

## ONZIÈME PARTIE

### APPAREIL GÉNITO-URINAIRE. — EMBRYOLOGIE

#### ORIGINE ET DÉVELOPPEMENT DE L'APPAREIL GÉNITO-URINAIRE

Il est impossible d'étudier les diverses parties de l'appareil génito-urinaire et de se rendre compte des homologues entre les organes mâles et femelles sans examiner à fond les origines embryonnaires de cet appareil ; c'est pourquoi nous ferons dès maintenant ici l'histoire complète du développement du *corps de Wolff*<sup>1</sup>, lequel commence par le canal de Wolff, et donne ensuite naissance, avec le canal de Müller (future trompe utérine), à toutes les parties internes sexuelles et urinaires.

Pour se rendre compte de l'origine du canal de Wolff, il faut examiner les coupes d'embryon de poulet à l'époque où le feuillet moyen vient de se diviser en deux lames : l'une fibro-cutanée, l'autre fibro-intestinale. La figure (175, A) nous représente une coupe de ce genre sur un embryon de poulet environ à la quarante-huitième heure de l'incubation. La couche *ee* représente le *feuillet externe du blastoderme* (feuillet corné, épiblaste, ectoderme), qui par une involution particulière a formé le tube médullaire (M); la couche *ii* représente le feuillet interne (feuillet glandulaire, intestinal, hypoblaste, entoderme), constitué par une simple rangée de cellules. Tout le reste de la figure (175, A) représente des parties formées par le feuillet moyen (mésoblaste, mésoderme) : 1° Sur les parties latérales ce feuillet *m* est divisé en deux couches dont l'une est accolée au feuillet externe (*ee*), c'est la lame fibro-cutanée ou musculo-cutanée (somatopleure, V. fig. C, en *m*), dont l'autre est accolée au feuillet interne, c'est la lame fibro-intestinale (splanchnopleure, en *m'*, fig. C). Entre la somatopleure et la splanchnopleure se trouve l'espace (P) qui deviendra plus tard la cavité péritonéale et la cavité pleurale (fente pleuro-péritonéale, cœlome). 2° La partie centrale du feuillet moyen est restée indivise, en ce sens que la fente pleuro-péritonéale ne pénètre pas jusqu'à l'axe du corps

<sup>1</sup> Wolff (G. F.), embryologiste allemand (1733-1794); Elève de Meckel, il publia dès 1759 son célèbre traité *Theoria generationis*; méconnu dans son pays, il trouva asile en Russie, sous la protection de l'impératrice Catherine.

de l'embryon; mais cette partie centrale s'est cependant partagée en diverses formations, qui sont : d'abord la corde dorsale (C), puis les masses vertébrales (protovertèbre, ou mieux *prévertèbre*, en 1, fig. A, B, C), et enfin, en dehors de la prévertèbre, une masse particulière, qui confine en dehors à l'extrémité interne de la cavité pleuro-péritonéale, masse à laquelle Waldeyer donne le nom de *germe uro-génital* (en 2, fig. A, B, C),

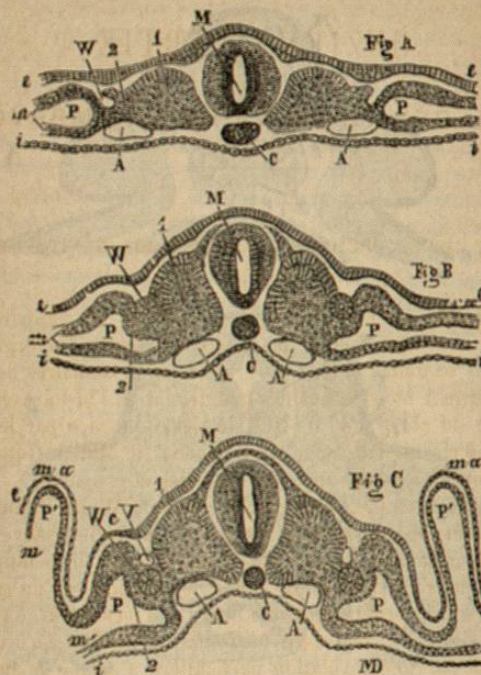


FIG. 175. — Coupes de l'embryon de poulet, montrant la formation du canal de Wolff. (Ces coupes sont faites perpendiculairement à l'axe du corps)\*.

Ce nom de germe uro-génital est justifié par ce fait que cette portion du feuillet moyen va donner naissance à toutes les parties essentielles des glandes urinaires et des glandes génitales aussi bien mâles que femelles.

C'est tout d'abord le canal de Wolff qui se développe aux dépens du

\* FIG. A (embryon au deuxième jour). — W, région du germe uro-génital, où va apparaître le canal de Wolff.

FIG. B (embryon au troisième jour). — W, canal de Wolff, constitué et isolé.

FIG. C (embryon à la fin du troisième jour). — W, canal de Wolff. — V, veine cardinale. — *m*, replis amniotiques. — P, le cœlome dans ces replis.

Dans ces trois figures : — *ee*, feuillet interne; — *m*, son feuillet fibro-cutané ou somatopleure; — *m'*, son feuillet intestinal ou splanchnopleure; fig. C); — P, cavité pleuro-péritonéale; — 2, germe uro-génital de Waldeyer; — 1, masse prévertébrale; — M, moelle épinière; — C, corde dorsale; — A, aorte; — V, veine.



germe uro-génital, par la formation d'une traînée cellulaire spéciale (fig. 175, A et B, en W.), bientôt creusée en canal (l'embryologie comparée montre d'une manière évidente que ce canal est un diverticule de la cavité pleuro-péritonéale)<sup>1</sup>. On trouve, chez le poulet, à la cinquantième et soixantième heure de l'incubation, la coupe de ce canal de Wolff dans la partie centrale du germe uro-génital, tout contre la limite interne de la

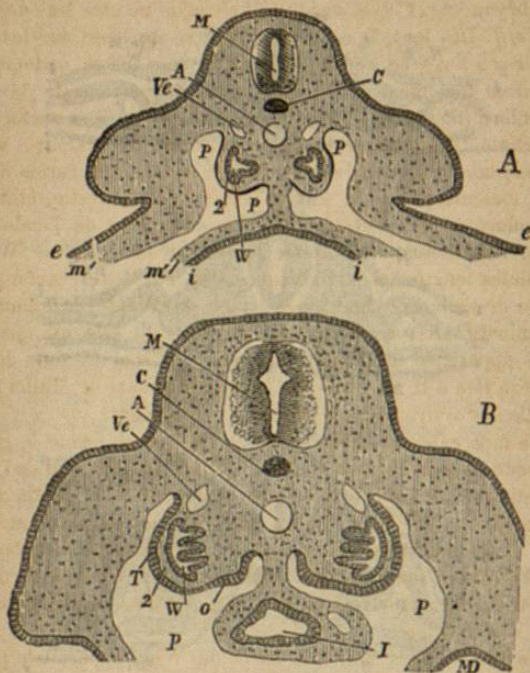


FIG. 176. — Coupes (perpendiculaires à l'axe du corps) sur des embryons de poulet au quatrième (A) et au commencement du cinquième jour (B) de l'incubation.

fente pleuro-péritonéale (fig. C). A ce moment le germe uro-génital présente un bord externe légèrement bombé et faisant saillie dans la fente pleuro-péritonéale.

<sup>1</sup> Mathias Duval, *Sur le développement de l'appareil génito-urinaire de la grenouille*, 1<sup>re</sup> partie, le rein précurseur. 1882.

\* FIG. A. — e, e, feuillet externe du blastoderme; — i, i, feuillet interne; — m, feuillet fibro-cutané; — m', feuillet fibro-intestinal; — P, P, cavité péritonéale; — M, moelle épinière; — A, aorte; — Ve, veines; — C, corde dorsale; — 2, éminence génitale (corps de Wolff); — W, canal de Wolff avec un diverticulum en voie de développement.

FIG. B. — Mêmes lettres; de plus: I, tube intestinal fermé; — O et T, épaississements de l'épithélium germinatif destinés à former l'ovaire (en O) et le tube de Müller (en T).

Mais bientôt sur le canal de Wolff se disposent une série de tubes qui, par un processus de formation pour lequel nous renvoyons aux traités d'embryologie, prennent naissance par des diverticules creux émanés de la cavité pleuro-péritonéale, mais perdent très vite toute connexion avec cette cavité (du moins chez les vertébrés supérieurs); ces tubes apparaissent alors comme partant du canal de Wolff et se dirigeant en dedans (vers l'axe de l'embryon; fig. 176) et constituent ce qu'on nomme les *canaux du corps de Wolff*. Dès lors, le corps de Wolff se présente, sur les coupes perpendiculaires à l'axe de l'embryon, comme une masse nettement circonscrite, faisant fortement saillie dans la cavité péritonéale de chaque côté du mésentère (fig. 176 B). Cette masse est tapissée, à sa surface libre, par un épithélium différent de celui qu'on rencontre sur les autres surfaces limites du coelome. Tandis que sur la surface interne des parois abdominales, sur la mésentère, sur la surface externe de l'intestin, etc., l'épithélium est mince et plat, revêtent déjà les caractères de l'endothélium des séreuses, l'épithélium qui tapisse la surface du corps de Wolff est formé de cellules longues et cylindriques (fig. B). Cette couche plus ou moins épaisse de cellules cylindriques a reçu de Waldeyer le nom d'épithélium germinatif (*Keimepithel*), parce que c'est elle qui, par deux processus en apparence très différents, mais qui sont au fond de même nature, donnera lieu à la formation de la trompe (canal de Müller), d'une part, et à celle des ovaires avec les ovules, d'autre part<sup>1</sup>.

C'est sur la face externe du corps de Wolff que se forme le canal de Müller. Il a pour origine, d'après Waldeyer, un pli longitudinal de l'épithélium germinatif qui s'enfonce dans le tissu connectif de la partie latérale externe du corps de Wolff (en M, fig. 177). Ce pli, en s'isolant bientôt de la couche épithéliale superficielle, se ferme et constitue un tube; mais en haut, c'est-à-dire à son extrémité antérieure, ce pli ne se ferme pas, et le tube reste largement ouvert en ce point. Ainsi se trouvent constitués la trompe et son pavillon.

Sur la face interne de la saillie du corps de Wolff apparaît le premier rudiment de la glande génitale, sous forme d'une petite proéminence que revêt une couche très épaisse d'épithélium germinatif (en O, fig. 176, B; et en O, fig. 177). Cet épaississement épithélial se rencontre aussi bien chez l'embryon qui évoluera dans la direction du sexe femelle que chez celui qui deviendra un mâle. A ce moment, on aperçoit, au milieu des cellules de cet épithélium germinatif, des formes particulières, remarquables par leur contour sphérique, leur noyau très développé, leur nucléole facilement visible; ces cellules sphériques ne sont autre chose que les premiers ovules formés (*ovules primordiaux*), et on les rencontre, chose remarquable, aussi bien dans l'épaississement épithélial de la future glande mâle que dans celui de la future glande femelle. Enfin, à la partie profonde de la saillie génitale, et en contact intime avec elle, on aperçoit, sur les coupes, les tubes de la portion supérieure du corps de Wolff (*w, w*, fig. 177), tubes qui se distinguent de ceux de la portion inférieure par leur calibre plus étroit, et par leur épithélium plus clair. On donne à cette région supé-

<sup>1</sup> Waldeyer, *Eierstock und Ei*, Leipzig, 1879.



rière du corps de Wolff le nom de *partie génitale* ou *sexuelle*, la région inférieure étant plus spécialement considérée comme *partie urinaire* (embryonnaire). Voyons comment cette première forme de glande sexuelle indifférente se transforme en testicule ou en ovaire.

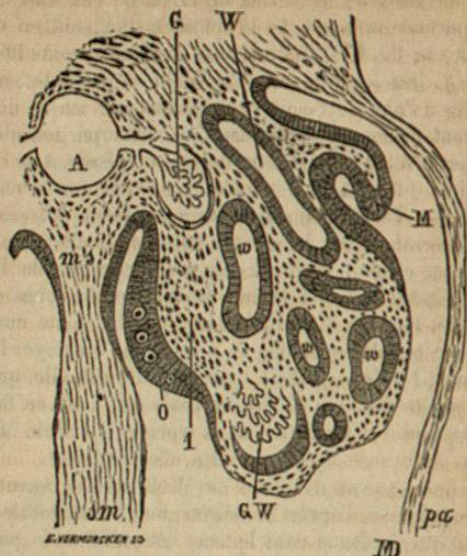


FIG. 177. — Corps de Wolff d'un embryon de poulet au cinquième jour de l'incubation\*.

Dans les premières phases suivantes de son développement cette glande reste encore un certain temps indifférente, ou pour mieux dire, hermaphrodite. En effet, qu'elle doive évoluer selon le type mâle ou le type femelle, on voit toujours l'épithélium germinatif avec les ovules primordiaux qu'il renferme, et qui se multiplie, former, dans le tissu mésodermique sous-jacent, des poussées qui donnent naissance à des cordons cellulaires; ces cordons cellulaires, auxquels on donne le nom de *tubes de Pflüger*, sont donc formés par des amas cylindriques de cellules de l'épithélium germinatif, renfermant de place en place des ovules primordiaux.

Si la glande sexuelle doit évoluer selon le type testicule, on voit alors que, dans les tubes de Pflüger mâles, les ovules primordiaux s'atrophient,

\* A, aorte; — ms, sm, mésentère (l'intestin n'est pas compris dans la figure); — pa, paroi abdominale latérale; — G, ramification vasculaire venue de l'aorte et allant former un *glomérule* du corps de Wolff (ou rein primitif); — W, coupe du canal de Wolff; — w, w, w, coupes diverses des ramifications des canaux secondaires du corps de Wolff; — GW, un de ces canaux en rapport avec un glomérule; — 1, stroma de la glande génitale; — O, épithélium de la glande génitale (épithélium germinatif très épaissi et montrant déjà des ovules primordiaux); — M, involution de l'épithélium germinatif donnant naissance au canal de Müller.

de sorte que ces tubes finiront par n'être plus constitués que par des cellules de l'épithélium germinatif. Ces tubes représentent dès lors les tubes seminifères, et c'est leur épithélium qui plus tard donnera naissance, par des transformations spéciales, aux spermatozoïdes. Ces tubes se mettent, en effet, en connexion avec les canaux de la partie sexuelle du corps de Wolff, partie qui représente dès lors l'épididyme (V. ci-après, p. 679, la fig. 192, côté A, en 1); la partie urinaire du corps de Wolff s'atrophie, et ne laisse comme trace que le *corps innominé* de Giraudeau, *paradidyme* de Waldeyer (fig. 192, côté A, en 2 et en x). Pour Lauth, Follin et Robin, le *vas aberrans* de Haller (x, fig. 192) n'est, lui aussi, autre chose qu'un débris du corps de Wolff; le canal de Wolff devient canal déférent; quant au canal de Müller, il s'atrophie, et ses deux extrémités seules subsistent sous forme d'organes rudimentaires, incompréhensibles sans le secours des données embryologiques; son extrémité supérieure forme l'hydatide de Morgagni (h, fig. 192, p. 679), petite vésicule kystique placée au-dessus de la tête de l'épididyme; son extrémité inférieure forme, en se réunissant à celle du côté opposé, l'utricule prostatique qui s'ouvre au sommet du *cerumontanum* (fig. 184, p. 656).

Si, au contraire, la glande sexuelle primitive doit évoluer selon le type femelle, les *tubes de Pflüger* ne restent pas sous la forme de tubes; ils s'étranglent de place en place, de façon à prendre la forme de chapelets dont chaque grain est constitué par une masse d'épithélium germinatif entourant un ovule primordial. Bientôt ces chapelets s'égrènent; les grains devenus indépendants constituent alors autant de vésicules de de Graf ou *ovisacs*, formés d'un ovule central entouré d'épithélium germinatif (ou *membrane granuleuse de l'ovisac*; voir ci-après). Il va sans dire que dans ces conditions aucune connexion ne s'est établie entre les tubes de Pflüger femelles et les canaux de la partie sexuelle du corps de Wolff. Nous reviendrons plus loin sur quelques-uns de ces détails (V. *Ovaire*, ci-après, p. 678) ainsi que sur les restes du corps de Wolff chez la femelle.

Nous avons parlé du canal de Wolff et du canal de Müller; pour en compléter l'étude, il nous suffira d'ajouter que ces canaux viennent s'ouvrir, chez le mâle comme chez la femelle, dans la partie postérieure du tube digestif, au niveau du point où ce tube donne naissance à un bourgeon creux destiné à former la vésicule allantoïde (fig. 178, 1 en B, et 2 en S-U, sinus uro-génital). En même temps, la partie tout inférieure du canal de Wolff donne naissance à un bourgeon creux qui se développe en montant derrière lui et va former la glande rénale (fig. 178, 2, en 3).

Si donc on considère surtout les connexions de ces différentes parties avec le tube intestinal, on peut décrire de la manière suivante les dispositions de ce tube à cette époque. Il présente à son extrémité inférieure (fig. 178) un bourgeon (B); et l'éperon E, qui sépare le tube primitif du bourgeon récent, s'accroissant de plus en plus, on trouve bientôt à ce niveau deux cavités: 1° l'ancienne cavité du tube digestif, qui formera le *rectum*; 2° en avant, une cavité *uro-génitale* ou *sinus uro-génital*, qui est en connexion avec les tubes sus-indiqués de l'appareil génito-urinaire.

1° Le premier de ces tubes (fig. 178, 2, en 1) présente lui-même des tubes latéraux qui en font un organe *penniforme*. C'est le *corps de*



Wolff, qui paraît jouer un rôle important dans la vie fœtale, car il se développe beaucoup et occupe une grande partie de la cavité abdominale. A cette époque, il renferme des éléments analogues aux *glomérules de Malpighi* du rein, et il paraît remplir les fonctions que remplira plus tard cet organe; aussi lui a-t-on donné le nom de *rein primordial* (Jacobson<sup>1</sup>, Rathke). Mais vers la fin de la première moitié de la vie fœtale, ces organes s'atrophient et disparaissent presque totalement chez le fœtus femelle,

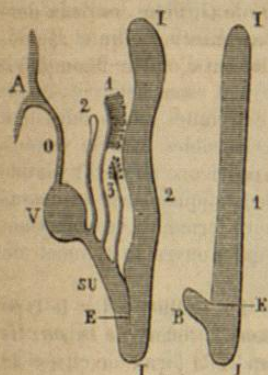


FIG. 178. — Schéma de la formation des organes génito-urinaires\*.

tandis qu'ils contribuent à former, nous l'avons dit ci-dessus (p. 635), une partie des organes génitaux mâles. 2° Le second tube ne présente pas de végétations secondaires. C'est le simple tube connu sous le nom de *conduit de Müller* (fig. 178-2, en 2). Ce conduit est essentiellement appelé à constituer les parties les plus importantes des organes génitaux de la femme : les trompes et l'utérus ; chez l'homme, il ne forme que des organes relativement inutiles, vestiges de l'état embryonnaire, comme l'*utricule prostatique* et un petit appendice de l'épididyme (l'*hydride pédiculée* de Morgagni). 3° Le troisième tube ou cœcum (fig. 178-2, en 3) présente un grand nombre de végétations secondaires, mais qui se font à l'extrémité du canal, et en irradiant. Ces bourgeons secondaires prennent eux-mêmes la forme canaliculée, se juxtaposent, s'entremêlent et vont finalement aboutir à un petit *peloton vasculaire* contre lequel vient pour ainsi dire buter leur extrémité en cœcum ; dès lors ils ne se développent plus. Ils embrassent, chacun par son extrémité cœcale, un peloton vasculaire, qui refoule le cul-de-sac dans l'intérieur du tube de façon à se loger dans une capsule terminale (V. fig. 180, p. 639). Telle est la formation des *tubes urinifères* et des *glomérules de Malpighi*, du rein, en un mot.

Enfin, outre ces trois tubes de chaque côté, le *sinus uro-génital* se développe par son extrémité antérieure<sup>2</sup> et va constituer le canal *allantoïdien* (*ouraque*) et la *vésicule allantoïdienne* (fig. 178, O, A), dont nous étudierons plus tard les fonctions à propos du placenta ; contentons-nous d'indiquer pour le moment que l'allantoïde et son canal, l'ouraque, dispa-

<sup>1</sup> Jacobson, chirurgien anatomiste né à Copenhague en 1783; étudia l'anatomie à Paris sous la direction de Cuvier.

<sup>2</sup> V. Mathias Duval, *Recherches sur l'origine de l'allantoïde*, Paris, 1877.

\* 1) I, I, tube intestinal avec le bourgeon B, qui commence à s'isoler par l'éperon E.

2) L'éperon E s'est très accentué; le bourgeon B s'est très développé et a donné au loin l'allantoïde A (dont on ne voit que le commencement, le pédicule), et successivement, en allant de l'allantoïde vers le tube intestinal, l'ouraque O, la vessie V, le sinus uro-génital SU, qui lui-même est en connexion avec trois conduits qui sont: 1, pour le corps de Wolff; — 2, pour l'organe de Müller; — 3, pour le rein.

raissent chez l'adulte, et qu'il ne reste plus que la partie toute inférieure du canal, laquelle se développe énormément sous la forme de réservoir et constitue la *vessie*.

Ce rapide coup d'œil sur l'origine des appareils génitaux et urinaires nous fait voir entre eux une grande parenté, et par conséquent nous devons nous attendre à de grandes analogies entre leurs épithéliums.

Nous allons étudier successivement l'*appareil urinaire*, l'*appareil génital de l'homme*, l'*appareil génital de la femme*. Pour ces deux derniers nous aurons à revenir sur les conditions embryologiques rapidement esquissées déjà, et qui seules nous permettront d'établir l'homologie des organes des deux sexes.

## I. — Appareil urinaire

### A. Sécrétion de l'urine.

**Tubes urinifères.** — Les *canaux* ou *tubes* qui composent le parenchyme rénal sont des tubes à direction rectiligne dans la *partie médullaire* du rein (*tubes de Bellini*<sup>1</sup> fig. 179), puis repliés et contournés sur eux-mêmes (*tubes de Ferrein*<sup>2</sup>) dans la *substance corticale* (fig. 180). L'union des tubes de Ferrein avec ceux de Bellini se fait non pas directement mais par l'intermédiaire de canaux qui affectent la forme d'anses, et qu'on nomme *canaux à anse de Henle*<sup>3</sup>. D'autre part, chaque tube se termine par une dilatation ampullaire dans laquelle fait hernie un peloton sanguin (*glomérule de Malpighi*), formé par la capillarisation d'une artériole (*vaisseau afférent*) (fig. 180, a). Ces capillaires pelotonnés se réunissent en un petit *tronc efférent* qui sort du glomérule par le même point

<sup>1</sup> Bellini, anatomiste italien (1643-1794); c'est à dix-neuf ans qu'il publia sa découverte des tubes urinifères, à Pise, où il fut professeur dès 1663.

<sup>2</sup> Ferrein (Antoine), médecin français (1693-1769), fit ses études à Montpellier et devint professeur à Paris.

<sup>3</sup> Les canaux en anse de Henle sont la suite des tubes de Ferrein, qui, à un moment donné, s'aminçissent considérablement, deviennent *rectilignes* et descendent dans la substance médullaire des pyramides (à côté des tubes de Bellini), puis se *recourbent* en se *dilatant* de nouveau pour remonter dans la substance corticale; là ces canaux s'*infléchissent* de nouveau, puis se continuent finalement avec le commencement du vrai tube de Bellini. En un mot, les tubes de Henle constituent des anses, en forme de siphons renversés, entre le tube de Ferrein et le tube de Bellini. On n'a, au point de vue physiologique, aucune notion sur le rôle de ces anses, non plus que sur la signification de leur rétrécissement dans leur branche descendante et de leur dilatation dans leur branche ascendante. Signalons enfin un dernier détail, c'est que leur épithélium est clair et transparent dans la branche étroite et descendante, foncé, trouble et granuleux dans la partie large et ascendante.



ou par un point voisin de celui par où est entré l'afférent (fig. 180, pV). Mais ce qu'il y a de remarquable, c'est que le vaisseau efférent ne va pas de suite se réunir à ses congénères pour constituer la veine rénale. Presque immédiatement après sa sortie du glomérule, il se divise de nouveau, se capillarise et forme dans le

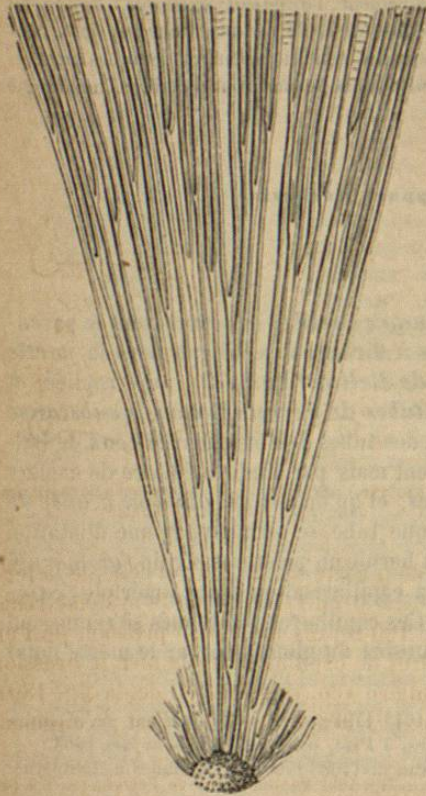


FIG. 179. — Tubes droits du rein\*.

parenchyme rénal un réseau capillaire (RC, fig. 180) dont les mailles s'entrelacent avec les canaux urinifères. Ce tronc efférent (pV) ne mérite donc pas le nom de veine pure et simple; c'est un système à part qu'on peut à la rigueur considérer comme une *veine porte rénale*, puisqu'il est intermédiaire entre deux systèmes capillaires, celui des glomérules et celui du parenchyme rénal; c'est à ces derniers capillaires que succèdent les vraies origines de la veine rénale (fig. 180, V).

#### Circulation rénale. —

Cette disposition du système vasculaire dans le rein doit être prise en sérieuse considération dans toute théorie ayant pour objet le mécanisme intime de la sécrétion urinaire.

\* Origine et dichotomie des canalicules urinifères de la substance médullaire du rein humain (tubes de Bellini) — (D'après Schumlansky).

dans les deux systèmes de capillaires rénaux, les pressions ne seront nullement ce qu'est la pression normale dans les capillaires ordinaires (des membres, par exemple). En effet (fig. 181), tandis que dans ces derniers, par suite de leur position moyenne (V. *Circulation*, p. 224) entre l'origine du cône artériel et la terminaison du cône veineux, la pression est elle-même moyenne entre les deux pressions extrêmes correspondantes, c'est-à-dire est représentée par

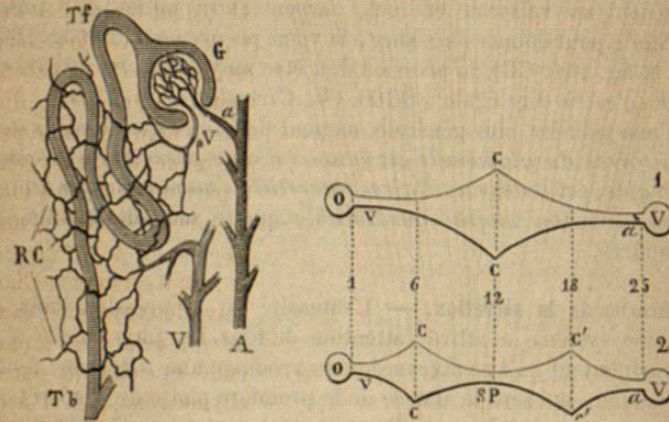


FIG. 180. — Schéma du rein et de sa circulation\*.

FIG. 181. — Schéma des deux systèmes de capillaires du rein (veine porte rénale)\*\*.

12/100 (celle de l'origine de l'aorte = 25/100, et celle de la terminaison de la veine cave = 0 ou 1/100); dans le système rénal au contraire, ce nombre 12/100 représente non la pression de l'un ou de l'autre des deux ordres de capillaires, mais bien la pression du tronc efférent glomérulaire (du vaisseau pV de la fig. 180), puisque, comme le montre le schéma (fig. 181), c'est précisément

\* Tf, tube droit ou de Bellini; — Tf, tube contourné ou de Ferrein (on n'a pas représenté les canaux à anse de Henle); — G, glomérule avec son peloton vasculaire; — a, artériole afférente aux capillaires du glomérule; — pV, vaisseau efférent qui se capillarise de nouveau au milieu des tubes rénaux (en RC) avant d'aboutir dans le véritable vaisseau veineux (V).

\*\* La superposition des figures montre que les pressions ne sont pas les mêmes dans les capillaires de la circulation générale, et dans chacun des systèmes capillaires du rein (au niveau du glomérule et dans les interstices des tubes).

1) Circulation générale: — V, ventricule; — O, oreillette; — a, artère; — V, veines; — C, capillaires (pression = 12).

2) Circulation rénale: — V, ventricule; — O, oreillette; — a, artère rénale et vaisseaux afférents du glomérule; — c, c, capillaires du glomérule (pression = 18); — SP, vaisseaux efférents du glomérule (représentant le tronc d'une veine porte, le vaisseau pV, de la figure 180); — c, c, capillaires résultant de la dichotomie de ce tronc efférent au milieu des tubes rénaux (pression = 6); — V, veine rénale proprement dite, succédant à ce second système de capillaires.



ce tronc efférent (SP) qui est placé au milieu de la distance entre le ventricule gauche (V) et l'oreillette droite (O).

Quant à la pression dans les capillaires rénaux, un calcul semblable nous montre que dans ceux du glomérule, c'est-à-dire dans ceux qui sont placés entre le système artériel proprement dit et le vaisseau efférent (SP, fig. 181), la pression doit être moyenne entre 25/100 et 12/100, c'est-à-dire de 18/100 (en C'C', fig. 181). Dans ceux qui succèdent au vaisseau efférent, serpentent au milieu des tubes unirifères pour donner naissance à la veine proprement dite (fig. 180, RC, et fig. 181. CC), la pression doit être moyenne entre 12/100 et 1/100, c'est-à-dire égale à 6/100. (V. *Circulation*, p. 224).

D'une manière plus générale, on peut donc dire 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.

**Théories de la sécrétion.** — L'intensité de la pression dans le premier système a attiré l'attention de tous les physiologistes et tous admettent qu'à ce niveau doit se produire une *filtration* toute mécanique, qui sera la source de la première phase de la sécrétion urinaire ; mais on n'est pas d'accord sur la nature du liquide filtré. Pour les uns (Bowman), ce n'est que de l'eau ; pour les autres (Ludwig), c'est de l'urine complète, mais trop diluée, et n'ayant qu'à perdre une partie de son eau pour devenir l'urine telle qu'elle est versée dans la vessie.

**Première théorie.** — Aujourd'hui la plupart des auteurs se rattachent à la théorie de Bowman, et invoquent en sa faveur les expériences de Heidenhain. Cet auteur, ayant observé que le rein vivant est le lieu particulier d'élimination de l'indigo injecté dans le sang, a pensé que cette élimination de l'indigo devait se faire de la même manière et par les mêmes éléments anatomiques que celle des principes spécifiques de l'urine. Dans la pensée que le glomérule laisse passer seulement de l'eau, et qu'à cette eau, pendant qu'elle parcourt les tubes du rein, viennent s'ajouter les principes constitutifs de l'urine (urée, sels, matières colorantes), lesquels seraient fournis par l'épithélium des tubes, Heidenhain a recherché comment se faisait l'élimination de l'indigo chez les animaux auxquels on faisait une saignée très abondante, ou auxquels on pratiquait la section de la moelle au-dessous du bulbe. Par l'une comme par l'autre de ces opérations on diminue et rend presque nulle la pression du sang dans le rein, et on supprime la production de la partie aqueuse de l'urine, mais dans ces cas on voit cependant les canalicules con-

ournés de Ferrein et les branches montantes des anses de Henle se gorger d'indigo, tandis que les glomérules restent incolores, ainsi que les tubes grêles de l'anse de Henle. Ces canalicules contournés et les branches montantes ou larges de l'anse ont donc fonctionné d'une manière indépendante pour éliminer l'indigo. Or ces parties sont précisément celles qui sont revêtues (voy la note page 637) d'un épithélium granuleux rappelant l'aspect des cellules des glandes. On en conclut donc que les glomérules président à la filtration de l'eau, et que cette eau devient urine en recevant de l'épithélium de certaines parties des tubes unirifères les principes caractéristiques de l'urine<sup>1</sup>.

**Seconde théorie.** — Quoique la théorie précédente soit adoptée actuellement par la grande majorité des auteurs, et qu'elle paraisse appuyée sur des faits expérimentaux, nous croyons devoir donner ici quelques développements à une autre théorie (dite théorie de Kuss), qui sans doute repose bien plus sur des arguments que sur des faits, mais qui cependant tient un compte rigoureux de toutes les conditions si particulières de la circulation rénale.

Or, si nous appliquons au peloton vasculaire du glomérule les connaissances que nous fournit la physiologie des capillaires des autres parties du corps, en nous rappelant que les capillaires du glomérule présentent la même structure que ceux de toute autre région, nous devons conclure qu'ici doit se produire normalement, vu l'excès normal et permanent de pression, ce qui se produit anormalement dans toute autre région, lorsque la pression sanguine est exagérée. Or, lorsqu'une ligature comprime les veines du bras, lorsqu'une cause pathologique quelconque arrête la circulation veineuse abdominale, en un mot toutes les fois que la pression augmente dans des capillaires, ceux-ci laissent filtrer à travers leurs parois la partie liquide du sang, le sérum avec tous ses principes constitutifs, eau, albumine, etc. Nous sommes donc autorisés à penser qu'il en est de même normalement au niveau du glomérule, et que celui-ci laisse passer dans le tube unirifère, non de l'eau pure, mais le sérum du sang, sans distinction de ses éléments.

Tel serait donc le premier phénomène de la sécrétion de l'urine : *filtration du sérum sanguin*. Voyons maintenant comment le produit de la filtration glomérulaire se transforme en urine ; il est évident que cette transformation va se faire dans le trajet sinueux des tubes unirifères que parcourt le liquide filtré pour se rendre de son point d'origine vers le bassinnet.

Les auteurs qui ne voient dans le liquide filtré que de l'eau pure ne peuvent concevoir l'achèvement de l'urine que par une *sécrétion* des parois des canalicules unirifères, sécrétion qui vient *ajouter* à l'eau les matières que l'urine doit contenir, comme il a été dit ci-dessus. Ceux qui, comme

<sup>1</sup> Voy. Charcot, *Leçons sur les maladies du foie et du rein*, 1877, p. 279



Ludwig et V. Wittich<sup>1</sup>, voient, dans le produit filtré, de l'urine trop diluée, conçoivent, au contraire, l'achèvement de celle-ci par une simple *résorption aqueuse* effectuée par les parois des tubes urinifères et amenant l'urine au degré de concentration voulu.

De même, en admettant que le produit de la filtration glomérulaire est du sérum sanguin, comme, d'autre part, l'étude comparée de la composition du sérum et de l'urine montre que d'une manière générale le *premier liquide ne diffère du second que par de l'albumine en plus*, nous sommes amenés à concevoir l'achèvement de l'urine par la *résorption de cette albumine*, résorption qui se fera nécessairement dans le long circuit des tubes urinifères.

Cette manière de concevoir la *seconde phase* du travail rénal résulte nécessairement de l'idée que nous nous 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, au moins dans une partie de leur trajet, clair et transparent, et non granuleux comme les épithéliums des culs-de-sacs sécréteurs de glandes. Cet épithélium paraît donc plutôt destiné 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 paraîtra 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'albumine<sup>2</sup>.

D'autre part, 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

<sup>1</sup> Wittich, *Virchow's Archiv für pathologische Anatomie*, Band X. — Donders, *Physiologie des Menschen*, Leipzig, 1859, Band I.

<sup>2</sup> Les considérations de pathologie qui se rattachent à la théorie de la sécrétion urinaire telle que nous venons de l'exposer, ont été développées, surtout au point de vue de l'albuminurie, dans la thèse de G. Fayet, *Essai sur la pathologie de l'albuminurie*, Montpellier, 1872. — V. aussi J.-B. Ollinger, *Esquisse de la physiologie de la fonction urinaire*, thèse de Paris, 1873, n° 84.

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 composerait de deux phases bien distinctes: 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 cellulaires 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.

Quelle que soit la théorie admise pour le mécanisme de la sécrétion de l'urine, il est en tout cas démontré que le rein ne forme pas, n'élabore pas les principes contenus dans l'urine, mais ne fait que les séparer du sang. On a longtemps cru que le rein formerait l'urée, comme les glandes salivaires forment la ptyaline, l'estomac, la pepsine, etc.; mais il est prouvé aujourd'hui que toute l'urée que l'on trouve dans les urines était primitivement contenue dans le sang. Les physiologistes ont été longtemps partagés à ce sujet; la question se réduisait à une question de dosage; il s'agissait de démontrer que l'urée préexiste dans le sang et ne se forme pas dans le rein, c'est-à-dire que le sang de la veine rénale possède normalement moins d'urée que celui de l'artère, et que la ligature des uretères ou l'ablation des reins produisent le même effet. En France, Prévost et Dumas, Ségalas et Vauquelin, Claude Bernard et Barreswil, Picard<sup>3</sup>, étaient arrivés à ces conclusions; mais, en Allemagne, on contestait le résultat de leur recherches en attaquant leurs divers procédés de dosage de l'urée; Oppler, Perls, Hermann, Hoppe-Seyler et Zalesky prétendaient que l'urée se forme en grande partie dans le tissu rénal, comme la ptyaline se forme dans les glandes salivaires; une macération du rein aurait donné naissance à de l'urée, comme une macération de la parotide

<sup>3</sup> J. Picard, *De la présence de l'urée dans le sang et de sa diffusion dans l'organisme*, Strasbourg, 1856.



donne lieu à de la diastase animale. Enfin Zalesky prétendait que l'ablation des reins (néphrotomie) et la ligature de l'uretère, produisaient des accidents différents; que, dans la ligature de l'uretère, l'urée se trouvait en bien plus grande abondance dans le sang, et amenait plus rapidement les accidents urémiques.

La question n'a pu être tranchée que par l'emploi d'un procédé de dosage d'une exactitude incontestable; c'est le procédé qu'a employé Gréhant; il s'est servi du réactif de Millon ou nitrate nitreux de mercure, qui décompose l'urée en volumes égaux d'acide carbonique et d'azote, et il a donné à ce procédé de dosage son caractère de rigueur et d'exactitude en s'attachant à recueillir tout l'acide carbonique et tout l'azote provenant de cette réaction, de sorte que, dans chaque analyse, l'égalité des volumes trouvés d'acide carbonique et d'azote lui a donné la certitude que l'urée seule avait été décomposée. Il a ainsi démontré que l'accumulation de l'urée dans le sang, après la néphrotomie, se fait d'une manière continue, et que dans ce cas, comme dans la ligature de l'uretère, le poids d'urée qui s'accumule dans le sang est égal à celui que les reins auraient excrété; que, après la ligature des uretères, le sang qui sort du rein contient exactement la même quantité d'urée que celui qui entre dans cet organe; que, à l'état normal, le sang de la veine rénale contient moins d'urée que celui de l'artère, et que ce déficit correspond précisément à la quantité d'urée qui est rejetée pendant ce temps par les urines<sup>1</sup>.

On est donc en droit de conclure aujourd'hui, d'une manière incontestable, que le rein n'est, relativement à l'urée, qu'un *organe d'excrétion* où ce produit s'élimine, après s'être formé dans toute l'économie; si la macération du rein a donné à Hermann une certaine quantité d'urée, c'est que le filtre rénal peut être imprégné de cette substance et en abandonner par le lavage. Mais on ne saurait cependant assimiler complètement le rein à un filtre; il se passe en effet au niveau des épithéliums des tubes rénaux des actes spéciaux d'élection sur certaines substances; quelle que soit la théorie admise pour le mécanisme de la production de l'urine, ce sont ces phénomènes spéciaux localisés dans l'épithélium rénal qui constituent par leur ensemble le phénomène de la sécrétion rénale, et on ne saurait dire, à ce point de vue, que le produit de la sécrétion rénale soit un produit de filtration pure et simple. C'est ce que prouve la composition de l'urine.

<sup>1</sup> V. Gréhant, *Cours de l'école pratique de la Faculté de médecine de Paris (Revue des cours scientifiques, novembre, 1871)*.

### B. Composition de l'urine.

L'urine est sécrétée dans les vingt-quatre heures en quantités variables, qui oscillent à l'état normal entre 1200 et 1500 grammes. La quantité d'urine produite est en raison inverse de la sueur; aussi l'urine est-elle moins abondante en été qu'en hiver. En moyenne, et en se reportant à l'unité de poids, on peut dire que chaque kilogramme d'être humain excrète 19 à 20 grammes d'urine par vingt-quatre heures, ce qui pour un homme de 60 kilogrammes donne une urine totale de 1200 grammes. Il est presque superflu d'indiquer ici l'influence qu'exerce, sur cette quantité d'urine, l'ingestion de boissons abondantes. Il sera peut être plus intéressant de noter l'influence de l'activité nerveuse, et c'est ainsi que s'explique la différence si sensible entre les heures de repos et les heures de travail: il y a comme polyurie dans la journée, et anurie relative dans la nuit.

Cette urine est une solution acide de divers principes dans l'eau; les principes dissous varient fort peu en quantité; toutes les variations sont dues à la proportion d'eau; en un mot, les urines sont à l'état normal plus ou moins *abondantes*, parce qu'elles sont plus au moins *diluées*.

La densité de l'urine est de 1015 à 1020 (la densité de l'eau distillée, prise par unité, étant représentée pour 1000); sa couleur normale est jaune ambré ou rougeâtre; son odeur spéciale, dite urineuse, est due à des acides volatils (phénique, taurilique, damalorique); sa saveur est amère et légèrement salée. Sa réaction est acide, et est due à la présence de l'acide urique et du phosphate acide de soude; un temps variable après son émission, elle tend à devenir alcaline, par décomposition de l'urée qui donne naissance à de l'ammoniaque. (L'urine est alcaline chez les herbivores; voir plus loin.)

**Eau de l'urine.** — La *quantité d'eau* contenue dans l'urine varie d'après l'état de la circulation et l'état du sang; la sécrétion urinaire se composant de deux actes, dont l'un est une filtration par pression, plus la tension artérielle sera grande, plus il y aura d'urine, c'est-à-dire d'eau éliminée; en un sens inverse, toutes les fois que la tension artérielle est faible, les urines sont rares. Les médecins savent parfaitement qu'il ne faut pas compter sur les diurétiques avec les malades dont le pouls est très mou et très faible, et qu'alors le meilleur diurétique sera le médicament capable de relever la force du cœur et la circulation. Sous ce rapport, la sécrétion urinaire est très importante; elle constitue une espèce de soupape de sûreté par laquelle le sang se débarrasse



de son excès d'eau. Après les repas, il y a une sorte de pléthore générale, une augmentation dans la tension du sang, et, par suite, filtration d'une urine abondante et très diluée (*urina potus et cibi*). Le matin, au contraire, l'urine, sécrétée pendant le repos de la nuit, est plus concentrée et plus rare, parce qu'aucune cause n'est venue augmenter ni la quantité du liquide sanguin, ni sa pression. Le rein est donc la principale surface où se dégage l'excès d'eau de l'organisme, et cela par un effet purement mécanique, en vertu même de l'existence de cet excès. Le poumon élimine aussi un peu d'eau, mais en très faible quantité; la sueur est aussi une voie de départ pour l'eau, mais voie très capricieuse et nullement mécanique (V. p. 520); la sécrétion de la sueur est une vraie sécrétion, elle se fait par un travail épithélial sous l'influence du système nerveux, et n'obéit nullement à l'état de tension du système circulatoire; c'est souvent au moment où le pouls est le plus bas que d'abondantes sueurs se produisent, comme, par exemple, dans l'agonie<sup>1</sup>. (V. *Fonctions de la peau, glandes sudoripares.*)

**Résidu solide de l'urine.** — Les substances dissoutes dans l'eau de l'urine sont, au contraire, représentées par une quantité à peu près constante pour les vingt-quatre heures. On peut établir une véritable proportion entre le poids de l'organisme et la quantité de résidu solide contenu dans l'urine d'un jour. Chaque kilogramme de l'animal sécrète un peu moins de 1 gramme d'urine anhydre; donc l'urine de l'homme, dont le poids est en moyenne de 65 kilogrammes, contiendra en moyenne 60 grammes de matériaux solides. Mais cette quantité peut varier selon les saisons, et surtout l'alimentation, de sorte qu'en général les physiologistes français ont trouvé un chiffre inférieur à celui constaté par les Allemands ou les Anglais (40 grammes en France, 67 à 70 grammes en Allemagne et en Angleterre<sup>2</sup>). La différence de ces résultats tient surtout à la différence de l'alimentation, de même que la

<sup>1</sup> Cependant, nous l'avons dit, la sécrétion de la sueur offre une intensité directement inverse de la sécrétion urinaire: en été, où la transpiration évacue une grande quantité d'eau et d'urée, les urines sont rares; l'inverse a lieu en hiver. Sappey, qui insiste beaucoup sur cette alternance de la fonction cutanée et rénale, exprime le regret que des mensurations précises n'aient pas cherché à déterminer s'il existe chez les peuples du Nord, par exemple, un développement plus considérable du parenchyme glandulaire rénal, relativement à l'appareil sudoripare, que chez les habitants des pays tropicaux. Ce serait là un caractère ethnographique intéressant à fixer.

<sup>2</sup> Tableau des principaux principes contenus dans l'urine. Pour 1 litre d'urine

quantité d'eau de l'urine tient à la différence des boissons; dans les pays où la bière forme la boisson ordinaire, les urines sont beaucoup plus abondantes.

**Urée.** — Les 60 grammes d'urine anhydre (des vingt-quatre heures) se répartissent d'une façon assez régulière entre divers matériaux constants, et qui proviennent du sang, puisque d'après la théorie, confirmée par les expériences, il ne doit rien se trouver dans l'urine qui ne préexiste dans le sang. Près de la moitié (30 grammes en vingt-quatre heures, environ 20 grammes par litre) est représentée par une substance que nous avons déjà signalée dans presque tous les liquides de l'organisme, c'est l'urée. L'urée est un principe azoté; c'est, de tous les produits excrémentitiels de l'organisme, celui qui élimine le plus d'azote. Il est démontré que l'urée excrétée est presque toute l'urée à laquelle pouvaient donner naissance les aliments, ce sont les 4/5 d'après Lehmann; on se rend compte du dernier 1/5 en se rappelant que la respiration en excrète un peu, ainsi que l'exfoliation épidermique et la sécrétion de la sueur.

On analyse la teneur de l'urine en urée par la réaction de l'hypobromite de sodium, qui, en solution alcaline, décompose l'urée en eau et en acide carbonique (qui reste dissous dans le liquide) et en azote, qui se dégage, et peut être mesuré en le recueillant, dans un tube gradué, chaque centigramme d'urée donnant 3<sup>cc</sup>.7 d'azote. On se sert à cet effet d'un tube gradué (tube d'Yvon, fig. 182) portant vers son quart supérieur un robinet. Le tube plongeant dans une cuve à mercure de façon que sa partie inférieure soit remplie de mercure jusqu'au robinet, on verse dans la partie supérieure, avec une pipette, un centimètre cube d'urine. En



FIG. 182. Tube d'Yvon pour le dosage volumétrique de l'urée.

(1000 grammes) pris dans le mélange de l'ensemble des urines de 24 heures, on trouve :

Eau. . . . .	955 grammes.		
	Urée. . . . .	20	(30 en 24 heures).
	Ac. hippurique. . . . .	1	
Matières organiques. . . . .	30	Ac. urique. . . . .	0,4
		Créatinine. . . . .	1,1
		Créatine. . . . .	0,5
		Divers. . . . .	7,0
Matières inorganiques. . . . .	15	Na Cl. . . . .	10,0 (12 à 14 par 24 h.)
		Sulfates. . . . .	2,5
		Phosphates. . . . .	2,5
Total. . . . .	1000		



ouvrant le robinet avec précaution, on fait descendre l'urine dans la partie inférieure, au-dessus du mercure; puis on verse au-dessus du robinet un peu de lessive de soude, qu'on fait semblablement passer sous le robinet. C'est alors qu'on ajoute 5 centimètres cubes de solution d'hypobromite, qu'on fait également passer sous le robinet, qui est ensuite fermé. L'urée est décomposée, et l'azote qui se dégage se rassemble sous le robinet, où la graduation du tube permet d'évaluer la valeur de gaz produit.

La quantité d'urée peut varier sous l'influence de conditions bien déterminées; comme elle est le résidu de la combustion des albuminoïdes dans l'organisme, elle sera d'autant plus abondante que la nourriture sera plus animale. En Angleterre, où la nourriture est très abondante et surtout très animale, on cite comme normaux des chiffres relativement très élevés. Dans l'abstinence complète, l'urée arrive à son minimum (17 grammes par vingt-quatre heures), mais il y en a toujours dans l'urine, parce que dans ces conditions l'animal se nourrit aux dépens de sa propre substance, et que, par suite, son régime est azoté.

Dans les maladies fébriles on peut dire qu'il existe en général un rapport direct entre le degré de la chaleur animale et la quantité d'urée éliminée (Hepp et Hirtz). Un fait à noter, c'est que la diète agit sur l'urée en sens inverse de la fièvre. Il peut donc arriver que, dans les fièvres qui ont duré longtemps, l'urée, sans cesser d'être considérable, le devienne moins, quoique la température se maintienne élevée. Dans certaines maladies, au contraire, la chaleur restant normale, l'urée s'élève accidentellement aux proportions que lui donne l'état fébrile: c'est particulièrement dans la cirrhose du foie que l'on a trouvé dans ces cas l'urée augmentée (Andral).

*Acide urique, créatine, etc. (matières extractives).* — Les 30 autres grammes d'urine anhydre (moins l'urée) se répartissent de la manière suivante:

Il y a 10 grammes de matières qu'on désignait autrefois sous le nom de *matières extractives* et qui sont aujourd'hui bien caractérisées par la chimie comme des produits incomplets de la combustion des albuminoïdes: ce sont la *créatine* (0,7 par vingt-quatre heures), la *créatinine* (1,30 par vingt-quatre heures), la *xanthine* (0,02), l'allantoïne (0,02), l'acide hippurique (1,28 par vingt-quatre heures), l'acide lactique (1,9), les matières colorantes (1,03), etc.; mais le plus intéressant est l'*acide urique*, peu abondant, il est vrai, mais qui, dans certaines circonstances, peut s'accumuler en grande quantité dans l'urine ou être retenu dans les tissus (diathèse urique; goutte; *tophus* d'urate de soude).

Dans l'état normal, ce corps est peu abondant (6 décigrammes par vingt-quatre heures); du reste l'acide urique est surtout remarquable par son peu de solubilité. L'eau n'en dissout que 1/2000 de son poids. Cette solubilité est trop faible pour expliquer comment l'acide urique de l'urine est dissous; il est, il est vrai, à l'état d'urates, mais ceux-ci étant presque aussi insolubles que lui (1/1500), on admet que l'acide urique ou les urates sont dissous à la faveur du phosphate acide de soude ou bien à la faveur de la matière colorante. Il est de fait que l'urine évacuée et abandonnée à elle-même subit une espèce de fermentation lactique, à laquelle semblent prendre une grande part les matières colorantes, qui se détruisent; et dès lors l'acide urique se précipite. Chez un grand nombre d'animaux, chez les herbivores, l'acide urique est remplacé par un acide analogue, l'*acide hippurique*, qui se compose d'acide benzoïque et de glyco-colle; et, en effet, l'homme peut amener la présence de cet acide hippurique dans ses urines, en absorbant de l'acide benzoïque; la glyco-colle ou sucre de gélatine est alors fournie par les métamorphoses des tissus connectifs.

Ainsi, des parties solides de l'urine (60 grammes par vingt-quatre heures), d'après les résultats sus-indiqués, 40 grammes sont représentés par des composés organiques (30 d'urée, 10 de créatine, créatinine, acide urique, hippurique, etc.).

*Sels minéraux.* — Il ne reste donc plus que 20 grammes d'urine anhydre dont nous ayons à indiquer la composition: ces 20 grammes sont représentés par des sels, dont 12,5 de chlorure de sodium, 4,0 de phosphates et 3,5 de sulfates; ce sont donc des substances minérales ou inorganiques, qui, dans l'urine de vingt-quatre heures, sont, aux matières organiques, dans le rapport de 20 à 40. (Voir page 647, en note, ces mêmes proportions dans le tableau de la composition de 1 litre de l'urine des vingt-quatre heures.) Ces sels sont la plupart à base de soude; il y a aussi quelques sels de chaux, tenus en dissolution à la faveur d'un excès d'acide. Aussi les urines alcalines, celles des herbivores, par exemple, sont-elles très troubles, et l'urine du cheval a servi de type pour désigner les urines pathologiquement alcalines et très troubles, d'où le nom d'*urines jumentuses*. Un fait intéressant, c'est que l'alimentation n'est pas sans influence sur la présence des phosphates et des sulfates: nous ingérons en général peu de phosphates et de sulfates, mais dans nos aliments il se trouve une certaine quantité de soufre et de phosphore contenus dans les matières organiques, albumine, protéine, gluten, etc. Quand les matières protéiques sont comburées et se transforment en urée, elles lais-