L'acide taurocholique (*choléique* de Strecker) n'a pas été obtenu à l'état cristallin. Son acidité est moins prononcée. Il est soluble dans l'eau.

Les glycocholates et les taurocholates alcalins de la bile sont solubles dans l'eau; ils ont une saveur à la fois sucrée et amère. L'acétate de plomb et le nitrate d'argent précipitent les glycocholates. Les taurocholates ne sont point précipités par ces réactifs.

Indépendamment des glycocholates et des taurocholates alcalins, la bile contient plusieurs *matières colorantes* azotées : 1° la bilirubine (trouvée aussi dans les calculs biliaires); 2° la bilifuscine, très-proche de la bilirubine; 3° la biliverdine (on ne l'a pas rencontrée dans les calculs); 4° la biliprasine, très-rapprochée de la biliverdine (existe dans les calculs). Ces matières colorantes azotées paraissent dériver de la matière colorante du sang. Elles rappellent par leur composition et leurs propriétés l'hématine, qui dérive elle-même de l'hémoglobine. Lorsque ces principes colorants sont isolés par l'analyse, ils sont insolubles dans l'eau. Ils se trouvent dissous dans la bile à l'aide des glycocholates et des taurocholates alcalins.

Il y a dans la bile des matières grasses neutres : cholestérine, oléine, margarine. Il y a aussi dans la bile du mucus.

Parmi les sels minéraux que contient la bile, le chlorure de sodium est le plus abondant. Il y a des phosphates et des carbonates alcalins, de très-petites proportions de phosphates terreux, et des traces de sels de fer et de silice.

La proportion de l'eau contenue dans la bile est des plus variables.

La bile retirée de la vésicule biliaire est en effet très-différente de celle qui s'écoule du foie.

La bile qui sort du foie est beaucoup moins chargée en matières fixes que celle qu'on va prendre dans la vésicule biliaire des animaux ou de l'homme pour en faire l'analyse. Pendant son séjour dans la vésicule biliaire, la bile, en effet, se concentre, et devient épaisse et visqueuse, par suite de la résorption d'une portion de l'eau qu'elle contient. Lorsqu'au moment de la digestion cette bile épaisse et de couleur vert foncé, s'écoulera dans l'intestin, elle ne ressemble plus à la bile liquide, de couleur jaune doré et légèrement verdâtre, qui sort du foie.

On peut se procurer la bile qui vient du foie, c'est-à-dire la bile jaune doré, en pratiquant des fistules biliaires sur les animaux vivants, ou en utilisant les cas pathologiques dans lesquels des fistules de ce genre se sont spontanément établies chez l'homme. MM. Jacobson et Westphalen ont eu récemment l'occasion d'examiner, au point de vue chimique et physiologique, des fistules de ce genre et d'en publier l'observation. Dans la bile qui s'écoulait par la fistule biliaire, il y avait 2,2 ou 2,3 parties de résidu fixe pour 100 parties de bile (c'est-à-dire 22 ou 23 p. 1000). Tandis, au contraire, que dans la bile recueillie dans la vésicule des suppliciés on trouve de 100 à 180 parties de résidu fixe pour 1000, ainsi qu'il résulte des analyses faites par M. Gorup-Besanez[1].

Nous reviendrons plus loin sur ce sujet, et nous donnerons diverses analyses de la bile humaine (voy. § 184).

[1] La proportion est à peu près la même sur le chien, quand on recueille la bile qui a séjourné dans la vésicule et qu'on la compare à la bile qui s'écoule du foie par une fistule artificielle. Il y a souvent une plus grande différence encore.

§ 51.

Rôle de la bile dans la digestion. — La bile est versée dans le duodenum, c'est-à-dire dans une partie de l'intestin où les phénomènes de la digestion s'accomplissent avec toute leur activité ; de plus, la bile est versée, chez l'homme et chez beaucoup d'animaux, par un canal qui lui est commun avec le suc pancréatique; il est donc présumable déjà que cette humeur n'est pas seulement un liquide excrémentitiel, mais qu'elle joue un rôle dans les phénomènes de la digestion. Si la bile était simplement un liquide d'excrétion, comme on l'a cru longtemps sous l'autorité de Galien, on ne comprendrait pas pourquoi elle n'est pas versée dans les dernières portions de l'intestin, dans le côlon transverse, par exemple, qui se trouve placé au même niveau que le duodenum.

La bile sécrétée par le foie s'écoule par le canal hépatique, elle passe de là dans le canal cholédoque, qui la transmet dans l'intestin, où elle s'écoule goutte à goutte, d'une manière continue (fig. 16). Mais une portion de la bile, au

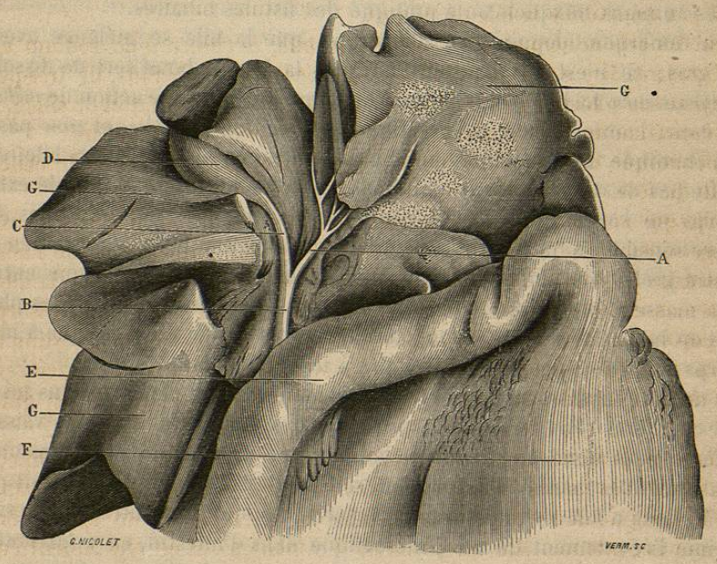

Fig. 16. — Les voies biliaires.

A, canal hépatique. — B, canal cholédoque. — C, canal cystique. — D, vésicule biliaire. — E, duodenum. — F, estomac. — GGG, foie.

lieu de suivre son trajet descendant par l'intestin, remonte par le canal cystique, et vient s'emmagasiner dans la vésicule biliaire, qui se remplit (Voy. § 184).

Au moment de la digestion, la bile accumulée dans la vésicule s'écoule dans le duodenum. Si l'on ouvre un animal à jeun, on trouve la vésicule biliaire distendue. S'il a fait un repas depuis une heure ou deux, on trouve la vésicule presque vide, quoique les aliments soient encore dans l'estomac. On a observé le même phénomène (c'est-à-dire la vacuité de la vésicule) sur des hommes morts pendant le travail de la digestion stomacale. M. Dalton a constaté, sur un

chien [1] auquel il avait pratiqué une fistule duodénale au niveau de l'orifice du canal cholédoque, que la bile s'écoule tout d'un coup, dans l'intestin, en grande quantité, aussitôt que les aliments sont parvenus dans l'estomac. Cet écoulement continue encore pendant les heures qui suivent, mais plus lentement. Lorsque les aliments passent de l'estomac dans le duodenum, ils trouvent donc de la bile dans l'intestin, et, avec la bile, aussi du suc pancréatique. Une partie de ce suc y arrive, d'ailleurs, par un orifice commun avec celui de la bile. La paroi interne de l'intestin se trouve dès lors imprégnée par avance, sur le passage de la bouillie alimentaire, par une couche liquide, visqueuse et adhérente, formée par la bile et le suc pancréatique. Il est probable que cette imprégnation préalable des parois intestinales par la bile et le suc pancréatique n'est pas inutile à l'absorption (Voy. §§ 75 et 76). L'écoulement de la bile dans l'intestin commence avec la réplétion de l'estomac par les aliments. Cette réplétion exerce une pression sur les organes contenus dans l'abdomen, par conséquent sur la vésicule. La vésicule biliaire concourt aussi à l'excrétion, car elle est pourvue d'une tunique musculaire. Les parois du canal cystique et celles du canal cholédoque sont également très-contractiles, ce qu'il est aisé de constater chez les animaux auxquels on a pratiqué des fistules biliaires.

On a remarqué, depuis bien longtemps, que la bile se mélange avec les corps gras; ce n'est pas d'aujourd'hui que la bile de bœuf sert de dissolvant aux *dégraisseurs*. La bile n'agit sur les corps gras que par une action de *mélange;* elle a donc, comme le suc pancréatique, une action *émulsive*, et non pas une action chimique. Si on met des corps gras neutres en présence de la bile, on ne constate pas de dédoublement chimique. La faible alcalinité de la bile extraite du corps de l'animal n'a pas la propriété de saponifier les corps gras d'une manière sensible. A plus forte raison, la saponification n'a-t-elle pas lieu dans l'intestin grêle, où, nous l'avons déjà dit, l'acidité du suc gastrique entraîné avec la masse alimentaire est presque toujours prédominante. Dans les phénomènes de la digestion la bile concourt donc avec le suc pancréatique à mettre les corps gras en suspension, c'est-à-dire à les *émulsionner*.

Les matières grasses doivent être émulsionnées pour pénétrer dans les vaisseaux chylifères (Voy. § 76). La présence des corps gras dans les vaisseaux chylifères peut donc être regardée comme une preuve que ces corps ont été préalablement préparés à l'absorption, soit par le suc pancréatique, soit par la bile. M. Lenz a fait de nombreuses expériences qui démontrent que, si l'on supprime l'écoulement du suc pancréatique dans l'intestin, en y laissant parvenir la bile, on trouve encore dans les vaisseaux chylifères qui naissent de l'intestin du *chyle blanc*, c'est-à-dire des matières grasses.

Si l'on supprime l'arrivée de la bile dans l'intestin par la ligature du canal cholédoque, on constate qu'il y a eu néanmoins du chyle blanc d'absorbé : il y a donc eu des substances grasses émulsionnées. Le pancréas a continué, en effet, à verser son liquide dans l'intestin. L'animal, d'ailleurs, succombe très-promptement aux phénomènes de la résorption biliaire, à moins que le canal ne se rétablisse.

Lorsqu'on établit une fistule biliaire, c'est-à-dire lorsque, au lieu de laisser couler librement la bile dans l'intestin, on la force à couler au dehors par une

[1] Sur cinq chiens auxquels M. Dalton a cherché à établir des fistules duodénales, deux seulement ont survécu.

plaie extérieure, l'animal n'est plus exposé aux phénomènes de la résorption biliaire. Il peut prolonger sa vie pendant des mois, bien que la bile soit supprimée pour la digestion.

MM. Bidder et Schmidt, et M. Lenz, tirent de leurs expériences cette conclusion que, sur les animaux à fistule biliaire, la quantité des matières grasses absorbées dans l'intestin diminue très-notablement, et que c'est surtout à cette cause qu'il faut attribuer l'épuisement et la mort des animaux auxquels on a pratiqué cette opération. M. Schellbach a montré que les chiens à fistule biliaire ont besoin d'une plus grande quantité d'aliments pour réparer leurs pertes. La graisse ne pouvant plus être absorbée par eux qu'en proportion limitée, il faut, dans leur régime, augmenter la proportion des aliments féculents, lesquels peuvent se transformer en substances grasses par les processus de la nutrition. De cette manière, d'après l'expérimentateur dont nous parlons, on peut prolonger beaucoup la vie de l'animal [1].

La suppression de la bile *comme liquide de digestion* n'entraîne, par conséquent, des désordres ni aussi manifestes ni aussi rapides que la suppression du suc pancréatique. On le conçoit aisément : le suc pancréatique n'émulsionne pas seulement les corps gras, mais il agit encore avec beaucoup de puissance sur les autres groupes alimentaires, c'est-à-dire sur les aliments féculents, et sur les aliments albuminoïdes.

La bile jouit donc, concurremment avec le suc pancréatique, du pouvoir d'émulsionner les corps gras.

La bile n'agit pas, à l'instar du suc pancréatique, pour opérer la transformation des *matières amylacées* en glycose. Lorsqu'on place, pendant vingt-quatre heures, c'est-à-dire pendant un temps quatre fois plus long que celui de la digestion, dans une température de 30 à 40° centigrades, un flacon contenant un mélange de bile et d'empois d'amidon, au bout d'un si long temps, il n'y a que des traces *douteuses de dextrine*.

On peut, à l'aide des chiens à fistule biliaire, constater par voie indirecte que la bile est étrangère à la digestion des aliments féculents. Lorsqu'on nourrit un animal de ce genre (chez lequel la bile est dérivée en dehors), avec du pain pendant une semaine et qu'on essaye les matières fécales de l'animal à l'aide de l'iode [2], on n'y trouve pas plus d'amidon que sur un animal sain.

Si l'on mélange de la bile avec de la *glycose*, et qu'on place ce mélange dans une température convenable, il se forme de petites proportions d'acide lactique. Mais la formation d'acide lactique n'a rien de spécial ici. Nous avons vu qu'il s'en formait dans l'estomac, et cette formation peut avoir lieu aux dépens du sucre, dans toute l'étendue de l'intestin, sous l'influence des liquides organiques et de la température animale.

Quand on place la bile fraîche en digestion avec de l'*albumine coagulée*, on n'observe pas la moindre dissolution au bout de plusieurs jours [3]. Les substances albuminoïdes s'altèrent à la longue dans la bile, mais leur *décomposition* spon-

[1] Les ictériques digèrent incomplétement les matières grasses : on les retrouve en partie dans les fèces.

[2] L'iode est, comme l'on sait, un réactif très-sensible pour déceler l'amidon, qu'il colore en bleu.

[3] M. Gorup-Besanez a dernièrement avancé que la *caséine* pouvait être dissoute par la bile, et M. Platner avait cru remarquer aussi que la bile avait une action faiblement dissolvante sur le groupe tout entier des substances albuminoïdes; l'expérience n'a point confirmé cette manière de voir.

tanée n'y est pas plus rapide que dans l'eau distillée, et elle n'a rien de commun avec la digestion.

Lorsqu'on ouvre un animal (chien) trois heures après un copieux repas de viande et qu'on extrait la masse contenue dans l'estomac pour la jeter sur un filtre après l'avoir étendue d'eau distillée, il filtre un liquide *acide* dans lequel on trouve des matières albuminoïdes dissoutes (c'est-à-dire la peptone) et du suc gastrique. Or, si l'on verse de la bile dans ce liquide, immédiatement il se produit un précipité floconneux. Ce précipité floconneux se produit également lorsqu'on ajoute de la bile au produit liquide d'une digestion artificielle de viande faite à l'aide du suc gastrique. Qu'est-ce que ce précipité floconneux? Appartient-il à la bile ou au produit de la digestion des albuminoïdes? Pour élucider cette question, il suffit de traiter la bile par l'alcool absolu qui lui enlève les glycocholates et les taurocholates de soude. La bile ainsi débarrassée ne produit plus aucun précipité lorsqu'on la mélange avec le produit de la digestion stomacale : donc, le précipité ne procède ni du suc gastrique ni des matières dissoutes par lui, mais de la bile. Sous l'influence de l'acide gastrique, ou de l'acidité des liquides de l'estomac, les acides glycocholique et taurocholique (acides plus faibles que ceux du suc gastrique) sont déplacés ; la soude s'unit à l'acide du suc gastrique et les acides de la bile se précipitent [1].

La bile, matière excrémentitielle destinée à l'élimination, remplit donc, avant d'être expulsée, le rôle de neutraliser sans cesse (tout au moins de rapprocher du point de neutralisation) le nutriment peptonique et de le préparer à l'assimilation. La rencontre de la peptone acide avec la bile alcaline de l'intestin grêle a donc surtout pour effet de rendre la peptone assimilable en la neutralisant, en même temps que cette neutralisation précipite les substances excrémentitielles de la bile à l'état de matières insolubles (acide cholalique, dyslysine, etc.), de manière à les écarter des voies de l'absorption [2].

Quand la bile coule artificiellement en dehors par une fistule biliaire, la masse alimentaire est d'une acidité anormale le long de l'intestin. Les animaux maigrissent et dépérissent à la longue par une double cause : d'une part, parce que la peptone non neutralisée paraît être moins assimilable; d'une autre part, parce qu'on retrouve dans les matières fécales une portion des matières grasses de l'alimentation.

La bile neutralisant en tout ou en partie la bouillie alimentaire qui se rend dans l'intestin, il en résulte qu'elle doit arrêter l'action digestive du suc gastrique, celui-ci n'agissant que dans un milieu acide. Dans leurs expériences MM. Bernard et Corvisart ont constaté en effet que la bile, lorsqu'elle est en grande quantité, enlève au suc gastrique la propriété digestive. On peut donc dire que la bile favorise la digestion *gastrique* déjà faite, mais qu'elle entrave celle qui ne l'est pas encore. Chacun sait que la digestion gastrique est fort troublée par le retour anormal de la bile dans l'estomac [3] (Voy. pour plus

[1] N'oublions pas que les acides de la bile font partie des excréments et deviennent, chemin faisant, acide cholalique, dyslysine, glycocolle.

[2] Les climats chauds et la saison chaude augmentent la sécrétion de la bile. De là l'instinct qui excite à recourir aux aliments et aux boissons acides.

[3] M. Hoffmann a appelé l'attention des physiologistes sur la propriété que possède la bile d'arrêter la putréfaction des matières qui cheminent dans l'intestin. Sur les animaux à fistule biliaire, MM. Bidder et Schmidt ont noté que les matières fécales avaient une odeur cadavérique repoussante, quand ils étaient nourris de substances animales.

MM. Scherer et Frerichs pensent que, sous l'influence de la bile, la peptone se transforme de

de détails sur la bile, les §§ 184, 185, 186, et pour la bibliographie de la bile le § 186 *bis*.)

§ 52.

Suc intestinal. — Dans toute l'étendue de l'intestin, depuis le pylore jusqu'à l'anus, la membrane muqueuse sécrète une humeur qui agit aussi sur les substances alimentaires. Les glandes de Lieberkühn, ou glandes tubuleuses simples, en cœcum ou doigts de gant, qui se trouvent répandues par myriades dans l'épaisseur de la membrane muqueuse, les follicules qu'on y rencontre aussi en quantité considérable, et surtout les glandes plus composées ou glandes de Brunner, qui forment au-dessous de la muqueuse du duodenum une sorte

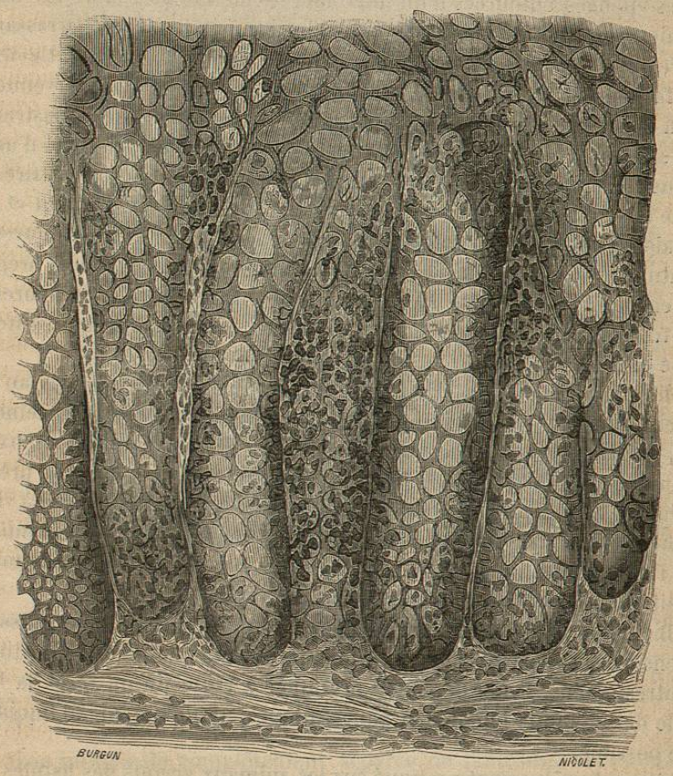

Fig. 17.
Glandes en tubes de l'intestin grêle du chat. Coupe longitudinale (d'après les préparations de MM. Latteux et Lemaréchal).

de tunique glandulaire non interrompue, telles sont les glandes qui sécrètent le suc intestinal. On a parlé aussi d'une *perspiration* de liquides à l'état de vapeur, qui aurait lieu, indépendamment des glandes, au travers de la muqueuse intestinale, et aux dépens du sang qui circule dans les vaisseaux de

nouveau en albumine coagulable par la chaleur, de telle sorte que les matières azotées (fibrine, albumine coagulée, caséine, gluten, légumine) de l'alimentation se trouveraient, en résumé, livrées à l'absorption sous forme d'albumine analogue à celle du sang. Ce fait mériterait d'être étudié ; il est, d'ailleurs, en harmonie avec nos analyses du sang de la veine porte (Voy. §§ 66 et 192).

l'intestin. Cette perspiration, qui existe à la surface de la peau, ne peut pas avoir lieu dans l'intestin, car la surface intestinale est toujours en contact, soit avec des liquides, soit avec des gaz *saturés* d'humidité et à la température du corps (Voy. *Évaporation cutanée*, § 155 et suiv.).

Attirez, au dehors de l'abdomen d'un animal vivant, une anse intestinale; ouvrez cet intestin, et excitez la surface muqueuse à l'aide d'un acide faible, tel que le vinaigre par exemple, et vous verrez sourdre en petite quantité un liquide diaphane, incolore, visqueux, légèrement alcalin. Ce liquide n'est autre que le suc intestinal.

Dans le but de se procurer le suc intestinal en quantité suffisante pour en examiner les propriétés, MM. Leuret et Lassaigne faisaient avaler à des animaux de petites éponges entourées d'un linge fin; ils mettaient à mort les animaux, recueillaient les éponges trouvées dans l'intestin grêle, les débarrassaient de leur enveloppe et exprimaient le liquide qui les imbibait. Cette méthode, on le conçoit facilement, laissait beaucoup à désirer, car les éponges parvenues dans l'intestin contenaient un liquide mixte composé de salive, de suc gastrique, de bile, de suc pancréatique et de suc intestinal. M. Frerichs a procédé d'une manière plus rigoureuse. Il fait jeûner un chat, lui ouvre l'abdomen, attire au dehors une anse d'intestin, refoule avec soin son contenu par en haut et par en bas, à l'aide d'une pression douce, dans un espace de 10 à 20 centimètres; pose une ligature au-dessus et une ligature au-dessous de l'espace ainsi préparé, et replace ensuite l'intestin dans l'abdomen. Au bout de quatre à six heures, l'animal est tué, et on recueille le liquide qui a été sécrété dans l'anse intestinale comprise entre les ligatures[1].

M. Colin a suivi à peu près le même procédé que M. Frerichs. Mais, au lieu de pratiquer l'expérience sur un animal à jeun, il prend un cheval en pleine digestion, et, au lieu de poser des ligatures sur l'intestin, il comprime deux points d'une anse intestinale, distants l'un de l'autre d'environ 2 mètres, préalablement dégagée d'aliments par refoulement, à l'aide d'un petit appareil à vis, dont les plaques comprimantes sont doublées de velours. Au bout d'une demi-heure, il retire l'anse d'intestin qui avait été replacée dans le ventre de l'animal, et il en extrait par une ponction le liquide qui s'y est amassé.

MM. Bidder et Schmidt se sont procuré du suc intestinal en établissant sur des chiens des fistules intestinales vers la portion moyenne de l'intestin grêle. Sur d'autres chiens, la fistule n'était pratiquée à l'intestin qu'après la ligature préalable des conduits biliaires et pancréatiques, afin d'obtenir le liquide aussi pur que possible.

M. Thiry a dernièrement pratiqué sur les animaux vivants des fistules intestinales par un procédé nouveau. Les animaux survivent plus difficilement à l'opération, cependant M. Thiry, et après lui MM. Ludwig, Kühne, Schiff, Garland, ont néanmoins réussi à conserver quelques animaux vivants.

Voici comment l'on procède. On ouvre l'abdomen, et on attire au dehors une anse d'intestin grêle d'environ 50 à 60 centimètres de longueur. Cette anse est séparée complétement du reste de l'intestin par section, mais on a soin de ne comprendre dans la section que le calibre du tube intestinal, et l'on respecte soigneusement les vaisseaux et l'épiploon par lesquels cette anse intestinale

[1] Sur un animal à jeun comme l'indique M. Frerichs, l'intestin sécrète à peine. Nous n'avons jamais pu par ce procédé nous procurer que des quantités insignifiantes de liquide.

fait encore partie de l'animal. On réunit par suture les deux bouts de l'intestin qui appartiennent au *grand trajet intestinal*, afin de rétablir le cours des matières alimentaires et d'entretenir la vie de l'animal. L'anse intestinale en expérience est rentrée dans l'abdomen après qu'on a posé une ligature à l'une de ses extrémités et fixé l'autre extrémité à la plaie abdominale. On a donc ainsi

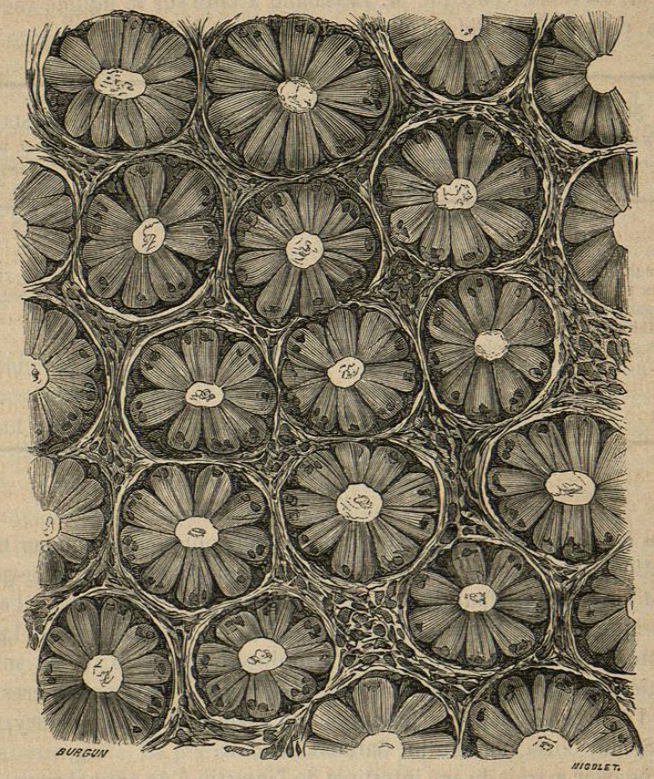

Fig. 18.

Glandes en tube de l'intestin grêle du chat. Coupe en travers (d'après les préparations de MM. Latteux et Lemaréchal).

On peut voir sur cette coupe en travers que les cellules de l'épithélium cylindrique qui revêtent intérieurement les canaux glandulaires représentent la plus grande masse du petit appareil sécréteur. Le canal glandulaire dont la coupe apparait au centre forme comme le centre d'une fleur radiée dont les cellules épithéliales seraient les pétales.

une anse intestinale complétement séparée de l'intestin. Si l'animal a la fortune de survivre, il reste au bout de quinze à dix-huit jours une ouverture fistuleuse donnant accès dans l'anse intestinale isolée. Le liquide qui s'écoule par cette ouverture ne contient certainement ni salive, ni suc gastrique, ni bile, ni suc pancréatique; mais il ne paraît pas être toujours identique à lui-même[1].

[1] Il ne faut pas oublier, d'ailleurs, que, dans une anse intestinale isolée d'après le procédé de M. Thiry, le suc intestinal y est sécrété dans des conditions qui ne sont pas absolument normales; il est, en effet, sécrété en dehors du contact et de l'excitation de la bile, du suc pancréatique et de la masse alimentaire.

Les chiens pourvus d'une fistule intestinale suivant le procédé de M. Thiry, peuvent donner, quand on introduit dans l'intestin, par l'ouverture fistuleuse, des substances excitantes, une vingtaine de grammes de liquide en une heure.