

premiers temps de la vie embryonnaire, et leur structure, analogue à celle des reins, fait pressentir qu'ils doivent remplir des fonctions analogues à celle de ces derniers organes, encore absents. Le liquide que secrètent ces glandes temporaires possède d'ailleurs, à peu près, la même composition que l'urine. Vers la fin de la première moitié de la vie fœtale au moment où apparaissent les testicules ou les ovaires, les corps de Wolff s'atrophient et disparaissent complètement chez le fœtus femelle, tandis qu'ils contribuent à former une partie des organes génitaux mâles.

2° Les organes fournis par le deuxième bourgeon appartiennent exclusivement à l'appareil génital, nous n'avons pas à nous en occuper ici.

3° Le troisième bourgeon ou cœcum, le plus important au point de vue des organes définitifs de l'appareil urinaire, présente un très-grand nombre de végétations, qui prennent bientôt la forme canaliculée, se juxtaposent, s'entremêlent et, finalement, vont aboutir à un petit peloton vasculaire contre lequel ils butent par leur extrémité en cœcum. Le cul-de-sac est refoulé graduellement par le peloton vasculaire et une véritable capsule se constitue.

D'après des travaux récents d'anatomie comparée, la portion glomérulaire du rein serait une dépendance du feuillet externe du blastoderme et se rapprocherait par son origine des glandes de la peau.

Telle est l'origine de l'uretère, des tubes du rein et des glomérules de Malpighi. A partir de la huitième semaine, la surface du rein, unie jusqu'à cette époque, prend une apparence lobulée qui persiste jusqu'à la naissance.

Après les phénomènes qui s'observent dans le développement des trois bourgeons latéraux du sinus urogénital, il nous reste à mentionner les modifications subies par son extrémité antérieure et qui constituent le *canal allantoïdien* et la *vesicule allantoïdienne*. Nous avons déjà décrit, en parlant de la vessie, la série de transfor-

mations que subit le canal allantoïdien dans sa partie intra-abdominale pour donner naissance à la vessie.

C'est encore aux dépens du sinus uro-génital que se forment, chez l'homme, la prostate et la portion membraneuse de l'urètre.

Quant au reste du canal et au pénis, ils sont une dépendance du feuillet externe du blastoderme ; les deux bourgeons qui doivent former les corps caverneux se réunissent par leur face supérieure seulement en laissant persister sur leur face inférieure une gouttière longitudinale et médiane. Cette gouttière, bientôt transformée en canal, se continue avec la partie antérieure du sinus uro-génital, devenue portion membraneuse et portion prostatique de l'urètre : ainsi se trouve constituée la totalité du conduit urétral.

Les détails que nous venons de donner sur l'évolution embryonnaire de l'appareil urinaire nous mettent à même de comprendre les vices de conformation qui peuvent l'atteindre et qui seront ultérieurement décrits.

CHAPITRE VIII.

PHYSIOLOGIE DE L'APPAREIL URINAIRE.

Au point de vue physiologique, les organes urinaires nous présentent à étudier :

- 1° La *sécrétion rénale* considérée dans son mécanisme ;
- 2° L'*excrétion de l'urine* ;
- 3° La *composition chimique de l'urine*.

§ 1. — SÉCRÉTION RÉNALE.

Avant de déterminer les conditions suivant lesquelles se fait la sécrétion urinaire chez l'adulte, nous croyons

utile de répondre brièvement à une question négligée habituellement par les auteurs :

La sécrétion urinaire existe-t-elle chez le fœtus ?

Les détails donnés précédemment sur la structure et l'évolution des corps de Wolff, l'analogie si remarquable de composition qui existe entre le produit de leur sécrétion et l'urine, ne permettent pas de douter que, dans les premiers temps de la vie embryonnaire; une certaine quantité d'un liquide semblable à l'urine ne soit séparé du sang fœtal par ces *reins primitifs*.

Quand les corps de Wolff ont disparu, c'est-à-dire vers le cinquième mois de la vie intra-utérine, et que l'appareil urinaire définitif est constitué, les reins commencent à sécréter, par le mécanisme qui leur est propre, une petite quantité d'urine qui est excrétée dans l'amnios.

Sans pénétrer encore dans le détail des phénomènes de l'europièse, il importe d'établir préalablement, que *dans la formation de l'urine, le rein ne remplit que le rôle d'un filtre et qu'aucun des principes contenus dans l'urine n'est fabriqué par la glande rénale, mais simplement séparé du sang où il préexiste.*

Ainsi on a longtemps cru qu'un des principes les plus importants de l'urine, l'urée, était directement formé par le rein; mais il est bien prouvé aujourd'hui que toute l'urée rencontrée dans les urines était primitivement contenue dans le sang : l'expérimentation a tranché la question d'une façon définitive, en démontrant que l'urée préexiste dans le sang et n'est point formée dans le rein; que le sang de la veine rénale possède normalement moins d'urée que celui de l'artère; enfin, que la ligature des uretères ou l'ablation des reins produisent le même effet.

Bien que ces conclusions fussent admises, en France, depuis les travaux de Prévost et de Dumas, de Ségalas et de Vauquelin, de Cl. Bernard et Barreswill, quelques physiologistes étrangers, Oppler, Hermann, Hoppe-Seyler et Zaleski persistaient à soutenir que l'urée se forme en

grande partie dans le tissu rénal, de même que la ptyaline ou la pancréatine se forment dans les glandes salivaires ou dans la glande pancréatique; ils attribuaient les résultats obtenus par les expérimentateurs français à l'emploi de procédés de dosage de l'urée entachés de causes d'erreur et prétendaient qu'une macération du rein donnait naissance à de l'urée comme une macération de parotide ou de pancréas donne lieu à la diastase salivaire ou à la diastase pancréatique. L'un de ces physiologistes, Zaleski, concluait même de ses expériences, que les accidents produits par l'ablation du rein (néphrotomie) ou par la ligature des uretères différaient notablement; d'après lui, après la ligature de l'uretère, le sang contenait beaucoup plus d'urée qu'après l'ablation du rein et les accidents appelés improprement urémiques amenaient bien plus rapidement la mort.

L'emploi d'un procédé de dosage très-exact basé sur l'usage du nitrate nitreux de mercure (réactif de Millon) a permis à Gréhant de démontrer, que l'accumulation de l'urée dans le sang, après la néphrotomie, se fait d'une manière continue; que, dans ce cas, aussi bien qu'après la ligature de l'uretère, le poids d'urée qui s'accumule dans le sang est égal à celui qui aurait été éliminé par les reins; qu'après la ligature des uretères, le sang qui sort du rein contient la même proportion d'urée que celui qui y pénètre et, qu'à l'état physiologique, le sang de la veine rénale contient moins d'urée que celui de l'artère, la différence entre les deux quantités correspondant précisément à la quantité d'urée rejetée pendant ce temps par les urines.

On est donc fondé d'une manière incontestable à admettre aujourd'hui, que le rein n'est qu'un filtre où l'urée et tous les autres principes de l'urine s'éliminent après s'être formés dans l'économie ou après avoir traversé le torrent circulatoire. L'expérience avec laquelle Hermann a constaté la présence de l'urée dans une macération du tissu rénal, ne prouve qu'une chose, c'est

que le filtre rénal peut être imprégné d'urée et en abandonner par le lavage.

Après avoir résolu ces deux points préliminaires, déterminons maintenant quelles sont les conditions de la filtration urinaire.

La première et la plus importante sans contredit est la disposition de la circulation rénale. Nous avons, en effet, démontré précédemment que le *vaisseau efférent* du glomérule de Malpighi constitue un véritable *vaisseau porte* intermédiaire au réseau capillaire du glomérule et au réseau capillaire général du rein qui entoure les canaux urinifères ; nous avons vu de plus que ce vaisseau efférent, analogue à une artère par sa structure, est d'un calibre inférieur à celui du vaisseau afférent. Il en résulte que, dans les deux systèmes de capillaires rénaux, la pression sanguine n'est nullement égale à la pression normale dans les capillaires des autres parties du corps. Tandis que ces derniers occupant une position moyenne entre la terminaison du cône artériel et la fin du cône veineux, leur pression se trouve elle-même moyenne entre les deux pressions extrêmes correspondantes ; dans le système rénal, au contraire, cette pression moyenne du courant circulatoire ne se rencontre que dans le tronc efférent glomérulaire placé précisément au milieu de la distance qui sépare le ventricule gauche de l'oreillette droite.

Si l'on admet que la tension artérielle à l'origine de l'aorte est représentée par le chiffre 24, la tension à la terminaison de la veine cave étant 0, la pression moyenne, soit dans les capillaires généraux, soit dans les troncs efférents glomérulaires, a pour mesure le nombre 12. Par un calcul semblable, on démontre que, contrairement à la loi générale, les capillaires placés entre le système artériel proprement dit et le vaisseau efférent, c'est-à-dire dans le glomérule du rein, ont une tension égale à 18. Dans le réseau capillaire succédant au vaisseau efférent et cheminant au milieu des tubes urinifères pour donner naissance à la veine proprement dite, la pression correspond au nombre 6.

On doit donc conclure, avec Küss et Duval, que *le sang des capillaires du glomérule est soumis à une pression plus considérable, celui des capillaires interstitiels ou parenchymateux à une pression moins considérable que le sang des capillaires ordinaires.*

Puisque la sécrétion de l'urine se fait par une *filtration* purement mécanique, il y a lieu de penser que c'est dans le premier système de capillaires où l'intensité de la pression sanguine est plus considérable, c'est-à-dire dans le glomérule que s'effectue cette filtration qui caractérise la première phase de la sécrétion urinaire. Mais quelle est la nature du liquide filtré ? Telle est la question sur laquelle les physiologistes sont loin d'être d'accord.

Les uns, avec Bowmann, pensent que les glomérules de Malpighi laissent filtrer seulement la partie aqueuse de l'urine, les principes solides étant sécrétés par les cellules glandulaires des canalicules urinifères et entraînés par l'eau qui traverse les conduits. Si cette théorie est vraie, il y a lieu de s'étonner que les sels du sang, si diffusibles, ne passent pas en même temps. Aussi Wittich et Donders ont-ils admis que les principes salins filtraient avec l'eau au niveau des glomérules, tandis que les cellules épithéliales des canalicules sécrétaient l'urée et l'acide urique. Malgré les expériences des physiologistes précédemment cités et celles de Heidenhain, tendant à démontrer l'indépendance de l'élimination aqueuse et de l'excrétion des parties solides de l'urine, la théorie de Bowmann est aujourd'hui singulièrement ébranlée.

La théorie émise et soutenue par Ludwig est tout à fait mécanique ; elle admet que, sous l'influence de la pression sanguine, le sérum filtre à travers les parois des capillaires du glomérule, moins les albuminates et les graisses ; le liquide transsudé, contenant l'eau les sels et les matières extractives du sang, arrive dans les canalicules où il se trouve en rapport avec l'épithélium qui tapisse ces derniers et la lymphe qui les entoure. Les lymphatiques et les capillaires, qui forment réseau autour des canalicules,

sommes faite de la première partie de ce travail ; nous n'avons pas de moyen de vérification directe ; mais nous pouvons examiner si ce que nous connaissons de la structure du rein est favorable à cette manière de voir.

« D'abord la longueur, la forme si diversement contournée des tubes urinifères, forme qui rappelle si bien les circonvolutions intestinales, porte naturellement à y voir un appareil de résorption, où le cours du liquide est ralenti pour que l'absorption soit favorisée par un contact prolongé avec les parois. D'autre part, l'épithélium qui tapisse ces tubes est dans la plus grande partie de leur trajet clair et transparent et non granuleux comme les épithéliums des culs-de-sac sécréteurs des glandes : tandis que ces derniers révèlent leur fonctionnement par les nombreux débris cellulaires que l'on trouve dans le liquide sécrété (puisque d'une façon générale toute sécrétion de ce genre est le résultat d'une fonte épithéliale desquamative), au contraire l'épithélium des tubes urinifères ne montre que peu ou pas de ces débris, et l'urine est un des liquides les plus pauvres en formes ou éléments globulaires. Cet épithélium paraît donc plutôt destiné à présider à une *absorption*, et sans doute y préside-t-il d'une manière active en enlevant au sérum précisément le principe si nécessaire à l'organisme, et dont le sang ne peut être privé sans danger, l'albumine. Que cet épithélium soit malade, il ne fonctionnera plus, et alors l'albumine ne sera plus résorbée, elle apparaîtra dans les urines : c'est ce qui arrive dans la maladie de Bright, qui porte précisément sur l'épithélium rénal. Les auteurs qui font jouer à cet épithélium un rôle de sécrétion, par lequel la paroi du tube ajouterait à l'eau filtrée les principes constituants de l'urine, se voient en face d'une singulière contradiction, quand ils veulent expliquer la pathogénie de l'albuminurie ; car il résulterait de leur manière de voir que, quand cet épithélium est malade il sécréterait non-seulement les matériaux solides qui d'ordinaire entrent dans la constitution de l'urine, mais encore un nouvel élément, l'albu-

mine : ainsi, exemple unique dans l'économie, cet épithélium à l'état pathologique fonctionnerait plus activement qu'à l'état normal, tout en livrant tous les éléments qu'il livre à l'état normal.

« Nous savons qu'en général l'absorption est favorisée par une faible pression dans les vaisseaux sanguins qui doivent recevoir le produit de cette absorption. Or nous avons vu que dans les capillaires voisins des tubes urinifères la pression est moindre que dans les capillaires ordinaires. Le réseau sanguin interstitiel est donc admirablement disposé pour recevoir l'albumine résorbée par l'épithélium, de même que les capillaires glomérulaires le sont pour laisser filtrer le sérum, et en somme c'est l'étude du système circulatoire, de ce que nous pouvons appeler la *veine porte rénale*, qui nous donne la clef du double phénomène de *filtration* et de *résorption* qui constitue les deux phases essentielles de la sécrétion urinaire. — La physiologie comparée montre ce double phénomène d'une manière encore plus évidente : ainsi chez les ophidiens, dont les urines sont concrètes, on les voit d'abord liquides au commencement des tubes urinifères, puis s'épaississant peu à peu dans leur trajet jusqu'à acquérir leur consistance si caractéristique.

« Ainsi, en résumé, la sécrétion de l'urine se compose de deux phases bien distinctes : 1° un *phénomène de filtration pure au niveau du glomérule*, filtration qui donne passage au sérum du sang, c'est-à-dire à de l'urine plus de l'albumine ; 2° à ce phénomène purement mécanique succède un *travail vital de la part des éléments globulaires de l'épithélium des tubes urinifères* : ces éléments résorbent l'albumine et cette absorption est aidée par les conditions de faible pression du sang dans les capillaires interstitiels. »

Telle est la théorie vraiment séduisante développée par le regretté professeur de l'ancienne Faculté de Strasbourg. Bien qu'elle réponde à la plupart des objections faites aux théories de Bowmann et de Ludwig, elle n'est point cependant, d'après quelques auteurs, à l'abri de

tout reproche. L'argument le plus sérieux mis en avant contre elle par M. le professeur Beaunis serait l'impossibilité d'expliquer par cette théorie, l'apparition de l'albumine dans les urines, par une simple augmentation de pression sanguine obtenue à l'aide d'une injection d'eau dans les veines. Cette objection nous paraît avoir moins de poids qu'on ne lui en a donné. Si l'albumine apparaît dans les urines toutes les fois que, pour une cause quelconque, expérimentale ou pathologique, la pression sanguine est augmentée dans le rein, cela tient uniquement à ce que, une trop grande quantité de sérum venant à filtrer des glomérules, sous l'influence de cet excès de pression, l'épithélium, bien que continuant à fonctionner d'une façon anormale, ne peut plus suffire à sa tâche, son pouvoir de résorption étant forcément limité.

Nous devons donc conclure que, dans l'état actuel de nos connaissances, la théorie de Küss est celle qui explique le mieux les divers phénomènes qui se succèdent dans la sécrétion de l'urine.

Quant à l'influence du système nerveux sur la fonction du rein, il résulte d'expériences diverses dues à Cl. Bernard, Brachet, Eckhard, etc. :

1° Que la moelle allongée paraît être le centre de la sécrétion urinaire, comme le démontrent les expériences sur la production de la polyurie, de la glycosurie et de l'albuminurie par la piqure du plancher du quatrième ventricule en différents points ;

2° Que la section de la moelle arrête la sécrétion urinaire, probablement en produisant un abaissement de la pression sanguine ;

3° Que la destruction des nerfs du rein rend l'urine albumineuse et sanguinolente et finit par amener une véritable fonte purulente de l'organe glanduleux ;

4° Que la section du nerf grand splanchnique augmente la sécrétion de l'urine et produit même la glycosurie ;

5° Enfin, que l'excitation du bout périphérique du même nerf ou l'excitation du grand sympathique arrête la sécrétion.

§ 2. — EXCRÉTION DE L'URINE.

Quand l'urine a été séparée du sang par le mécanisme que nous venons de décrire minutieusement, elle s'avance dans les tubes urinifères sous l'influence de la même pression qui l'avait fait filtrer au niveau des glomérules, et, poussée par une véritable *vis à tergo*, elle arrive jusqu'au sommet des papilles rénales d'où elle s'écoule, en suintant par un grand nombre de petites fossettes, dans les calices et le bassinnet. La même force lui fait encore parcourir la longueur des uretères jusqu'à la vessie. Bien que ces conduits présentent dans leur épaisseur de nombreuses fibres musculaires, il ne paraît pas cependant probable que, dans les circonstances ordinaires, la contraction des uretères entre en jeu pour aider à la progression de l'urine. Il est facile de se rendre compte de ce phénomène dans le cas d'exstrophie de la vessie, les uretères s'ouvrant alors au devant de la partie inférieure de l'abdomen et cette disposition permettant de voir l'urine s'écouler goutte à goutte par les orifices à mesure qu'elle se produit, et non jaillir par saccades comme cela aurait certainement lieu si la contraction y jouait un rôle quelconque. Il y a néanmoins lieu de croire que dans quelques rares circonstances, la contraction des uretères doit jouer un rôle considérable. Ainsi, quand la vessie est très-distendue, la pression exercée sur les orifices des uretères est très-grande et une résistance considérable s'oppose à ce qu'une nouvelle quantité de liquide soit admise dans l'intérieur de la cavité vésicale. C'est alors que, d'après quelques physiologistes, la contractilité de l'uretère interviendrait pour faire évacuer l'urine par une sorte

de mouvement péristaltique assez puissant pour vaincre la résistance que les parois vésicales exercent sur les conduits qui les traversent.

Le réservoir urinaire ou la *vessie* a été décrite précédemment avec tous les détails nécessaires : c'est une cavité musculaire tapissée d'épithélium. La disposition des fibres contractiles et de la couche épithéliale nous étant connue, nous signalerons la propriété toute spéciale dont paraît jouir cet épithélium au point de vue physiologique, l'imperméabilité. Des expériences faites avec des solutions d'atropine ou de morphine introduites dans la vessie semblent prouver qu'à l'état d'intégrité, cette couche épithéliale s'oppose absolument à l'absorption. Le contraire a lieu dès que l'épithélium est altéré et l'absorption se fait alors rapidement ; c'est ainsi que de l'eau alcoolisée injectée dans une vessie atteinte de catarrhe a produit les accidents de l'ivresse. Une autre expérience paraît assez probante. On sait que l'épithélium conserve sa vitalité quelque temps après la mort ; il doit donc rester imperméable. Pour le démontrer, on injecte par une sonde du ferro-cyanure de potassium dans la vessie d'un animal que l'on sacrifie ensuite ; on met à nu le réservoir urinaire et l'on dépose un sel ferrique sur sa face externe : néanmoins il ne se forme pas de bleu de Prusse, ce qui arriverait infailliblement si l'épithélium n'était point imperméable. Pour peu que l'on gratte ou que l'on détruise la surface épithéliale, la réaction se produit instantanément.

De ces expériences, la plupart des physiologistes ont conclu que l'imperméabilité de la muqueuse vésicale était absolue et résultait uniquement de la présence de l'épithélium.

Comme d'autre part, les recherches d'Alling semblent démontrer que l'épithélium de l'urèthre, beaucoup moins résistant et de nature différente, permet parfaitement l'absorption, on conçoit immédiatement quelle importance auraient ces faits pour l'explication de tout ce qui se rattache aux accidents urinaires.

Néanmoins, des expériences de date plus récente encore que celles mentionnées plus haut, tendraient à prouver que l'imperméabilité vésicale n'existe que pour certaines substances et que la muqueuse de l'organe possède à cet égard un véritable pouvoir d'élection.

La nature même des fibres qui entrent dans la structure des parois vésicales nous indique d'avance que ces fibres doivent se contracter lentement ; comme elles présentent toutefois une grande élasticité, la vessie est très-dilatable, ainsi que nous l'avons déjà signalé. Toutes les fois que la distension est poussée très-loin, elle produit une excitation des fibres musculaires qui se contractent et tendent à expulser le contenu du réservoir : c'est justement à cette réaction de la vessie contre son contenu qu'est dû le besoin d'uriner. C'est aussi pour la même raison que, dans les cas d'inflammation de la vessie, les parois musculaires étant devenues moins élastiques, se contractent plus promptement, d'où la fréquence de la miction.

Mais par quel mécanisme l'urine est-elle retenue dans la vessie, et pourquoi ne s'écoule-t-elle pas d'une façon continue par l'orifice du col vésical ? Cette question, malgré son importance, n'a reçu de la plupart des auteurs, que des solutions mal définies et souvent inexactes. C'est ainsi qu'on répète habituellement que l'occlusion du col de la vessie est due à la contraction du sphincter qui l'entoure, bien que les fibres musculaires en soient extrêmement faibles et qu'elles ne puissent d'ailleurs se contracter d'une façon continue. En réalité, ce qui se passe au col vésical est tout-à-fait semblable à ce que nous observons pour tous les autres sphincters ; c'est en vertu de leur seule élasticité qu'ils ferment à l'état de repos l'orifice autour duquel ils sont placés. Mais si une cause quelconque tend à forcer le sphincter, le muscle cède promptement et l'urine traverse l'orifice du col. Comme cet appareil de contention existe seul chez la femme, il en résulte chez elle une difficulté plus grande à maintenir ses