

# Physiologie rénale

**Dr Mbaye SENE**

**Pharma Dr., PhD, Maître de Conférences titulaire**

**Laboratoire de Physiologie Pharmaceutique, FMPO, UCAD, Dakar**

# Plan

## Introduction

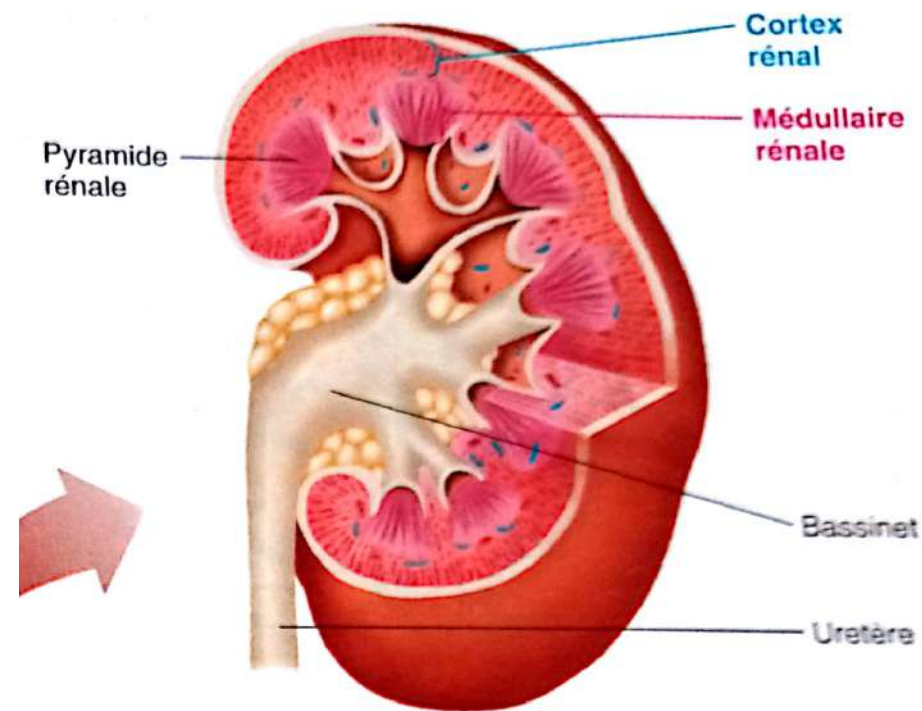
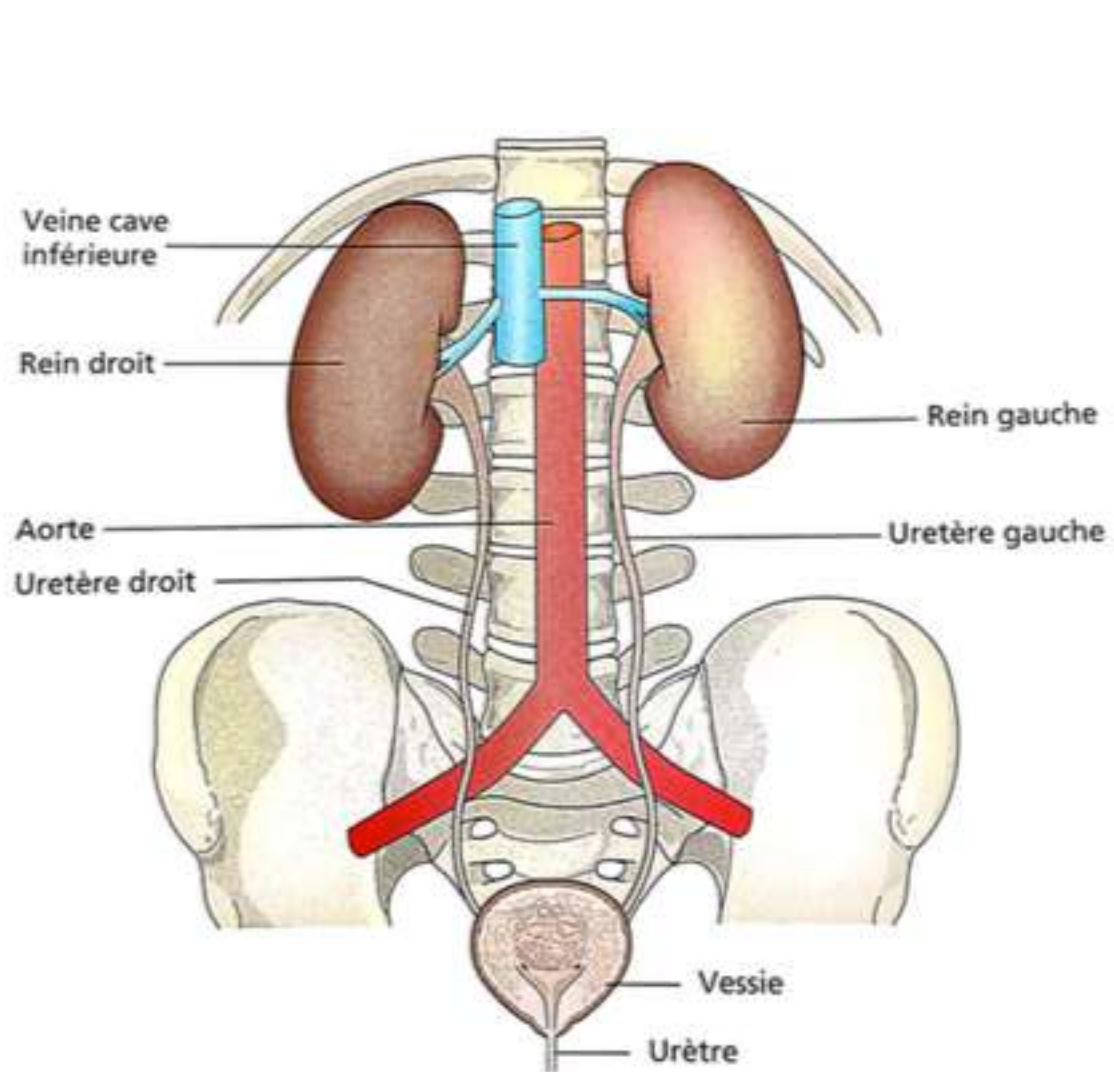
- I. Organisation anatomo-fonctionnelle
- II. Les grandes fonctions du rein
- III. Exploration de la fonction rénale
- IV. Rôle du rein dans l'équilibre acido-basique
- V. Rôle du rein dans l'équilibre hydro-électrolytique
- VI. Fonction endocrine du rein

# Introduction

- ❑ Le volume et de la composition des liquides de l'organisme dépend d'un équilibre entre entrée et sortie.
- ❑ **Le système rénal** : rôle essentiel en éliminant les excès de liquides et d'électrolytes
- ❑ Capacité du rein à former un **ultra filtrat du plasma (fonction de filtration)**, transformé par **réabsorption (fonction de réabsorption)** et **sécrétion (fonction de sécrétion)** au niveau du néphron pour produire de l'**urine**
- ❑ Ces processus peuvent être régulés, ce qui explique que le **volume**, l'**osmolarité** et le **pH** de l'urine puissent être très variables, afin d'assurer les besoins homéostatiques de l'organisme.

# I. Organisation anatomo-fonctionnelle

- ❑ La **production** et l'**excrétion** de l'urine assurées par un **appareil** comprenant d'une part les **reins** au niveau desquels s'élabore l'urine et d'autre part un ensemble de **voies excrétrices** (bassinet, uretère, vessie, urètre).
- ❑ Il existe deux reins, chacun d'entre eux étant constitué d'un **cortex externe** et d'une **médulla interne**.
- ❑ L'urine est formée au sein de sous-unités fonctionnelles appelés **néphrons**.



**Fig. 1. Appareil urinaire**

# I. Organisation anatomo-fonctionnelle

## I.1. Le néphron

- ❑ Chaque rein en compte environ 1 million.
- ❑ Chaque néphron est constitué d'un **appareil glomérulaire** (*corpuscule de Malpighi*) suivi d'un **système tubulaire**
- ✓ L'appareil glomérulaire est constitué de deux éléments : la **capsule de Bowman** qui entoure le deuxième élément constitué par les **capillaires glomérulaires**.
- ✓ Le tubule comprend : le **tube contourné proximal (TCP)**, l'**anse de Henlé (AH)**, le **tube contourné distal (TCD)** et le **tube collecteur (TC)** qui s'ouvre sur le bassinet.

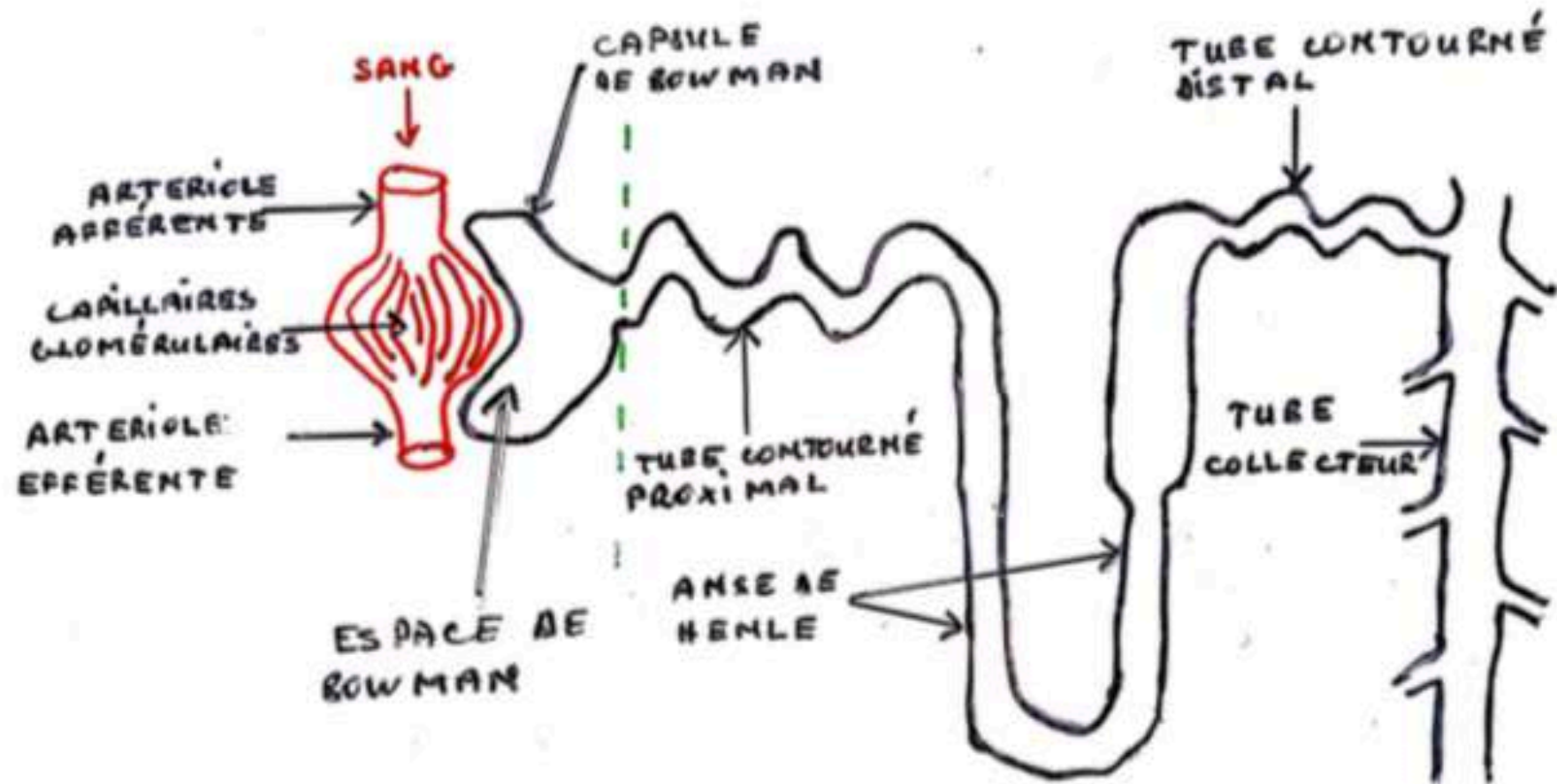


SCHÉMA D'UN NÉPHRON

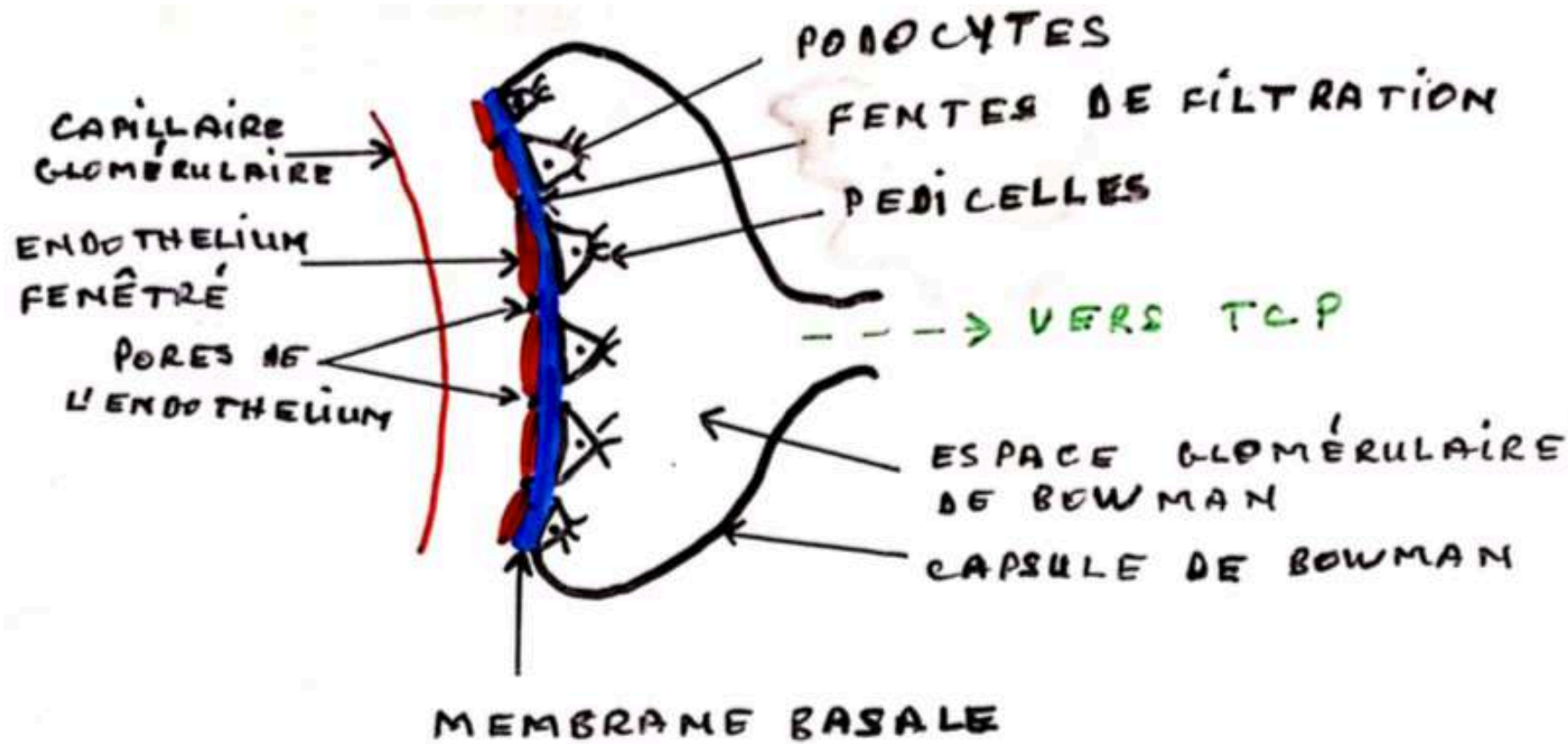


SCHÉMA D'UN APPAREIL GLOMÉRULAIRE

# I. Organisation anatomo-fonctionnelle

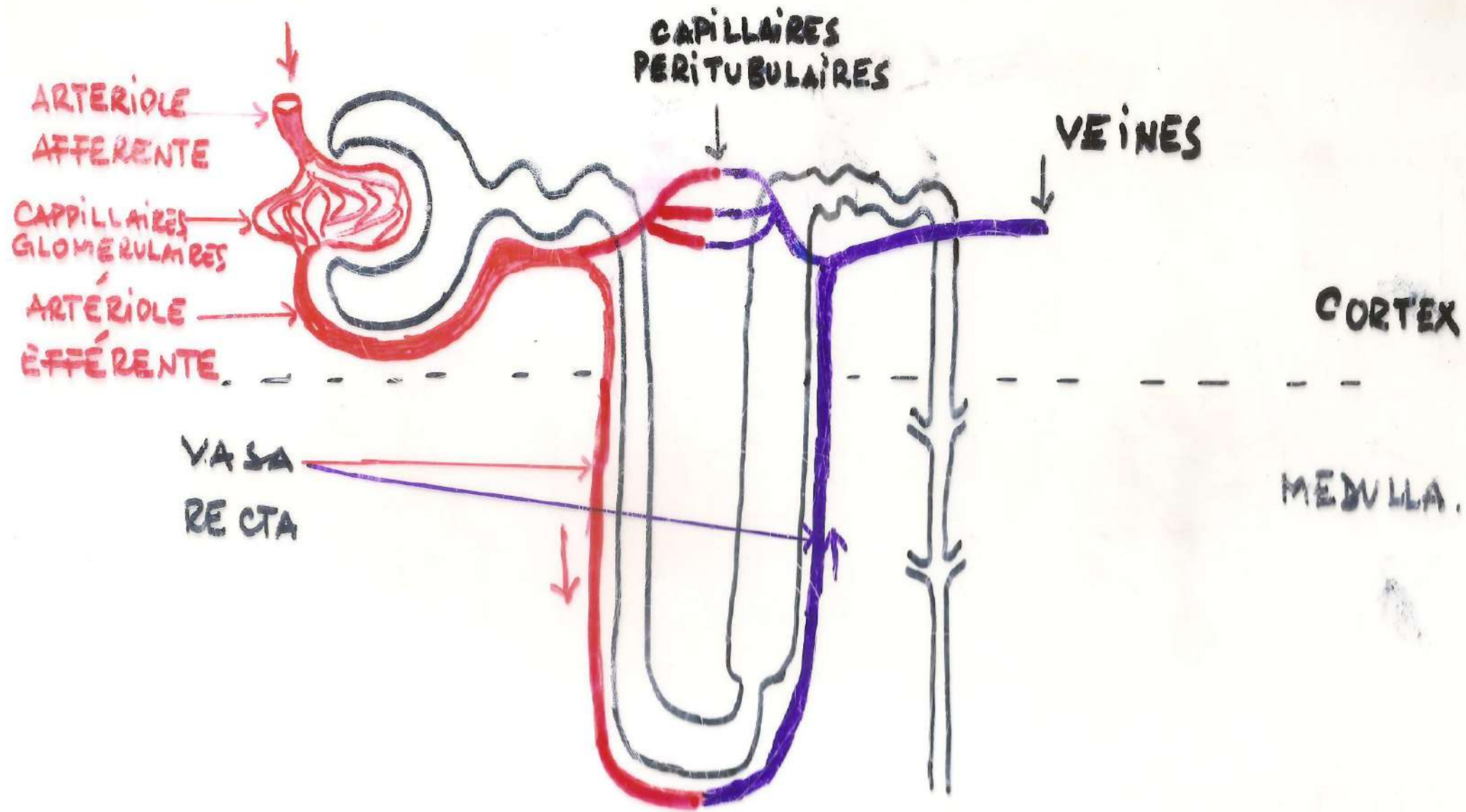
## I.1. Le néphron

- ❑ C'est l'**appareil glomérulaire** qui assure la **fonction de filtration**
- ❑ La filtration se fait à travers la **membrane glomérulaire** composée de trois éléments:
  - ✓ **L'épithélium capillaire**: qui forme une couche de cellules endothéliales présentant de très nombreuses fenestrations ou pores
  - ✓ **La membrane basale**: composée de collagène et de glycoprotéines, donc chargée négativement
  - ✓ **Une couche de cellules épithéliales à peid (podocytes)**: qui forme le feuillet viscéral de la capsule de Bowman

# I. Organisation anatomo-fonctionnelle

## I.2. Vascularisation

- ❑ L'apport sanguin aux reins se fait par les artères rénales.
- ❑ Les **capillaires glomérulaires** naissent d'une **artériole afférente** mais se drainent dans une **artériole efférente** et non dans une veinule.
- ❑ Le sang provenant de l'**artériole efférente** pénètre dans les lits **capillaires péritubulaires** et les **vaisseaux droits** ou **vasa recta**.
- ❑ Ces derniers vaisseaux descendent dans la **médulla** pour vasculariser les **anses de Henlé** et les **canaux collecteurs**.
- ❑ Finalement, tous ces vaisseaux se drainent vers le cortex, puis les **veines rénales**.

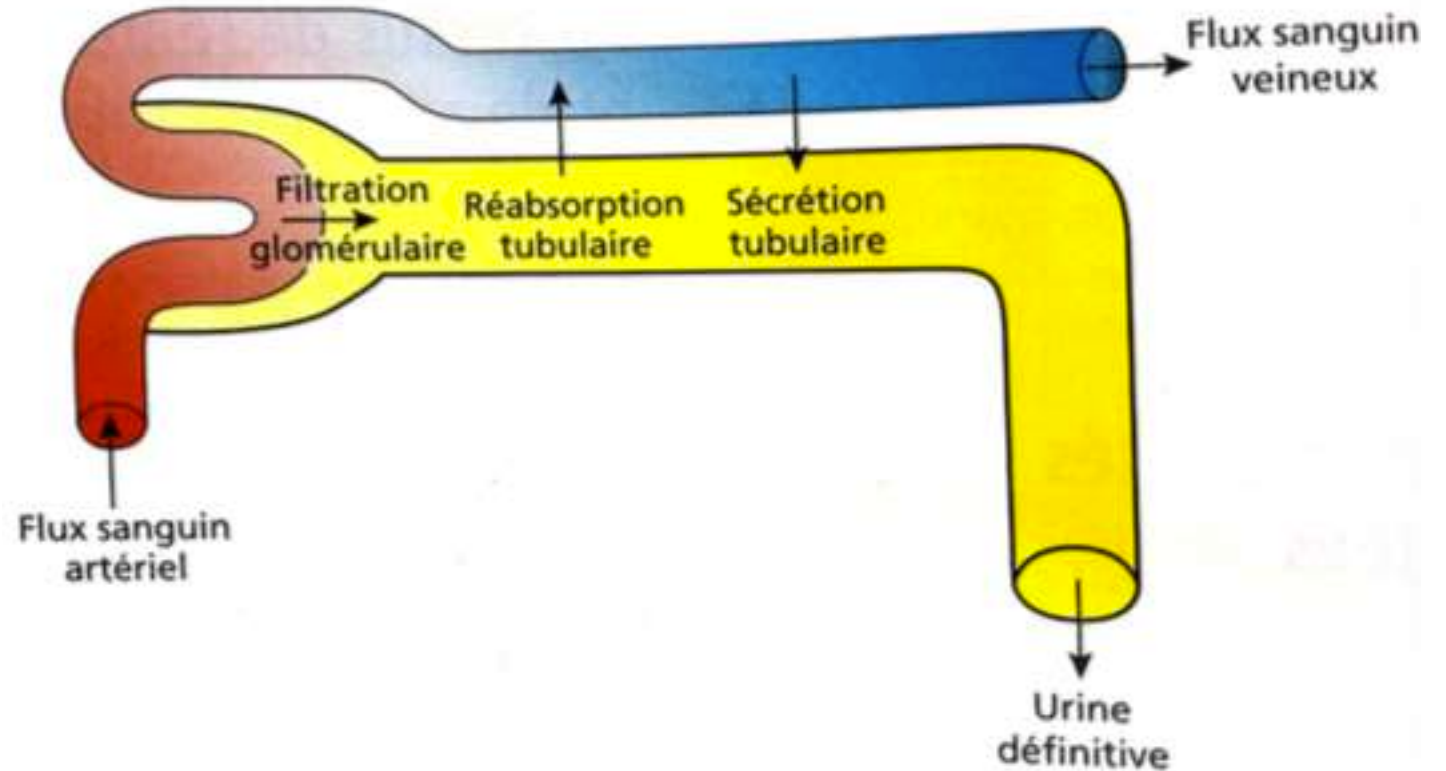


VASCULARISATION DU NEPHRON

# II. Les grandes fonctions du rein

**Les reins ont trois fonctions essentielles:**

1. La filtration glomérulaire
2. La réabsorption tubulaire
3. La sécrétion tubulaire



## II. Les grandes fonctions du rein

### II.1. La filtration glomérulaire

❑ La filtration glomérulaire est l'écoulement de masse d'un plasma dépourvu de protéines depuis les **capillaires glomérulaires** jusqu'à l'**espace de Bowman**

❑ C'est un **processus passif** au cours duquel, les liquides et solutés sont poussés à travers la membrane par une **pression hydrostatique**

❑ Une FG correcte est indispensable au maintien de l'homéostasie du milieu intérieur

# II. Les grandes fonctions du rein

## II.1. La filtration glomérulaire

### a. Composition du filtrat glomérulaire

☐ Le filtrat glomérulaire a pratiquement la même composition que le plasma mais ne contient pas de cellules sanguines, ni de protéines ou très peu de protéines.

☐ Cependant des substances de faible PM peuvent ne pas exister dans le filtrat à la même quantité que le plasma.

**Ex :** le calcium du fait de sa liaison avec les protéines à 50%.

## II. Les grandes fonctions du rein

### II.1. La filtration glomérulaire

#### b. Formation de l'urine primitive

C'est un phénomène passif mettant en jeu deux facteurs :

- ✓ la **pression de filtration** et
- ✓ la **perméabilité** de la membrane.

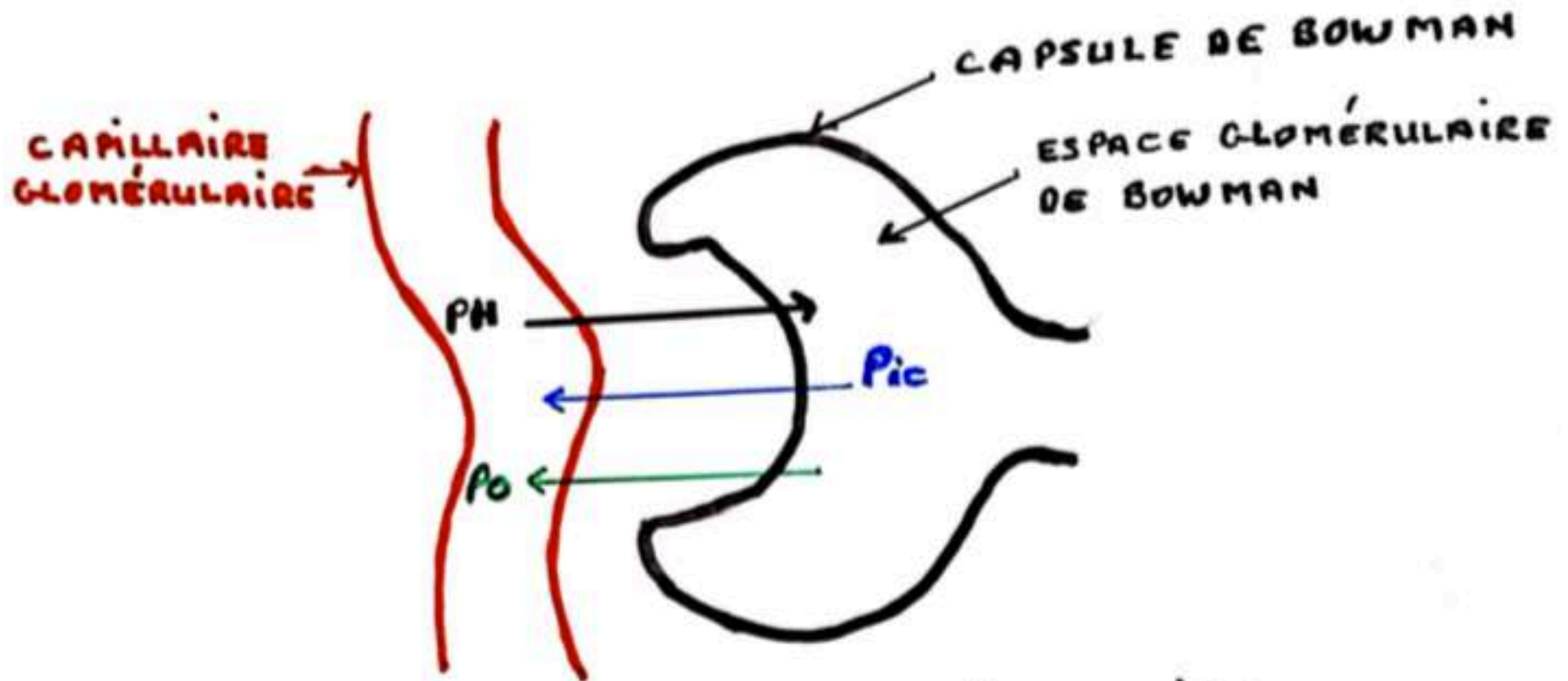
# La pression de filtration

Elle est la résultante de trois forces :

❑ La **pression capillaire** ( $P_c$ ) ou **pression hydrostatique** : elle a tendance à faire sortir les liquides du capillaire ( **55 à 70 mm Hg**). **C'est une pression dérivée de la pression artérielle systémique.**

❑ La **pression colloïdo-osmotique** ou **pression oncotique** ( $P_o$ ): liée aux protéines : elle a tendance à retenir les liquides dans le capillaire (**25 à 30 mm Hg**)

❑ La **pression intra capsulaire** de Bowman ( $P_{ic}$ ) : elle s'oppose à l'arrivée des liquides dans la capsule de Bowman (**10 à 15 mm Hg**)



FORCES EN JEU DANS LA FILTRATION  
GLOMÉRULAIRE

$$\begin{aligned} \text{Pression nette de filtration} &= P H - (P_o + P_{ic}) \\ &= 55 - (30 + 15) \\ &= 10 \text{ mm Hg} \end{aligned}$$

## La perméabilité de la membrane

Elle dépend de : **la taille, la charge électrique:**

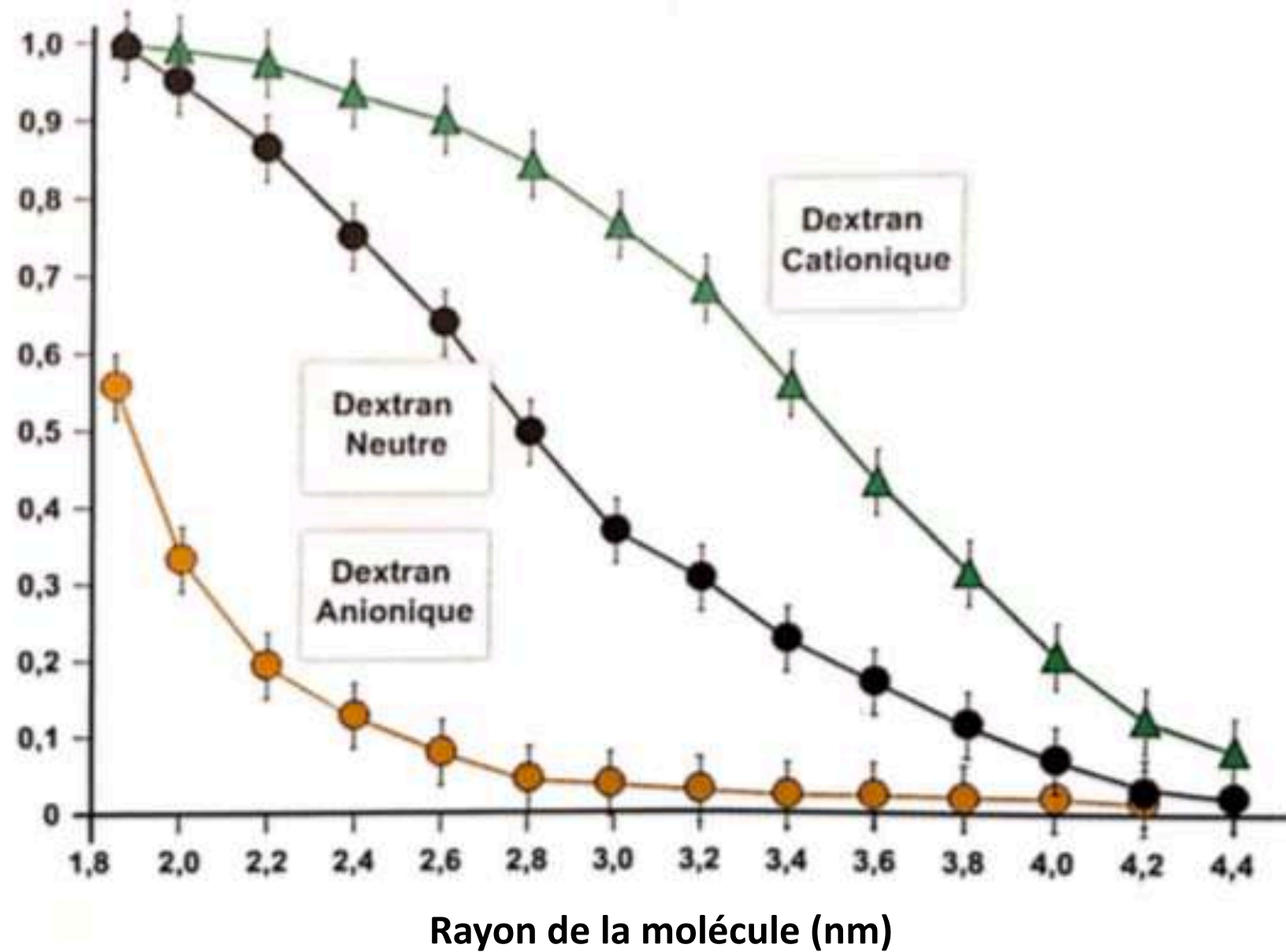
□ La membrane glomérulaire, poreuse facilement franchie par les petites molécules (électrolytes, l'urée, le glucose ) plus lentement par les protéines de **PM < 60 000 Da** ; et pratiquement pas par les protéines de **PM > 60 000 Da** comme l'albumine.

□ La **charge électrique** joue également un rôle important car les **fentes de filtration** portent des charges négatives qui s'opposent aux mouvements des protéines plasmatiques qui sont chargées négativement.

	<b>PM</b>	<b>Rapport de Filtration</b>
<b>Eau</b>	18	1
<b>Glucose</b>	180	1
<b>Inuline</b>	5500	1
<b>Myoglobine</b>	17000	0,75
<b>Hémoglobine</b>	68000	0,03
<b>Albumine</b>	69000	0,01

**PERMEABILITE GLOMERULAIRE AUX MOLECULES**

Rapport de filtration



Influence de la taille et de la charge sur la filtration glomérulaire (dextrans)

## II. Les grandes fonctions du rein

### II.1. La filtration glomérulaire

#### c. Débit de filtration glomérulaire

- ❑ 1/5 du DPR traverse la membrane du capillaire glomérulaire pour former le filtrat
- ❑ Cela représente 125 ml/min, soit 180 l/24 heures
- ❑ La fraction filtré (FF) =  $DFG/DPR = 20\%$  (= 1/5)

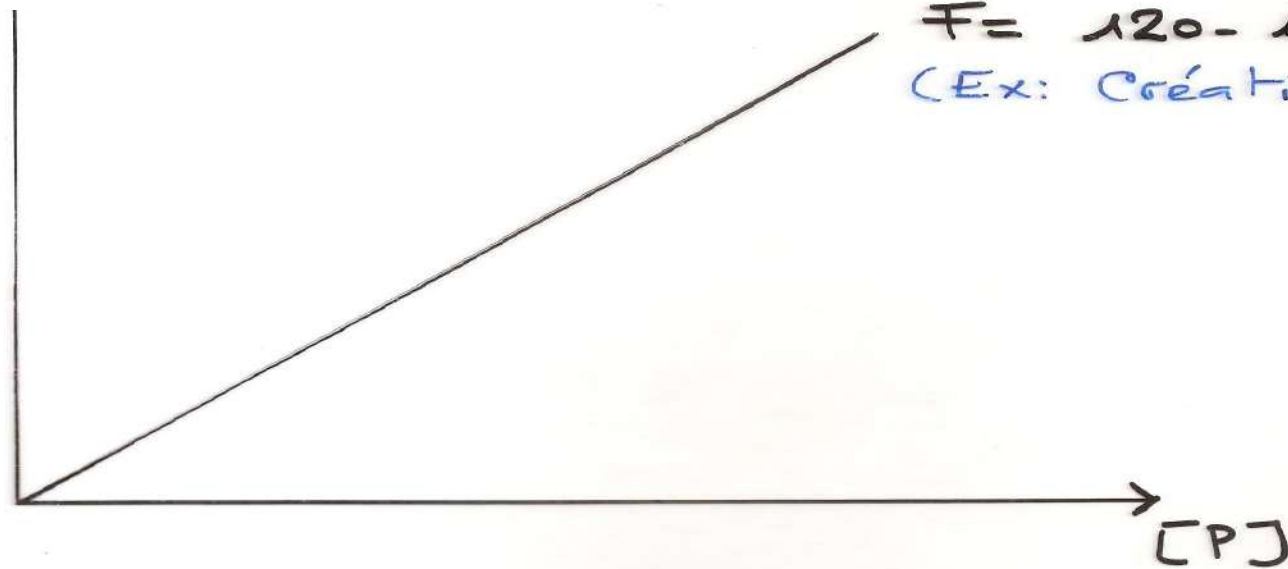
## II. Les grandes fonctions du rein

### II.1. La filtration glomérulaire

#### c. Débit de filtration glomérulaire (DFG)

- ❑ DFG peut être mesuré en utilisant une **substance filtrée** par le glomérule mais qui **n'est ni sécrétée, ni réabsorbée** par le tubule
- ❑ Une telle substance existe à l'état naturel dans l'organisme : c'est la **créatinine** (substance endogène)
- ❑ Il existe d'autres substances répondant à ces critères qui sont utilisées en expérimentation animale : c'est l'**inuline** et le **mannitol**
- ❑ Ce sont des substances filtrées et éliminées directement

UV UV



$$\underbrace{UV}_{\text{Qté éliminée dans urine}} = \underbrace{FP}_{\text{Qté filtrée}}$$

U = Concentration urinaire de la substance

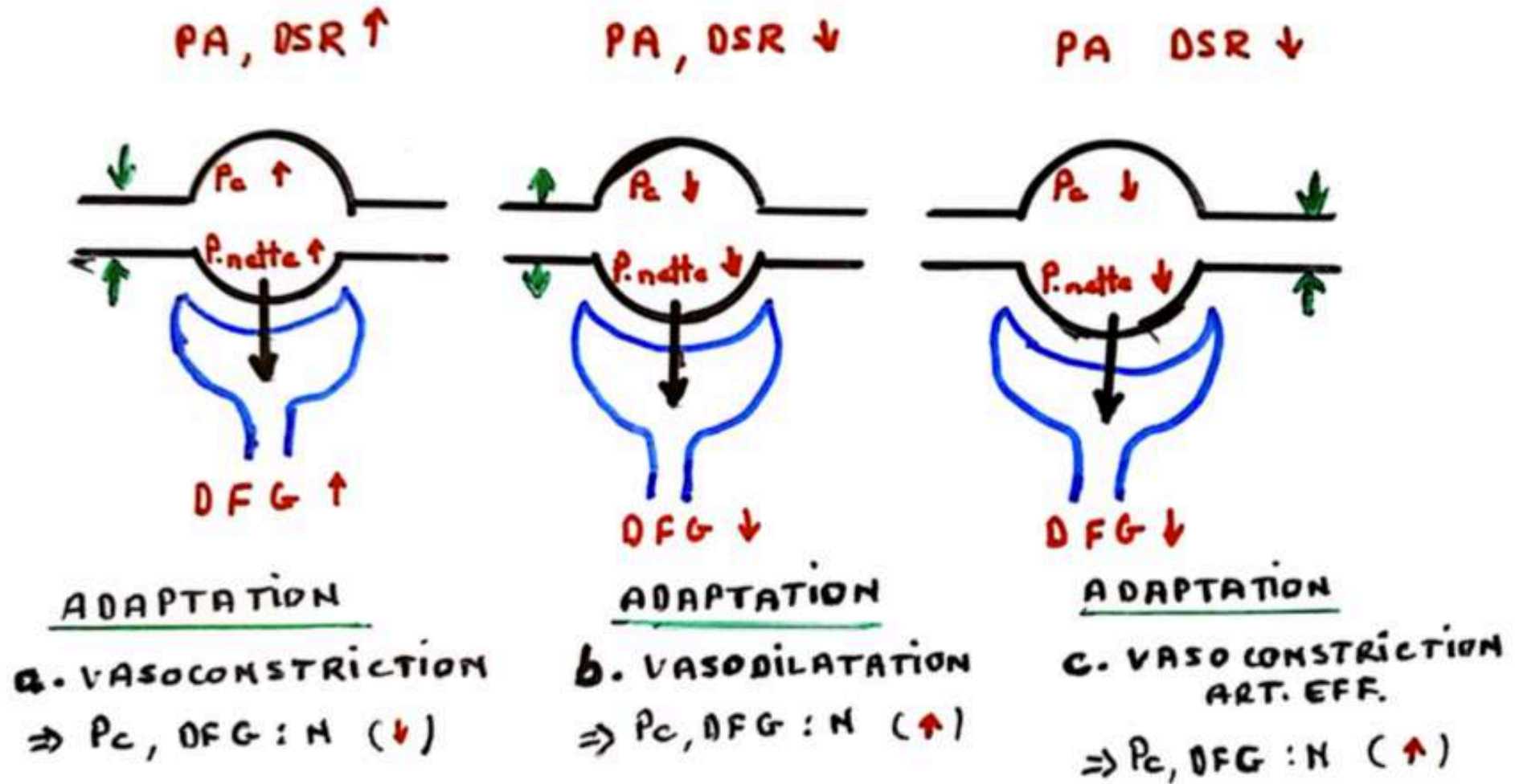
V = débit urinaire

P = concentration plasmatique

F = volume de plasma filtré en unité de temps.

# II. Les grandes fonctions du rein

## d. Régulation du DFG:



ADAPTATION DE LA VASOMOTRICITE ARTERIOLAIRE  
EN FONCTION DU DEBIT SANGUIN RENAL

# II. Les grandes fonctions du rein

## II.1. La filtration glomérulaire

d. Régulation du DFG: Régulation **intrinsèque** et **extrinsèque**

### 1. Régulation intrinsèque :

- ✓ Autorégulation : **Mécanisme myogène** et **Rétrocontrôle tubuloglomérulaire**
- ✓ Systèmes hormonaux intra-rénaux

### 2. Régulation extrinsèque:

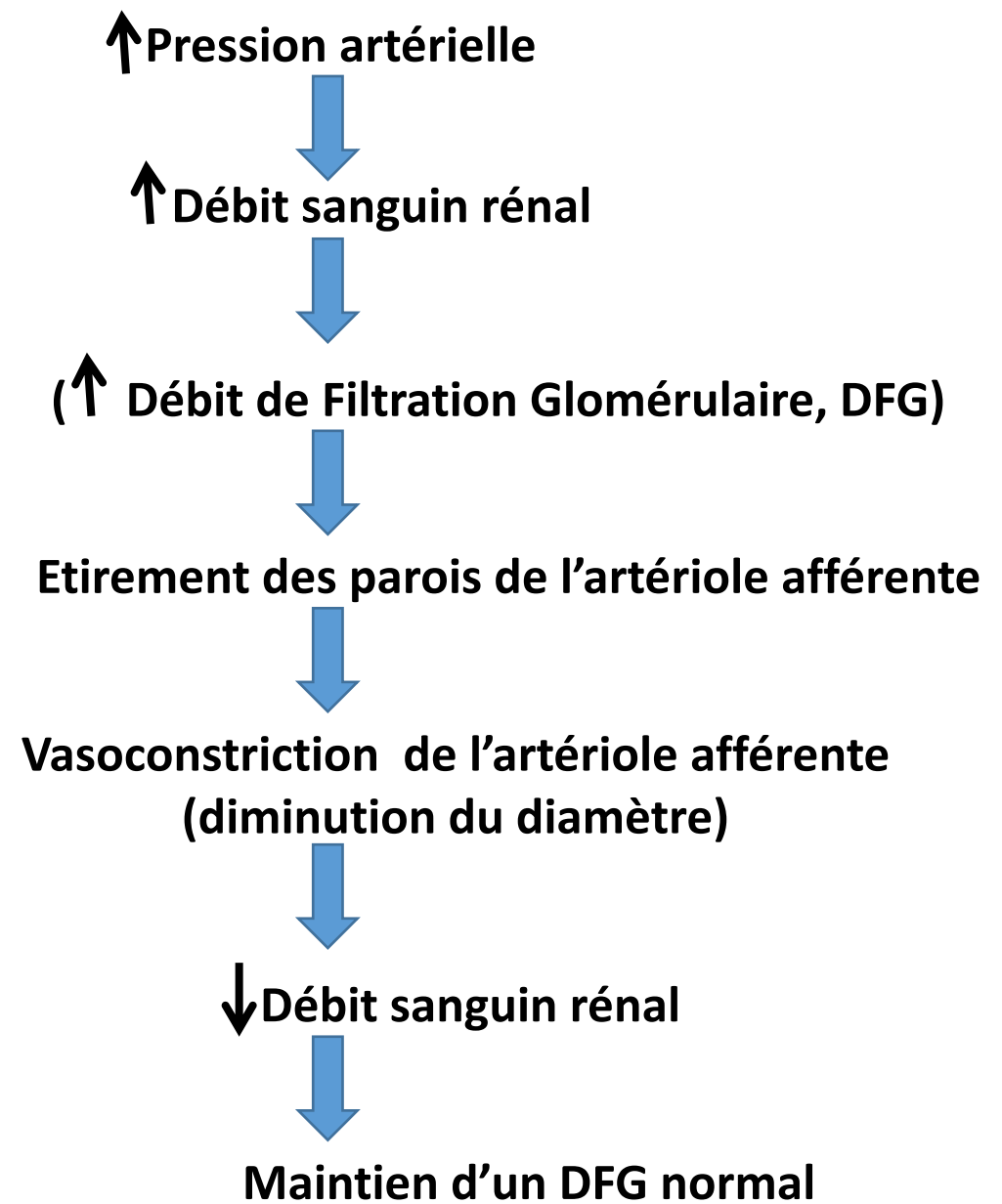
# 1. Régulation intrinsèque

## ✓ Autorégulation:

☐ Le DFG est maintenu relativement constant lors de la variation de la pression artérielle moyenne entre **80 et 180 mm Hg** :  
c'est l'**autorégulation du DFG**

☐ Expérimentalement, cette régulation persiste sur le rein dénervé ou isolé c'est-à-dire indépendant des influences hormonales et nerveuses

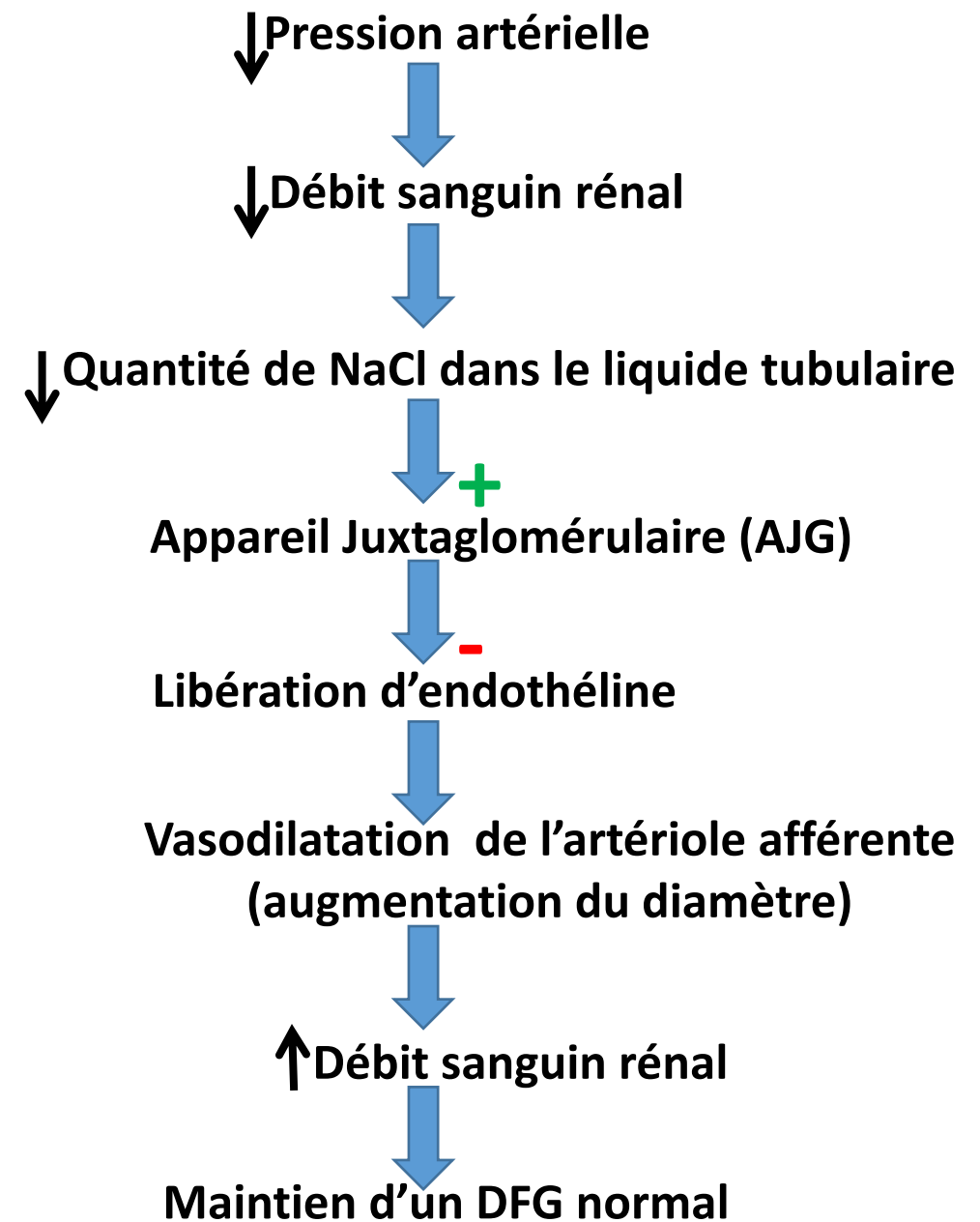
☐ Le DFG est maintenu principalement par l'adaptation des **résistances de l'artériole afférente**.



# 1. Régulation intrinsèque

## ✓ Autorégulation:

- Une diminution de la Pression de filtration ( $P_{eff}$ ) et du DFG aura pour conséquence une baisse du flux de liquide et donc de NaCl dans le tubule. La diminution de la quantité de NaCl est détectée par l'appareil juxtaglomérulaire qui diminue la sécrétion de substances vasoactives comme l'endothéline, ce qui favorise la dilatation des artérioles afférentes et une augmentation de la  $P_{eff}$  et du DFG



**Rétrocontrôle tubuloglomérulaire du DFG normal**

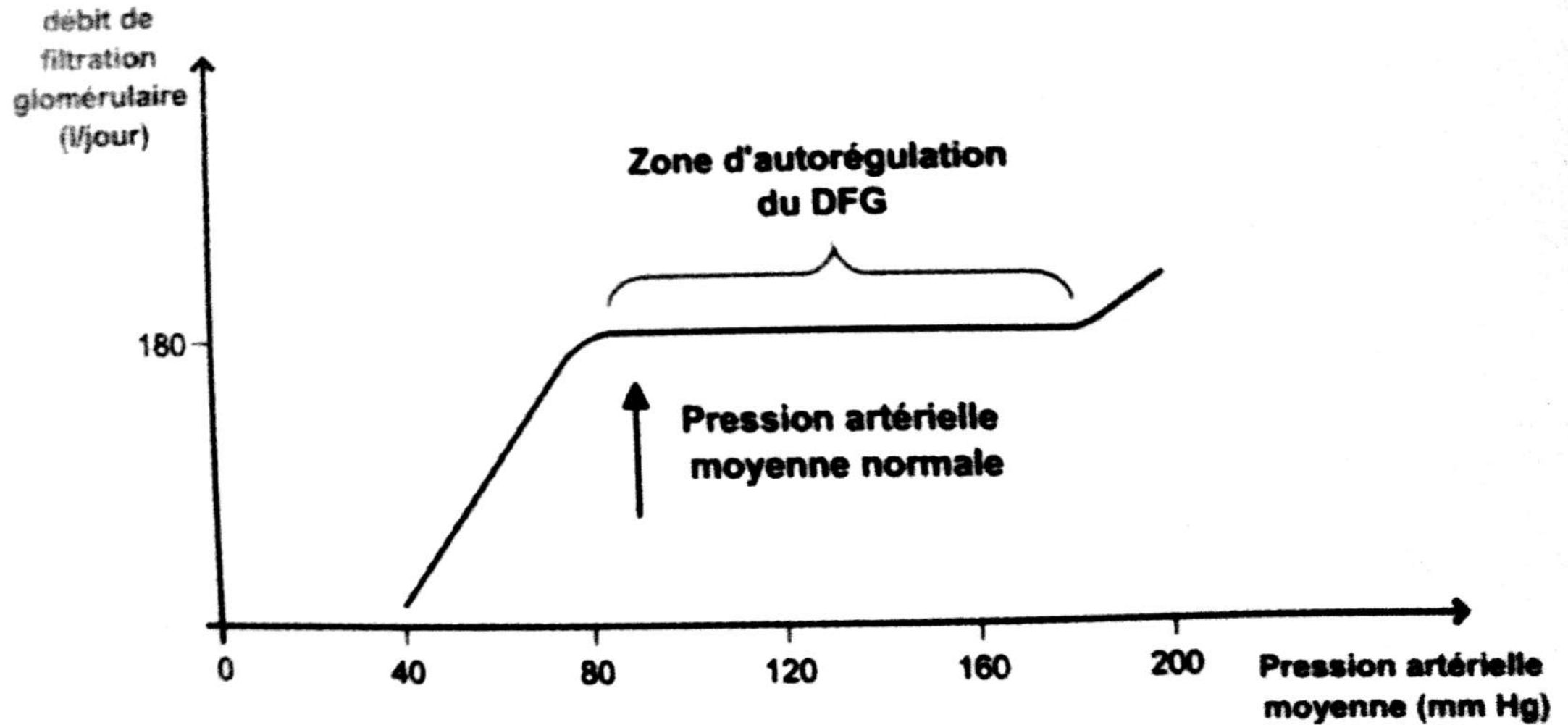


Fig.4. Autorégulation du débit de filtration glomérulaire

# II. Les grandes fonctions du rein

## II.1. La filtration glomérulaire

d. Régulation du DFG: Régulation **intrinsèque** et **extrinsèque**

### 1. Régulation intrinsèque :

✓ **Systèmes hormonaux intra-rénaux**

▪ **Le Système Rénine-Angiotensine**

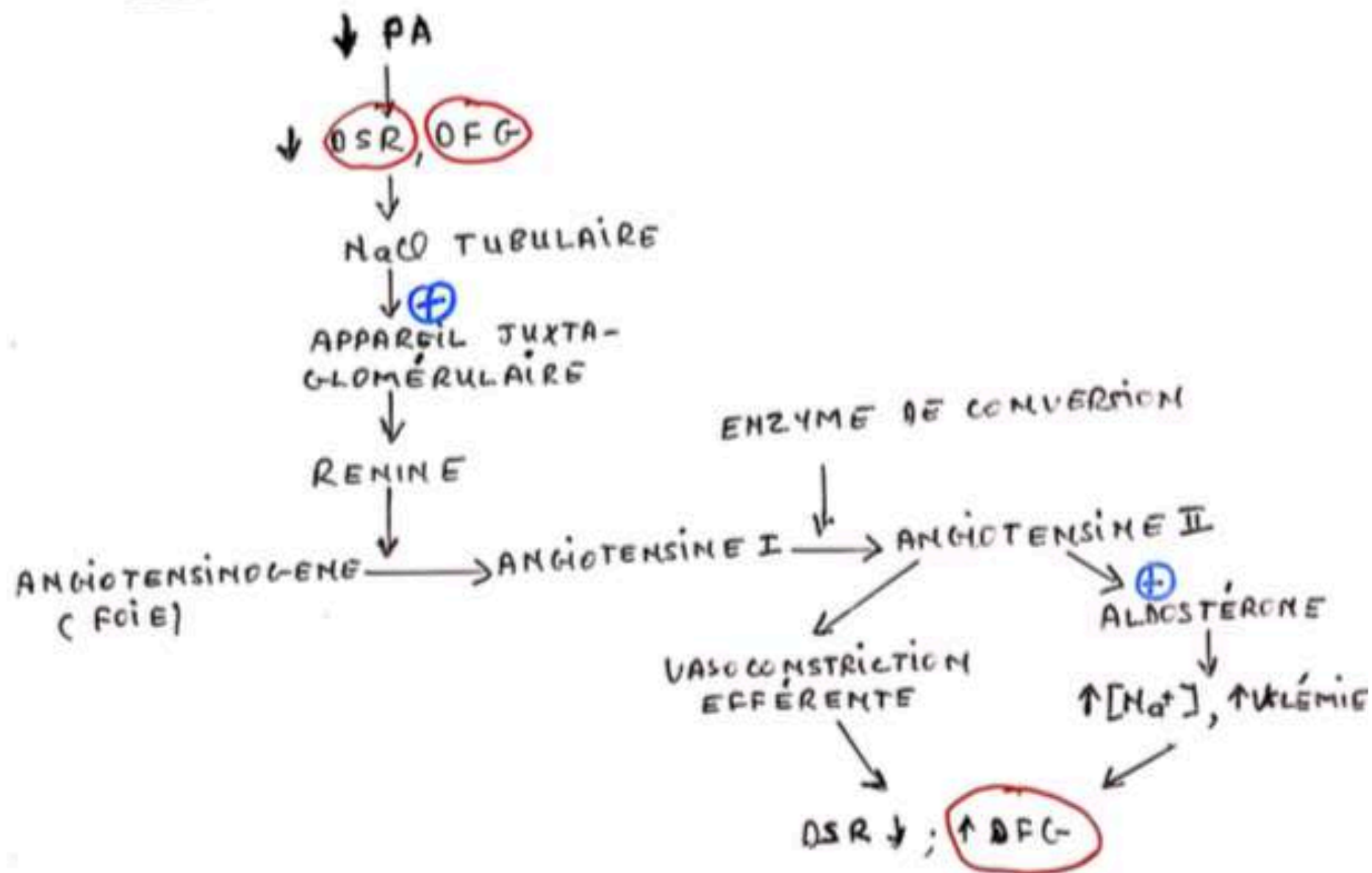
➔ **vasoconstriction artériole efférente**

(diminution DSR, augmentation DFG)

▪ **Les dérivés de l'acide arachidonique:** Les prostaglandines ( $\text{PGE}_2$ ,  $\text{PGD}_2$  et  $\text{PGI}_2$ ) issus du métabolisme de l'acide arachidonique peuvent entraîner une **vasodilatation des artérioles afférentes et efférentes**. La conséquence est une diminution des résistances artériolaires afférente et efférente

( **augmentation de DSR et DFG**)

# LE SYSTEME RENINE-ANGIOTENSINE



# II. Les grandes fonctions du rein

## II.1. La filtration glomérulaire

d. Régulation du DFG: Régulation **intrinsèque** et **extrinsèque**

### 2. Régulation extrinsèque

Elle a généralement des effets extra-rénaux et participe surtout à la régulation de la **pression artérielle systémique**. On distingue :

❖ **Les systèmes vasoconstricteurs** : SN sympathique, le SRA générale, le système vasopressinergique.

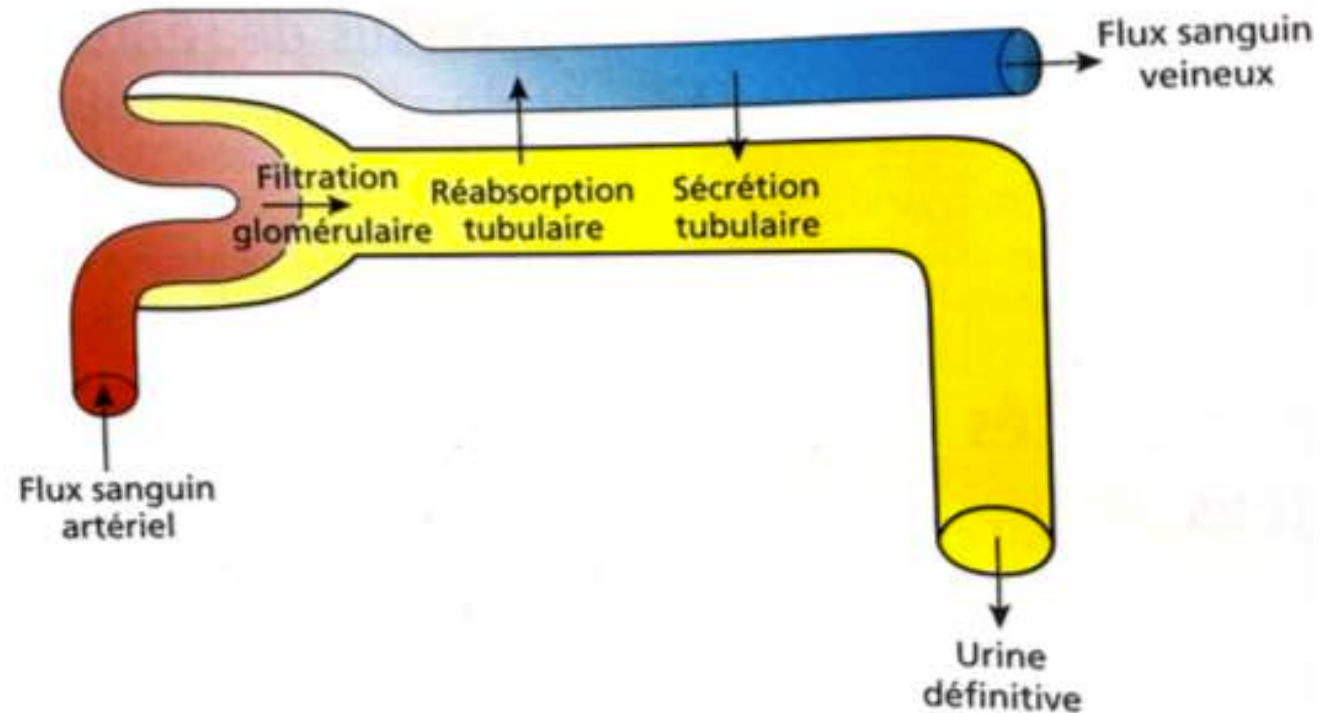
❖ **Les systèmes vasodilatateurs** : Le facteur atrial natriurétique (FAN) sécrété par les myocytes cardiaques de l'oreillette droite  
**augmentation DFG par vasodilatation de l'artériole afférente**

## II. Les grandes fonctions du rein

### II.2. Les fonctions tubulaires

➤ La réabsorption tubulaire

➤ La sécrétion tubulaire



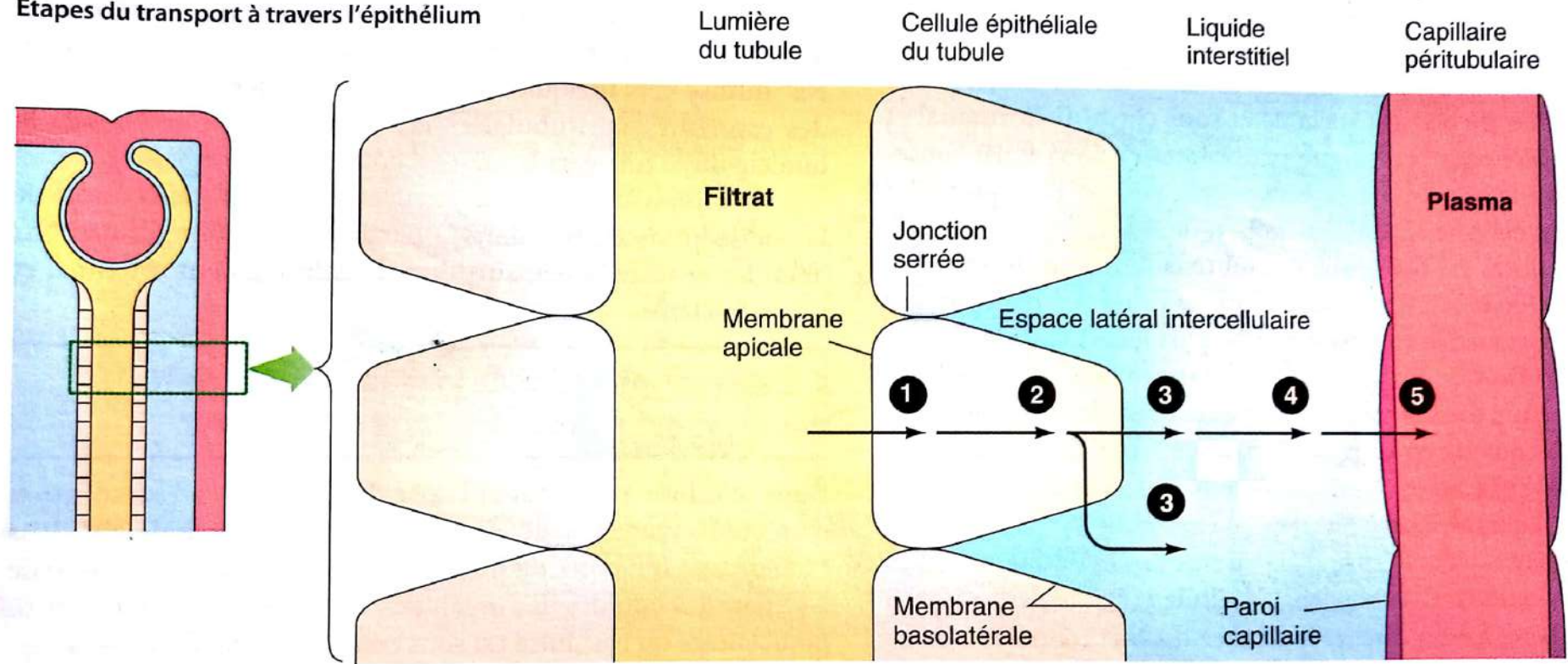
# II. Les grandes fonctions du rein

## II.2. Les fonction tubulaires

### a. La réabsorption tubulaire

- ❑ Pour être réabsorbée une substance doit franchir cinq obstacles distincts
- ✓ **Etape 1:** Elle doit quitter le liquide tubulaire en traversant la membrane luminale (apicale) des cellules tubulaires
- ✓ **Etape 2:** Elle doit traverser le cytosol de la cellule tubulaire
- ✓ **Etape 3:** Elle doit franchir la membrane basolatérale de la cellule tubulaire
- ✓ **Etape 4:** Elle doit diffuser dans le liquide interstitiel
- ✓ **Etape 5:** Elle doit franchir la paroi capillaire pour arriver dans le sang

## Étapes du transport à travers l'épithélium



Pour être réabsorbée (aller du filtrat vers le plasma), une substance doit franchir cinq barrières distinctes :

- ① membrane apicale des cellules
- ② cytosol
- ③ membrane basolatérale de la cellule
- ④ liquide interstitiel
- ⑤ paroi capillaire

**Fig.6. Etapes du transport à travers l'épithélium**

# II. Les grandes fonctions du rein

## II.2. Les fonction tubulaires

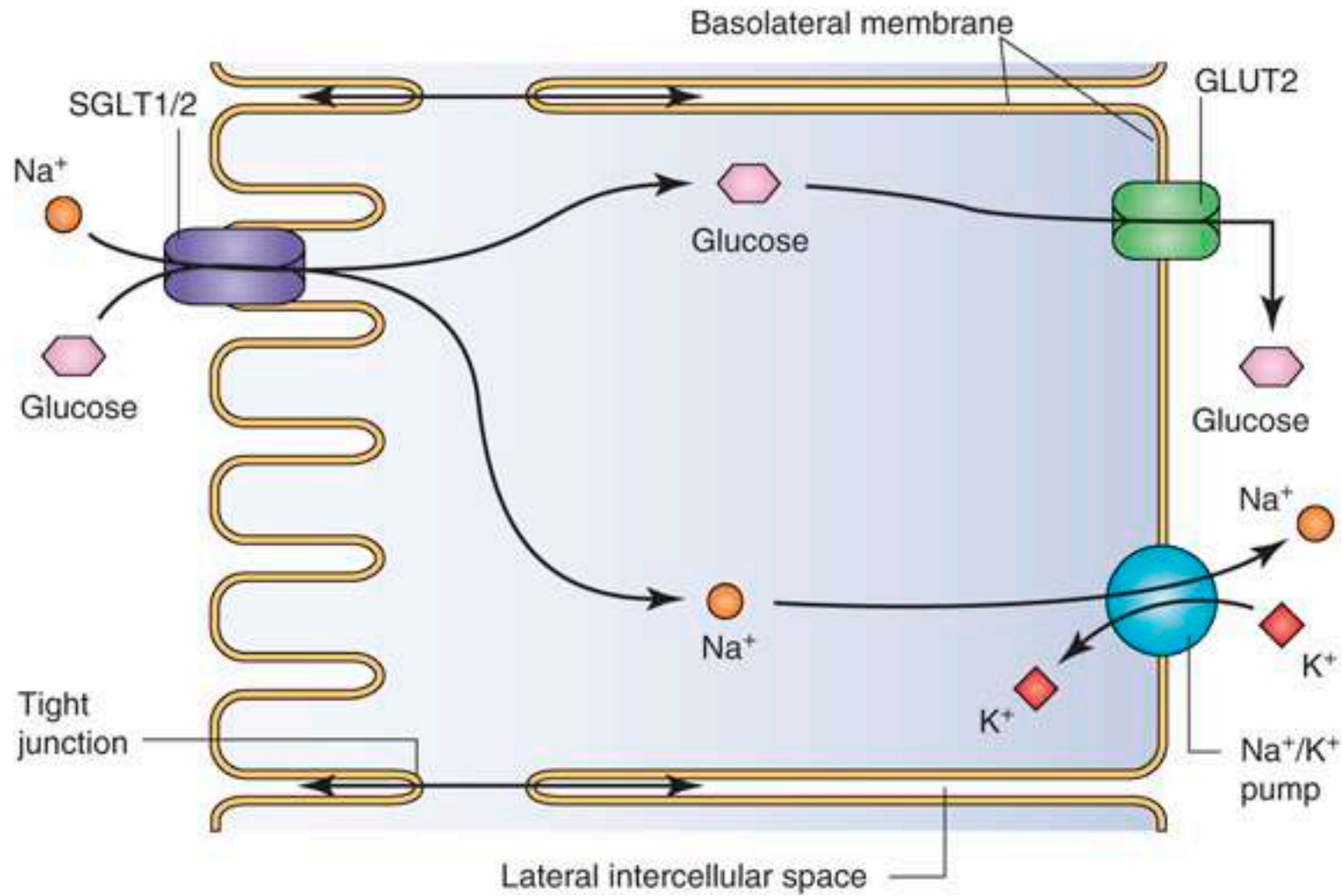
### a. La réabsorption tubulaire

Il existe deux mécanismes de réabsorption : **actif** et **passif**

#### ❖ Mécanisme actif:

- ✓ Transporte une substance depuis la lumière tubulaire jusqu'au liquide péritubulaire **contre un gradient de concentration**
- ✓ Ce processus actif nécessite donc du travail cellulaire et une dépense d'énergie par dégradation enzymatique de l'ATP par l'ATPase
- ✓ Glucose réabsorbé totalement de façon active (**transport actif secondaire**) avec un **Tm fixe** au niveau du TCP.
- ✓ A partir d'une **glycémie de 1,8 g/l (seuil rénal du glucose)**, du glucose apparait dans les urines.
- ✓ Lorsque la **glycémie dépasse 3 g à 3,5 g/l**, la quantité de glucose excrétée est parallèle à la quantité filtrée de glucose.
- ✓ Dans ce cas on dit qu'on a atteint le **Tm du glucose qui est de 375 mg/min.**

Lumière tubulaire

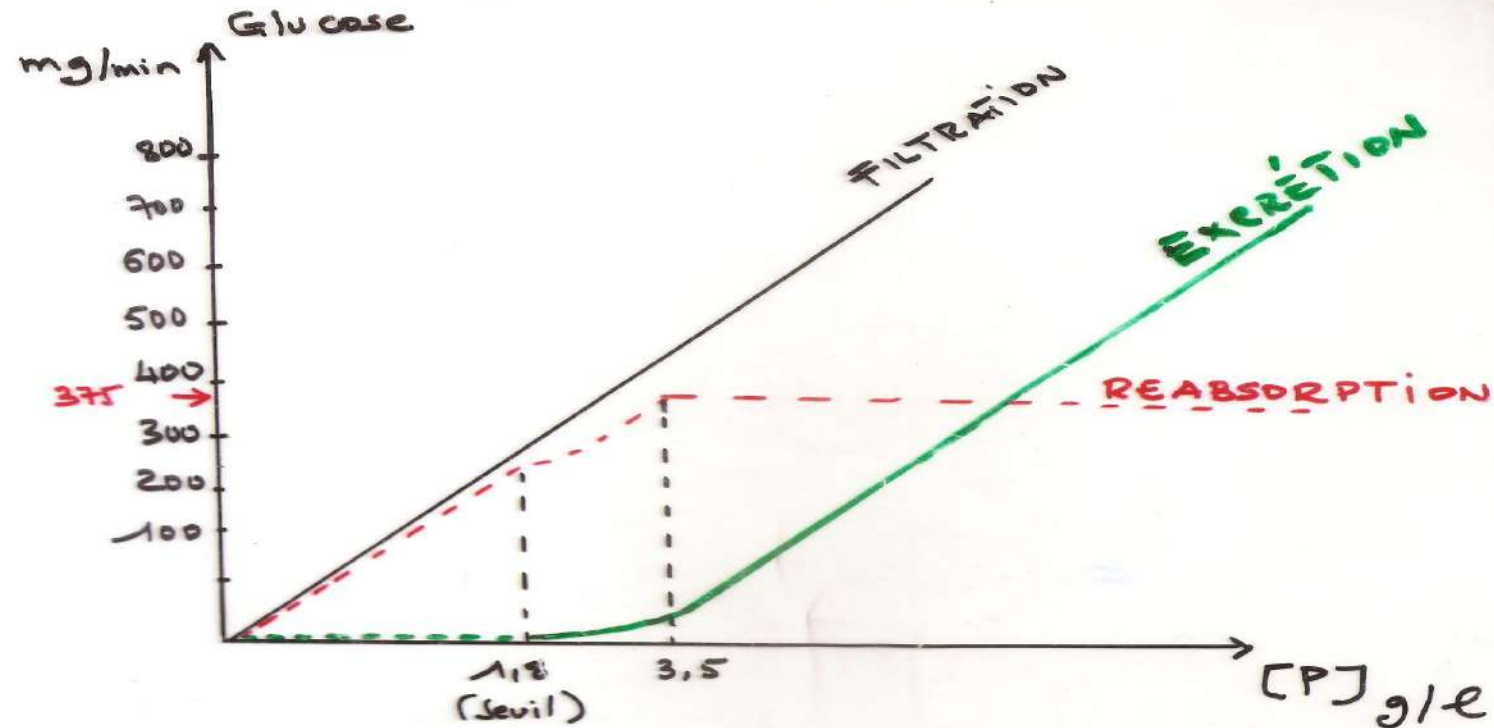


Milieu intérieur

Fig.7. Réabsorption tubulaire du glucose

Elle obéit à la formule  $UV = FP - T$

- ❑ Pour de faibles concentrations de glucose, les courbes de filtration et réabsorption sont confondues et il n'y a pas d'excrétion de glucose
- ❑ Au-delà d'un certain seuil (1,80 g/l), la quantité filtrée croît plus vite que la quantité réabsorbée. Alors du glucose apparaît dans les urines
- ❑ Lorsque la concentration plasmatique dépasse 3g à 3,5 g/l, la quantité de glucose réabsorbée n'augmente plus; le TmG (taux maximal de glucose) est atteint. La courbe d'excrétion devient parallèle à la courbe de filtration
- ❑ Tous les néphrons n'ont pas le même TmG. Les néphrons à tubules courts (ou corticaux) réabsorbent moins que les néphrons à tubules longs (juxtamedullaires). Les premiers atteignent donc leur TmG avant les néphrons longs, c'est-à-dire qu'ils sont saturés pour des concentrations plasmatiques < 3 g/l. Mais à 3,5 g/l, tous les néphrons sont saturés



$$UV = FP - T$$

$$Q_{te} E = Q_{te} F - Q_{te} R$$

$$\text{Cdt}^{\circ} \text{ normales : } Q_{te} F = Q_{te} R$$

$$\Rightarrow UV = 0$$

FILTRATION et REABSORPTION

# II. Les grandes fonctions du rein

## II.2. Les fonction tubulaires

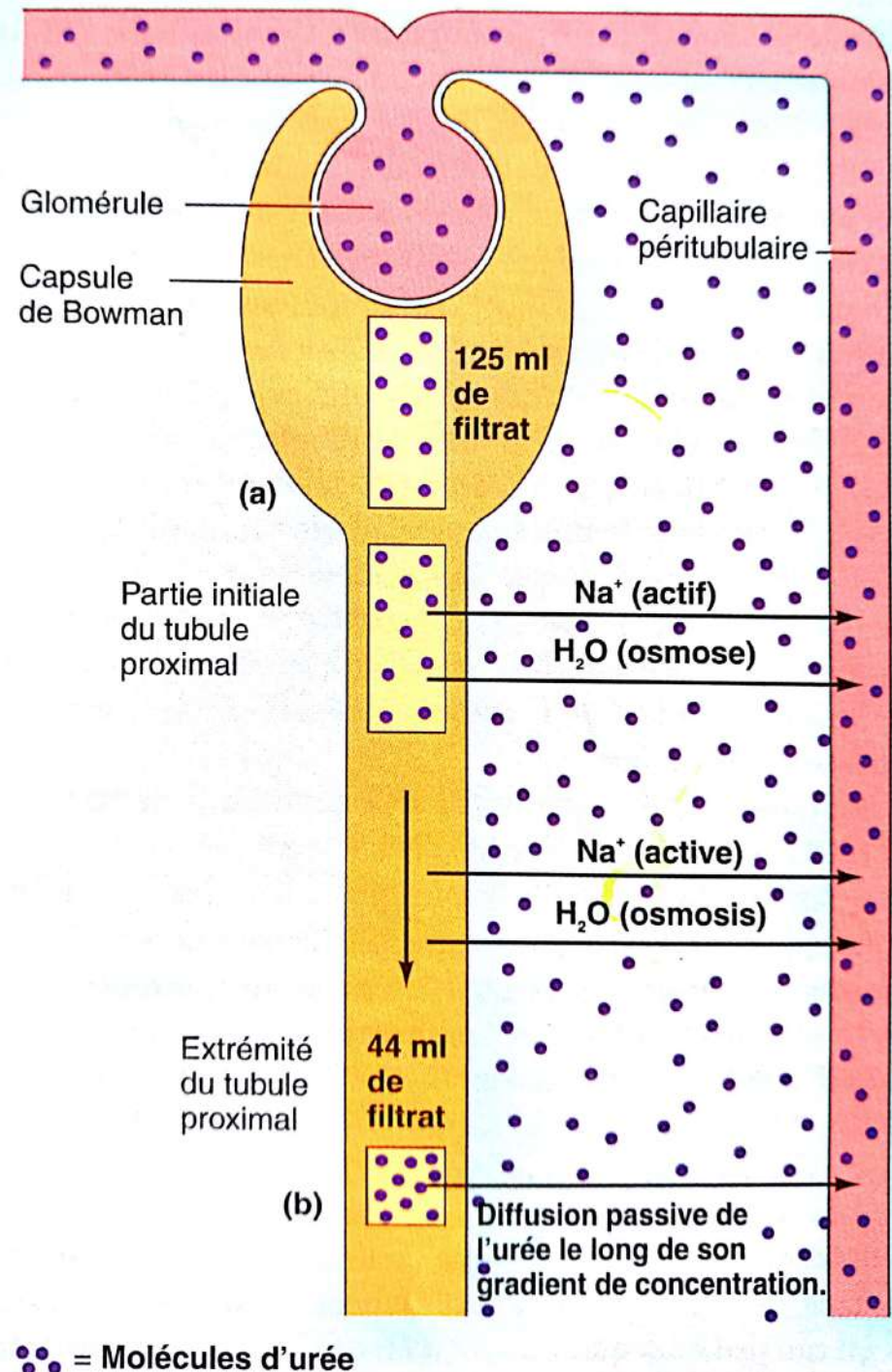
### a. La réabsorption tubulaire

#### ❖ Mécanisme passif :

- Réabsorption selon un gradient chimique ou électrique
- La réabsorption active de  $\text{Na}^+$  entraine aussi la **réabsorption passive de  $\text{Cl}^-$**  (grâce à un gradient électrique), d' **$\text{H}_2\text{O}$**  (par osmose) et d'**urée** (du fait de la différence de concentration créée par l'importante réabsorption par osmose d' $\text{H}_2\text{O}$ )
- Normalement 40 à 50% de l'urée filtrée est réabsorbée

**Fig.8.**

Les processus impliqués dans la réabsorption dans le tubule contourné proximal



# II. Les grandes fonctions du rein

## II.2. Les fonction tubulaires

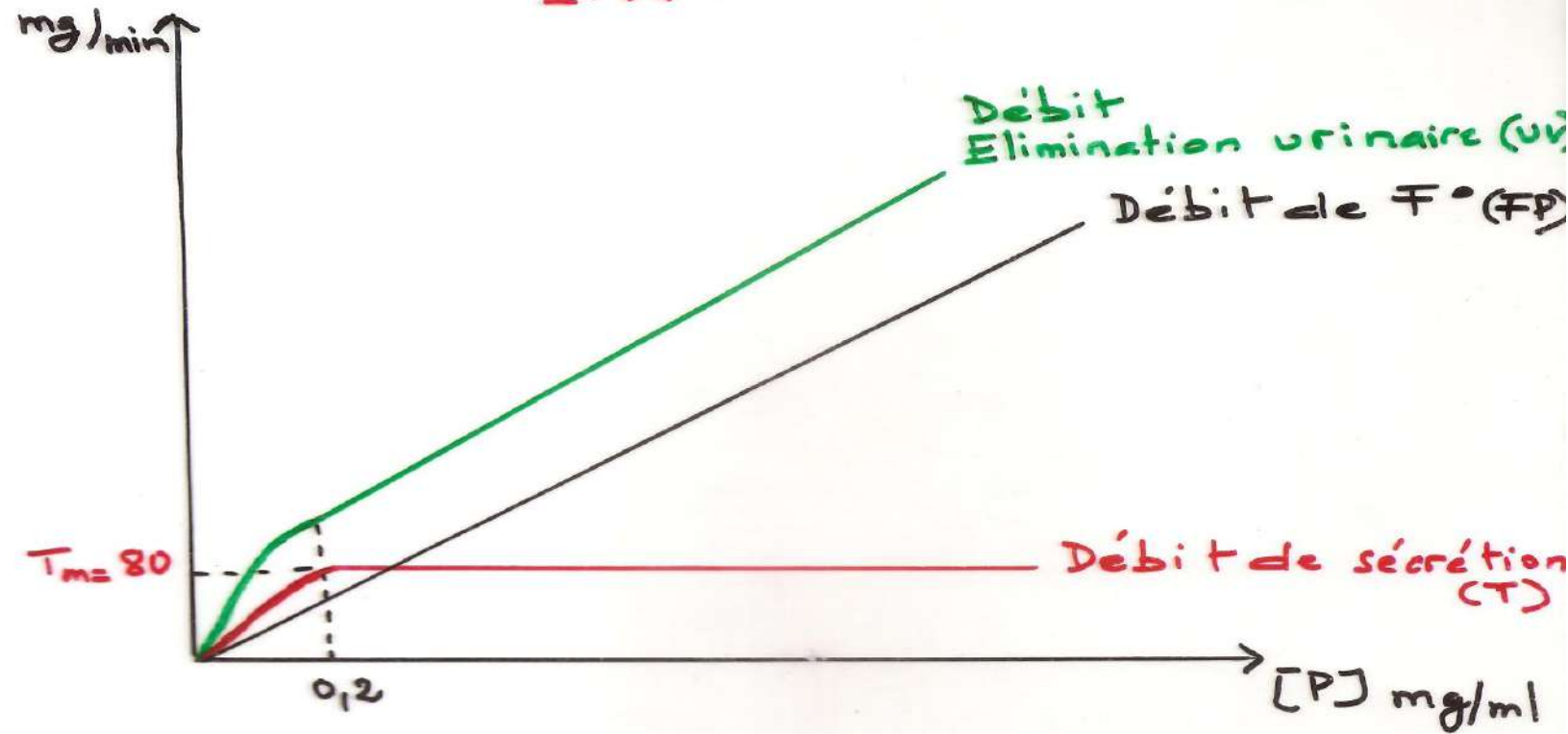
### b. La sécrétion tubulaire

- ❑ Les cellules tubulaires ont une activité sécrétrice. Certaines substances sont ainsi non seulement filtrées par le glomérule, mais au contingent filtré, vient s'ajouter une quantité sécrétée par les cellules tubulaires
- ❑ Cette **sécrétion tubulaire** est notée pour certaines **substances étrangères** à l'organisme comme les médicaments (**antibiotique: pénicilline**), l'**acide para-amino-hippurique (PAH)**, mais également sur l'**ensemble des électrolytes** et joue un rôle fondamental sur leur équilibre
- ❑ Cette sécrétion tubulaire est un **phénomène actif** mettant en jeu le travail cellulaire et susceptible de saturation si les substances sécrétées ont une **très forte concentration plasmatique**
- ❑ Ex : Sécrétion tubulaire de l'acide para-amino-hippurique (PAH)
- ❑ Elle obéit à la formule  $UV = FP + T$

# PAH

□ Pour des concentrations plasmatiques faibles, la courbe d'élimination croît plus vite que la courbe de filtration; ceci du fait que la quantité sécrétée par le tubule augmente avec la concentration plasmatique

□ Au-delà d'une certaine concentration plasmatique (0,2 mg/ml), le  $T_m$  de sécrétion est atteint et la courbe d'élimination devient parallèle à la courbe de filtration augmentée du  $T_m$



$$UV = FP + T$$

$$Q_{t\acute{e}E} = Q_{t\acute{e}F} + Q_{t\acute{e} \text{ s\acute{e}cr\acute{e}t\acute{e}e}$$

Filtration et sécrétion

### III. Exploration de la fonction rénale: **Notion de clairance rénale**

- ❑ En pratique clinique, il est souvent nécessaire d'évaluer les fonctions des néphrons, en particulier la **fonction de filtration des glomérules**
- ❑ Le moyen non invasif le plus utilisé est la méthode de la **clairance rénale**

# III. Exploration de la fonction rénale: **Notion de clairance rénale**

## III.1. Définition

- ❑ On appelle clairance rénale d'une substance, le volume de plasma débarrassé de cette substance par unité de temps
- ❑ C'est aussi le **volume de plasma** qui contenait la quantité de la substance retrouvée dans les urines en **une minute**
- ❑ La clairance s'exprime en **l ou ml/min**

# III. Exploration de la fonction rénale: **Notion de clairance rénale**

## III.1. Définition

☐ Le calcul de la clairance est donné par la formule suivante :

**C = UV/P**      **U** = concentration urinaire de la substance

**V** = débit urinaire

**P** = concentration plasmatique de la substance

**UV** = débit urinaire de la substance

☐ Il existe trois types de substances à débarrasser :

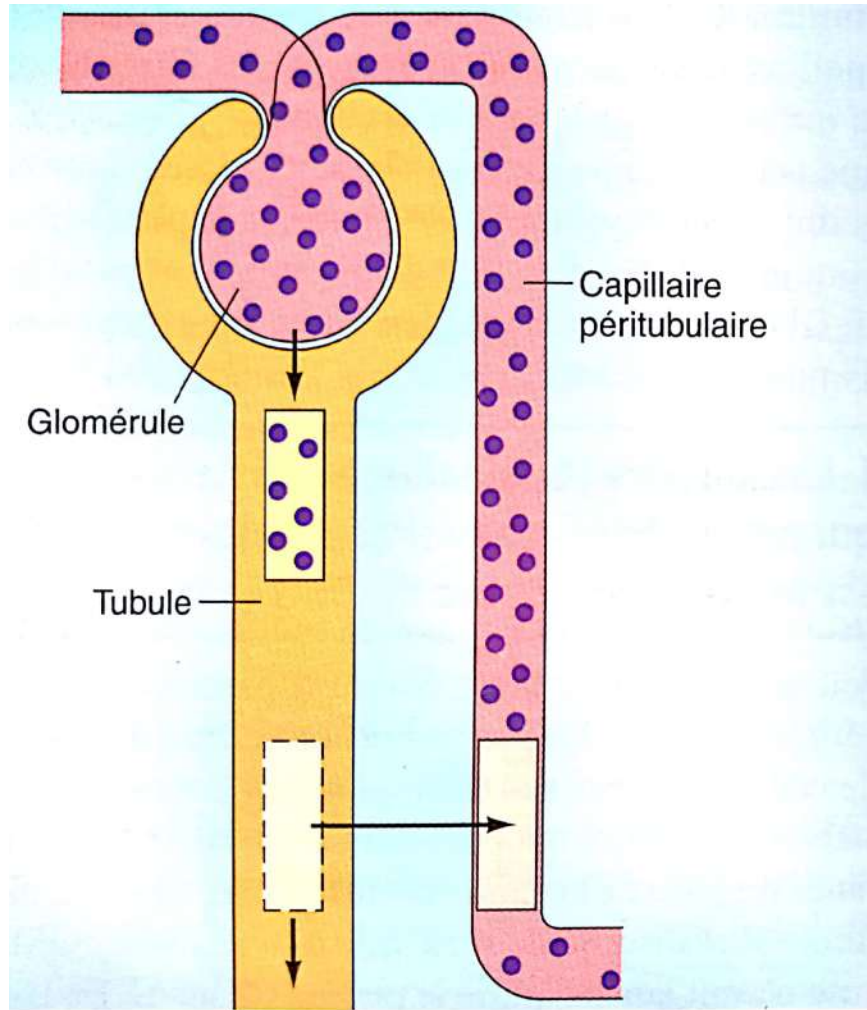
- ✓ Substance uniquement filtrée, ni réabsorbée, ni sécrétée
- ✓ Substance filtrée et réabsorbée
- ✓ Substance filtrée et sécrétée

# III. Exploration de la fonction rénale: **Notion de clairance rénale**

## III.2. Différents types de clairances

- Clairance de substances uniquement filtrées (ni réabsorbées, ni sécrétées par le tubule)
- Clairance de substances filtrées et réabsorbées
- Clairance de substances filtrées et sécrétées

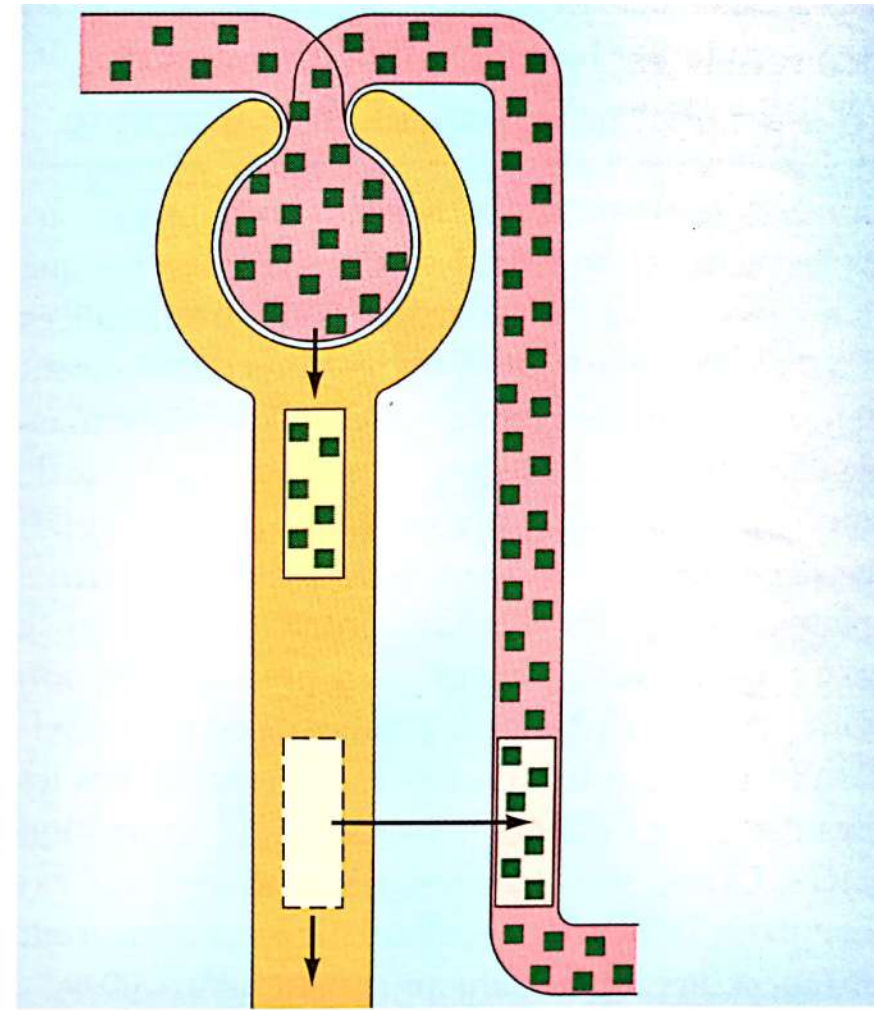
# Modalités de la clairance rénale de diverses substances



Dans l'urine

Dans le cas d'une substance filtrée mais non réabsorbée ou sécrétée, comme l'inuline, tout le plasma en est débarrassé.

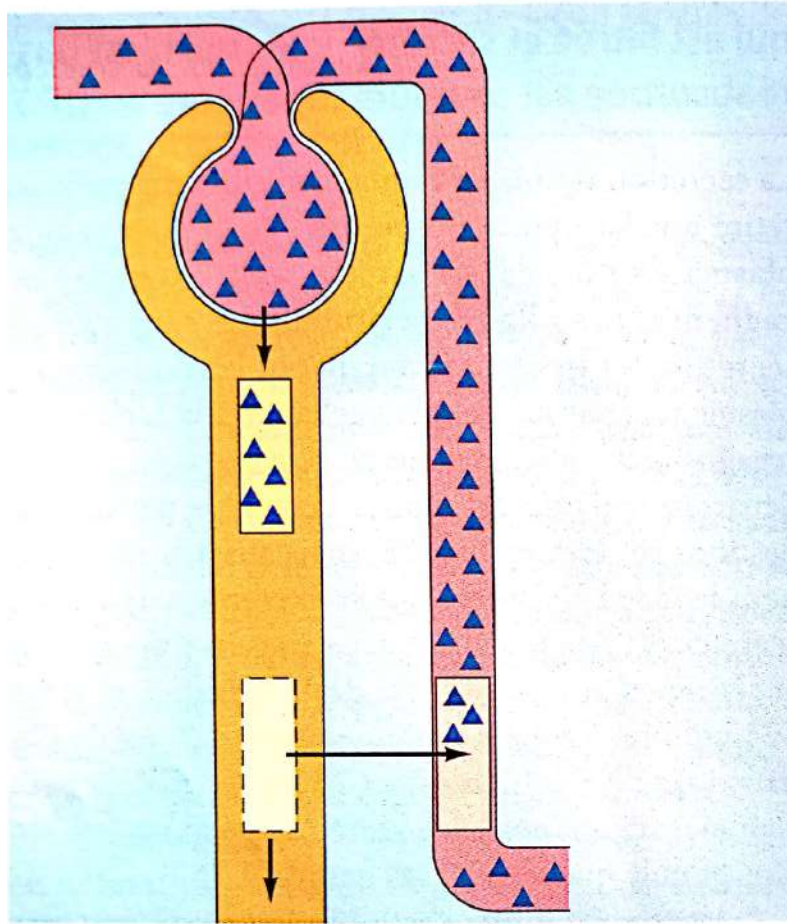
(a)



Dans le cas d'une substance filtrée, non sécrétée et totalement réabsorbée, comme le glucose, le plasma filtré n'en est nullement débarrassé.

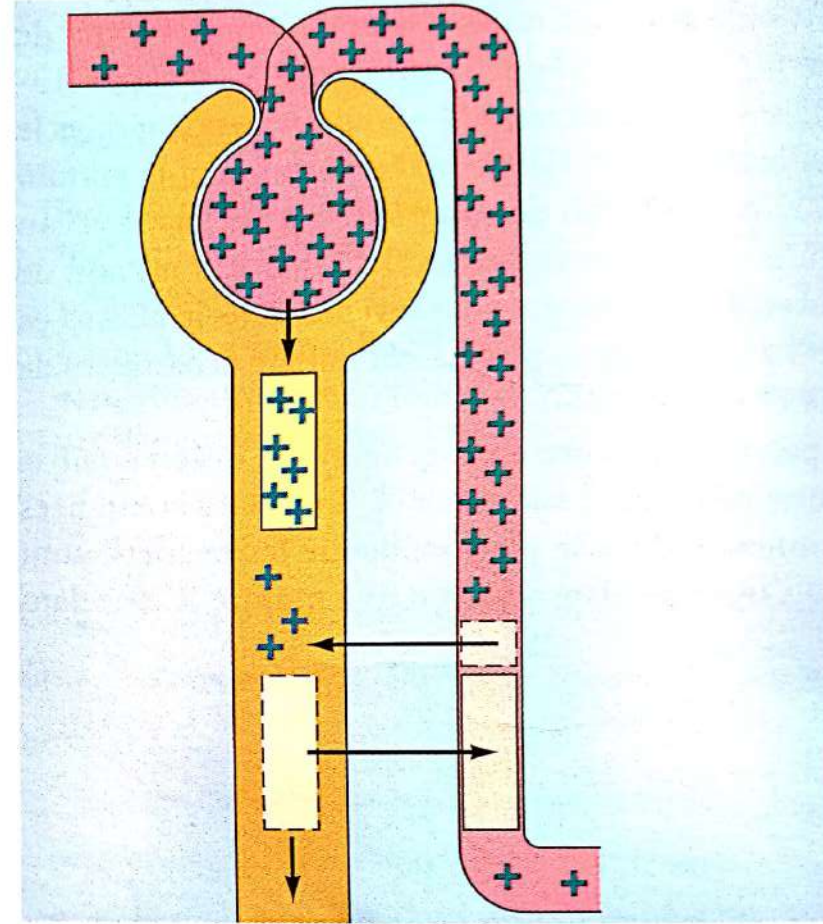
(b)

# Modalités de la clairance rénale de diverses substances



Pour une substance filtrée, non sécrétée et partiellement réabsorbée, comme l'urée, le plasma filtré en est incomplètement débarrassé.

(c)



Dans le cas d'une substance filtrée et sécrétée mais non réabsorbée, comme **Le PAH** tout le plasma filtré en est débarrassé et la fraction du plasma non filtré des capillaires péri-tubulaires qui a fourni la substance sécrétée en est lui aussi débarrassé.

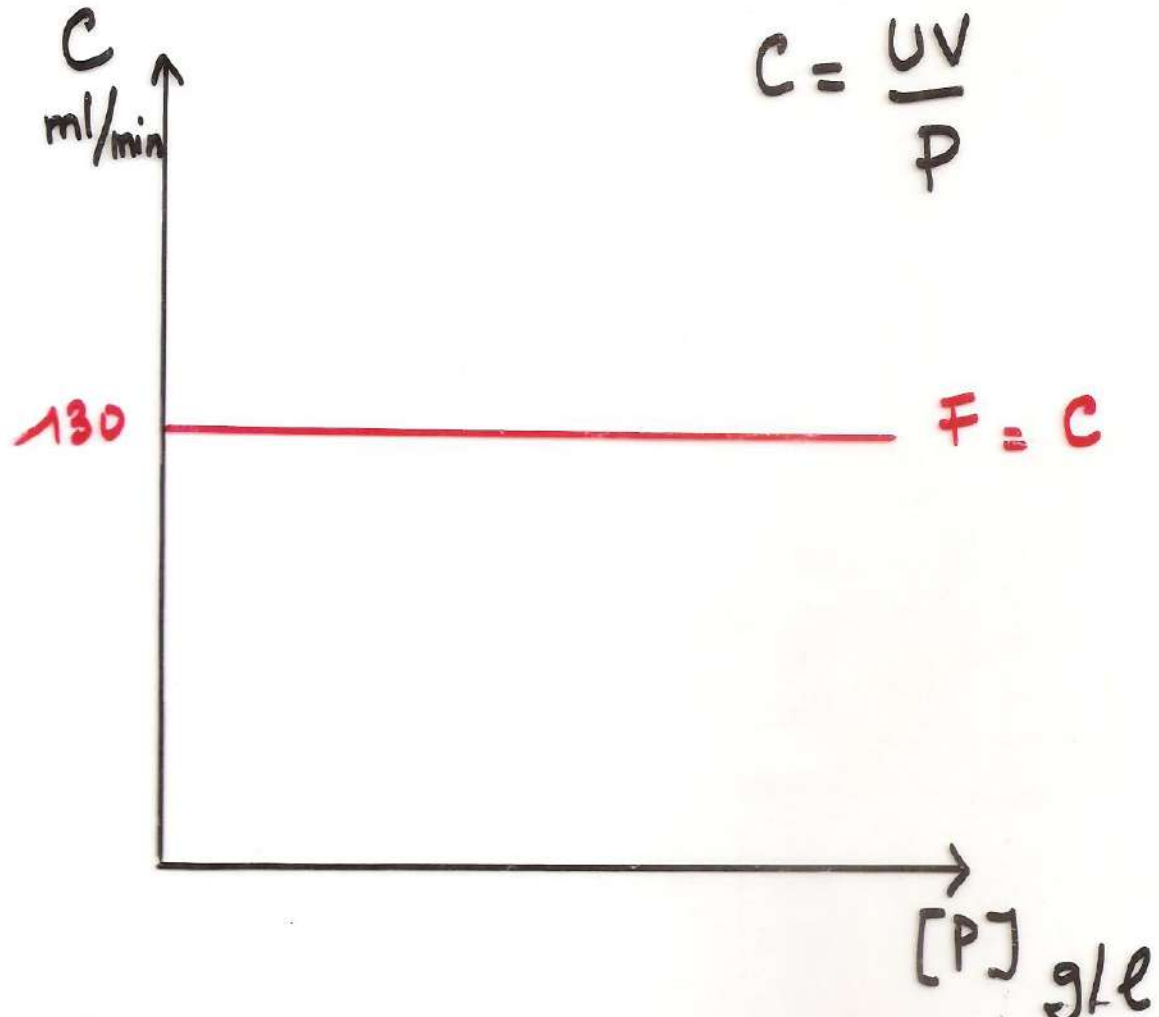
(d)

## ❖ Clairance des substances uniquement filtrées (ni réabsorbées, ni sécrétées par le tubule)

- ❑ La clairance des substances dont l'élimination urinaire ne procède que de la filtration glomérulaire, mesure la valeur du débit de filtration.
- ❑ C'est une valeur indépendante de la concentration plasmatique.
- ❑ Elle ne dépend que du pouvoir de filtration du rein et permet de mesurer ce dernier.
- ❑ Elle est de 120 à 130 ml/min (**voir courbe**).
- ❑ Comme substances utilisées en expérimentation pour la détermination d'une telle clairance, on a le **mannitol** ou l'**inuline**.
- ❑ Comme substance endogène, on a la **créatinine**.

# UV = FP

- Substance uniquement filtrée

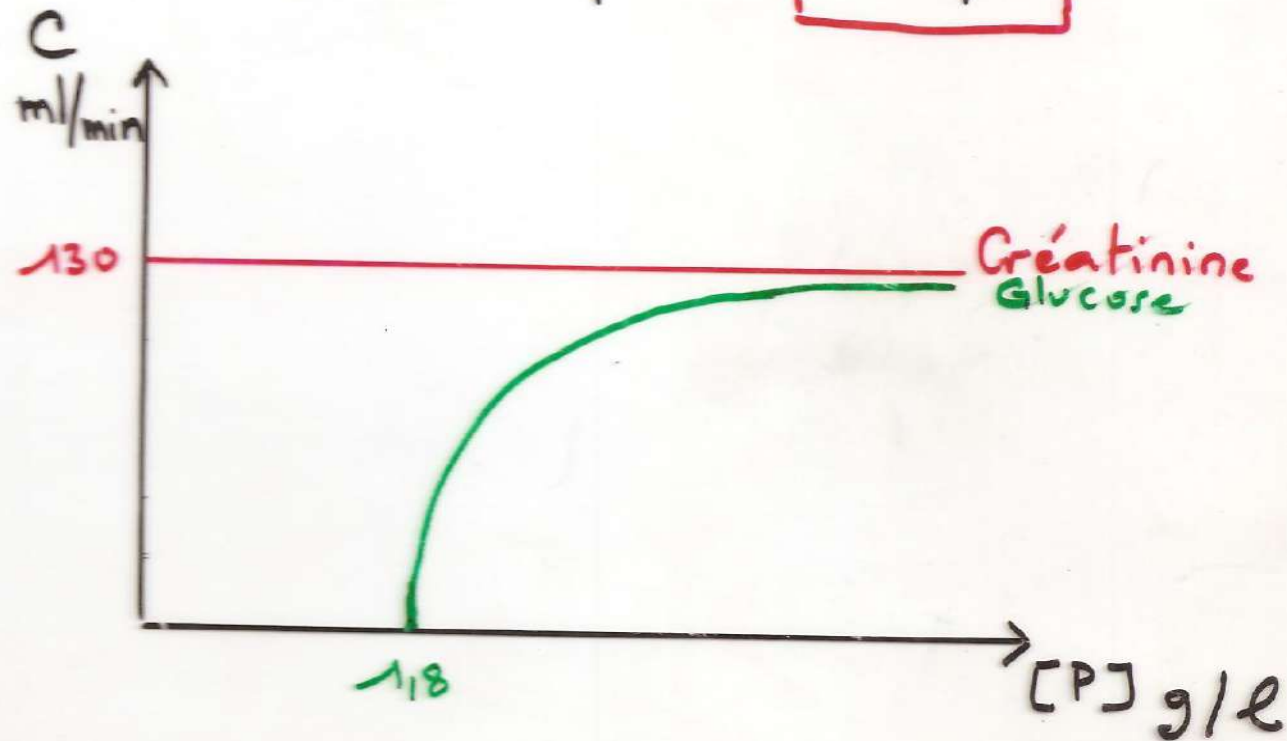


## ❖ Clairance des substances filtrées et réabsorbées

- Substance F + R (Ex: Glucose)

$$C = \frac{UV}{P} \quad \text{or} \quad UV = FP - T$$

$$\Rightarrow \frac{UV}{P} = \frac{FP - T}{P} = \boxed{\frac{F - T}{P}}$$



## ❖ Clairance des substances filtrées et réabsorbées

- ❑ une augmentation de la concentration plasmatique  $P$  entraîne une augmentation de la clairance.
- ❑ Pour le glucose, tant qu'on n'atteint pas le seuil rénal, il n'y a pas de clairance pour le glucose, c'est-à-dire que le glucose n'apparaît pas dans les urines ( $UV = 0$ ).
- ❑ La clairance d'une substance filtrée et réabsorbée est toujours inférieure à celle d'une substance uniquement filtrée.
- ❑ L'urée qui est réabsorbée de façon passive a une clairance de **60 à 80 ml/min** qui dépend du débit urinaire. Elle s'abaisse lorsque le débit urinaire diminue car dans ces conditions, la réabsorption augmente.

## ❖ Clairance des substances filtrées et sécrétées

- ❑ La clairance de telles substances est toujours supérieure à celle d'une substance uniquement filtrée.
- ❑ Dans ces conditions  $C = F + (T/P)$ . La clairance reste stable pour les basses concentrations plasmatiques (P), puis diminue lorsque P augmente. (voir courbe)
- ❑ L'exemple d'une telle substance est l'**acide para-amino-hippurique (PAH)**. Pour une telle substance filtrée et intensément sécrétée par les cellules tubulaires, la totalité de la quantité contenue dans le plasma artériel rénal peut être excrétée dans les urines.

## ❖ Clairance des substances filtrées et sécrétées

❑ Ici la clairance est égale à la totalité du volume plasmatique traversant le rein en une minute.

❑ Elle permet donc de déterminer le débit plasmatique rénal. Ainsi la **clairance de l'PAH = 650 ml/min = DPR** ; ceci à basse concentration de la PAH c'est-à-dire de l'ordre de **50 mg/l** (ou < 80 mg/l).

❑ Lorsque le taux de PAH augmente au-delà de **80 mg/l**, la clairance de l'PAH diminue et tend vers celle de l'inuline (voir courbe). La sécrétion maximale est atteinte à la concentration de **200 mg/l** au-delà de laquelle, la quantité de PAH excrétée devient parallèle à la quantité filtrée.

$$Q_E = Q_F + T_m$$

$$T_m = \text{Transfert maximum} = \mathbf{80 \text{ mg/min pour PAH}}$$

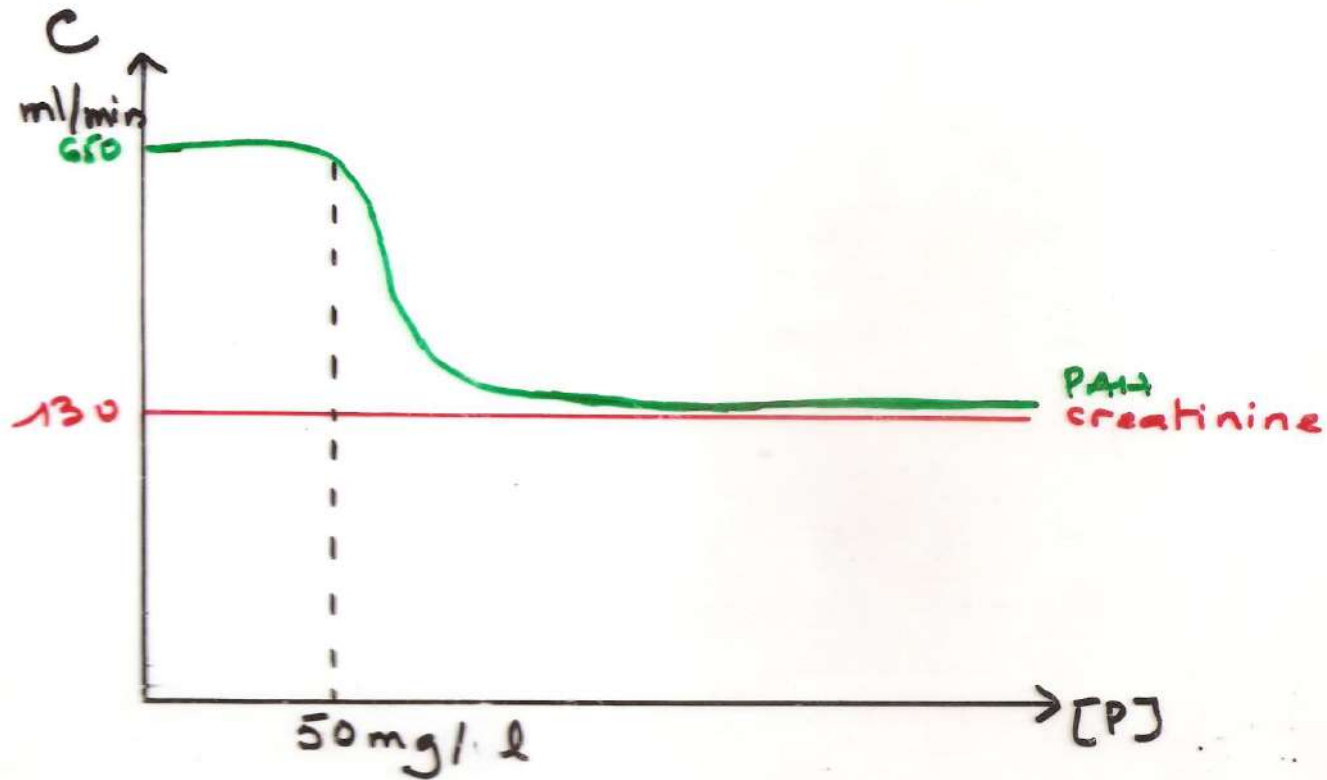
❑ Le PAH permet de calculer le **DPR selon le principe de Fick** (quantité éliminée par le rein en une minute (UV) est égale à la quantité de substance apportée par l'artère rénale diminuée de la quantité retrouvée dans la veine rénale)

$$\text{DPR} = \text{UV} / (\text{Ca PAH} - \text{Cv PAH})$$

$$\text{DPR} = \text{UV} / \text{Ca PAH} \text{ car } \text{Cv PAH} = 0$$

- Substance F + S (Ex: PAH)

$$C = \frac{UV}{P} = \frac{FP + T}{P} = \boxed{F + \frac{T}{P}}$$



## ❖ Clairance des substances filtrées et sécrétées

❑ La comparaison de la clairance de l'inuline (130 ml/min) et celle du PAH (650 ml/min) aux basses concentrations plasmatiques, permet d'apprécier la fraction du plasma qui est filtrée au glomérule :

$$(130 \text{ ml/min}) / (650 \text{ ml/min}) = 0,2 = 20\%$$

❑ Connaissant l'hématocrite, on peut mesurer le flux sanguin rénal

**DSR =  $650 \times 100/55 = 1,181 \approx 1,2 \text{ l/min}$**  (45% : hématocrite d'un sujet normal)

**DSR** = débit sanguin rénal

**DPR** = débit plasmatique rénal = **650 ml/min**

# III. Exploration de la fonction rénale: **Notion de clairance rénale**

## III.3. Applications

☐ En clinique, surtout Clairance de la créatinine utilisée:

✓ Lorsque Clairance créatinine entre 80 et 50 ml/min

**(Insuffisance rénale légère)**

✓ Entre 50 et 30 ml/min → **(IR modérée)**

✓ Clairance < 30 ml/min → **(IR sévère)**

✓ Clairance < 15 ml/min → **(IR très sévère)**

✓ Clairance < 10 ml/min → **(IR incompatible avec la vie sans dialyse)**

## IV. Rôle du rein dans l'équilibre acido-basique

### IV.1. Quelques caractéristiques de l'urine définitive

- ❑ L'élimination urinaire habituelle est de l'ordre de **1 à 1,5 l/24 h**. Le **pH urinaire est  $\approx 5$  à  $6$** . Il peut devenir plus acide ( $\text{pH} \approx 4$ ) ou alcalin ( $\text{pH} \approx 8$ ).
- ❑ L'élimination urinaire est normalement dépourvue de **protéine**. Elle ne contient pas de **glucose**, ni de **bicarbonate**. Mais on y retrouve de la **créatinine**.
- ❑ Elle contient de l'**urée**, des **sulfates**, des **phosphates**. L'urine contient également de l'**ammoniac**, du **chlore**, du **Na<sup>+</sup>**, du **K<sup>+</sup>**.

# IV. Rôle du rein dans l'équilibre acido-basique

## IV.2. Mécanismes de régulation du pH

- ❑ Chez l'homme, le métabolisme aboutit à la formation des ions  $H^+$  en excès qui ne peuvent être éliminés que par voie rénale.
- ❑ Les reins agissent sur le pH des liquides de l'organisme en ajustant l'élimination de  $H^+$  et de  $HCO_3^-$

# IV. Rôle du rein dans l'équilibre acido-basique

## IV.2. Mécanismes de régulation du pH

### ☐ Excrétion rénale des ions $H^+$ :

- ✓ **Si  $[H^+]$  dans le plasma augmente** : Les cellules tubulaires sécrètent plus d'ions  $H^+$  en provenance du plasma que normalement en vue de leur élimination dans l'urine
- ✓ **A l'inverse, quand  $[H^+]$  dans le plasma est plus faible** : Les reins conservent des ions  $H^+$  réduisant la sécrétion et l'excrétion de  $H^+$

# IV. Rôle du rein dans l'équilibre acido-basique

## IV.2. Mécanismes de régulation du pH

### ☐ Excrétion de $\text{HCO}_3^-$ :

- ✓ **Quand  $[\text{H}^+]$  plasmatique augmente** : Les reins réabsorbent plus de  $\text{HCO}_3^-$  que normalement plutôt que de l'éliminer, ce qui le rend disponible pour tamponner l'excès d'ions  $\text{H}^+$  dans l'organisme
- ✓ **Quand  $[\text{H}^+]$  plasmatique est trop bas** : Les reins réabsorbent moins de  $\text{HCO}_3^-$  et en éliminent donc plus dans l'urine

## V. Rôle du rein dans l'équilibre hydro-électrolytique

### V.1. Le sodium

- ❑ **80 à 85% du Na<sup>+</sup> filtré** au niveau du glomérule est réabsorbé au niveau du **TCP** de façon **active et obligatoire**
- ❑ Au niveau de la **branche ascendante de l'Anse de Henlé**, la **réabsorption est active**
- ❑ Au niveau du **TCD** et du **TC**, le Na<sup>+</sup> est réabsorbé de façon active, en fonction des besoins de l'organisme. Cette réabsorption du Na<sup>+</sup> au niveau du TCD et du TC est soumise au contrôle de **l'Aldostérone**

## V. Rôle du rein dans l'équilibre hydro-électrolytique

### V.2. Le Chlore

□ Il est réabsorbé suivant le  $\text{Na}^+$  pour maintenir l'électroneutralité

### V.3. Le Potassium

□ La majeure partie filtrée au niveau du glomérule est **réabsorbée de façon active** au niveau du **TCP**

□ Il est ensuite **sécrété** au niveau du **TCD**, une sécrétion en compétition avec les ions  $\text{H}^+$  et en échange d'un ion  $\text{Na}^+$ . Ce qui explique que l'**hypokaliémie** s'accompagne d'une **alcalose** car beaucoup d'ions  $\text{H}^+$  sont éliminés dans les urines

□ Inversement, l'**hyperkaliémie** s'accompagne d'**acidose**. L'excès de sécrétion d'ions  $\text{K}^+$  empêche l'élimination des ions  $\text{H}^+$

# V. Rôle du rein dans l'équilibre hydro-électrolytique

## V.4. L'Eau

☐ **85% de l'eau filtrée** par le glomérule est **réabsorbée au niveau du TCP** de façon obligatoire et de **manière passive** suivant les composés osmotiquement actifs comme le **glucose, le Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> les sulfates, phosphates**, etc...

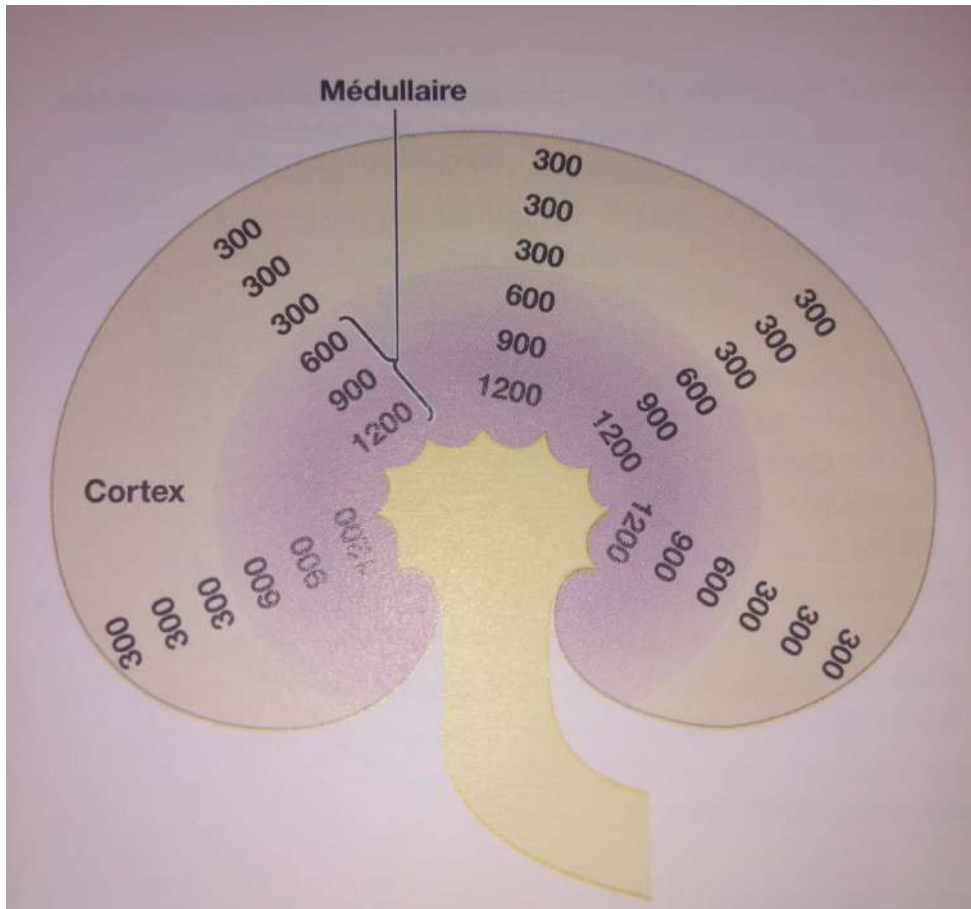
☐ Les urines à la sortie du TCP restent **isotoniques** au plasma tandis que l'urine définitive est généralement légèrement **hypertonique** ou **hypotonique** par rapport au plasma.

☐ Ceci suppose qu'au niveau de **l'anse de Henlé, du TCD et du TC**, s'effectue sur l'urine primitive, l'apport ou le retrait d'eau libre qui ajuste l'osmolarité de l'urine définitive.

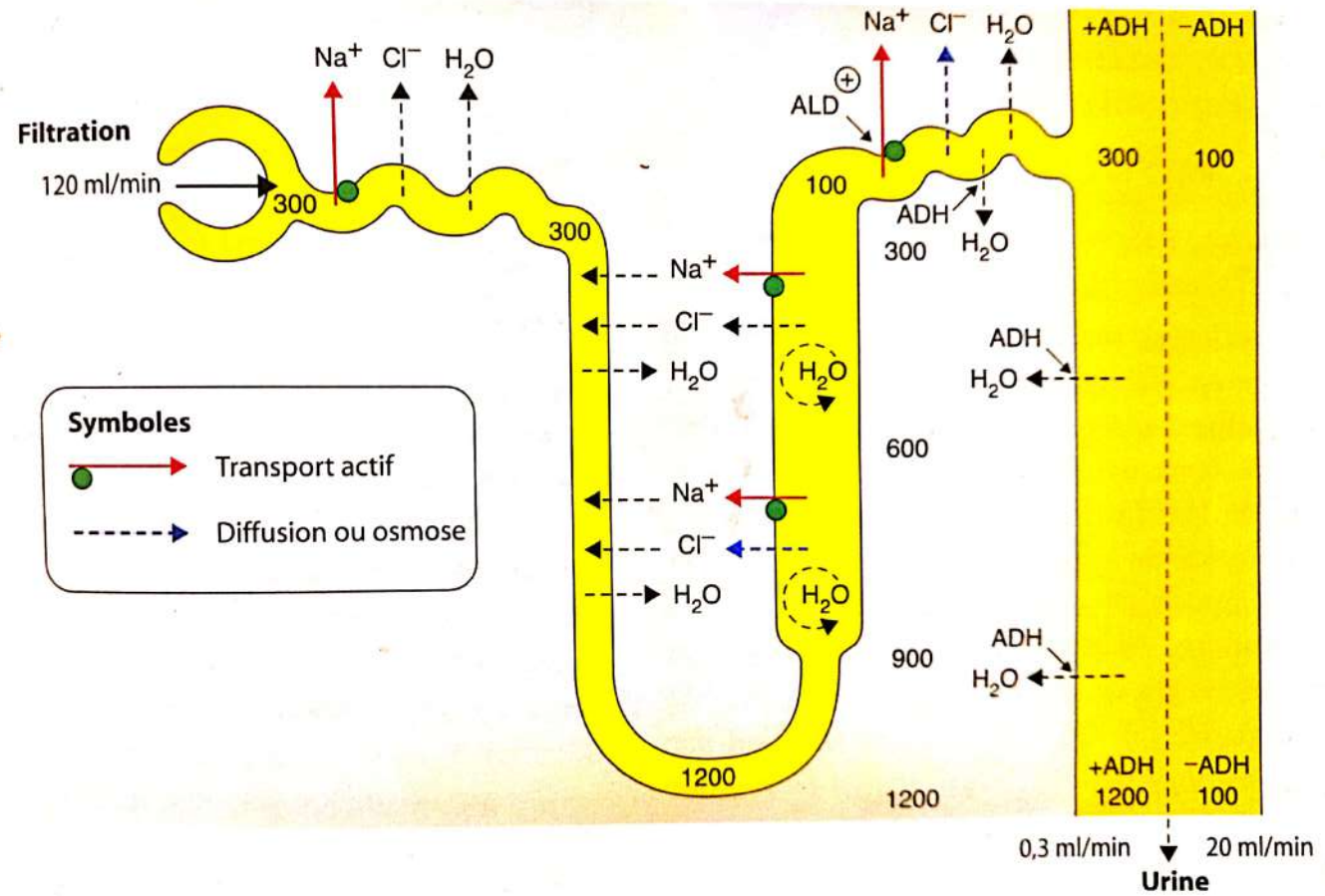
# V. Rôle du rein dans l'équilibre hydro-électrolytique

## V.5. Concentration-dilution des urines

- ❑ Il a été démontré que la **concentration osmotique du liquide interstitiel s'élève au fur et à mesure que l'on s'éloigne du cortex rénal.**
- ❑ Par ailleurs, l'urine arrivant au **TCD est hypotonique.**
- ❑ Ces deux notions sont à la base des théories expliquant les mécanismes de **concentration – dilution de l'urine.**



**Fig.9.** Gradient osmotique dans la médullaire du rein



**Fig. 10:** gradient osmotique dans le tubule

# V. Rôle du rein dans l'équilibre hydro-électrolytique

## V.5. Concentration-dilution des urines

❑ La branche descendante de l'Anse de Henlé est **perméable** à l'eau, mais ne laisse pas sortir les électrolytes. Par contre du **Na<sup>+</sup> y pénètrent de façon passive**. Ainsi l'urine reste en équilibre osmotique avec l'interstitium dont l'hypertonie croît au fur et à mesure.

❑ A l'inverse, la branche ascendante de l'Anse de Henlé est **impermeable** à l'eau. Par contre, elle est le siège d'un transfert de Na<sup>+</sup> hors du tubule, ce qui entraîne une **hypertonie interstitielle** et une **hypotonie de l'urine**.

❑ Le **TCD** et le **TC** sont de nouveau perméables à l'eau mais sous contrôle de l'**hormone antidiurétique l'ADH**.

❑ En présence d'ADH, la perméabilité à l'eau augmente et une grande quantité d'eau est réabsorbée et les urines sont concentrées (Ex : pendant la chaleur). En l'absence d'ADH (froid), la perméabilité diminue, peu d'eau est réabsorbée et les urines sont diluées.

## V. Rôle du rein dans l'équilibre hydro-électrolytique

### V.5. Concentration-dilution des urines

- ❑ La **diurèse** est l'augmentation de l'élimination urinaire  
( > 1 ml/min environ)
  
- ❑ Il existe deux types de diurèse :
  - ✓ Diurèse osmotique ;
  - ✓ Diurèse aqueuse.

# V. Rôle du rein dans l'équilibre hydro-électrolytique

## V.5. Concentration-dilution des urines

### a. Diurèse osmotique

- ❑ Apparaît lorsque des substances **non réabsorbables** sont filtrées dans le tubule (par ex. le **mannitol**, utilisé en thérapeutique)
- ❑ Plus la concentration osmotique est élevée dans le tubule, moins l'eau est réabsorbée. La conséquence est une **polyurie** qui est le premier signe du diabète suivie d'une **polydipsie**. La polyurie chez le diabétique est due à la présence de glucose dans le liquide tubulaire qui augmente l'osmolarité et un appel d'eau vers la lumière tubulaire.
- ❑ Pour une charge osmotique donnée, il existe une élimination obligatoire de l'eau
- ❑ Cette eau est appelée eau liée.
- ❑ L'élimination des **substances osmotiquement actives** est à la base de la notion de clairance osmotique.

## V. Rôle du rein dans l'équilibre hydro-électrolytique

### V.5. Concentration-dilution des urines

#### b. Diurèse aqueuse

- Elle est sous le contrôle de l'ADH. Le **diabète insipide** est l'exemple d'une **diurèse aqueuse** par défaut de sécrétion d'ADH.
- Une **diminution de l'osmolarité** du plasma et/ou une **augmentation du volume sanguin** réduisent le taux d'ADH, ce qui conduit à une élimination d'eau
- L'eau éliminée est appelée eau libre et détermine la notion de **clairance de l'eau libre**.

## - Clairance osmotique

$$C_{osm} = \frac{U_{osm} \times V}{P_{osm}}$$

## - Clairance de l'eau libre

$$C_{H_2O} = V - C_{osm}$$
$$= V - \frac{U_{osm} \times V}{P_{osm}}$$

\* si urine isotonique au plasma  $\rightarrow \frac{U_{osm}}{P_{osm}} = 1 \Rightarrow C_{H_2O} = 0$

\* si  $U_{osm} > P_{osm} \Rightarrow \frac{U_{osm}}{P_{osm}} > 1 \Rightarrow C_{H_2O} < 0$   
 $\Rightarrow$  urine hypertonique

\* si  $U_{osm} < P_{osm} \Rightarrow \frac{U_{osm}}{P_{osm}} < 1 \Rightarrow C_{H_2O} > 0$   
 $\Rightarrow$  urine hypotonique

## VI. Fonctions endocrines du rein

- ❑ **Sécrétion d'érythropoïétine (Epo):** Facteur de multiplication et croissance de la lignée érythrocytaire. L'EPO produite en réponse à l'hypoxie cellulaire, stimule la production des globules rouges par la moelle osseuse.
- ❑ **Vitamine D:** La forme active de la vitamine D [**1,25 di-OH vitamine D3**] est produite dans les cellules tubulaires proximales, à partir de son précurseur hépatique, la 25 (OH) vitamine D3, sous l'effet de la **1,25-dihydroxylase**. L'activité de cette enzyme est augmentée par la PTH. La forme active de la vitamine D augmente l'absorption digestive et rénale de calcium.
- ❑ **Système rénine-angiotensine-aldostérone (SRAA):** La **rénine**, sécrétée au niveau de l'appareil juxta-glomérulaire, en réponse aux variations de la volémie (PA), active par protéolyse l'angiotensinogène circulant d'origine hépatique en Angiotensine I. L'enzyme de conversion transforme l'angiotensine I en angiotensine II. L'angiotensine II exerce des effets vasoconstricteurs puissants et stimule la sécrétion surrénalienne d'aldostérone favorisant la rétention de Na.

**FIN**