

## SEPTIÈME PARTIE

### MUQUEUSE PULMONAIRE. — RESPIRATION. 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 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

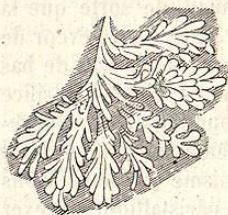


FIG. 77. — Ramification du bourgeon pulmonaire chez le fœtus de brebis, long de un pouce et demi. (Muller).

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*, d'abord plein, se creuse et se bifurque successivement à mesure qu'il se

développe (fig. 77); 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-de-sac

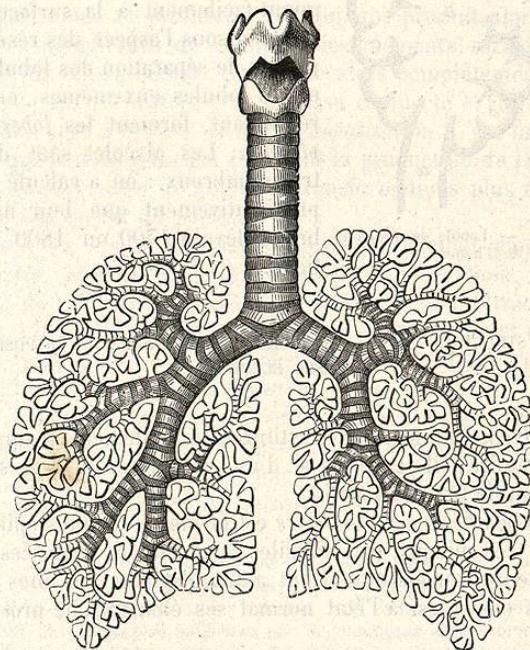


FIG. 78. — Larynx de l'homme, trachée, bronches et poumons, avec la ramification des bronches et la division des poumons en lobules. (Dalton, *Physiologie et Hygiène*.)

seraient représentés par les *alvéoles* (fig. 78), et les canaux excréteurs par les *bronches*. Ces culs-de-sac peuvent être assimilés à un organe conique, piriforme, mais bosselé et dont le sommet se continue avec une ramification bronchique: cette *ampoule* (fig. 79), qui a environ  $\frac{1}{8}$  de <sup>mm</sup>, 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. 79 *c, c*). Les alvéoles s'accrochent les uns aux autres pour former des *lobules*, qui se distinguent facilement à la surface du poumon sous l'aspect des 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.

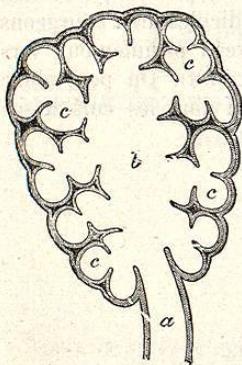


Fig. 79. — Lobule du poumon de l'homme \*.

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 (1). Aussi à l'état normal ses éléments ne présen-

(1) Voy. 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 ammoniacale, et enfin iode). Or l'épithélium pulmonaire est l'un des plus délicats; il demande à être étudié par les

\* *a*, terminaison du tube bronchique; *b*, cavité du lobule; — *c c c c*, vésicules aériennes. (Dalton, *Physiologie et Hygiène*.) Cette ampoule représente exactement la totalité d'un poumon de batracien.

tent-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 les 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 compacte 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 infiltrées 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

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; 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. 80). 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

réseaux très-serrés dont les mailles figurent des fentes extrêmement étroites; parfois les fibres élastiques se montrent plus écartées, et, par dissociation, on peut 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

de l'épithélium pulmonaire ont été renversés par des recherches plus exactes. La loche d'étang (*cobitis fossilis*) est un poisson bizarre qui

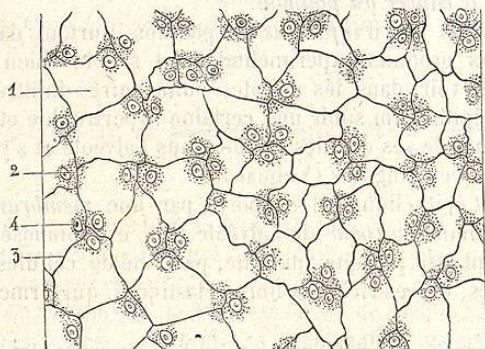


FIG. 80. — Épithélium pulmonaire \*.

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 les cellules diverses sont entremêlées sans aucun ordre, tantôt groupées de façon à ce que plusieurs petites cellules sont entourées de cellules plus grandes.

\* 1, vaisseaux capillaires. — 2, interstices 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, contours des cellules épithéliales. — 4, noyaux des cellules, placés ordinairement dans une maille.

une structure reconnaissable et caractéristique à l'examen microscopique. — Chez quelques animaux, des fibres musculaires lisses prennent évidemment part à sa structure : il est difficile de décider, par l'examen anatomique, s'il en est de même pour l'homme (1). 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'alvéole pulmonaire, l'étendue occupée par les capillaires équivaut aux  $\frac{3}{4}$ , et les intervalles qu'ils laissent entre eux seulement à  $\frac{1}{4}$  de la surface. Or la surface totale de l'ensemble des alvéoles équivalant à 200 mètres carrés, il en 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 2 litres. — On a de plus calculé qu'en 24 heures il y passe au moins 20000 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,

(1) « 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 9<sup>m</sup>,22 à 0<sup>m</sup>,18, 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-Borne, Hirschmann et Chrzostszewsky.

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 infinité 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 de respirer par ce dernier orifice quand on se trouve dans un milieu très-froid et très-sec.

## 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, par le même raisonnement que pour les vaisseaux, que l'ensemble des canaux aérifères, 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. 81).

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 0/0 d'acide carbonique provenant des échanges gazeux antérieurs (1) ; la partie

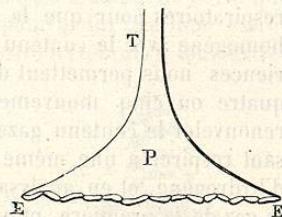


Fig. 81. — Schéma du cône pulmonaire\*.

supérieure du cône contient à peu près l'air atmosphérique : dans les zones moyennes se trouve un air moins pur que celui-ci, mais moins altéré que le premier, car il contient seulement 4/100 d'acide carbonique (2). Il

(1) Ce chiffre 8 pour 100 peut paraître trop fort, et cependant il est certainement au-dessous de la vérité. Par l'expérience directe Gréhan a trouvé le chiffre 7,5 pour 100, mais il n'a pas analysé le gaz qui est en contact immédiat 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 Gréhan : on inspire 5 cent. 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 de 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. Le 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.

(2) 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 en effet que cet air donne une proportion

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