

ment dit une première cavité, destinée à loger les aliments pendant que ce liquide les imbibe. Chez les ruminants ce premier estomac porte le nom de *panse*, et chez les oiseaux on le nomme *jabot*.

La seconde digestion se fait dans une autre partie du canal intestinal, appelée *duodénum*, au moyen de deux fluides d'une nature particulière, la bile et le suc pancréatique, sécrétés par deux glandes considérables, appelées le *foie* et le *pancréas*. Le duodénum est la première partie des intestins proprement dits; on lui donne ce nom parce que sa longueur est estimée à douze travers de doigt; elle présente trois courbures dans ce court espace, et forme une espèce de demi-cercle circonscrivant le pancréas, et fixé contre le dos, derrière l'estomac. Le *foie*, qui produit la bile, est une glande très volumineuse, de couleur brune, formant une masse divisée en lobes, qui occupe le haut de l'abdomen, vers la droite, et s'appuie contre l'estomac. C'est le plus gros des viscères de la cavité abdominale; il est essentiellement composé de deux parties, l'une droite et l'autre gauche, séparées par un sillon longitudinal. Le canal excréteur qui en sort, après s'être dilaté en une vésicule de dépôt, appelée *vésicule biliaire*, va se terminer près du pylore dans le duodénum, sous le nom de *canal cholédoque*. Le *pancréas* est une autre glande blanchâtre, oblongue, placée transversalement dans un repli du duodénum, au-devant de la colonne vertébrale, et se terminant par un conduit unique dans le canal cholédoque ou dans le duodénum. Il sécrète le liquide pancréatique, qui a beaucoup d'analogie avec la salive. C'est dans la cavité duodénale que s'opère le départ des *feces* et que commence l'absorption du chyle.

A la suite du duodénum vient l'*intestin grêle*, qu'on divise en deux parties: le jéjunum et l'iléum; il est circonscrit dans toute son étendue par le gros intestin, avec lequel il est uni par une espèce de fond aveugle nommé *cæcum*, qui a un appendice grêle nommé *appendice vermiforme*. Le gros intestin se divise en *cæcum*, colon, et rectum, dernière partie du canal intestinal, qui se termine à l'anus.

L'intestin grêle est très étroit, et forme environ les trois quarts de la longueur totale des intestins; sa surface extérieure est lisse; les fibres musculaires qui l'entourent sont serrées les unes contre les autres, et la membrane muqueuse qui en tapisse l'intérieur présente à sa surface une foule de petits *follicules* et de petits appendices saillants nommés *villosités*. On y remarque aussi un grand nombre de plis transversaux nommés *valvules conniventes*. Les follicules sécrètent continuellement une humeur visqueuse, dont la

quantité est très considérable. Les valvules conniventes servent à retarder la marche de l'aliment non digéré.

Les *villosités* sont constituées principalement par les orifices des vaisseaux chylifères.

Vaisseaux chylifères. — Les liquides introduits dans l'estomac sont absorbés directement par les veines qui serpentent dans les parois de cette cavité et dans celles des intestins; mais le chyle suit une autre route, et pénètre dans un système de vaisseaux particuliers destinés à en effectuer le transport, et nommés pour cela *vaisseaux chylifères*. Ils appartiennent à l'appareil des vaisseaux lymphatiques; ils prennent naissance par des orifices admirablement disposés à la surface de la membrane muqueuse intestinale, et se réunissent en branches plus ou moins grosses, qui marchent entre les deux lames du mésentère. Pendant ce trajet, ces vaisseaux lymphatiques traversent des ganglions appelés *ganglions mésentériques*, et vont déboucher dans le canal thoracique, qui à son tour va se terminer dans la veine sous-clavière du côté gauche.

Les agents principaux de la digestion sont les divers liquides dont les aliments sont baignés dans les différentes parties du canal intestinal. Par une admirable prévoyance, ces sucs jouissent alternativement de propriétés opposées. Ainsi, le premier liquide est la salive, qui est toujours alcaline; le second est le suc gastrique, qui est toujours acide: il doit son acidité aux acides hydrochlorique et lactique; le troisième et le quatrième liquide sont la bile et le suc pancréatique, qui sont alcalins.

Nous allons maintenant exposer la théorie de la digestion, d'après les nouvelles recherches qui me sont communes avec M. le docteur Sandras, et que nous avons consignées dans un Mémoire lu à l'Académie des sciences. Nous allons donner le résumé de ce Mémoire.

1° Dans la digestion, la fonction de l'estomac consiste, pour les matières albumineuses (fibrine, albumine, caséum, gluten), à les dissoudre au moyen de l'acide chlorhydrique.

2° Cet acide suffit, quand il est dilué au demi-millième, pour la dissolution des matières précitées, tant qu'elles sont crues; si elles ont subi la coction, l'acide chlorhydrique dilué ne les dissout plus dans nos appareils de verre, et, pour qu'on les trouve dissoutes dans l'estomac, nous constatons qu'il se passe alors dans l'animal vivant autre chose qu'une simple dissolution par l'acide chlorhydrique dilué: seulement la présence de l'acide chlorhydrique nous paraît toujours indispensable.

3° Pour les matières albumineuses, la digestion et l'absorption se font presque exclusivement dans l'estomac, le reste de l'intestin

n'offrant presque plus de cette dissolution, dont l'abondance dans l'estomac a été constatée.

4° C'est aussi dans l'estomac que se fait la dissolution de la féculé. Ce principe ne nous semble point, dans l'état ordinaire, se transformer en sucre; il ne nous est pas suffisamment prouvé qu'il passe à l'état de dextrine; nous regardons comme constatée sa transformation en acide lactique.

5° L'absorption de cette partie des aliments nous a semblé moins exclusivement bornée à l'estomac que celle de la dissolution des matières albumineuses, ce qui serait d'accord avec les dispositions particulières des intestins chez les animaux non carnivores.

6° La graisse n'est point attaquée dans l'estomac; elle passe dans le duodénum à l'état d'émulsion, au moyen des alcalis fournis par le foie et le pancréas. Cette émulsion se trouve en abondance dans tout le reste de l'intestin.

Tous ces faits, simples et précis, que nous avons soigneusement isolés dans nos expériences, se sont présentés à nous avec tous les caractères de la certitude absolue. Il est encore un fait également concluant que nous avons vu, et le voici.

7° Le chyle nous a paru un peu moins abondant, mais semblable, chez des animaux tués à jeun et chez ceux que nous avons nourris de matières albumineuses et de féculé; il n'a présenté de différence marquée que chez ceux que nous avons nourris de graisse. Ce principe immédiat s'y est trouvé en proportion considérable. Tels sont les faits que nous pouvons résumer. Qu'il nous soit permis maintenant d'en déduire les conséquences les plus probables.

Une théorie de la digestion, aussi simple que rationnelle, résulterait de ce que nous avons vu: en la présentant, nous ferons voir en quoi elle diffère des théories jusqu'à présent proposées.

On admet généralement que les aliments introduits dans l'estomac sont convertis en une substance homogène, pulvaccée, grisâtre, d'une saveur douceâtre, fade, légèrement acide, qui conserve quelques propriétés des aliments, et qu'on nomme *chyme*. On admet que ce chyme, ainsi élaboré, parvient dans l'intestin grêle, où il est absorbé par l'orifice des vaisseaux chylifères et transformé en chyle.

Nous croyons que nos expériences ont mis quelque chose de réel à la place de ce chyme, imaginé par les physiologistes.

Nous croyons que ce qu'on a désigné sous le nom de *chyme* est un mélange composé de résidus d'aliments non dissous, dont la dissolution peut se continuer lentement dans les circonvolutions intestinales, d'excrétions des glandes et des muqueuses intesti-

nales, destiné à former plus tard les matières excrémentielles, et non une bouillie spécialement préparée pour l'assimilation.

Quant au chyle, on a supposé jusqu'ici que les aliments dissous d'abord dans l'estomac, puis ensuite précipités et convertis en chyme, passaient dans le chyle très divisés ou dissous de nouveau; mais la fibrine teinte ne fournit point un chyle coloré.

Le chyle recueilli pendant la digestion de l'amidon a la même composition, à très peu de chose près, que celui qu'on recueille pendant une digestion de fibrine.

N'est-il pas très probable, d'après cela, que les aliments albumineux (fibrine, caséum, gluten, albumine), que les aliments féculents ne sont point transformés en chyle, comme on l'a professé jusqu'ici?

Quel est donc le rôle de l'appareil chylifère et du chyle, dont la plus grande production est incontestable pendant la digestion?

L'expérience nous semble répondre encore ici que les orifices des vaisseaux chylifères sont destinés à absorber les aliments gras émulsionnés par la bile; mais là très probablement ne doit pas se borner le rôle d'une production aussi importante que celle du chyle, et voici l'interprétation que nous croyons pouvoir conjecturer sur les faits observés.

Lorsque des aliments appétissants sont présentés à un animal à jeun et reçus, un travail préparatoire commence immédiatement: la salive coule abondamment dans la cavité buccale, le suc gastrique dans l'estomac; mais lorsque le suc gastrique est produit sous l'influence du désir excité par un mets appétissant et par sa présence dans l'estomac, il contient des proportions très notables d'acides chlorhydrique et lactique. Ces acides ont été fournis évidemment par la décomposition des sels dont l'économie animale est imprégnée, du chlorure de sodium et du lactate de soude.

Or, si d'un côté nous constatons la production d'acide, de l'autre nous devons trouver un produit alcalin, et c'est précisément ce que l'observation nous montre pendant que s'opère le travail de la séparation des acides chlorhydrique et lactique dans l'estomac: les glandes abdominales préparent pour les vaisseaux chylifères et le canal thoracique un chyle dont l'alcalinité est d'autant plus prononcée que la production acide est plus développée dans l'estomac; et ce chyle, qui n'est plus produit seulement par la transformation et par l'absorption des aliments, mais par une sécrétion véritable, ira se mêler au sang pour neutraliser exactement l'acide indispensable à la dissolution des aliments. Cet artifice aussi simple qu'admirable permet que le sang soit continuellement réparé sans changer de nature d'une façon appréciable.

Quoi qu'il en soit de cette hypothèse, qui ne répugne ni aux faits connus ni à ceux que nous avons observés, qui tire même de ces derniers une sorte d'autorité, nous n'avons pas pu rester indifférents en présence des résultats de notre expérimentation, et nous n'avons pas hésité à les présenter avec confiance aux juges les plus capables d'en déterminer la valeur et d'en régler les applications.

Le rôle que nous avons attribué à l'acide chlorhydrique dans la digestion est une nouvelle preuve de l'indispensable utilité du sel marin pour l'homme et les animaux. On voit combien est peu fondée l'opinion d'après laquelle on considérait ce produit comme un simple condiment dont on pouvait se passer. Il est prouvé aujourd'hui que le sel marin est un *agent indispensable de la nutrition*.

Sang et circulation.

SANG. — Le sang, comme l'a dit Burdach, est le centre de la vie végétative; il contient peut-être tous les principes qui entrent dans la composition des liquides et des solides animaux; son histoire physique et chimique est de la plus grande importance. La découverte de la circulation du sang par Harvey est une des plus admirables conquêtes de l'esprit humain.

Dans les animaux dont la structure est plus uniforme, tous les liquides de l'économie sont semblables entre eux; ils ne paraissent être que de l'eau plus ou moins chargée de particules organiques; mais dans les êtres qui occupent un rang plus élevé dans l'échelle zoologique, les liquides sont de nature très différente.

Chez la plupart des animaux inférieurs, le sang ne consiste qu'en un liquide aqueux, tantôt incolore, tantôt légèrement coloré en rose ou en lilas; *ex.* : les insectes, les araignées, les écrevisses, les vers intestinaux, etc.

Le sang est rouge chez tous les animaux qui se rapprochent plus de l'homme par leur structure; *ex.* : tous les animaux vertébrés. On trouve encore le sang rouge dans les vers de la classe des annélides.

Composition anatomique du sang. — En examinant le sang au microscope, on voit qu'il est composé d'un liquide jaunâtre et transparent qu'on a nommé *sérum*, et d'une foule de petits corpuscules solides, réguliers et d'une belle couleur rouge, qui nagent dans le fluide dont nous venons de parler, et que l'on appelle les globules du sang.

Dans l'homme et chez presque tous les autres animaux de la classe des mammifères (le chien, le bœuf, par exemple), les globules du sang sont circulaires, tandis que chez les oiseaux, les reptiles et les poissons, ils ont constamment une forme elliptique. Ces cor-

puscules sont d'une petitesse extrême. Chez l'homme, le chien et quelques autres mammifères, leur diamètre n'est égal qu'à environ la cent cinquantième partie d'un millimètre; chez le mouton, la chèvre, ils n'ont qu'un deux cent cinquantième de millimètre.

Lorsqu'on examine ces globules au microscope, on voit qu'ils se composent de deux parties, et qu'ils consistent en une espèce de vessie ou de sac membraneux au milieu duquel se trouve un corpuscule sphéroïdal.

Le sang contient la plupart des autres substances qui entrent dans la composition des divers organes du corps qu'il est destiné à nourrir.

Nous ne donnerons pas ici une histoire plus détaillée du sang; nous renvoyons à la partie chimique de ce cours, page 475 et suivantes. Nous allons immédiatement aborder l'étude des phénomènes de la circulation.

CIRCULATION. — Chez les animaux dont la structure est la plus simple, le liquide nourricier est répandu uniformément dans toutes les parties du corps; mais lorsqu'on examine les individus moins éloignés de l'homme, on voit que chez eux le sang se meut dans une direction constante, et qu'il existe un organe particulier destiné à lui donner ce mouvement, auquel on a donné le nom de *cœur*. C'est une espèce de poche contractile qui reçoit le sang dans son intérieur, et qui en se resserrant le pousse dans une direction déterminée; les canaux dans lesquels il circule se nomment *vaisseaux sanguins*, qui avec le cœur constituent l'*appareil de la circulation*.

On donne le nom d'*artères* aux canaux centrifuges qui portent le sang du cœur dans toutes les parties du corps, et celui de *veines* aux canaux centripètes qui rapportent ce liquide de ces organes vers le cœur. Les artères, ayant à distribuer dans toutes les parties du corps le sang qui sort du cœur, doivent se subdiviser, se ramifier de plus en plus, à mesure qu'elles s'éloignent de cet organe. Les veines, au contraire, doivent présenter une disposition inverse; elles doivent être d'abord très nombreuses, et se réunir peu à peu entre elles, de façon à se terminer au cœur par un ou deux gros troncs. On donne le nom de *vaisseaux capillaires* aux canaux étroits qui lient entre eux les artères et les veines. Il résulte de ces faits que l'appareil vasculaire forme un cercle complet dans lequel le sang se meut pour revenir sans cesse à son point de départ; c'est en raison de la nature de ce mouvement qu'on l'appelle *circulation*. Dans les animaux où la respiration se fait dans un organe spécial tel que le poumon, les vaisseaux sanguins se ramifient, non

seulement dans les tissus qu'ils doivent nourrir, mais aussi dans l'organe où le sang doit subir l'action de l'air, et ce liquide traverse deux ordres de vaisseaux capillaires, l'un servant à la nutrition, l'autre à la respiration; la circulation qui se fait dans l'appareil respiratoire est appelée la *petite circulation*, et celle qui se fait dans le reste du corps la *grande circulation*.

Le cœur chez l'homme est un organe formé par l'adossement et la réunion du cœur pulmonaire et du cœur aortique; c'est un muscle creux formé par des fibres contournées d'une manière très complexe; il est suspendu dans la cavité supérieure du tronc ou thorax par les gros vaisseaux qui viennent s'y aboucher, et logé dans un sac particulier formé par le feuillet externe d'une membrane séreuse, le péricarde, dont le feuillet interne le revêt immédiatement. Sa position n'est pas médiane; il est considérablement incliné à gauche; il est logé dans l'intervalle qui sépare les deux poumons. Une cloison imperforée partage le cœur en deux moitiés: la partie droite est le cœur pulmonaire, la partie gauche est le cœur aortique; chacune de ces deux moitiés présente deux cavités distinctes: la cavité supérieure, dont les parois sont minces, est l'*oreillette*; la cavité inférieure, qui est plus épaisse, se nomme *ventricule*.

Les *artères* et les *veines* diffèrent par leur structure anatomique, par la position qu'elles occupent, et par quelques autres particularités. Les artères sont formées de trois tuniques concentriques de nature différente: l'une interne, fine et de peu d'épaisseur; une seconde, nommée tunique moyenne, est fibreuse, élastique, résistante; une troisième, qui est la tunique externe, est celluleuse et éminemment extensible. De ces trois tuniques, la première et la troisième existent seules dans les veines, qui ne sont pas douées par conséquent de l'élasticité et de la résistance des artères, ce qui est admirablement prévu, car elles ne sont pas exposées comme les artères à des mouvements de liquides précipités.

Les artères sont moins nombreuses que les veines, et, de plus, situées plus profondément, ce qui est encore une admirable prévoyance de la providence; car la blessure des artères peut être suivie d'une hémorrhagie promptement mortelle; l'ouverture des veines est, au contraire, le plus souvent innocente. Chaque artère est accompagnée dans la profondeur des organes par deux veines qui en sont pour ainsi dire comme les satellites.

Nous allons maintenant exposer les différences que les animaux présentent sous le point de vue de la circulation.

Circulation des crustacés. — Chez les *crustacés* le cœur ne consiste qu'en une seule poche contractile, qui envoie le sang dans

toutes les parties du corps, d'où ce liquide passe dans le système veineux pour revenir au cœur, en traversant l'organe de la respiration. Dans les limaces, les huitres, etc., le sang suit la même route; mais il y a division du travail quant aux fonctions du cœur; cet organe présente une structure plus compliquée, et se compose d'une cavité appelée *ventricule*, qui sert à mettre le sang en mouvement, et d'une ou de deux poches nommées *oreillettes*, qui reçoivent ce liquide des veines et qui servent de réservoir pour alimenter le ventricule.

Circulation des poissons. — Chez les *poissons*, la structure de l'appareil circulatoire est à peu près la même: seulement le cœur, au lieu d'être placé sur le trajet du sang artériel, appartient à la portion du cercle circulatoire parcouru par le sang veineux pour se rendre des diverses parties du corps à l'organe de la respiration. C'est ce que l'on exprime en disant que ces animaux ont un *cœur pulmonaire*, tandis que dans ceux dont nous avons parlé plus haut le cœur est *aortique*, ou appartenant à la grande artère du corps que l'on appelle *aorte*.

Circulation des reptiles. — Chez tous les animaux précédents la masse entière du sang veineux traverse l'organe de la respiration, et se transforme en sang artériel avant que de retourner vers les différentes parties du corps; les vaisseaux de la grande circulation donnent en entier dans ceux de la petite, et la circulation est double; mais dans les grenouilles, les serpents et les autres reptiles, elle est plus simple: la petite circulation n'est qu'une fraction de la grande, et le sang veineux ne se change pas tout entier en sang artériel, mais se mêle en partie au sang qui revient de l'appareil respiratoire, et retourne ainsi vers les organes.

Circulation des mammifères. — Enfin, chez l'homme et chez tous les autres animaux désignés par les naturalistes sous le nom de *mammifères*, de même que dans les oiseaux, l'appareil circulatoire se complique encore davantage. Le cœur présente deux ventricules ainsi que deux oreillettes, et se divise en deux parties distinctes: la portion située du côté gauche, composée d'une oreillette et d'un ventricule, correspond au cœur aortique des limaçons et des écrevisses, et sert à envoyer le sang artériel dans toutes les parties du corps; tandis que la moitié droite du cœur, qui, du reste, est composée de la même manière, envoie le sang aux poumons, et remplit par conséquent les mêmes usages que le cœur pulmonaire des poissons.

En effet, le sang qui arrive des différentes parties du corps par le système veineux pénètre d'abord dans l'oreillette droite; il passe ensuite dans le ventricule du même côté, et se rend de là aux pou-

mons par l'artère pulmonaire; après avoir traversé l'organe respiratoire, il revient au cœur par les veines pulmonaires qui s'ouvrent dans l'oreillette gauche; enfin, de l'oreillette gauche le sang descend dans le ventricule gauche, et cette dernière cavité l'envoie dans les artères destinées à le porter dans toutes les parties du corps, d'où il revient, comme nous l'avons déjà dit, dans l'oreillette droite du cœur.

On voit donc que chez ces animaux le sang, en parcourant le cercle circulatoire, traverse deux fois le cœur, à l'état de sang veineux dans le côté droit, et à l'état de sang artériel dans le côté gauche de cet organe; néanmoins la circulation est complète, car les cavités pulmonaires et les cavités aortiques du cœur ne s'ouvrent pas l'une dans l'autre, et le sang veineux traverse tout entier l'appareil respiratoire pour se transformer en sang artériel.

Mécanisme de la circulation. — Les cavités du cœur s'agrandissent et se resserrent alternativement, et poussent le sang dans les canaux avec lesquels elles sont en communication; les deux ventricules se contractent en même temps, et, pendant que leurs parois se relâchent, les oreillettes se contractent à leur tour. Les mouvements de contraction se nomment *systole*. On appelle *dias-tote* le mouvement contraire. On nomme *pouls* le mouvement occasionné par la pression du sang sur les parois des artères.

Chaque fois que le cœur se contracte, les parois des artères ont également une influence très sensible sur le mouvement du sang. Le sang ne circule point avec la même vitesse dans toutes les parties du corps: la distance qui le sépare du cœur, la courbure et la division des artères, agissent en retardant ce mouvement. Le sang coule dans les veines avec beaucoup moins de rapidité que dans les artères. Ce sont encore les contractions du ventricule gauche du cœur et le resserrement des parois artérielles qui contribuent le plus au cours du sang dans les veines. Il est aussi d'autres circonstances qui contribuent à en accélérer la marche, parmi lesquelles on peut citer la dilatation de la poitrine produite par les mouvements respiratoires; mais la cause principale dépend d'une disposition particulière des veines.

Voici comment s'opère le mouvement du sang dans le cœur: L'oreillette gauche qui reçoit le sang venant des poumons communique avec les veines pulmonaires d'une part, et avec le ventricule gauche de l'autre; lorsqu'elle se contracte, elle expulse de sa cavité la majeure partie du sang qui s'y trouvait, et il est évident que ce liquide doit tendre à s'échapper par ces deux voies; c'est en effet ce qui a lieu; mais comme le ventricule se dilate en même

temps, c'est dans son intérieur que la majeure partie du sang pénètre, et très peu retourne dans les veines pulmonaires.

Bientôt après, le ventricule se contracte à son tour, et chasse le sang qu'il vient de recevoir; or, il existe autour des bords de l'ouverture qui fait communiquer le ventricule avec l'oreillette placée au-dessus, un grand repli membraneux, disposé de manière à s'affaisser lorsqu'il est poussé de haut en bas, et à se relever et à fermer l'ouverture lorsqu'il est poussé en sens contraire; il en résulte que, pendant la contraction du ventricule, le sang ne peut retourner dans l'oreillette, et qu'il est poussé dans l'artère aorte.

Le passage du sang à travers les cavités du côté droit du cœur s'opère par un mécanisme analogue.

D'après la nature des mouvements du cœur, on pourrait penser que le sang ne circule dans les artères que par saccades, chaque fois que le ventricule gauche se contracte, et que pendant la dilatation de cette cavité il doit rester en repos. Si on ouvre une artère sur un animal vivant, on voit qu'il en est autrement; le sang s'échappe par un jet continu qui devient plus fort au moment de la contraction du cœur, mais qui n'est nullement interrompu lors du mouvement contraire. Nous avons vu que les artères étaient pourvues d'une tunique moyenne, qui leur communique une grande puissance élastique; eh bien! c'est par cette élasticité des artères que le mouvement intermittent, imprimé au sang par les contractions saccadées du cœur, se trouve changé en un mouvement continu régulièrement accéléré dans les artères volumineuses. On aperçoit bien les saccades occasionnées par les contractions du cœur, mais dans les artérioles capillaires cette action est très peu sensible; c'est par le seul effet de l'élasticité des parois que le sang circule.

Le nombre des contractions et des dilatations du cœur varie extrêmement, suivant les animaux; il est de 7 par minute chez le requin, et de 240 chez le héron pendant le même espace de temps. Chez l'homme adulte, on compte ordinairement de 60 à 70 pulsations par minute. Chez l'enfant qui vient de naître, 150. Chez le vieillard on croit généralement qu'il est plus lent que chez l'adulte; mais c'est une erreur que les observations de MM. Leuret et Mitivié ont redressée.

On a longtemps cherché à évaluer la force avec laquelle le cœur lance le sang dans les artères; mais on n'est arrivé à des résultats précis que dans ces derniers temps. M. Poiseuille a employé pour parvenir à ce but un procédé tout physique; il a mesuré exactement la colonne d'eau ou de mercure à laquelle cette force pouvait faire équilibre dans un tube de verre mis en communication di-

recte avec l'artère aorte d'un animal vivant. Il est arrivé ainsi au résultat suivant. Chez les animaux voisins de l'homme, cette hauteur est d'environ 160 millimètres de mercure; en calculant d'après cela la force avec laquelle serait repoussé dans l'aorte un obstacle matériel qui en fermerait hermétiquement l'ouverture, on la trouve égale, terme moyen, à 2 kilogrammes environ; ce chiffre nous représente la force avec laquelle le sang est lancé par les artérioles gauches dans le système artériel.

Fonctions du sang. — C'est par l'intermédiaire du sang que s'exécutent toutes les fonctions végétatives de l'économie animale; c'est lui qui fournit à chaque organe les matériaux sur lesquels s'exerce son action spéciale. Indépendamment de ces rapports établis par le sang entre toutes les parties de l'économie animale, le sang possède une activité propre sur l'organisme. Survient-il une hémorrhagie abondante, la mort arrive presque instantanément; vient-on à introduire de nouveau du sang d'un animal d'une même espèce dans l'appareil circulatoire, les fonctions animales qui étaient suspendues reprennent leur activité. Cette expérience remarquable est la *transfusion du sang*. On l'a employée dans le cas d'hémorrhagie foudroyante, mais le sang d'un animal d'une espèce étrangère ne peut servir, et on a beaucoup aussi à redouter l'introduction de l'air dans le torrent circulatoire.

RESPIRATION. — La respiration est la fonction par laquelle le fluide nourricier d'un animal est mis en contact avec l'air qui le revivifie. La respiration consiste : 1° dans l'absorption de l'oxigène de l'air, dans sa combinaison avec une portion du carbone et de l'hydrogène du fluide nourricier et en production d'acide carbonique et d'eau; 2° dans l'absorption et l'exhalation simultanée d'une petite quantité d'azote. Nous renvoyons, pour la composition de l'air et la théorie chimique de la respiration, aux pages 26 et 39 de la *Chimie*.

Appareil de la respiration. — Dans les animaux dont l'organisation est la plus simple, il n'y a point d'organe spécial pour la respiration : elle s'effectue dans toutes les parties qui sont en contact avec l'élément dans lequel ces êtres puisent l'oxigène; la peau est également chez l'homme le siège d'une respiration plus ou moins active.

La structure des organes respiratoires varie dans les animaux, suivant qu'ils sont destinés à vivre dans l'air ou dans l'eau. Chez les animaux qui respirent dans l'eau, on les nomme *branchies*; chez les animaux à respiration aérienne, l'organe respiratoire prend les noms de *trachées* et de *poumons*.

Les *branchies* ne consistent dans plusieurs animaux que dans

quelques tubercules qui ont une texture plus molle que le reste de la peau, qui prend part alors dans son entier à l'acte de la respiration. Cette structure se rencontre dans plusieurs vers marins; mais lorsque les branchies doivent être le siège d'une respiration active, ils prennent, comme dans les crabes, les écrevisses, la forme des filaments membraneux, ou, comme dans les poissons, la forme de lamelles minces, plus ou moins nombreuses.

Les branchies sont uniquement destinées aux animaux qui vivent dans l'eau; elles servent à absorber l'oxigène de l'air qui est toujours en dissolution dans ce liquide.

Trachées. — Ce sont des vaisseaux qui communiquent avec l'extérieur par des ouvertures nommées *stigmates*, et se ramifient dans la profondeur des divers organes. Ils y portent ainsi l'air, et c'est par conséquent dans toutes les parties du corps que s'effectue la respiration. Ce mode de structure est particulier aux insectes et à quelques arachnides.

Poumons. — Ce sont des poches plus ou moins subdivisées en cellules qui reçoivent également l'air dans leur intérieur, et dont les parois sont traversées par les vaisseaux contenant le sang qui doit être soumis à l'influence vivifiante de l'oxigène. L'air pénètre dans les poumons par un canal unique, qui s'ouvre dans le gosier à la racine de la langue. Ce canal, à son commencement, forme le *larynx*, et se continue par la *trachée-artère*, tube membraneux soutenu de distance en distance par des anneaux solides non fermés. Il descend le long du cou, au-devant de l'œsophage, et, pénétrant dans la poitrine, se divise en deux branches qu'on nomme *bronches*, et qui se rendent aux deux poumons, en se ramifiant de plus en plus.

Les poumons sont des organes spongieux contenus dans la cavité thoracique, et formés par la réunion d'un grand nombre de cellules qui communiquent toutes les unes avec les autres. C'est dans ces cellules que pénètre l'air extérieur; il y arrive et en sort alternativement par les mouvements contraires de l'inspiration et de l'expiration. Le sang de son côté arrive dans l'épaisseur des parois de ces cellules, il en sort par des vaisseaux capillaires (artères et veines pulmonaires). Le sang qui arrive est du sang noir ou veineux, mêlé de chyle, qui vient du cœur par les subdivisions de l'artère pulmonaire. Il se produit au contact de l'air une absorption et une exhalation qui le changent instantanément en sang artériel ou rouge; ce sang rouge retourne au cœur par les troncs appelés veines pulmonaires.

Les poumons dans leur intérieur présentent une foule de cellules dans lesquelles s'ouvre un petit rameau de la bronche correspon-

dante. Les parois de ces cavités sont formées par une membrane très fine et très molle, et sont creusées d'une multitude de petits vaisseaux destinés à recevoir le sang veineux de l'artère pulmonaire et à l'exposer à l'action de l'air. Il existe un rapport direct entre l'activité de la respiration et la grandeur des cellules pulmonaires. Chez les grenouilles, où cette fonction est peu énergique, les poumons ont la forme de sacs divisés seulement par quelques cloisons; tandis que chez les mammifères et les oiseaux, où la respiration est très active, les poumons sont divisés en cellules si déliées, qu'il est difficile de les distinguer à l'œil nu. Chez les mammifères en général et chez l'homme en particulier, les bronches ont toutes leur terminaison dans les cellules pulmonaires; mais chez les oiseaux, où la respiration est plus active, quelques uns des canaux bronchiques traversent les poumons de part en part, et s'ouvrent dans le tissu cellulaire qui les entoure, qui, dans tout le reste du corps, remplit les espaces que les organes laissent entre eux. L'air chez les *oiseaux* pénètre ainsi partout, même dans la cavité des os.

Mécanisme de la respiration. — Dans l'acte de la respiration, le sang absorbe de l'oxygène et exhale avec de la vapeur d'eau du gaz carbonique. Ces produits exhalés viciant l'air des poumons, il faut que celui-ci soit renouvelé sans cesse par les mouvements alternatifs de l'expiration. Le mécanisme par lequel l'air est appelé dans les poumons et en est expulsé est très simple, et ressemble absolument au jeu d'un soufflet; pour comprendre ce mécanisme, il est nécessaire d'indiquer les différentes parties qui avoisinent la cavité de la poitrine ou *thorax* de l'homme. Cette cavité a la forme d'un cône, dont le sommet est en haut et la base en bas; ses parois sont formées en majeure partie par une cage osseuse, résultant de l'union des côtes avec une portion de la colonne vertébrale en arrière et avec l'os sternum en avant. Les espaces intercostaux sont remplis par des muscles qui s'étendent de l'un de ces os à l'autre; la paroi inférieure de la poitrine est formée par un plancher musculueux, le diaphragme. Dans l'inspiration, la cavité de la poitrine s'agrandit, et, par suite, les poumons se dilatent, parce que leur surface, étant appliquée exactement contre les parois de la poitrine, est forcée d'en suivre tous les mouvements. Ainsi l'air, pressé par le poids de l'atmosphère, s'introduit par la bouche ou les fosses nasales dans la trachée-artère, et va gonfler les cellules pulmonaires. Cet agrandissement de la poitrine est produit par l'élévation des côtes et par la contraction du muscle diaphragme. Ce muscle, qui sépare la poitrine de l'abdomen, a, dans l'état de repos, la forme d'une voûte; en se contractant, il aplatit sa con-

vexité, et refoulant en bas les viscères abdominaux, augmente la capacité de la poitrine aux dépens de celle du bas-ventre.

L'expiration est produite en partie par l'élasticité des poumons, qui tendent à revenir sur eux-mêmes, dès que l'acte d'inspiration a cessé, en partie par la diminution de la cavité de la poitrine, opérée par les muscles du bas-ventre, qui, par leurs contractions, refoulent vers le haut les viscères abdominaux avec le diaphragme.

Le mécanisme de la respiration est le même chez les mammifères, les oiseaux et la plupart des reptiles: seulement, dans ces deux dernières classes, le *muscle diaphragme* manque plus ou moins complètement; et c'est donc principalement par le mouvement des côtes que l'air est appelé dans les poumons. Chez les tortues et les grenouilles, le thorax n'est pas contourné de manière à se dilater activement: aussi chez ces animaux la respiration se fait d'une manière différente. L'air est poussé dans les poumons par de véritables mouvements de déglutition.

Le *bâillement*, le *sanglot*, le *rire* et le *soupir* ne sont que des modifications ordinaires de la respiration.

Théorie de la respiration. — L'air est indispensable à la vie de tous les animaux, et c'est à l'oxygène que l'air doit ses propriétés vivifiantes. Rien n'est plus facile que d'établir cette importante vérité: si on met des animaux dans un milieu gazeux ou liquide exempt d'oxygène, ils périssent presque instantanément. Il existe la plus grande analogie entre les phénomènes principaux de la respiration et ceux de la combustion. Ce rapprochement, de la plus grande importance, a été fait par Lavoisier: il pensait que l'oxygène de l'air inspiré se combinait dans l'intérieur de l'organe de l'appareil respiratoire avec du carbone, du sang, et que de cette combustion naissait l'acide carbonique, dont l'expulsion est en quelque sorte le complément de l'acte respiratoire: mais les choses ne se passent pas aussi simplement. On sait positivement que la consommation de l'oxygène par la respiration n'est pas liée d'une façon immédiate à la production de l'acide carbonique. Ce gaz existe tout formé dans le sang veineux, et vient tout simplement s'exhaler à la surface de l'organe respiratoire pendant que l'oxygène de l'air absorbé par cette même surface va se dissoudre dans le sang. Chacun des trois gaz oxygène, azote et acide carbonique, existe dans le sang artériel comme dans le sang veineux, mais dans des proportions différentes. La quantité totale de ces trois gaz est d'environ un dixième du volume du sang. La respiration consiste essentiellement dans un phénomène d'absorption et d'exhalation, par suite duquel le sang, venant et entrant avec l'air, se débarrasse d'acide carbonique et se charge d'oxygène. Un effet immédiat que

le sang éprouve dans les poumons, c'est un changement manifeste de couleur : le sang veineux était d'une couleur brune foncée, il devient rouge brillant dans les poumons, et il conserve cette teinte dans les artères. Cet effet est dû à une action spéciale de l'oxygène sur l'hématosine ou partie rouge du sang. On peut démontrer la réalité de cette explication en exposant le sang veineux à l'action directe de l'oxygène : il rougit immédiatement. Comment s'effectue la transformation d'oxygène en acide carbonique ? Rien n'est plus facile à concevoir. En effet, plusieurs aliments sont transformés en acide lactique, qui décompose le carbonate de soude qui existe dans le sang produit ainsi de l'acide carbonique et du lactate de soude, qui à son tour est transformé en carbonate de soude par l'action oxidante de l'air introduit pendant la respiration. Ce phénomène important, véritable combustion, ne se passe pas exclusivement, comme le pensait Lavoisier, dans les poumons ; il ne fait qu'y commencer pour se continuer dans toutes les parties du courant circulatoire, et plus particulièrement peut-être dans les vaisseaux capillaires.

MM. Andral et Gavarret ont publié, dans le numéro de juin 1843 des *Annales de chimie et de physique*, des recherches très importantes sur la quantité d'acide carbonique exhalé par le poumon dans l'espèce humaine. Voici les résultats principaux auxquels leurs expériences les ont conduits.

De vingt à trente ans, l'homme brûle moyennement 12 grammes 2 centigrammes de carbone par heure, tandis que les sujets bien constitués, de quarante à cinquante ans, n'en consomment que dix grammes 5 centigrammes. Un vieillard bien conservé, de cent deux ans, n'en consommait que 5 grammes 9 centigrammes.

La quantité d'acide carbonique exhalé par le poumon dans un temps donné varie en raison de l'âge, du sexe et de la constitution des sujets.

Chez l'homme, comme chez la femme, cette quantité se modifie suivant les âges, et cela indépendamment du poids des individus mis en expérience.

Dans toutes les périodes de la vie comprises entre huit ans et la vieillesse la plus avancée, l'homme et la femme se distinguent par la différence de quantité d'acide carbonique qui est exhalé par leurs poumons dans un temps donné. Toutes choses étant égales d'ailleurs, l'homme en exhale toujours une quantité plus considérable que la femme. Cette différence est surtout très marquée entre seize et quarante ans, époque pendant laquelle l'homme fournit généralement par le poumon presque deux fois autant d'acide carbonique que la femme.

Chez l'homme, la quantité d'acide carbonique exhalé va sans cesse croissant de huit à trente ans, et cet accroissement continu devient subitement très grand à l'époque de la puberté. A partir de trente ans, l'exhalation d'acide carbonique commence à décroître, et ce décroissement a lieu par degrés d'autant plus marqués que l'homme s'approche davantage de l'extrême vieillesse, à tel point qu'à la dernière limite de la vie, l'exhalation d'acide carbonique par le poumon peut redevenir ce qu'elle était vers l'âge de dix ans.

Dans les deux sexes et à tous les âges, la quantité d'acide carbonique exhalé par le poumon est d'autant plus grande, que la constitution est plus forte et le système musculaire plus développé.

Le nombre des mouvements respiratoires varie suivant les animaux ; chez l'homme, il diffère selon les âges. Dans l'enfance, ils sont plus fréquents que chez l'adulte ; chez ce dernier, on compte, terme moyen, vingt inspirations par minute. Chez l'homme, il entre dans les poumons environ 13,100 centimètres cubes d'air par minute, ce qui fait pour un jour à peu près 49,000 litres de ce fluide.

ASSIMILATION. — Le phénomène de l'assimilation est le complément indispensable de tous les actes divers que comprend la nutrition ; il consiste essentiellement dans le dépôt de molécules nouvelles, dans la profondeur de la substance des êtres vivants, dans l'arrangement de ces molécules organiques en tissus organisés qui sont admis à leur tour au partage des propriétés vitales.

L'assimilation est un des points les plus intéressants et des plus difficiles de la physiologie ; c'est à peine, il y a quelques années, si on osait aborder ce sujet obscur ; mais la chimie nous a fourni des lumières nouvelles qui nous permettent d'apercevoir les traits principaux de ces merveilleuses transformations.

On a établi *à priori* que les animaux trouvaient dans leurs aliments habituels tous les éléments organiques indispensables de l'assimilation. On sait, en effet, que le corps des animaux est composé essentiellement, parmi les principes inorganiques, de phosphate et de carbonate de chaux, parmi les principes organiques, de matières albumineuses (fibrine, albumine, caséum, etc.), de corps gras. Eh bien, tous ces principes existent sans exception dans les aliments, ils sont transportés par la digestion dans le sang, puis se fixent peu à peu dans les organes pour les renouveler ou les augmenter. L'harmonie merveilleuse qui préside à ces arrangements divers est digne de toute notre admiration. Nous ne saurions non plus trop admirer la prévoyance qui a préparé les aliments des jeunes animaux. Dans l'œuf, on trouve tout ce qui est indispensable à la formation des jeunes poulets, sels inorganiques, principes immédiats organiques. Dans le lait, on rencontre les mêmes éléments