munication avec eux par l'intermédiaire du poumon. Il résulte de là que les mouvements d'inspiration de l'oiseau ont non seulement pour effet de faire pénétrer l'air extérieur dans les poumons et les sacs pulmonaires interdiaphragmatiques, mais encore d'opérer une expiration partielle dans les autres cellules aériennes de l'oiseau.

Au moment de l'expiration, l'air contenu dans les sacs aériens interdiaphragmatiques, pressé à la fois et par la réaction élastique du poumon, et par le retour des deux plans charnus diaphragmatiques, ne s'échappe pas entièrement par la trachée, mais passe en partie dans les autres cellules. De cette manière, et par ce double jeu, se trouve agité et renouvelé l'air qui circule dans les parties les plus éloignées de l'organe respiratoire.

La partie la plus vasculaire de l'appareil respiratoire de l'oiseau est le poumon, et c'est là surtout que s'opèrent les échanges gazeux de la respiration. Les sacs aériens et les canaux des os, beaucoup moins vasculaires que le poumon, sont surtout en rapport avec le mode de locomotion de l'oiseau, et destinés principalement à diminuer sa pesanteur spécifique; mais il s'opère aussi, dans leur intérieur, une respiration rudimentaire.

Reptiles. — Les reptiles, ainsi d'ailleurs que les animaux dont il nous reste à parler, sont des animaux à sang froid. Leur respiration est beaucoup moins active que celle des mammifères et des oiseaux, et ils peuvent être privés, plus ou moins longtemps, d'air ou d'oxygène avant de succomber.

La plupart des reptiles ont une respiration aérienne, et respirent par des poumons. Parmi les reptiles à poumon, quelques-uns ont des *branchies* dans les premiers temps de leur vie (têtards de grenouille, par exemple), et respirent comme des poissons, jusqu'au moment de leur métamorphose. Beaucoup de reptiles vivent à la fois dans l'air et dans l'eau, mais ils respirent par des poumons, et viennent à la surface respirer l'air atmosphérique. Il en est cependant quelques-uns qui sont bien réellement amphibies, et qui conservent toute leur vie des branchies et des poumons (protées, axolotls, sirènes).

Chez les reptiles à poumons dont la peau est nue (les grenouilles, par exemple), la peau est aussi un organe important de respiration. La peau, envisagée comme organe de respiration, tient à la fois des poumons et des branchies: les échanges gazeux de la respiration cutanée peuvent s'opérer, non seulement aux dépens de l'air atmosphérique, mais encore aux dépens de l'air contenu dans l'eau, ainsi que les expériences l'ont depuis longtemps prouvé. Il est probable que, chez quelques reptiles, la respiration cutanée est, dans l'air, aussi active que la respiration pulmonaire. Dans quelques-unes de leurs expériences, MM. Regnault et Reiset ont observé que des grenouilles privées de poumons avaient consommé, dans le même temps, environ les deux tiers de la proportion d'oxygène absorbée par des grenouilles intactes. Les expériences de Spallanzani ont depuis longtemps appris que des grenouilles *submergées* peuvent vivre quelque temps dans l'eau renouvelée, tandis que dans l'eau bouillie (par conséquent privée d'air) elles meurent promptement. Nous avons déjà signalé, à cet égard, les expériences d'Edwards (§ 155).

Les poumons des reptiles sont constitués par des sacs plus ou moins complètement cloisonnés, figurant parfois une sorte de tissu aréolaire à cellules communiquantes. Quoique le poumon des reptiles soit généralement volumineux, la surface de cet organe développé offre bien moins d'étendue que celle

du poumon des mammifères et des oiseaux. Les reptiles n'ont point de diaphragme : leur thorax communique librement avec l'abdomen. Beaucoup d'entre eux n'ont point de côtes (fig. 92) : tels sont les batraciens. Il en résulte que, chez les batraciens, les mouvements d'inspiration et d'expiration ne sont point soumis au jeu du thorax, comme chez les mammifères et les oiseaux. Le poumon des batraciens n'attire pas l'air par dilatation, au moment de l'inspiration, comme chez les mammifères et les oiseaux; aussi, l'air n'est que très incomplètement renouvelé dans leurs poumons. Les batraciens inspirent l'air par une sorte de *déglutition*. Certains muscles dilatent activement la gorge : l'air entre par les narines, remplit la dilatation ou le gonflement de la gorge; puis les narines se ferment, la gorge se contracte en vertu de ses muscles propres et chasse l'air, par refoulement, du côté des poumons. Le retrait élastique du poumon et la contraction des muscles de l'abdomen président à l'expiration.

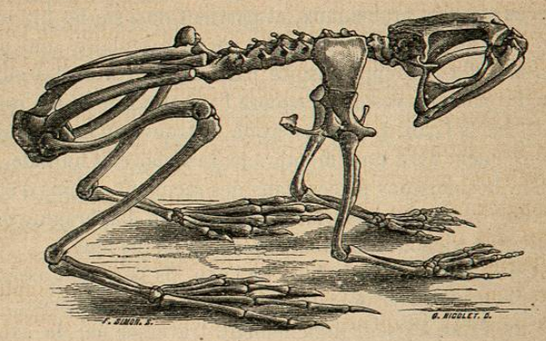

Fig. 92.

Les reptiles inspirant l'air, non point par dilatation de la cavité pectorale, mais par un refoulement de déglutition, il en résulte qu'ils respirent aussi bien, la poitrine et le ventre ouverts, que lorsqu'ils sont intacts. Il en résulte encore (ce qui paraît assez singulier au premier abord) que l'on peut rendre la respiration pulmonaire impossible, et par conséquent les asphyxier à la longue, en leur maintenant la bouche largement ouverte, c'est-à-dire en portant obstacle à la déglutition.

Poissons. — Les poissons respirent, à l'aide de leurs *branchies*, l'air contenu dans l'eau. De grands naturalistes ont pensé que les animaux qui vivent dans l'eau avaient le pouvoir de décomposer l'eau pour en extraire l'oxygène; mais l'expérience a prouvé depuis longtemps qu'en plaçant ces animaux dans de l'eau privée d'air, ils ne tardent pas à succomber.

L'air contenu dans l'eau fournit aux poissons l'oxygène dont ils ont besoin, et ils expirent de l'acide carbonique, ainsi qu'il est aisé de s'en assurer, en traitant par l'eau de chaux l'eau dans laquelle des poissons ont vécu pendant quelques jours. L'air contenu dans l'eau est d'ailleurs plus riche en oxygène que l'air atmosphérique, l'oxygène étant plus soluble que l'azote[1].

Les branchies des poissons sont des organes disposés en forme de lamelles

[1] L'air atmosphérique contient 21 d'oxygène et 79 d'azote; l'air contenu dans l'eau contient 32 d'oxygène et 68 d'azote.

saillantes, très vasculaires, fixées au bord externe des arcs branchiaux. Il y a généralement de chaque côté du cou quatre branchies, composées chacune de deux lamelles. Dans les poissons cartilagineux, il y en a quelquefois davantage (cinq ou sept). Les branchies sont ordinairement libres ou flottantes par un de leurs bords, c'est ce qui a lieu chez les poissons osseux. Chez les poissons cartilagineux, les deux bords des branchies sont fixés, l'un à l'arc branchial, et l'autre à la peau. Les poissons dont les branchies sont libres n'ont qu'une seule ouïe de chaque côté : ceux dont les branchies sont adhérentes ont au cou des ouvertures multiples, et ordinairement en nombre égal aux branchies (les lamproies, qui ont sept branchies adhérentes, ont sept ouvertures de chaque côté, le long du cou).

Lorsqu'on examine un poisson dans l'eau, on le voit alternativement ouvrir la bouche et les opercules des ouïes. En effet, le poisson, pour respirer, avale de l'eau par la bouche : l'eau, arrivée dans la gorge, passe au travers des fentes que laissent entre eux les arcs branchiaux, et parvient ainsi sur les branchies, qu'elle baigne ; l'eau cède au sang, au travers des parois vasculaires, une partie de l'air qu'elle renferme ; elle s'échappe ensuite par les ouvertures des ouïes.

La plupart des poissons respirent encore l'air atmosphérique qu'ils viennent avaler à la surface de l'eau. L'air ainsi avalé se trouve en contact avec les branchies, par conséquent avec une membrane vasculaire et humide, et concourt à la respiration. Des poissons placés dans des récipients pleins d'eau, et qu'on empêche de venir respirer à la surface, à l'aide d'un diaphragme de gaze, finissent par succomber au bout d'un temps plus ou moins long.

Lorsque les poissons sont tirés hors de l'eau, ils périssent assez rapidement par asphyxie. Les lamelles branchiales, n'étant plus soutenues par l'eau, s'affaissent promptement, se laissent difficilement traverser par le sang, se dessèchent peu à peu au contact de l'air, et rendent l'osmose gazeuse de plus en plus imparfaite. On peut prolonger leur vie en leur humectant sans cesse les branchies avec de l'eau, ou en les plaçant dans un air saturé d'humidité.

Mollusques. — Les mollusques vivent dans l'air ou dans l'eau ; leur respiration est pulmonaire ou branchiale. Les organes de la respiration présentent ici des formes et des situations très variées.

Chez les mollusques *céphalopodes*, la respiration est aquatique. Les branchies sont symétriques, constituées par des lamelles divisées et subdivisées sous forme arborescente, et se trouvent cachées par le manteau dans une cavité spéciale. Cette cavité a des parois contractiles. Lorsqu'elle se dilate, l'eau entre dans son intérieur ; lorsqu'elle se contracte, l'eau est chassée au dehors. Il y a, d'ailleurs, une fente pour l'entrée de l'eau, et un tube analogue à une sorte d'entonnoir pour la sortie du liquide.

Les mollusques *gastéropodes* respirent dans l'air ou dans l'eau. Chez ceux qui respirent dans l'air (telle est une partie des gastéropodes à coquille), l'organe respiratoire ou poumon est constitué par une cavité sur les parois de laquelle vient se ramifier l'artère pulmonaire. Cet organe se trouve placé dans le dernier tour de spire. L'air est amené au poumon sans que l'animal sorte de sa coquille, tantôt par un pertuis percé dans la coquille, tantôt par un canal placé entre le corps et la coquille.

Les gastéropodes à coquille qui vivent dans l'eau ont des branchies. Tantôt l'animal est obligé de sortir son corps au dehors pour mettre l'organe branchial

en contact avec l'eau (toupies, sabots, etc.), tantôt l'organe respiratoire est pourvu d'une sorte de canal en siphon, et il peut respirer sans sortir de sa coquille (paludines, littorines, nérites, volutes, buccins, cérites, porcelaines, etc.). Les gastéropodes tectibranches ont des branchies à moitié cachées par le manteau, et les gastéropodes nudibranches, tout à fait privés de coquilles, ont des branchies fixées à quelque partie du dos.

Les mollusques *acéphales* sont pourvus de branchies constituées par des feuillets striés en travers au nombre de quatre, et placées entre le manteau et le corps de l'animal.

Insectes. — Chez les insectes, animaux aériens, la respiration est moins localisée. La circulation de ces animaux est assez imparfaite (Voy. § 113) ; le sang n'est pas animé par un mouvement de révolution complète, et l'air va en quelque sorte à la rencontre du sang dans la plupart des parties de l'économie, par des orifices nommés *stigmates*.

L'organe respiratoire des insectes est constitué par une multitude de canaux ou *trachées*, qui s'ouvrent à l'extérieur, sur les côtés de l'animal ; ces canaux se ramifient dans l'intérieur du corps en se subdivisant à l'infini.

Tantôt les trachées sont simplement ramifiées, tantôt elles présentent, sur leur trajet, des renflements ou réservoirs à air. Les trachées sont maintenues béantes par une tunique spiroïde, de nature cartilagineuse. Leurs ouvertures extérieures, ou stigmates, ressemblent à de petites fentes ou boutonnières, parfois garnies de valvules. En général, il y a une paire de stigmates par anneau. L'air se renouvelle dans les trachées par les contractions alternatives de l'abdomen. La respiration des insectes est assez active, et leur température s'élève quelquefois d'une manière remarquable.

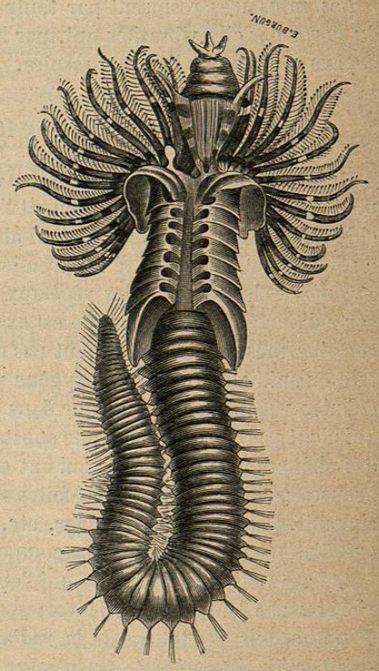

Fig. 93.
Branchies d'un annélide (*Serpula-contortuplicata*).

Arachnides. — Comme les insectes, les arachnides ont une respiration aérienne. Tantôt la respiration a lieu à l'aide de trachées, tantôt à l'aide de poches à air placées dans l'abdomen. Ces poches, sous le rapport de la disposition, ressemblent autant à des branchies qu'à des poumons. En effet, elles présentent dans leur intérieur une multitude de lamelles, saillantes comme des feuillets branchiaux. Ces poches à air reçoivent l'air, comme les trachées, par des stigmates placés sur les côtés ou à la face inférieure de l'abdomen.

Annélides. — Les annélides ont généralement une respiration aquatique. Les branchies des annélides varient beaucoup quant à leur forme et à leur position. Tantôt elles forment, le long du corps de l'animal, des touffes placées de distance en distance (arénicoles),

tantôt elles sont groupées autour des pattes, sous formes de tubercules branchiaux (néréides), tantôt l'extrémité supérieure du corps est garnie d'une sorte de panache multibranche (serpules) (Voy fig. 93).

Les seuls annélides qui ne soient pas aquatiques sont les lombrics (vers de terre). Ils vivent dans la terre humide et respirent par la surface générale du corps, et peut-être aussi par de petites poches placées à la partie antérieure du corps et communiquant au dehors par des pores.

Crustacés. — La plupart vivent dans l'eau et respirent par des branchies. Un certain nombre de crustacés manquent de branchies, et la respiration aquatique se fait par les parties du corps recouvertes d'une peau molle (souvent les pattes).

Quelques crustacés vivent à l'air et respirent à l'aide d'une multitude de lamelles extérieures, entretenues dans un état d'humidité permanente, qui ont la forme de branchies et qui fonctionnent comme des poumons.

Zoophytes. — Ces animaux aquatiques n'ont point en général d'organes spéciaux de respiration : les échanges gazeux se font par les divers points de la surface tégumentaire interne et externe. On remarque, cependant, chez les holothuries, un canal ramifié particulier, naissant du cloaque, et analogue à une sorte de trachée. L'eau s'y introduit par le cloaque et en est expulsée de temps à autre par les contractions du canal.

Les infusoires respirent par toute leur surface. On remarque à la surface du corps des cils vibratiles qui, par leurs mouvements, renouvellent l'eau aux dépens de laquelle l'animal respire.

§ 160 *bis*.

Respiration comparée des animaux et des végétaux. — On a souvent opposé les animaux (qui consomment l'oxygène de l'air et qui produisent de l'acide carbonique) aux végétaux (qui absorbent l'acide carbonique et qui exhalent de l'oxygène), et considéré les premiers (les animaux) comme des appareils d'*oxydation* et les seconds (les végétaux) comme des appareils de *réduction*. Cette sorte d'opposition harmonique est exacte, d'une manière générale et dans une certaine mesure ; mais il ne faut pas oublier que toute cellule, aussi bien végétale qu'animale, a besoin d'oxygène pour vivre et pour se développer. Dans les cellules végétales de même que dans les tissus des animaux les plus inférieurs qui n'ont pas de sang, mais une substance en quelque sorte unique, il se produit des phénomènes chimiques qui ont entre eux beaucoup d'analogie. Des nombreuses recherches qui ont été faites sur la respiration des plantes par MM. Boussingault, Garreau, Corenwinder, etc., on peut conclure que dans ses rapports avec l'atmosphère la plante se comporte de deux manières différentes.

1° La fonction de la plante qui l'emporte, et qu'on peut appeler de *nutrition*, s'exerce par toutes ses parties vertes, et consiste dans la réduction de l'acide carbonique sous l'influence de la radiation solaire, directe ou diffuse ; c'est par cette action *intermittente* (suspendue pendant la nuit), que se trouvera constituée la masse ou la charpente du végétal.

2° Les végétaux ont aussi une *respiration* identique à celle des animaux ; cette fonction, *continue*, est caractérisée par la combustion des matières organiques du végétal.

Il résulte de là, d'une part, que la propriété de former de la matière organique à l'aide des éléments empruntés au règne minéral appartient exclusivement aux *végétaux* (à leurs parties vertes) et n'entre en activité que sous l'influence de la lumière ; d'autre part, qu'il n'y a point d'antagonisme en principe entre la propriété *oxydante* et *réductive*, car de même qu'on peut observer des *oxydations* dans les plantes, de même on peut observer des *réductions* chez les animaux.

Il n'en reste pas moins vrai qu'*au point de vue fonctionnel* les animaux *dégagent de la force* par oxydation, et que les végétaux *emmagasinent de la force* par réduction.

§ 160 *ter*.

Respiration des Plantes. — Indications bibliographiques.

Duchartre, Recherches expérimentales sur la respiration des plantes, *dans* Comptes rendus, Académie des sciences, 1856 et 1866.

Corenwinder, Expiration diurne et nocturne des feuilles, *dans* Comptes rendus, Académie des sciences, 1863.

Corenwinder, Recherches chimiques sur la végétation, 3 mémoires, *dans* Mémoires de la Société des sciences de Lille, 1863.

Boussingault, De la végétation dans l'obscurité, Etudes sur les fonctions des feuilles, *dans* Comptes rendus Académie des sciences, 1864, 1865, 1866.

Cahours, Recherches sur la respiration des fruits. Recherches sur la respiration des fleurs, *dans* Comptes rendus, Académie des sciences, 1864.

Chatin, Etudes sur la respiration des fruits, *dans* Comptes rendus Académie des sciences, 1864.

P. Bert, Influence de la pression et de la dépression sur les végétaux, *dans* Comptes rendus Académie des sciences et Annales des sciences naturelles, 1874.

R. Böhm, De la respiration des plantes terrestres, traduit, *dans* Annales des sciences naturelles, 1874.

Dehérain et Landrin, Recherches sur la germination, *dans* Annales des sciences naturelles, 1874.

Dehérain et Moissan, Recherches sur l'absorption d'oxygène et l'émission d'A. carbonique par les plantes maintenues dans l'obcurité, *dans* Annales des sciences naturelles, 1874.

CHAPITRE V

CHALEUR ANIMALE

§ 161.

De la chaleur dans les animaux. — Tandis que les corps inorganiques se maintiennent en équilibre de température avec le milieu qui les entoure ou tendent à se mettre en équilibre avec lui, lorsqu'ils ont été artificiellement échauffés ou refroidis, les animaux, au contraire, présentent une température propre. En d'autres termes, tous les animaux produisent de la chaleur, et la quantité de chaleur qu'ils produisent est généralement suffisante, malgré les pertes incessantes qui s'opèrent à leur surface, pour que leur température se maintienne au-dessus de celle du milieu ambiant.

Les animaux qui ont une nutrition active, dont la circulation est double, et qui respirent par des poumons, se distinguent entre tous par l'élévation de leur température propre; on les désigne sous le nom d'animaux *à sang chaud*. Ces