

## SEPTIÈME PARTIE

### RESPIRATION — MUQUEUSE PULMONAIRE CHALEUR ANIMALE

#### I. — Respiration.

Après la surface épithéliale digestive, celle qui se prête le mieux aux échanges, c'est la surface de la muqueuse respiratoire; seulement ici les échanges sont, à l'état normal, essentiellement gazeux. De même que l'absorption des matières dites alimentaires peut se faire un peu par toutes les surfaces, de même que nous avons vu la résorption des graisses se faire dans tous les tissus, quoique ces



Fig. 111. — Ramification du bourgeon pulmonaire chez le fœtus de brebis, long de 1 pouce 1/2 (Müller).

phénomènes se localisent spécialement au niveau de l'épithélium du tube digestif, de même les échanges gazeux se font sur un grand nombre de surfaces, comme, par exemple, au niveau de la peau, et les gaz peuvent être résorbés dans l'intimité même des tissus (comme, par exemple, dans l'emphysème sous-cutané); mais ces phénomènes se localisent, chez les animaux supérieurs, au niveau de la muqueuse respiratoire.

La muqueuse respiratoire peut être considérée, au point de vue embryologique, comme un bourgeon de la partie sus-diaphragmatique du canal digestif. En effet, les premières traces des poumons se présentent chez le fœtus sous la forme d'une végétation de l'épithélium de la paroi antérieure du pharynx. Ce bourgeon, creux, se bifurque successivement à mesure qu'il se développe (fig. 111); en même temps l'épithélium se modifie: de pavimenteux qu'il était dans le pharynx, il devient cylindrique et vibratile dans les pédicules des bourgeons (*trachée et bronches*), puis de nouveau pavimenteux vers les culs-de-sac des bourgeons (*alvéoles*).

On peut donc comparer les poumons à une glande dont les culs-

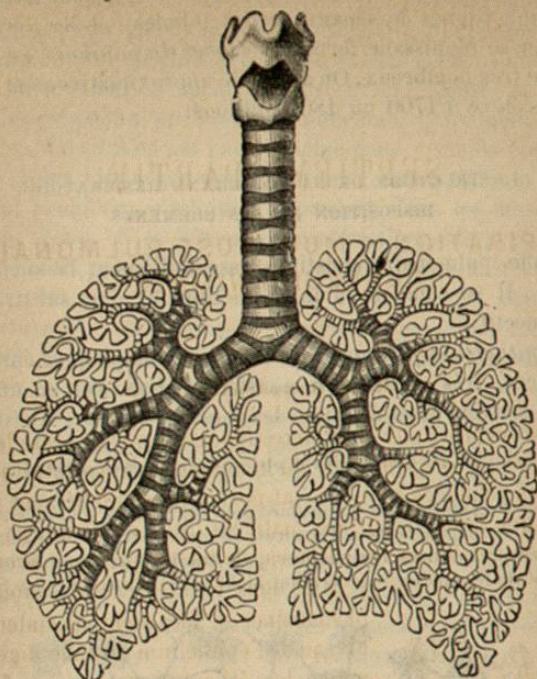


Fig. 112. — Larynx de l'homme, trachée, bronches et poumons, avec la ramification des bronches et la division des poumons en lobules (Dalton).

de-sac seraient représentés par les *alvéoles* (fig. 112), et les canaux excréteurs par les *bronches*. Ces culs-de-sac peuvent être assimilés chacun à un organe conique, piriforme, mais bosselé et dont le sommet se continue avec une ramification bronchique. Cette *ampoule* (fig. 113), qui a environ 1/8 de millimètre de diamètre, n'est pas simple, mais également bosselée à l'intérieur où elle présente un grand nombre de replis saillants qui divisent l'*alvéole* primitif en un grand nombre d'*alvéoles* secondaires ou *vésicules* (fig. 113, c, c). Ces ampoules s'accolent les unes aux autres pour former des *lobules*,

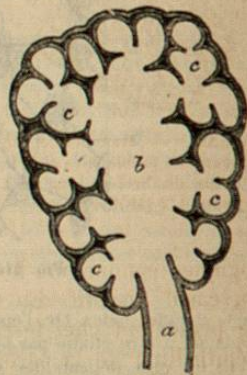


Fig. 113. — Lobule primitif ou ampoule du poumon de l'homme.

Fig. 113. — a, Terminaison des dernières ramifications bronchiques; — b, cavité de l'alvéole ou ampoule; — c, c, c, vésicules aériennes (Dalton, *Physiologie et Hygiène*). Cette ampoule représente exactement la totalité d'un poumon de batracien.

qui se distinguent facilement à la surface du poumon sous l'aspect de réseaux (lignes de séparation des lobules), et les lobules eux-mêmes, en se réunissant, forment les *lobes du poumon*. Les alvéoles sont donc très nombreux. On a calculé approximativement que leur nombre s'élève à 1700 ou 1800 millions.

#### I. STRUCTURE DE LA MEMBRANE RESPIRATOIRE DISPOSITION DE SES ÉLÉMENTS

L'alvéole pulmonaire constitue essentiellement la surface respiratoire. Il se compose d'un épithélium et d'un substratum de tissu connectif.

1° L'*épithélium pulmonaire* est formé de plaques épithéliales très minces, très difficiles à constater, disposées en une seule rangée et souvent assez distantes les unes des autres<sup>1</sup>. Aussi à l'état

<sup>1</sup> V. Ch. Schmidt, *De l'Épithélium pulmonaire*, thèse de Strasbourg, 1866, n° 931.

L'existence de l'épithélium pulmonaire a été longtemps contestée; Villemin a été un de ses plus ardents adversaires, ce qui n'est pas étonnant, si l'on considère les préparations compliquées qu'il faisait subir aux lobules pulmonaires avant de les étudier (dessiccation, bichlorure de mercure, eau ammonia-

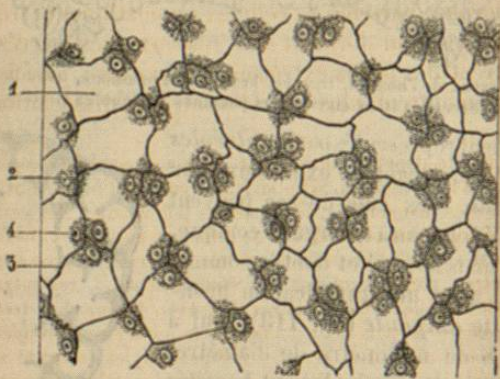


FIG. 114. — Épithélium pulmonaire.

cale, et enfin iode). Or, l'épithélium pulmonaire est l'un des plus délicats; il demande à être étudié par les mêmes procédés de préparation que les épithéliums les plus délicats des séreuses. Elenz (1864), ayant employé le nitrate d'argent, constata un épithélium pulmonaire complet chez tous les vertébrés;

<sup>1</sup> 1, Vaisseaux capillaires; — 2, interstice des capillaires (tout ce qui est en blanc fait partie du réseau capillaire; les espaces ponctués représentent les mailles ou interstices de ce réseau); — 3, contour des cellules épithéliales; — 4, noyaux des cellules, placés ordinairement dans une maille.

normal, ses éléments ne présentent-ils que fort peu de métamorphoses, et presque pas de *déchets* épithéliaux. Ils tendent même à s'atrophier de plus en plus avec l'âge, et, les cloisons qui les supportent s'atrophiant en même temps, il en résulte ce qu'on a appelé l'*emphysème pulmonaire*, altération si fréquente chez les vieillards. Mais il n'en est pas de même dans certains états pathologiques. Sous l'influence des irritations, cet épithélium s'hypertrophie et prolifère; c'est lui qui produit alors les fausses membranes du croup, et les éléments caractéristiques de la pneumonie; il oblitère alors complètement les alvéoles, qu'il transforme en un tissu compact et résistant, ce qui a valu à cet état le nom d'*hépatisation*. C'est lui encore qui joue le principal rôle dans la production du *tubercule*, et dans celle de quelques transformations plus rares, comme le *cancer du poumon*.

Dans les cas d'*infarctus* du poumon, surtout dans les infarctus produits expérimentalement sur le chien, il est facile de voir, dans les alvéoles pulmonaires infiltrés de sang, l'épithélium subir une certaine hypertrophie et quelques-unes de ses cellules tomber dans l'alvéole et s'y mêler aux globules sanguins (Vulpian).

2° Cet épithélium est supporté par une *membrane* qui forme comme la *coque* de l'alvéole. Elle est composée d'un tissu connectif presque amorphe, parsemé de cellules plasmatiques et très riche en fibres élastiques, qui forment des réseaux très serrés dont les mailles figurent des fentes extrêmement étroites; parfois les fibres élastiques se montrent plus écartées, et, par dissociation, on peut

ces résultats ont été depuis confirmés par de nombreux observateurs. Par les mêmes moyens d'investigation, Schmidt (thèse citée) est arrivé aux conclusions suivantes. Chez les mammifères, les vésicules pulmonaires des embryons sont tapissées par des cellules régulières et de grandeur uniforme; chez le nouveau-né, une partie des cellules précédentes s'étale en largeur et recouvre les capillaires; les autres n'éprouvent pas de changement et restent réunies par groupes dans les mailles des capillaires (fig. 114). Enfin, chez les adultes, les cellules sont réunies en plus petit nombre pour former des groupes; beaucoup d'entre elles sont isolées. Les grandes cellules qui les séparent semblent se fusionner en partie et prennent l'aspect de plaques membraneuses très simples et presque amorphes.

Les arguments empruntés à l'anatomie comparée contre l'existence de l'épithélium pulmonaire ont été renversés par des recherches plus exactes. La loche d'étang (*Cobitis fossilis*) est un poisson bizarre qui avale de l'air par la bouche, et, après avoir absorbé une partie de l'oxygène, rend de l'acide carbonique par l'anus. Leydig n'avait pu trouver d'épithélium intestinal chez ce poisson où la respiration est en partie intestinale. Or, à l'aide du nitrate d'argent, Schmidt a constaté un revêtement épithélial complet sur toute la surface en question. Ici encore, des cellules diverses sont entremêlées sans aucun ordre, tantôt groupées de façon que plusieurs petites cellules soient entourées de cellules plus grandes.

parfaitement les rendre évidentes sur une préparation. Ces éléments élastiques formés de fibres à contour nettement indiqué, avec bifurcations et anastomoses nombreuses, sont très importants à rechercher au point de vue pathologique, par exemple dans les crachats, car ils résistent longtemps aux causes de destruction et sont souvent les seuls débris qui, dans une portion de poumon nécrosée et éliminée, conservent une structure reconnaissable et caractéristique à l'examen microscopique. Chez quelques animaux des fibres musculaires lisses prennent évidemment part à la structure de la coque alvéolaire. Il est difficile de décider, par l'examen anatomique, s'il en est de même pour l'homme<sup>1</sup>. Nous aurons à discuter plus tard si les expériences physiologiques sont propres à résoudre cette question. Mais ce que cette membrane présente de plus important, c'est sa richesse en vaisseaux sanguins. Ce sont des réseaux de capillaires très petits, car ils ont une lumière juste assez grande pour le passage d'un globule sanguin, et très serrés les uns contre les autres, de sorte que les mailles qui les séparent sont très étroites. On trouve, par exemple, que, sur une surface donnée d'alvéoles pulmonaires, l'étendue occupée par les capillaires équivaut aux trois quarts, et les intervalles qu'ils laissent entre eux seulement à un quart de la surface. Or, la surface totale de l'ensemble des alvéoles équivalant à 200 mètres carrés<sup>2</sup>, il en

<sup>1</sup> « Les fibres musculaires apparaissent sur les grosses bronches sous la forme de faisceaux aplatis, *circulaires*; ces faisceaux constituent une couche complète. Comme on les retrouve encore sur des rameaux de 0<sup>m</sup>,22 à 0<sup>m</sup>,48, il est probable qu'ils s'étendent jusqu'aux lobules pulmonaires. » (Kölliker, 1870.)

La présence de l'élément musculaire dans la paroi des vésicules pulmonaires a été soutenue par Moleschott, Piso-Borme, Hirschmann et Chrzonszczewsky.

<sup>2</sup> Il est bien évident qu'on ne peut évaluer que d'une manière plus ou moins approximative la surface interne du poumon. Tout en conservant ici le chiffre donné par Kuss, nous devons ajouter que dans ces dernières années (*Bul. de l'Acad. de méd.*, t. XV, n° 8), Marc Sée s'est livré à des calculs qui l'ont amené à une évaluation certainement plus exacte. D'après cet auteur, on peut considérer la surface respiratoire comme une immense nappe sanguine dont l'épaisseur est celle d'un globule rouge du sang et dont l'étendue est égale, à peu de chose près, à celle de la surface de toutes les vésicules réunies. Sachant quel volume d'air renferme l'appareil respiratoire tout entier, si l'on en déduit l'air que renferment les voies respiratoires (larynx, trachée, bronches et leurs ramifications), on aura le volume total des vésicules pulmonaires. Comme on connaît, d'autre part, le diamètre moyen des vésicules, il est facile de calculer approximativement le volume et la surface d'une vésicule pulmonaire considérée comme formant une petite sphère. Le rapport entre le volume total des vésicules et celui d'une vésicule unique exprime le nombre des vésicules que contient le poumon. En multipliant la surface d'une vésicule par ce nombre, on aura l'étendue de la surface respiratoire du poumon. Par ces calculs, Marc Sée arrive à évaluer le nombre des vésicules du poumon à près de 900 millions (Kuss portait ce nombre à 1700 ou 1800 millions); quant à la

résulte que les capillaires forment une nappe de 150 mètres carrés. Cette nappe est très mince, et n'a guère que l'épaisseur d'un globule sanguin. Il n'en résulte pas moins qu'elle représente un volume de sang à peu près égal à 1 ou 2 litres. On a de plus calculé qu'en vingt-quatre heures il y passe au moins 20.000 litres de sang; cette nappe de sang se renouvelle donc sans cesse. Ces chiffres sont importants, car ils nous font déjà prévoir la grandeur des échanges gazeux qui s'opéreront entre le sang et les masses d'air mises presque en contact avec lui, puisqu'elles n'en sont séparées que par la mince paroi des capillaires et un épithélium d'une très faible épaisseur.

Il nous faut donc étudier le mécanisme par lequel l'air extérieur est amené au contact de la surface respiratoire, et comment il est renouvelé après que la diffusion gazeuse s'est accomplie entre lui et le sang.

Ces phénomènes sont en tout comparables à ceux de la digestion; mais tandis que les aliments introduits dans le tube digestif doivent, avant d'être assimilables, subir un grand nombre de métamorphoses, les éléments respiratoires de l'air sont directement assimilables. Ce gaz ne subit qu'une légère action préparatoire, destinée à le mettre dans le même état de température et d'humidité que la surface pulmonaire avec laquelle il va se trouver en contact. L'origine même de l'arbre aérien est disposée de façon à faire subir à l'air cette légère modification. Les fosses nasales sont, en effet, tapissées par une muqueuse très humide, très riche en sang et par suite très chaude; elle recouvre une série de replis (*cornets*) circonscrivant des canaux étroits (*méats*), par lesquels l'air est obligé de filtrer; il se charge de vapeur d'eau à ce passage et se met à la température du corps. Ces seules considérations prouvent que c'est par le nez et non par la bouche que doit se faire la respiration normale, et font comprendre le danger qu'il y a de respirer par ce dernier orifice quand on se trouve dans un milieu très froid et très sec<sup>1</sup>.

surface pulmonaire, elle mesurerait, d'après Marc Sée, près de 81 mètres carrés, c'est-à-dire environ cinquante-quatre fois la surface du corps.

<sup>1</sup> D'après les expériences de Smester (*Acad. de méd.*, 13 sept. 1881), il ne faudrait pas croire que, quand on respire avec la bouche ouverte, la respiration se ferait à la fois par la bouche et par le nez; elle se fait soit exclusivement par le nez, soit exclusivement par la bouche, mais jamais simultanément par les deux voies. Dans le premier cas, la langue se bombe en arrière, oblitère l'isthme du gosier, et l'air ne passe que par le nez, quoique la bouche soit ouverte; dans le second cas, il y a occlusion de l'isthme naso-pharyngien (muscles staphylo-pharyngiens), comme dans le second temps de la déglutition et l'air ne peut passer par le nez. L'expiration, par exemple, par les deux ori-

## II. PHÉNOMÈNES MÉCANIQUES DE LA RESPIRATION

Les avantages que nous avons trouvés à représenter par un graphique schématique la disposition du réservoir circulatoire se reproduiront ici encore si nous cherchons une expression graphique de la forme de l'appareil respiratoire. On trouve ainsi<sup>1</sup>, par le même raisonnement que pour les vaisseaux (V. p. 221), que

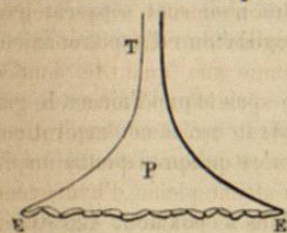


Fig. 115. — Schéma du cône pulmonaire\*.

l'ensemble des canaux aërières, abstraction faite des cloisons, représente un cône très évasé, ayant pour base la surface alvéolaire précédemment étudiée, et pour sommet l'ouverture des fosses nasales (fig. 115).

Cette disposition nous fait déjà comprendre que, lorsque l'air, par quelque mécanisme que ce soit, entrera ou sortira de ce réservoir, la vitesse de son courant devra être très différente dans les différentes zones du cône, d'autant plus rapide que la zone est plus étroite (plus élevée), d'autant plus lente que la zone est plus large (plus rapprochée de la base), et que, par exemple, vers la base du cône, vers la surface des alvéoles, il doit y avoir une stagnation relative de l'air. Aussi, malgré le nombre de nos mouvements respiratoires, jamais on ne trouve l'air pur au niveau de la surface respirante (alvéolaire), mais un air contenant jusqu'à 8 pour 100 d'acide carbonique provenant des échanges gazeux antérieurs<sup>2</sup>; la partie toute supérieure du cône contient à peu près

fibres à la fois, ne se produit que dans la prononciation des syllabes nasales; c'est aussi la respiration simultanée par les deux orifices qui amène les vibrations du voile du palais produisant le *ronflement*.

<sup>1</sup> Il est vrai que, d'après les mensurations faites par Marc Sée, les calibres réunis des deux bronches sont égaux au calibre de la trachée, et que les calibres réunis des divisions bronchiques sont égaux au calibre de la bronche qui leur a donné naissance. Ce n'est donc qu'au niveau des ramifications terminales, vers les alvéoles pulmonaires, que le réservoir aérien s'élargit brusquement en base de cône, les premières voies (trachée et grosses bronches) représentant comme un long goulot qui prolonge le sommet de ce cône court. (Voy. Marc Sée : *Sur le calibre relatif de la trachée et des bronches*. Acad. de médecine, 23 avril 1878).

<sup>2</sup> Ce chiffre de 8 pour 100 peut paraître trop fort, et cependant il est certainement au-dessous de la vérité. Par l'expérience directe, Gréhant a trouvé le chiffre de 7,5 pour 100, mais il n'a pas analysé le gaz qui est en contact imme-

\* T, Trachée; — P, cavité du poumon; — E, E, surface respiratoire (épithélium pavimenteux des alvéoles).

l'air atmosphérique; dans les zones moyennes se trouve un air moins pur que celui-ci, moins altéré que le premier, car il contient seulement 4/100 d'acide carbonique<sup>4</sup>. Il s'en faut donc de beaucoup que la nappe sanguine respirante se trouve en contact avec l'air atmosphérique ordinaire.

Gréhant, remplaçant l'air atmosphérique par de l'hydrogène, a pu déterminer combien il fallait de mouvements respiratoires pour que le gaz fût mélangé d'une manière homogène avec le contenu antérieur du poumon. Ces expériences nous permettent de conclure qu'il faut au moins quatre ou cinq mouvements respiratoires successifs pour renouveler le contenu gazeux du cône pulmonaire. En faisant respirer à une même personne une quantité donnée d'hydrogène, et en analysant dans une série d'expériences le gaz de la première, puis de la deuxième, de la troisième expiration, etc., Gréhant a trouvé que ce n'était guère qu'après quatre inspirations et expirations exécutées dans la cloche pleine d'hydrogène que ce gaz est uniformément réparti dans le poumon. Ces expériences sont très rigoureuses, puisque le sang n'absorbe presque pas l'hydrogène (l'absorption est si faible qu'elle produit à peine une erreur de 1/28).

L'introduction de l'air dans le cône respiratoire et son expulsion se font par les mouvements de l'inspiration et de l'expiration.

A. **Inspiration.** — Le mouvement inspiratoire a pour action d'allonger le cône (fig. 115) en éloignant davantage la base du sommet, et d'augmenter ses autres dimensions en écartant les parois latérales et dépliant la surface de la base. Il en résulte une différence de pression entre l'air extérieur et celui du cône respi-

diat avec la surface respirante, puisque, comme nous le verrons plus tard, ce gaz ne peut être expiré, le poumon ne se vidant jamais complètement; il n'a analysé que les couches qui précèdent la couche en question, de sorte qu'il est permis de conclure que dans cette dernière la proportion d'acide carbonique doit atteindre et même dépasser 8 et 9 pour 100. Voici, du reste, l'expérience de Gréhant: On inspire 5 centimètres cubes d'hydrogène et l'on fait immédiatement l'expiration *en deux temps*; le second temps de l'expiration se fait dans un petit ballon en caoutchouc muni d'un robinet, dont l'air a été chassé complètement par la compression et par un petit volume d'hydrogène préalablement introduit dans le ballon. Ce volume de gaz recueilli dans ce ballon donne à l'analyse, et en remplaçant l'hydrogène par l'air, dont il tient expérimentalement la place: 7,5 pour 100 d'acide carbonique, 13,5 d'oxygène et 78,6 d'azote.

<sup>4</sup> Becher et Holmgren, pratiquant le tubage du poumon à l'aide d'une sonde, ont extrait l'air des bronches (zones moyennes du cône pulmonaire) et ont trouvé que cet air donne une proportion d'acide carbonique de 2,3 pour 100. (Voy. I. Straus, *Des travaux récents sur les gaz du sang et les échanges respiratoires*. Arch. génér. de médecine, 1873.)

ratoire, et aussi entre les différentes couches d'air de celui-ci, d'où un échange et un mélange plus intime des gaz intérieurs et extérieurs. Cette dilatation du cône pulmonaire se fait par l'intermédiaire de la *cage thoracique*, dont tous les diamètres augmentent, grâce à la contraction des muscles et au jeu des leviers osseux qui la constituent. En effet, la paroi thoracique se compose, sur les côtés et en avant, des côtes avec le sternum, et du diaphragme en bas.

*Cage thoracique et muscles inspirateurs.* — Les côtes sont des arcs osseux obliques de haut en bas, d'arrière en avant et de dedans en dehors, de sorte que, lorsqu'elles s'élèvent, en ayant pour point fixe leur extrémité postérieure (articulation costo-vertébrale), leur extrémité antérieure se porte en avant, et leur convexité externe se porte en dehors, d'où agrandissement des diamètres antéro-postérieur et transversal du thorax; la figure 116 fait mieux comprendre ce mécanisme qu'aucune explication. On voit notamment que le sternum doit s'éloigner de la colonne vertébrale; le sternum et la colonne vertébrale, réunis par les côtes, forment comme les deux montants d'une échelle à échelons obliques, et lorsque ces échelons se rapprochent de l'horizontale, les deux montants s'éloignent l'un de l'autre<sup>1</sup>; c'est un appareil semblable qui constitue le dilateur forcé de l'urètre employé par les chirurgiens. Enfin le plan incliné de dedans en dehors et de haut en bas que forme la côte se relève en tournant autour d'un axe oblique qui va du sternum à la colonne vertébrale, et qui représente la corde de l'arc formé par la côte; la convexité de celle-ci se porte donc en dehors, d'où dilatation transverse du thorax. Le profes-

<sup>1</sup> D'après les recherches de Chabry (*Contribution à l'étude du mouvement des côtes et du sternum. Journal de l'anatomie et de la physiologie*, juillet 1881), le mode de projection du sternum en avant pendant l'inspiration n'est pas aussi simple qu'on l'a cru généralement. Si l'on appelle *bascule négative* le mouvement dont le centre est situé au-dessous du sternum, et *bascule positive* celui où le centre du mouvement serait au-dessus du milieu du sternum, on reconnaît que dans l'inspiration ces deux mouvements se combinent, ou, pour mieux dire, se succèdent. Ainsi une inspiration forte commence toujours par une bascule négative, puis le sternum redevient peu à peu parallèle à sa direction primitive, et finit le mouvement par une bascule positive. C'est que l'élévation des côtes supérieures étant, dans une certaine mesure, indépendante de l'élévation des côtes inférieures, le mouvement inspiratoire sus-indiqué a commencé par les côtes supérieures; cette inspiration costo-supérieure s'est continuée par une inspiration costo-inférieure. En définitif, les mouvements des côtes et du sternum ne peuvent être reproduits exactement par un appareil articulé dans lequel les côtes seraient remplacées par des leviers rigides. Chez l'homme, l'extrémité inférieure du sternum se projette plus en avant que la supérieure dans le type respiratoire costo-inférieur; le contraire a lieu dans le type costo-supérieur (voir p. 405).

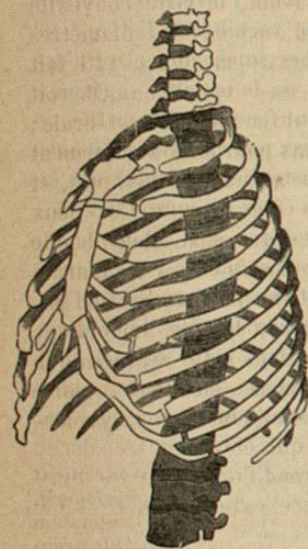


FIG. 116. — Cage thoracique\*.

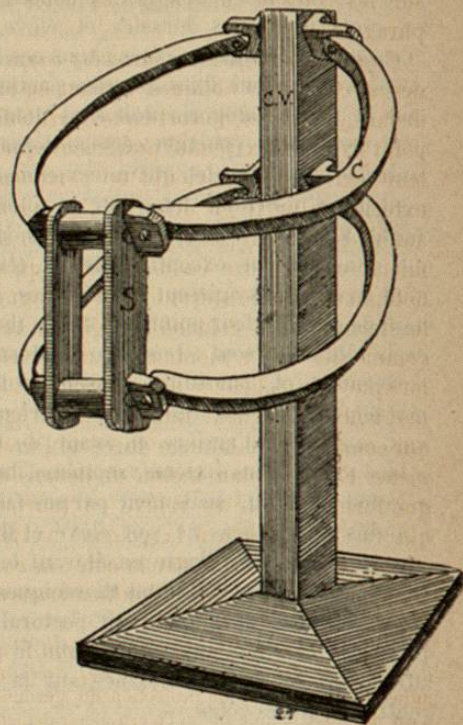


FIG. 117. — Modèle en bois destiné à démontrer les mouvements de soulèvement et de torsion des côtes lors de l'inspiration\*\*.

Les *muscles* qui impriment aux côtes ces mouvements sont bien connus; ce sont ceux des parois thoraciques, et la simple étude de la direction de leurs fibres suffit pour démontrer leur action. Ils n'agissent cependant pas toujours tous et peuvent, à ce point de vue, être divisés en deux groupes: ceux qui agissent dans l'inspiration ordinaire, calme; et ceux qui agissent dans l'inspiration

\* Colonne vertébrale avec les côtes qui y sont attachées (région dorsale) et qui viennent en avant s'unir au sternum (d'une manière directe pour les sept premières).

\*\* CV, Colonne vertébrale; — S, sternum; — C, Côtes.

seur Frédéricq (de Liège) a construit un ingénieux appareil (voir: *Manipulations de Physiologie, Guide des travaux pratiques de Physiologie*, Paris, 1892), avec lequel il est facile d'imiter les mouvements des côtes et du sternum et de se rendre compte de tous les détails de leurs mécanismes. La figure 117 représente cet appareil et suffit pour en faire comprendre l'intérêt démonstratif.

forcée. Les inspireurs ordinaires sont : les *surcostaux*, qui, descendant sous forme de triangle allongé, d'une apophyse transverse à la côte située au-dessous, sont éleveurs de cette côte; les *scalènes*, qui prennent de même leurs insertions fixes sur les apophyses transverses cervicales pour agir sur les deux premières côtes; le *petit dentelé postérieur et supérieur* qui prend son point fixe sur les apophyses épineuses de la dernière cervicale et des trois premières dorsales et élève les deuxième, troisième, quatrième et cinquième côtes; tous ces muscles, comme on le voit, ont pour insertions fixes diverses parties de la colonne vertébrale; dans la même catégorie doit sans doute être placé le muscle cervical descendant (portion cervico-dorsale du sacro-lombaire). Au contraire, les muscles qui interviennent dans l'inspiration forcée n'ont pas d'insertions fixes sur la colonne vertébrale. Ils vont du thorax à la tête ou à la racine du membre supérieur, et ce n'est que dans des cas exceptionnels, la tête ou le membre supérieur étant fixés, qu'ils agissent sur les côtes, leur fonction plus ordinaire étant de prendre leur point fixe sur le thorax pour mouvoir l'épaule ou la tête; tels sont : le sterno-cléido-mastoïdien, qui peut élever le sternum, et, par suite, l'ensemble des côtes; le grand dentelé, uniquement par ses digitations inférieures qui sont obliques de haut en bas et d'arrière en avant, du bord spinal de l'omoplate à la face externe des sixième, septième, huitième et neuvième côtes; le grand pectoral, seulement par ses faisceaux les plus inférieurs, à moins que le bras ne soit élevé et fixé dans cette attitude, qui permet au muscle d'agir en élevant le thorax en masse, puisqu'alors toutes ses insertions thoraciques sont plus basses que ses insertions humérales; le petit pectoral, qui élève les troisième, quatrième et cinquième côtes; enfin le grand dorsal, par les digitations qui prennent naissance sur la face externe des trois ou quatre dernières côtes.

Le jeu de tous ces muscles est, disons-nous, facile à déterminer d'après la seule inspection anatomique : mais il n'en est pas de même pour les *intercostaux* qui ont constitué de tout temps un sujet de vives discussions entre les physiologistes. On sait que ces muscles se divisent en *intercostaux internes* et *intercostaux externes*, qui se croisent en sautoir. Il n'est pas une manière de voir qui n'ait été émise sur le mode d'action de ces muscles, dans lesquels on a cru trouver des puissances uniquement inspiratrices ou expiratrices<sup>1</sup>. A nos yeux, les intercostaux ne jouent peut-être

<sup>1</sup> Beau et Maissiat (*Archives générales de médecine*, 1842-1843) ont dressé une liste curieuse des opinions émises sur les fonctions des intercostaux. Ces opinions sont au nombre de plus de dix, défendues chacune par de nombreux physiologistes, depuis Hamberger et Haller, jusqu'à Beau, Maissiat et Sibson;

aucun de ces deux rôles, ils servent surtout à compléter la paroi thoracique en remplissant les espaces intercostaux. Mais alors on peut se demander si du tissu fibreux n'aurait pas tout aussi bien rempli ce rôle. La présence du tissu musculaire nous est expliquée si nous nous rappelons bien les propriétés générales du muscle, qui est le tissu le plus élastique de l'économie; or, il fallait ici un tissu d'une élasticité exceptionnelle, puisque dans les mouvements du thorax les dimensions des espaces intercostaux changent sans cesse; il fallait un tissu qui se maintint toujours tendu entre les côtes, de manière à ne pouvoir être déprimé de dehors en dedans par la pression extérieure pendant l'inspiration, ou de dedans en dehors par la pression intrapulmonaire pendant l'expiration. Cette fonction est si importante que, pour l'accomplir, le tissu musculaire des intercostaux a besoin que son élasticité soit parfaitement entretenue par la nutrition; si, par exemple dans une *pleurite*, l'inflammation s'est étendue jusqu'à eux, ils sont alors impuissants à remplir la fonction assignée, et dans ces cas on trouve, à l'autopsie, des poumons cannelés en travers, parce qu'ils ont pu se mouler sur les espaces intercostaux devenus déprimables.

depuis cette époque (1843), de nouveaux physiologistes sont venus prendre part à cette discussion toujours indécise et toujours peu fructueuse. Nous pouvons résumer ces opinions en les classant, avec Sappey, en six groupes : 1° *Les intercostaux externes et internes sont les uns et les autres inspireurs* : Borelli, Senac, Boerhaave, Winslow, Haller, Cuvier, Duchenne (de Boulogne), Marcellin Duval. Ce dernier appuie son opinion sur des expériences pratiquées directement sur l'homme, sur des suppliciés, peu de temps après la mort, alors que les muscles sont encore excitables. Duchenne (de Boulogne) s'appuie surtout sur l'observation clinique de cas de paralysie, où, tous les muscles de la respiration étant paralysés, cette fonction continuait cependant à s'accomplir, ce qui ne pourrait être dû qu'à une inspiration active produite par les intercostaux. Dans tous les cas d'atrophie progressive rapportés par Duchenne, on peut remarquer qu'il n'est jamais fait mention des muscles surcostaux, au sujet desquels d'ailleurs le désaccord est aussi complet entre les physiologistes; Duchenne ne se prononce point à leur égard, et l'on peut supposer avec vraisemblance que la persistance de la respiration était due à la persistance d'action de ces muscles. 2° *Ils sont les uns et les autres expirateurs* : Vésale, Diemerbroek, Sabatier. C'est à cette manière de voir que se rattachent Beau et Maissiat : pour eux, les intercostaux entreraient surtout en jeu lors de l'expiration complexe (cris, toux), et alors on verrait dans les vivisections leurs fibres se redresser et se durcir, tandis que dans l'inspiration elles se dépriment en se portant vers le poumon; à cela ils joignent un argument tiré de la physiologie comparée : « On sait que la respiration des oiseaux diffère de celle des mammifères, en ce que l'expiration est primitive, active, et que l'inspiration n'est que le résultat passif de l'élasticité des côtes, qui se déploient après avoir été resserrées par l'action des muscles expirateurs. Par conséquent, les intercostaux, qui existent chez les oiseaux comme chez les mammifères, ne peuvent être affectés qu'à l'expiration. Or, peut-on supposer que les mêmes muscles, qui sont expirateurs chez les oiseaux, seraient inspireurs chez les mammifères ? » 3° *Les intercostaux externes sont expirateurs et les internes sont inspireurs* : Galien, Bartholin. 4° *Les intercostaux externes sont inspireurs et les internes expirateurs* : Spigel,

Enfin la nécessité de cette constante élasticité des espaces intercostaux nous explique la présence de deux couches musculaires, les intercostaux externes et les internes. En effet, un schéma bien simple de la direction des muscles (dit schéma de Hamberger<sup>1</sup>, fig. 118) nous montre que les

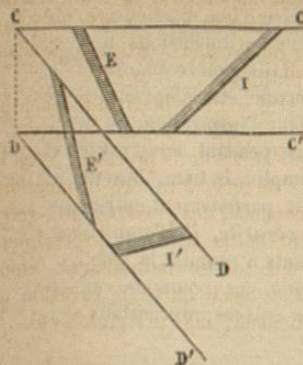


FIG. 118. — Schéma des muscles intercostaux\*.

points d'insertion des intercostaux externes s'éloignent quand les côtes s'abaissent (expiration), se rapprochent quand elles s'élèvent (inspiration), et que l'inverse a lieu pour les intercostaux internes. On en a d'ordinaire tiré des conclusions relatives à l'effet de leur contraction, considérant les externes comme éleveurs ou inspireurs, les internes comme abaisseurs ou expirateurs (Hamberger). Mais ce schéma est encore plus facile à interpréter dans notre manière de voir, si nous disons que l'élasticité des intercostaux externes est mise en jeu pendant l'expiration, et celle des internes pendant l'inspiration, et il fallait, en effet, ces deux jeux alternatifs d'élasticité dans la paroi,

puisqu'elle tend alternativement à se

Vesling, Hamberger. Cette opinion est surtout fondée sur l'étude du schéma de Hamberger (V. fig. 118 et son explication dans le texte). Elle a été un peu modifiée par Sibson : « Les intercostaux externes sont partout inspireurs, excepté à leur partie antérieure dans les cinq espaces intercostaux inférieurs; les intercostaux internes sont inspireurs à la partie antérieure des cinq premiers espaces, partout ailleurs expirateurs. » (Sibson, *On the mechanism of respiration*. — *Philosophical Transactions*, 1847). On voit à quelles minuties et à quelle confusion paraît conduire cette dernière opinion, qui cependant nous amène, avec Hermann, à une conception plus simple, si on la considère à un point de vue général : « Les externes sont donc des inspireurs aux parties osseuses des côtes, les internes aux parties cartilagineuses; mais, comme c'est là à peu près la principale action des deux directions de fibres, on peut compter les intercostaux en général parmi les muscles d'inspiration. » (Hermann.) 5° Les intercostaux externes et internes sont à la fois inspireurs et expirateurs : Mayow, Magendie. 6° Les deux intercostaux sont passifs dans les mouvements d'inspiration et d'expiration et font l'office d'une paroi immobile : Van Helmont, Arantius, Cruveilhier; ou bien ils se contractent, non pour produire des mouvements d'inspiration ou d'expiration, mais pour résister, pendant ces deux moments, soit à la pression de l'air extérieur, soit à la pression de l'air intérieur (Küss). (V. Aug. Jobelin, *Étude critique sur les muscles intercostaux*, thèse de Strasbourg, 1870, n° 287.)

<sup>1</sup> Hamberger (G.), Physicien et anatomiste allemand (1697-1755), professeur à l'Université d'Iéna.

\* Schéma dit de Hamberger.

C C, D C', Côtes élevées; — CD, D D', côtes abaissées; — I, I', intercostaux internes tendus dans l'élévation (I), relâchés dans l'abaissement (I'), des côtes; — E, E', inter-

déprimer en sens inverse, de dehors en dedans dans l'inspiration, de dedans en dehors dans l'expiration. Nous pouvons encore concevoir que, lors des violents efforts de respiration, ces muscles se contractent, mais alors ce n'est pas davantage pour mouvoir les côtes, mais toujours pour maintenir la paroi, que leur simple élasticité devenait impuissante à tenir tendue entre les arcs osseux. D'après le schéma de Hamberger, et à notre point de vue, nous avons donc contraction des intercostaux externes pendant l'inspiration, et des internes pendant l'expiration.

Les espaces intercostaux ne sont pas le seul point de la paroi thoracique où des éléments musculaires soient disposés de façon à lutter contre les changements de forme imprimés par les variations de la pression. Vers le sommet de la cage thoracique, à la racine du cou, lors des inspirations énergiques, il tend à se produire des dépressions, des *fosselles sus-sternale et sus-claviculaire*. Or, en ces points nous trouvons précisément des couches musculaires (peucier), ou des bandes musculaires (omohyoïdien) tendant des aponévroses, et luttant ainsi contre la pression de dehors en dedans, notamment dans le bâillement, dans le sanglot, etc.

Nous voyons donc, en résumé, que les diamètres transversal et antéro-postérieur de la poitrine sont augmentés par le jeu des arcs costaux, mis en mouvement par la contraction d'un grand nombre de muscles, les uns normalement en jeu, les autres constituant des puissances accessoires utilisées seulement dans des cas exceptionnellement énergiques; de plus, certains muscles servent uniquement à maintenir la forme des parois, tels sont surtout les intercostaux. Dans la respiration normale, leurs propriétés élastiques suffisent à remplir ce but; dans les *efforts respiratoires* seulement, ils ont à se contracter pour suffire à leur tâche.

*Diaphragme.* — L'agrandissement du diamètre vertical se produit par le jeu du *diaphragme*. Ce muscle constitue la base du cône thoracique, de sorte qu'en s'abaissant il modifie considérablement la capacité de ce cône. On peut comparer jusqu'à un certain point son action à celle d'un *piston* dans un *corps de pompe*. Mais il faut aussi tenir compte de ce que ce muscle a la forme d'une voûte, et que, par conséquent, on peut supposer qu'en se contractant, il redresse sa courbure, et qu'ainsi seulement il augmente le diamètre vertical de la cavité dont il forme la base, base qui serait convexe vers le haut pendant le repos du muscle, et presque plane pendant sa contraction. Il est cependant à remarquer que la courbure du diaphragme est moulée exactement sur celle des viscères abdominaux, et par exemple, à droite sur celle du foie; donc quand le muscle se contracte, il ne peut que faible-

costaux externes : tendus dans l'abaissement (E'), relâchés dans l'élévation (E) des côtes.

ment modifier cette convexité, cette courbure, qu'il déplace plutôt de haut en bas, en refoulant les viscères devant lui dans le même sens : aussi voyons-nous les parois abdominales se soulever d'une manière synchrone à chaque dilatation inspiratrice du thorax. Le diaphragme forme donc en somme un *piston de forme convexe* qui se meut dans le corps de pompe constitué par la cage thoracique ; mais en s'abaissant, il n'agit pas seulement sur le diamètre vertical du thorax. Rappelons-nous que sa périphérie s'insère sur les côtes, que celles-ci sont mobiles, et que, par suite, *en même temps que le centre voûté du diaphragme se porte en bas, sa périphérie doit sensiblement monter*. En d'autres termes, ce muscle, comme un grand nombre d'autres (comme, par exemple, les lombricaux de la main), n'a pas de points d'insertion réellement fixes, et ses fibres, en se contractant, prennent en même temps un point relativement fixe sur les côtes pour abaisser le centre phrénique et les viscères, et en même temps un point relativement fixe sur les viscères (centre phrénique) pour élever les côtes et le sternum.

Par cette action, le diaphragme porte donc les côtes en avant et en dehors, et il dilate en même temps le thorax dans ses diamètres antéro-postérieur et transversal. On peut donc dire qu'il agit à la fois sur les *trois diamètres* de la poitrine. Aussi faut-il attribuer au diaphragme la plus grande part dans les mouvements de l'inspiration, surtout chez les jeunes sujets et chez l'homme<sup>1</sup> ; les femmes, à partir de l'âge de puberté, font jusqu'à un certain point exception à cette règle, et chez elles le type respiratoire, au lieu d'être *abdominal* (diaphragmatique) ou *costo-inférieur*, se caractérise plutôt par une forme *costo-supérieure* ; sans doute, cette absence du jeu diaphragmatique est en rapport avec les fonctions génitales, vers l'époque de la gestation, le diaphragme ne pouvant sans inconvénient presser sur l'utérus gravide.

En résumé, dans l'inspiration, la dilatation thoracique a lieu dans tous les sens, et l'action du diaphragme est prédominante pour produire cet effet ; une inspiration complète, nécessitée par un effort à accomplir, utilisera toutes les puissances inspiratrices, et mettra en jeu toute la mobilité dont les côtes sont susceptibles ; le sternum aussi pourra être élevé par les muscles qui s'insèrent à

<sup>1</sup> Aussi la paralysie du diaphragme apporte-t-elle les plus grands troubles dans toutes les fonctions qui ont pour conditions le jeu complet de la cage thoracique. La phonation n'est pas perdue, mais la voix est très faible ; la toux, l'éternuement, provoquent une grande gêne dans la respiration. (Voir Duchenne (de Boulogne), *De l'électrisation localisée*, 3<sup>e</sup> édition, p. 908 Paris, 1873.)

son extrémité supérieure. Mais dans les circonstances ordinaires, dans la respiration tranquille, spontanée, on peut observer que sur le même individu certaines côtes jouissent d'une amplitude de mouvement remarquable, alors que d'autres se meuvent à peine, et que d'un sujet à l'autre, dans les mêmes conditions, ce ne sont point toujours les mêmes côtes qui sont affectées des mouvements les plus étendus ; dans certains cas aussi, toute la cage thoracique paraît presque immobile, et aucune côte ne semble se mouvoir. Cette observation a donné lieu à la création des trois types respiratoires (Beau et Maissiat) : type abdominal, type costo-inférieur, type costo-supérieur. La respiration est *abdominale* chez l'enfant de l'un et de l'autre sexe (V. plus haut) : elle est *costo-inférieure* chez l'homme ; elle est, chez la femme, le plus souvent, *costo-supérieure*. Mais il faut reconnaître que cette distinction ne peut être considérée comme absolue. Le diaphragme, même lorsqu'il agit seul, élève manifestement les côtes inférieures ; d'autre part, dans le type costo-supérieur, les côtes inférieures sont aussi élevées dans une certaine mesure, car le sternum ne saurait se mouvoir sans les entraîner dans son ascension (voir fig. 121).

*Du poumon dans l'inspiration.* — Que devient le poumon pendant ces mouvements du thorax ? Nous avons vu que le cône pulmonaire communique avec l'air extérieur. D'autre part, entre la surface externe du poumon et la face interne de la cavité thoracique, se trouve une cavité virtuelle, close, la cavité pleurale. Le poumon adhère donc, par suite de ce vide, à la cage thoracique, et doit en suivre chaque mouvement absolument comme un caillou, sur lequel on applique exactement un morceau de cuir mouillé, suit ce morceau de cuir quand on le soulève. Ce jouet, bien connu des enfants, nous représente le mécanisme par lequel le cône thoracique, activement amplifié, force le cône pulmonaire à suivre toutes ses variations de volume, à se dilater, en un mot. Tel est le mécanisme de l'inspiration. *Le poumon est entièrement passif* ; la cage thoracique se dilate activement, et le poumon est forcé de suivre.

Ce phénomène mécanique a pour effet l'introduction d'une certaine quantité d'air dans le poumon. En effet, le principe qui préside aux mouvements des gaz dans la respiration est le même qui préside à ceux des liquides dans la circulation. C'est le résultat de *l'inégalité des pressions*. Du moment que, par l'effet de l'amplification du cône pulmonaire ou thoracique (nous pouvons dès maintenant regarder les deux mots comme synonymes), les gaz sont raréfiés dans le réservoir pulmonaire, il devra se produire une irruption de l'air extérieur, puisque le poumon est en libre communication avec lui, et par suite un courant de dehors en dedans.



Nous avons déjà indiqué combien la forme du cône pulmonaire devait rendre différentes les vitesses de ce courant dans les différentes zones du réservoir respiratoire (V. p. 396).

**B. Expiration.** — Mais ce n'est là qu'une moitié de l'acte respiratoire. A l'introduction de l'air, à l'inspiration succède bientôt l'*expiration*, l'expulsion de l'air par un courant en sens inverse.

Ce dernier mouvement se produit par un mécanisme tout différent du précédent, et ne demande à l'état normal l'intervention d'aucune puissance musculaire. Pour s'en faire une juste idée, il faut avoir bien présentes à l'esprit la structure du parenchyme pulmonaire et les propriétés de son tissu. La coque des alvéoles se compose de tissu élastique; il y a du tissu musculaire (muscles lisses) dans les bronches et jusque dans leurs dernières ramifications<sup>1</sup>; il n'est pas probable que ces éléments musculaires s'étendent jusqu'aux parois alvéolaires; en tout cas, ce tissu musculaire ne donne que rarement lieu à des phénomènes de contraction. Les expérimentateurs ne sont pas d'accord sur ce point. Williams a fait sur le chien une expérience qui consiste à faire passer un courant électrique à travers un poumon dont la bronche est munie d'un appareil manométrique. Sous l'influence du courant, on pourrait alors observer des variations dans la colonne de mercure; il y aurait donc contraction des fibres musculaires lisses, soit du poumon proprement dit (alvéoles), soit des bronches. C'est en vain que nous avons essayé à plusieurs reprises de reproduire cette expérience, elle nous a toujours donné un résultat négatif<sup>2</sup>. Cependant

<sup>1</sup> On donne souvent à ces fibres musculaires le nom de *muscles de Reisseisen*; c'est qu'en effet elles ont été décrites pour la première fois par cet auteur. (Reisseisen, *De fabrica pulmonum*, Strasbourg, 1822.)

<sup>2</sup> Paul Bert (*Leçons sur la physiologie comparée de la respiration*, professées au Muséum d'histoire naturelle, Paris, 1870), ayant repris les expériences sur la contractilité du tissu pulmonaire, est arrivé aux résultats suivants: le tissu pulmonaire est contractile chez les mammifères et chez les reptiles; cette contractilité s'observe en galvanisant avec un courant induit, après avoir appliqué, autour de la trachée et à l'extrémité opposée des poumons, deux larges plaques métalliques qui servent de conducteurs. L'ascension manométrique que l'on observe alors n'est pas due à des contractions de l'œsophage (comme l'avait prétendu Rugenburg), puisqu'elle se produit même lorsque les poumons ont été extraits du thorax et qu'on a séparé le cœur et l'œsophage. Ces contractions sont, du reste, sous la dépendance du pneumogastrique.

Mais il est bien évident, d'autre part, que cette contractilité ne peut avoir un rôle physiologique important; si ces muscles (muscles de Reisseisen) fonctionnaient activement à chaque mouvement respiratoire, ils devraient se contracter plus de 20.000 fois en vingt-quatre heures, et cette rapidité serait tout à fait en désaccord avec ce qu'on connaît de positif sur la physiologie générale de la fibre lisse. Du reste, il est évident que la contraction du poumon ne saurait avoir un rôle actif pendant l'expiration en particulier; elle est

on a pu être tenté d'admettre la contraction des muscles pulmonaires chez l'homme, en ayant égard à certains états morbides, comme, par exemple, certaines formes d'asthme, ou certaine sorte de crampes pulmonaires, qui paraissent résulter soit d'une paralysie, soit d'un spasme de ces muscles (des alvéoles et des petites bronches). En tout cas, la contraction des éléments musculaires ne paraît pas jouer un rôle bien important dans la mécanique normale de la respiration. Ce n'est pas à dire que ce tissu musculaire n'ait pour cela aucune utilité. N'oublions pas que l'*élasticité* du muscle constitue pour ce tissu une propriété aussi importante que la contractilité et aussi utilisée dans l'économie; nous avons déjà vu, du reste, que les muscles intercostaux, par exemple, étaient des agents plus utiles par leur élasticité que par leur contraction. Donc, à nos yeux, le tissu musculaire qui peut entrer dans la structure du poumon représente un élément élastique qu'il faut physiologiquement rapprocher du tissu élastique proprement dit. Sa contraction est peut-être un phénomène pathologique, et n'a pas normalement de rôle appréciable.

Si le poumon est un tissu éminemment élastique, il doit avoir une forme naturelle à laquelle il tend sans cesse à revenir. C'est ce que nous allons voir, et nous allons constater que cette forme n'est jamais complètement réalisée pendant la vie. Si l'on ouvre la cage thoracique d'un animal mort, le poumon se présente sous la forme d'une masse spongieuse assez fortement rétractée vers la colonne vertébrale, mais ce n'est pas encore là la forme naturelle du poumon. Sur le cadavre, le tissu musculaire a perdu son élasticité; il n'y a plus que le tissu élastique qui existe physiologiquement. Ouvrons, en effet, la cage thoracique d'un lapin vivant. Aussitôt le poumon fuit et se rétracte vers la colonne vertébrale à un degré bien plus considérable que nous ne l'avions constaté antérieurement sur le cadavre; il s'est réduit à une petite masse ne contenant plus ou presque plus ni air ni sang; c'est un parenchyme compact, hépatisé, pourrait-on dire. Qu'un épanchement abondant, occupant l'une des cavités pleurales, permette au poumon correspondant de revenir sur lui-même, et on le verra de même se rétracter comme dans l'expérience précédente.

La *forme naturelle* du poumon est donc celle d'une éponge,

pour cela bien trop faible. Peut-être préside-t-elle à quelque espèce de mouvement péristaltique des bronches, utile pour brasser l'air? (Paul Bert.) On peut enfin affirmer qu'elle n'est pas indispensable à l'intégrité du parenchyme pulmonaire et des fonctions respiratoires, car les sections nerveuses qui la font disparaître (section du pneumogastrique) n'amènent aucun trouble sous ce rapport dans le poumon (P. Bert).

d'une vessie à cloisons multiples, étroitement rétractée contre la colonne vertébrale; mais dès la première inspiration du fœtus à la naissance, *cette forme est violente*. Le thorax se dilate, et, vu le vide pleural, force, comme nous l'avons vu plus haut, le poumon à se développer en une cavité que notre schéma nous a représentée comme un cône. Dès lors, vu la rigidité des côtes, le poumon ne peut plus jamais (à moins de perforation ou d'épanchement dans les plèvres) réaliser sa forme naturelle, mais il tend toujours à le faire.

L'inspiration, telle que nous l'avons étudiée, peut être considérée comme *une nouvelle violence* faite au poumon, l'éloignant de plus en plus de sa forme naturelle<sup>1</sup>.

Dès lors, il nous sera très facile de comprendre le *mécanisme de l'expiration*. Dès que les contractions des muscles inspireurs s'arrêtent, *l'élasticité pulmonaire*, jusque-là violente, tend à reprendre ses droits; le poumon revient sur lui-même, et, vu le vide pleural, entraîne avec lui la paroi thoracique. Il semble donc que le poumon est actif, inversement à ce qui se passe dans l'inspiration, et que la paroi thoracique est passive; mais on voit qu'en réalité les deux organes sont passifs. Il en est de même pour le diaphragme, que l'on peut, dans ce cas, voir remonter comme automatiquement, en observant sa face inférieure, par l'abdomen ouvert et vidé; c'est que le poumon tend à remonter très haut et entraîne puissamment le diaphragme, grâce au vide pleural, vide qui est tel qu'ici le diaphragme doit suivre le poumon, comme le poumon suivait tantôt le diaphragme. Aussi sur le cadavre trouve-t-on le diaphragme très bombé vers le haut et très tendu; les anatomistes savent combien cette disposition est favorable à la dissection de ce muscle, mais ils savent aussi que le moindre coup de scalpel qui le traverse et qui permet à l'air de se précipiter entre les deux feuillets de la plèvre produit immédiatement l'affaissement du muscle, qui tombe flasque, ridé et flottant, et dont il est alors impossible de faire une belle dissection.

Ainsi, à l'état normal, l'inspiration et l'expiration diffèrent complètement de mécanisme; la première est *active* et due à des contractions musculaires; la seconde, *passive*, et due à des phénomènes d'élasticité de la part des organes violents par l'inspiration; car il n'y a pas rien que l'élasticité du poumon qui produise cette réaction, il faut encore tenir compte de celle des parois de la cage thoracique, parois qui ont été également violentées, comme, par

<sup>1</sup> V. L. Oger, *Considérations physiologiques sur la forme naturelle de certains organes*, thèse de Strasbourg, 1870, n° 283.

exemple, les cartilages costaux, qui ont subi un mouvement de torsion assez notable selon leur axe pendant l'inspiration. Enfin les viscères et les parois abdominales, déplacés pendant l'inspiration, tendent à reprendre leurs dispositions normales, et notamment l'estomac et l'intestin, qui renferment des gaz élastiques, repoussent ainsi le diaphragme vers le haut.

L'expiration peut cependant devenir active dans des cas particuliers. De même que nous avons vu une *inspiration ordinaire* et une *inspiration forcée*, nous trouvons aussi une *expiration ordinaire* et une *expiration forcée*. C'est dans cette dernière seulement que le phénomène devient actif et que l'on voit intervenir des puissances musculaires, telles que les muscles de l'abdomen, le petit dentelé inférieur, et en général tous les muscles capables d'abaisser les côtes. Cette *expiration active* se produit surtout dans la toux: alors les parois thoraciques ne se contentent plus de suivre le mouvement de retrait du poumon, elles le compriment pour augmenter la vitesse et l'énergie du courant d'air expiré. (Contraction des muscles abaisseurs des côtes: grand oblique et petit oblique de l'abdomen; les muscles de l'abdomen abaissent les côtes et en même temps compriment les viscères abdominaux, c'est-à-dire agissent par leur intermédiaire sur le diaphragme qu'ils repoussent de bas en haut.)

Nous ne saurions trop insister sur le rôle tout particulier que joue la cavité pleurale, qui, tout en permettant aux poumons de glisser et de se déplacer le long de la face interne de la paroi thoracique, lie ces deux surfaces solidement l'une à l'autre, de sorte qu'il ne peut y avoir dilatation du thorax, sans qu'il s'ensuive dilatation du poumon, ni rétrécissement de celui-ci sans rétrécissement de celui-là. Les feuillets pleuraux, qui tapissent les deux organes en contact, agissent par adhésion, par le vide, en un mot par une espèce de succion à la manière des ventouses.

La figure ci-jointe (fig. 119), d'après Funke, fait comprendre les conditions mécaniques dans lesquelles le poumon est placé relativement à la cavité thoracique. La cloche 1 (fig. 119) représente la cage thoracique; la membrane de caoutchouc 4, le diaphragme; la membrane 6, les parties molles d'un espace intercostal; le tube 2, figurant la trachée, traverse le bouchon du goulot de la cloche et se bifurque pour aboutir aux deux vessies minces qui représentent les poumons; un manomètre, 3, donne la mesure de la pression dans l'intérieur de la cloche. Si on tire en bas le bouton 5, on augmente la cavité de la cloche (dilatation du thorax en inspiration), on diminue la pression dans son intérieur, et on voit les deux vessies se dilater (fig. A); si l'on parvient à faire le vide absolu dans la