

tementce qui se passe dans l'estomac. Cela se conçoit ; car, bien que les conditions de température soient remplies, les suivantes ne le sont pas, savoir : *a.* les mouvements de l'estomac mettant constamment les aliments au contact du liquide qu'il sécrète ; *b.* l'influence du mélange des aliments les uns avec les autres, et avec une certaine proportion de boissons, variable suivant les individus ; *c.* mais pardessus tout, l'influence de l'invagination des aliments par la salive qui, non-seulement facilite la déglutition, mais par sa présence dans l'estomac stimule la sécrétion du suc gastrique, favorise son imbibition dans les aliments déjà humectés, et même son action moléculaire ou chimique sur ceux-ci.

2° Bien que nous parlions des propriétés *dissolvantes* du suc gastrique et des *digestions artificielles* à l'aide de ce dernier, nous ne nous exprimons ainsi que pour nous conformer à l'usage ; mais celui-ci est vicieux. En effet : *a.* le suc gastrique n'est pas assez abondant par rapport à la masse des aliments ingérés pour exercer une action *dissolvante* bien prononcée ; *b.* puis surtout la *digestion* ne consiste pas, à proprement parler, en une *dissolution*, mais, comme l'a dit M. Ch. Robin auquel nous empruntons ces remarques, elle consiste en une *liquéfaction*, c'est-à-dire en un passage à l'état liquide ou demi-liquide de substances solides ou demi-solides. Or, cette liquéfaction ne s'opère pas dans l'estomac ; le suc gastrique ne fait que la préparer en gonflant, ramollissant et amenant à un état moléculaire particulier les aliments solides. Elle ne s'opère réellement que dans l'intestin grêle, après l'action combinée ou alternante de la bile et du suc pancréatique sur ces matières ainsi préparées ; la sécrétion et l'excrétion de ces deux humeurs, sont elles-mêmes corrélatives, sinon subordonnées à la nature des aliments et à la manière dont le suc gastrique a été sécrété ou a agi. En un mot, il ne se passe dans l'estomac qu'un des actes de la digestion, une action préparatoire en quelque sorte, tandis que les actes définitifs se passent dans l'intestin proprement dit, et ce serait s'induire volontairement en erreur par vice de méthode que de croire, comme beaucoup le font, que tout dans la digestion se passe dans l'estomac. Prévenus de ce qui est, nous pouvons actuellement exposer ce qui a été dit.

Réaumur avait entrevu la possibilité de faire opérer la digestion en dehors de l'estomac, mais c'est Spallanzani qui a fécondé cette idée.

Il place des graines moulues dans du suc gastrique pris dans l'estomac des gallinacés ; le tube qui contient le mélange est mis sous son aisselle, pour y être maintenu à une température convenable. Au bout de trois jours tout était dissous. Un mélange d'eau

simple et de graines moulues, placé comparativement sous son autre aisselle, s'était pétrifié dans le même espace de temps. Dans d'autres expériences, il met de la chair au lieu de graines : le résultat est le même. Il a employé chaque fois du suc gastrique pris dans divers animaux et sur lui-même ; il a toujours obtenu une liquéfaction.

Plus tard, Stevens, Leuret et Lassaigne, Tiedemann et Gmelin ont établi des digestions artificielles ; mais les plus intéressantes sont, sans contredit, celles qui ont été faites par Beaumont avec du suc gastrique pris directement sur un homme fort robuste qui habitait le Canada, et qui, par accident, avait une fistule très large communiquant avec l'estomac.

EXPÉRIENCE I. — Beaumont plaça sur un bain de sable à 100 degrés Fahrenheit une fiole contenant 3 dragmes de bœuf salé, bouilli, et 4 onces de suc gastrique pur retiré, à l'aide d'une sonde, de l'estomac de son Canadien. Au bout de quarante minutes, la digestion commença à la surface du morceau de chair ; à cinquante minutes, le fluide est devenu opaque et nuageux ; la partie extérieure du morceau de viande commençait à se dissocier ; à soixante minutes, le chyme commençait à se former ; un peu plus tard, le tissu qui réunissait les fibres charnues étant détruit laissait celles-ci flotter en petits lambeaux. La quantité de ces fibres allait ensuite diminuant, de sorte qu'au bout de neuf heures tout était dissous. L'examen comparatif de la digestion stomacale chez son Canadien montra que celle-ci marchait plus vite.

EXPÉRIENCE II. — Vingt minutes après un repas fait par le Canadien, Beaumont retira de son estomac, par la fistule, une partie de l'aliment qu'il contenait et du suc gastrique qui l'entourait. Ce mélange fut mis dans une fiole à une température convenable, sans autre addition de suc gastrique. Néanmoins, la digestion qui avait commencé à s'opérer dans l'estomac continua de se faire dans la fiole. Cinq heures après le repas, on retira de l'estomac une partie du chyme qui s'y trouvait encore. Il ressemblait parfaitement au produit de cette digestion artificielle.

EXPÉRIENCE III. — Le Canadien avale du lait ; Beaumont en retire une portion sous forme de coagulum blanc suspendu dans un liquide semi-transparent comme du petit-lait ; puis, dans l'estomac comme au dehors, le lait fut converti en chyme.

Ainsi voilà un fait incontestable, c'est que le suc gastrique ne perd pas ses propriétés en dehors de l'estomac. Voyons donc quelle sera son action sur les divers aliments en particulier.

Action du suc gastrique sur les divers aliments en particulier.

1° *Sur la fibrine.* — Tiedemann et Gmelin, Blondlot, Eberle, Schwann, Mueller, Bouchardat et Sandras, Mialhe ont étudié cette action. D'après M. Blondlot, la fibrine, dans l'eau acidulée, se gonfle au point de doubler de volume, en conservant sa texture filandreuse. Plongée dans le suc gastrique naturel, elle cessait bientôt de se gonfler, puis elle commençait à diminuer de volume, parce qu'elle abandonnait des parcelles de sa substance, qui, par le repos, gagnaient le fond du vase sous forme d'un précipité extrêmement fin. Il a observé les mêmes phénomènes dans un cas où il avait établi une fistule gastrique à un chien. On a constaté plus tard que le produit de la dissolution de la fibrine contenait de l'albuminose. M. Bouchardat et Sandras ont vu aussi dans leurs expériences que, dans l'estomac, la fibrine se gonflait, devenait demi-transparente, se ramollissait en perdant son apparence fibrineuse. Ils pensent que la fibrine a été dissoute par un liquide acide, qui doit ses propriétés à l'acide chlorhydrique. M. Mialhe a étudié l'action du suc gastrique sur la fibrine. Pour décider s'il faut rapporter la dissolution de la fibrine uniquement à l'action des acides, comme le veulent M. Bouchardat et Sandras, ou bien à l'intervention d'un ferment, il invoque l'expérience suivante :

MM. Dumas et Cahours ont constaté que si l'on ajoute au liquide formé de six parties d'acide chlorhydrique pour dix mille parties d'eau, quelques gouttes de présure, on obtient un liquide dans lequel la fibrine se dissout en quelques heures, au point de passer au travers du filtre sans difficulté. Il ne se forme plus de gelée consistante et tremblante, comme dans le cas où l'on agit avec l'acide seul. Il faut donc que dans le suc gastrique, il y ait deux agents pour que la fibrine se dissolve.

2° *Sur l'albumine.* — Si elle est liquide, elle est précipitée, coagulée, en molécules extrêmement fines, puis elle se dissout facilement. Si elle est très abondante, elle peut passer en partie dans l'intestin grêle, sans modification (Tiedemann et Gmelin).

M. Blondlot n'admet pas que l'albumine soit modifiée, il pense qu'elle est absorbée sans préparation; il s'appuie sur cette considération que le blanc de l'œuf couvé passe directement dans les vaisseaux du fœtus. Mais on peut lui objecter une expérience de M. Bernard que nous rapporterons bientôt.

L'albumine coagulée par la chaleur et cuite est digérée avec infiniment plus de lenteur. Ici tous les expérimentateurs sont d'accord. C'est qu'il y a dans la coagulation des substances organiques, plu-

sieurs modes distincts; c'est que la coction qui durcit et la simple coagulation, comme celle opérée par la pepsine stomacale sur beaucoup de substances coagulables, sont des actes moléculaires différents, bien que la coagulation précède souvent la coction, et l'action consécutive du suc gastrique est bien différente selon ces cas. (Voyez Ch. Robin et Verdeil, *Chimie anatomique*, t. III, p. 126 à 132.) Les morceaux d'albumine se ramollissent à leur surface, pendant que le centre conserve encore pendant quelque temps sa solidité. A l'extérieur se trouve une masse molle, pultacée, que le doigt détache avec facilité. L'amas des molécules qui se détachent des fragments d'albumine en digestion dans le suc gastrique naturel donne au liquide une apparence laiteuse. La dissolution avec transformation constitue la fin de ce phénomène. Ici encore l'acide gastrique la gonfle, l'hydrate, et la pepsine le métamorphose. Le produit de la transformation n'est point coagulable par le feu, ni précipitable par les acides ni par la pepsine. M. Mialhe ne croit pas devoir passer sous silence un phénomène de coloration manifestement rougeâtre que lui a toujours présenté la couche pulpeuse, qui recouvre l'albumine de l'œuf pendant sa transformation digestive.

3° *Sur le gluten.* — Si le gluten est cru, il se ramollit et se dissout sans se gonfler sensiblement et en présentant une couche pulpeuse à sa surface (Mialhe). Les parties ramollies se réduisent par l'agitation en parcelles très ténues, qui, dans les digestions artificielles, gagnent le fond du vase, sous forme de sédiment; les mêmes phénomènes s'accomplissent dans l'estomac.

Le gluten coagulé offre dans l'estomac les mêmes phénomènes que la fibrine et l'albumine concrète. M. Bouchardat et Sandras ont étudié la digestion du gluten, et ils concluent de leurs expériences qu'il se digère exactement comme la fibrine.

4° *Sur la caséine ou caséum.* — M. Blondlot a étudié les phénomènes de la digestion de la caséine coagulée. A un chien qui avait une fistule épigastrique, il fit avaler 400 grammes de fromage blanc égoutté. Examinant ensuite à des distances rapprochées, il voyait à chaque fois les morceaux de moins en moins volumineux nager dans un liquide trouble qui rougissait la teinture du tournesol.

Ces morceaux conservaient à l'intérieur une certaine consistance, tandis qu'à l'extérieur, ils étaient ramollis et se réduisaient en une sorte de pulpe; tout était digéré au bout de trois heures et demie.

D'après M. Mialhe la caséine étant naturellement soluble et attaquant par le ferment gastrique, sa chymification, au lieu de se faire couche par couche, s'effectue en masse; c'est-à-dire que la totalité de la pepsine, contenue dans le suc gastrique, se combine

immédiatement avec la caséine et la précipite; puis, peu à peu, le précipité uniforme est redissous et métamorphosé par l'action continue de ce ferment digestif.

5° *Sur la gélatine.* — Très peu de temps après qu'elle a été mise en contact avec du suc gastrique, elle se dissout et donne naissance à un liquide d'un brun clair, peu trouble et à réaction acide; mais elle a été transformée; car on ne peut pas la retrouver dans le solum, ce qui arriverait si elle avait été simplement dissoute.

6° *Sur la fécule.* — La fécule, mise en contact avec le suc gastrique, peut-elle se convertir en dextrine ou en glucose?

Les expériences de MM. Bernard et Barreswil et de M. Mialhe répondent négativement. Dans un milieu légèrement acide, la formation de dextrine et de glucose est impossible. Concluons donc que le suc gastrique ne digère pas la fécule; mais est-ce à dire pour cela qu'on ne trouvera pas dans l'estomac de la dextrine, du glucose et de l'acide lactique, comme le disent M. Bouchardat et Sandras(1)? Non, car la salive arrivant incessamment dans cette cavité, peut opérer ces transformations (Mialhe).

Voyons maintenant ce que les expériences nous apprennent. Quand la fécule est *crue* (c'est ainsi que tous les animaux non domestiques l'avalent), elle ne subit aucune altération dans l'estomac des herbivores rongeurs (Bouchardat et Sandras, *Annuaire de thérapeutique*, 1846); cette substance n'est pas non plus attaquée dans l'estomac des animaux carnivores. M. Blondlot injecta dans l'estomac de son chien, à travers la fistule, 25 grammes de fécule de pomme de terre délayée dans 76 grammes d'eau froide. Le contenu de l'estomac, examiné au bout d'une heure, ne contenait pas de sucre, et le microscope y faisait reconnaître que les grains avaient conservé leur enveloppe intacte.

Nous savons que la salive peut métamorphoser la fécule crue lorsqu'elle a été broyée. D'après cela on se demande si la fécule de l'avoine qui a été triturée entre les molaires du cheval et insalivée, arrive déjà transformée dans l'estomac de cet animal, ou si elle s'y transforme; si, en un mot, il y a de la dextrine et du glucose dans l'estomac du cheval. M. Bérard incline pour la négative, parce que l'action de la salive sur la fécule crue est trop lente pour que la métamorphose ait lieu pendant la mastication. D'une autre part, la formation de la dextrine et du glucose n'est point opérée par le suc gastrique. L'imprégnation de la masse féculente par la salive n'en est pas moins

(1) *Recherches sur la digestion (Annuaire de thérapeutique*, par M. Bouchardat, 1845, p. 587).

une excellente condition pour la transformation que la fécule doit éprouver dans l'intestin, au haut duquel nous la verrons arriver avec ses grains intacts.

La fécule contenue dans le jabot des oiseaux granivores n'y subit point de transformation. Dans le gésier, M. Bouchardat et Sandras ont constaté que presque tous les grains étaient encore intacts; ils disent, toutefois, y avoir saisi des traces de dextrine et de glucose. Tiedemann et Gmelin ont cru voir que du sucre s'était formé dans l'estomac d'une oie nourrie avec de la farine sèche de froment.

La fécule *cuite* va se comporter différemment. Dans ce cas, on trouve dans l'estomac de la dextrine et du glucose, ce qui doit être attribué à deux causes. La première est due à ce que la salive, dont l'action est très rapide sur la fécule cuite, en a déjà transformé une petite portion pendant la mastication; la seconde est due à ce que la salive continue d'agir sur la masse ingérée dans l'estomac, jusqu'au moment où l'action neutralisante du suc gastrique se fait sentir.

Voici des faits à l'appui de cette opinion.

D'après Thompson, professeur à l'université de Glasgow, on trouve dans l'estomac, quelque temps après la digestion, chez les animaux qui ont été tenus pendant quelque temps à une diète farineuse, de la dextrine et de l'amidon soluble. Suivant cet auteur, l'acide qui se développe dans l'estomac, au moment de la digestion, se rapproche plus de l'acide lactique que de tout autre acide connu; enfin on trouve du sucre dans le sang des animaux nourris avec de la fécule.

M. Bouchardat et Sandras ont aussi trouvé de la dextrine, du glucose et de l'acide lactique dans l'estomac, après la digestion de la fécule. Dans leur premier travail de 1843 (*Annuaire de thérapeut.*), ils avaient nié l'existence de cette transformation de la fécule en dextrine et en glucose, mais ils avaient trouvé déjà de l'acide lactique.

Suivant le docteur Julius Budge, de Bonn, un vomitif, pris trois heures après un repas d'aliments végétaux, fait rendre du sucre. Il prétend aussi que, terme moyen, un homme adulte produit en vingt-quatre heures une livre et demie de sucre au moyen de la fécule qu'il prend, et il attribue cette formation au suc gastrique. Il y a là une exagération et une erreur.

D'après M. Bernard, il ne se convertit qu'une très petite fraction de fécule en sucre dans l'estomac des chiens. « Si, dit-il, après avoir donné à un chien un repas copieux de pommes de terre, on le sacrifie à une période quelconque de la digestion, j'affirme, pour l'avoir vérifié souvent, que la présence du sucre dans l'estomac sera

à peine sensible et le plus ordinairement équivoque, tandis que l'amidon y sera constamment reconnu par la coloration bleu intense qu'y fait naître la teinture d'iode.

7° *Sur le sucre de canne.* — M. Bernard a démontré que le sucre doit subir l'action du suc gastrique, et être transformé en glucose puisque, lorsqu'on l'introduit directement dans le système sanguin, il passe à travers le rein sans être arrêté par le travail de la nutrition.

D'après M. Bouchardat et Sandras, le suc gastrique convertit le sucre de canne en sucre interverti et ensuite en acide lactique. M. Blondlot nie cette transformation, et pense qu'il n'y a qu'une dissolution simple.

8° *Sur la pectine et la gomme.* — Ces substances, d'après M. Blondlot, se dissolvent purement et simplement, puisqu'on peut les retrouver au moyen de leurs réactifs.

9° *Sur les corps gras.* — Le suc gastrique n'a aucune action sur les corps gras; ils peuvent séjourner très longtemps dans l'estomac sans être attaqués. La graisse peut alors y devenir âcre, irritante, et déterminer un malaise particulier, un sentiment d'ardeur, de brûlure à la région épigastrique, auquel on a donné le nom de *fer chaud*. Des expériences ont été faites par Blondlot, Tiedemann et Gmelin, et plus récemment par M. Bernard, qui démontrent cette vérité d'une manière incontestable.

9° *Sur le tissu cellulaire.* — D'après M. Blondlot, les masses de tissu cellulaire se ramollissent, deviennent pulpeuses, faciles à écraser sous le doigt, et se dissocient avec rapidité. On remarque un précipité extrêmement ténu au fond du vase.

10° *Sur le tissu musculaire.* — Si la viande est crue, elle se ramollit à l'extérieur, se convertit en une matière pulpeuse qui devient rougeâtre, mais moins foncée que la couleur primitive de la chair. Cette couleur et cette consistance existent encore à l'intérieur. La conversion en matière pulpeuse se fait au contact du suc gastrique. Bientôt on voit en suspension des parcelles de viande qui sont détachées des masses plus considérables. L'action s'exerçant de dehors en dedans, la masse disparaît successivement couche par couche (Blondlot, Tiedemann et Gmelin, Schultz).

Si la viande est cuite, les phénomènes et le résultat sont au fond les mêmes que pour la viande crue; seulement Beaumont a vu que les morceaux de bœuf bouilli étaient attaqués à la fois dans l'intérieur et à l'extérieur, et que le tissu cellulaire étant plus rapidement détruit, les fibrilles musculaires flottent au milieu du liquide, jusqu'au moment où elles tombent en liquéfaction.

11° *Sur les tendons.* — Sur eux, l'action du suc gastrique est

très lente. M. Blondlot a vu qu'après deux heures de séjour dans l'estomac d'un chien, un tendon de bœuf n'avait subi aucune altération. Après quatre heures, il était un peu ramolli à sa surface; après six heures, dissolution d'une partie et ramollissement complet; après dix heures il était digéré. Les aponévroses, les ligaments se comportent comme les tendons.

12° *Sur le lait.* — Le premier effet du suc gastrique est de séparer les éléments du lait, savoir: le caséum, la matière grasse et la matière sucrée. Introduit dans l'estomac, le lait est caillé, la caséine se précipite; le beurre est entraîné en partie dans les caillots du caséum, une portion surnage sous forme de couche huileuse, le sucre reste en dissolution dans le sérum. Après la coagulation du lait, la partie séreuse est à peu près résorbée, et les trois substances du lait se comportent comme nous l'avons dit à propos de chacune d'elles.

13° *Sur les os.* — Boerhaave pensait que les os étaient réfractaires à cette action. Spallanzani a démontré le contraire. D'après lui, les corneilles ne digèrent pas les os d'animaux adultes, mais elles dissolvent les os des jeunes animaux. Ayant renfermé des portions d'os dans des tubes troués qu'il faisait avaler à des oiseaux de proie, Spallanzani vit ces os disparaître peu à peu sans résidu. Il fit faire, pour son aigle, une boule d'os très durs; chaque jour l'aigle vomissait cette sphère ayant diminué de poids. Au bout de vingt-cinq jours, il n'en restait plus rien. La racine d'une dent mise dans le tube fut attaquée, l'émail lui-même l'était d'une manière très sensible. Spallanzani a constaté sur lui-même que les os étaient digérés.

D'après Beaumont, cette action a lieu même dans le suc gastrique retiré du corps de l'homme; mais il faut convenir qu'elle est lente. Une portion d'une côte d'un vieux porc, laquelle pesait 40 grains, fut mise dans une fiole contenant 3 grammes de suc gastrique pur; elle ne fut complètement dissoute qu'au bout d'un mois; encore fallut-il renouveler le suc gastrique.

Une fois le fait établi, il reste à faire voir par quel mécanisme il s'accomplit. D'après M. Blondlot, la matière se détache sous forme de détritons pulvérulents: car la portion qu'on retire après l'y avoir fait séjourner est aussi dure que si elle n'avait subi aucune altération; et cependant elle a diminué de poids. Si l'on fait sécher cette pièce d'os après l'avoir lavée à l'eau distillée, on voit que sa surface se recouvre d'une légère couche de matière terreuse très blanche que l'ongle détache sous forme d'une poudre crayeuse.

14° *Sur les viscères parenchymateux.* — M. Blondlot a soumis le foie, le poumon et le cerveau à l'action du suc gastrique. Le

liquide pris dans l'estomac des chiens auxquels on a fait avaler des morceaux de foie, est trouble et présente une teinte jaune, due vraisemblablement à une petite quantité de bile cédée par le tissu du foie. Les morceaux de foie attaqués par ce liquide se ramollissent à leur surface, fournissent une matière pulvée et disparaissent complètement de l'estomac au bout de trois heures environ. Il en est de même du tissu pulmonaire. La chymification de la substance cérébrale marche encore plus vite.

M. L. Corvisart a fait récemment une application pratique de cette propriété du sac gastrique. Il a proposé de faire ce qu'il appelle un *nutriment* au moyen de digestions artificielles.

Le mot *nutriment*, d'après M. L. Corvisart, différerait de l'aliment par la propriété de nourrir même celui qui ne digère pas. On le reconnaît à ce que, injecté dans les veines, il est retenu, utilisé, sans avoir traversé les organes digestifs, et n'est pas rejeté par les urines, comme l'est la gélatine injectée de même. Les nutriments seraient ; 1° l'albumine ; 2° la fibrine, soumise à la cuisson pendant trente heures, ou soumise à l'action du suc gastrique ou de la pepsine : l'action serait la même, opérée dans les bœufs, une poche de caoutchouc ou l'estomac ; 3° les bouillons ou l'osmazôme. Les nutriments ont été proposés comme méthode nouvelle de traitement des malades dont l'estomac ne digère pas. Ce procédé est fondé sur des données purement chimiques ; il ne tient nul compte de la nécessité de la salive, des sucs gastrique, biliaire et pancréatique, pour qu'une substance soit assimilée ; il est proposé sans penser que la bile, le suc pancréatique ne sont sécrétés en telle ou telle quantité, avec telle ou telle propriété, qu'à la condition que l'estomac aura élaboré d'une certaine manière les aliments ingérés.

Digestion dans l'estomac.

Un fait constant, universel, depuis l'estomac du polype jusqu'à celui de l'homme, c'est que l'aliment solide qui s'y trouve contenu y éprouve une dissociation complète de ses parties intégrantes, soit que la matière se réduise à l'état globulaire, soit qu'elle passe à l'état de liquéfaction.

Si une proie entière a été introduite dans l'estomac d'un animal et si on l'examine quelque temps après qu'elle a commencé à subir l'action digestive, cette proie a perdu l'apparence primitive, elle s'est convertie en une sorte de bouillie qui plus tard se serait liquéfiée davantage.

Si on examine l'estomac d'animaux qui ont avalé de gros mor-

ceaux de chair, on remarque que ces morceaux sont entourés d'une matière semi-liquide, coulante, gélatineuse, comme s'ils avaient éprouvé un mode particulier de dissolution.

Si l'on pèse les fragments qui sont encore à l'état solide, on voit qu'ils ont diminué de poids et que leur texture fibreuse est moins prononcée. Le degré de cohésion de la matière alimentaire a de l'influence sur le mode suivant lequel s'opère la dissociation de ses parties intégrantes. Si la masse alimentaire est lâche et pénétrable, elle est attaquée dans son épaisseur comme à sa superficie, tout fond ensemble ; si, au contraire, elle offre plus de densité, elle est attaquée couche par couche, comme le serait un morceau de gomme que l'on tiendrait dans la bouche.

Dans certaines expériences, on voit le tissu cellulaire qui unit les fibrilles musculaires, détruit avant ces dernières qui sont alors flottantes et séparées les unes des autres ; en même temps, elles sont plus faciles à rompre par la traction qu'on exerce sur elles.

Au moyen des fistules stomacales, on a pu assister à l'évolution de tous ces phénomènes dans l'estomac de l'homme. Outre le fait du Canadien que nous avons déjà cité, il existe encore dans la science des cas remarquables.

Tel est celui recueilli par Circaud sur une femme qui, à la suite d'une chute sur l'épigastre, vit s'établir dans cette région une fistule stomacale ; tel est aussi le cas qui a permis à Helm d'étudier le phénomène de la digestion sur une femme de cinquante ans chez laquelle, à la suite d'un abcès, l'estomac s'était mis en communication avec l'extérieur.

Voilà donc un fait bien constaté, c'est que les aliments mis au contact du suc gastrique se liquéfient.

Quel est donc l'agent de cette liquéfaction ? — Est-ce un acide, ou bien d'autres substances inconnues ? Tiedemann et Gmelin étaient disposés à croire que la dissolution des aliments est opérée par les acides qui existent dans le suc gastrique, c'est-à-dire par les acides acétique et chlorhydrique.

Mueller a, comme Beaumont, tenté de nombreuses expériences pour juger si c'est l'acide du suc gastrique qui liquéfie les aliments, et il est arrivé, comme les auteurs précédents, à cette conclusion que : 1° la liquéfaction des aliments se fait moins vite dans les acides que dans le suc gastrique ; 2° la liquéfaction ne s'opère pas avec les mêmes phénomènes ; 3° le produit de la dissolution n'est pas le même dans les deux cas.

Mais il existe encore un argument contre l'action de l'acide du suc gastrique comme liquéfiant et cet argument est très capital :

le produit de la liquéfaction par un acide est loin d'exercer la même influence sur l'économie lorsqu'on l'introduit dans le sang. Voici les expériences qui viennent à l'appui de cette proposition.

EXPÉRIENCE I. — M. Bernard injecte dans la jugulaire d'un chien bien portant, de l'albumine dissoute dans de l'eau distillée, il répète quatre fois cette même expérience; sur deux autres chiens, il injecte de l'albumine dissoute dans de l'eau acidulée: chez tous ces animaux, l'albumine passa promptement dans les urines où la chaleur et l'acide azotique la démontraient. Ce principe n'avait donc pas été mis à profit par l'économie, faute d'avoir été soumis à l'action du suc gastrique,

MM. Mialhe et Martin Magron ont employé à ce genre d'expériences la caséine et la fibrine.

EXPÉRIENCE II. — 15 grammes de lait préalablement soumis à l'action du suc gastrique ont été injectés dans la veine jugulaire d'un lapin; aucune trace de caséum ne s'est montrée dans l'urine. 15 grammes de lait pur ont, dans la même circonstance, donné lieu à une urine contenant une proportion très manifeste de caséum.

L'expérience faite avec la fibrine a donné un résultat remarquable. La fibrine dissoute dans le suc gastrique a pu être injectée sans inconvénient dans le sang d'un animal, et on ne l'a pas retrouvée dans les urines. Mais injectée à l'état de simple dissolution dans un acide, elle a déterminé instantanément la mort de l'animal.

Concluons d'après toutes ces expériences que l'acide seul ne suffit pas pour rendre assimilables les aliments. Il fallait donc qu'il se trouvât dans l'estomac un autre agent qui vint concourir à cette dissolution. Cet agent est la pepsine que nous allons étudier.

La pepsine (1) est une substance peu soluble dans l'eau, qui ressemble à l'albumine en ce qu'elle se coagule vers 400 degrés, mais qui en diffère en ce qu'elle ne produit pas de combinaison insoluble avec le cyanure ferroso-potassique. L'alcool anhydre la précipite en flocons blancs, qui en se séchant sur le filtre produisent une masse grise compacte. Quand on l'arrose avec de l'eau, elle se gonfle et se dissout dans une grande quantité d'eau; elle se dissout facilement si l'eau est acide. L'ébullition fait perdre à ces dissolutions la propriété dissolvante sur le blanc d'œuf, qu'elles avaient auparavant.

Les sulfates, acétates et chlorures métalliques précipitent la pepsine. On la sépare des acétates par l'acide chlorhydrique; elle

(1) Voyez Robin et Verdeil, *Traité de chimie anatomique et physiologique, normale et pathologique*, 1855, t. III, p. 335.

reste combinée avec un peu d'acide et prend alors le nom d'acétate de pepsine, lequel, dissous dans 6,000 fois son poids d'eau et acidulé, peut dissoudre l'œuf cuit.

L'eau de lavage de l'estomac est incolore, un peu visqueuse; elle dissout très rapidement le blanc d'œuf dur quand on l'a préalablement rendue acide par l'acide chlorhydrique: d'où Wasmann conclut qu'elle contient de la pepsine; elle renferme de plus un peu d'albumine.

M. Cl. Bernard a montré que la liquéfaction des aliments n'a pas lieu dans l'estomac. La matière est seulement gonflée; ce n'est que plus bas, dans l'intestin grêle, sous l'influence du contact de la bile, que les substances azotées, fibres musculaires, etc., sont réellement liquéfiées. Jusque-là elles sont encore parfaitement reconnaissables avec leurs stries, etc.; elles sont seulement un peu plus transparentes, gonflées, mais non dissoutes (Robin). Les fibres du tissu cellulaire sont gonflées, ramenées à l'état d'une masse homogène par le suc gastrique, sans être liquéfiées; ce n'est que dans l'intestin grêle qu'elles le sont réellement.

Ainsi, ce n'est pas le suc gastrique qui liquéfie les aliments comme on le dit; c'est plus loin que se fait la liquéfaction; il ne fait que ramollir et gonfler les substances. C'est plus particulièrement l'acide du suc gastrique qui opère le gonflement après lequel la *substance organique* propre au liquide gastrique ou mucus stomacal peut amener la liquéfaction.

Quant au produit nommé *pepsine* qu'on obtient de la manière indiquée par les auteurs, ce n'est certainement pas une espèce de substance organique, une espèce de principe immédiat, telle qu'elle existe dans le suc gastrique au moment où il entre en action chaque jour sur nos aliments; c'est un produit d'altération des substances azotées des parois stomacales et de leur sécrétion. On sait, du reste, que le gonflement et le ramollissement qu'on obtient avec le suc gastrique, mais sans liquéfaction proprement dite des matières gonflées, sont également obtenus avec un peu d'acide et des morceaux de trachées, de poumons, de séreuses, de foie, de tissu cellulaire, de vessie, de glande salivaire, de muscle, etc., ainsi que l'a vu E. Burdach (1). Bien que M. Blondlot dise avec raison que ce n'est pas là une véritable digestion, ce n'est pas moins ce ramollissement et ce gonflement qu'on obtient avec le suc gastrique seul, sans l'addition de bile et de suc pancréatique, postérieure à ces actions.

(1) E. Burdach dans F.-C. Burdach, *Traité de physiologie*. Paris, trad. franç., 1857, t. IX, p. 505.

Du rôle de la pepsine et de l'acide lactique dans la digestion. — Nous connaissons maintenant tous les éléments nécessaires pour comprendre la digestion stomacale. Nous avons toutes les conditions d'une *catalyse*. Le corps catalysé, disent MM. Robin et Verdeil, est représenté par les viandes et substances azotées neutres qui nous servent d'aliments, mais toutefois après gonflement préalable et nécessaire par quelques millièmes d'acide lactique, acide du suc gastrique. Le corps catalytique est normalement la substance organique azotée ; coagulable qui entre dans la composition du suc gastrique substance déjà modifiée un peu elle-même au moment où elle entre en action par l'acide même du suc gastrique. C'est elle qui, altérée par les procédés d'extraction, compose le corps appelé *pepsine*. Cette pepsine peut, dans les digestions artificielles, remplacer la substance organique naturelle du suc gastrique ou mucus stomacal ; mais elle aussi peut, dans les expériences, être remplacée par les mucus de l'intestin, de la vessie, etc. Ce fait ne doit pas étonner, puisque cette pepsine est en tout point, comme la diastase, un produit d'altération des matières animales.

Ce résultat de l'action de ce corps catalytique est la liquéfaction des viandes et des substances azotées.

Sécrété par les follicules stomacaux, le suc gastrique gonfle, par son acide, les matières azotées ; ce gonflement opéré, la substance organique ou coagulable du mucus modifiée par le contact de l'acide du suc gastrique lui-même, fait reconnu par M. Cl. Bernard, joue le rôle de corps catalytique et détermine peu à peu la liquéfaction des matières azotées ; mais au delà de l'estomac seulement (voyez p. 40).

De l'identité du principe digestif chez les carnivores et les herbivores. — Il n'y a pas de doute à cet égard, le même principe sert à dissoudre les substances organiques azotées des aliments végétaux et animaux.

Stewens fit avaler à un herbivore une sphère métallique, creuse, trouée et munie d'un diaphragme. Dans un des compartiments il avait mis de la chair et dans l'autre une substance végétale. La dernière seule était digérée, et il paraît croire que les herbivores ne peuvent pas digérer la viande. Mais sa sphère n'ayant reçu que le liquide de la panse, lequel ne contient pas de la substance organique coagulable dont on extrait la pepsine, cette expérience ne prouve rien.

Historique sur les théories de la digestion stomacale. — Nous venons d'exposer quels sont réellement les phénomènes de la digestion stomacale ou phénomènes prépara-

toires de la digestion proprement dite. C'est, comme on le voit, un ensemble de phénomènes complexes, et il n'y a pas là un acte unique pouvant se formuler à la manière d'un théorème de physique et de chimie. Les faits suivants, dont la plupart appartiennent à l'histoire plus qu'à la science, achèveront de compléter cet exposé.

Le nom de *pepsine* a été créé par Th. Schwann qui le premier a décrit et extrait cette matière. M. Deschamps (d'Avallon), ayant traité la présure par de l'ammoniaque, a obtenu un précipité qui, lavé et desséché, a présenté des caractères spéciaux, et auquel il a donné le nom de *chymosine*. (*Mémoire sur la digestion et l'assimilation des matières albuminoïdes*, 1847.)

M. Dumas et M. Mialhe ont démontré son identité avec la *pepsine*.

M. Payen a retiré du suc gastrique de divers animaux une substance particulière qu'il a appelée *gastérase*, qui n'est évidemment que la pepsine la plus pure, comme la chymosine est le même produit un peu altéré par d'autres substances.

Y a-t-il un seul et même principe pour la transformation des matières amylacées et celle des matières neutres azotées ? Cette opinion a été soutenue par MM. Cl. Bernard et Barreswil. Un principe digestif unique dissoudrait donc les matières amylacées dans un milieu alcalin et les matières neutres azotées dans un milieu acide. Si, disent ces expérimentateurs, on change la réaction acide du suc gastrique par l'addition d'un peu de carbonate de soude, il acquiert très rapidement la propriété de modifier l'amidon ; en même temps ce suc a perdu la propriété de digérer la viande et les substances azotées. Si, d'une autre part, on acidifie la salive, qui est naturellement alcaline, on intervertit son mode d'action, on lui donne la faculté de dissoudre la viande et les substances azotées, en même temps qu'on lui fait perdre celle d'attaquer l'amidon. Voici comment M. Mialhe commente les deux propositions de MM. Cl. Bernard et Barreswil.

PREMIÈRE PROPOSITION. — Lorsqu'on change la réaction acide du suc gastrique et que l'on rend ce fluide alcalin par l'addition d'un peu de carbonate de soude, sa matière organique active, se trouvant placée dans un milieu à réaction alcaline, change de rôle physiologique et peut alors modifier très rapidement l'amidon, tandis qu'elle a perdu la faculté de digérer la viande et les substances azotées. (Bernard et Barreswil, 1845.)

M. Mialhe examine d'abord si le suc gastrique rendu légèrement alcalin est apte à modifier l'amidon. Il a répété plusieurs fois cette expérience, tantôt avec succès, tantôt sans succès, c'est-à-dire qu'elle lui a réussi avec le suc gastrique de l'homme et du chien et

non avec celui du veau. A quoi tient cette différence? A ce que le suc gastrique de tous les mammifères à estomac unique contient à la fois et du suc stomacal et de la salive pure, et par conséquent de la diastase (voyez t. I, p. 312-313). Aussi, un suc gastrique analogue à celui de l'homme et du chien a été préparé en ajoutant à de l'eau faiblement acidulée par l'acide chlorhydrique parties égales de pepsine et de diastase; ce fluide gastrique qui dissolvait très bien la viande et qui était sans action sur l'amidon, ayant été saturé par du carbonate de soude, a cessé d'agir sur les matières azotées et acquis le pouvoir de fluidifier l'empois et de le transformer en dextrine et en glucose. Mais nous avons déjà vu, à propos de l'insalivation, que ce sont là des expériences chimiques à propos de physiologie que ne confirment pas celles qui sont faites directement sur l'animal même.

DEUXIÈME PROPOSITION. — Lorsqu'on acidule le fluide pancréatique et la salive qui sont naturellement alcalins, on intervertit leur mode ordinaire d'action et on leur donne la faculté de gonfler la viande et les substances azotées qui se liquéfient plus loin, tandis qu'on leur fait perdre celle de transformer l'amidon cuit (Cl. Bernard et Barreswil).

Les recherches de M. Mialhe ne s'accorderaient pas avec cette proposition. La fibrine mise en digestion avec la salive acidulée, s'est gonflée, s'est hydratée, mais n'a jamais été métamorphosée. Eten due d'eau, elle s'est comportée avec les réactifs comme si elle avait été rendue soluble par l'eau faiblement acidulée; en d'autres termes, elle n'a pas été digérée.

Quant au fluide pancréatique, rendu légèrement acide, il exerce sur la fibrine une action dissolvante plus manifeste, mais il n'y aurait là qu'une véritable putréfaction.

Produit de la digestion stomacale. — On peut rapporter à trois chefs les opinions sur ce point de physiologie : 1° l'aliment serait simplement dissocié et ramené à l'état globulaire, mais non dissous; 2° l'aliment serait dissous, mais non transformé; 3 l'aliment serait à la fois dissous et transformé.

Les observations de cet auteur sur l'apparence que prennent les matières azotées qui subissent l'action du suc gastrique, sont très exactes; mais l'état pulpeux, globulaire, n'est pas le dernier produit de la digestion, ce n'est qu'un état transitoire auquel succède la dilution complète, soit dans l'estomac, soit dans l'intestin.

La seconde opinion, c'est-à-dire celle de la dissolution pure et simple des principes immédiats, a très peu de partisans. En effet, Tiedemann et Gmelin, qui ont tenté d'expliquer cette dissolution par les agents chimiques ordinaires, l'eau, les acides, quelques sels,

n'avaient cependant point méconnu que certains principes, en se dissolvant, avaient éprouvé une mutation particulière.

Eberle, Schwann, Beaumont, Prévost et Leroyer, Simon, avaient combattu cette opinion, lorsque dans ces derniers temps deux physiologistes, M. Bouchardat et Sandras, ont cherché à la faire revivre. D'après eux, l'estomac dissout les substances à l'aide de l'acide chlorhydrique dilué au demi-millième. Mais on peut faire à cette hypothèse une objection sérieuse: c'est que l'acide chlorhydrique ne dissout pas le blanc d'œuf cuit et la viande.

Nous arrivons par voie d'exclusion à la troisième opinion, c'est-à-dire à la liquéfaction avec transformation catalytique simultanée de l'aliment solide. C'est celle que nous adoptons.

Eberle pensait que l'albumine digérée dans le suc gastrique se convertit en osmazôme et en matière salivaire. Le produit de la dissolution contient toujours une plus forte proportion de ces substances que le suc gastrique artificiel avec lequel on a opéré.

Schwann avait trouvé de son côté que la fibrine éprouve la même transformation dans le suc gastrique. Emmert et Circault, Prévost et Leroyer avaient cru que la transformation des principes immédiats azotés fournissait de la gélatine; mais jusqu'ici on n'avait fait qu'entrevoir cette substance qui résulte de la transformation des aliments. C'est M. Mialhe qui l'a découverte et a proposé de l'appeler *albuminose*. Voici les caractères qu'il lui assigne :

L'albuminose pure, celle qui résulte de la digestion de la fibrine, se présente sous la forme d'un liquide incolore, d'une odeur et d'une saveur faibles, mais qui cependant rappellent ordinairement un peu l'odeur et la saveur de la viande. Ce liquide, évaporé à une douce chaleur, laisse un résidu blanc jaunâtre ressemblant à l'albumine de l'œuf desséché: c'est l'albuminose solide.

L'albuminose est très soluble dans l'eau et complètement insoluble dans l'alcool. Sa solution aqueuse ne précipite ni par la chaleur, ni par les acides, ni par les bases alcalines, ni par la pepsine. Cette solution est précipitée par un grand nombre de sels métalliques, tels que ceux de plomb, de mercure et d'argent. Elle précipite aussi par le chlore et le tannin, alors même que ce dernier est additionné d'une certaine quantité d'acide azotique.

Les propriétés physiologiques de l'albuminose sont des plus remarquables, ainsi que les faits suivants le démontrent.

On sait que l'albumine dissoute dans du suc gastrique naturel, et injectée dans les veines d'un animal, est assimilée, car on n'en constate pas la présence dans l'urine; tandis que l'albumine simplement dissoute dans l'eau arrive en nature dans ce liquide excrémentiel (Bernard et Barreswil).

Ces faits s'expliquent naturellement. L'albumine sans transformation préalable est inapte à éprouver le phénomène de l'assimilation ; mais l'albumine modifiée par la pepsine du suc gastrique se transforme en albuminose et devient ainsi assimilable. D'où l'on voit que l'albumine est à l'albuminose ce que le sucre de canne est au sucre de raisin ou glucose, c'est-à-dire que l'albuminose et le glucose sont seuls assimilables.

M. Mialhe a répété avec succès les expériences de MM. Bernard et Barreswil, en remplaçant l'albumine par la caséine. Nous avons rapporté déjà ces expériences.

Cette substance avait été déjà entrevue par Tiedemann et Gmelin qui l'appelaient *caséine de l'intestin grêle*, et par Prévost et Morin, qui lui avaient donné le nom de *matière gélatiniforme de l'intestin grêle*.

Le nom d'*albuminose* ayant été donné à d'autres produits encore, Lehmann l'a remplacé par celui de *peptone*, plus généralement adopté aujourd'hui.

D'après ses expériences chimiques, M. Mialhe résume ainsi sa théorie de la chymification :

I. Le suc gastrique se composant de deux agents principaux, acide et ferment, l'acide n'est propre qu'à gonfler, hydrater, préparer les matières.

II. Le ferment est unique : la pepsine, la chymosine, la gastérase ne sont qu'un seul et même principe, auquel il convient de conserver le nom de *pepsine*.

III. C'est ce ferment, la pepsine, qui opère uniquement la transformation des matières albumineuses, tandis que la diastase fournie par les glandes salivaires, et complètement distincte de la pepsine, opère uniquement la transformation des matières amyloïdes.

IV. Le produit ultime de la transformation des matières albuminoïdes est l'*albuminose*.

V. Cette albuminose est, comme le glucose, seule propre à l'assimilation.

VI. Sous l'influence des deux ferments, diastase (voyez t. I, p. 313) et pepsine, les animaux peuvent digérer simultanément les aliments féculents et les aliments albumineux, et, dans cette double digestion, les phénomènes se réduisent à trois temps principaux :

1^{er} Temps. — Désagrégation et hydratation.

2^e Temps. — Production d'une matière transitoire : chyme pour les aliments albumineux, dextrine pour les aliments féculents.

3^e Temps. — Transformation de cette matière en deux substances éminemment solubles, transmissibles à travers toute l'éco-

nomie, propres à l'assimilation et à la nutrition, dont l'une, produit final des matières amyloïdes, est le glucose, et l'autre, produit final des matières albuminoïdes, est l'albuminose.

Hippocrate et Galien ont admis la *coction* des aliments. Ceux qui ont employé ce mot croyaient, en effet, que les aliments se cuisent véritablement dans l'estomac.

On a aussi invoqué la *putréfaction*. Mais il est évident qu'elle n'a aucune influence sur la digestion stomacale. Chose digne d'intérêt, dit M. Bérard, tandis que la putréfaction prépare et offre l'aliment à la plante, elle est rigoureusement exclue du procédé digestif des animaux. Ainsi, la matière organique qui doit nourrir un animal peut bien passer par d'autres combinaisons, mais elle ne doit pas cesser d'être organique, ce qui arriverait si elle subissait la décomposition putride, car les produits de cette dernière sont des combinaisons minérales. Ajoutons que la formation de gaz n'est pas un phénomène normal dans la digestion stomacale, que ces gaz ne sont pas ceux de la putréfaction, que le séjour des aliments dans l'estomac est trop peu prolongé pour que la putréfaction les décompose. Ainsi donc, cette opinion ancienne que la putrescence contribue à la digestion, opinion qu'Empédocle, Plinonius, et Haller lui-même ont professée, doit être aujourd'hui complètement abandonnée.

Théorie de la fermentation. — Cette théorie a été adoptée par Boerhaave, Macbride, Pringle, Sylvius, Magendie et M. Raspail. Pour ces auteurs, le mot *fermentation* n'avait pas le sens qu'on lui attache aujourd'hui. En parlant de fermentation, ils étaient plutôt préoccupés d'un mouvement qui, dans le tube digestif, faisait sur-nager quelques parties de l'aliment et déposer d'autres parties, que de cette transformation isomérique, ce dédoublement des parties organiques sous l'influence d'un ferment.

Théorie de la trituration. — Cette théorie ancienne et renouvelée plus tard par la secte des mécaniciens, était fondée sur une observation incomplète et ne pouvait s'accorder avec la minceur et la faiblesse des parois stomacales de l'homme. Elle a été parfaitement réfutée par les expériences de Réaumur et de Spallanzani.

De la digestion stomacale envisagée dans son ensemble. — Que se passe-t-il après un repas, avec une nourriture plus ou moins composée et où l'on a encore introduit des boissons ? Il se fait une absorption rapide des liquides ; après quoi le suc gastrique attaque les aliments. Du reste, chaque principe immédiat, chaque tissu de l'aliment composé se comporte comme nous venons de le voir ; les