration de Na^+ dans le plasma : **140 mOsm/L**.

mie : L'hypotension (sic) est inférieure à **135 mmol/L** (ou n/L). La cellule devient hypotonique ; l'eau se déplace vers la $\Rightarrow$ gonfle et augmente de volume. Dans le cas des cellules du cerveau, une hyponatrémie induit un gonflement, ce qui donne un désordre ou un trouble, coma puis mort.

Hypernatrémie : supérieure à **145 mmol/L**.

Hypovolémie : Diminution du volume sanguin.

Hypervolémie : Augmentation du volume sanguin.

2.2. 2. La Kaliémie (Concentration Plasmatique de K⁺):

Une **Hyperkaliémie** donne naissance à une dépolarisation de la cellule puis l'augmentation de l'excitabilité des cellules nerveuses et cardiaques, ce qui donne une arythmie grave et mortelle.

- **Dépolarisation** : Le passage transitoire du potentiel de membrane d'une valeur négative, dite « repos », vers une valeur positive due souvent à une entrée d'ions positifs (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} ...) à l'intérieur de la cellule ou parfois à une sortie d'ion chlorure.

2.3. La Déshydratation et ses Types:

La déshydratation est causée par :

- le vomissement
- les diarrhées
- le diabète
- hémorragie
- brûlure grave
- l'utilisation excessive de diurétique.

Signes : Aspect cotonneux de la muqueuse buccale, sensation de soif, sécheresse, rougeur de la peau, fièvre.

Processus : La perte se fait au détriment du LEC dans un 1^{er} temps, et ce sont les cellules qui vont perdre leur eau, dans un 2^e temps, pour conserver la même osmolarité du liquide interstitiel..

	Caractéristiques Clés	Causes et Complications
Déshydratation Hypotonique	Déshydratation extracellulaire due à une hyponatrémie (osmolarité diminuée).	Insuffisance rénale ou absorption excessive d'une grande quantité d'eau. Peut entraîner nausées, vomissements, crampes musculaires, œdème cérébral et convulsion.
Déshydratation Hypertonique	Augmentation de la concentration du milieu intracellulaire. Perte d'eau et diminution de volume de la cellule. Hypernatrémie (>145 mOsm/L) et Hyperosmolarité (osm>300 mOsm.kg ⁻¹).	Sensation de la soif, signe d'ischémie artérielle, sécheresse des muqueuses, fièvre.

Tableau 2 : Types de Déshydratation

2.4. L'Œdème

L'**Œdème** désigne un gonflement soudain dû à la présence d'une quantité anormale de liquide dans l'espace interstitiel. Il s'agit du plasma sortant des vaisseaux sanguins et se dirigeant vers les tissus interstitiels.

- **Causes** : Augmentation de pression hydrostatique.
- **Conséquences** : Peut causer une hypoxie (manque d'oxygène) et une diminution de pression artérielle.

RÉGULATION DES ÉLECTROLYTES ET LE

L'équilibre électrostatique désigne l'équilibre des ions inorganiques dans l'organisme (Sodium, Calcium, Potassium, Magnésium).

3.1. Le Rôle du Sodium (Na^+):

L'équilibre électrostatique désigne l'équilibre des ions inorganiques dans l'organisme (Sodium, Calcium, Potassium, Magnésium).

Régulation : Elle est liée à la pression artérielle et au volume sanguin, faisant intervenir différents mécanismes nerveux et hormonaux (Voir **Tableau 5 : Régulation Hormonale**).

3.2. Le Rôle du Potassium (K^+):

L'équilibre électrostatique désigne l'équilibre des ions inorganiques dans l'organisme (Sodium, Calcium, Potassium, Magnésium).

Excès : Une concentration élevée à l'extérieur des cellules augmente l'excitabilité musculaire, entraînant des contractions.

Manque : Une concentration basse diminue cette excitabilité, pouvant causer une paralysie musculaire.

PH : L'acidose peut entraîner une sortie accrue de K^+ des cellules, le potassium est étroitement lié à la variation de pH des liquides organiques.

Régulation Rénale : Un régime riche en K^+ augmente sa concentration dans le LEC, les cellules vont sécréter le K^+ pour l'élimination. L'**Aldostérone** augmente l'élimination de K^+

3.3 La Régulation du Calcium (Ca^{2+}):

Le Ca^{2+} influence la rigidité, la coagulation et la perméabilité membranaire.

- **Hyperkaliémie (Ca^{2+}) :** Augmente l'excitabilité.
- **Hypokaliémie (Ca^{2+}) :** Diminue l'excitabilité, peut engendrer une arythmie cardiaque grave.
- **PTH (Parathormone) :** Hormone libérée par les glandes parathyroïdes. Stimule les ostéoclastes pour libérer Ca^{2+} à partir des os. Agit sur les intestins pour absorber le Ca alimentaire. Agit

es reins pour activer la synthèse de la vitamine D et entre la réabsorption de Ca^{2+} .

- **Calcitonine** : s'oppose aux effets de la PTH. Augmente le Ca^{2+} dans le sang et stimule la thyroïde (cellules C ou parafolliculaires), qui inhibe l'absorption de Ca^{2+} par les intestins et les reins et inhibe la libération par les os.

3.4. Le Magnésium (Mg^{2+}) et les Anions:

- **Mg^{2+}** : Le Mg^{2+} réagit au métabolisme du sucre et des protéines. Il y a 25 g de ces ions dans l'organisme. Quand sa concentration est trop importante, il est éliminé par les reins et les urines.
- **Anions** : L'excès d'ions tels que Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- est éliminé par les reins et les urines.

3.5. L'Équilibre Acido-Basique et les Tampons:

- **Acide** : Capable de libérer H^+ .
- **Basique** : Capable d'accepter un H^+ .
- **Les Tampons** : Le pH est réglé par les reins, les poumons et les substances chimiques protéiques appelées tampons.
 - **Alcalémie** : pH sanguin supérieur à 7,40 (sévère si $\text{pH} > 7,45$).
 - **Acidose** : pH sanguin inférieur à 7,30 (sévère si $\text{pH} < 7,2$).
- **Sources d'Acides** : L'alimentation, la dégradation du glucose, la dégradation incomplète des graisses (corps cétoniques) et la dégradation des protéines.

Rôles du poumon et du Rein : Le CO_2 (acide carbonique) est éliminé par la respiration. C'est le rein qui élimine les autres acides (Phosphorique, cétonique, uriques).

VI. LA PHYSIOLOGIE RÉNALE : FONCTIONS ET ANATOMIE:

4.1. Introduction au Système Urinaire

Le système urinaire est composé : des reins (synthétisent l'urine), des uretères (acheminent l'urine), de la vessie (collecte) et de l'urètre (excrétion). L'urine est composée d'eau et de substances de déchets à évacuer.

iction : Action d'uriner. Une personne produit environ **1 à 1,5** d'urine par jour. L'urine normale est claire, ambrée (reflet jaunâtre), odorante et légèrement acide (pH environ 6).

4.2. Les Reins : Fonctions et Anatomie:

Fonctions principales :

- Élimination des déchets.
- Régulation de l'équilibre d'eau et des électrolytes.
- Régulation du pH.
- Contrôle de la pression artérielle (production de **Rénine**).
- Production de l'hormone Érythropoïétine (production des globules rouges).
- Production de la forme active de la vitamine D.

Anatomie : Petit organe rouge foncé en forme de haricot, en position rétro-péritonéale dans la région lombaire postérieure, entre la 12e vertèbre dorsale et la 3e vertèbre lombaire. Il mesure 12 cm de long, 6 cm de large et 3 cm d'épaisseur (150 g).

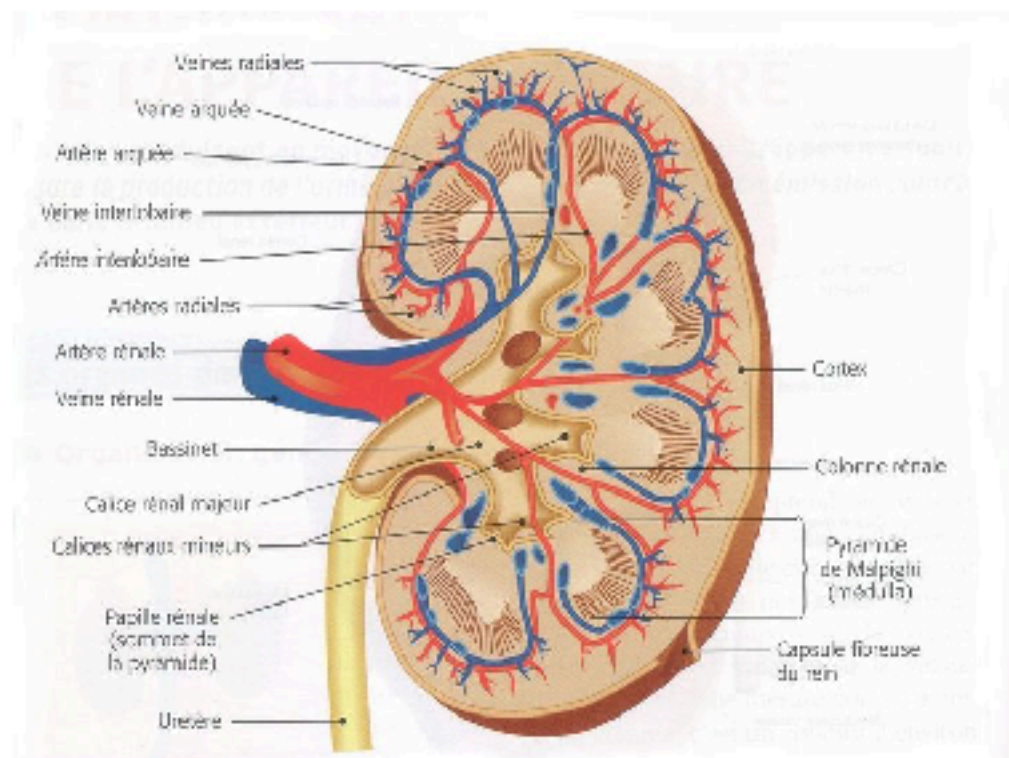


schéma 1 : anatomie de rein

ularisation et Innervation:

Les reins nettoient le sang et équilibrent sa composition chimique. Un quart du volume total du sang passe à travers les reins chaque minute.

- **Alimentation :**

Artère Rénale (ramification de l'aorte abdominale) → Artères segmentaires → Artères interlobulaires → Artères arquées → Artérioles afférentes.

- **Drainage Veineux :**

Le sang veineux passe par des veines qui suivent le même trajet en direction opposée.

4.4. Le Néphron : Unité Fonctionnelle:

Le **Néphron** est l'unité fonctionnelle des reins (≈40 à 80000 néphrons).

- **Types :** Néphrons corticaux (plus nombreux, dans le cortex) et néphrons juxtamédullaires (pénètrent profondément dans la médulla).
- **Anatomie :** Composé de deux parties :
 1. **Partie vasculaire :** Artérioles afférentes/efférentes, capillaires glomérulaires et capillaires péritubulaires.
 2. **Partie Rénale :** Capsule glomérulaire, Tubules rénaux, Anse de Henlé, Tube Contourné Distal et Tube Collecteur.

V. MÉCANISMES DE FORMATION DE L'URINE:

5.1. Le Glomérule et la Filtration:

Le glomérule est l'unité ultrastructure du néphron. L'endothélium des capillaires est percé de pores (endothélium fenêtré), le rendant très perméable aux petites molécules.

- **Filtration :** La pression sanguine est plus forte que dans les autres lits capillaires. Elle réalise la filtration du sang et la formation de l'urine primitive (ultra-filtrat plasmatique). Les protéines et les globules sanguins sont trop gros pour passer à travers la membrane de filtration.

Processus de Filtration : La filtration est un phénomène **passif** qui se situe sous l'action d'une force appelée **Pression Efficace de Filtration (PEF)** résultant de l'équilibre entre :

- **Pression Hydrostatique :** Pression exercée par un liquide.
- **Pression Oncotique :** Pression osmotique exercée par les protéines qui retiennent l'eau dans le plasma.
- **Débit de Filtration Glomérulaire (DFG) :** Volume de filtrat formé par les deux millions de glomérules chaque minute.

$$DFG = K(f) \times PNF$$

- Le DFG normal chez l'adulte est de **120 à 125 ml/min** (180 L par jour).

5.2. Réabsorption et Sécrétion Tubulaire:

- **Urine Primitive** (filtrat glomérulaire) : Composition identique au plasma sanguin.
- **Urine Définitive** : Ne contient que les déchets de l'organisme et l'eau.

Les mécanismes de transfert tubulaire peuvent être **actifs** (contre le gradient) ou **passifs** (selon le gradient).

Substance	Réabsorption	Sécrétion
Sodium (Na ⁺)	≈65% réabsorbé dans le TP. TCD et TC : réabsorption facultative dépendante de l'Aldostérone.	Pas de sécrétion tubulaire physiologique
Eau (H ₂ O)	80% absorbé par osmose (65 % dans le TP, 15 % dans l'Anse de Henlé). Indépendant des besoins.	Pas de sécrétion tubulaire physiologique

	Quantité variable dans le TCD et TC sous contrôle de l'ADH.	
Chlore (Cl^-)	La quantité est liée à la réabsorption de Na^+ (Cl^- suit Na^+ passivement).	Pas de réabsorption significative habituellement décrite.
Urée	Une partie du riz (sic) filtré est réabsorbée. Au moins la moitié de l'urée filtrée est réabsorbée et retourne dans la circulation sanguine.	L'urée est sécrétée par l'urine.
Potassium (K^+)	Environ 65 % dans le TP et 25 % dans la branche ascendante épaisse de l'anse de Henlé . Une réabsorption distale est possible en cas de déficit en potassium.	Dépendant de l'Aldostérone.
Ions H^+	Pas de réabsorption significative habituellement décrite.	Sécrétés dans le TCD et le TP pour l'équilibre du milieu interne.
Autres	Ca^{2+} et PO_4^{2-} sont contrôlés par la Parathormone.	Créatinine, acide urique, médicaments sont sécrétés.

au 5 : Réabsorption et Sécrétion Tubulaire Détaillées

6. CONCENTRATION DE L'URINE ET CLAIRANCE

6.1. Mécanisme de Concentration (Anse de Henlé)

La concentration de l'urine est assurée par le **Mécanisme du Contre-Courant Multiplicateur**.

- **Branche Ascendante (BA)** : Réabsorption active du sodium sans mouvement d'eau, créant un milieu médullaire hyperosmotique.
- **Branche Descendante (BD)** : Perméable à H_2O , imperméable à $NaCl$. La médullaire hyperosmotique favorise le retour passif de Na^+ vers la BD avec sortie d'eau.
- **Le riz** (sic) se concentre dans la B.D. jusqu'à une osmolarité maximale au niveau de la pointe où il se dilue tout au long de la BA.
- **Intérêt** : Créer un gradient de concentration dans la médullaire pour favoriser l'excrétion d'urine plus concentrée par la réabsorption d'eau sous le contrôle de l'ADH.

6.2. Régulation Hormonale et Diurétiques:

Élément	Rôle / Site d'Action	Effet Principal
Rénine	Enzyme libérée par le rein.	Transforme l'Angiotensinogène en Angiotensine I.
Angiotensine II	Hormone agissant notamment sur les vaisseaux sanguins et la corticosurrénale.	Stimule la libération de l'Aldostérone.
Aldostérone	Hormone libérée par la corticosurrénale.	Augmente la réabsorption de Na^+ (et de l'eau) et l'excrétion de K^+ .

	essine)	Hormone synthétisée par l'hypothalamus et libérée par la neurohypophyse. Agit principalement sur les tubes collecteurs.	Urines concentrées et rares (antidiurèse) ou diluées et abondantes (hyperdiurèse). Action synergique avec l'aldostérone. Action sur le... (Phrase coupée dans le texte original).
Mannitol		Substance osmotiquement active, filtrée et très peu réabsorbée, agissant principalement dans le tubule proximal et la branche descendante de l'anse de Henlé.	Diurétique osmotique.
Furosémide		Agit sur le cotransporteur $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{2Cl}^-$ de la branche ascendante épaisse de l'anse de Henlé.	Diurétique de l'anse.

Tableau 6 : Les Diurétiques et les Hormones Clés

6.3. Détermination de la Clairance:

Le pouvoir de concentration ou de dilution de l'urine peut être exploré par la détermination de la clairance osmotique ou de la clairance de l'eau libre. L'eau absorbée ou rejetée seule est appelée **eau libre** (non liée aux électrolytes).

La Clairance Osmolaire (Cosm) :

$$C = \frac{P \times U}{U_{\text{osm}}} \times V$$

Avec U : osmolarité urinaire

V : Débit urinaire

P : Osmolarité plasmique

Volume de l'Eau Libre (CH₂O) :

Volume d'eau qu'il faut ajouter ou soustraire des urines pour les rendre ISO osmotiques au plasma.

$$C(\text{osm}) = C(\text{H}_2\text{O}) + V_1$$