

Si on étudie le phénomène de la digestion gastrique dans son ensemble, on n'y trouve plus, élément par élément, l'action si simple que nous venons d'étudier : nous savons que les amylacés continuent à se transformer en sucre par l'action de la salive. Les graisses, sous l'influence des mouvements de l'estomac, et par leur mélange avec le produit de porphyrisation des albuminoïdes solides, se trouvent légèrement émulsionnées, mais cette émulsion est des plus instables, et les gouttes de graisse tendent à se réunir en masses plus considérables, qui viennent nager à la surface du liquide. Les albumines diverses sont transformées en diverses *peptones*; mais il est d'autres matières qui résistent pendant longtemps à l'action du suc gastrique, comme, par exemple, le tissu cellulaire des muscles; enfin il en est, comme la cellulose des plantes, qui sont à peu près réfractaires. C'est le mélange de ces diverses substances avec une grande quantité de suc gastrique qui constitue ce qu'on a aussi appelé le *chyme*. Mais nous voyons que, dans ce cas encore, le *chyme* n'est pas une matière immédiate; c'est une bouillie éminemment complexe et peu propre à donner une idée exacte de l'action digestive de l'estomac.

On a cherché à déterminer quelle est la quantité de suc gastrique nécessaire pour dissoudre un aliment. D'après les digestions artificielles, il en faudrait une grande quantité. Ainsi, pour une partie d'albumine concrète, il faudrait 25 parties de ce suc; aussi cette sécrétion est-elle très abondante, et on l'évalue par litres: pour l'homme, par exemple, elle serait de près de 20 litres par vingt-quatre heures. Chez les animaux, on a trouvé pour formule générale 100 grammes de suc gastrique pour 1 kilogramme de l'animal. A ce compte, l'homme, qui pèse en moyenne 65 kilogrammes, devrait sécréter seulement 6<sup>kg</sup>,500 de suc gastrique (par vingt-quatre heures).

Ainsi les évaluations les plus modérées portent ce poids au 1/10 de celui du corps de l'animal, pendant la période de vingt-quatre heures. On a même cité une femme, portant une fistule gastrique, qui allaitait et qui, néanmoins, produisait dans le même temps un poids de suc gastrique atteignant le quart du poids de son corps (Béchamp).

### B. Intestin grêle.

1<sup>o</sup> *Sécrétions, digestions intestinales.* — Nous connaissons déjà l'épithélium du tube intestinal proprement dit, ses villosités et ses glandes (p. 332). Les villosités seront étudiées plus complètement à propos de l'absorption. Il nous faut maintenant rechercher la nature des liquides que versent les glandes et qui se trouvent plus ou moins en contact avec le produit de la digestion stomacale.

*musco di Firenze, année 1872. (In giornale la Nazione. Analyse in Revue des sciences médicales, de Hayem, 1873, t. I, p. 495.)*

En effet, le *duodénum* reçoit par ondées le contenu de l'estomac, et ces matières passent dans la partie qui a reçu le nom de *jéjunum*, parce qu'on la trouve d'ordinaire vide, le contenu intestinal allant s'accumuler dans la dernière partie de l'intestin grêle (*iléon*). On a cru généralement que les produits de sécrétion des diverses glandes étaient versés dans l'intestin dans ce même moment et se trouvaient en présence des matières alimentaires; mais ce fait, qui est vrai pour le produit des glandes de Lieberkühn et pour celui du pancréas, ne l'est point pour la bile; l'étude des fistules biliaires a prouvé que ce liquide n'est versé dans l'intestin qu'après le passage du produit stomacal; cette sécrétion biliaire est adaptée non à la digestion, mais bien plutôt à l'absorption; nous ne l'étudierons donc qu'avec ce dernier phénomène. Nous exposerons cependant, et seulement alors, les diverses théories émises et professées encore aujourd'hui sur l'*action digestive* de la bile.

Le liquide sécrété par les glandes de Lieberkühn constitue le *suc entérique*. Jusqu'à ces dernières années, on n'avait sur ce liquide que des idées erronées ou au moins très hypothétiques, parce qu'il est très difficile à recueillir. Aujourd'hui, d'après la méthode de Thiry, on se le procure en isolant par deux sections une certaine longueur du tube intestinal<sup>4</sup>; on réunit par des sutures les bouts qui appartiennent au canal général, de façon à rétablir le cours des liquides; quant à la portion isolée, et restée adhérente seulement par son mésentère, on coud une de ses extrémités de manière à la fermer en cul-de-sac, tandis qu'on laisse l'autre ouverte et fixée dans la

<sup>4</sup> Telle est aussi la méthode de M. Colin. Ce physiologiste (*Traité de physiologie comparée des animaux domestiques*, 3<sup>e</sup> édition, 1886; t. I, p. 888, fig. 124) a imaginé un petit appareil compresseur de l'intestin et intercepte ainsi les deux extrémités d'une anse intestinale de cheval, longue de 1 mètre 1/2 à 2 mètres. Il obtient ainsi, en une demi-heure, plus de 100 grammes d'un liquide qui fut trouvé, à l'analyse, composé de 98 parties d'eau; le reste offrait diverses proportions d'albumine, de chlorures de potassium et de sodium, de phosphate et de carbonate acide. Ce liquide était donc *alcalin*.

Plus récemment, M. Leven, continuant ses recherches sur l'appareil digestif, s'est occupé du suc entérique et est arrivé à cette conclusion que ce suc, au lieu d'être alcalin, est acide comme le suc gastrique. Il a opéré sur le chien. La méthode par ligature et par compression lui paraissant défectueuse, il a eu recours à la méthode par infusion. L'intestin, coupé en petits morceaux (après lavage de la muqueuse à grande eau), a été infusé dans 300 grammes d'eau à 38°. Le liquide obtenu a montré des propriétés digestives très énergiques pour l'intestin grêle, nulles pour le gros intestin. Mais la plus importante des constatations est celle qui concerne l'acidité du suc intestinal. En conséquence, on aurait tort, d'après M. Leven, de considérer l'estomac et l'intestin comme deux milieux tout à fait différents, dont l'alcalinité de l'un servirait à neutraliser l'acidité de l'autre. En réalité, ils consti-



plaie abdominale béante. On obtient par cet orifice le liquide intestinal pur de tout autre mélange ; on a un suc limpide, un peu jaunâtre, très ténu, alcalin, et à propriétés fort peu prononcées, presque toutes négatives ; il n'agit ni sur l'amidon, ni sur les graisses ; il n'agit pas non plus sur les albumines en général, mais seulement sur la *fibrine du sang*, qu'il transforme en *peptone*. Mais il transforme le sucre de canne en sucre *inverti* (mélange de glycose et de lévulose), grâce à un *ferment inversif* découvert par Cl. Bernard. Dans les cas pathologiques, il peut être sécrété en très grande abondance, et c'est ainsi que se produisent ces *diarrhées séreuses*, parfois si considérables.

L'observation de tous les jours a depuis longtemps révélé l'influence du système nerveux sur la production des liquides intestinaux. Tout le monde connaît le retentissement que certaines impressions morales exercent sur le fonctionnement du tube intestinal, et l'affluence fâcheuse de produits liquides par laquelle se traduit parfois le sentiment trop vif du danger, la peur. L'expérience directe sur les animaux a prouvé que ces faits trouvent leur explication dans une paralysie réflexe des nerfs de l'intestin, et particulièrement des vaso-moteurs. Si l'on isole (Armand Moreau) les nerfs qui se rendent à une portion d'intestin, en ayant soin de ménager les veines et les artères, l'intestin ayant été remis en place, on trouve le lendemain l'anse intestinale en question distendue par une quantité considérable de liquide clair, alcalin, très ténu, et très analogue au suc entérique. Une épreuve confirmative destinée à montrer que la présence du liquide provient réellement de la section des nerfs, consiste à intercepter une autre anse intestinale entre deux ligatures, mais en respectant les filets nerveux. La muqueuse de cette portion d'intestin, au lieu d'être baignée de liquide, se présente collante au doigt, presque sèche, telle qu'elle est dans un intestin à jeun<sup>1</sup>.

Le suc pancréatique a été aussi appelé *salive abdominale* ; en effet, de même que la structure du pancréas rappelle celle des glandes salivaires, son produit de sécrétion est de même très analogue à la salive ; mais il en diffère d'abord par la proportion de matières so-

tueraient un seul milieu renfermant un même liquide pour la digestion des substances azotées. D'après M. Leven, les manœuvres de la ligature et de la compression altéreraient le fonctionnement de l'intestin, et, par suite, le suc sécrété, qui serait alors trouvé alcalin. Le suc recueilli chez les animaux non torturés lui aurait toujours présenté une réaction soit acide, soit neutre (*Acad. de médecine*, octobre 1874).

<sup>1</sup> A. Moreau, *Recherches sur la sécrétion intestinale* (*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1879).

lides qu'il contient, car l'eau n'en forme que les 90 pour 100, tandis qu'elle en forme pour 99 pour 100 dans la composition de la salive. Ce suc pancréatique est donc relativement très épais ; il est très coagulable par la chaleur, il est très riche en albuminoïdes. Il est alcalin comme toutes les salives, et en présence du produit stomacal imprégné de suc gastrique, il neutralise l'acidité de ce dernier, et peut agir à son tour. Par les ferments qu'il contient (*pancréatine*), il peut agir à la fois sur les amylacés et sur les albuminoïdes ; il transforme les premiers en sucre, comme la salive, et les seconds en peptone, comme le suc gastrique. Cette dernière action différerait de celle de la pepsine en ce qu'elle consiste en une liquéfaction directe, sans passer par le stade de porphyrisation.

De plus, et c'est là l'action la plus importante, il émulsionne les graisses, c'est-à-dire les met dans un état tel de *division* qu'elles restent fort longtemps en suspension et deviennent absorbables par les villosités intestinales. Cette propriété a été mise hors de doute par les belles expériences de Cl. Bernard. Une partie des corps gras est peut-être, en même temps, saponifiée et dédoublée en acide gras et glycérine, observation due à Cl. Bernard et que Berthelot a confirmée. Dans tous les cas, une très faible proportion de corps gras est ainsi transformée ; si l'on fait un mélange de suc pancréatique et de beurre, au bout de très peu de temps l'émulsion, d'alcaline qu'elle était, devient acide, et la liqueur prend l'odeur du beurre rance. On a cependant objecté à cette expérience que ce dédoublement peut être dû à une altération du suc pancréatique.

Les recherches de Kühne, Danileski, Hoppe Seyler (Ritter, thèse citée) ont montré que le principe actif du suc pancréatique, la *pancréatine*, est un mélange de trois ferments particuliers, dont chacun a une action indépendante ; le premier, précipitable par la magnésie calcinée, agit sur les corps gras ; le second, qu'on sépare en entraînant mécaniquement par la précipitation d'une solution de colloïdion, est le ferment des corps albuminoïdes ; Kühne l'a étudié sous le nom de *trypsine* ; enfin le troisième est analogue à la ptyaline, se précipite comme elle par l'alcool concentré, et porte son action spéciale sur les amylacés.

La sécrétion du pancréas paraît être à peu près continue, comme celle des salives ; mais elle est d'ordinaire très faible, et ne devient considérable qu'au moment où le produit stomacal arrive dans l'intestin. Cette sécrétion est donc évidemment réflexe, quoiqu'on ne connaisse pas cependant les voies nerveuses de ce phénomène ; cependant on a remarqué que la section des pneumogastriques arrête la sécrétion du pancréas. Dans le liquide normalement sécrété, on



reconnaît des débris des cellules des culs-de-sac glandulaires. Cette sécrétion résulte donc, selon la loi générale, d'une fonte des éléments glandulaires<sup>1</sup>.

Les influences qui président à la sécrétion du liquide pancréatique paraissent être de même nature que celles qui président à la sécrétion du suc gastrique. De même que l'estomac a besoin de *peptogènes* (V. plus haut, p. 345), le pancréas aurait besoin de *pancréatogènes*. Ainsi le pancréas sécréterait moins par un mécanisme nerveux réflexe, que par le fait qu'il est chargé, à un moment donné, des matières propres à donner lieu à la sécrétion, c'est-à-dire que le sang lui apporte des peptones déjà élaborées par l'estomac. La théorie des pancréatogènes, établie par L. Corvisart, a même précédé celle des peptogènes et en a été le point de départ; elle a été reprise par Schiff, qui y a introduit quelques éléments nouveaux sur les *fonctions de la rate dans ses rapports avec la digestion*. En effet, tandis que l'estomac emprunte directement les peptogènes à la circulation (si toutefois le sang en contient), la formation du suc pancréatique exigerait l'intervention de la rate. Schiff a vu qu'après l'extirpation de la rate ou après que cet organe a subi des lésions expérimentales profondes, le suc pancréatique, sécrété au moment où il est d'ordinaire le plus actif, se trouve alors absolument dépourvu de ferment capable d'agir sur les albumines. D'après Heidenhain, le pancréas se chargerait non pas directement du ferment des albuminoïdes (ou trypsine), mais d'une substance qu'il appelle *zymogène* (ζύμη, levure), laquelle se transformerait en trypsine au moment de la digestion.

2<sup>o</sup> *Mouvement de l'intestin*. — Les aliments ainsi modifiés par les sucs entérique et pancréatique parcourent le canal de l'intestin grêle sous l'influence de ses mouvements péristaltiques. Ces mouvements, à l'état normal, sont toujours lents, faibles, et s'ils s'exagèrent, ils produisent les douleurs connues sous le nom de *coliques*. Ces contractions sont réflexes; on les voit s'exagérer surtout dans

<sup>1</sup> « La cellule sécrétoire des animaux concentre-t-elle, crée-t-elle les principes immédiats qu'elle renferme? C'est une question difficile à résoudre. J'ai constaté, par exemple, que chez les animaux en hibernation la cellule pancréatique ne contient pas de pancréatine. Il en serait de même chez les animaux à jeun; mais aussitôt que l'on donne des aliments et que la digestion commence, ces cellules se rempliraient de pancréatine et deviendraient actives. Il faudrait admettre que dans ce cas il y a eu création de pancréatine dans la glande par l'influence nerveuse, ou bien qu'il y a eu apport par le sang de la matière. » (Cl. Bernard, *De la physiologie générale*, note, 1872, p. 284.)

les cas pathologiques. Ainsi certains purgatifs agissent surtout en exagérant ces mouvements, telles sont les huiles et en général es substances végétales; les purgatifs salins, au contraire, agissent surtout en amenant l'hypersécrétion des glandes de Lieberkühn, d'où une diarrhée séreuse, sans colique. Si l'on examine le cadavre d'un homme mort en bonne santé et en bonne digestion, on trouve dans le canal intestinal, à des distances assez rapprochées, des ondées de matière alimentaire qui ont déterminé des plaques rouges sur la muqueuse, laquelle est restée pâle dans les intervalles. Cet état de congestion est en rapport avec la sécrétion plus active qui se fait en ces points, et le pancréas lui-même se congestionne vivement pendant qu'il sécrète.

La marche des matières paraît être rapide dans les deux premières parties de l'intestin grêle (*duodénum* et *jéjunum*); ce n'est que vers l'*iléon* que la marche paraît se retarder et que les aliments se rapprochent, de sorte qu'à la fin de l'intestin grêle on les trouve entassés. Comme pendant ce trajet les matières alimentaires sont soumises à l'*absorption*, on peut dire que leur marche se ralentit à mesure que leur consistance augmente et que leur quantité diminue.

RÉSUMÉ. — Les *aliments* sont destinés à réparer les pertes de l'organisme et à fournir les matériaux nécessaires à la production de diverses forces (chaleur, travail mécanique, etc.) On peut diviser les aliments en trois classes: minéraux, hydrocarbures, albuminoïdes. La division de Liebig (en *respiratoires* et *plastiques*) ne peut plus être admise aujourd'hui, du moins telle que la concevait Liebig.

La *digestion* a pour but de transformer les aliments de manière à les rendre absorbables par la muqueuse intestinale. Ces transformations sont le résultat d'actions mécaniques et chimiques qui se passent successivement dans la bouche, l'estomac et l'intestin.

A. Dans la bouche, les aliments sont divisés par la *mastication* et imbibés d'eau par la *salivation*. La *salive parotidienne* sert surtout à la mastication, la *sous-maxillaire* à la gustation, la *sublinguale* à la déglutition. La *salive mixte* agit de plus chimiquement sur l'amidon, qu'elle transforme en sucre, au moyen d'une substance albuminoïde, ferment soluble, qu'elle renferme, la *ptyaline* ou *diastase animale*.

B. La *déglutition* nous montre, dès son *deuxième temps*, un exemple du *mouvement dit péristaltique*, c'est-à-dire par lequel le bol alimentaire progresse dans un canal musculaire, grâce à la double action des fibres circulaires qui le chassent en avant et des fibres longitudinales qui amènent au-devant de lui la partie du canal dans laquelle il va s'engager. La *déglutition* est un *phénomène réflexe*. Pendant qu'elle s'accomplit, l'arrière-cavité des fosses nasales est fermée par



le jeu des *piliers postérieurs* du voile (muscles *pharyngo-staphylins*, constituant un véritable *sphincter*); l'orifice du larynx est fermé par le renversement de l'*épiglotte*, dont toutefois la présence n'est bien utile que pour la déglutition précipitée des liquides.

C. *Estomac*. — Disposition de fibres musculaires permettant aux liquides de passer directement du cardia au pylore; question de l'absorption stomacale très controversée; pour beaucoup de physiologistes, l'*estomac absorbe les liquides*; pour d'autres (expériences sur les chevaux), il est réfractaire à toute absorption.

Dans le *vomissement*, l'estomac est à peu près passif; il n'agit que pour favoriser la sortie par le cardia des matières qui sont expulsées par la presse abdominale et diaphragmatique.

Le *suc gastrique*, sécrété par les glandes dites *pepsiques* (par opposition aux glandes dites *muqueuses*), est un liquide clair, incolore, d'une densité de 1001 à 1010, d'une *réaction acide*. Il contient comme éléments actifs : 1° une substance coagulable (albuminoïde), la *pepsine*, ferment soluble, qui a pour effet de transformer les albumines en *peptones*, mais qui n'agit qu'en présence de : 2° un *acide* : l'acide lactique pour les uns, l'acide chlorhydrique pour les autres.

Quant aux résultats de la *digestion stomacale*, nous adoptons l'opinion qui attribue au suc gastrique une action plus complexe que de réduire les aliments en une bouillie plus ou moins épaisse (*chyme*). Le suc gastrique liquéfie les substances albuminoïdes et les transforme en *peptones*.

Le *suc entérique* achève cette transformation.

Le *suc pancréatique* agit à la fois : 1° sur les albuminoïdes, qu'il achève de transformer en *peptones*; 2° sur l'amidon, qu'il transforme en *glycose*; 3° sur les graisses, qu'il met dans un état d'*émulsion* persistante et dont il dédouble peut-être une faible proportion.

Quant à la *bile*, nous la considérons comme agissant surtout pour favoriser l'*absorption* des produits de la digestion (Voy. ci-après).

#### IV. — ABSORPTION

A. *Absorption en général, rôle des épithéliums, fonctions des villosités*. — Nous avons vu que l'estomac n'absorbait que peu ou pas de son contenu et que ce phénomène de refus était dû à la vitalité propre de l'épithélium qui recouvre la muqueuse.

Au contraire, dans l'intestin, l'absorption se fait avec une grande rapidité, et nous verrons aussi que ce phénomène de passage est du uniquement à la vitalité propre de l'épithélium. Lamois et Lépine<sup>4</sup> ont étudié l'activité de l'absorption comparativement dans les parties

<sup>4</sup> Arch. de physiol., 1883).

supérieures du jéjunum, et dans les parties inférieures de l'intestin grêle. Ils ont observé que l'anse supérieure du jéjunum absorbe environ les deux tiers de la quantité de peptone introduite dans sa cavité, tandis que dans ce même temps l'anse inférieure n'en absorbe que la moitié seulement. Avec l'huile émulsionnée, la différence a été beaucoup plus accusée; il en a été de même avec le glycose. Au contraire, avec les sels (chlorure de sodium et iodure de potassium) la différence a été moins accusée.

A part le rôle des épithéliums, on peut considérer en général les phénomènes d'*absorption* comme des phénomènes de *diffusion*. Les phénomènes de diffusion sont connus de tout le monde; chacun a répété cette expérience qui consiste à faire arriver du vin rouge sur l'eau contenue dans un verre, en versant le premier liquide avec assez de lenteur pour qu'il ne se mêle pas au second. On voit alors le vin coloré se tenir à la surface de l'eau restée incolore, puisque le vin est plus léger que l'eau. Les deux couches sont si distinctes qu'on croirait qu'elles ne se confondront jamais pour former un mélange intime; cependant au bout de peu de temps, malgré un repos complet, les deux liquides sont confondus en un tout homogène, l'eau est allée vers le vin, elle a *diffusé* vers lui. Quelque chose de semblable se passe dans l'absorption considérée à un point de vue général. En effet, l'organisme se compose de  $\frac{4}{5}$  d'eau sur  $\frac{1}{5}$  de matières solides, de sorte qu'il est comparable à une éponge imbibée d'eau. Or, si une éponge imbibée d'eau est placée dans de l'alcool, celui-ci la pénètre à son tour, en se mêlant à l'eau; dans ce cas, on peut faire abstraction de l'éponge, et l'essence même du phénomène est un acte de *diffusion* entre l'alcool et l'eau (contenue dans les mailles de l'éponge). Il en est de même pour l'organisme. Le fait de la circulation du liquide sanguin n'est qu'accessoire. On peut priver une grenouille de sa circulation, et cependant, en faisant plonger un de ses membres dans une solution de strychnine, on voit ce poisson diffuser dans tout le corps de l'animal, atteindre sa moelle épinière et le faire périr dans les convulsions du tétanos. Si la circulation existe encore, ces phénomènes se produisent beaucoup plus vite, parce que le mouvement du sang hâte la diffusion, mais il n'est pas indispensable à sa production: la circulation est à l'absorption ce que le mouvement respiratoire est à la diffusion du gaz ou respiration.

On ne peut donc pas dire, dans le sens propre du mot, que les vaisseaux sont des organes absorbants; à proprement parler, ce sont les liquides des tissus, c'est le sang lui-même qui absorbe. Aussi l'état du sang influe-t-il beaucoup sur l'intensité de l'absorp-



tion. Si le sang est saturé d'eau, comme, par exemple, après une injection aqueuse dans les veines d'un animal, la pénétration d'une nouvelle quantité d'eau deviendra très difficile; aussi l'absorption est-elle très paresseuse chez les hydrémiques; au contraire, elle devient très active si l'on a diminué la masse du sang (saignée), ou si l'on parvient à l'épaissir, comme, par exemple, par des purgatifs ou des diurétiques chez les malades précédemment cités. On a fait des expériences analogues pour l'absorption des corps gras: si le sang est surchargé de graisse (3 pour 1000 seulement à l'état normal), les matières grasses ingérées se retrouvent presque totalement dans les selles, et il n'y en a eu que fort peu d'absorbées. Nous pouvons donc dire en résumé que l'état de saturation ou de non-saturation du sang est une des causes qui influent le plus sur l'absorption vis-à-vis de telle ou telle substance.

Mais cette diffusion ne peut se faire que tant que l'épithélium, qui forme la barrière entre l'organisme et les liquides déposés à la surface, permet et facilite ces passages. Le point capital de l'étude de l'absorption est donc la manière dont se comporte l'épithélium intestinal pendant ces phénomènes.

La muqueuse intestinale, afin de multiplier les contacts avec les matières à absorber, forme de nombreux plis, tels que les *valvules conniventes*, et des saillies telles que les *villosités*. Les villosités se composent d'un revêtement de cellules cylindriques (fig. 98) qui, vues de face, représentent une espèce de carrelage hexagonal (base libre de la cellule), tandis que par leur sommet

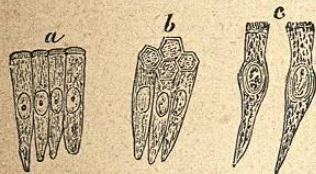


FIG. 98. — Éléments de l'épithélium cylindrique\*.

elles s'insèrent sur le corps de la villosité (fig. 99), et sont en contact avec des cellules plus petites, polyédriques ou irrégulières, germes de futures cellules cylindriques (qui sont à celle-ci ce que la couche de Malpighi est aux cellules plus superficielles de l'épiderme)<sup>4</sup>. La

<sup>4</sup> D'après les recherches de Debove (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, décembre 1872), ces cellules profondes représenteraient une *couche endothéliale*, c'est-à-dire formée de cellules identiques à celles qui recouvrent

\* a, Quatre cellules unies entre elles, vues de côté; leur bord libre (en haut) présente un rebord épais, strié de fines radiations; — b, cellules analogues vues inclinées par leur face libre (en haut et en dehors). On y remarque la forme hexagonale de la coupe et le rebord épais; — c, cellules modifiées par l'imbibition et un peu altérées; elles sont effilées à leur rebord supérieur. (Virchow, *Pathologie cellulaire*.)

partie centrale, où *corps de la villosité*, est très compliquée (voir fig. 99, A et C); elle se compose d'un tissu connectif embryonnaire, avec un grand nombre de cellules embryonnaires ou plasmiques. Dans ce tissu se trouvent deux systèmes vasculaires: c'est, d'une part, un lacis de vaisseaux sanguins placés dans toute l'épaisseur, et arrivant si près de la superficie qu'il est presque en contact avec l'épithélium. En second lieu, nous trouvons un canal central, extrémité d'un *chylifère*, qui reçoit, ainsi que l'a montré Sappey, le contenu des lacunes et capillules lymphatiques disposés dans toute l'étendue de la villosité. On a longtemps considéré ce chylifère central comme formant un canal isolé, central, et terminé en cul-de-sac à son extrémité.

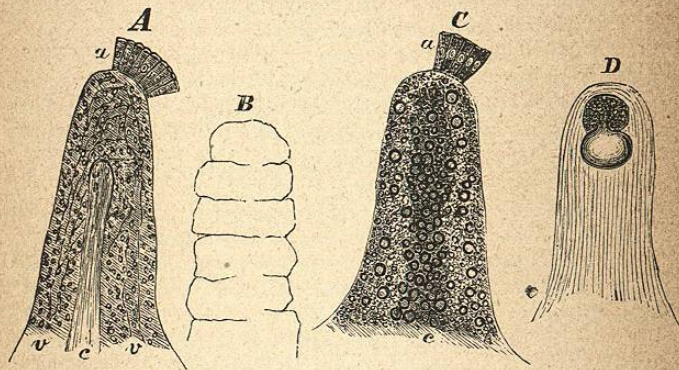


FIG. 99. — Villosités intestinales observées pendant l'absorption, surtout pendant l'absorption de la graisse (Virchow)\*.

Nous voyons donc déjà que les vaisseaux sanguins sont aussi bien disposés pour l'absorption que les chylifères.

les sereuses, cellules plates unies entre elles par un ciment très fin. Elles sont rendues visibles par l'emploi du nitrate d'argent. D'après Debove, ce que His a vu et figuré dans les villosités comme le revêtement d'un chylifère central serait précisément la couche endothéliale, sous-épithéliale qui appartient à la surface de la villosité (?).

\* A, Villosité intestinale de l'homme prise dans le jéjunum; — en a, on voit l'épithélium cylindrique, avec son fin bourrelet et ses noyaux, persistant encore à la surface de la villosité; — c, vaisseau chylifère central; — v, v, vaisseaux sanguins; dans le reste du corps de la villosité, on aperçoit les noyaux embryonnaires du tissu conjonctif.

B, Villosité du chien contractée.  
C, Villosité pendant la résorption intestinale: la graisse envahit le corps même de la villosité; en D, on voit une goutte considérable de graisse. (Grossiss., 280)



Quand l'estomac livre par ondées son contenu à l'intestin grêle, les villosités, épithélium et corps de la villosité, changent d'aspect au contact de ce liquide. On peut provoquer artificiellement ce phénomène en prenant le contenu d'un estomac en pleine digestion, le filtrant, et plaçant ce liquide en contact avec la muqueuse intestinale fraîchement mise à nu et encore vivante. Tout autre substance que le contenu stomacal, c'est-à-dire tout aliment qui n'est pas dilué dans une grande quantité de suc gastrique, ne produit aucun effet sur la muqueuse intestinale; mais au contact du liquide précèdent, même quatre heures après la mort, on voit la muqueuse devenir blanche, plus épaisse, plus résistante. En regardant de plus près, on s'aperçoit que tout d'abord ces phénomènes tiennent seulement à des changements dans l'épithélium; excitées par le suc gastrique, les cellules épithéliales, qui chez l'animal à jeun sont petites, comme diffuses et forment à peine une membrane bien distincte, ces cellules se gonflent, s'érigent pour ainsi dire, triplent de volume et forment une membrane résistante et presque disséquable; alors les villosités sont pressées les unes contre les autres, et l'épithélium forme les  $\frac{4}{5}$  de leur épaisseur. De plus, les cellules épithéliales changent de couleur, deviennent blanchâtres, et l'on peut constater que cet aspect est dû à un grand nombre de gouttes de graisse placées dans leur intérieur; ce phénomène a lieu alors même que le liquide stomacal mis en contact avec la muqueuse était complètement dépourvu de graisse. Mais nous savons que toute cellule contient de la graisse, dissimulée, il est vrai, mais qui devient libre et visible en certaines circonstances et particulièrement sous l'influence d'une transformation intime qui est comme le signal de la mort de la cellule. Il est donc probable que le cylindre épithélial qu'on a alors sous les yeux est près de sa fin, qu'il va bientôt tomber en ruine et qu'il s'opère une véritable mue épithéliale de la muqueuse; c'est ce que nous verrons, en effet. Lorsque le chyme contient des corps gras, ce fait est encore bien plus apparent, la blancheur est plus éclatante, les sphères graisseuses plus considérables; mais là encore on verra bientôt le tout disparaître et être remplacé par un jeune épithélium <sup>1</sup>.

Cet aspect blanchâtre, cette turgescence commence vers la base libre de l'épithélium, gagne peu à peu sa profondeur et finit par

<sup>1</sup> V. Küss, *Gazette médicale de Strasbourg*, 1814, p. 33 : *Sur l'absorption*. Fink, *Sur la physiologie de l'épithélium intestinal*. Thèse de Strasbourg, 1854, n° 324.

L. Lereboullet, *De l'épithélium intestinal au point de vue de l'absorption des matières grasses*. Thèse de Strasbourg, 1866, n° 579.

envahir le corps même de la villosité (fig. 99, C); mais toujours c'est l'épithélium du sommet de cette papille qui est le premier blanchâtre et gonflé, et donne ainsi à la saillie villeuse un aspect tout particulier, qui nous permet de comprendre ce que Lieberkühn avait vu et interprété, en lui donnant le nom d'*ampoule* (de petit réservoir aspirateur du chyle). Le mandrin ou corps de la villosité se modifie alors consécutivement à l'épithélium, et, au moment où celui-ci devient granuleux et va tomber, on voit le sommet de la villosité se transformer en une grappe de gouttelettes graisseuses, qui apparaissent successivement dans le corps et la base de la villosité, et sont souvent rangées en lignes plus ou moins régulières.

Cet aspect est parfois modifié, surtout chez le chien (fig. 99, en B), par une déformation de la villosité, mais ce n'est là qu'un phénomène accessoire dû à la contraction de fibres musculaires lisses. En effet, le corps de la villosité renferme des éléments contractiles rudimentaires; ils sont disposés, surtout autour du chylière central, en stries longitudinales parallèles à l'axe de la villosité, puis se recourbent en anse vers le sommet, où Moleschott et Donders ont reconnu des fibres contractiles lisses (cellules contractiles) disposées transversalement.

En somme, nous venons d'assister à un phénomène de passage: l'épithélium, par sa vie propre, par sa nutrition, s'est gorgé du produit de la digestion avec lequel il était en contact, et l'a transmis aux éléments globulaires du corps de la villosité. La pénétration a eu lieu, il suffit désormais d'un phénomène de diffusion pour que le sang absorbe les liquides avec lesquels il est en contact immédiat. Ce phénomène de passage, nous l'avons observé surtout pour les graisses, parce que leurs propriétés optiques en rendent facile la constatation: il est probable que les choses se passent de même pour les autres éléments (albuminoses et glycosés), quoiqu'on ne puisse le constater directement: les graisses seules nous montrent le chemin qui doit être parcouru.

Nous voyons donc que dans ce phénomène de passage, tout ce qu'on peut appeler actes de diffusion, d'endosmose, est dominé par le mode de fonctionnement propre des cellules épithéliales et des éléments plasmatiques du corps de la villosité; arrivés là les liquides absorbés n'ont plus besoin que de la diffusion pour se répandre dans l'organisme par des voies que nous étudierons bientôt <sup>1</sup>. Au

<sup>1</sup> Il est bien intéressant de rapprocher cet exposé, emprunté textuellement aux leçons de Küss, de ce qu'a écrit Cl. Bernard:

« D'après de nouvelles recherches encore inédites, je pense que l'absorption digestive est d'une tout autre nature que les absorptions ordinaires. J'ai vu chez la grenouille des glandes pyloriques disparaître pendant l'hiver quand la digestion cesse, et se régénérer au printemps quand la digestion recom-



moyen des théories physiques de l'endosmose, on pouvait jusqu'à un certain point se rendre compte du passage des sucres et des albuminoïdes, mais le passage de la graisse constituait toujours un problème insoluble, qu'on cherchait à résoudre en supposant une décomposition, un dédoublement suivi de reconstitution. Nous avons vu qu'il n'en est rien et que la graisse est absorbée en nature. Cette manière de voir est confirmée par ce qui se passe si fréquemment dans les autres parties de l'organisme : les cellules plasmatiques des couches profondes du derme, celle du mésentère, peuvent en peu de temps se charger d'une grande quantité de graisse, qu'elles empruntent au sang, lorsque celui-ci en est saturé par une alimentation abondante; cette graisse est rendue parfois très vite, lorsque l'animal maigrit subitement. On peut alors constater que les cellules graisseuses perdent leur graisse, qui est remplacée par un liquide séreux; celui-ci peut disparaître à son tour et le globule revient à son état typique de globule plasmatique; ici on ne peut invoquer l'action d'un liquide dissolvant particulier. Nous ne pouvons guère expliquer ce fait qu'en disant que les corps gras, pour pénétrer dans l'économie, forment des combinaisons particulières avec les corps albumineux.

Schäfer, Zawarykin et Watney, ont récemment émis sur ce sujet une théorie nouvelle. D'après Zawarykin les globules de graisse émulsionnés

mence. Je suis porté à admettre, d'après mes expériences, qu'il y a à la surface de la membrane muqueuse intestinale une véritable génération d'éléments épithéliaux qui attirent les liquides alimentaires, les élaborent et les versent ensuite par une sorte d'endosmose dans les vaisseaux. La digestion ne serait donc pas une absorption alimentaire simple et directe. Les aliments dissous et décomposés par les sucs digestifs dans l'intestin ne forment qu'un blastème régénérateur dans lequel les éléments épithéliaux digestifs trouvent les matériaux de leur formation et de leur activité fonctionnelle. Je ne crois pas, en un mot, à ce qu'on pourrait appeler la *digestion directe*. Il y a un travail organique ou vital intermédiaire. Ce n'est pas une simple dissolution chimique, comme l'avaient admis la généralité des physiologistes. J'espère pouvoir plus tard développer toutes les conséquences de ces nouvelles idées. » (Cl. Bernard, *De la physiologie générale*, notes, 1872, p. 283.) Et plus loin (p. 287), Cl. Bernard ajoute : « Les cellules qui sont à la surface de l'intestin s'atrophient très rapidement quand elles sont soustraites au travail digestif. J'ai vu, par exemple, qu'en isolant une anse intestinale de façon à ce que les aliments n'y passent plus, il y a une atrophie rapide de la membrane muqueuse, bien que la circulation continue à s'y faire d'une façon normale. »

Cette manière de voir est singulièrement confirmée par l'étude de la digestion et de l'absorption chez les animaux tout inférieurs, tels que les hydres d'eau douce. Rappelons d'abord que les animaux mono-cellulaires, tels que les

sionnée contenus dans l'intestin ne pénètrent pas à travers la substance même des cellules de revêtement épithélial; l'absorption de la graisse serait exclusivement le fait des cellules lymphatiques ou globules blancs contenus dans l'épaisseur de la muqueuse; ces cellules, se dirigeant par leurs mouvements amiboïdes vers la lumière de l'intestin, pénétreraient entre les cellules épithéliales et viendraient à la surface libre se charger de granules de graisse, pour retourner par le même chemin et gagner ensuite les vaisseaux lymphatiques. Une théorie analogue avait été émise par A. Schäfer dès 1876<sup>1</sup>. C'est également un rôle semblable que le professeur J. Renaut (de Lyon) paraît assigner aux globules blancs ou cellules lymphatiques, mais en leur attribuant d'autres voies de passage<sup>2</sup>. En effet, sur la muqueuse de l'appendice iléo-cæcal du lapin, il a constaté, en certaines régions, la présence de nombreux globules blancs entre les cellules épithéliales; non seulement ces cellules sont alors sillonnées d'empreintes, mais leur protoplasma est découpé et perforé par le passage des cellules migratrices (globules blancs) au point que le revêtement épithélial est alors formé de véritables cellules épithéliales fenêtrées; mais ce n'est pas tout : grâce à de délicates imprégnations au nitrate d'argent, on constate que la mince cuticule formée par les plateaux des cellules n'a pas été elle-même respectée, car elle présente d'innombrables trous clairs et arrondis, indiquant que les cellules lymphatiques migratrices passent aussi bien de l'épithélium dans l'intestin, que du tissu réticulé dans l'épithélium et qu'elles ouvrent, par leur passage, de véritables stomates. « Le problème si discuté des bouches absorbantes, dit le professeur Renaut, est ainsi ramené à une solution conforme à ce qu'on sait à la fois de la constitution des épithéliums et des propriétés des cellules migratrices. Ces cellules travaillent sans cesse à produire, dans les régions en question, des sortes de pommes d'arrosoir dont les trous sont ouverts pour un certain temps, et que l'imprégnation surprend dans cet état, mais qui se peuvent ensuite effacer plus ou moins rapidement, par suite du retrait de la ligne cuticulaire perforée sur elle-même, comme le ferait

amibes, se nourrissent en englobant dans leur protoplasma (à l'aide de prolongements dits pseudopodes) les particules dont ils doivent s'assimiler une partie, rejetant ensuite les portions non assimilables. Or, chez les hydres, qui possèdent un sac digestif, on peut voir, pendant la digestion, les cellules de l'entoderme (épithélium du sac digestif) émettre vers l'intérieur de la cavité stomacale de véritables pseudopodes semblables à ceux des amibes, et qui englobent les matières alimentaires. Ces cellules entodermiques, qui sont les cellules d'absorption digestive, se nourrissent donc, pour effectuer cette absorption, exactement comme les amibes.

<sup>1</sup> Voy. Otto Wiemer, *Ueber den Mechanismus der Fettresorption* (Arch. für die gesammte Physiologie, Bd. XXXIII, p. 515). — Zawarykin, *Die Fettresorption* (Arch. f. die gesammte Physiol., 1884, p. 145).

<sup>2</sup> J. Renaut, *Sur l'épithélium fenêtré des follicules clos de l'intestin du lapin, et de ses stomates temporaires* (Comptes rendus Acad. des sciences, 30 juillet, 1883).