

(principalement fermentation lactique, butyrique des hydrocarbonés). Le chyme se concentre dans le gros intestin par résorption de l'eau et des matières assimilables, et prend peu à peu les caractères des excréments. La bile se décompose, et parmi les produits de sa décomposition, matières colorantes, urobiline, taurine, glyco-colle, acide cholalique, cholestérine, les uns sont réabsorbés en partie dans l'intestin, les autres rejetés dans les fèces. En outre de ces substances d'origine biliaire, les excréments contiennent encore les produits de la putréfaction bactérienne des albuminoïdes (phénol, indol, scatol, acides gras volatils), des matières qui sont restées inattaquées par les sucs digestifs (telles que tissu élastique et corné), des aliments qui ont échappé à la digestion (fibres musculaires, graisse, en faible proportion toutefois chez l'animal sain), des sels, des débris épithéliaux et des microorganismes en très grand nombre.

Le gros intestin contient aussi des gaz : acide carbonique, azote, hydrogène, gaz des marais. Ces gaz proviennent pour la plus grande part des fermentations qui se passent dans l'intestin sous l'action des organismes inférieurs qui y pullulent.

Chez l'enfant avant la naissance, le contenu intestinal ou *méconium* est de couleur verte, exempt de microbes, aussi sans odeur et sans mélange de gaz. Il est formé par des débris épithéliaux et des globules de graisse, le tout coloré par la bile. Dès que l'enfant a commencé à respirer et à avaler sa salive et du lait, les fermentations intestinales apparaissent. Les fèces des enfants à la mamelle sont jaunes, mous ; ils contiennent beaucoup de graisse et des fragments de caséine non digérée.

2° Phénomènes mécaniques et défécation. — La durée du passage du chyme dans l'intestin grêle est d'environ trois à quatre heures. Mais arrivées dans le gros intestin, les matières excrémentitielles y séjournent longtemps, soit vingt-quatre heures le plus ordinairement ; elles sont lentement poussées par les contractions péristaltiques vers le rectum et ne peuvent point refluer vers l'intestin grêle, grâce à la disposition anatomi-

que de la valvule iléo-cæcale. Leur progression est retardée par les replis falciformes de l'intestin ; et le bol fécal se constitue peu à peu en se moulant contre ces replis et dans leurs intervalles.

Les fèces s'accumulent dans l'S iliaque et, dans l'intervalle des défécations, n'en dépassent pas la limite inférieure ; le rectum reste ordinairement vide. Lorsque les matières exercent dans l'intestin une certaine pression, les contractions péristaltiques les poussent dans le rectum, et le contact du bol fécal avec la muqueuse rectale au niveau du sphincter interne produit une sensation particulière qui est le besoin de la défécation. Dans l'état ordinaire, les sphincters interne et externe de l'anus s'opposent par leur seule tonicité à la sortie des matières par l'anus ; mais quand le besoin d'exonération se fait trop vivement sentir, pour y résister efficacement il faut que la volonté intervienne pour faire contracter énergiquement les fibres du sphincter externe ; les matières remontent alors dans le rectum au-dessus du sphincter interne, et le besoin disparaît pour un temps. Si l'on y résiste trop souvent, les matières s'accumulent dans le rectum et l'intestin ne réagit plus pour s'en débarrasser ; le besoin disparaît.

L'expulsion du bol fécal se produit par les contractions du rectum, aidées de la contraction des muscles abdominaux. Si les matières sont molles, les contractions du rectum suffisent, mais dans le cas contraire, il est nécessaire que les muscles de l'ovoïde abdominal se contractent pour presser de toutes parts sur le contenu intestinal ; c'est là le mécanisme de l'effort. Sous son influence les parties molles du fond du bassin sont comprimées de haut en bas, et parfois la muqueuse anale se trouve renversée en dehors. Pour supporter la pression abdominale du côté du périnée, se trouve le muscle releveur de l'anus qui oppose sa courbure et sa contraction à celle du diaphragme ; le releveur de l'anus a aussi pour fonction de soulever volontairement la partie inférieure du rectum et de faire glisser de bas en haut l'anus à la surface du bol fécal. Il faut de plus pour que ce dernier puisse franchir facilement l'orifice anal, que le sphincter externe se laisse dilater ; cette dilatation s'opère

sous l'influence d'une action nerveuse inhibitoire qui suspend momentanément la tonicité des fibrés musculaires. Pendant l'expulsion du bol fécal en effet, le muscle sphincter est mou, en relâchement, ainsi que CHAUVEAU l'a observé chez le cheval. C'est dans la moelle lombaire que se trouvent les centres nerveux qui règlent les contractions de l'anus et du rectum.

3° Troubles de la digestion intestinale. — En laissant de côté les troubles de la sécrétion biliaire et de la sécrétion pancréatique qui produisent des phénomènes spéciaux que nous avons déjà décrits, il reste encore à indiquer les troubles généraux qui consistent soit en une diminution, soit en une exagération des évacuations intestinales. Dans le premier cas, il y a *constipation*; dans le second cas, *diarrhée*.

a. *Constipation.* — Parmi les causes multiples qui amènent la constipation, les unes agissent en produisant une trop grande sécheresse des matières intestinales, par exemple en diminuant les sécrétions de l'intestin, les autres en rendant insuffisantes les contractions péristaltiques, par paralysie de l'appareil nerveux ou moteur. Certaines substances médicamenteuses causent la constipation de l'une ou de l'autre façon : soit en paralysant l'intestin, comme l'opium, soit en diminuant les sécrétions, comme le sous-nitrate de bismuth.

b. *Diarrhée.* — Dans la diarrhée, les fèces sont liquides. Ce trouble peut reconnaître une cause mécanique, telle que l'activité trop grande des contractions péristaltiques; mais le plus souvent il est dû à une exagération des sécrétions ou à une transsudation séreuse qui peut provenir d'une altération de l'épithélium comme dans le choléra, ou de troubles nerveux vaso-moteurs, comme ceux qui apparaissent sous l'influence de vives émotions. Les purgatifs salins, le sulfate de magnésie par exemple, amènent la diarrhée en attirant par osmose l'eau du sang dans la cavité intestinale; les purgatifs drastiques en excitant les organes de sécrétions ou leurs nerfs.

A l'état physiologique, les contractions de l'intestin ne sont pas perçues par la conscience; mais à l'état pathologique elles peuvent devenir douloureuses; la *colique* est la sensation

douloureuse qui accompagne une violente contraction péristaltique.

§ 6. — REVUE GÉNÉRALE DE LA DIGESTION; FERMENTS

La transformation des substances alimentaires dans le tube digestif constitue une réaction chimique avec absorption d'eau et dégagement de chaleur, et l'on peut dire d'une façon générale que la digestion est une hydratation. C'est avec fixation d'eau que l'amidon est saccharifié, que le sucre de canne est interverti, que les graisses sont saponifiées, et c'est aussi par hydratation des albuminoïdes que se forment les peptones, d'après HOPPE-SEYLER. Toutes ces réactions ne peuvent être produites, en dehors des conditions mises en œuvre par l'organisme, que par des actions physiques et chimiques énergiques, telles que action des acides et des bases, action d'une haute température, de la pression. C'est ainsi que l'amidon est saccharifié et le sucre de canne interverti par l'ébullition avec un acide minéral (acide sulfurique ou chlorhydrique), que les graisses neutres sont saponifiées par ébullition avec des bases fortes (potasse ou soude), et que des corps tout à fait analogues aux peptones ont été obtenus par ébullition prolongée des albuminoïdes sous une pression de 2 à 3 atmosphères dans une marmite de Papin. Or dans l'organisme, tous ces phénomènes chimiques se passent sous la seule action des substances que nous avons appelées *ferments*. Qu'est-ce donc qu'un ferment?

On a divisé les ferments en *solubles* et *figurés*. Les premiers sont des substances chimiques solubles dans l'eau, formées et sécrétées par des cellules de l'organisme, par exemple les ferments digestifs dont nous avons déjà étudié l'action; les seconds sont des organismes inférieurs qui opèrent la fermentation des liquides dans lesquels ils vivent, tels que : la levure de bière, le vibrion butyrique, etc., les microbes en général. Les deux sortes de ferments se trouvent dans le tube digestif, car outre les ferments solubles produits par l'activité des glandes, on y trouve une grande quantité de microbes d'espèces variées qui jouissent de certaines propriétés digestives.

1° Ferments solubles. — Les ferments solubles ou *enzymes* sont, selon toute vraisemblance, des corps azotés; cependant il faut bien avouer qu'on ne les a jamais isolés à l'état de pureté; la matière obtenue par les différents procédés de séparation des ferments (précipitation par l'alcool, extraction par la glycérine, entraînement mécanique par les précipités gélatineux) est un produit complexe, et il est possible que le ferment n'en constitue qu'une minime partie. Ce que nous savons de l'action des ferments semble devoir les faire rapprocher des substances appelées en chimie *catalysantes*, c'est-à-dire de ces substances qui paraissent agir par contact, comme la mousse de platine. « Ce sont, dit BUNGE, des corps, dont la présence est nécessaire pour provoquer le mouvement qui fera passer un groupe d'atomes d'un équilibre instable à un équilibre plus stable. Nous parlons d'une action catalytique quand la substance qui produit cet effet est une combinaison inorganique ou un élément. Si, par contre, nous avons affaire à des substances organiques de composition inconnue, nous parlons de fermentations. » En effet, il n'est pas absolument prouvé que le ferment perde de sa substance, s'use en un mot, dans le processus de la fermentation, et en tous cas, si cette usure existe, il y a une disproportion énorme entre la quantité de ferment qui se détruit, et la quantité de matière qui est transformée dans la fermentation : un poids minime de diastase peut convertir en sucre de s masses énormes de féculents, une faible quantité de pepsine peut digérer des quantités considérables de fibrine, sans que le ferment semble rien perdre de son énergie. Cette disproportion entre la cause et l'effet est précisément la caractéristique des fermentations.

Les ferments solubles n'agissent que dans certaines limites de température et en présence de l'eau. Inactifs à 0°, sauf chez les animaux à sang froid, leur pouvoir s'accroît avec la température jusqu'à un maximum qui varie pour chacun d'eux, mais se trouve voisin du degré de chaleur propre à l'organisme. A l'état dissous, les ferments solubles perdent définitivement leur action si on les chauffe au-dessus de 50°. Mais à l'état sec, ils supportent sans dommage une température dépassant 100°. Certaines substances, qui agissent comme toxiques sur les fer-

ments figurés, n'abolissent pas les propriétés des ferments solubles; ainsi l'alcool, les anesthésiques, l'acide cyanhydrique, le fluorure de sodium, certains antiseptiques, qui tuent ou paralysent les ferments figurés, laissent intactes les propriétés des ferments solubles. C'est pourquoi, lorsqu'on fait une digestion artificielle d'albumine avec du suc pancréatique, on doit additionner le mélange d'acide salicylique ou d'acide borique, afin d'empêcher le développement des germes, sans gêner l'action de la trypsine.

Les divers ferments solubles que nous avons indiqués jusqu'ici ne sont pas les seuls existants. On en rencontre beaucoup d'autres dans les tissus des différents organismes tant animaux que végétaux, et leur nombre est presque aussi considérable que celui des matières à transformer. Les principaux ferments solubles actuellement connus sont les suivants :

a. *Les ferments des hydrates de carbone.* — Parmi ceux-ci : 1° l'*amylase* ou *diastase* (ou *amylopsine*), ferment très répandu, liquéfiant et saccharifiant l'empois d'amidon; il est très abondant dans l'orge germée; chez les animaux on le trouve non seulement dans les sucs digestifs, salive et suc pancréatique principalement, mais encore dans le sang et presque tous les tissus; — 2° la *maltase*, dédoublant le maltose en glycose; BROWN et HÉROX ont signalé sa présence dans le suc pancréatique et l'intestin grêle. Il faut remarquer, en effet, que le sucre formé dans la digestion de l'amidon par l'amylase est du maltose; ce dernier doit donc subir encore un dédoublement dans l'organisme, puisque le terme ultime est du glycose; — 3° l'*inulase* qui se rencontre dans les tubercules de topinambour en germination et qui transforme l'inuline en lévulose; — 4° la *sucrase* ou *invertine* transformant le sucre de canne en glycose et lévulose; elle est formée par diverses espèces de levures qui font fermenter le sucre de canne après l'avoir ainsi dédoublé, par les racines de certaines plantes, comme la betterave au moment de la floraison et de la fructification; nous avons vu aussi que ce ferment est sécrété dans l'intestin grêle; — 5° la *lactase*, dédoublant le sucre de lait en glycose et galactose, et sécrétée par une levure capable de produire la fermentation

alcoolique du sucre de lait; — 6° les ferments dissolvant la cellulose chez divers végétaux ou microorganismes.

b. Les ferments des glycosides. — Les glycosides sont des corps qui, en s'hydratant, se dédoublent en un sucre et un autre composé différent dans chaque cas, dont le radical était uni à l'hydrate de carbone dans la molécule primitive. Ce dédoublement est opéré pour certains d'entre eux par des ferments bien connus. Par exemple, l'*amygdaline*, glycoside des amandes amères, se dédouble sous l'action d'un ferment existant aussi dans ce fruit, l'*émulsine* ou *synaptase*, en glycose, essence d'amande amère et acide cyanhydrique. Sous l'influence du même ferment, la *salicine*, glycoside de l'écorce de saule et de peuplier, se dédouble en glycose et saligénine. La *sinigrine* ou myronate de potasse, glycoside de la graine de la moutarde noire, se dédouble sous l'influence d'un ferment appelé *myrosine*, en glycose, essence de moutarde et bisulfate de potasse.

c. Les ferments protéolytiques. — Ces ferments agissent sur les matières albuminoïdes; parmi eux se trouvent : 1° la *pepsine* et la *trypsine*, dont nous avons déjà indiqué le mode d'action. Chez les végétaux on rencontre des ferments analogues; la pepsine existe dans un certain nombre de semences, dans le suc sécrété par les feuilles des plantes dites carnivores (*Drosera*, *Dionée*, etc.); KRUKENBERG en a retiré aussi des plasmodies de myxomycètes; d'autre part un ferment ayant les caractères de la trypsine, et connu sous le nom de *papaïne*, a été extrait par WURTZ et BOÛCHUT du suc de *Carica papaya*; on le retrouve aussi dans le suc de figuier, le suc de l'ananas; — 2° la *présure*, ferment qui détermine la coagulation de la caséine (déjà mentionné), et dont on trouve l'analogue dans certaines plantes, par exemple le *Galium verum* ou *Caille-lait*, les fonds d'artichaut, etc.; — 3° le *fibrin-ferment* qui détermine la coagulation du fibrinogène (voyez « coagulation du sang »); — 4° l'*uréease*, sécrétée par différents micro-organismes et produisant la fermentation ammoniacale de l'urée.

d. Les ferments des glycérides. — La saponification des graisses est produite, comme nous l'avons vu, par un ferment soluble sécrété par le pancréas, la *saponase* ou *lipase* ou *stéapsine*.

On en rencontre, en outre, dans les graines oléagineuses (de colza, de pavot, de chanvre, de lin, etc.).

e. Les ferments solubles pathogènes. — Sous ce nom ou sous celui de *toxalbumines*, on peut ranger un certain nombre de composés toxiques, de nature encore peu connue, mais qui paraissent agir à la manière des ferments; tels sont les *venins* (venins de serpents en particulier), les *toxines* d'origine microbienne (comme la toxine tétanique, la toxine diphtérique); les *toxalbumines* d'origine végétale, telles que l'*abrine* contenue dans le fruit du *jéquirity*, la *ricine* des graines du ricin.

2° Ferments figurés. — Ces ferments sont des êtres organisés qui produisent les fermentations en vertu de leur vie propre, d'après les découvertes de PASTEUR.

a. Modes d'action des ferments figurés. — En 1861, PASTEUR prouva que le vibrion butyrique produit la fermentation butyrique lorsqu'il est à l'abri du contact de l'air, et que son action est empêchée au contraire par la présence de l'oxygène. C'était la première démonstration de l'existence d'organismes vivant sans avoir besoin d'air, *anaérobies* en un mot. Étudiant ensuite les conditions dans lesquelles se produit la fermentation alcoolique du glycose par la levure de bière, PASTEUR remarqua que lorsque la levure se trouve dans un milieu fermentescible largement oxygéné, elle vit et se développe comme tout être organisé en absorbant l'oxygène de l'air et produisant de l'acide carbonique, mais qu'elle ne fabrique alors que des traces d'alcool, tandis que si on empêche l'accès de l'air, la fermentation alcoolique s'établit. La levure de bière est donc à la fois un être *aérobie*, comme la généralité des organismes, et *anaérobie*, si l'air lui fait défaut; mais elle n'agit comme ferment que dans ce dernier cas, de telle sorte que l'on pourrait dire d'une manière générale que la *fermentation est la vie sans air*. PASTEUR expliqua le fait de la façon suivante: les ferments peuvent bien vivre sans air, mais non sans oxygène; ne trouvant pas dans l'air atmosphérique cet oxygène qui leur est nécessaire, comme à tous les êtres vivants, ils le prennent dans la substance fermentescible; ainsi la levure de bière prend au

sucres l'oxygène pour sa respiration, et le carbone pour sa multiplication, et telle est la cause de la fermentation. Cette théorie de la fermentation que l'on peut appeler *théorie physiologique*, si séduisante qu'elle paraisse, ne peut cependant pas être généralisée; car il est très bien démontré aujourd'hui que la plupart des ferments figurés, des microbes, peuvent agir par

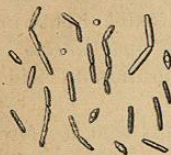


Fig. 25.
Ferment butyrique.



Fig. 26.
Levure de bière.

l'intermédiaire des produits solubles qu'ils sécrètent; ces produits solubles sont assimilables aux ferments solubles que nous avons étudiés précédemment. La division en ferments solubles et ferments figurés disparaît alors, et l'on conçoit que ces derniers puissent produire le ferment de la même façon qu'une cellule glandulaire sécrète la pepsine ou la ptyaline; il n'y a plus que des ferments solubles, et c'est une *théorie chimique* qui devrait expliquer la fermentation. Une découverte récente vient à l'appui de cette manière de voir. BUCHNER a, en effet, réussi à extraire de la levure de bière un ferment soluble capable d'opérer la fermentation alcoolique (*Zymase*).

b. *Microbes du tube digestif*. — Les micro-organismes que contient le tube digestif sont fort nombreux. Dans le gros intestin il y en a plus de 20 millions par décigramme de matières fécales, d'après VIGNAL. Ils appartiennent aux différentes espèces de *schizomycètes* connus, tantôt globuleux (*coccus*), tantôt en forme de bâtonnet court (*bacterium*) ou allongé (*bacillus*), tantôt en forme de filament droit (*leptothrix*) ou contourné (*vibrio*, *spirillum*, *spirochæte*).

Dans la salive on trouve entre autres microbes; le *staphylococcus pyogenes aureus* (*microbe du furoncle*), le *staphylococcus*

pyogenes albus, le *leptothrix buccalis*, le *bacillus mesentericus vulgaris* (*bacille de la pomme de terre*), le *bacterium termo*, le *bacillus subtilis* (*bacille du foin*), le *vibrio rugula*, le *diplococcus*

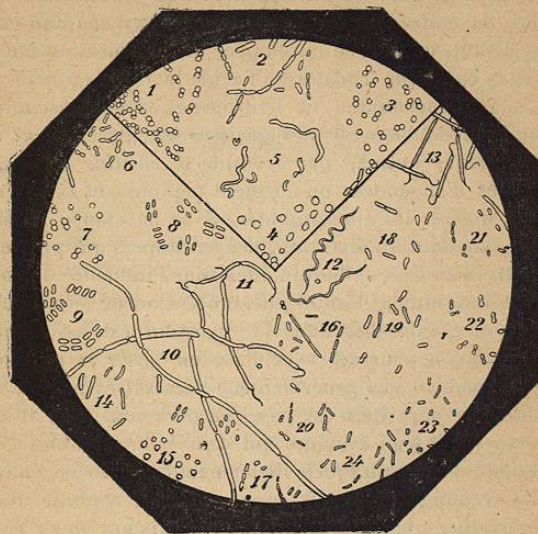


Fig. 27.
Micro-organismes de la salive.

1 à 5, microbes de la carie dentaire. — 6 à 24, microbes vivant à l'état normal dans la bouche. — 6, *bacterium termo*. — 7, *pneumococcus*. — 8, *staphylococcus pyogenes aureus*. — 9, *staph. pyogenes albus*. — 10, *leptothrix buccalis*. — 11, *vibrio rugula*. — 12, *spirochæte denticola*. — 13, *bacillus subtilis*. — 14, *bacillus mesentericus vulgaris*. — 15 à 24, cocci, a à j de VIGNAL.

de FROENKEL et le *pneumococcus* de FRIENDLANDER (*microbe de la pneumonie*). Dans l'estomac vivent en outre la *sarcine du ventricule*, le *bacillus amylobacter*, le *bacterium lactis aerogenes*; dans l'intestin le *bacterium coli commune*, le *bacillus butyricus*, le *bacillus putrificus coli* et le *bacillus coprogenes parvus*.

Parmi tous ces microbes, il en est certainement qui jouent un grand rôle dans la digestion, suivant l'opinion de PASTEUR

et Duclaux, car ils opèrent la transformation des différentes sortes d'aliments, tout comme les ferments solubles. Beaucoup d'entre eux possèdent le pouvoir diastatique ; ils produisent aussi la fermentation lactique du lactose et du glycose, l'interversion du sucre de canne ; dans l'intestin où l'oxygène fait complètement défaut, on voit se développer la fermentation butyrique (le *bacillus butyricus* transforme l'acide lactique en acide butyrique, acide carbonique et hydrogène). Quelques microbes opèrent le dédoublement des graisses en glycérine et acides gras. Plusieurs autres, par exemple le *bacillus subtilis*, sont susceptibles d'engendrer un ferment peptonisant et par conséquent de digérer les albuminoïdes. Il se développe aussi dans l'intestin, pendant la digestion, des substances qui proviennent de la putréfaction des albuminoïdes sous l'influence de certains microbes, notamment l'indol (substance à odeur fécaloïde).

Le rôle des microbes dans la digestion est assurément si important qu'on pourrait avec PASTEUR poser la question de savoir s'ils ne sont pas généralement nécessaires pour la vie de l'individu. Un parasite n'est pas toujours nuisible ; il en est d'utiles aussi ; il y en a même qui sont indispensables à la vie de certains êtres avec lesquels ils forment une association étroite pour les échanges nutritifs, une *symbiose*, comme on dit. (Telles certaines algues microscopiques existant dans le corps de plusieurs animaux d'espèce inférieure auxquels elles fournissent l'oxygène par leur fonction chlorophyllienne, tels aussi les microbes fixateurs d'azote qui forment les tubercules des racines des légumineuses.) Mais quelle que soit la part que prennent les microbes dans les processus de la digestion chez les animaux supérieurs, leur rôle ne paraît pas cependant indispensable. En effet, NUTTALL et THIERFELDER ont réussi récemment à faire vivre des cobayes nouveau-nés extraits aseptiquement par opération césarienne, en les maintenant dans un air stérilisé et en les nourrissant de lait stérilisé. Les ferments solubles digestifs sont donc à eux seuls suffisants pour la transformation des substances alimentaires.

CHAPITRE II

ABSORPTION

L'absorption est la propriété que possèdent les tissus vivants d'attirer dans leur intérieur les molécules des corps extérieurs. C'est une fonction générale dévolue à tous les éléments de l'organisme, et il n'y a pas d'appareil spécial d'absorption : mais à un point de vue particulier, il faut bien reconnaître que certains organes sont plus particulièrement chargés de cette fonction ; ainsi, la muqueuse digestive est le lieu de l'absorption par excellence. Pour cette raison, nous traiterons d'abord de l'absorption en général, puis des absorptions locales et surtout de l'absorption digestive.

§ 1. — DE L'ABSORPTION EN GÉNÉRAL

Pour arriver jusqu'aux éléments anatomiques situés profondément, les corps extérieurs ont d'abord à traverser une membrane épithéliale, une couche de tissu conjonctif et la paroi des vaisseaux ; puis, une fois parvenues dans le torrent circulatoire, les substances absorbées sont offertes par le sang à tous les tissus, et les éléments anatomiques puisent dans le milieu intérieur les matériaux dont ils ont besoin pour leur nutrition. Il y a donc trois stades dans ce phénomène : 1° un stade de pénétration de la substance à absorber à travers les membranes qui séparent le milieu intérieur du milieu extérieur ; 2° un stade de généralisation par le sang ; 3° un stade de pénétration de la substance dans le protoplasma des éléments