

APPAREIL URINAIRE

I. Généralités

L'appareil urinaire est constitué de deux portions qui diffèrent sur les plans embryologiques morphologiques et physiologiques :

- une portion dite **glandulaire** correspondant à l'assemblage des **néphrons** auxquels sont annexés les vaisseaux;
- une portion dite **excrétrice** correspondant aux **voies excrétrices de l'urine** qui sont à la fois intra- et extra-rénales.

L'appareil urinaire assure ainsi la fonction d'**épuration du milieu intérieur** par élimination de catabolites et par synthèse de nouveaux corps. Le rein possède également une **fonction endocrine**

II. Constitution générale

Sur une coupe sagittale de rein humain non fixé, on distingue une capsule d'enveloppe ainsi que deux régions de coloration et de topographie différentes.

A- Médullaire rénale

C'est une région claire, discontinue de topographie profonde disposée en deux portions :

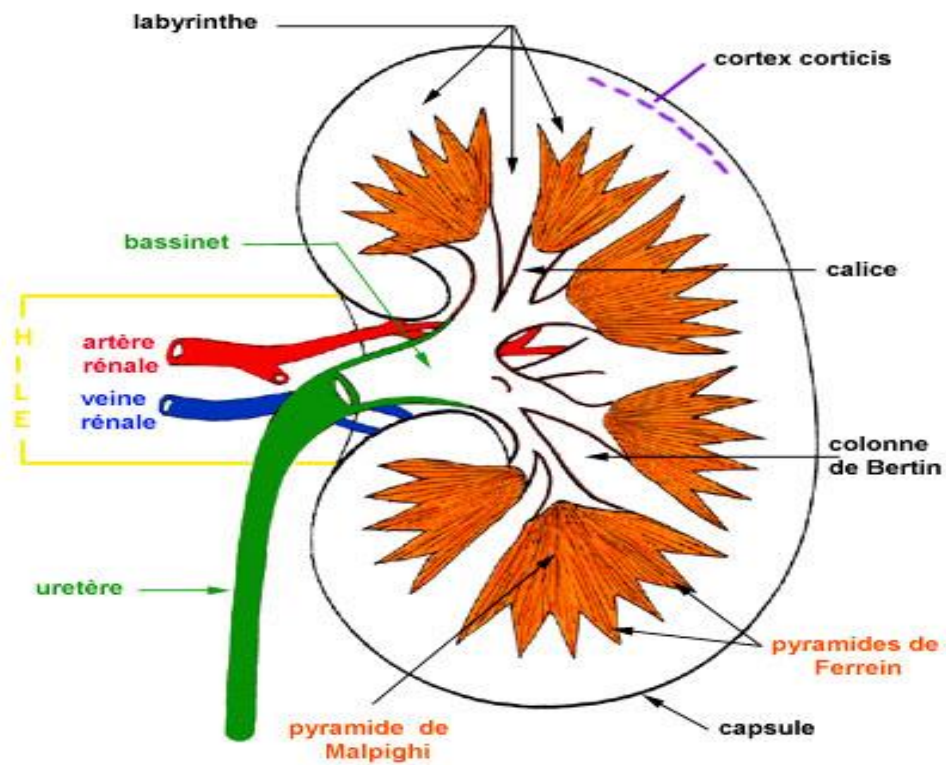
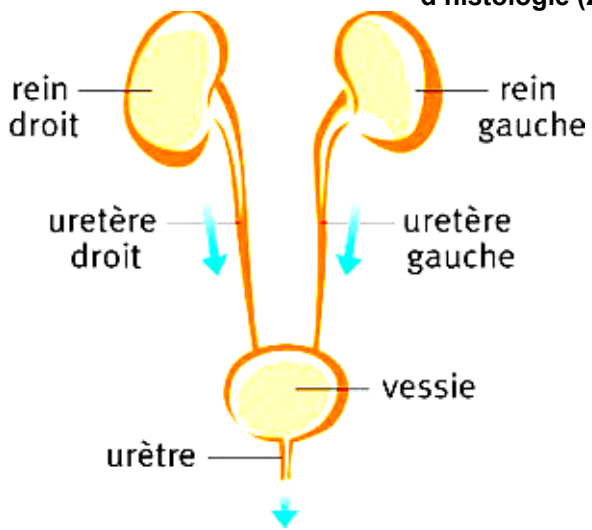
- l'une, affectant sur les coupes, l'aspect de territoires triangulaires à base externe : les **pyramides de Malpighi**.
- l'autre plus périphérique est représentée par de fins prolongements qui paraissent implantés sur la base de la pyramide. On désigne cet ensemble sous le nom d'irradiations médullaires ou encore **pyramides de Ferrein**.

B- Corticale rénale

C'est une région foncée d'allure dentelée, de topographie plus superficielle. La corticale comprend deux parties :

- l'une périphérique, située en dehors et entre les pyramides de Ferrein : le **labyrinthe rénal**. Sa portion superficielle se nomme **cortex corticis**.
- l'autre agencée en rayons de roues convergeant vers le hile du rein. Il s'agit des **colonnes de Bertin** séparant les pyramides de Malpighi

Le hile du rein est occupé par une partie des voies excrétrices. Les **petits calices**, répondant chacun à une pyramide de Malpighi, forment par leur groupement les **grands calices**. Ces derniers se réunissent pour constituer le **bassinnet**.

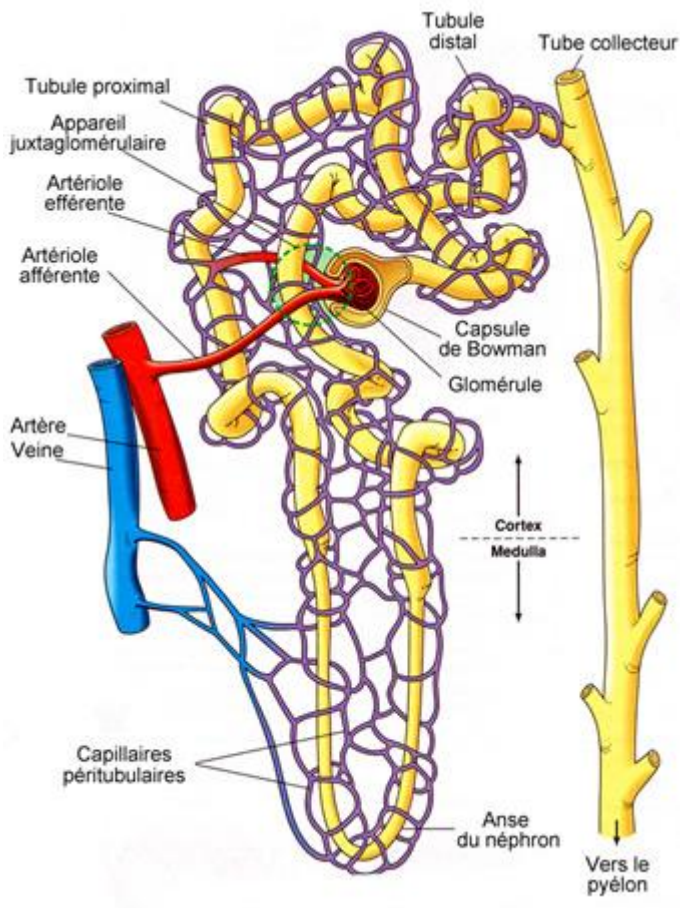


III. Tube urinaire

D'une longueur totale de 50 à 55 mm, il est improprement appelé **tube urinifère**. On peut le diviser en 5 portions principales auxquelles l'on rajoute deux segments intermédiaires.

Du point de vue embryologique, alors que la dernière portion (**tube de Bellini**) est un dérivé Wolffien, le segment dérivé du blastème : le segment rénal, lui, est désigné sous le nom de **néphron**.

Le nom de **tube urinaire** est donné à l'ensemble "néphron - tube de Bellini".



Les diverses parties du tube du tube urinaire sont les suivantes :

- Glomérule rénal
- Tube contourné proximal
- *Tube de Schachowa*
- Anse de Henlé
- Tube contourné distal
- *Canal d'union*
- Tube de Bellini

Notons que le néphron représente **l'unité** embryologique, morphologique et fonctionnelle du rein.

A- Le glomérule rénal ou glomérule de Malpighi

C'est une vésicule sphérique de diamètre variable (175 à 200 micromètres) comprenant deux parties :

- la capsule de Bowman et
- le peloton vasculaire.

Chaque rein contient environ (1300000) glomérules.

1) La capsule de Bowman

Il s'agit de la paroi de la sphère. Elle comporte un **feuillet pariétal** externe et un **feuillet viscéral** interne.

a. Le feuillet pariétal ou externe

Il est constitué par un épithélium pavimenteux simple doublé d'une membrane PAS +. A un pôle de la capsule, le feuillet pariétal se continue directement avec le tube contourné : c'est le **pôle urinaire** du glomérule. A l'autre pôle, le feuillet pariétal se réfléchit sur le feuillet viscéral.

b. Le feuillet viscéral ou interne

Ce feuillet est constitué par un revêtement cellulaire particulier d'aspect fenêtré. Le pôle où il se raccorde au feuillet externe correspond au point de pénétration des vaisseaux d'où le nom de **pôle vasculaire**.

La microscopie électronique : a permis de reconnaître le caractère particulier des cellules de revêtement épithélial, désignées sous le nom de podocytes. Leurs corps cellulaires présentent une membrane cytoplasmique régulière dépourvue de microvillosités et qui émet de nombreux prolongements espacés : ce sont les processus majeurs qui s'étendent toujours à distance de la membrane basale des capillaires. Ces processus sont parcourus à leur face profonde par une multitude de fines expansions : les processus mineurs ou pédicelles. Un podocyte peut être en rapport, par ses prolongements, avec deux capillaires voisins. Enfin, Le cytoplasme des podocytes renferme de nombreux organites cellulaires et des vacuoles de pinocytose dans les pédicelles, traduisant le rôle actif des podocytes dans le remaniement du filtrat glomérulaire.

2) Le peloton vasculaire

Une **artériole afférente glomérulaire**, de 50 μm de diamètre, aborde le glomérule au pôle vasculaire et se divise en 5 à 6 rameaux dits **branches basales** et atteignant 20 à 30 μm de diamètre.

Chaque branche basale définit un **lobule glomérulaire**. Les capillaires se réunissent pour former les rameaux d'origine d'une **artère efférente glomérulaire** réalisant ainsi un **système porte artériel**.

L'endothélium est percé d'orifices de diamètre variant entre 0,05 et 0,1 μm : les **pores endothéliaux**. La membrane basale est PAS +.

La microscopie électronique a décrit un troisième type de cellules glomérulaires en dehors des cellules endothéliales et des podocytes appelées **cellules mésangiales**. Ces cellules occupent l'espace délimité par les capillaires d'un lobule glomérulaire, espace appelé **région Centro-lobulaire**.

Ces cellules inter capillaires se reconnaissent par leur position : elles se trouvent entre les anses capillaires et sont séparées de la lumière du capillaire par le cytoplasme des cellules endothéliales.

Entre les cellules mésangiales et les cellules endothéliales, il n'y a pas de membrane basale. Ces cellules sont séparées par des espaces appelés **canaux intercapillaires**, la lumière des canaux étant occupée par une **matrice mésangiale**.

B- Tube contourné proximal

C'est le segment le plus long du néphron. Il fait suite au pôle urinaire; la région de transition est dite collet du tube. Sa largeur est de 40 à 60 μm .

1) En microscopie optique

Sur une coupe transversale, il apparaît constitué de 5 à 6 cellules d'aspect pyramidal à noyau clair entourées d'une membrane basale PAS+ avec un appareil de Golgi supra nucléaire :

- Au pôle basal : l'hématoxyline ferrique met en évidence des mitochondries selon le grand axe de la cellule : ce sont les **bâtonnets de Heidenhain**.
- Au pôle apical : il existe une différenciation de la membrane plasmique dite bordure en brosse de 3 μm d'épaisseur. Cette portion présente une intense activité phosphomonoestérasique PAS+ (phosphatase alcaline).

2) En microscopie électronique

On note la présence de particularités ultra structurales. La bordure en brosse est constituée par des digitations cytoplasmiques de 1 à 1,5 μm de long et de 400 à 800 \AA de large. De la base des dépressions situées entre deux digitations de la bordure en brosse partent des canalicules s'étendant plus ou moins dans le cytoplasme.

Le pôle basal se caractérise par la disposition de la membrane cytoplasmique qui s'invagine profondément. Sur les coupes se délimitent ainsi d'étroits territoires cytoplasmiques où sont logées de longues mitochondries contenant des granulations osmiophiles.

Le cytoplasme contient : un appareil de Golgi, ribosomes, réticulum endoplasmique peu développé, vacuoles en communication avec les canalicules superficiels.

C- Anse de Henlé

Ce segment n'existe pas dans tous les néphrons; certains **néphrons** superficiels dits **corticaux** en sont dépourvus. L'anse de Henlé comprend une branche grêle et une branche épaisse.

1) La branche grêle

Le diamètre se réduit à son niveau à 12 à 15 μm . Une membrane basale entoure des cellules très aplaties avec des noyaux faisant saillie dans la lumière. Sur une coupe transversale, on voit 2 ou 3 noyaux de ces cellules endothéliiformes.

La microscopie électronique a révélé peu d'organites.

2) La branche épaisse

Elle fait suite au segment grêle et a la même constitution histologique que le segment suivant. Son diamètre passe à 30 ou 40 μm .

D- Tube contourné distal ou 2^{ème} tube

Moins long, moins large, moins contourné que le tube proximal, il comporte (coupé en oblique) de 5 à 10 cellules. Elles sont hautes, possèdent un noyau volumineux et sont entourées par une membrane basale nette.

On note les particularités suivantes :

- pas d'enclaves intra cytoplasmiques;
- pas de bordures en brosse;
- les bâtonnets du pôle basal sont moins développés;
- appareil de Golgi plus développé que dans les cellules du tube contourné proximal;
- cadres de fermeture;

E- Tube de Bellini ou collecteur

1) En microscope optique

L'aspect varie avec la technique d'étude :

- En technique ordinaire, ces voies ont une structure généralement simple : **épithélium cubique** à l'origine puis cylindrique dans les canaux papillaires. On note un aspect clair des cellules, avec une membrane basale nette ainsi qu'une condensation cytoplasmique superficielle.
- En techniques spéciales : deux types de cellules ont été mis en évidence :
 - des cellules **claires** nombreuses;
 - des cellules **sombres** ou cellules intercalaires métachromatiques et autofluorescentes.

2) La microscopie électronique

Elle montre que les cellules claires sont pauvres en organites et que les cellules sombres possèdent des plissements rappelant ceux des tubes contournés avec un cytoplasme renfermant d'abondants organites.

IV. Vascularisation rénale :

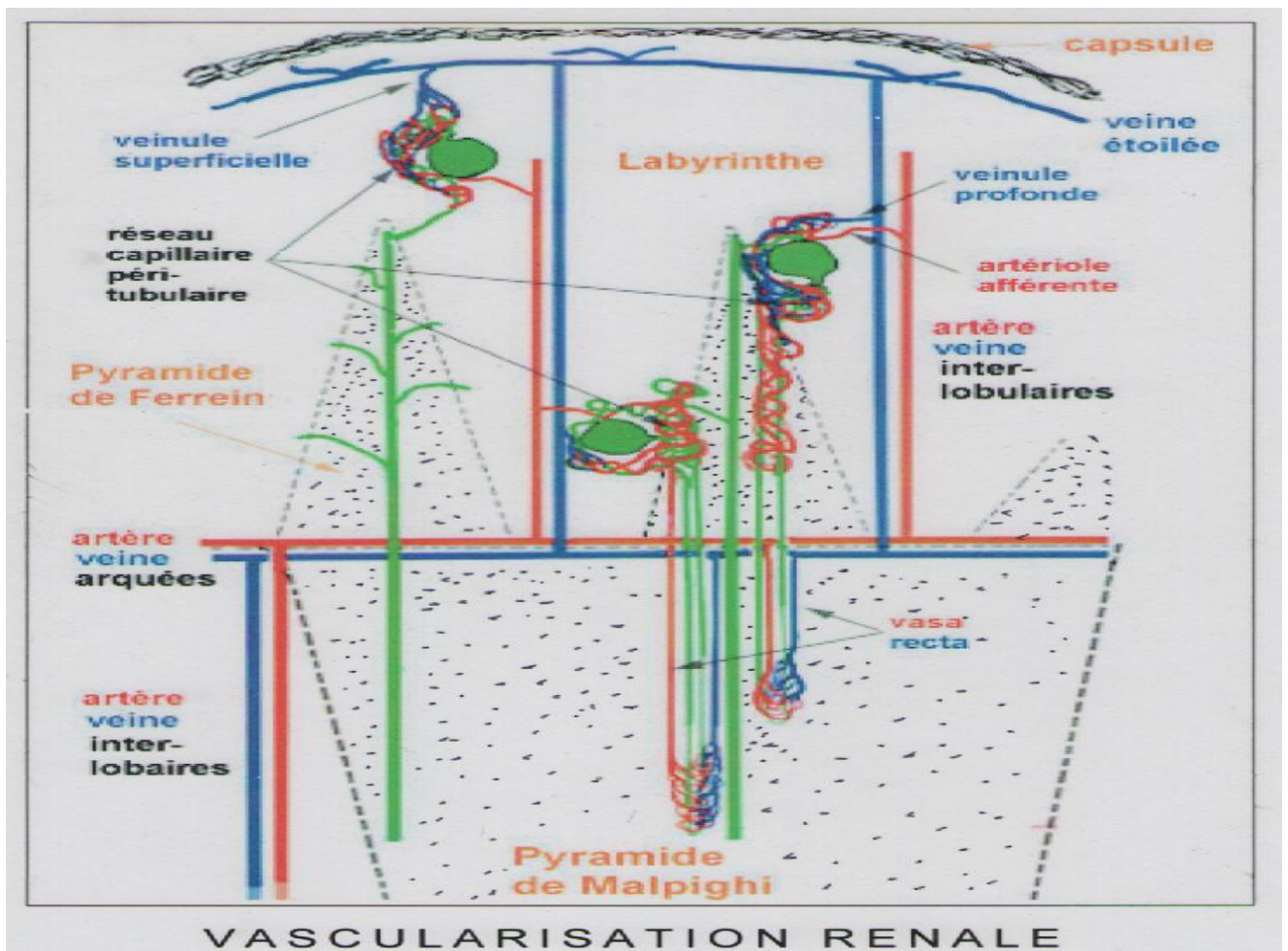
Le sang arrive dans le rein au niveau du hile par l'artère rénale qui se divise en artères inter lobaires qui cheminent dans les colonnes de Bertin jusqu'à la base des pyramides de Malpighi ou elles se divisent latéralement en artères arquées (arciformes)

Les artères arquées donnent de nombreuses artères inter lobulaires(ou radiées) qui cheminent verticalement dans la corticale entre les pyramides de ferrein.de ces artères radiées naissent les artères afférentes qui abordent les glomérules de Malpighi par leur pole vasculaire formant les réseaux capillaires glomérulaires d'où émergent les artères efférentes

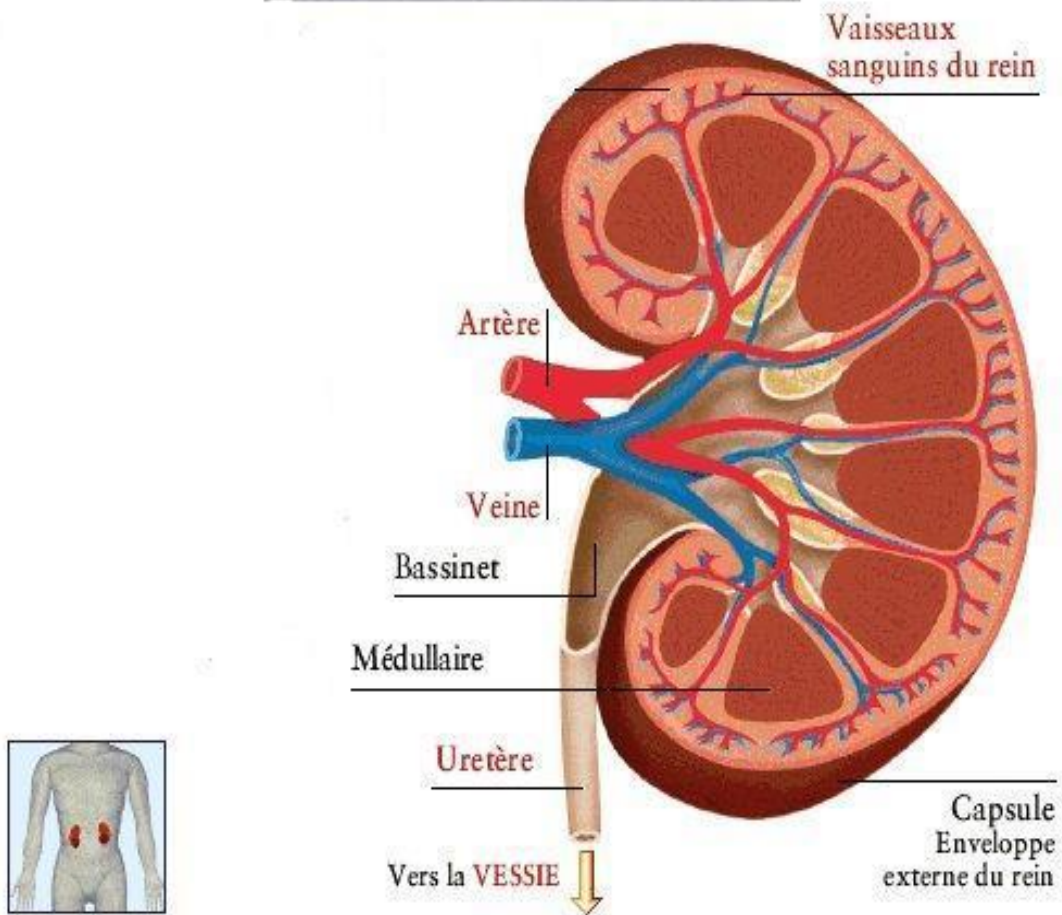
Les artères efférentes des glomérules juxta glomérulaires forment les vaisseaux droits ou vasa recta qui pénètrent profondément la médullaire rénale

- le retour veineux est calqué sur la circulation artérielle, les veines inerlobulaires drainent le sang des veines étoilées et les veinules corticales profondes, elles se jettent ensuite dans les veines arquées qui reçoivent aussi les veines droites (vasa recta).

Les veines arquées convergent vers les veines interlobaires puis la veine renale.



ANATOMIE DU REIN



V. Histophysiologie rénale

Le rein présente une double fonction :

- formation de l'urine;
- fonction endocrine.

A- Formation de l'urine définitive

Elle se fait par un double mécanisme de filtration glomérulaire et de réabsorption et sécrétion tubulaires.

1) Filtration glomérulaire

Elle se fait à partir du plasma sanguin à travers un filtre représenté par :

- l'endothélium vasculaire;
- la membrane basale;
- la membrane qui s'étend entre les pieds des podocytes (diaphragme).

2) Réabsorptions et sécrétion tubulaires

a. Tube contourné proximal

On note :

- La **réabsorption** : de 85% de l'eau et Na⁺, 90% de potassium, des protéines (pinocytose) et de la totalité du glucose;
- La **détoxification de l'organisme** : de composés médicamenteux, sels biliaires, acides gras, prostaglandines, catécholamines et créatinine.

b. l'anse de Henlé

- Au niveau de la branche descendante grêle : l'eau et Na⁺ diffusent librement.
- La branche ascendante : est large et **imperméable à l'eau**. En remontant dans la branche large, l'urine devient hypotonique alors que le milieu interstitiel est hypertonique.

c. Tube contourné distal

Il est sensible à la sécrétion de l'aldostérone (**hormone secrété par la zone glomérulée de la cortico surrénale**) qui provoque une réabsorption de sodium et une excrétion de potassium (et dont la synthèse est modulée par le système rénine angiotensine, la kaliémie, la natrémie et l'ACTH). A ce niveau, on assiste également à l'excrétion d'ions H⁺ et d'ammoniaque qui participent à l'équilibre acido-basique.

d. Tube collecteur

Sa perméabilité à l'eau est sensible à l'ADH (**hormone antidiurétique secrétée par la neuro-hypophyse**). En présence d'ADH, les cellules sont perméables à l'eau qui passe dans l'interstitium, ce qui entraîne la formation d'une urine hypertonique. En l'absence d'ADH les urines sont hypotoniques.

B- Sécrétion endocrine :

Il s'agit de la sécrétion de :

- **la rénine** : par les cellules myoépithéliales de l'artère afférente. La rénine agit sur l'**angiotensinogène** qu'elle transforme en **angiotensine I**. Celui ci est transformé par une enzyme de conversion en **angiotensine II** : **agent vasoconstricteur** et qui **stimule la sécrétion de l'aldostérone**.
- **Prostaglandines**
- **Erythropoïétine** (qui **stimule la fabrication les hématies au sein de la moelle osseuse hématopoïétique**)
- **1,25 Hydroxycholecalciférol** : par hydroxylation de la vitamine D3.(forme active de la vitamine D3)

VI. Appareil juxta-glomérulaire

A- Définition

L'appareil juxta-glomérulaire est formé par l'association au pôle vasculaire du corpuscule :

- d'une part : des **artères afférente et efférente** au glomérule,
- d'autre part : d'une portion du tube contourné distal : la **macula densa**.

Une zone grossièrement triangulaire est ainsi délimitée : le **lacis**.

B- Structure

L'appareil juxta-glomérulaire intervient dans la synthèse de la rénine. Cette fonction est assurée sur le plan cellulaire, par une coopération très étroite:

- des **cellules myoépithélioïdes** de l'artère afférente,
- des **cellules de la macula densa**;
- ainsi que des **cellules du lacis**.

1) Cellules myo-épithélioïdes

A quelque distance du glomérule, l'artère afférente montre des modifications structurales. Au niveau de sa média, les cellules musculaires lisses habituelles sont remplacées (différenciation) par des **cellules arrondies, épithélioïdes**, possédant à la fois les **caractères** :

- **des cellules glandulaires** : ergastoplasme abondant, appareil de Golgi bien développé, grains de sécrétion glycoprotéiques arrondis ou ovalaires entourés par une membrane (en résumé, développement de tous les organites impliqués dans l'élaboration);
- **des cellules musculaires** : présence de myofilaments.

D'où le nom de **cellules myo-épithélioïdes**. Ce sont elles qui sont responsables de la **sécrétion de rénine**, enzyme protéolytique.

2) Cellules du lacis

Elles sont :

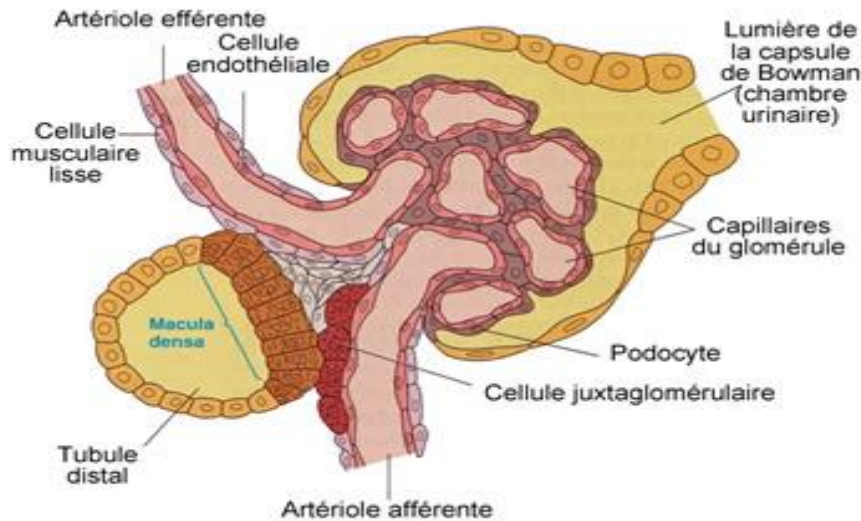
- situées dans l'espace triangulaire compris entre l'artère afférente, l'artère efférente et le tube contourné distal;
- disposées en pile et séparées les unes des autres par une lame basale;
- allongées avec des prolongements importants, pauvres en organites : semblables aux cellules mésangiales avec lesquelles elles sont en continuité au niveau du pôle vasculaire du glomérule.

3) Macula densa

C'est la région du tube contourné distal qui repose par l'intermédiaire de sa lame basale sur les cellules myo-épithélioïdes de l'artère afférente.

A ce niveau, les cellules de la paroi du tube contourné distal :

- deviennent plus hautes et plus étroites;
- possèdent fréquemment des microvillosités apicales;
- ont un appareil de Golgi en position infranucléaire et non pas supranucléaire;
- présentent des faces latérales irrégulières, séparés par des espaces intercellulaires relativement importants : l'urine entre alors en contact avec la lame basale du tube contourné distal.



C- Histophysiologie

Les cellules myoépithélioïdes possèdent des **barorécepteurs** sensibles à la chute de la pression sanguine dans l'artère afférente au glomérule. Dans ce cas, il se produit :

- libération de rénine dans le sang de l'artère afférente;
- transformation par la rénine de l'angiotensinogène (polypeptide présent dans le plasma sanguin d'origine hépatique) en angiotensine I;
- transformation de l'**angiotensine I** en **angiotensine II** grâce à l'**enzyme de conversion** de l'angiotensine. Comme nous l'avons vu précédemment, l'angiotensine II possède deux propriétés majeures :
 - c'est un vasoconstricteur puissant;
 - il stimule la sécrétion d'aldostérone : hormone sécrétée par la corticosurrénale et dont l'action principale (rétention hydro sodée) s'exerce au niveau du tube contourné distal.

Ces deux actions aboutissent à une élévation de la pression artérielle.

La macula densa est considérée comme un **chémorécepteur** sensible à la concentration sodée de l'urine tubulaire, ce qui déterminerait la libération de rénine par les cellules myoépithélioïdes.

VII. Voies urinaires

A- Généralités

Anatomiquement, on distingue :

- le **haut appareil urinaire** : il comprend les reins, les calices, les bassinets et les uretères et permet, grâce à son péristaltisme, la vidange des voies excrétrices extra-rénales.
- le **bas appareil urinaire** : correspond à la vessie (réservoir temporaire de l'urine) et à l'urètre (permettant l'expulsion de l'urine au moment de la miction).

B- Histologie des calices, bassinets et uretères

On y rencontre la même structure générale, en ce qui concerne la paroi, à savoir, de dedans en dehors : la muqueuse, la musculuse et l'adventice.

1) Muqueuse

Elle est faite d'un épithélium de type particulier et du chorion qui lui est sous jacent.

a. Epithélium

i. Microscopie optique : il paraît formé de plusieurs assises de cellules dont les formes se modifient en fonction du degré de distension de la paroi du tractus

(les cellules les plus superficielles ont un pôle luminal aplati lorsque la lumière est remplie d'urine). Mais en réalité, toutes les cellules ont un prolongement fin qui les attache à la lame basale. **L'épithélium urinaire est donc dit pseudo stratifié polymorphe.**

ii. Microscopie électronique : Elle a précisé trois propriétés fondamentales de cet épithélium :

- existence d'une **forte cohésion intercellulaire** (complexes de jonction apicaux, inter digitations);
- **épaississement du feuillet externe de la membrane plasmique des cellules les plus superficielles** (celles qui bordent la lumière);
- **rareté des organites intracellulaires** (un appareil de Golgi peu développé, quelques mitochondries, ribosomes assez abondants, quelques lysosomes, réticulum endoplasmique granulaire pratiquement inexistant), ce qui est en faveur d'un rôle métabolique réduit. En effet, cette portion des voies de l'appareil urinaire n'est qu'un simple vecteur de l'urine.

b. Chorion

Riche en éléments sanguins, lymphatiques et nerveux, il est dépourvu de glandes. Il contient de nombreuses fibres collagènes et élastiques donnant à la muqueuse ses propriétés de déformabilité et d'élasticité.

2) Musculeuse

Elle a une importance croissante de l'origine à la terminaison de cette portion du tractus urinaire. Sa structure est relativement lâche, faite de faisceaux de cellules musculaires lisses séparées par des travées conjonctives. Ces faisceaux sont disposés de manière variable suivant le niveau anatomique. Ils constituent :

- deux couches : longitudinale interne et circulaire externe **dans les calices, le bassin et les deux tiers supérieurs de l'uretère;**
- trois couches : longitudinale interne, circulaire moyenne et longitudinale externe **dans le tiers inférieur de l'uretère.**

3) Adventice

Elle est formée de tissu conjonctif lâche contenant :

- des fibres de réticuline et des fibres élastiques;
- des éléments vasculo-nerveux, nombreux et importants;
- des adipocytes, groupés en abondance.

C- Histologie de la vessie

La vessie représente le lieu de stockage de l'urine avant son émission dans le milieu extérieur au cours de la miction Sa structure histologique est très proche de celle du segment sus-vésical avec cependant quelques particularités :

- l'épithélium, de type urinaire est plus épais (6-8 couches de cellules) et présente des cellules superficielles de grande taille, parfois binucléées;
- le chorion est riche en fibres élastiques et forme des plis variables selon l'état de réplétion de l'organe;
- la musculeuse a une structure plexiforme faite de trois couches, dont la plus développée est la couche circulaire moyenne. Celle-ci se renforce au point de départ de l'uretère pour former un véritable sphincter;
- l'adventice entoure complètement la vessie. Elle fusionne sur la face postérieure avec la séreuse péritonéale.

Une région particulière de la vessie est représentée par le **trigone**, zone triangulaire s'étendant entre les points d'abouchement des deux uretères et le départ de l'urètre. A ce niveau :

- la muqueuse est lisse quel que soit l'état de la vessie,
- le chorion renferme de petites glandes muqueuses;
- la musculature s'organise en deux couches : longitudinale externe et circulaire interne.

D- Histologie de l'urètre

1) Urètre masculin

Sa fonction est double car il véhicule à la fois l'urine lors de la miction et le sperme lors de l'éjaculation.

a. Rappel anatomique

Il comprend trois segments :

- urètre prostatique (3 cm);
- urètre membraneux (1 cm);
- urètre spongieux (12-13 cm).

b. Structure histologique

i. la muqueuse : elle est formée par :

- un épithélium urinaire, près de la vessie,
- puis cylindrique stratifié ou pseudo-stratifié qui se transforme en
- un épithélium pavimenteux stratifié non kératinisé près du méat urinaire.

Cette muqueuse est irrégulière, creusée de dépressions (lacunes de Morgagni) et contient de petites glandes muqueuses.

ii. la musculuse : comprend deux couches : longitudinale interne et circulaire externe.

2) Urètre féminin

Son rôle est purement urinaire. D'une longueur moyenne de 4 cm à 5cm, il suit un trajet rectiligne entre la vessie et la vulve.

Sa structure histologique est identique à celle de l'urètre masculin, avec en plus, des glandes péri-urétrales muqueuses (glandes de Skene) qui s'abouchent au niveau du méat urinaire.

E- Histophysiologie

1) Péristaltisme urétéral

On admet que les contractions musculaires du tractus dépendent d'un groupe de cellules qui jouent le rôle de pace-maker et dont la localisation est probablement juxta-calicielle.

2) Stockage et émission des urines

L'épithélium des voies urinaires possède une double fonction de barrière et d'adaptation mécanique au volume de l'urine, grâce à :

- la **plasticité des cellules épithéliales**;
- la **réserve de surface membranaire** (épaississements localisés du feuillet externe de la membrane plasmique apicale) des cellules superficielles;

Le stockage urinaire réalisé dans la vessie, sa vidange lors de la miction est sous le contrôle strict du système nerveux :

- des **fibres sympathiques** relâchent le muscle vésical et maintiennent fermé le sphincter urétral;
- des **fibres parasympathiques** provoquent la contraction du muscle vésical et le relâchement du sphincter urétral;
- d'autres **fibres, motrices**, en provenance du système nerveux central, sont responsables de la contraction volontaire d'un deuxième sphincter, formé par la superposition des plans musculaires striés du périnée.