

élective des cellules glandulaires. C'est ce que montre bien une expérience classique de CL. BERNARD : après avoir injecté dans les veines d'un animal un mélange de glycose, de ferrocyanure de potassium et d'iodure de potassium, on retrouve bientôt la glycose et le ferrocyanure dans l'urine, l'iodure dans la salive. D'autre part, les actions humorales sécrétoires d'ordre physiologique apparaissent avec la plus grande évidence dans les sécrétions digestives ; nous avons déjà étudié (page 418) le type de ces substances qui excitent les sécrétions par une action chimique sur les glandes elles-mêmes : c'est la *sécrétine* de BAYLISS et STARLING, qui prend naissance au contact de la muqueuse duodéno-jéjunale avec un acide et qui jouit de la propriété d'exciter à un haut degré la sécrétion pancréatique quand elle arrive au pancréas par la voie sanguine. Mais il existe d'autres sortes de sécrétines pour le pancréas, et cette glande n'est point la seule qui soit ainsi influencée par un mécanisme humoral. Il paraît exister entre beaucoup d'organes glandulaires des relations fonctionnelles qui les rendent solidaires les uns des autres, et ces relations ne sont pas seulement d'ordre nerveux, mais aussi d'ordre chimique. On peut, en généralisant, accepter la dénomination de *crinines* proposée par FLEIG, pour ces substances qui, formées dans l'organisme, possèdent une action excito-sécrétoire directe sur les glandes.

2° Classification et rôle des sécrétions. — On peut classer les sécrétions en prenant pour base le rôle qu'elles jouent dans l'organisme. C'est ainsi que l'on a distingué les sécrétions *excrémentielles* destinées à éliminer de l'organisme des produits de déchet (sécrétion urinaire, sudorale, par exemple) ; les sécrétions *récrémentielles* dont le produit est réabsorbé par les vaisseaux (sécrétion des glandes vasculaires sanguines) ; et les sécrétions *excrémento-récrémentielles* (sécrétion biliaire par exemple). Dans le même ordre d'idées, GLEY a proposé une classification physiologique des glandes en deux grands groupes : les glandes à rôle nutritif et les glandes à rôle défensif. On peut aussi classer les sécrétions d'après leur mécanisme et les diviser d'une façon très générale en sécrétions externes et sécrétions

internes. Certaines glandes présentent les deux sortes de sécrétion, comme le foie, qui est à la fois glande à sécrétion externe par sa fonction biliaire et glande à sécrétion interne par sa fonction glycogénique.

ARTICLE II

SÉCRÉTIONS EXTERNES

Plusieurs des sécrétions qui rentrent dans cette catégorie ont été étudiées dans le chapitre de la *Digestion* ; nous n'y reviendrons pas. Il ne sera donc question dans les paragraphes suivants que des sécrétions urinaire, biliaire, sudorale et lactée. Quant aux sécrétions liées au fonctionnement des organes des sens et de l'appareil de la génération, il en sera fait mention plus loin.

§ 1. SÉCRÉTION URINAIRE

Les reins représentent avec les poumons, les principaux organes chargés de débarrasser l'économie de ses produits de désassimilation. Ils séparent du sang divers matériaux de rebut, en particulier les corps azotés qui dérivent de la désassimilation des albuminoïdes. Envisageons successivement les caractères de l'urine, le mécanisme de la sécrétion urinaire et son rôle, et enfin l'excrétion urinaire.

1° Urine. — L'étude de l'urine, en raison de son importance, doit être faite dans les traités de chimie physiologique. Nous ne pouvons en indiquer ici que les traits dominants. La quantité d'urine émise par un homme adulte est d'environ 1 500 grammes en vingt-quatre heures. La réaction de ce liquide est acide (d'une façon générale, toutes les humeurs de l'organisme sont alcalines sauf l'urine, le suc gastrique et la sueur qui sont acides). L'acidité de l'urine est due aux phosphates minéraux acides. Toutefois, l'urine peut devenir alcaline à la suite d'une alimentation exclusivement végétale. Celle des animaux herbivores est nor-

malement alcaline. L'urine devient aussi alcaline lorsqu'elle s'altère (formation de carbonate d'ammoniaque par fermentation de l'urée). Sa densité est variable suivant la plus ou moins grande quantité d'eau qu'elle renferme : en moyenne 1 020 pour le mélange des différentes portions rendues en vingt-quatre heures. Après les repas, l'urine devient plus aqueuse, moins colorée (*urina potus*) ; inversement, elle se concentre dans l'intervalle des digestions. Le rein est la principale voie de l'excrétion de l'eau ; en évaluant à 3 litres par jour la quantité d'eau qui pénètre dans le corps par les aliments et les boissons, on peut estimer en nombres ronds que 1 500 grammes sont éliminés par les reins, 1 000 grammes par la peau et 500 grammes par les poumons. Il y a, du reste, un balancement entre l'excrétion de l'eau par le rein et par la peau, l'activité de l'un s'exerçant en sens inverse de celle de l'autre.

Les matériaux solides que contient l'urine s'élèvent au chiffre moyen de 60 à 65 grammes en vingt-quatre heures, c'est-à-dire que pour un adulte du poids moyen de 65 kilogrammes, il y a environ 1 gramme de produits urinaires solides excrétés par kilogramme de poids vif. Sur ces 60 grammes de matériaux solides, la moitié (30 grammes en vingt-quatre heures) est représentée par l'urée. L'urée est une substance azotée dérivant de la destruction des albuminoïdes dans le corps. Presque tout l'azote éliminé par l'organisme est dans l'urée. Les autres matériaux azotés de l'urine ne se trouvent qu'en petite quantité ; ce sont l'acide urique et les urates qui, dans certains états pathologiques (diathèse urique, goutte), s'accumulent dans l'organisme (chez les oiseaux et les reptiles, c'est l'acide urique et non l'urée qui prédomine dans l'urine) ; l'acide hippurique, qui se trouve surtout dans l'urine des herbivores ; la créatinine (1 gramme en vingt-quatre heures), et, en faible proportion, les substances dites xanthiques (xanthine, hypoxanthine, guanine, etc.). La quantité de matériaux azotés de l'urine, et principalement l'urée, varie suivant diverses conditions et en particulier suivant l'alimentation ; elle est augmentée par une nourriture animale et diminuée par un régime végétal. L'inanition fait baisser considérablement l'excrétion de l'urée, mais ne l'abolit

pas complètement, car, dans ce cas, l'organisme emprunte à sa propre substance les aliments azotés dont il a besoin.

Les autres matériaux les plus importants de l'urine sont les sels (20 grammes environ en vingt-quatre heures). On en distingue trois espèces principales : les chlorures, les phosphates et les sulfates. Les chlorures sont représentés surtout par le chlorure de sodium plus ou moins abondant suivant la quantité ingérée avec les aliments (en moyenne 10 à 12 grammes). Les phosphates alcalins (phosphate de soude) et surtout terreux (phosphate de chaux et de magnésie), atteignent le chiffre de 3 grammes en vingt-quatre heures et les sulfates 4 grammes.

On trouve enfin dans l'urine des sels d'acides sulfo-conjugués (phénylsulfate, indoxylsulfate, scatoxylsulfate de potasse), et des matières colorantes (urochrome, urobiline).

2° Mécanisme de la sécrétion urinaire.

— La connaissance de la structure du tube urinifère est indispensable pour comprendre le mécanisme de la sécrétion. On sait que ce tube commence dans la substance corticale du rein par un cæcum renflé en ampoule (*ampoule de BOWMANN*), contenant un peloton vasculaire, le *glomérule de MALPIGHI*.

Le glomérule est formé par le pelotonnement d'un petit vaisseau artériel provenant de l'artère rénale (*vaisseau afférent* du glomérule), se continuant ensuite avec un autre vaisseau également artériel (*vaisseau efférent*) qui, plus loin, va former autour des tubes

urinifères les capillaires généraux du rein auxquels font suite les veines (fig. 99). Il en résulte que le peloton glomérulaire n'est

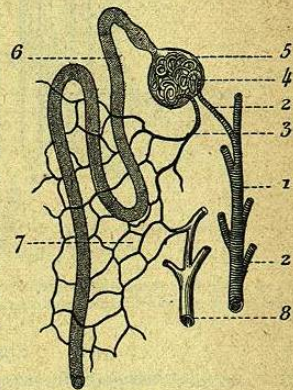


Fig. 99.

Schéma de la circulation du tube urinifère.

1, artère glomérulaire. — 2, vaisseau afférent du glomérule. — 3, vaisseau efférent. — 4, glomérule. — 5, capsule de Bowman. — 6, tube contourné. — 7, capillaires généraux. — 8, veine.

pas constitué en réalité par des capillaires, mais par une disposition artérielle analogue à celle que l'on nomme en anatomie générale *réseau admirable*. La conséquence physiologique de cette disposition est que la pression sanguine doit être plus élevée

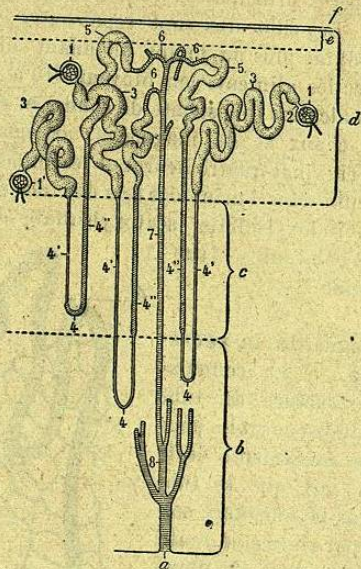


Fig. 100.

Schéma du tube urinaire (TESTUT).

a, papille. — o, zone papillaire. — c, zone limitante. — d, zone corticale. — e, couche sous-capsulaire. — f, capsule fibreuse du rein. — 1, glomérule de Malpighi. — 2, col du tube urinaire. — 3, tube contourné. — 4, anse de Henle (4', branche descendante; 4'', branche ascendante de l'anse). — 5, pièce intermédiaire. — 6, canal d'union. — 7, tube collecteur de premier ordre. — 8, tube collecteur de second ordre.

dans les vaisseaux du glomérule que dans les capillaires généraux, ce qui favorise la transsudation de l'eau à travers les parois vasculaires. A l'ampoule de Bowman font suite successivement le tube contourné, l'anse de HENLE, le canal d'union et le tube collecteur (fig. 100). La notion la plus importante

pour la physiologie dans la structure du tube urinaire se rapporte à l'épithélium glandulaire. Cet épithélium n'a pas les mêmes caractères dans les différentes portions du tube; aplati dans l'ampoule de Bowman et dans la portion descendante de l'anse de Henle, il est constitué dans les tubes contournés et la

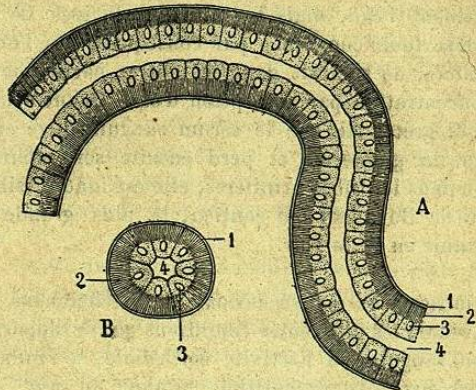


Fig. 101.

Structure du tube contourné : A, en coupe longitudinale; B, en coupe transversale (TESTUT).

1, paroi propre hyaline. — 2, épithélium trouble à bâtonnets, strié dans sa portion profonde et finement granuleux dans sa portion superficielle. — 3, noyau. — 4, lumière du conduit.

portion ascendante de l'anse par des cellules cylindriques, volumineuses, ne laissant au centre du tube qu'une étroite lumière et possédant un protoplasma trouble, granuleux et d'aspect strié (fig. 101).

Plusieurs théories ont été proposées pour expliquer le mécanisme de la sécrétion urinaire; ne leur accordons pas trop d'importance et cherchons plutôt à analyser les différentes conditions auxquelles est soumise cette sécrétion.

A. THÉORIES DE LA SÉCRÉTION URINAIRE. — On a séparé dans les phénomènes de la sécrétion urinaire deux actes distincts: l'un

en grande partie soumis à des conditions physiques, la filtration de l'eau du sang, et l'autre essentiellement vital et revenant à l'activité propre de l'épithélium glandulaire. BOWMANN admit que les glomérules laissent filtrer seulement l'eau et les sels de l'urine, et que les autres matériaux solides sont sécrétés par les tubes contournés. Pour LUDWIG, le glomérule laisse transsuder non seulement l'eau, mais les autres principes de l'urine ; l'urine, déjà toute constituée par conséquent dès l'origine du tube urinifère, ne subirait dans les autres parties de ce tube qu'une concentration par absorption d'eau. Quant à la théorie de KÜSS qui prétendait que le sérum sanguin filtre en nature au niveau du glomérule et perd ensuite son albumine par absorption dans les tubes urinifères, elle est inadmissible. C'est la théorie de BOWMANN qui contient la plus grande part de vérité, comme on va le voir.

B. CONDITIONS DE LA SÉCRÉTION. — Recherchons pour la sécrétion rénale les différentes conditions qui se rapportent à la circulation sanguine, à l'activité épithéliale, à l'influence du système nerveux, à la composition chimique du sang.

a. *Rôle de la circulation sanguine.* — Il existe une relation étroite entre la circulation du rein et la sécrétion de l'urine. Plus la *pression sanguine* est élevée dans l'artère rénale, plus aussi la sécrétion de l'urine est active. Toutes les causes qui élèvent la pression sanguine générale dans les artères, accroissement de la masse du sang après l'ingestion des boissons, augmentation de l'énergie des battements cardiaques, augmentent en même temps la sécrétion urinaire. Par contre, la sécrétion se ralentit si la pression sanguine baisse, et elle s'arrête complètement si cette pression vient à tomber à 4 centimètres de mercure.

Toutefois, il n'y a pas proportionnalité entre la variation de la pression artérielle générale et les variations quantitatives de la sécrétion. Pour une pression très élevée, la sécrétion peut n'être que faiblement accrue, et inversement une élévation de pression de 1 ou 2 centimètres de mercure peut amener un accroissement notable de la diurèse. En effet ce ne sont pas seulement les variations de la pression dans l'artère rénale qui

commandent les variations de la sécrétion, mais aussi et surtout les modifications de la *pression* et en même temps les modifications de la *vitesse* du sang dans les capillaires du rein. Avec une pression sanguine générale restant constante, la sécrétion urinaire est grandement accrue, si les petits vaisseaux du rein se dilatent de manière à permettre une circulation plus active dans leur intérieur. Inversement le resserrement des vaisseaux du rein diminue la sécrétion, malgré une élévation de la pression sanguine dans l'aorte. En un mot, les variations de la sécrétion urinaire sont principalement liées aux variations de ces deux facteurs : pression et vitesse du sang dans les vaisseaux rénaux et en particulier dans les glomérules, et ces deux facteurs sont sous la dépendance de l'innervation vaso-motrice du rein.

Il est encore un autre facteur physique qui joue le plus grand rôle dans le mécanisme de la sécrétion urinaire : c'est la *tension osmotique* ou *concentration moléculaire* du plasma sanguin (voy. pour la définition de ces termes p. 39). Normalement l'urine a une concentration moléculaire notablement plus élevée que celle du sang. Son point de congélation peut en effet descendre jusqu'à $-1^{\circ},85$, tandis que celui du plasma est, comme il a été dit antérieurement (p. 169), de $-0^{\circ},55$. Cette constatation montre assurément que dans le mécanisme de la sécrétion urinaire, les forces osmotiques ne doivent pas être les seules en jeu. Mais il n'en est pas moins vrai que les variations de la tension osmotique du sang retentissent d'une façon très remarquable sur la sécrétion. Par exemple, si l'on dilue le sang d'un animal par une injection intra-veineuse d'eau distillée, la sécrétion urinaire diminue et peut même s'arrêter momentanément. Au contraire une injection d'une solution saline ou sucrée *hypertonique* provoque une diurèse intense. C'est qu'en effet dans le premier cas, la concentration moléculaire du plasma sanguin a été abaissée, sa pression osmotique est tombée au-dessous du chiffre normal ; et cela suffit pour entraver la filtration rénale, bien que la masse du sang ait augmenté. Dans le second cas par contre, l'augmentation de la concentration moléculaire du plasma amène un afflux d'eau des tissus dans le sang, qui tend à réta-

blir l'équilibre osmotique détruit. Le sang se trouve ainsi dilué par l'eau, mais seulement jusqu'au degré nécessaire pour le ramener à sa concentration moléculaire normale, et de la sorte sa masse s'accroît sans chute de la pression osmotique. Il en résulte une *pléthore* vasculaire plus ou moins considérable suivant la concentration de la solution injectée, une dilatation des petits vaisseaux qui se laissent distendre pour loger l'excès de liquide, un accroissement de volume des organes, notamment du rein, dont les vaisseaux capillaires sont traversés par un courant plus rapide. Ainsi s'explique l'augmentation de la sécrétion urinaire dans ces conditions, et c'est grâce à elle que l'organisme répare le désordre produit, et ramène à la normale le volume et la composition de la masse sanguine.

b. *Rôle de l'épithélium glandulaire.* — La sécrétion urinaire ne consiste pas seulement dans la filtration, sous l'influence de la pression sanguine, de l'eau du sang tenant en dissolution certains principes caractéristiques de l'urine. Même dans cet acte, en apparence d'ordre physique, on doit faire intervenir l'action spécifique des cellules glandulaires, car s'il en était autrement ce ne serait pas seulement l'eau du sang qui transuderait dans le glomérule, mais bien le plasma sanguin. Or nous savons que l'albumine ne passe dans l'urine (*albuminurie*) que lorsque l'épithélium rénal est altéré. Nous avons cité plus haut (page 339) une expérience démontrant que même la transudation de l'eau doit être envisagée comme un véritable phénomène sécrétoire auquel les cellules glandulaires prennent part. Mais il existe d'autres expériences qui mettent clairement en évidence le rôle de l'épithélium du tube urinifère dans la sécrétion. HEIDENHAIN, après avoir chez un animal arrêté la sécrétion urinaire en abaissant fortement la tension sanguine par la section de la moelle épinière, injecta dans les vaisseaux de l'indigo-sulfate de soude; au bout d'un certain temps il sacrifia l'animal et constata que la matière colorante bleue se trouvait dans les cellules épithéliales des tubes contournés et de la branche montante de l'anse de Henle, ainsi que dans la cavité de ces tubes, mais non dans les autres parties du tube urinifère. Résultat identique en injectant de l'urate de soude.

Cette expérience prouve donc que, malgré l'arrêt de la filtration de l'eau, le rein continue à exercer son action sécrétoire, et que cette action est localisée dans l'épithélium trouble granuleux des canaux contournés et de l'anse de Henle. A l'état normal, le courant de l'eau qui a filtré dans le glomérule entraîne donc les produits solides sécrétés par les tubes urinifères. Aussi, après une cautérisation superficielle du rein dé-

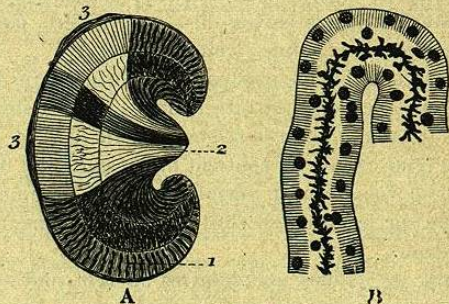


Fig. 102.

A, coupe du rein après cautérisation de l'écorce en 3, 3, et injection intraveineuse d'indigo-sulfate de soude. — B, un tube contourné de la région cautérisée (d'après HEIDENHAIN).

truisant les glomérules, dans une zone limitée, HEIDENHAIN vit que les produits de sécrétion s'accumulaient dans les tubes urinifères émanant des glomérules détruits (fig. 102). Une autre expérience montre encore la différence fonctionnelle qui existe entre le glomérule et les autres segments du tube urinifère. Chez les batraciens il existe une indépendance particulière entre la vascularisation des glomérules et celle des tubes urinifères, les glomérules recevant le sang de l'artère rénale et les tubes celui d'une veine spéciale dite *veine porte rénale*. On peut donc chez ces animaux supprimer à volonté la circulation des glomérules ou celle des tubes en liant soit l'artère rénale, soit la veine porte rénale. En opérant de la sorte. NÜSSBAUM a vu que certaines substances, comme le sucre, les peptones qui, injectées dans le sang, sont rapidement éliminées par le rein