



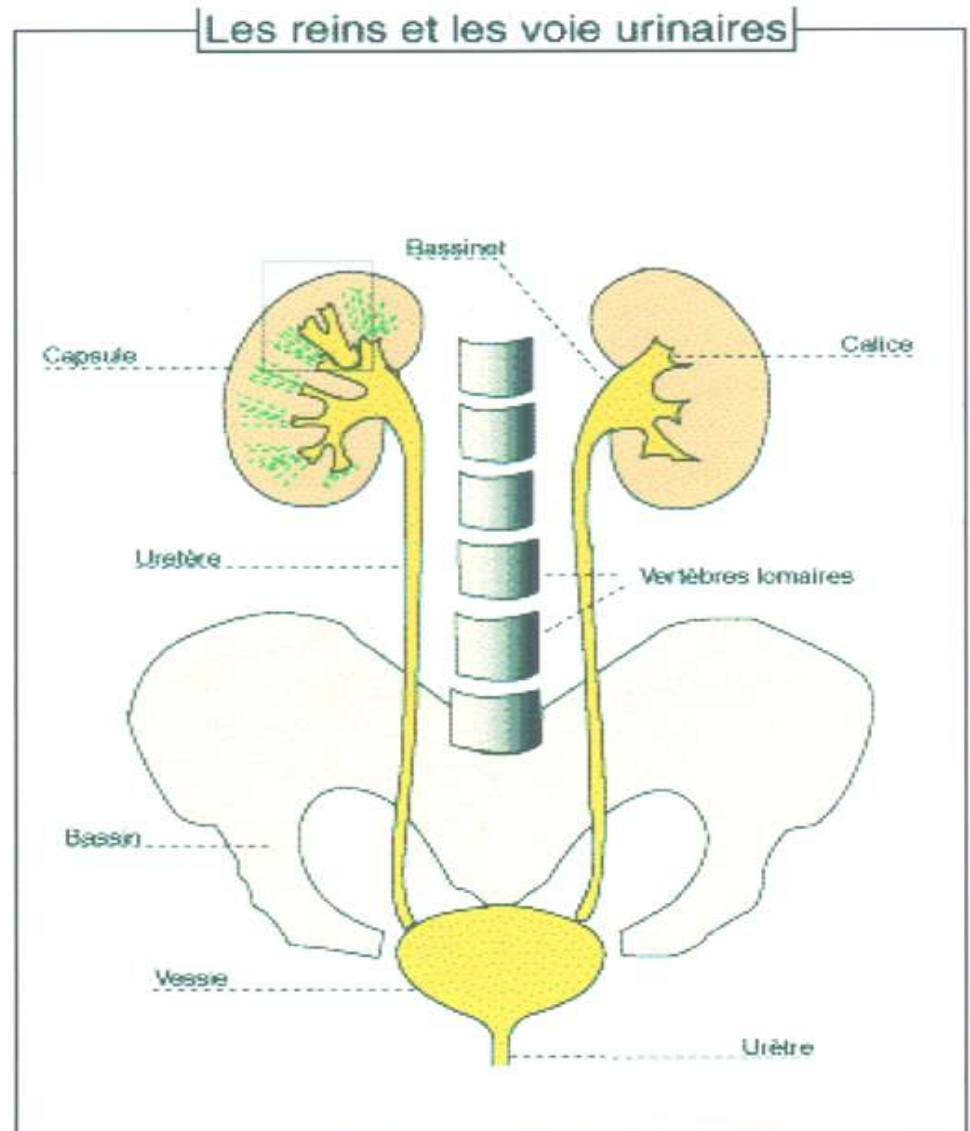
Université Farhet Abbas – Sétif 1
Faculté de médecine
Département de médecine
Laboratoire de Physiologie
Clinique

Physiologie de l'appareil urinaire

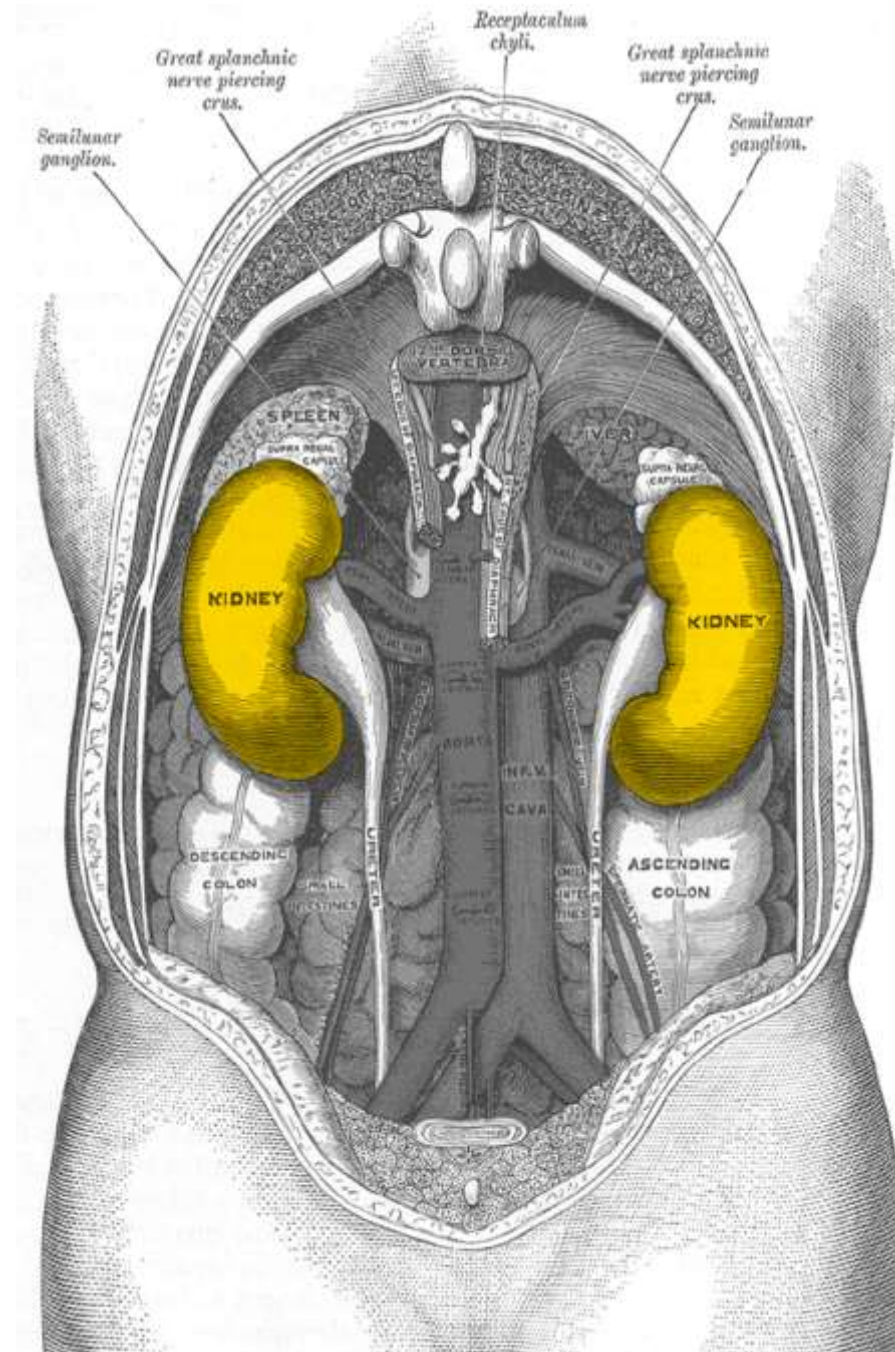
Dr. H.Bouchiha

Introduction

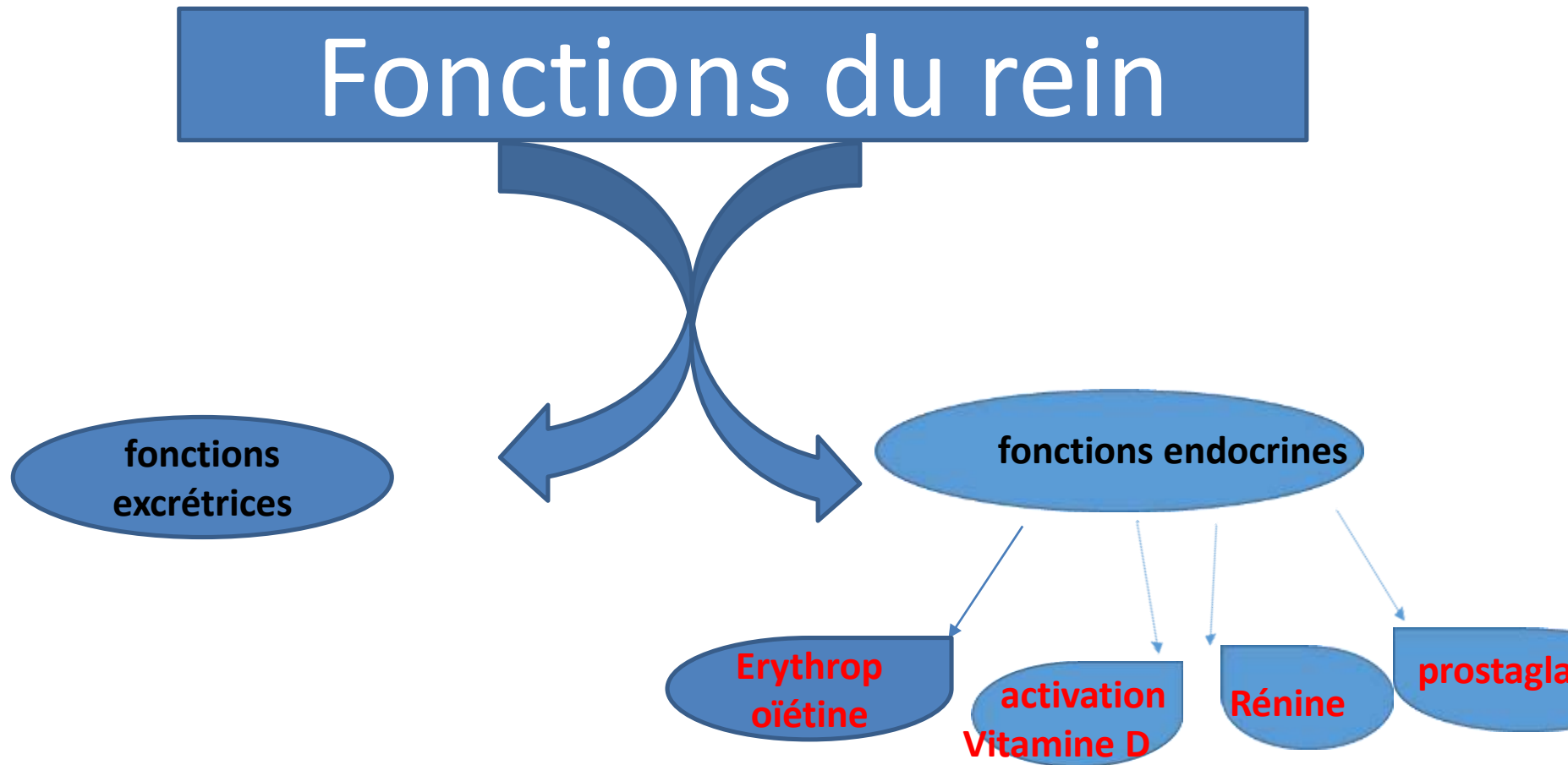
- L'appareil urinaire comprend :
 - Les reins : organe noble
 - Le système urinaire :
 - la vessie : réservoir des urine
 - les organes tubulaires ; les deux uretères et l'urètre, conduits de transport de l'urine



- Organe paire
- retro-péritonéale
- entre la 12^{ème} vertèbre dorsale et la 3^{ème} vertèbre lombaire
- ayant la forme d'un haricot.
- dimension : 12/6/3cm; poids 150gr.
- Protégés par une loge fibrograisseuse



Fonctions du rein



A. \Rightarrow fonctions excrétrices

***Emonctoire : filtration et
excrétion***

***Régulation de l'équilibre
hydro-électrolytique***

+

***Régulation de l'équilibre
acido-basique***

+

Fonction d'épuration

***Maintien de
l'homéostasie***

B. \Rightarrow fonctions endocrines:

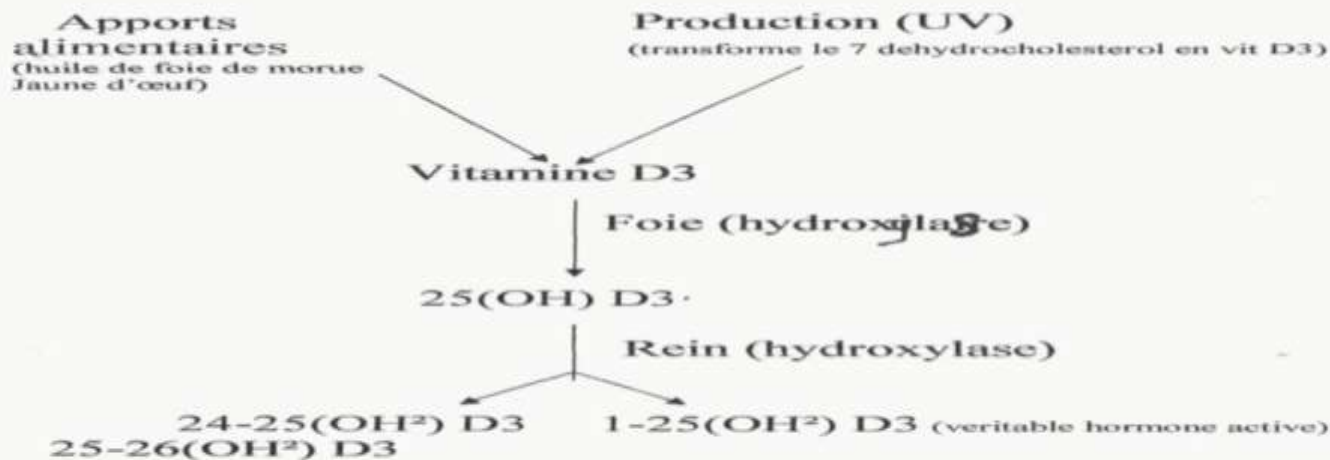
1. \rightarrow Erythropoïétine :

- Glycoprotéine produite dans l'interstitium péri tubulaire
- signale à la moelle osseuse rouge d'accroître la prolifération des précurseurs et accélère les différentes étapes de différenciation des érythrocytes (globules rouges)
- insuffisance rénale : anémie par déficit en Erythropoïétine
- accroître d'endurance et la performance (athlètes , cyclistes)
 - \Rightarrow très dangereux (augmentation de la viscosité défaillance cardiaque,)

B. \Rightarrow fonctions endocrines:

2. \Rightarrow activation de la vitamine D:

- la 1 hydroxylase est située dans le TP
- action sur le métabolisme phosphocalcique (métabolisme osseuse)

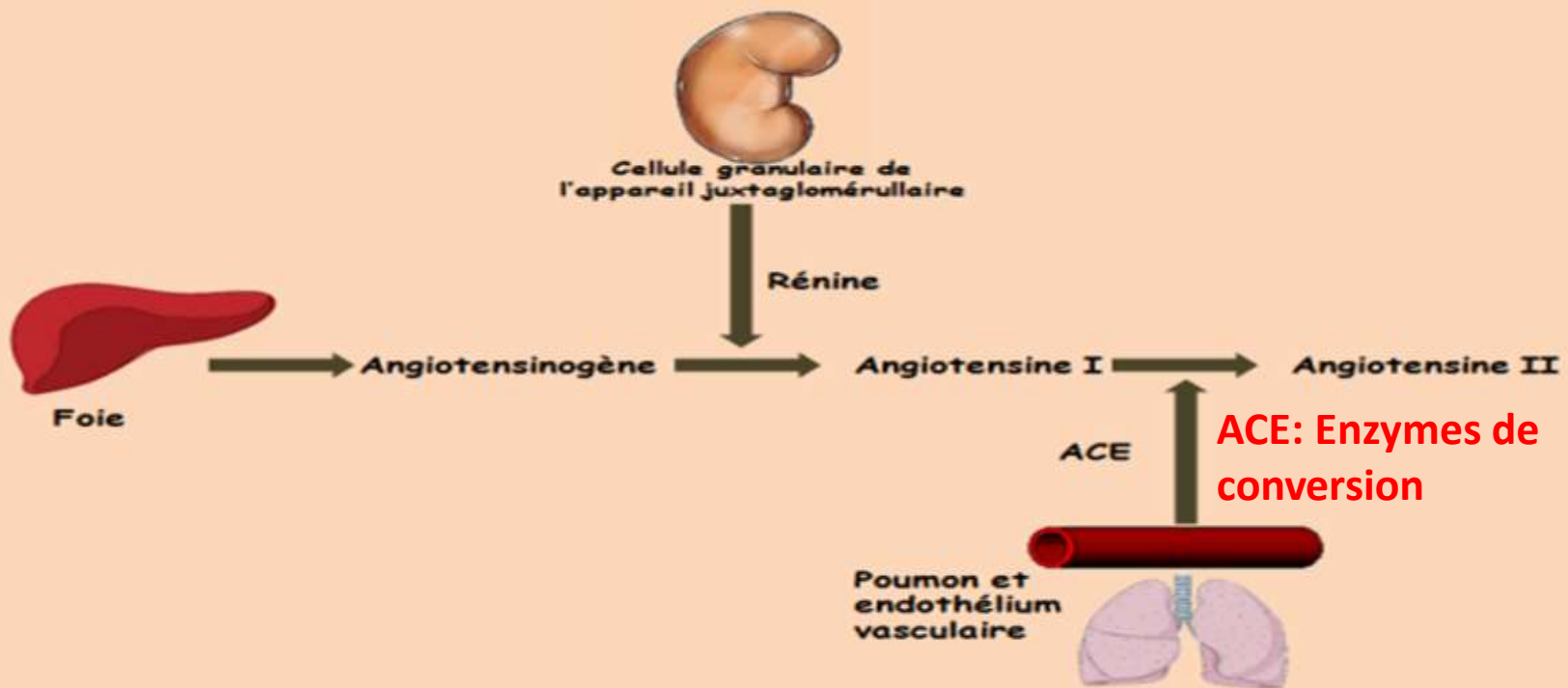


1- Activation de la vit D (cholécalférol) par le rein-

B. \Rightarrow fonctions endocrines:

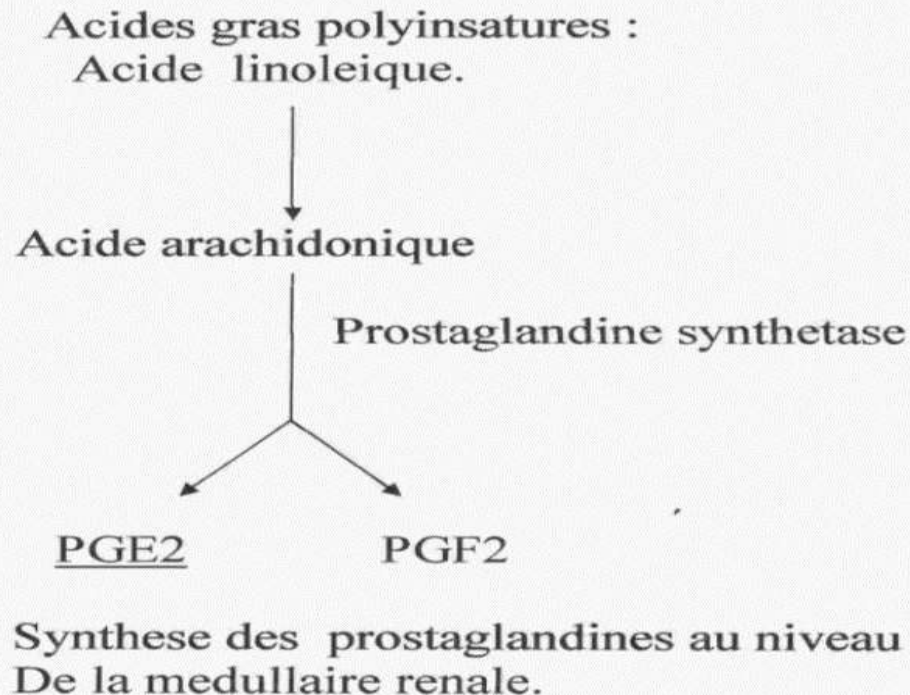
3. \rightarrow Rénine :

- par l'appareil juxtaglomérulaire
- Participe à la régulation de la pression



B. \Rightarrow fonctions endocrines:

- 4. \rightarrow Les prostaglandines : interviennent dans la régulation de la circulation rénale.



**Donc le rein est un organe vital (noble)
et de confort**



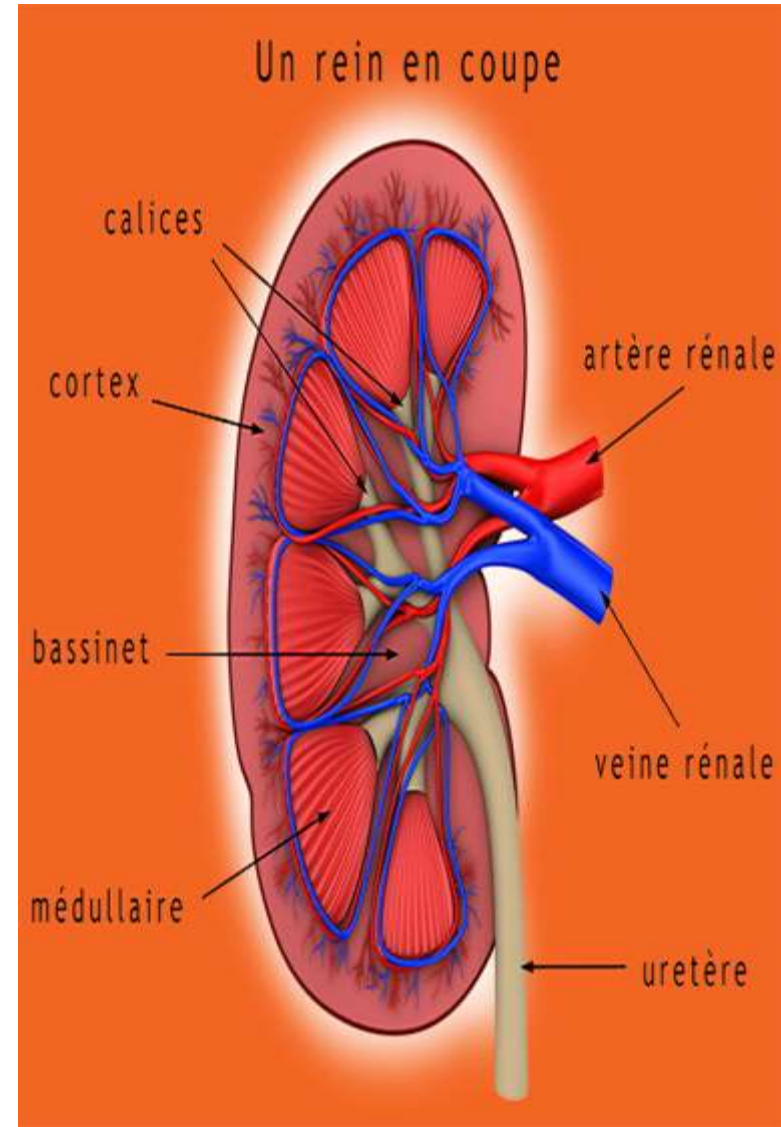
Caractéristiques anatomo-histologiques:

1. caractéristiques macroscopiques : deux zones

- une zone corticale, périphérique.

- une zone médullaire, centrale occupant les espaces triangulaires appelés pyramides de Malpighi, dont les sommets constituent les papilles qui s'ouvrent dans les calices et de là vers les voies d'excrétion urinaires.

- La médullaire elle-même est subdivisée en deux zones externes et interne ou profondes.



Caractéristiques anatomo-histologiques:

2. Caractéristiques microscopiques:

- Le néphron constitue l'unité structurelle et fonctionnelle de base du rein.
- Chaque rein contient un million en moyenne.

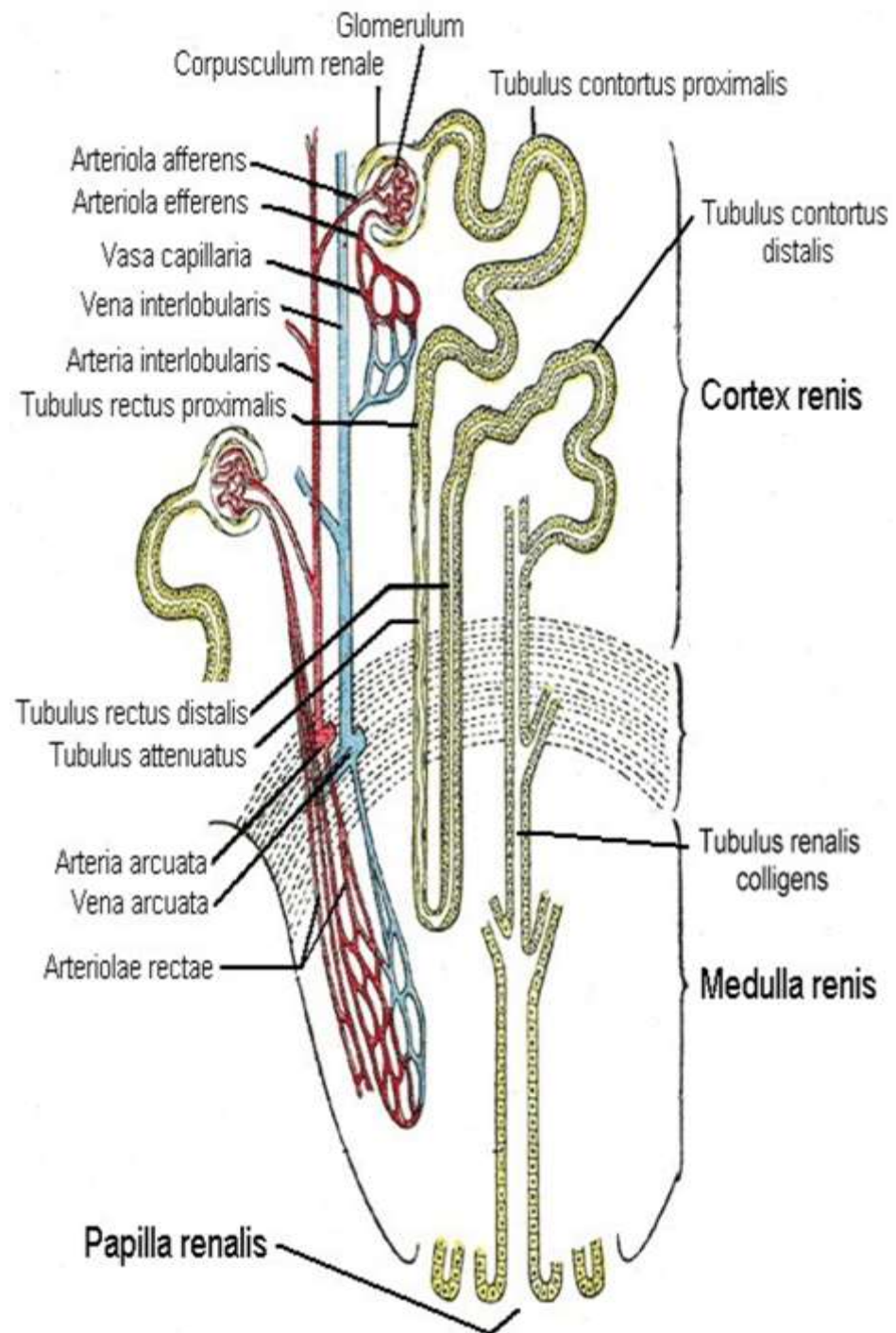
Il est composé de deux parties :

****le glomérule:** unité de filtration donnant l'urine primitive 150 à 180 l/jour .

****le tubule rénal;** unité de transfert bidirectionnel (sécrétion –réabsorption) donnant l'urine définitive 1.5 à 2.4 l/jour . .

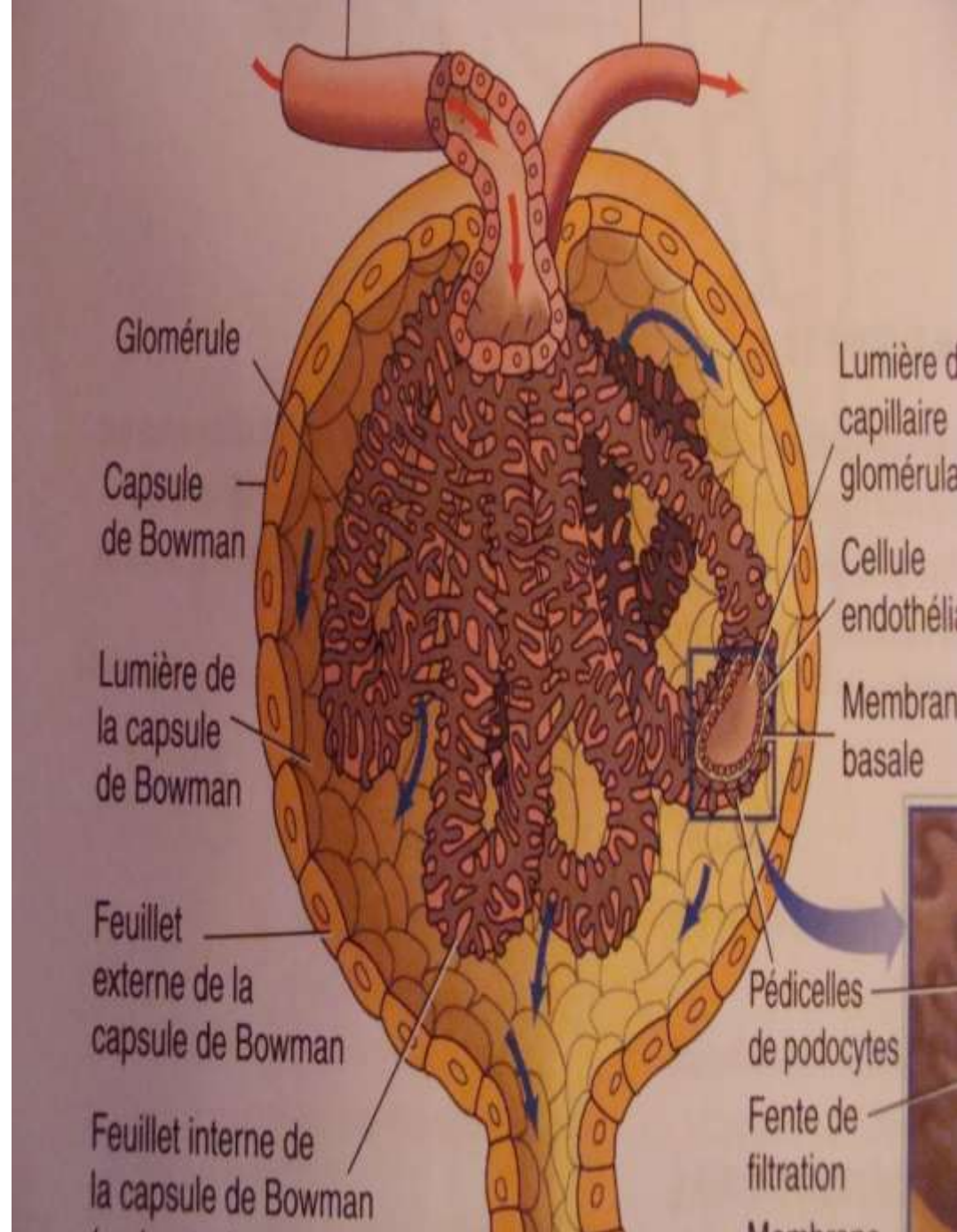
Néphron

- **le glomérule**
(glomus=peloton):
 - formé de deux pôles , l'un vasculaire et l'autre urinaire qui va se continuer par le tubule rénale
 - Le pole vasculaire formé par le flocculus qu'est constitué par une touffe de capillaires (bouquet), issus de l'artériole afférente qui se ramifie et ensuite se réunit à la sortie du glomérule pour former l'artère efférente



Néphron

le flocculus enveloppé par la capsule de Bowman. Entre c'est deux éléments se trouve l'espace de Bowman ou s'écoule l'urine primitive forme par filtration glomérulaire.



Néphron

➤ **le tubule ou tube urinifère** : il comprend

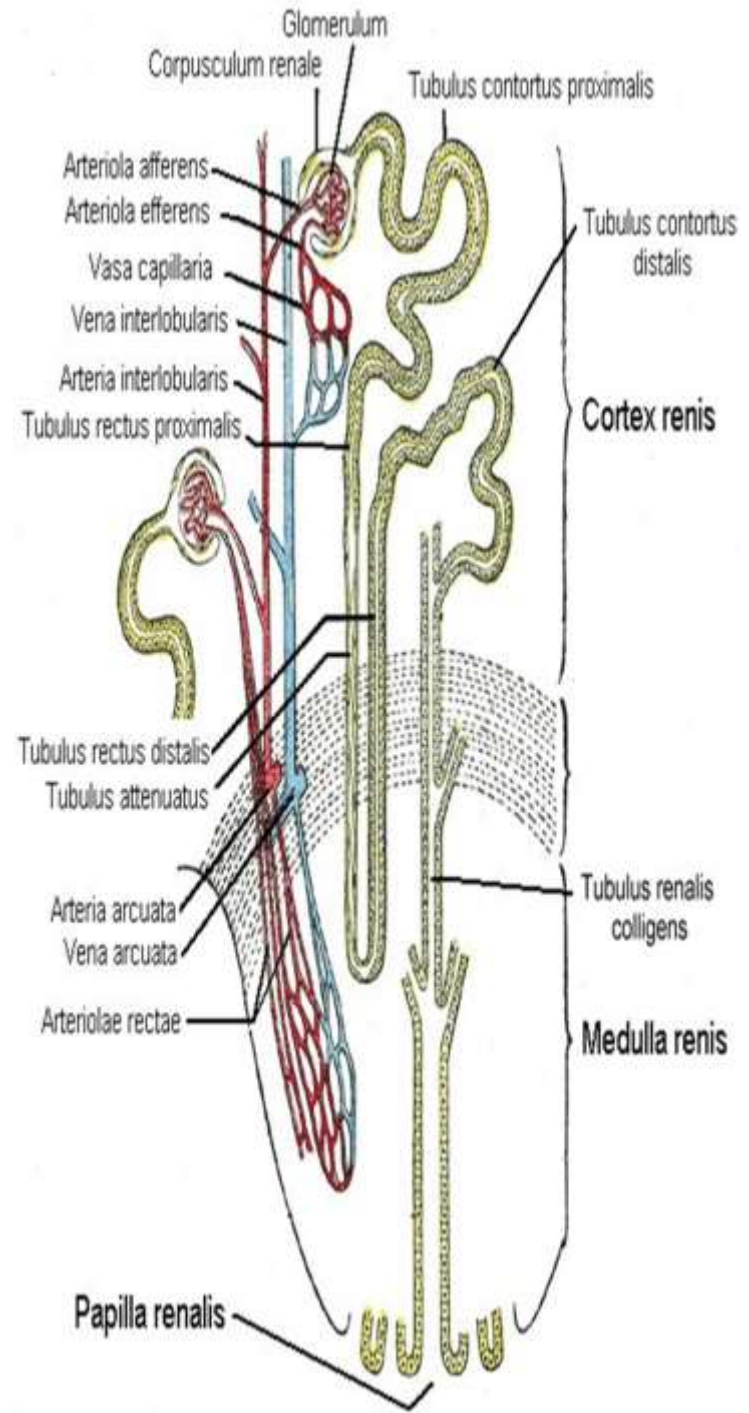
- Le tubule contourné proximal (TCP): faisant suite a la capsule de Bowman

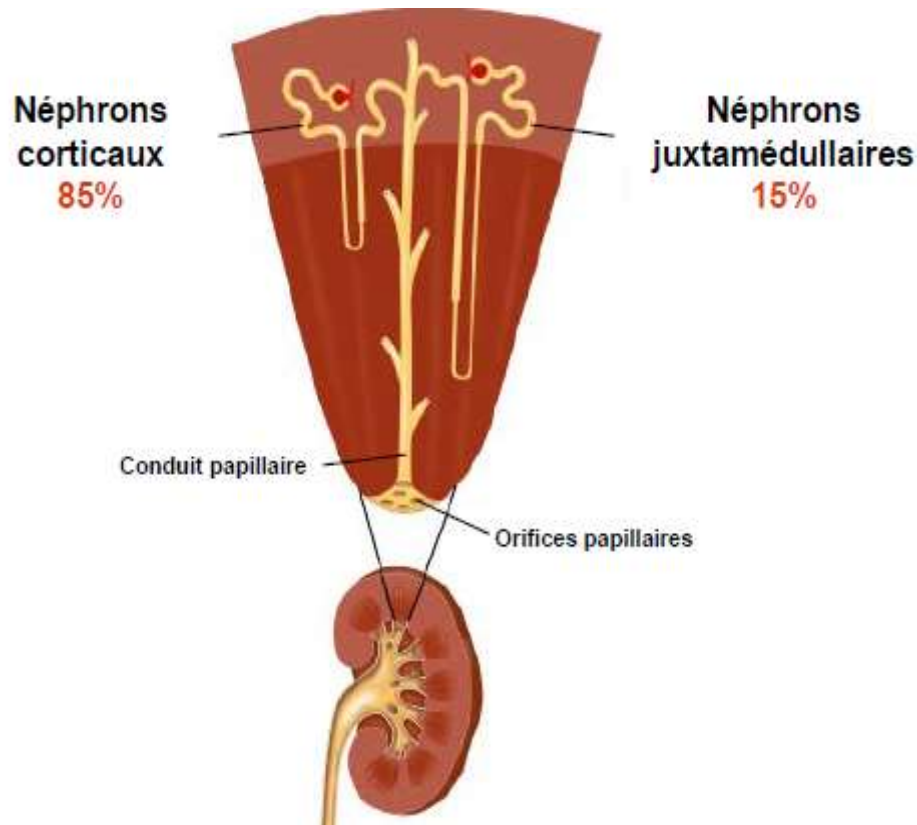
- Anse de Henlé : sous forme d'un épingle à cheveux

- Le tubule contourné distal (TCD).

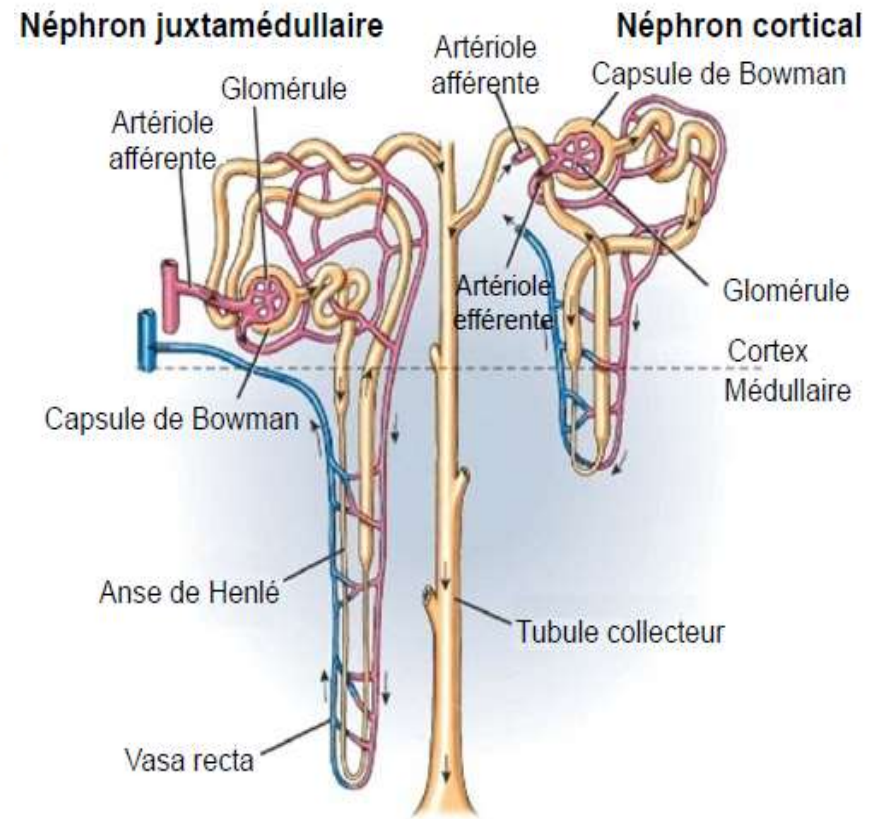
- Le canal collecteur

➤ Les tubes collecteurs → les papilles → les calices → le bassinet → l'uretère.



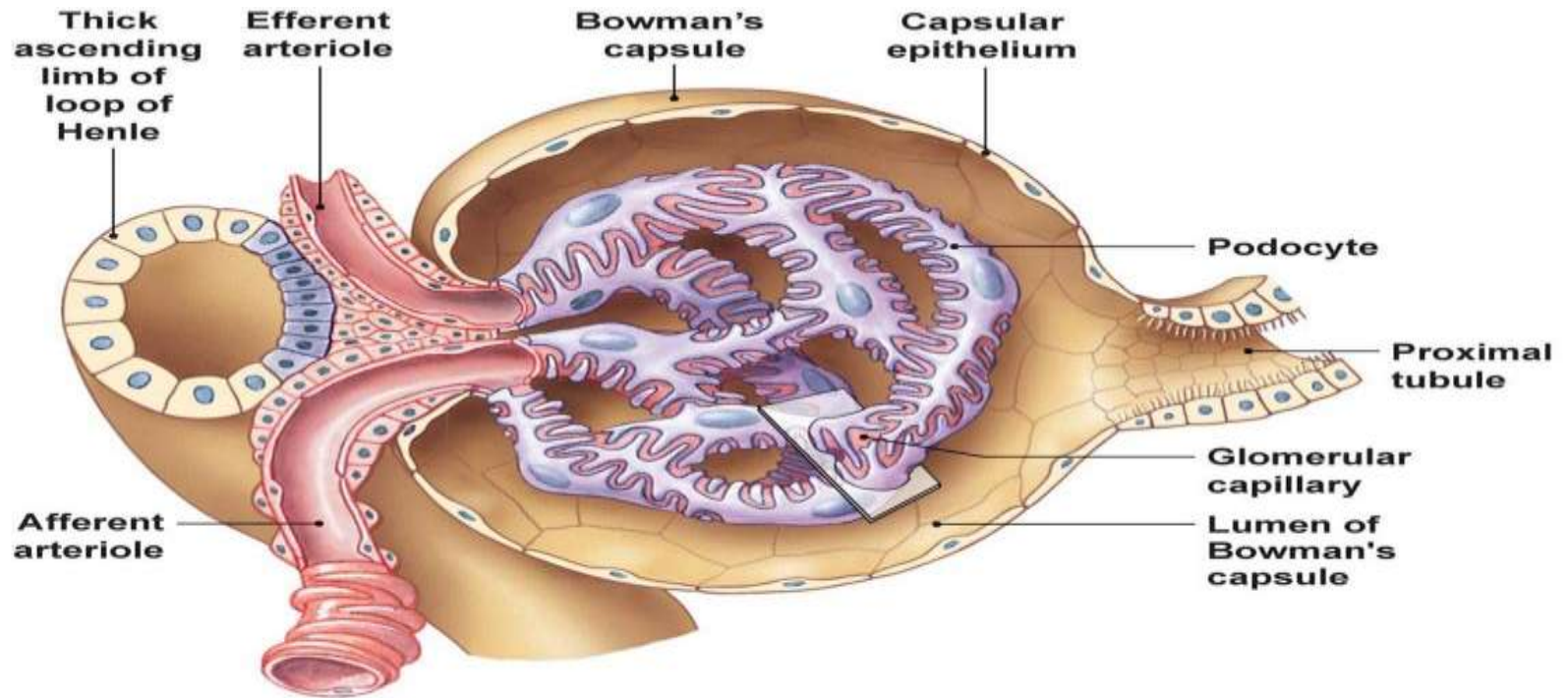


les néphrons corticaux : à anse courte qui représente 85% dont la pointe est dans la médullaire externe
-Impliqués dans les fonctions excrétoires et régulatrices du corps



les néphrons juxta médullaire: à anse longue qui sont peu nombreux et dont le sommet est situé dans la médullaire interne au voisinage de la papille
-Impliqués dans la dilution et la concentration des urines

Appareil juxta- glomérulaire



(a) The epithelium around glomerular capillaries is modified into podocytes.

- Description:
 - il se trouve entre le pôle vasculaire du glomérule et le retour du tube contourné distal (TCD) du néphron

Appareil juxta- glomérulaire

Il se compose de trois parties:

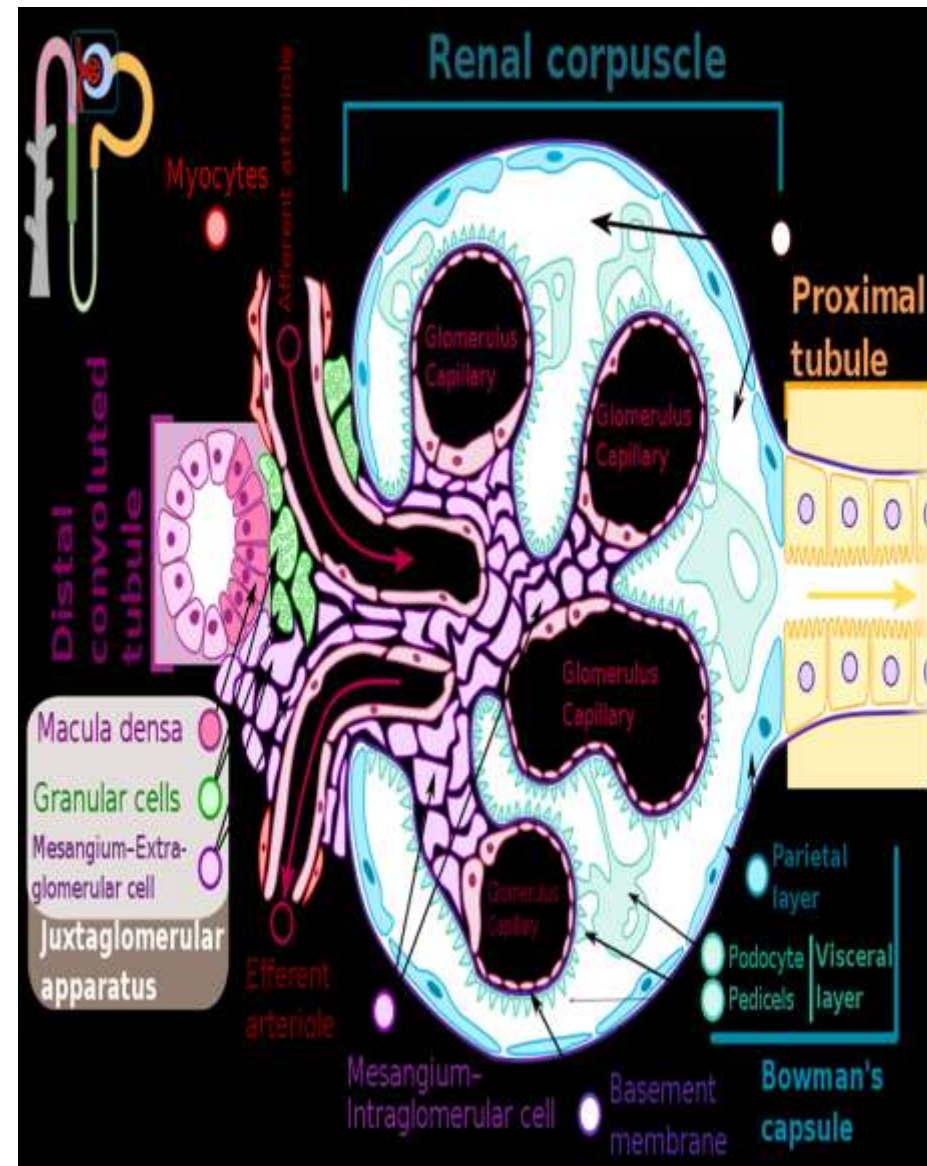
- **Les cellules granulaires** (cellules juxtaglomérulaires) : situées dans la paroi de la portion terminale des artérioles afférentes et de la portion initiale des artérioles efférentes.

Ce sont des **barorécepteurs**.
Produisent la **rénine**.

- **Les cellules mésangiales**

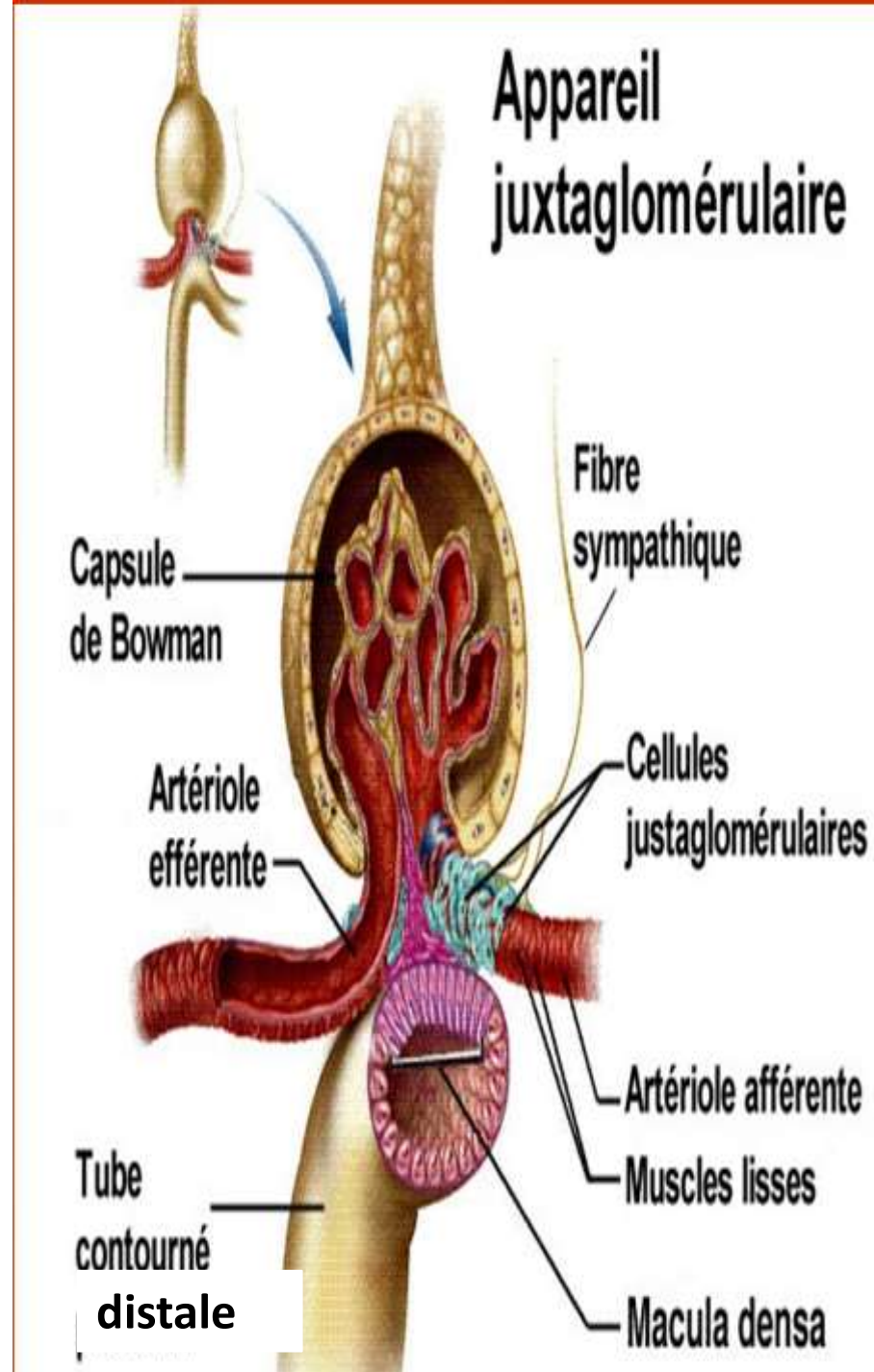
- **Les cellules de la macula densa**: situées dans la paroi du tubule à la fin de la branche ascendante large de l'anse de Henle lorsqu'elle rencontre le glomérule.

Ce sont des **chémorécepteurs**.



Appareil juxta-glomérulaire

- Les cellules de l' AJG sont sensibles à:
 - La baisse de la pression sanguine dans l'artériole **afférente** .
 - La baisse du taux de Na^+ dans le **TCD** (signe d'une diminution de la filtration).
 - L'influx du système nerveux végétatif.
- Les cellules juxta-glomérulaires réagissent à ces facteurs par **la sécrétion de rénine** (Système Rénine Angiotensine Aldostérone).



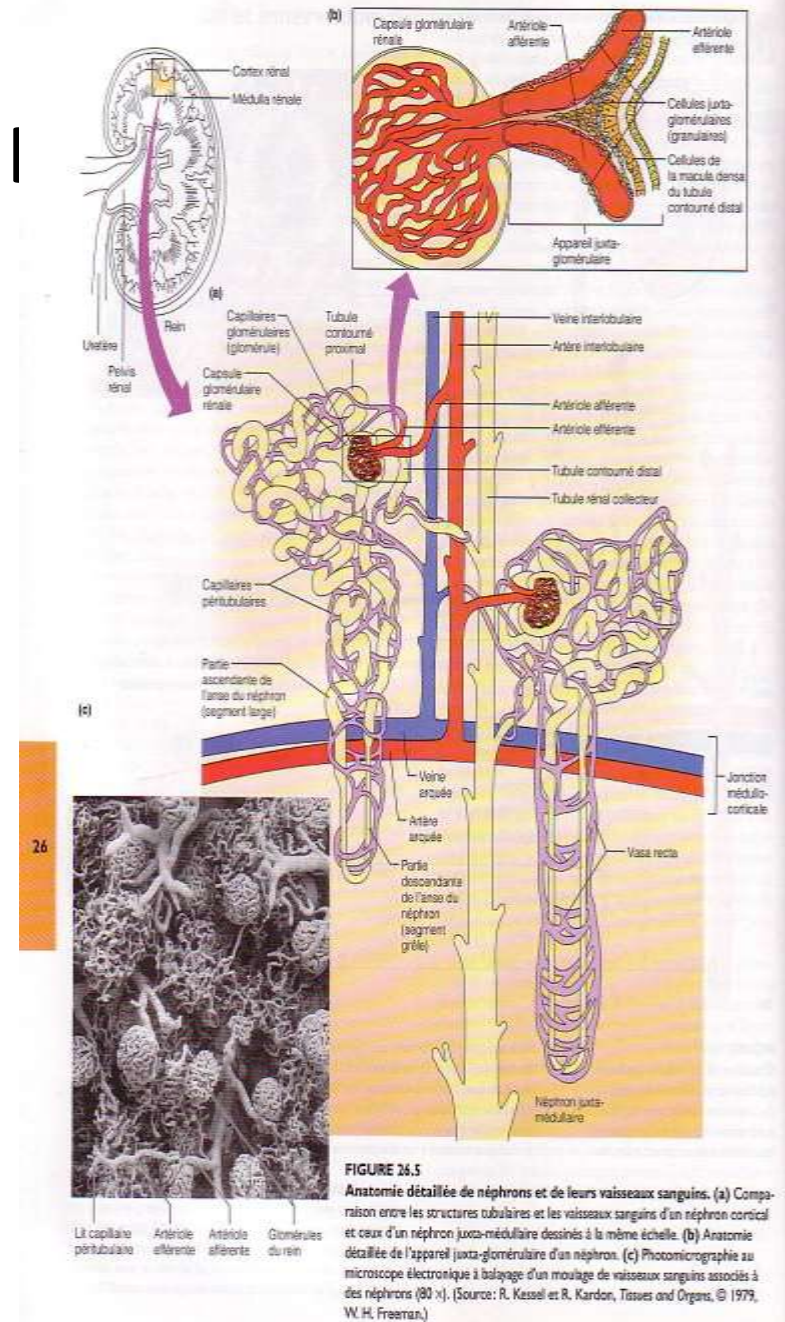
Circulation

- Le rein possède deux réseaux capillaires disposés en série :

1. Un réseau de capillaires glomérulaires situé entre artérioles afférentes et efférentes.

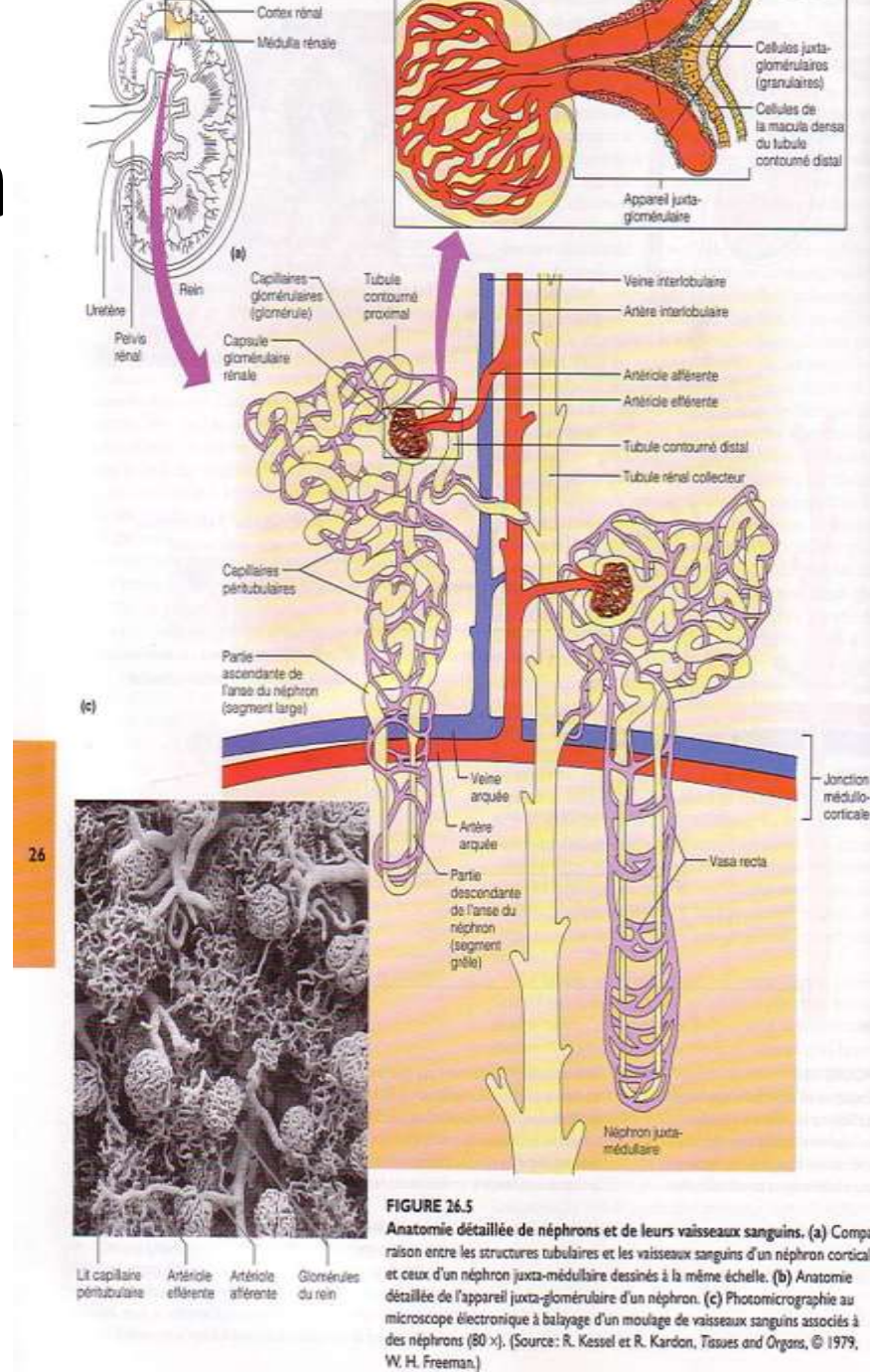


spécialisé dans la filtration



Circulation

2. A la sortie du glomérule l'artériole efférente donne naissance, soit:
 - a. aux capillaires péri tubulaires destinés aux néphrons superficiels.
 - b. aux vaisseaux droits = les vasa recta qui plongeant dans la médulla accompagnant les néphrons à anses longues.



- Le débit sanguin rénal destiné aux deux reins :
DSR = 1000 à 1200 ml/min
= 20% du débit cardiaque au repos (1/5 du Débit Cardiaque).
- Ce débit est réparti au cortex 80% et 20% destinée à la médullaire.

Méthodes de mesure flux sanguin rénal

$$FSR = FPR / (1 - Hte)$$

FSR: Flux Sanguin Rénal

FPR: Flux Plasmatique Rénal

Hte: Hématocrite

- L'hématocrite : (40 à 45 %):% hématies /sang total. C'est le volume occupé par les hématies par rapport au volume total.

La mesure du flux plasmatique rénal

FPR

- ✓ Par la mesure de la clairance d'une substance qui subit une extraction totale du sang au niveau rénal.
- ✓ Clairance= le volume de plasma totalement épuré d'une substance
- ✓ utilisation d'une substance non métabolisée et totalement éliminée dans les urines .
- ✓ Une substance qui échappe à la filtration et excrétée au niveau des capillaires péri tubulaires.

- L'acide para-amino-hippurique (PAH) est un acide organique filtré et sécrété par les tubules et non réabsorbé
- L'acide para-amino-hippurique (PAH) subit une extraction totale du sang, il disparaît de la circulation rénale dès le premier passage ($E_{PAH} = 1$), à condition qu'il soit utilisé à des doses faibles (concentration plasmatique $< 20 \text{ mg/100 ml sang}$).

La mesure du flux plasmatique rénal FPR

$$\text{FPR} \frac{\text{l}}{\text{min}} = \frac{\text{Débit excrété dans les urines}}{\text{différence arterio-veineuse
De concentration rénale}}$$

$$= (\text{g/min}) / (\text{g/l})$$

La mesure du flux plasmatique rénal FPR

$$\text{FPR} = \frac{U \cdot \dot{V}_U}{A - V}$$

$V = 0$ puisque l'extraction du PAH est totale

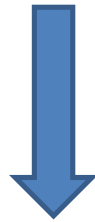
La mesure du flux plasmatique rénal FPR

$$\text{FPR} = \frac{U \cdot V}{P} = \text{CI PAH}$$

La mesure du flux plasmatique rénal

FPR

- La clairance urinaire du PAH correspond à la quantité de plasma totalement épuré de PAH par unité de temps .

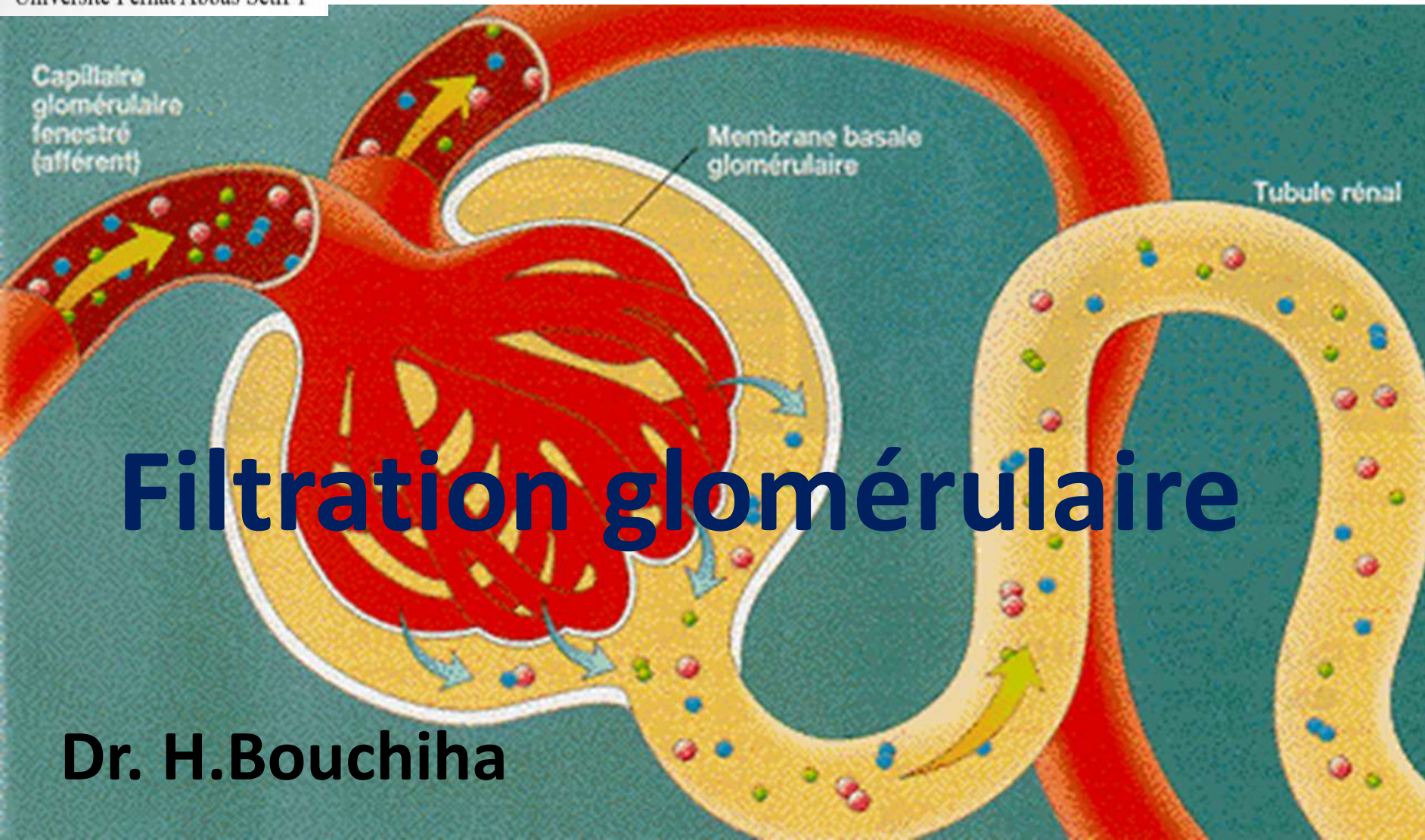


- Elle correspond au flux plasmatique rénal ,puisque le plasma est totalement épuré du PAH en un seul passage à travers le rein.

$$\text{FPR} = 600 \text{ ml/min}$$



Université Farhet Abbas – Sétif 1
Faculté de médecine
Département de médecine
Laboratoire de Physiologie Clinique



Filtration glomérulaire

Dr. H.Bouchiha

Introduction:

- Les mécanismes fondamentaux par lesquels le néphron épure le plasma :
 - la filtration glomérulaire: est un transfert d'eau et de substances dissoutes des capillaires glomérulaires vers la chambre urinaire .



l'urine primitive

- Les transferts tubulaires : l'urine primitive suit le trajet des tubules rénaux où sa composition sera modifiée par des processus de réabsorption et de sécrétion.



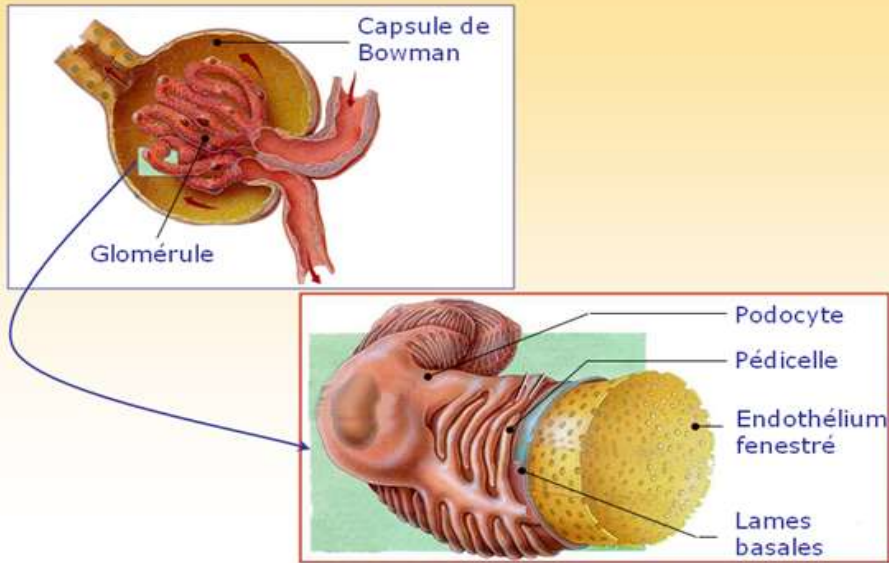
l'urine définitive

- La filtration glomérulaire c'est la première étape de la formation des urines (urine primitive) qui consiste à faire passer les substances des capillaires glomérulaires vers la lumière de la capsule de Bowman a travers une membrane semi perméable. Elle aboutit à la formation de l'urine primitive : **ultra filtrat plasmatisque.**
- **Ultrafiltration :** le filtrat qui pénètre dans le tubule rénal est composé de tous les éléments du sang hormis
 - Éléments figurés (globules, plaquettes)
 - Protéines (sauf les plus petites)

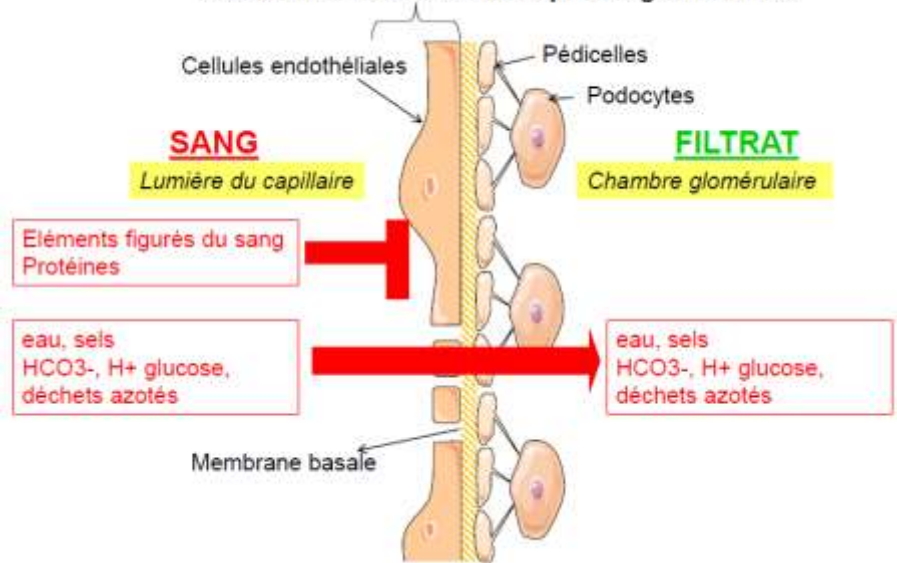
Supports morphologiques de la filtration

FILTRATION (2)

Structure de la membrane de filtration



Membrane de filtration du capillaire glomérulaire



L'endothélium capillaire glomérulaire : fenêtré, pores étroits empêchant le passage des cellules sanguine, tapissé de protéines chargées négativement qui repoussent les protéines du plasma.

La membrane basale : structure acellulaire formée de collagène et d'autres glycoprotéines chargées négativement

Epithélium de la capsule de Bowman :

entourant les capillaires glomérulaires composé de **podocytes** dont les corps cellulaires font saillie dans la chambre urinaire, les pédycelles sont disposées sur la membrane basale formant des fentes de filtration obturés par une membrane **de filtration**.

Le filtre glomérulaire permet le passage des :

1. Ac Aminés, petits peptides filtrent intégralement.
2. Les polypeptides de $PM > 68000$ ne filtrent pas, l'hémoglobine dont le $PM=68000$ peut se retrouver dans l'urine.
3. **Le diamètre moléculaire** est aussi un facteur limitant: ($\emptyset < 2 \text{ nm}$ filtrent intégralement ; $- 2 \text{ nm} < \emptyset < 4 \text{ nm}$ filtrent partiellement ; $- \emptyset > 4 \text{ nm}$ ne filtrent pas) .
4. **La charge électrique** : au niveau de l'endothélium la membrane basale porte des charges (-) qui exercent un effet répulsif sur les molécules chargées négativement. A taille égale les molécules chargées négativement filtrent moins bien que celles chargées positivement

Mécanisme de la filtration

- C'est un phénomène passif.
- Phénomène purement physique.
- le transfert est unidirectionnel
- obéit à la **loi de Starling** qui définit les mouvements d'eau et des électrolytes à travers une membrane comme la résultante d'une force :
Pression efficace de filtration PF , résulte de plusieurs forces opposées :

Débit *de filtration glomérulaire*

- C'est le volume du plasma qui filtre dans la capsule par unité de temps (DFG).
- Il est déterminé par les forces de Starling :

$$DFG = K_f \times [(P_{CG} - P_{EB}) - (\pi_{CG} - \pi_{EB})]$$

- K_f : Le coefficient de filtration
- P_{CG} : La pression hydrostatique capillaires glomérulaires
- P_{EB} : La pression hydrostatique dans l'espace de Bowman
- π_{CG} : La pression oncotique capillaire glomérulaire
- π_{EB} : La pression oncotique dans l'espace de Bowman

Déterminants de la filtration glomérulaire:

1. La pression hydrostatique: est mécanique , entraine un mouvement d'eau du secteur à haut pression vers le secteur à basse pression

a. La pression hydrostatique capillaire(P_c):

- La seule force positive P_c
- dépend de la pression artérielle systémique

b. pression hydrostatique tubulaire (P_t) :

- dépend de la P° de l'urine dans le tube proximal
- pression qui s'oppose à la P_c

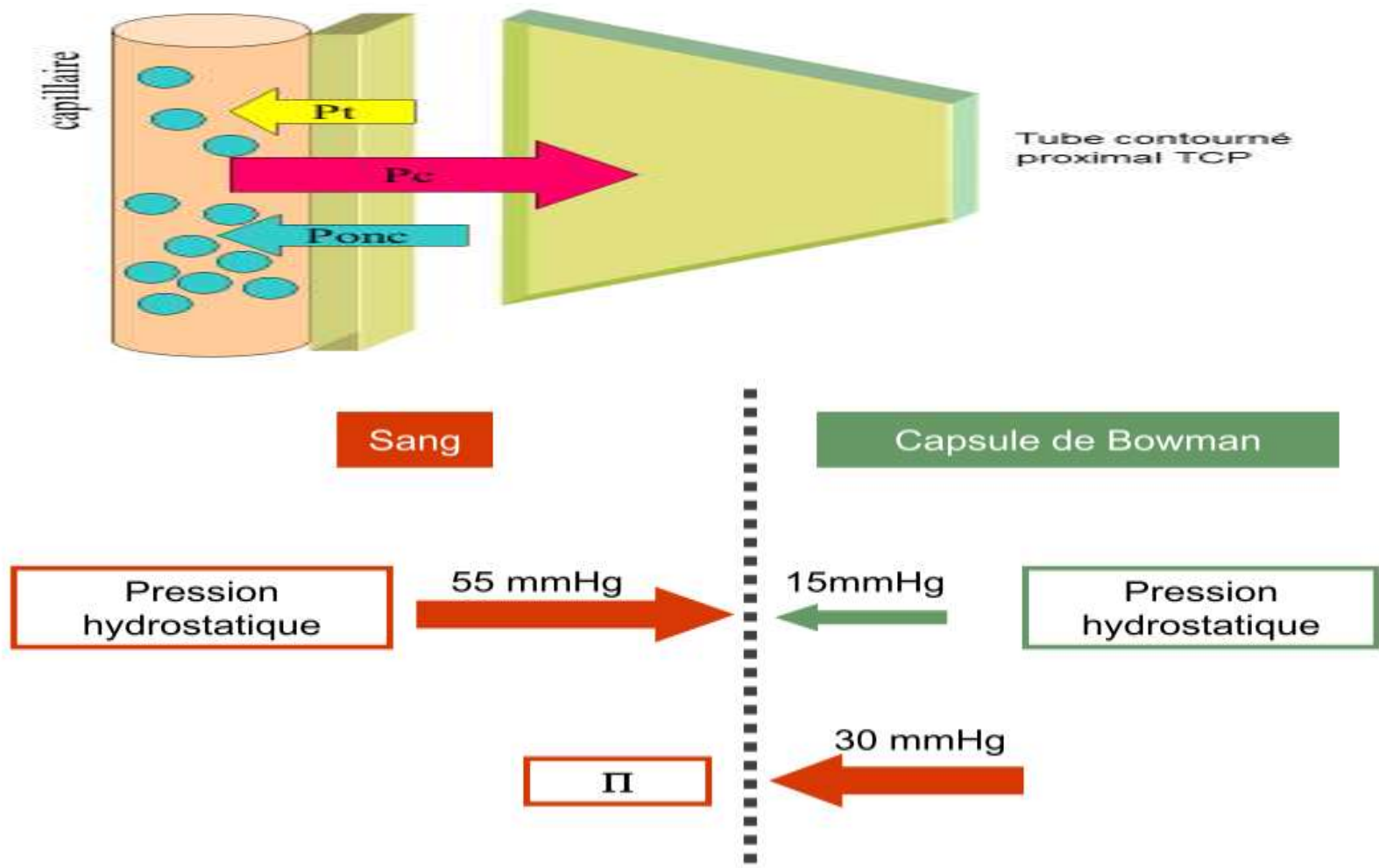
Déterminants de la filtration glomérulaire:

2. Pression oncotique Π_c : est la force osmotique générée par les protéines présent dans le sang de ce fait l'eau se déplace du secteur le moins osmotique vers le secteur le plus osmotique .

- donc cette pression s'oppose au processus de filtration

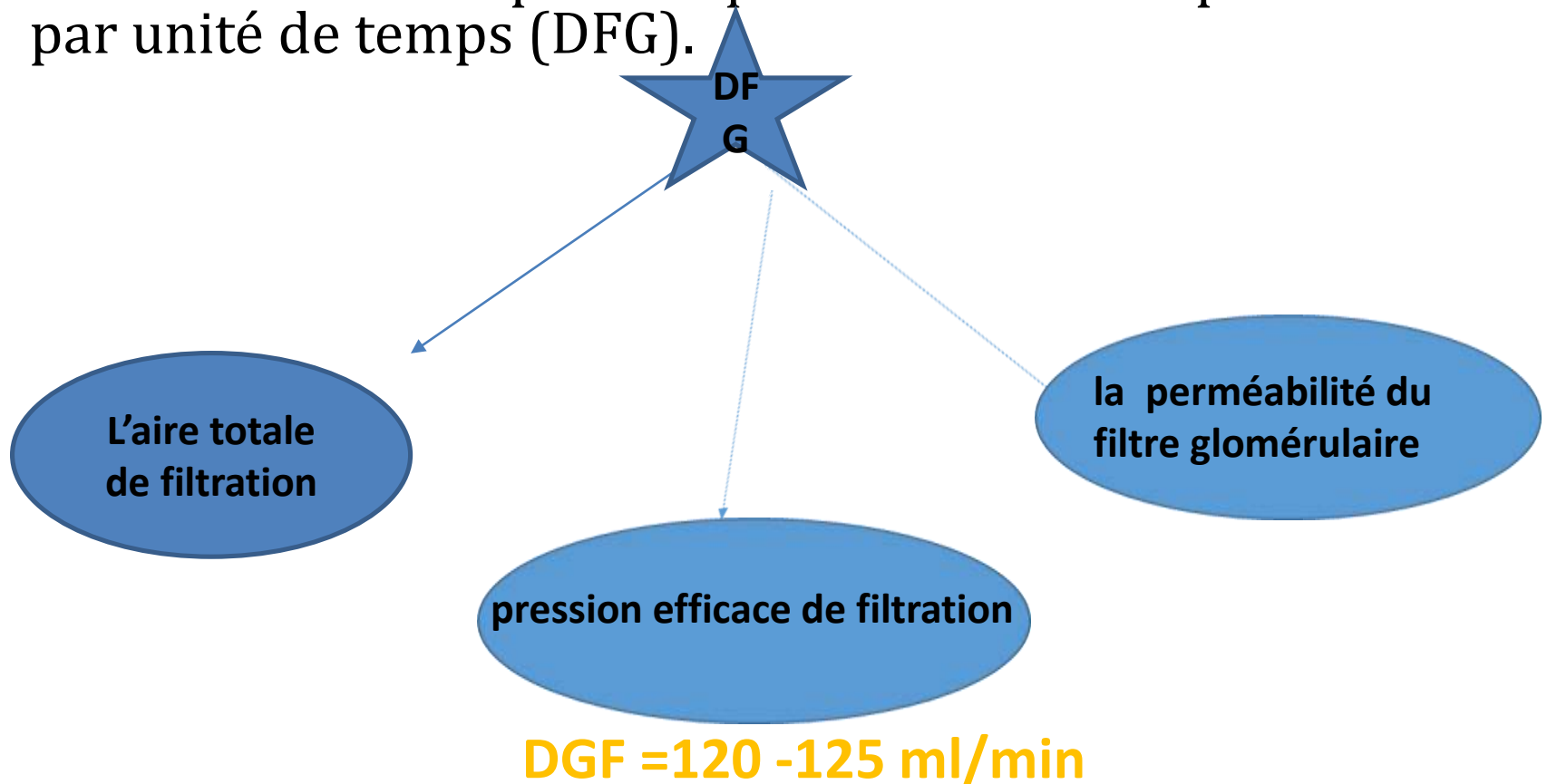
4. A cette force s'oppose la **pression oncotique Π_t** de l'espace urinaire qui est négligeable .

- $DFG = (55 \text{ mmHg}) - (30 \text{ mmHg} + 15 \text{ mmHg}) = 10 \text{ mmHg}$
 - La filtration est toujours favorisée



Le débit de filtration glomérulaire

- Le volume de filtrat formé par l'activité des 2 millions de néphrons des 2 reins par minute.
- C'est le volume du plasma qui filtre dans la capsule par unité de temps (DFG).

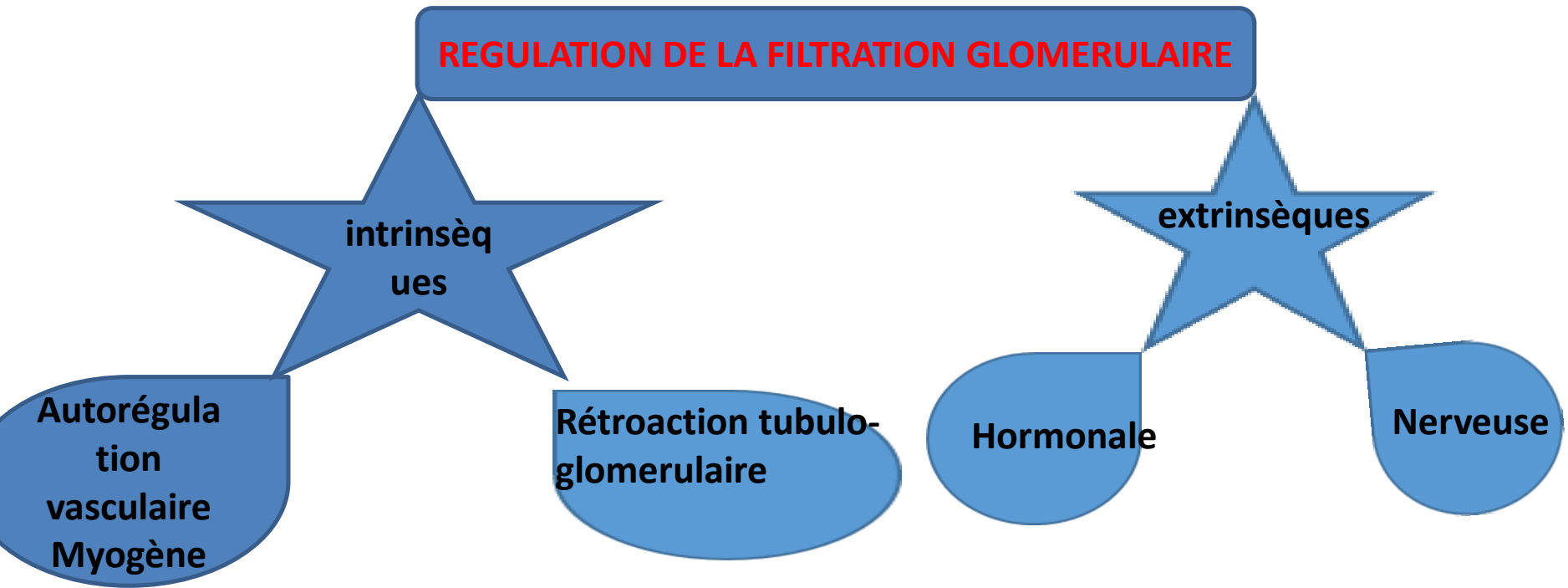


Fraction de filtration (FF):

$$FF = DFG / DPR \times 100 \approx 20\%$$

- c'est à dire qu'il y a 20% du flux plasmatique rénale (le sang qui passe dans les reins) qui traverse le glomérule (est filtré).
- L'augmentation de la FF entraîne une augmentation de la π oncotique dans les capillaires péri tubulaires ce qui favorise le processus de réabsorption.

Régulation de la filtration glomérulaire



Régulation de la filtration glomérulaire

1. intrinsèques : Autorégulation rénale

Ces mécanismes d'autorégulation rénale assurent au DFG une constance relative tant que la pression artérielle moyenne est comprise entre 80 et 180 mmhg

Régulation de la filtration glomérulaire

1. intrinsèques : **Autorégulation rénale**

a. **Autorégulation vasculaire = Myogène:**

- La réponse des fibres musculaire lisses des artérioles afférentes
- ✓ si la pression artérielle systémique est élevée → constriction des artérioles afférentes → conservation de flux sanguin rénale
- ✓ si la pression artérielle systémique est basse → dilatation des artérioles afférentes → augmentation de débit sanguin rénale

Régulation de la filtration glomérulaire

b. Rétroaction tubulo-glomerulaire:

- Lié à la sensibilité des cellules de la macula dense (TCD) à la concentration de NaCl.
- ✓ Si le DFG augmente → [NaCl] dans TCD est élevée (la réabsorption n'a pas le temps de se faire) → la macula dense libère une substance entraînant une vasoconstriction des artérioles afférentes → diminution de DFG et PEF et prolonge la durée de filtration → une augmentation de la réabsorption de NaCl.
- ✓ Si [NaCl] dans TCD est diminuée → vasodilatation des artérioles afférentes → augmentation de DFG et PEF

Régulation de la filtration glomérulaire

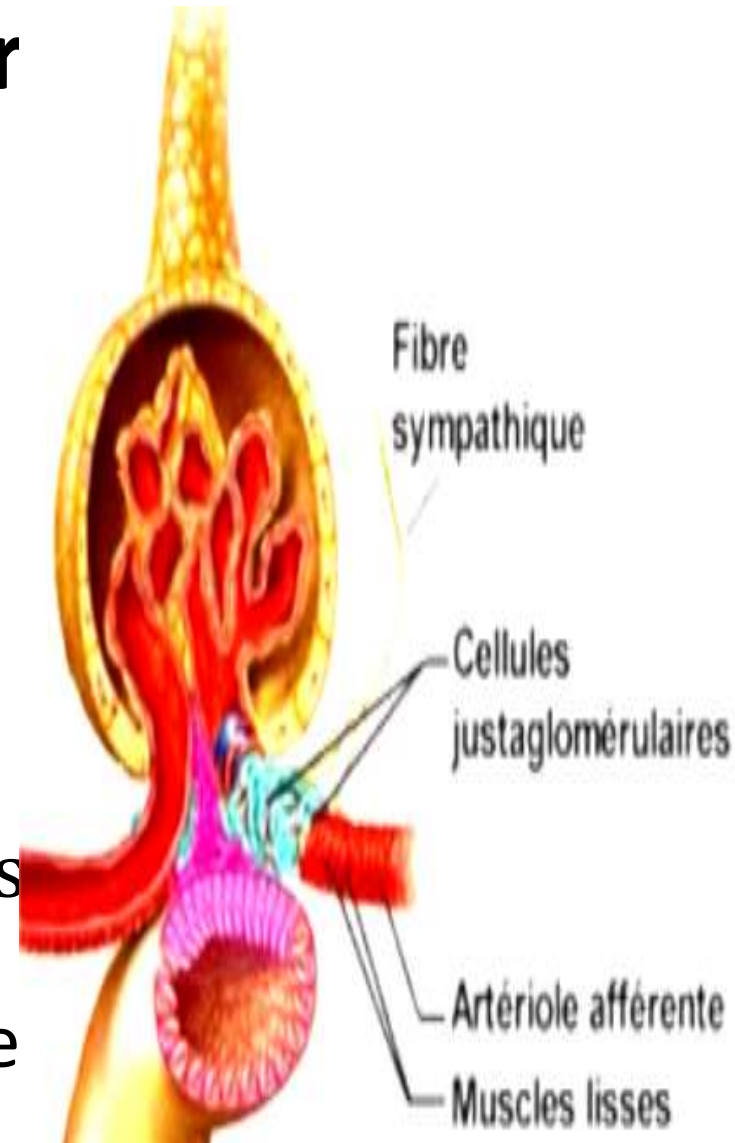
2. extrinsèques :

a. Nerveux:

✓ Système nerveux

Sympathique:

dans les situation de stresse;
Libération de noradrénaline →
stimulation des récepteurs α
adrénergiques des muscles lisses
des artérioles afférentes →
vasoconstriction → inhibition de
la formation de filtrat.

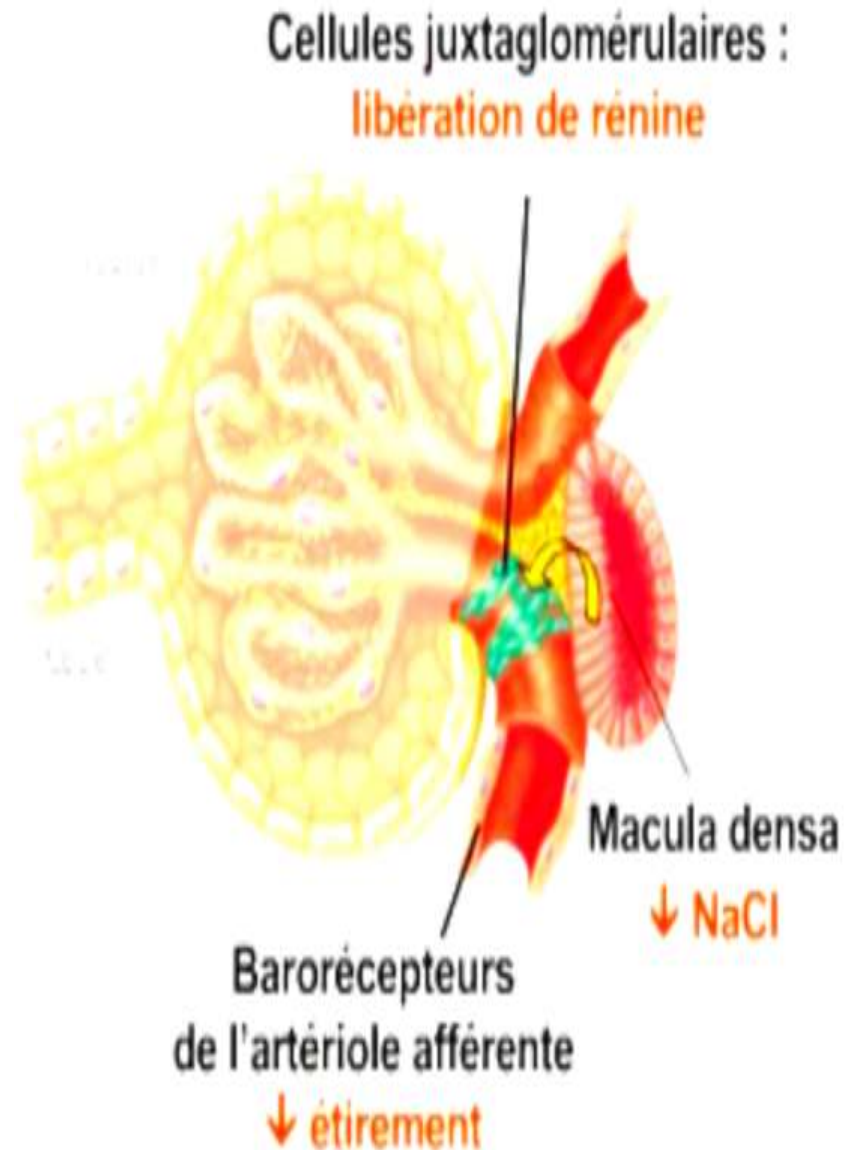


b. Hormonale:

✓ SRAA:

puissant vasoconstricteur

- Une baisse de la pression artérielle entraîne une diminution de l'étirement de la paroi artériolaire afférente et les **barorécepteurs** déclenchent la sécrétion de **rénine**.
- Par contre, une élévation de la pression de perfusion rénale inhibe la libération de rénine



Exploration de la filtration glomérulaire

- Principe : volume du plasma épuré =
clairance

clairance

**est le volume de plasma totalement épuré
d'une substance à travers le glomérule; par
unité de temps**

Mesure de la filtration glomérulaire

- La clairance = $\frac{UI}{UP} QU$

UI: la concentration urinaire

UP: la concentration plasmatique

QU: le débit urinaire = le volume urinaire des 24 h mesuré en ml/mn

Mesure de la filtration glomérulaire

1.Exogène :

- Inuline

}

sucres non métabolisables

- Polyfructosan S

Mesure de la filtration glomérulaire

2. Endogène : créatinine + +

- La créatinine est dérivée du métabolisme de la créatine du muscle squelettique.
- Très utilisée en pratique clinique
- Permet l'estimation du DFG par la clairance de la créatinine endogène.
- Sa concentration plasmatique est relativement stable.
- Librement filtrée dans le glomérule.
- Elle n'est pas réabsorbée ,synthétisée ou métabolisée dans le rein.
- De faible poids moléculaire:113Da

- Évaluation de débit de filtration glomérulaire (DFG) par la créatinémie:
- ✓ À l'état d'équilibre l'excrétion urinaire de créatinine est constante





La concentration urinaire(UI) et le débit urinaire(QU) de créatinine sont constant



La clairance de créatinine est inversement proportionnelle à créatinine sanguine (créatinémie)

la clairance de créatinine

- Créatininémie élevée  DFG diminué (IR) et/ou une production musculaire importante
- Créatininémie basse  DFG augmenté et/ou une production musculaire faible

la clairance de créatinine

- Des facteurs influençant la ~~masse~~ musculaire influencent la créatininémie : âge, sexe, poids, origine ethnique



Formule de Cockcroft et Gault

$$\text{clairance} = (140 - \text{âge}) \times \text{poids} / (\text{créatininémie} \times 0.814 \times 0.85 (\text{femme}))$$

clairance : ml/min

Poids : Kg , âge: année

- **L'inuline:**

110 – 130 ml /min /1,73 m²

- **La créatinine :**

chez l'homme 130 ml /min / 1,73 m²

chez la femme 120 ml/min / 1,73 m²

- Cette valeur décroît progressivement de 0.5 à 1 ml/min/1.75m²/an ; à partir de 40 ans.

- grossesse: rétention hydro sodé entraîne une augmentation de débit sanguin rénal associé à une augmentation de DFG

Stades biologique de maladie rénale chronique

- $\text{DFG} < 60 \text{ ml/min/1.73m}^2 = \text{MRC}$
- classification:

stade	description	DFG(ml/min/1.73m ²)
1	Signes d'atteinte rénale	≥90
2	débutante	60-89
3	modéré	30-59
4	sévère	15-29
5	terminal	<15 dialyse