Vendredi 19 Octobre
10h30 - 12h30
Pr. Onolfo
Vasseur Anaïs
Uy Emilie

Cours n°1 : Urologie – Néphrologie
Histologie de l'appareil urinaire

J'ai envoyé la ronéo au Pr. Onolfo pour qu'il la corrige malheureusement il ne me l'a pas encore re-envoyé. Dès que ça sera fait je mettrai la version corrigée sur weebly, sur ce amusez-vous bien…

I. Introduction – Rappels Anatomiques

A. Le Rein – Point de vue Anatomique

B. La Vessie

II. Histologie

A. La Topographie Rénale

B. L'Histologie du Parenchyme Rénal
1. Les Tubes urinifères
2. Le Néphron
- Le Corpuscule de Malpighi ou Glomérule
a. Le Pôle Vasculaire
b. La Chambre de Filtration
c. Le Pôle Urinaire
- Le Tube Proximal

C. L'Interstitium Rénal
1. La Vascularisation Arterielle Rénale
2. La vascularisation Veineuse Rénale

D. Les Voies Excrétrices Extra-Rénales
1. La Canaux Papillaires
2. Les Uretères
3. La Vessie
4. L'urètre

E. Histologie Rénale
1. La Pression de Filtration
2. Le Débit Circulatoire
a. Le TCP
b. L'Anse de Henlé
c. Le TCD
d. Les Collecteurs de Bellini

III. Le Rein un Organe Endocrine

A. La Rénine
B. L'EPO
C. La Vitamine D3
D. La Prostaglandine : PGE2
E. Les Kallicréine

IV. Hormones ayant une action Rénale

I. Introduction – Rappels Anatomiques

L'appareil urinaire est constitué de 2 groupes d'organe :
→ Le Rein
→Les voies excrétrices rénales.

Il sert à réguler l'homéostasie de l'organisme → règle la constance du milieu intérieur.
L'homéostasie de l'organisme est régulée d'une part par l'appareil respiratoire (échanges gazeux) et d'autres par, par l'appareil urinaire (épuration / filtration du sang).

A. Le Rein - Point de vue anatomique :

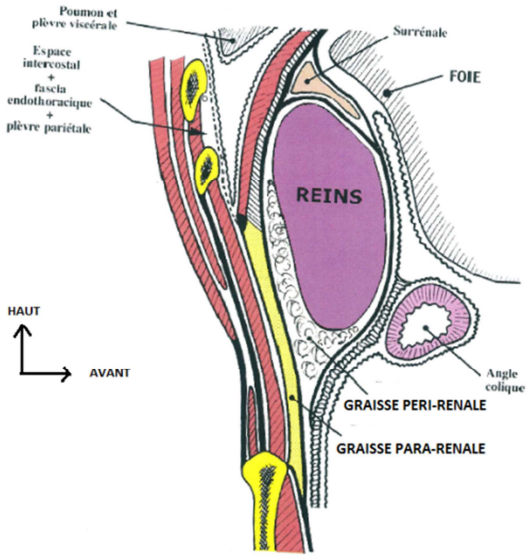
Les Reins sont en position rétro péritonéale → plaqués contre la partie supero-posterieure de la paroi abdominale.
→ Rein Droit (au niveau de L3) est plus bas que le rein Gauche car le foie est dessus.
→ Chaque rein a une forme de haricot avec une concavité regardant le plan sagittal (rappel : plan sagittal sépare la D de la G).

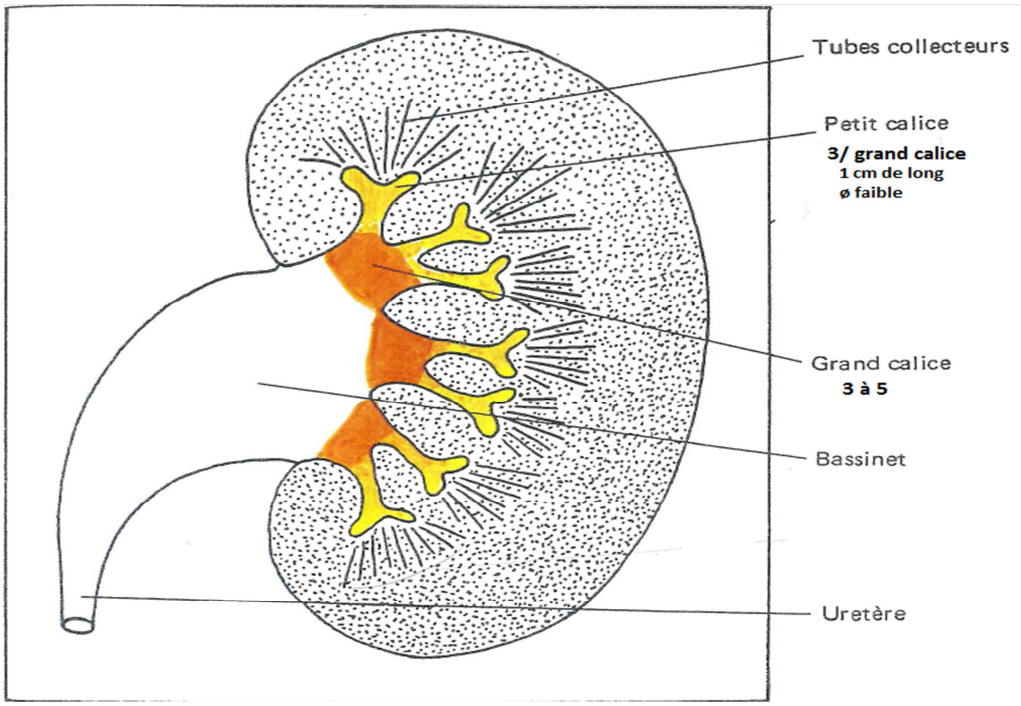
Localisation rénale :

- En Haut : Diaphragme
- Ant : Repli du péritoine
- Post : Paroi du péritoine

Les reins n'ont pas de ligaments suspenseurs, à la place ils sont entourés par une couche de graisse péri et para rénale qui va servir d'amortisseur.

Les Reins sont vascularisés par les arteres et veines rénales qui participent à l'épuration sanguine.
(Rappel : a. rénale vient de l'aorte, v. rénale se jette dans v. cave inf.)





Coupe sagittale du rein :

Le début des voies excrétrices rénales → le **Bassinet** qui se poursuit par l'uretère qui se jette dans la vessie.

Avant le bassinet on a les **grands calices** (gris foncé / rouge). Il y en a 3 à 5 qui coiffent les **petits calices** (en gris clair / jaune) On en trouve 3 petits / grand calice.

Les petits calices ont un diamètre (Ø) faible et une longueur de 1cm.Ces petits calices coiffent eux-mêmes les **pyramides de Malpigi**. (vu plus tard)

B. La Vessie

C'est un réservoir musculo Membraneux qui sert à recolter l'urine.

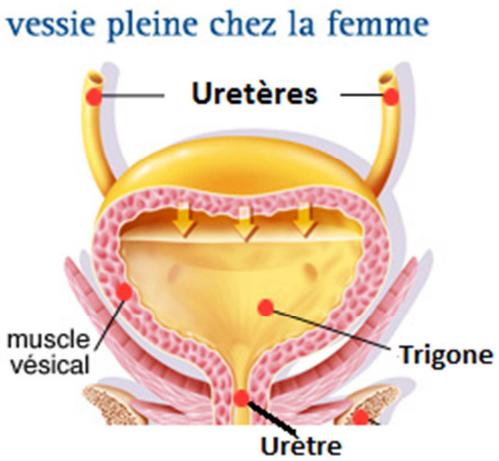
Elle a une forme de triangle à base postero-superieure. Au sommet on a les **uretères**. L'ouraque est un résidu fibreux.

Il y a une zone particulière = Le **trigone**.

La vessie se poursuit par un canal = **l'urètre**.

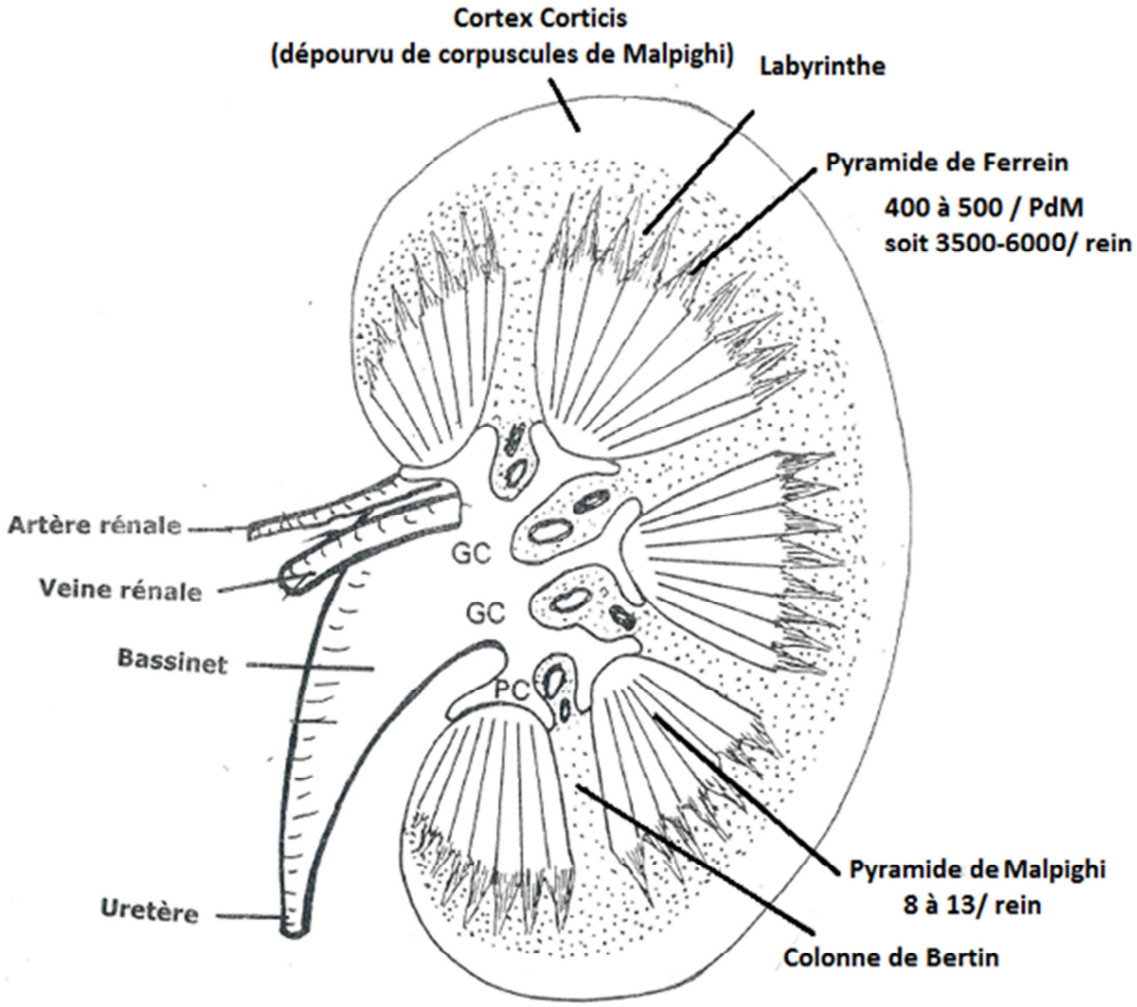
Chez l'Homme → la taille de l'urètre varie en fonction des hommes…. Mais est supérieure à celle des Femmes.

Chez la Femme → l'urètre est très court (2-3cm) → Infection urinaire (+++) chez petite fille plutôt que chez petit garçon car plus proche de la zone rénale.



II. Histologie de l'Appareil Urinaire

A. La Topographie Rénale.



On a les **Grands Calices** (3 à 5), notés GC, qui récoltent l'urine des **petits calices,** notés PC (vus précédemment). Les Petits Calices coiffent les grands Calices et sont coiffés eux-mêmes par les **Pyramides de Malpighi** (8 à 13/rein) qui apparaissent rouges foncés d'un point de vue macroscopique car elles sont très vascularisées.

Entre les Pyramides de Malpighi (PdM) on a une zone, **La colonne de Bertin** (plusieurs sur un tranche de reins)

Les PdM sont coiffées par les **Pyramides de Ferrein** (PdF) qui ont une base inversée par rapport aux PdM. Il y a ≈ 400 à 500 PdF/PdM soit ≈ 3500-6000 PdF/rein.

Le Labyrinthe est une zone qui se situe entre les PdF.
Il existe une zone périphérique, **le Cortex Corticis,** qui est une zone claire dépourvue de corpuscules de Malpighi. Au-dessus de ce Cortex ce trouve la **capsule rénale** qui est une capsule fibreuse. / !\ En condition normale, le rein se décapsule facilement, si ce n'est pas le cas cela signifie qu'il y a un problème au niveau du parenchyme.

On peut observer au début du développement rénal sur le fœtus/ l'embryon:

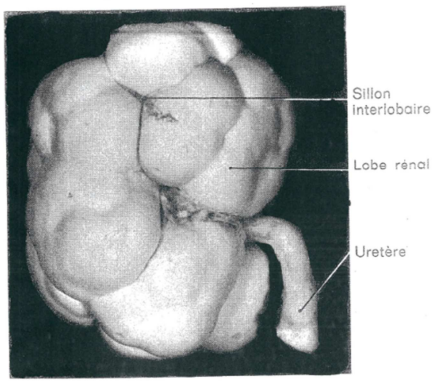
→Des Lobes rénaux (8 à 13/rein) = Lobes centrés sur une PdM.

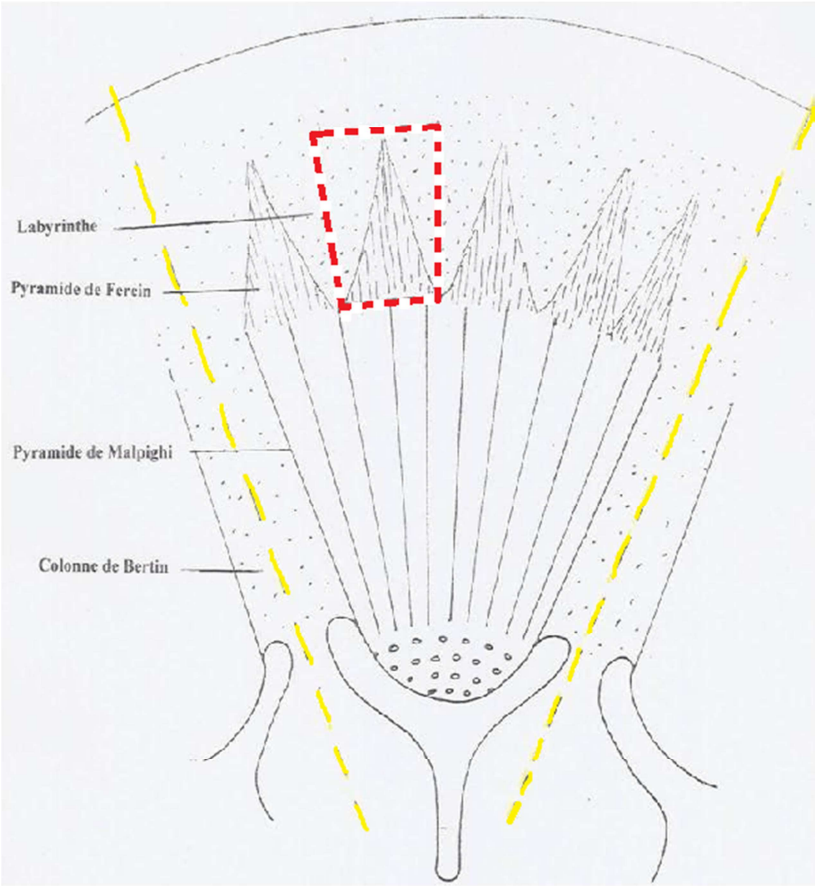
→ Des Lobules rénaux = Lobules centrés sur une PdF.

Puis disparaissent chez l'adulte.

Importants pour le chirurgien car ils permettent de faire:
-Lobéctomies
-Lobuléctomies
En fonction de ce qui atteint le parenchyme rénal.

REIN FŒTAL
(Fœtus humain de 4 mois)





• En rouge Lobule rénal (Pyramide de Ferrein)

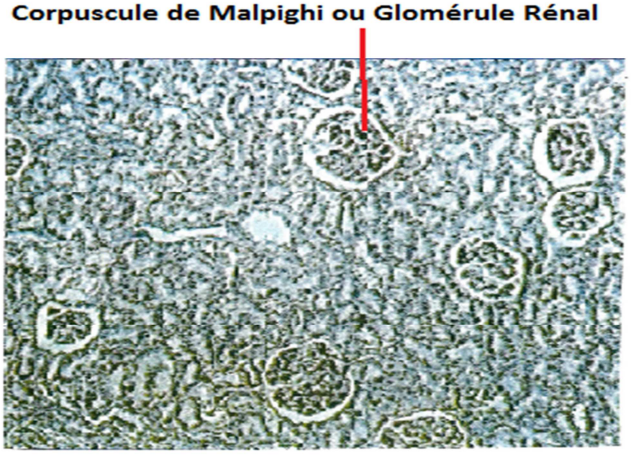
• En jaune Lobe rénal (Pyramide de Malpighi)

B. L'Histologie du Parenchyme Rénal

Rappel : Le parenchyme constitue la somme des tissus qui vont assurer la fonction propre de l'organe.

Parenchyme Rénal

Corpuscule de Malpighi ou Glomérule Rénal



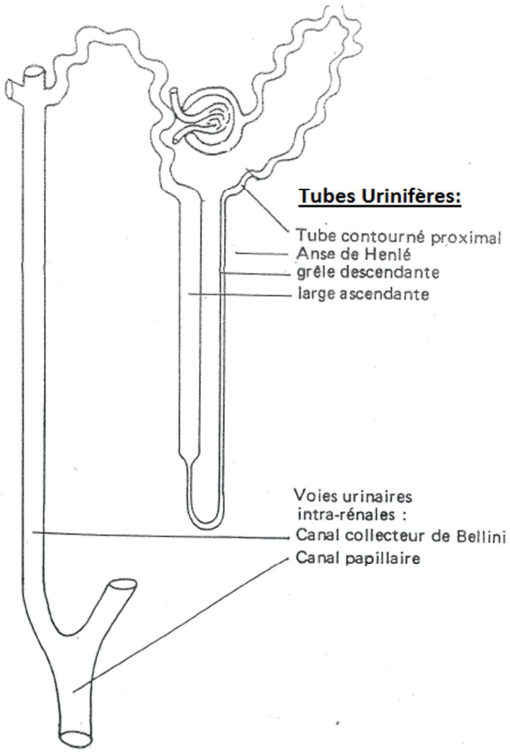
<u>Coupe du parenchyme au Microscope :</u>
On observe → des formations sphériques = **Corpuscules de Malpighi** (ou **Glomérule**). On les retrouve dans le Labyrinthe entre les PdF, dans les colonnes de Bertin entre les PdM. Il n'y en a pas dans le cortex corticis.
→ Enormément de Tubes Urinifères.

1. *Les Tubes Urinifères*

Ils sont constitués de plusieurs parties et font ≈ 5-7cm de long.

Ils commencent au niveau d'une partie sphérique (Les Corpuscules de Malpighi (CdM)) par le Tube Contourné Proximal (TCP) puis se poursuit par la Anse Grêle (descendante) et Large (ascendante) de la Anse de Henlé, le Tube Contourné Distal (TCD) et enfin les voies urinaires intra-rénales qui sont des canaux collecteurs de l'urine (le canal collecteur de Bellini et le canal Papillaire).

/ !\ En fonction de la position du CdM (dans PdF ou dans colonne de bertin) cela conditionne la longueur des tubes urinifères. Donc Logiquement, si le CdM est haut dans le parenchyme rénal on aura de longs tubes urinifères, s'il est bas les tubes seront plus courts.



2. *Le Néphron*

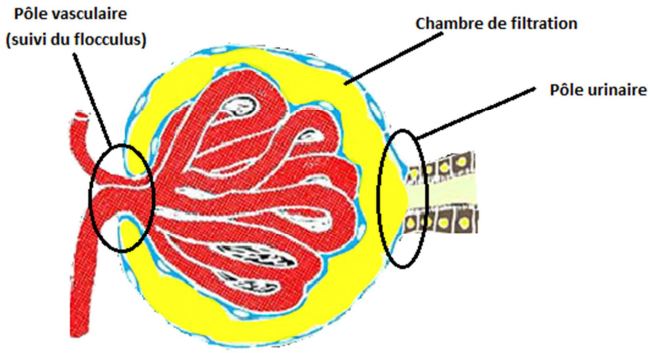
Néphron = Glomérule Rénal + Tubes Urinifères

Rappel : Il est l'unité anatomique et fonctionnelle du rein. Il y a ≈ 1 – 1.6 millions de néphron/rein c'est pourquoi on peut très bien vivre avec un seul rein.
Il est constitué de CdM, de PdF, de labyrinthes, de PdM, de colonnes de Bertin.

➢ *Le Corpuscule de Malpighi ou Glomérule Rénal:*

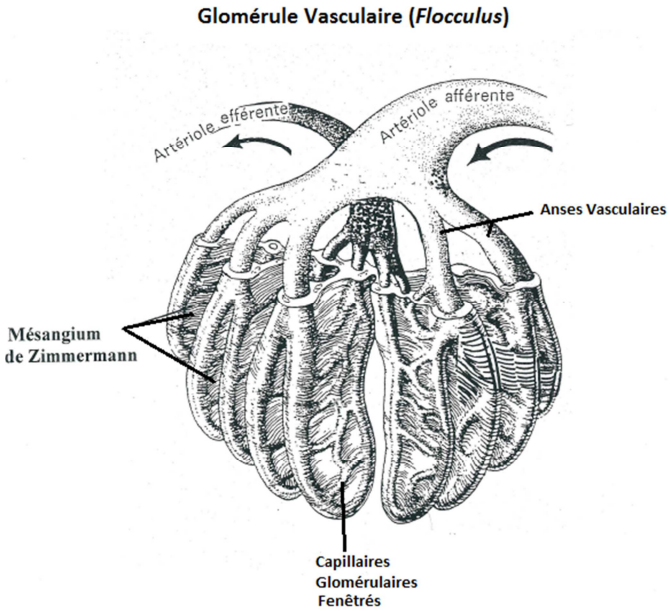
Le Glomérule est constitué de 2 pôles, le pôle vasculaire avec le flocculus, et le pôle urinaire où le sang a été filtré. Entre ces 2 pôles il y a la barrière de filtration.

Le Glomérule a un Ø de 2 dixièmes de mm donc il est visible à l'œil nu et est très vascularisé par une a. afférente (arrive) et une a. efférente (qui part).

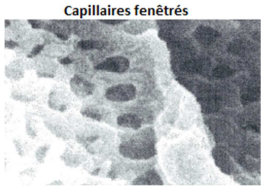


a. Le Pôle Vasculaire

Le ø de l'a. afférente est toujours > au ø de l'a. efférente car on a un système à Haute Pression qui va servir à filtrer le sang.



→ L'artériole afférente se ramifie en plusieurs anses vasculaires (≈20) qui vont
devenir des capillaires glomérulaires. Ceux-ci vont se réunir de nouveau pour donner une artériole efférente de plus faible ø.
On désigne une vascularisation entre 2 systèmes artériels comme étant : Un Système Admirable.
Le Glomérule est donc vascularisé par un système Admirable.
Un Flocculus vasculaire se forme dans ce système à haute pression.
→ Ces capillaires glomérulaires ont une particularité : ils sont fenêtrés, c'est par là que passe des molécules dont le poids moléculaire est < à 68 000 Da.

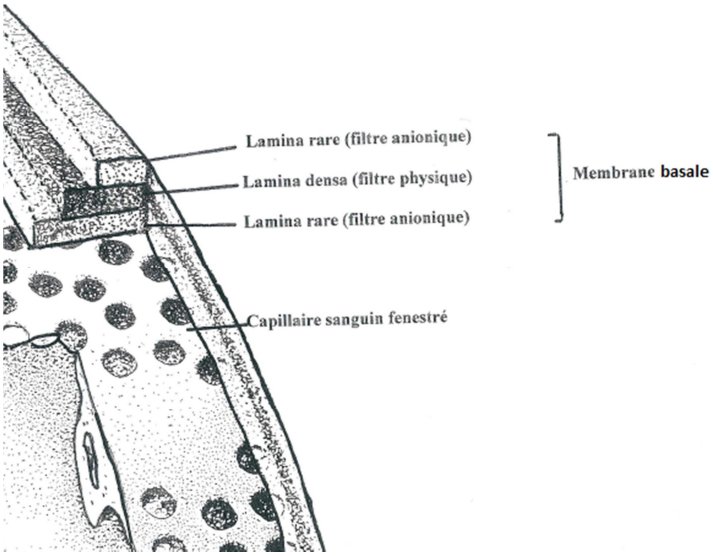


L'augmentation de taille et du nombre des cellules endothéliales est la glomérulonéphrite endocapillaire aiguë (↑Pression Artérielle et déchets azotés)

Ils reposent sur une membrane basale qui comporte 3 parties :

1 Partie Centrale : La Lamina Densa	2 autres lames : Les Lamina Rare
- Formée de collagène IV - sert de filtre physique → Ne laisse pas passer les molécules donc le poids moléculaire est > 68 000 Da. ex : Si on a un sujet diabétique, sa lame basale sera épaissie mais le sucre passera quand même car il y aura une désorganisation de la lame basale. C'est la désorganisation et non pas l'épaississement qui permettent le passage anormal de molécules.	- Entourent cette partie centrale. - rôle de filtre anionique, → retiennent les cations (molécules chargés positivement.)

→*La filtration glomérulaire est à la fois physique et électrique*.



→ Entre les anses vasculaires, on trouve un tissu conjonctif (le **Mésangium de Zimmerman**, vu sur le schéma du Flocculus) riche en fibres de réticulines et qui contient des **cellules mésangiales**. Celles-ci ont des propriétés macrophagiques car elles phagocytent les particules qui passent dans la circulation sanguine.

Dans certaines maladies auto-immunes la prolifération des cellules mésangiales s'accompagnant de dépôts de complexes immuns dans le mésangium, aboutit à une glomérulonéphrite mésangiale , qui aboutit à une compression des capillaires glomérulaires.

b. La Chambre de Filtration

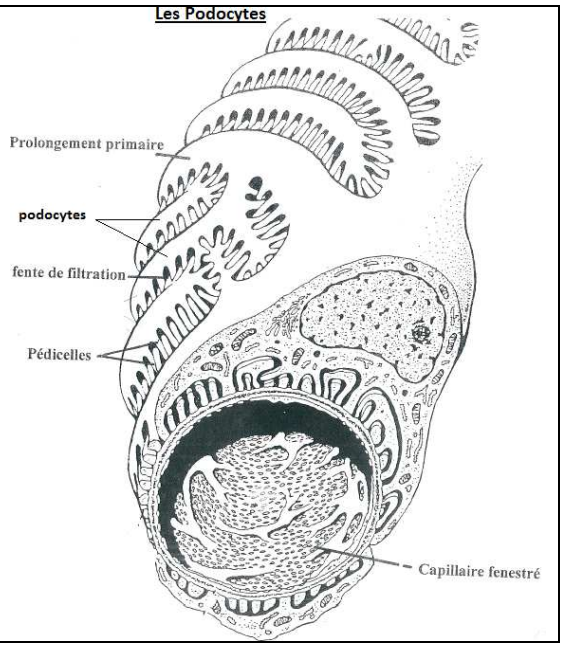
La Chambre de Filtration est bordée par 2 feuillets, un viscéral et un pariétal. Cette chambre est un espace entre les 2 feuillets qui correspond à l'espace glomérulaire.

Le Feuillet Viscéral est celui de la capsule de Bowman	Le Feuillet Pariétal
Constitué de cellules particulières → Les **Podocytes**. Les ramifications des podocytes ont une forme de pied, on les appelle les **Pédicelles**.	Constitué d'un épithélium pavimenteux simple.

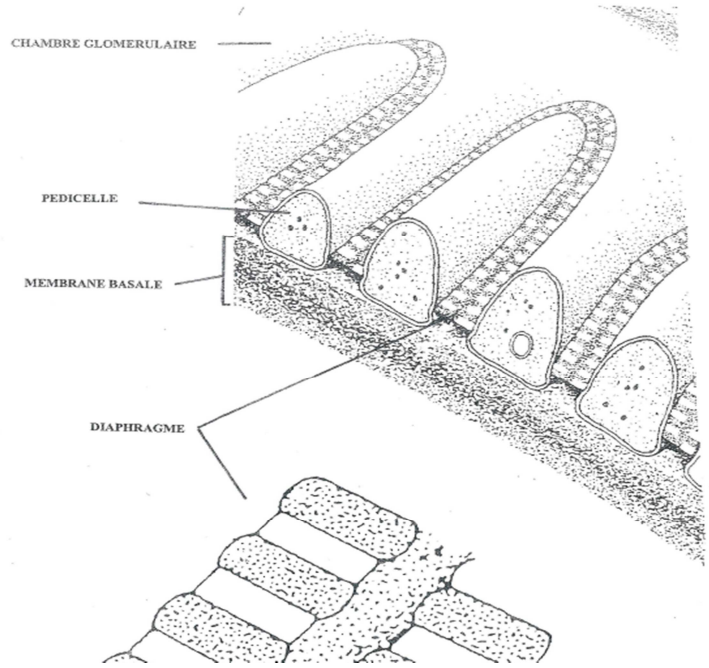
Les pédicelles :

- 1 à 2µ de long.
- Repose sur la membrane basale (vu précédemment)
- permettent une fermeture similaire à celle d'une « fermeture éclair » entre podocytes adjacents.
- doivent TOUJOURS être présents car si il n'y en a pas :
  → Glomérulonéphrite à minima (tous les éléments vont passer).
  De même si il y a trop de capillaires sanguins le sang n'est plus filtré → glomérulonéphrite endocapillaire aigüe.
- Entre les pédicelles qui « s'entrelacent » il existe un diaphragme.

Les Podocytes



BARRIERE DE FILTRATION GLOMERULAIRE

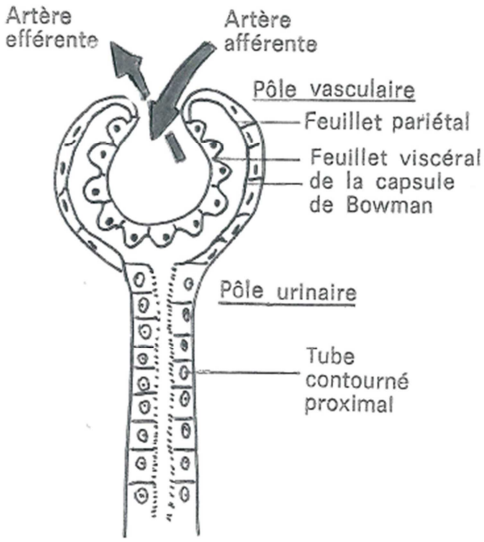


c. Le Pôle Urinaire

Feuillets de la Capsule de Bowman + Flocculus
= Corpuscule Rénal de Malpighi = glomérule rénal.

Ce Pôle est l'autre extrémité du glomérule et à ce niveau, le pôle est bordé par les 2 feuillets de la capsule de Bowman.
La lumière de la capsule de Bowman est en continuité avec la lumière du TCP.
La filtration sanguine va produire l'urine primitive.

Le Glomérule Rénal



Au Pôle vasculaire →Sang passe au niveau du glomérule → Filtration → Se retrouve au niveau du pôle urinaire.

➢ *Le Tube Proximal ou Tubes Séminifères*

La Partie Proximale du Néphron est constituée de 4 parties.

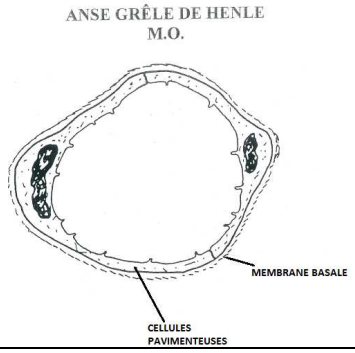
Cytologie	- Bordé de Cellules cubiques. - Cytoplasme clair, éosinophile.	Caractéristique : C'est au niveau du TCP qu'a lieu une réabsorption passive d'eau et de sels minéraux.
Partie Apicale	Microvillosités	
Partie Basale	Des striations qui correspondent à de nombreuses mitochondries. Celles-ci forment un labyrinthe basal.	

• Le Tubes Contourné Proximal

C'est par ce tube que débute le pôle urinaire. Le TCP est la partie la plus longue du néphron et mesure 14mm pour un ø de 60µ.

• L'Anse de Henlé

Elle fait suite au TCP et est constituée de 2 parties :

L'anse grêle qui est descendante	L'anse large qui est ascendante
- 12µ de ø - lumière est plus grande que celle du TCP - bordée de cellules pavimenteuses  	- 30µ de ø - La lumière est plus faible - Bordée de cellules pavimenteuses

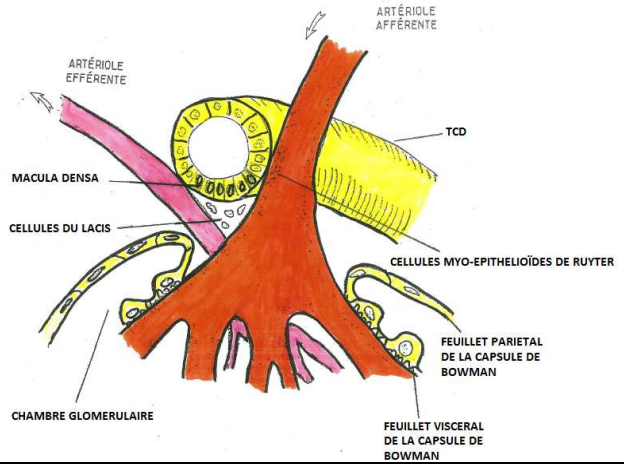
- **Le Tube Contourné Distal**

A la même histologie que l'anse large de Henlé :

TCD

- 60µ de ø
- Cellules cubiques
- Noyau sphérique
- Cytoplasme clair
- Striations basales correspondant aux mitochondries. (énormément de mito. +++)
- Absence de villosités, juste quelques élongations apicales
- Contient une formation particulière → La **Macula Densa** (= la tâche noire).
  Cette macula est formée de cellules à polarité inversée (golgi infra nucléaire) qui ont subi une différenciation et qui sont à la fois des **Chémorecepteurs** et des **Barorécepteurs** :
  ➔ Sont capable de doser la concentration en [Chlore et Sodium] du TCD

Ces cellules forment avec l'artériole afférente et efferente un espace triangulaire → **l'espace du lacis**. Les cellules de cet espace (cellules dites de **Goormaghtigh**) des propriétés macrophagiques et se continuent (un peu plus loin) avec les cellules mésangiales.

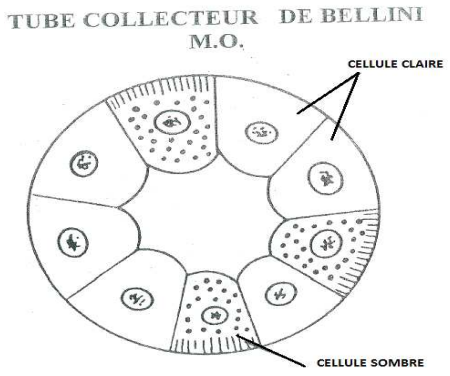


Les cellules tubulaires peuvent devenir hypoxiques si des maladies artérielles ou glomérulaires, ou un faible débit sanguin, réduisent le flux sanguin. Les systèmes enzymatiques et les pompes membranaires cessent de fonctionner, le sang se charge d'ions H+ (acidose) et de K+ (hyperkaliémie) et on a l'accumulation de métabolites azotés caractérisant l'insuffisance rénale chronique avec oligurie ou anurie.

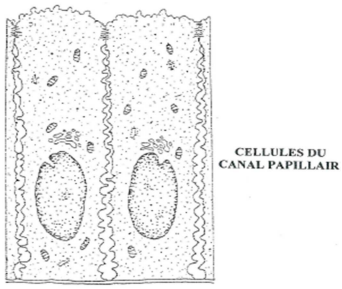
Si la cause est centrale (hypovolémie) l'eau s'accumule dans le cytosol et les cellules tubulaires dégénèrent si la cause n'est pas traitée rapidement : c'est <u>la nécrose tubulaire aiguë</u>

• **Les Voies Excrétrices Intra-Rénales : 1. Les Tubes Collecteurs de Bellini (TCB)**

Les TCD se jettent dans les TCB qui font entre 60-100µ et qui sont constitués de 2 types de cellules (vu en ME) :

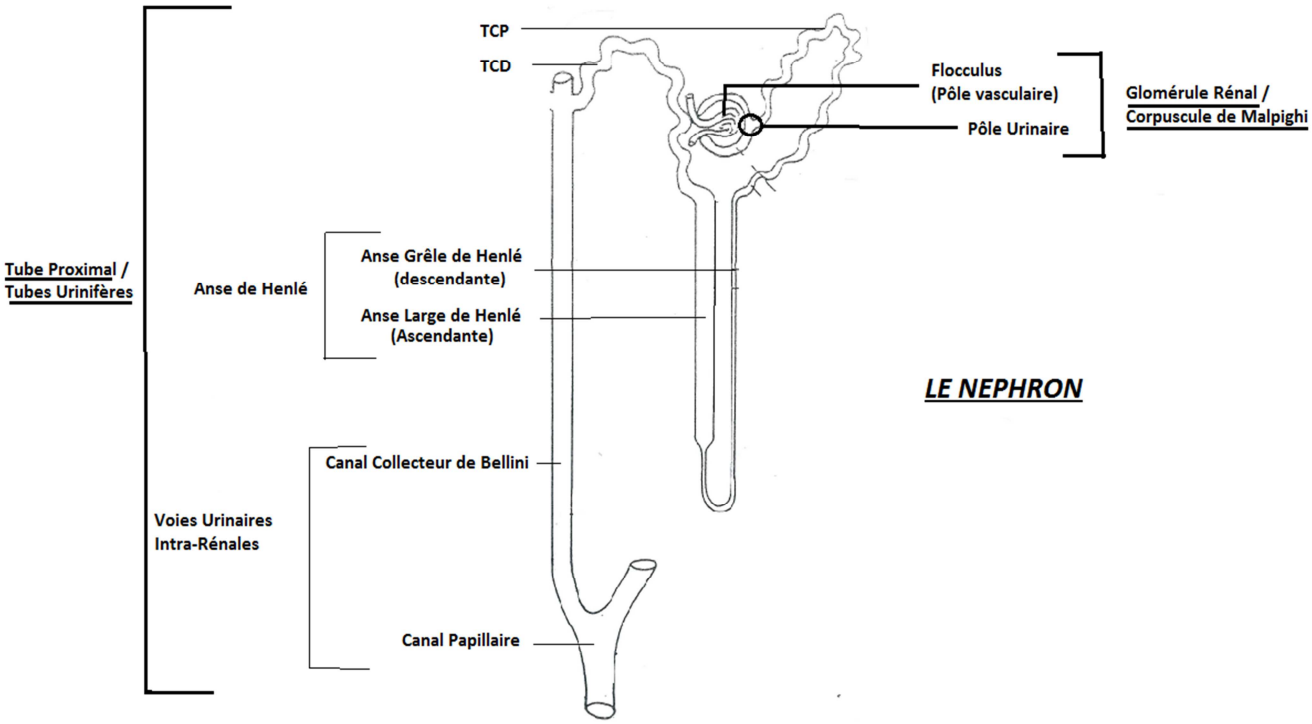
Cellules Sombres	Cellules Claires
- Elaborent des Hormones Elles ont à leur surface : - Microvillosités ou - cils	

• **Les Voies Excrétrices Intra-Rénales : 2. Les Canaux Papillaires (CP)**



Les TCB se jettent dans le CP et à ce niveau, l'urine s'écoule à une faible pression « comme dans un arrosoir ».
Sont constitués d'un épithélium cylindrique.

Schéma récapitulatif du Néphron :

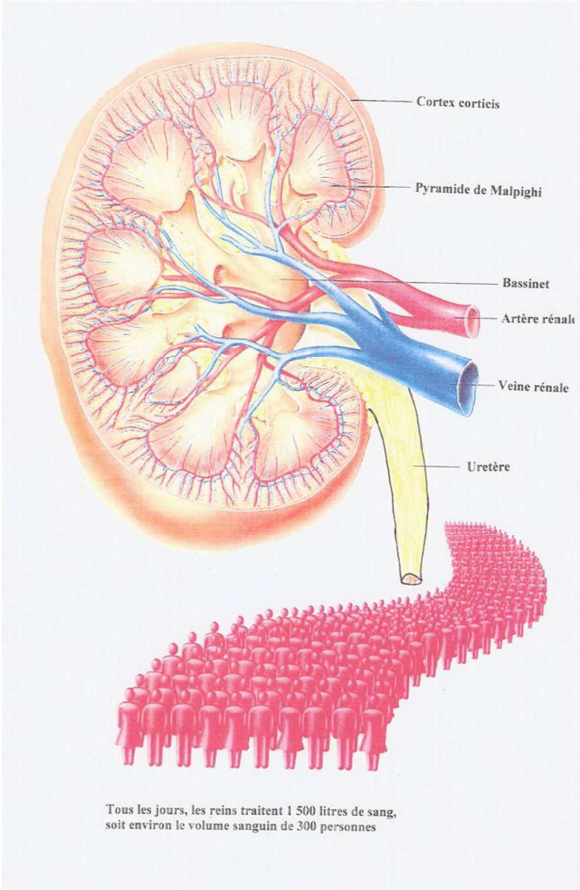


C. L'Interstitium Rénal

Le rein est TRES richement vascularisé, 1500L de sang/jour sont filtrés par le Rein.

Ce situe entre les néphrons et est composé d'un Tissu Conjonctif riche en fibres de réticulines (+++).
Ce tissu Conjonctif est constitué de fibres nerveuses amyéliniques vasoconstrictrices, des vaisseaux lymphatiques et des vaisseaux sanguins.

Dans ce petit espace il y a autant de sang que dans toute la musculature. On a une circulation fonctionnelle te une circulation métabolique.



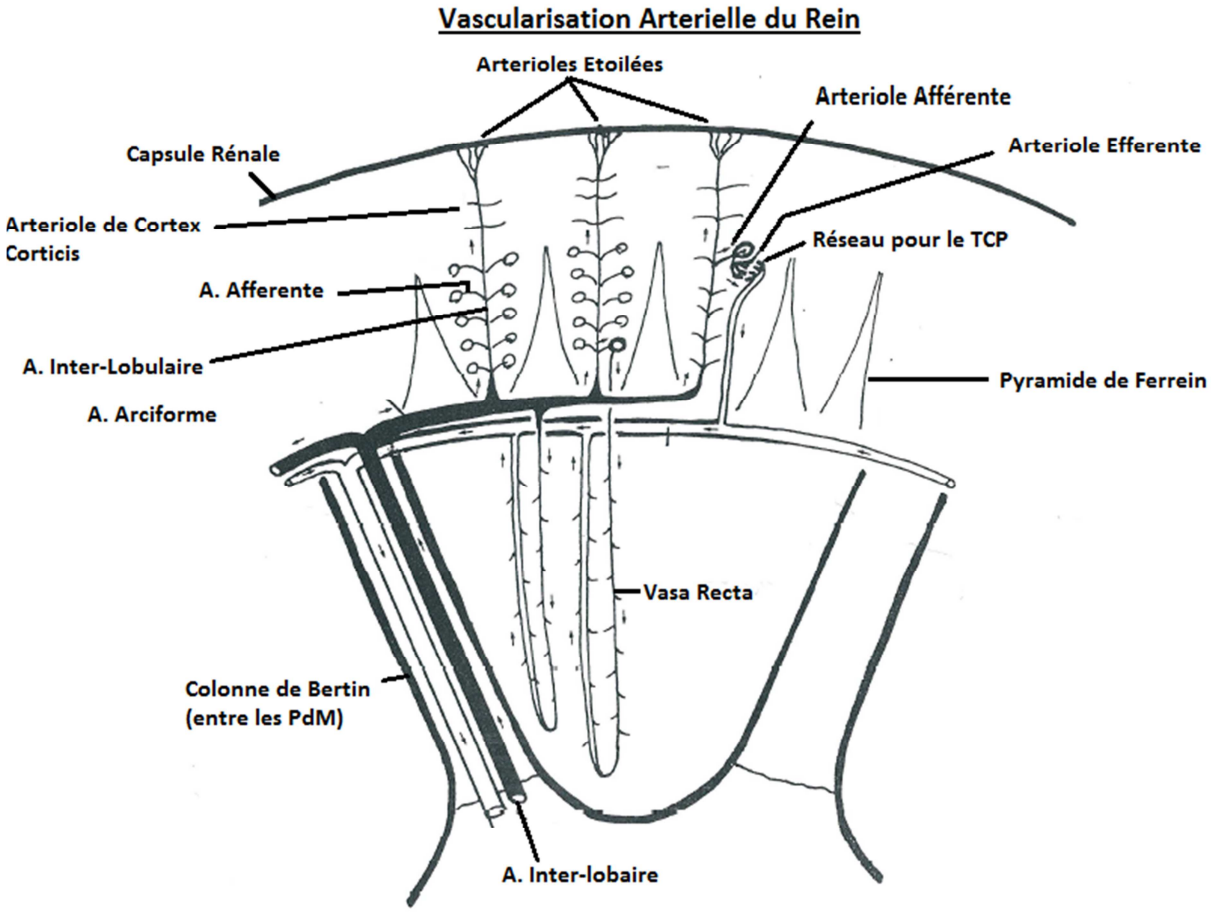
1. *La vascularisation artérielle rénale*

/ !\ L'a. arciforme n'a pas d'anastomose, c'est une a. terminale. Si elle s'oblitère → infarctus rénal → nécrose du territoire adjacent.

L'Artère rénale est issue de l'aorte, et rentre au niveau de la région hilaire du rein → donne entre les Pyramides de Malpighi une a. inter lobaire → remonte dans la colonne de Bertin → donne une a. arciforme à angle droit.

Dans le Labyrinthe (entre les PdF) l'a. Arciforme va donner des a. inter lobulaires → ces a. inter lobulaires ont différentes directions et donc différentes dénominations. On distingue donc:

Artériole afférente (va ensuite donner l'artériole efférente.)	Vasa Recta	Artérioles Etoilées
- Vont au niveau du Glomérule	- Sont des vaisseaux droits dans la médullaire rénale (correspond aux PdM) entre les tubes urinifères	- Vont au niveau de la capsule/ cortex corticis.

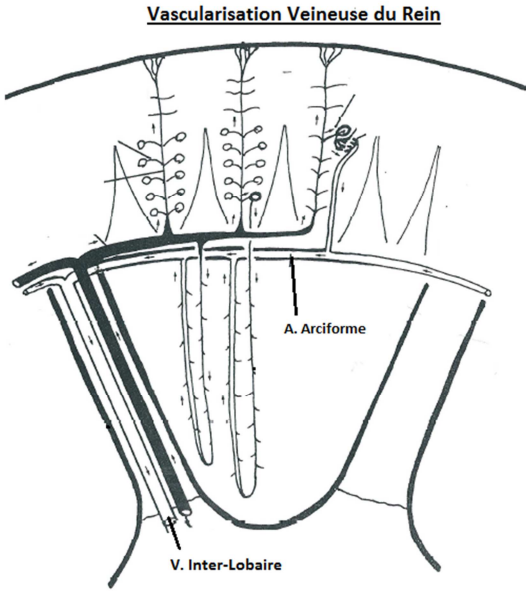


2. *La vascularisation veineuse rénale*

Elle se met en place de manière parallèle à la vascularisation artérielle.

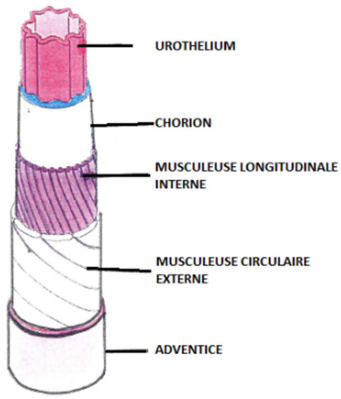
v. arciformes ont de nombreuses anastomoses (≠ des a. arciformes qui sont terminales).
Elles donnent des v. inter lobaires → se jettent dans la v. rénale → se jette dans v. cave inf.

Il existe une circulation lymphatique en parallèle



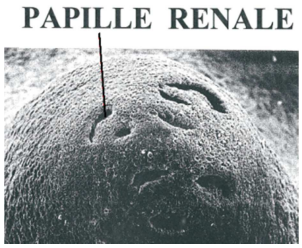
D. Les Voies Excrétrices Extra-Rénales

- *Histologie du Bas Appareil Urinaire*



• L'appareil urinaire est bordé par un epithélium spécial : l'urothélium
• L'urothélium repose sur un tissu conjonctif : le chorion
• La musculeuse est l'exacte inverse de celle du Tube Digestif. Ici le longitudinal est interne et la circulaire est externe.
• L'adventice est un tissu conjonctif qui borde l'appareil urinaire en le rattachant au tissu conjonctif adjacent.

1. Les canaux Papillaires

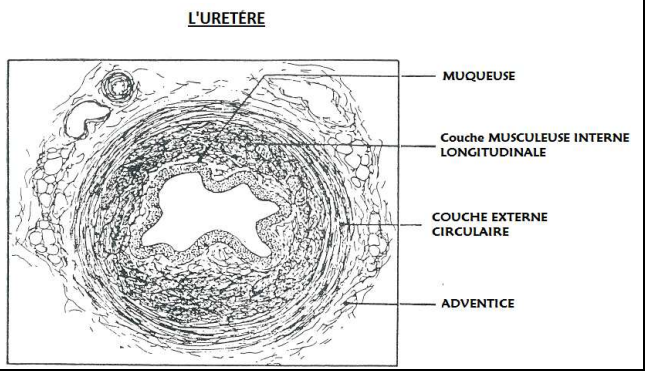


Les canaux papillaires (vus plus haut) vont faire que l'urine tombe à basse pression et s'écoule librement au niveau des petits calices à travers une aire criblée (l'area cribosa)

2. Les Uretères

L'urine est recueillie par les uretères qui mesurent 25cm, ils sont plaqués contre la paroi antéro-postérieure.

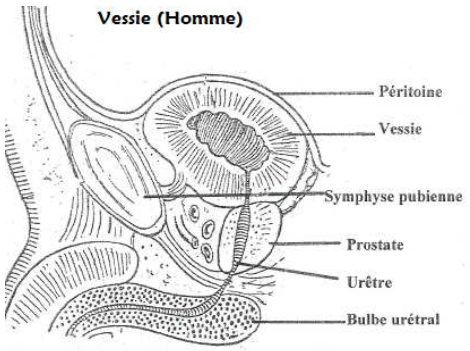
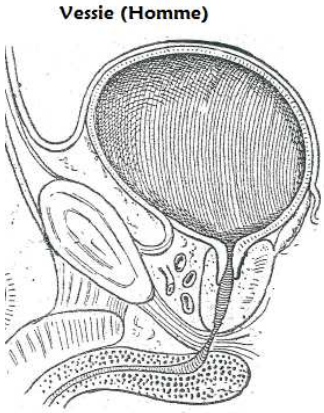
Histologie des uretères :

- Bordés par un urothélium - Un Chorion - Une musculeuse - Une longitudinale interne - Une circulaire externe -Un Adventice	

Les uretères s'abouchent à la partie supérieure de la vessie

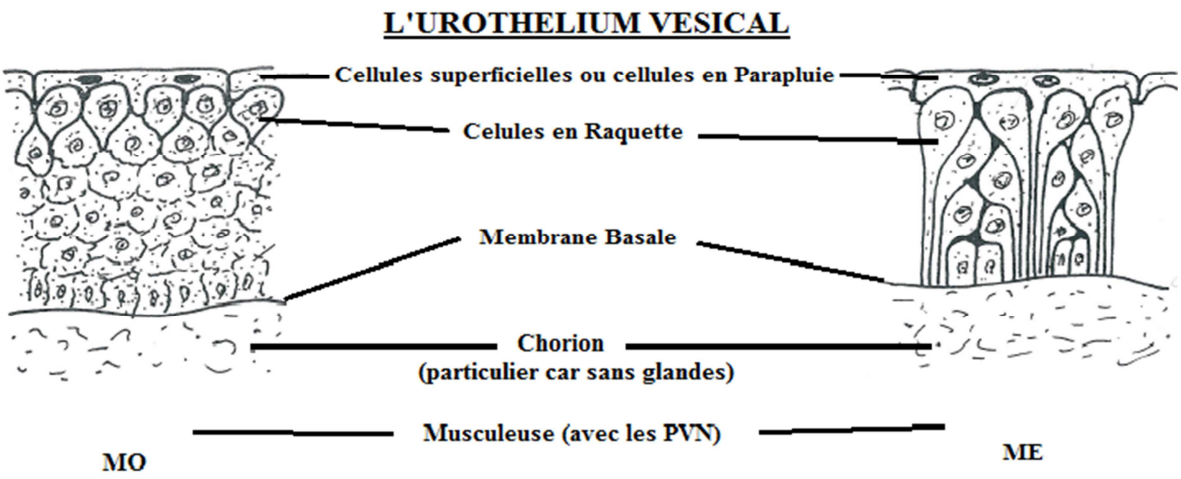
3. La Vessie

Vessie Vide	Vessie Pleine
- La vessie est pelvienne. - Il n'y a pas d'urine résiduelle, toute l'urine a quitté la vessie.	- La vessie déborde un peu au-dessus de la cavité abdominale. - Recueil l'urine et a une capacité jusqu'à 400 cm^3

/ !\ Chez l'homme il peut rester de l'urine résiduelle en cas de cancer de la prostate car cela enserre le conduit urétral.  Vide	 Pleine

Histologie vésicale :

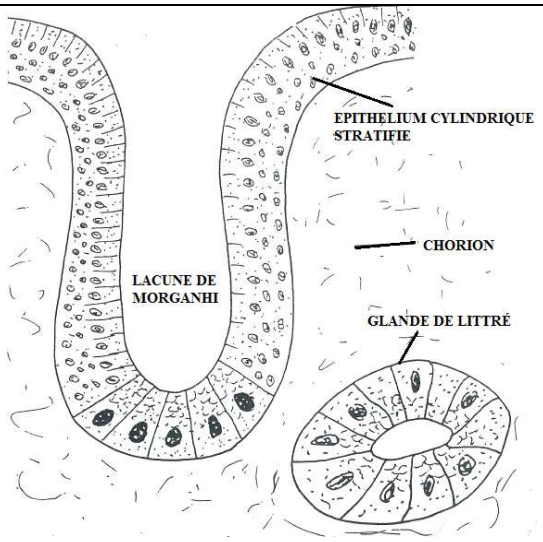
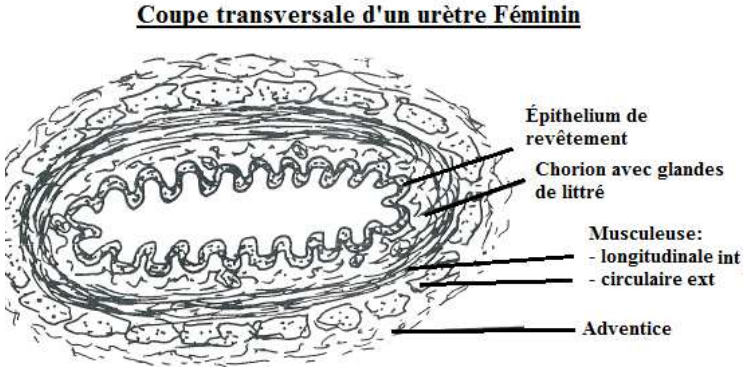
Est constituée : • d'un Urothélium		• d'un chorion vésical
- = Epithélium pseudo stratifié car TOUTES les cellules reposent sur la membrane basale. - Constitué de 2 types de cellules :		- Chorion particulier car il ne contient pas de glandes. (Or un chorion est normalement un Tissu conjonctif contenant des glandes)
Les Cellules en Parapluie	**Les Cellules en Raquette**	• d'une musculeuse
- Binucléées - Superficielles	- Absence de moyen de jonction à leur niveau (seuls moyens de jonction sont les Cellules en Parapluie) → Ce qui permet la distension urothéliale lors du remplissage de la vessie car les cellules glissent les unes sur les autre.	- Constituée de faisceaux musculaires qui constituent le muscle Detrusor. - Tissu conjonctif abondant (+++) entre les différents faisceaux musculaires. - Formations arterielles et nerveuses au sein de ce tissu conjonctif de la paroi vésicale → Forme des **pédicules vasculo-nerveux**. (PVN) - Role des PVN → quand la vessie se distend les faisceaux musculaires vont agir sur les PVN qui vont se distendre à leur tour → L'envie de miction se fait sentir.

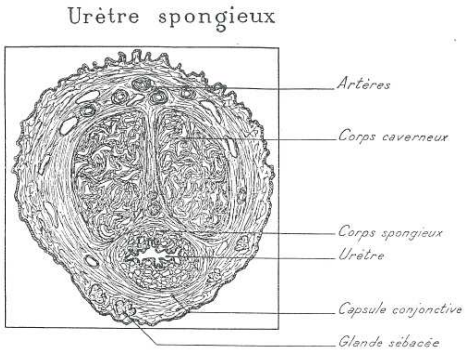


/ !\ La vessie est bordée a TOUS les niveaux par un urothélium SAUF chez la femme au niveau du trigone où on a un épithélium malpighien non kératisiné qui borde ce trigone.
Si on donne des Œstrogènes a un homme qui a un cancer de la prostate, la zone vésicale au niveau du trigone va devenir malpighienne non keratinisée.

4. L'urètre

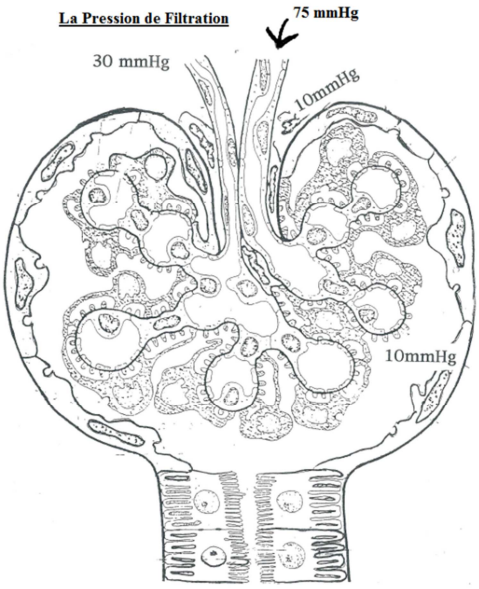
Histologie de l'urètre :

- Pas d'urothélium mais un épithélium cylindrique stratifié - Pas de différenciation apicale - L'épithélium forme des replis qui eux-mêmes forment des lacunes de Morgani - Quand ces lacunes ce regroupent dans le tissu conjonctif elles forment les glandes de Littré → Forment du mucus et lubrifient l'urètre.	
- L'urètre repose sur un chorion (qui lui contient des glandes) - Entouré par une musculeuse et un adventice	

Chez la Femme	Chez l'Homme
- Uretère plus court de quelques cm	- Urètre passe au niveau de l'appareil reproducteur (là où il y a les corps spongieux et les corps caverneux. 

E. L'Histologie Rénale

1. *La Pression de Filtration*

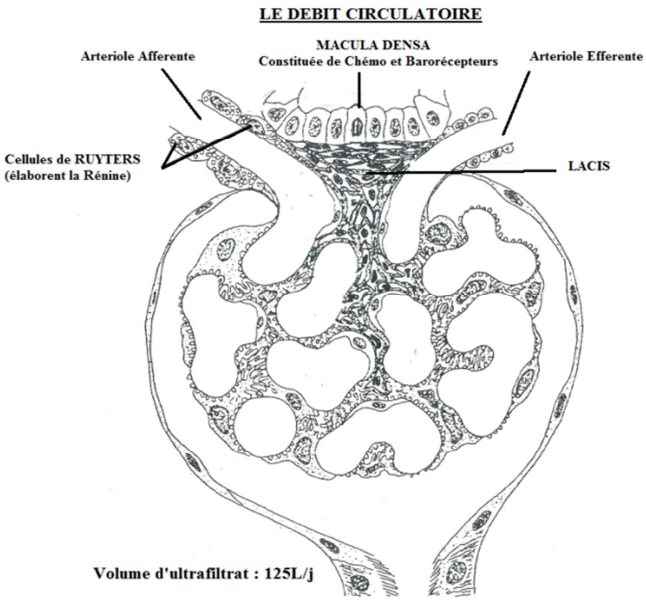


Au niveau du Flocculus on a une surface filtrante (représentée par le capillaire glomérulaire) de 1.5 à 2m2/corpuscule → Le sang passe entre les fenêtres des capillaires fenêtrés.

Rappel : On est dans un système à Haute Pression avec ø artériole afférente > ø artériole efférente. Il y existe une Pression de Filtration où la pression dans les artérioles passe de 75 mm HG à 30 mm HG.
P artériole efférente = P artériole afférente – (P chambre glomérulaire + P tissu conjonctif + P oncotique du sang) = 30 mm Hg
avec :
P artériole afférente = 75 mm Hg,
P ch. Glomérulaire = 10 mm Hg,
P ti. Conjonctif = 10 mm Hg, P oncotique du sang= 25 mm Hg

2. *Le Débit Circulatoire*

Rappel : Au niveau du TCD on a la macula densa → baro et chémorécépteurs. Ces cellules analyses [Sodium et Chlore] ainsi que la Pression dans le TCD.
Ces cellules vont donc pouvoir réguler le débit circulatoire.
Au niveau de la macula densa, l'artériole afférente est constituée de cellules PAS+ (Acid Periodic Shiff) qui sont des cellules secrétrices d'hormones (= **Cellules de Ruyter**) → Absence de limitante élastique interne à ce niveau-là.
Elles élaborent la Rénine du Rein.



a. Le TCP

Rappel : Au niveau du TCP on a :

Une réabsorption PASSIVE d'eau et de sels minéraux. → L'eau passe grâce aux microvillosités et aux mitochondries.	Une réabsorption ACTIVE de : - K+ - Aa - ac. Oxalique - glucose (seuil = 1.6g/L → s'il y en a + qui passent = glycosurie)	Les Déchets sont excrétés - déchets toxiques - médicaments non métabolisés - produits de dégradation comme l'urine
Au niveau du TCP on a un ultrafiltrat de 19L/j		

b. L'Anse de Henlé

L'Anse Grêle de Henlé	L'Anse Large de Henlé
- Perméable à l'eau et au Na+ (19L d'ultrafiltrat)	- Imperméable à l'eau - Possède des pompes à Na+

Le Vasa Recta amorce la pompe Na+/K+ de l'Anse Grêle et Large de Henlé de manière constante.

c. Le TCD

F. Réabsorption de Na+	K+ est éxrété (H+ et ions ammonium aussi)
Au niveau du TCD on a un ultrafiltrat de 125L/j	

d. Les Collecteurs de Bellini

90% de l'eau y est réabsorbée sous l'influence de l'ADH

III. Le Rein un Organe Endocrine

A. La Rénine

Cette rénine est secrétée au niveau des Cellules de Ruyter de l'artériole afférente.

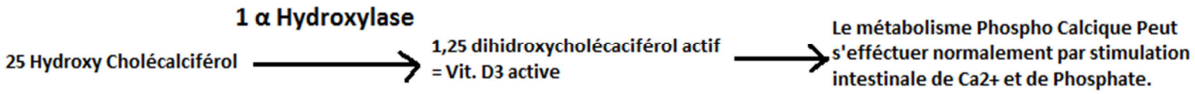
Angiotensinogène —**Rénine**→ **Angiotensine 1** → **Permet la réabsorption de Na+**

B. EPO

L'EPO est secrété au niveau des cellules du Lacis lorsqu'il y a une diminution du transport d'O2 sanguin.

Cellules Souches Moelle Osseuse —**EPO**→ **Pro éritroblaste puis en Hématie**

C. Vitamine D3

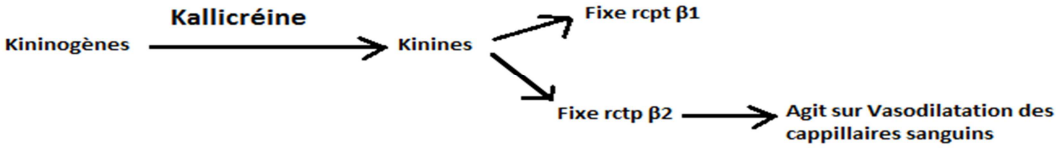


D. La Prostaglandine : PGE2

Hormone secrétée par les cellules médullaires internes et un peu par le glomérule
→ Favorise la vasodilatation des capillaires sanguins.
→ Inhibe la réabsorption de Na+

E. Les Kallicréines

Elles sont secrétées au niveau du TCD.



Il existe 2 types de Kallicréines : les Bradikinines et les Kallidines.

V. Hormones ayant une Action Rénale

L'ADH – Vasopressine	L'Aldostérone	Facteur Natriurétique Atrial	La ParaThormone (PTH)
- Secrétée par la post hypophyse. - Favorise la réabsorption d'eau. - Cette sécrétion est inhibée par le froid →on a toujours envie d'aller aux wc quand il fait froid.	- Secrétée par la partie externe de la SurRénale (la CorticoSurRénale). - Permet la réabsorption de Na+	- Secrété par les cellules de l'atrium cardiaque. - Permet l'éxcrétion de Na+ par le Rein.	- Secrétée par les paras-Thyroïdes. - Permet l'éxcrétion des Phosphate et l'Absorption de Ca2+ par le rein.

<u>Dans le diabète insipide</u>, de grands volumes d'urine sont éliminés, du fait de l'abscence d'ADH. La déshydratation fatale ne peut être évitée qu'en buvant de grandes quantités d'eau, ce qui est stimulé par la sensation de soif permanente.