

certain temps après la cessation du régime garancé, les lames osseuses colorées en rouge étaient voisines du canal médullaire. On concluait de ces expériences que l'accroissement en épaisseur de l'os, de même que son accroissement en longueur, ne s'opère pas par une prolifération interstitielle de ses éléments, mais bien par une formation au moyen du périoste de lames osseuses s'emboîtant de la périphérie au centre ; de plus on démontrait que les lames osseuses les plus anciennement formées sont résorbées du côté de la cavité médullaire.

Ainsi le double travail de l'assimilation et de la désassimilation de l'os était nettement élucidé. FLOURENS eut le grand mérite de démontrer le rôle du périoste, et de prévoir que l'on pourrait créer à volonté du tissu osseux en tirant parti de la propriété ostéogénique de cette membrane. Cette vue théorique fut mise à profit par OLLIER qui montra dans de célèbres expériences qu'un lambeau de périoste détaché de l'os et greffé dans d'autres tissus régénérât de l'os ; de plus, cet expérimentateur fit voir que la partie du périoste qui forme de l'os est la couche profonde de cette membrane (couche ostéogène) formée de petites cellules ; en râclant cette couche ostéogène et en semant ses cellules dans un tissu richement vascularisé, comme la crête du coq, il y fit apparaître du tissu osseux. La chirurgie tira un grand parti de ces expériences pour les résections osseuses (résections sous-périostées). Cette propriété du périoste n'est du reste qu'un cas particulier d'une propriété plus générale des tissus, celle de *régénérer* des parties plus ou moins considérables enlevées à l'organisme. Cette puissance réparatrice est poussée à un degré extrême chez certains animaux inférieurs (reproduction d'un membre amputé chez le triton, de la queue sectionnée chez le lézard, etc.). A cette propriété se rattache encore celle que possèdent les tissus de pouvoir vivre de leur vie propre lorsqu'ils sont transplantés dans certaines conditions d'un point à un autre de l'organisme, d'où la possibilité de pratiquer des greffes animales de la même manière que l'on réalise des greffes végétales.

CHAPITRE VI

SÉCRÉTIONS

Certains organes appelés *glandes* ont pour fonction de séparer du sang, ou de former de toutes pièces aux dépens des matériaux du sang différentes substances destinées à être éliminées ou déversées de nouveau dans le torrent circulatoire. Telle est la sécrétion. Nous étudierons d'abord cette fonction d'une façon générale, puis nous décrirons les différentes sécrétions en particulier.

ARTICLE PREMIER

SÉCRÉTIONS EN GÉNÉRAL

Le terme de sécrétion doit impliquer non seulement le fait d'une séparation par la glande des substances tenues en dissolution dans le milieu intérieur, mais encore l'idée de choix opéré par les cellules glandulaires parmi toutes les substances qui leur sont présentées : ainsi le rein choisit l'urée. Il y a non seulement séparation et sélection dans le phénomène de la sécrétion, mais encore le plus souvent création de principes nouveaux : ainsi le mucus, les ferments (pepsine, trypsine, etc.) n'existent point dans le sang ; leur formation résulte de l'activité propre du protoplasma des cellules glandulaires. Ce sont ces faits qui caractérisent essentiellement la sécrétion. Les cellules glandulaires sont donc des éléments à protoplasma haute-

ment différencié : elles dérivent des épithéliums de surface mais elles s'en sont séparées physiologiquement par l'acquisition de propriétés spéciales.

Les substances extraites du sang ou élaborées par l'activité glandulaire sont rejetées hors de l'organisme ou livrées au torrent circulatoire ; dans le premier cas, le produit de sécrétion est déversé à l'extérieur, soit qu'il représente un déchet inutile ou nuisible, comme l'urine, soit qu'il concoure à l'accomplissement de certaines fonctions, comme les suc digestifs : telle est la classe des *sécrétions externes* ; dans le second cas, le produit sécrété doit faire partie du milieu intérieur ; la sécrétion est

dite *sécrétion interne* : la fonction glycogénique du foie en est un exemple.



Fig. 98.

Cellule caliciforme.
Sécrétion de mucus.

1, protoplasma.
2, noyau. — 3, mucus.

On nomme *excrétion* l'acte d'expulsion du produit sécrété hors de la glande ou plus rigoureusement hors de la cellule glandulaire, le terme de sécrétion devant être réservé à l'activité protoplasmique de la cellule sécrétante. Considérons la sécrétion du mucus par une cellule caliciforme de la muqueuse intestinale, véritable glande muqueuse unicellulaire ; le mucus élaboré par le protoplasma remplit le corps cellulaire et finit par refouler le protoplasma avec son noyau à un des pôles de la cellule tandis qu'il fait hernie à l'autre pôle (fig. 98). Dans ce cas l'acte sécréteur et l'acte excréteur semblent se confondre. Il en est de même pour les glandes composées, mais, dans le langage courant, on réserve le nom d'excrétion à la sortie des produits sécrétés par les canaux excréteurs de la glande, et l'on ne distingue pas l'excrétion cellulaire de la sécrétion proprement dite.

Dans cette étude d'ensemble sur les sécrétions, nous envisagerons seulement leur mécanisme, leur rôle et la façon dont on doit les classer.

1^o Mécanisme des sécrétions. — Dans l'acte de la sécrétion trois phénomènes physiologiques interviennent simultanément.

ment. Dissocions-les pour les analyser et étudions séparément l'influence de la circulation, le rôle de l'épithélium glandulaire, l'influence du système nerveux et l'influence des variations de la composition chimique du sang.

a. *Influence de la circulation.* — Tout produit de sécrétion renferme une certaine proportion d'eau. Cette eau vient du sang et passe par filtration à travers les parois des vaisseaux capillaires de la glande. Dans cet acte d'ordre simplement mécanique en apparence, les conditions qui interviennent pour favoriser la transsudation de l'eau dans les acini glandulaires, sont l'augmentation de la vascularisation de la glande et de la pression du sang dans ses capillaires. Aussi, quand une glande fonctionne, voit-on ses capillaires se dilater et son tissu rougir : de plus, le sang qui sort des veines d'une glande en activité n'est plus noir, mais rouge, parce qu'il conserve en partie ses caractères de sang artériel, en raison de l'accroissement de vitesse du courant sanguin dans les capillaires. Pour les glandes qui fonctionnent continuellement, comme les reins, le sang veineux sort toujours rouge.

b. *Rôle de l'épithélium glandulaire.* — Le rôle principal dans la sécrétion revient aux cellules glandulaires. Ce sont elles qui ont, par l'activité spécifique de leur protoplasma, la propriété de séparer et de créer les produits qui caractérisent chaque sécrétion en particulier. Il n'est pas jusqu'à la simple filtration de l'eau qui ne soit sous la dépendance de l'activité vitale de l'épithélium glandulaire. Cette expérience d'OVERBECK le prouve : si l'on pose une ligature sur l'artère rénale, la sécrétion de l'urine est immédiatement arrêtée, puisqu'on interrompt la circulation dans le rein ; mais si, au bout d'un quart d'heure, on enlève la ligature de façon à rétablir la circulation rénale, la sécrétion ne reprend pas immédiatement après, mais seulement au bout d'un temps plus ou moins long. Or, il n'en serait pas de la sorte si la séparation de l'eau du sang par le rein était un simple phénomène physique de filtration ; car les conditions de la filtration, c'est-à-dire la circulation et la pression sanguine dans les capillaires du rein, se trouvent de nouveau réalisées aussitôt que la ligature est enlevée. Si donc la sécré-

tion de l'eau est momentanément suspendue après l'ablation de la ligature, c'est que les cellules glandulaires ne la permettent pas, parce que leur protoplasma a été engourdi par l'anémie résultant de la suspension temporaire de la circulation rénale.

Pour certaines glandes, les cellules sécrétantes préparent les matériaux de la sécrétion pendant les intervalles de repos. C'est de cette façon, comme nous l'avons vu pour les glandes à pepsine et le pancréas, que se forment les granulations de matière zymogène qui engendrent certains ferments digestifs.

Au moment de la sécrétion, les cellules glandulaires se vident des produits qu'elles ont élaborés ; mais leur protoplasma ne se détruit pas et continue à former les matériaux d'une nouvelle sécrétion. Tel est, du moins, le mode de sécrétion de la plupart des glandes (*glandes mérocrines*) ; mais pour d'autres, les glandes sébacées par exemple, la cellule glandulaire remplie de ses produits de sécrétion se détache et meurt, et la sécrétion se fait par fonte cellulaire (*glandes holocrines*).

c. *Influence du système nerveux.* — Le système nerveux exerce une double influence sur les glandes dans la sécrétion ; il agit à la fois sur les vaisseaux et sur les cellules glandulaires. La démonstration en est donnée par l'action du nerf lingual sur la glande sous-maxillaire. LUDWIG, en 1851, découvrit que l'excitation du bout périphérique du nerf lingual fait sécréter abondamment la glande sous-maxillaire. Cette action appartient à la corde du tympan, ainsi que le démontra peu après CL. BERNARD. Mais ce dernier expérimentateur vit de plus que l'excitation de la corde produit une vaso-dilatation très accusée et une circulation très active dans le tissu de la glande qui laisse alors échapper par ses veines un sang rouge, animé de pulsations. Frappé par ces phénomènes, il crut devoir leur subordonner celui de la sécrétion, et il admit que la sécrétion est la conséquence d'une circulation sanguine plus active dans la glande. Cette interprétation est trop exclusive. A côté des fibres nerveuses vaso-dilatatrices dans la corde, existent d'autres fibres que l'on doit nommer sécrétoires, parce qu'elles agissent directement sur les éléments sécrétoires de la glande. En effet, LUD-

WIG fit remarquer que la pression de la salive mesurée avec un manomètre appliqué au canal de Warthon, pendant qu'on excite la corde, arrive à dépasser la valeur de la pression sanguine dans l'artère carotide ; ce fait prouve d'abord qu'il y a plus qu'une simple filtration dans l'acte sécrétoire provoqué par l'excitation d'un nerf glandulaire. De plus, le même expérimentateur démontra que l'excitation de la corde provoque encore la sécrétion salivaire lorsqu'on a lié préalablement tous les vaisseaux de la glande, et même sur une tête fraîchement coupée. On peut donc éliminer le phénomène vasculaire sans supprimer le phénomène sécrétoire. Inversement, HEIDENHAIN prouva que, malgré l'état de vaso-dilatation des vaisseaux de la glande, la sécrétion peut être abolie quand on excite la corde chez un animal empoisonné par l'atropine ; dans ces conditions, en effet, les vaisseaux glandulaires se dilatent, tout comme chez l'animal normal, mais l'irritation la plus intense de la corde ne fait pas suinter une goutte de salive. Par conséquent, les deux phénomènes vasculaire et sécrétoire, provoqués par l'excitation de la corde du tympan, bien qu'ils soient à l'état physiologique intimement associés, se montrent indépendants l'un de l'autre, et l'on doit admettre que le système nerveux exerce une action propre sur les cellules sécrétantes des glandes. Nous en donnerons encore des preuves lorsque nous décrirons le mécanisme de la sécrétion sudorale.

Certains poisons agissent d'une façon remarquable sur les sécrétions. Il en est surtout deux qu'il est important de signaler pour leur action antagoniste : l'atropine, alcaloïde de la belladone qui tarit les sécrétions, et la pilocarpine, alcaloïde du jaborandi qui, au contraire, les excite.

d. *Influence de la composition chimique du sang.* — Les glandes sont très sensibles aux variations de la composition chimique du sang, et dans ces derniers temps on a bien montré toute l'importance des *actions humorales* sur les sécrétions. Les modifications chimiques du sang peuvent être accidentelles ou physiologiques. Beaucoup de substances toxiques ou médicamenteuses introduites dans l'organisme sont éliminées par les glandes, et on peut remarquer sous ce rapport une certaine action

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-