

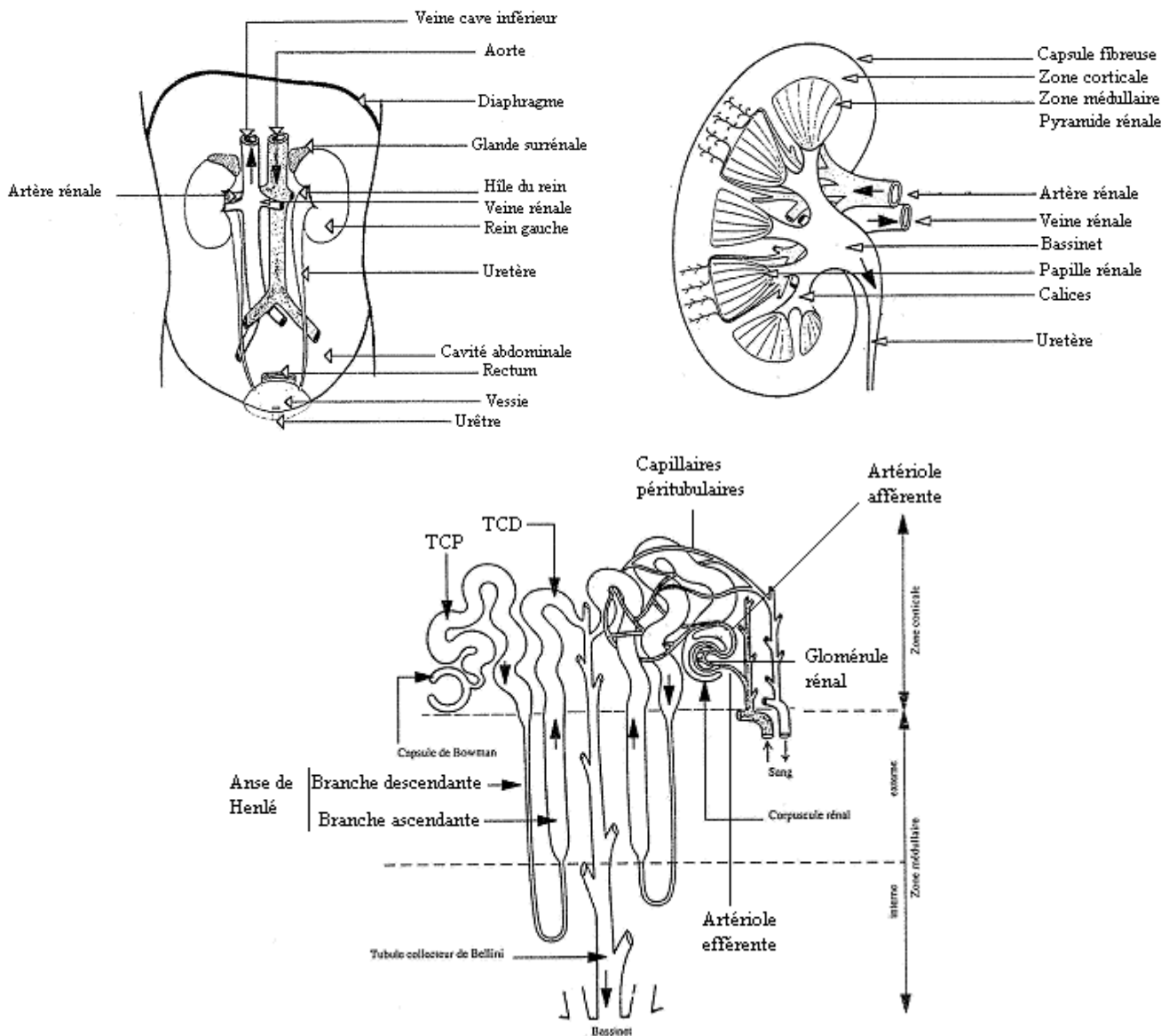
Exploration fonctionnelle rénale

1° Rein et formation de l'urine :

La composition chimique de l'urine est :

- Urée
- Créatinine
- Acide urique

1.1. L'appareil urinaire, le rein et le néphron :



1.2. Mécanisme de la formation de l'urine :

Il y a trois mécanismes :

- La filtration glomérulaire
- La réabsorption tubulaire
- La sécrétion/excrétion tubulaires

L'urine se forme en plusieurs étapes :

- Filtration glomérulaire formant l'urine primitive (Ultra filtra du plasma).
- Phénomène de réabsorption et de sécrétion/excrétion formant l'urine définitive dans le tubule rénal.

1.2.1. Notion de clairance (ou coefficient d'épuration plasmatique) :

La clairance est le volume fictif de plasma totalement épuré de la substance considérée par unité de temps par suite du travail des reins. C'est donc un débit.

quantité éliminée dans l'urine = quantité initiale dans le plasma

$$Cl_X = \frac{U_X}{P_X} \times \dot{U}$$

- Cl : clairance (mL/s)
- P_X : concentration de la substance dans le plasma (mol/L)
- U_X : concentration de la substance dans l'urine (mol/L)
- \dot{U} : diurèse (L/24h ou mL/s)

1.2.2. La filtration glomérulaire :

1.2.2.1. La membrane de filtration :

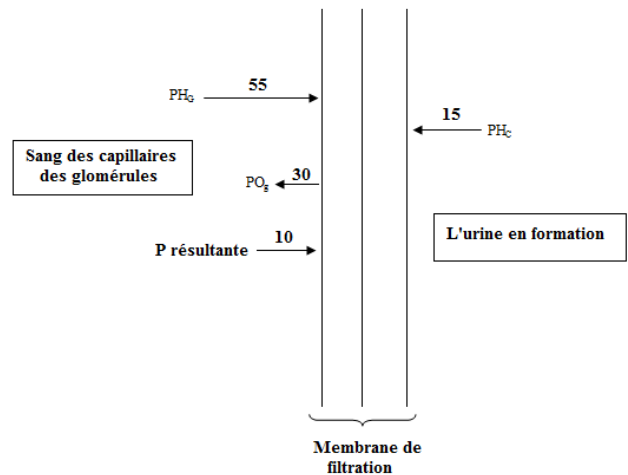
Le filtre glomérulaire est constitué de trois couches :

- L'endothélium capillaire
- La membrane basale
- L'épithélium

L'urine glomérulaire est identique au plasma, sans les protéines et lipoprotéines, et est isotonique au plasma.

1.2.2.2. La pression nette de filtration :

- PH_G : pression hydrostatique du sang capillaire glomérulaire.
- PH_C : pression de l'urine glomérulaire.
- PO_g : pression oncotique des protéines du plasma.



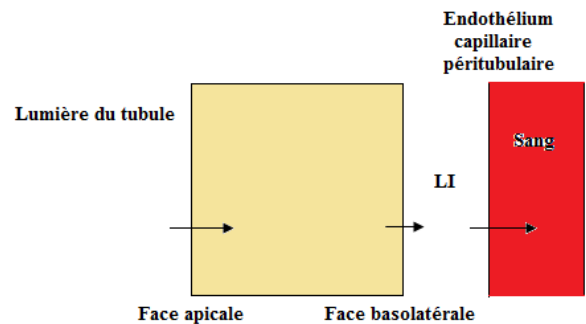
1.2.2.3. Le débit de filtration (DFG ou F) :

La mesure du DFG se fait par la mesure de la clairance d'une substance qui est uniquement filtré.

1.2.3. La réabsorption tubulaire :

- Si la quantité dans l'urine < quantité filtrée → réabsorption partielle.
- Si la quantité dans l'urine = 0 → réabsorption totale.

La réabsorption se fait par un mécanisme de transport transépithélial.

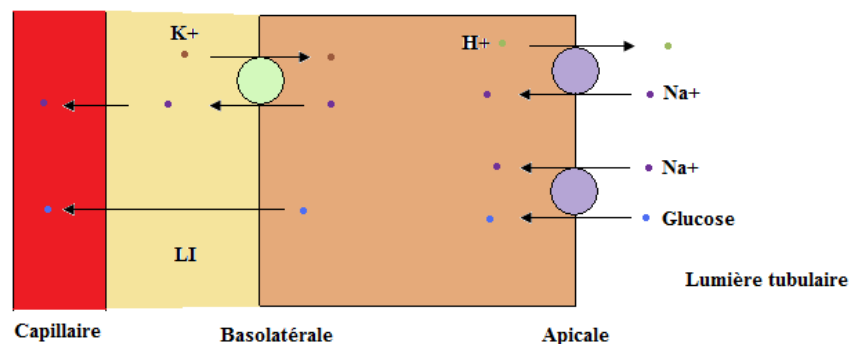


1.2.3.1. La réabsorption tubulaire active :

- Du sodium :

Il est réabsorbé au niveau de la branche ascendante de l'Anse de Henlé, du TCD et du tube collecteur. Sa réabsorption est sous le contrôle de l'aldostérone qui augmente la réabsorption du sodium.

- Du glucose :



1.2.3.2. La réabsorption tubulaire passive :

La réabsorption des ions sodium fait apparaître :

- Un gradient électrique favorisant la réabsorption passive des ions chlorures et des ions hydrogénocarbonates.
- Un gradient osmotique entraînant la réabsorption d'eau par osmose (dans le TCP et la partie descendante de l'Anse de Henlé).

Le réabsorption du sodium et de l'eau sont liées, et sont sous le contrôle de l'aldostérone et de l'ADH.

1.2.3.3. Récapitulatif de la réabsorption au niveau des différentes parties du tubule rénal :

	Substances réabsorbées	Mécanisme de la réabsorption
TCP	Sodium	Transport actif
	Glucose	Transport actif secondaire de type symport avec le sodium
	Cations (K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+})	Transport actif (cotransport avec le sodium)
	Anions (Cl^- , HCO_3^-)	Transport passif
	Eau	Réabsorption obligatoire consécutive à la réabsorption des solutés (osmose)
	Urée et solutés liposolubles	Diffusion passive
Anse de Henlé	Ascendante : eau	Réabsorption obligatoire (osmose)
	Descendante : ions	Transport actif
TCD et tubule collecteur	Sodium	Transport actif (si aldostérone)
	Cl^- , HCO_3^-	Transport passif
	Eau	Transport facultative par osmose (si ADH)

1.2.4. Excrétion/sécrétion tubulaire :

Elle a lieu au niveau du TCP, du TCD et du tube collecteur.

Elle correspond à l'élimination :

- **Des substances physiologiques**
 - K^+ : totalement réabsorbés au niveau du TCP et excrétés au niveau du tube distal.
 - H^+ : sécrétés par les cellules du TCP et TCD.
- **Des substances étrangères**

2° Exploration fonctionnelle rénale

2.1. Epreuves fondamentales globales :

2.1.1. Examen des urines :

2.1.1.1. Examen « physique » des urines : Diurèse et l'aspect de l'urine.

2.1.1.2. Examen « chimique » des urines : A l'aide de bandelettes réactives.

2.1.2. Examens biochimiques de « routine » :

2.1.2.1. Urines de 24 heures :

- Osmolalité : elle dépend de la densité de l'urine.
- Electrolytes : sodium et potassium.
- Constituants azotés non protéiques : urée, acide urique, créatinine.
- Constituants « anormaux » : protéines, glucides, corps cétoniques, bilirubine et urobilinogène.

2.1.2.2. Plasma :

Un mauvais fonctionnement rénal s'accompagne d'une rétention, dans le sang, de nombreuses substances.

Le pouvoir épurateur du rein peut donc être apprécié par le dosage de :

- Divers électrolytes.
- Composés azotés non protéiques.

L'insuffisance rénale conduit à une rétention d'eau, d'électrolytes et des composés azotés non protéiques.

2.2. Epreuves fonctionnelles sélectives :

2.2.1. Clairance (ou coefficient d'épuration plasmatique) :

2.2.1.1. Définition :

(Voir cours sur le rein et formation de l'urine).

2.2.1.2. Les différentes clairances :

- **Substances uniquement filtrées au niveau du glomérule :**

quantité filtrée par le rein = quantité éliminée par les urines

$$P \times \text{DFG} = V \times \dot{U}$$

$$\text{DFG} = \text{Cl}$$

- **Substances filtrées et partiellement réabsorbées :**

quantité filtrée = quantité éliminée + quantité réabsorbée

$$P \times \text{DFG} = V \times \dot{U} + T_r$$

$$\text{Cl} = \text{DFG} - \frac{T_r}{P}$$

- **Substances filtrées et excrétées :**

quantité filtrée + quantité excrétée = quantité éliminée

$$P \times \text{DFG} + T_s = V \times \dot{U}$$

$$\text{Cl} = \text{DFG} + \frac{T_s}{P}$$

2.2.2. Epreuves fonctionnelles glomérulaires:

On mesure la clairance d'une substance filtrée au niveau du glomérule, ne subissant ni réabsorption, ni sécrétion.

$$\text{Cl}_C = \text{Cl} \times \frac{1,73}{S_C}$$

2.2.3. Epreuves fonctionnelles tubulaires :

2.2.3.1. Etude des transferts tubulaires de l'eau :

- Epreuve de concentration (des urines).
- Epreuve de dilution (des urines).
- Clairance osmolaire :

$$\text{Cl}_{\text{osm}} = \frac{U_{\text{osm}}}{P_{\text{osm}}} \times \dot{U}$$

- Clairance de l'eau libre :

$$\text{Cl}_{\text{eau libre}} = U \times \left(1 - \frac{U_{\text{osm}}}{P_{\text{osm}}}\right)$$

2.2.3.2. Etude de la réabsorption tubulaire : (exemple : celle du glucose)

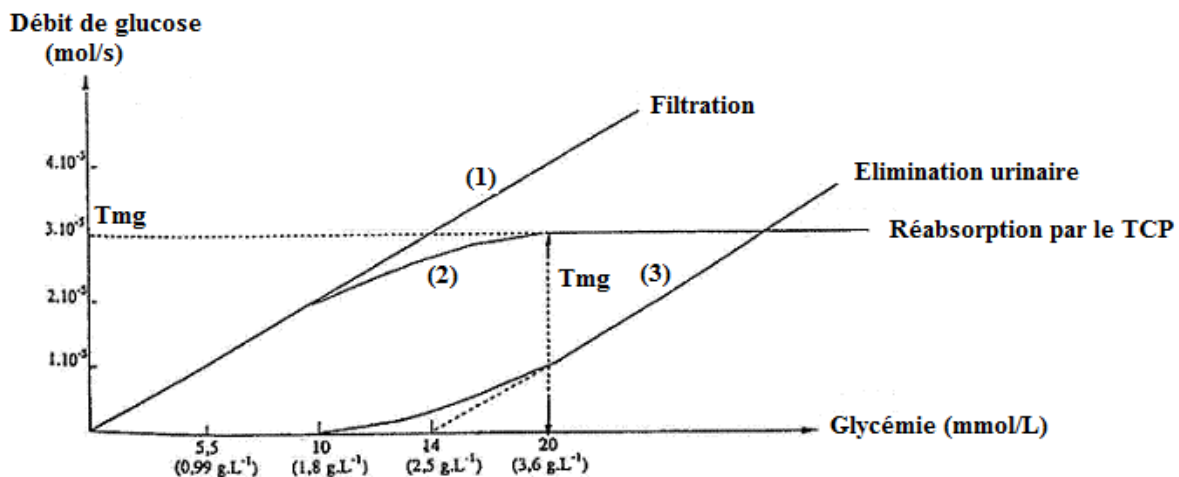
Chez un sujet sain, le glucose filtré au niveau du glomérule est totalement réabsorbé au niveau du TCP.

Si la glycémie est trop élevée ($> 10 \text{ mmol/L}$), il apparaît du glucose dans les urines. En effet, il existe un taux maximal de réabsorption du glucose ($T_{mg} = 350 \text{ mg/min} = 32 \mu\text{mol/s}$). Lorsque la quantité de glucose filtrée, par unité de temps, est supérieure à ce T_{mg} , l'excédent de glucose, non réabsorbé, est éliminé dans les urines.

- **Epreuve de Govaerts :**

On perfuse une solution de glucose au patient de façon à augmenter progressivement sa glycémie. On détermine, à intervalle de temps régulier, la glycémie, la glucosurie et le débit urinaire.

On obtient les résultats suivant :



- **Epreuve simplifiée :**

On perfuse une solution de glucose de façon à obtenir une glycémie de 28 mmol/L et qui se stabilise à cette valeur pendant 30 minutes. On mesure P, U, V et la clairance de la créatinine.

quantité filtrée = quantité éliminée + quantité réabsorbée

$$P \times DFG = V \times \dot{U} + T_{mg}$$

$$T_{mg} = (P \times DFG) - (V \times \dot{U})$$

$$\frac{T_{mg}}{P} = DFG - Cl_{\text{glucose}}$$

2.2.3.3. Etude de l'excrétion/sécrétion tubulaires:

Il existe une capacité maximale « d'excrétion », si la concentration plasmatique de la substance considérée dépasse une certaine valeur, cette substance ne sera pas totalement éliminée du plasma.

On injecte une faible quantité de colorant (Phénol sulfone phtaléine) par voie veineuse puis, on recueille les urines au temps $t = 15$ minutes et au temps $t = 60$ minutes et on dose le colorant dans les urines.

2.2.3.4. Mesure du flux plasmatique :

On utilise une substance d'origine exogène (acide paraaminohippurique). Le PAH est éliminé par filtration glomérulaire et sécrétée par le tubule. A faible dose, le PAH est pratiquement éliminé du plasma au cours de la traversée rénale. La clairance du PAH est la plus élevée et elle permet de mesurer le flux plasmatique rénal.

Si on augmente progressivement la concentration plasmatique en PAH, l'excrétion tubulaire augmente jusqu'à un maximum.

2.3. Examens complémentaires :

- Echographie.
- Radiographie.
- Tomodensitométrie.
- IRM.
- Détection, dans le sérum du patient, d'anticorps spécifiques.

3° Insuffisances rénales :

3.1. L'insuffisance rénale aiguë :

Défaillance aiguë des fonctions rénales et elle est caractérisée par une augmentation brutale de l'urémie et une diminution brutale de la filtration glomérulaire.

- **Signes cliniques :**

Oligurie ou anurie.

- **Analyses indispensables en urgence :**

- Ionogramme plasmatique.
- Dosage de l'urée et de la créatinine plasmatique.
- Détermination des paramètres de l'équilibre acido-basique.

- **Cause :**

- Diminution du flux sanguin rénal.
- Atteinte organique des reins.
- Obstruction du tractus urinaire.

3.2. Insuffisance rénale chronique :

Diminution progressive de la filtration glomérulaire due à une diminution progressive du nombre de néphron fonctionnant.

Elle se développe de façon plus insidieuse que l'insuffisance rénale aiguë, souvent sur plusieurs années et elle est irréversible, aboutissant, ainsi, à une insuffisance rénale terminale.

Différents processus pathologiques peuvent entraîner une altération progressive, mais irréversible, de la fonction rénale :

- Les glomérulonéphrites.
- Le diabète sucré.
- L'hypertension.
- Les pyélonéphrites.
- Les polykystoses rénales.

Toutes ces affections entraînent une diminution du nombre de néphrons fonctionnels.