

Traction que
le poumon
exerce sur les
parois
thoraciques.

que par la compression des parois du soufflet. Le poumon est dans une condition bien différente : il tend continuellement à revenir sur lui-même, à occuper un espace moindre que la capacité de la cavité qu'il remplit; il exerce donc une traction sur tous les points des parois thoraciques. Cette traction a peu d'effet sur les côtes qui ne peuvent céder, mais elle a une grande influence sur le diaphragme : par elle ce muscle est toujours tendu et tiré en haut de manière à prendre la forme de voûte; quand le muscle s'abaisse en se contractant, il est obligé d'entraîner les poumons vers la base de la poitrine; ces organes se trouvent aussi de plus en plus distendus, et, en vertu de leur élasticité, ils tendent avec d'autant plus d'énergie à revenir sur eux-mêmes et à ramener le diaphragme en haut. Le diaphragme serait en effet brusquement rétabli dans la forme voûtée dès qu'il cesse de se contracter, n'était un mouvement particulier de la glotte, dont nous parlerons plus bas, et qui oppose quelques difficultés à la sortie de l'air de la poitrine. L'ascension du diaphragme, dans l'expiration, est en outre favorisée par l'élasticité, ou même la contraction des muscles de l'abdomen, qui ont été distendus par le refoulement des viscères au moment de la contraction du diaphragme.

Expériences
sur le jeu du
diaphragme.

Pour juger de cette action réciproque du diaphragme et du poumon, il faut, sur un jeune animal, mettre à découvert les muscles inter-cos-

taux d'un des côtés de la poitrine, et alors on voit à travers ces muscles le poumon et le diaphragme monter et descendre de concert, et sans qu'il existe aucun intervalle entre ces deux organes; on voit aussi que le poumon est toujours appliqué contre les parois du thorax, et qu'il glisse sur ces parois dans ses divers mouvements. Il est encore facile de remarquer que, durant l'expiration, une assez grande étendue de la face supérieure du diaphragme s'applique contre les parois du thorax, et occupe l'espace que le poumon remplissait pendant l'inspiration.

Expérience
sur le jeu du
diaphragme.

Ici se présente une question importante : nous voyons bien que le diaphragme, en s'abaissant, tire en bas le poumon, mais il le tire encore après l'expiration; car si, à cet instant, les parois du thorax sont ouvertes, et que l'air extérieur ait accès direct sur le poumon, celui-ci s'affaisse beaucoup. Le diaphragme s'opposait donc à cet affaissement avant l'ouverture; en effet, le relâchement du diaphragme n'est jamais complet durant la vie, et je le prouve par l'expérience que voici : rendez visibles les mouvements du poumon sur un jeune lapin; remarquez le point où s'arrête l'ascension du diaphragme dans les expirations les plus complètes; dans l'instant d'une expiration de ce genre, coupez la moelle épinière au cou; au moment de la section, vous verrez le diaphragme remonter d'un ou même de deux intervalles inter-costaux. Il y

végétales et animales, et du plus grand nombre des corps connus, nécessaire à la combustion et à la respiration.

2^o L'azote : gaz un peu plus léger que l'air, élément de l'ammoniaque et des substances animales ; éteignant les corps en combustion.

Les proportions d'oxygène et d'azote qui entrent dans la composition de l'air se déterminent à l'aide d'instruments, qu'on nomme *eudiomètres*. Dans ces instruments, on produit la combinaison de l'oxygène avec quelque corps combustible, tel que l'hydrogène ou le phosphore, et le résultat de cette combinaison fait connaître la quantité d'oxygène que l'air renfermait. On a trouvé ainsi, que 100 parties d'air, en poids, contenaient 21 parties d'oxygène et 79 d'azote. Ces proportions sont les mêmes dans tous les lieux et à toutes les hauteurs, et n'ont point changé sensiblement depuis environ quinze ans, que la chimie est parvenue à les établir d'une manière positive.

L'air contient, outre l'oxygène et l'azote, de la vapeur d'eau en quantité variable, comme nous l'avons déjà dit, et une *très-petite* quantité d'acide carbonique, dont la proportion varie suivant diverses circonstances.

Presque tous les corps combustibles décomposent l'air à une température particulière pour chacun d'eux. Dans cette décomposition ils se combinent avec l'oxygène, et laissent l'azote libre.

Inspiration et expiration.

Les poumons sont toujours remplis par l'air, mais ce fluide s'y altère promptement par l'acte même de la respiration ; il est donc nécessaire qu'il s'y renouvelle à des époques assez rapprochées. Ce renouvellement s'effectue par les deux phénomènes de l'inspiration et de l'expiration : dans le premier l'air arrive dans les poumons, les distend, et pénètre jusqu'aux cellules aériennes ; durant le second, une partie de l'air contenu dans le poumon est chassé au dehors.

Dans ces deux actes physiques la pression atmosphérique et la contraction musculaire jouent les principaux rôles.

Si nous examinons la poitrine après une expiration ordinaire, nous voyons que l'air qui presse sur la face extérieure de cette cavité fait exactement équilibre à celui qui presse sur la surface intérieure du poumon. La pression de ce dernier s'exerce par l'intermédiaire de la colonne qui se trouve dans la cavité de la bouche ou du nez, du pharynx, du larynx, de la trachée et des bronches. Le moindre effort des puissances qui dilatent le thorax, ou de celles qui le resserrent, suffit pour faire pénétrer l'air dans le poumon ou pour l'en faire sortir. Il est donc bien facile de comprendre le mécanisme de l'inspiration : dès que les mus-

Entrée de
l'air dans les
poumons.

cles dilateurs du thorax agissent, aussitôt l'air extérieur se précipite dans la glotte, la trachée et les poumons, va remplir les vésicules pulmonaires, où le vide tendait à se produire par le fait de l'agrandissement du thorax.

Avantages de l'élasticité des parois des conduits aériens.

Nous pouvons ici nous rendre raison de la dureté et de l'élasticité des parois du canal que l'air parcourt pour arriver jusqu'au poumon : supposons pour un moment que la trachée ou le larynx eussent eu des parois membraneuses au lieu des cartilages qui les forment, alors dans le moment de la dilatation du thorax, l'air, qui presse également sur tous les points à la surface du corps, aurait affaissé les conduits aériens au cou, et l'air n'aurait pu pénétrer dans la poitrine. Rien de cela ne peut arriver dans la réalité ; les anneaux de la trachée, les parois du larynx, celles du nez et de la bouche, résistent à la pression de l'air, qui n'agit que sur la face intérieure de ces canaux.

Il existe un tel rapport entre la pression de l'atmosphère et les cartilages des conduits aériens, que là où la pression ne peut s'exercer, les cartilages ne se rencontrent plus, comme on le voit à la face postérieure de la trachée, et dans les petites divisions bronchiques.

Si l'on se rappelle la disposition des lobules pulmonaires, l'extensibilité de leur tissu, leur communication avec l'air extérieur par le moyen des bronches, de la trachée-artère et du larynx, on

concevra aisément que, chaque fois que la poitrine se dilate, l'air se précipite aussitôt dans le tissu pulmonaire, en quantité proportionnée au degré de dilatation. Quand la poitrine se resserre, une partie de l'air qu'elle contient est expulsée et ressort par la glotte.

Pour arriver à la glotte dans l'inspiration ou pour se porter au dehors dans l'expiration, l'air traverse tantôt les fosses nasales, et tantôt la bouche : la position que prend le voile du palais dans ces deux cas mérite d'être connue. Quand l'air traverse les fosses nasales et le pharynx pour entrer dans le larynx ou pour en sortir, le voile du palais est vertical et appliqué par sa face antérieure sur la partie postérieure de la base de la langue, de manière que la bouche n'a aucune communication avec le pharynx. Lorsque l'air traverse la bouche dans l'inspiration ou l'expiration, le voile du palais est horizontal, son bord postérieur est embrassé par la face concave du pharynx, et toute communication est interdite entre la partie inférieure du pharynx et la partie supérieure de ce canal, ainsi qu'avec les fosses nasales. De là la nécessité de faire respirer les malades par la bouche, si l'on veut faire l'inspection des tonsilles et du pharynx.

Position du voile du palais dans l'inspiration et l'expiration.

Ces deux voies, par lesquelles l'air peut arriver à la glotte, ont l'avantage de pouvoir se suppléer mutuellement : quand la bouche est remplie d'ali-

ments, la respiration se fait par le nez ; elle se fait par la bouche quand les fosses nasales sont obstruées par du mucus, un léger gonflement de la pituitaire ou toute autre cause.

Mouvements
de la
glotte dans la
respiration.

La glotte est loin d'être inactive dans les mouvements d'expiration et d'inspiration, elle s'ouvre et se ferme alternativement. Sa dilatation, qui coïncide avec l'inspiration, favorise l'entrée de l'air dans les organes respiratoires ; le mouvement par lequel elle se ferme arrive dès que l'expiration commence, de sorte qu'elle met toujours un certain obstacle à la sortie de l'air des poumons, et que ses bords sont toujours plus ou moins agités par la colonne expirée. Nous pouvons même, en la fermant complètement, empêcher toute issue de l'air, quels que soient les efforts des puissances expiratrices. Dans ce cas les petits muscles contracteurs de la glotte luttent seuls avec avantage contre les immenses puissances qui servent à l'expiration (1).

(1) Il y a des maladies qui semblent principalement consister dans le défaut de dilatation de la glotte durant l'inspiration ; il en résulte une gêne extrême dans la respiration, et des efforts inouis pour attirer l'air dans les poumons. J'en ai eu la preuve dans un enfant sur lequel j'ai fait l'opération de la laryngotomie. Je croyais que la suffocation qu'il éprouvait tenait à une fausse membrane qui bouchait la glotte : l'opération faite, l'air arriva au poumon par la plaie, et la suffocation cessa aussitôt ; ce qui prouve que l'obstacle était

Il paraît que le nombre d'inspirations faites dans un temps donné diffère beaucoup d'un homme à un autre. Hales les croit de 20 dans l'espace d'une minute. Un homme sur lequel Menziès fit des expériences ne respirait que 14 fois dans une minute. M. H. Davy nous apprend que dans le même temps il respire 26 à 27 fois ; M. Thomson dit qu'il respire ordinairement 19 fois ; je ne respire que 15 fois. En prenant 20 fois pour moyenne dans une minute, on aurait 28,800 inspirations dans 24 heures. Mais il est probable que ce nombre varie beaucoup suivant une foule de circonstances, telles que l'état de sommeil, le mouvement, la distension de l'estomac par les aliments, la capacité de la poitrine, les affections morales, etc.

Nombre
d'inspirations
dans
24 heures.

Quelle quantité d'air entre dans la poitrine à chaque inspiration ? quelle quantité en sort à chaque expiration ? et combien y en séjourne-t-il habituellement ?

D'après le docteur Menziès, la quantité moyenne d'air qui entre dans les poumons, à chaque inspiration, est de 655 centièmes cubes. Goodwin

Volume
d'air inspiré :

bien à la glotte, cependant celle-ci était parfaitement libre. J'essayai de fermer la plaie et de faire respirer l'enfant par le larynx, la suffocation reprit aussitôt, et je fus obligé de faire tenir les bords de l'incision ouverts pendant vingt-quatre heures par un aide.

a donc durant la vie, dans le moment où le diaphragme semble relâché autant que possible, une certaine force qui ne lui permet pas de céder à la tendance qu'ont les poumons de revenir sur eux-mêmes, et cette force paraît soumise à l'influence nerveuse.

Antagonisme
du poumon
et du
diaphragme
après la mort.

Mais la question n'est qu'en partie résolue : après la mort même, l'antagonisme du diaphragme et du poumon est loin d'être détruit ; le diaphragme est voûté, le poumon est distendu, et la preuve est à la portée de chacun : une ouverture faite aux parois thoraciques a pour effet d'affaisser les poumons, et de les confiner (quand ils sont sains) sur les côtés de la colonne vertébrale, et de rendre le diaphragme flasque et flottant, dès qu'il n'est plus soutenu par les viscères abdominaux. Voilà ce qui existe chez l'individu qui a respiré, voilà ce qui n'existe pas chez le fœtus qui n'a point exécuté la respiration. Comment le double effort du diaphragme sur le poumon et du poumon sur le diaphragme s'est-il établi ? J'avoue que je l'ignore. Ce serait un sujet de recherches curieuses.

De l'air.

Propriétés
physiques de
l'air.

De toutes parts, et jusqu'à quinze ou vingt lieues de hauteur, la terre est environnée d'un fluide rare et transparent que l'on nomme *air*, et dont la masse totale forme l'*atmosphère*.

L'air est un *fluide élastique*, c'est-à-dire qui par lui-même a la propriété d'exercer une pression sur les corps qu'il entoure et sur les parois des vases qui le contiennent. Cette propriété suppose dans les particules dont l'air se compose une tendance continuelle à se repousser les unes les autres.

Propriétés
physiques de
l'air.

Une autre propriété de l'air est la *compressibilité*, c'est-à-dire que son volume change avec la pression qu'il supporte. L'expérience apprend qu'une même masse d'air, soumise successivement à des pressions différentes, occupe des espaces ou des volumes qui sont en raison inverse des pressions ; en sorte que la pression devenant double, triple, quadruple, ce volume se réduit à la moitié, au tiers, au quart.

Dans l'atmosphère, la pression que supporte une masse quelconque d'air provient du poids des couches qui sont au dessus d'elle ; le poids diminuant à mesure qu'on s'élève, l'air doit être de plus en plus dilaté, ou, en d'autres termes, sa densité doit diminuer à mesure que l'élévation augmente. A la surface de la terre, la pression de l'air est le résultat du poids total de l'atmosphère. Cette pression est capable de soutenir une colonne de mercure de 28 pouces ou 76 centimètres de hauteur : l'instrument employé pour fournir cette mesure se nomme *baromètre*.

Différentes circonstances physiques font légèrement varier la pression atmosphérique ; elle est,

Propriétés
physiques de
l'air.

par exemple, moins forte sur le sommet des montagnes que dans les vallées; plus forte quand l'air est sec que quand il est chargé d'humidité. Ces variations sont exactement appréciées au moyen du baromètre.

Comme tous les autres corps, l'air se dilate par la chaleur, son volume augmente de $1/266$ pour un échauffement d'un degré de thermomètre centigrade.

L'air est pesant; c'est ce dont on s'est assuré en pesant d'abord un ballon plein d'air, et en pesant ensuite le même ballon dans lequel on a fait le vide au moyen de la machine pneumatique. On a trouvé ainsi qu'à la température 0, et lorsque le baromètre est élevé de 76 centimètres, un litre d'air, c'est-à-dire un décimètre cube d'air, pèse 1 gramme et $3/10$; un même volume d'eau pèserait un kilogramme. L'eau est donc 770 fois plus pesante que l'air.

L'air est plus ou moins chargé d'humidité. Cette humidité provient de l'évaporation continuelle des eaux qui recouvrent la surface de la terre. En effet, l'expérience nous prouve qu'à toutes les températures l'eau forme des vapeurs d'autant plus abondantes que la température est plus élevée. De plus, pour chaque température, l'air ne peut contenir qu'une certaine quantité de vapeur. Lorsqu'il en est saturé, l'humidité est extrême; plus il approche de l'être, plus l'humidité est grande.

Propriétés
physiques de
l'air.

C'est là ce qu'indiquent les hygromètres. Enfin, quand, par l'effet d'un refroidissement ou de toute autre cause, l'air se trouve contenir plus de vapeur qu'il n'en peut renfermer à la température où il se trouve, l'excédant de cette vapeur se rassemble d'abord sous la forme de brouillards et de nuages, et se précipite ensuite à l'état de pluie, de neige, etc.

La vapeur d'eau étant plus légère que l'air, et l'obligeant d'ailleurs à se dilater quand elle se mêle à lui, il en résulte que l'air humide est plus léger que l'air sec.

Malgré sa rareté et sa transparence, l'air réfracte, intercepte et réfléchit la lumière. En petite masse, il nous renvoie trop peu de rayons pour que sa couleur produise sur nos yeux une impression sensible; en grande masse, cette couleur est d'un bleu très-visible. Aussi l'interposition de l'air colore-t-elle d'une teinte bleuâtre les objets éloignés.

L'air joue un grand rôle dans les phénomènes chimiques; regardé long-temps comme un élément, sa composition, soupçonnée par Jean Rey dans le dix-septième siècle, fut clairement établie par Lavoisier.

L'air est composé de deux gaz très-différents par leurs propriétés.

1° L'oxygène : gaz un peu plus pesant que l'air dans le rapport de 11 à 10, se combinant avec tous les corps simples; élément de l'eau, des matières

Composition
chimique
de l'air.