

le quotient respiratoire s'abaisse; après une nourriture exclusivement animale, il descend jusqu'à 0,62. Pour comprendre ces faits, il faut admettre que l'oxygène qui ne reparait pas dans la respiration sous forme de CO^2 est employé à brûler d'autres corps, en particulier l'hydrogène pour former de l'eau; ainsi le quotient respiratoire s'abaisse ou s'élève suivant la plus ou moins grande quantité d'oxygène qui sert à la combustion de l'hydrogène. Or, les hydrates de carbone contiennent par eux-mêmes assez d'oxygène pour brûler tout leur hydrogène, comme le montre leur formule (féculé = $\text{C}^6 \text{H}^{10} \text{O}^5$); il en résulte que lorsqu'ils brûlent à l'air libre, tout l'oxygène qu'ils consomment est employé à oxyder leur carbone et reparait sous forme de CO^2 . Leur quotient de combustion, comme on peut l'appeler, est égal à 1. (L'acide carbonique renfermant, on le sait, son propre volume d'oxygène.) Il en est de même dans l'organisme, et voilà pourquoi $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ tend vers l'unité après l'ingestion d'hydrates de carbone. Au contraire, les graisses ne contiennent que peu d'oxygène à côté d'une quantité énorme d'hydrogène (par exemple : oléine = $\text{C}^{57} \text{H}^{104} \text{O}^2$); pour les brûler il faudra donc une quantité d'oxygène bien supérieure à celle qui est nécessaire pour l'oxydation de leur carbone; aussi leur quotient de combustion (ou de respiration) s'abaisse-t-il notablement au-dessous de l'unité : $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,33$.

§ 2. — RÔLE DU SANG ET DES TISSUS DANS LES ÉCHANGES GAZEUX

Dans le poumon le sang se charge d'oxygène et se débarrasse de son acide carbonique. Un phénomène inverse se passe au niveau des capillaires généraux; le sang cède aux tissus son oxygène et se charge de CO^2 .

1° Rôle du sang. — Le sang est l'intermédiaire entre l'air extérieur et les éléments anatomiques. Son rôle ne put être bien compris que lorsque MAGNUS en 1838 en eut extrait les gaz qu'il renferme. Étudions d'abord les gaz du sang; nous analyserons

ensuite le mécanisme par lequel se font les échanges gazeux entre l'air et le sang dans le poumon.

A. GAZ DU SANG. — On extrait les gaz du sang par le vide barométrique, au moyen de la pompe à mercure. A l'aide de cet appareil, pour la description duquel je renvoie aux traités de physique, on fait le vide dans un ballon. Puis, quand le vide est parfait, on introduit dans ce ballon une certaine quantité du sang dont on veut recueillir les gaz; sous l'influence du vide, les gaz se séparent du sang; mais pour les obtenir en totalité il faut de plus chauffer légèrement le sang; par le jeu de la pompe, on fait ensuite passer les gaz du ballon dans une éprouvette graduée; celle-ci étant alors portée sur la cuve à mercure, on y dose les gaz en absorbant CO^2 par la potasse, O par l'acide pyrogallique ou le phosphore; Az est estimé par différence.

En opérant de la sorte on retire de 100 centimètres cubes de sang environ 60 centimètres cubes de gaz à 0° et 760 millimètres de pression. Ces gaz se répartissent de la façon suivante pour le sang artériel et le sang veineux :

	O	CO^2	Az
100 cc. de sang artériel contiennent	20 à 24 cc.	39 cc.	1 cc.,5
100 cc. — veineux —	8 à 12 cc.	46 cc.	1 cc.,5

On voit par là que les deux sortes de sang, artériel et veineux, contiennent de l'oxygène et de l'acide carbonique; mais le premier de ces gaz est en plus grande quantité dans le sang artériel que dans le sang veineux, tandis que pour CO^2 , c'est l'inverse. Quant à l'azote, il se trouve en faible quantité et dans les mêmes proportions pour les deux espèces de sang.

On a extrait aussi les gaz de la lymphe. Ce liquide est remarquable en ce qu'il ne renferme pas d'oxygène ou seulement des traces de ce gaz. 100 centimètres cubes de lymphe ont donné 0^{cc},1 d'oxygène, 40 centimètres cubes de CO^2 et 1^{cc},5 d'azote.

B. MÉCANISME DES ÉCHANGES GAZEUX ENTRE L'AIR ET LE SANG. — Le sang veineux arrivé dans les capillaires du poumon est mis en présence de l'air atmosphérique sur une large surface que

nous avons précédemment évaluée à 150 mètres carrés. Les échanges gazeux se font entre l'air et le sang à travers une mince paroi, et principalement suivant les lois de la diffusion des gaz; l'oxygène et l'acide carbonique se trouvent dans le sang en partie à l'état de dissolution, en partie à l'état de combinaisons très instables prêtes à se dissocier; le départ de l'acide carbonique et l'absorption de l'oxygène sont dus principalement aux différences de tension de ces gaz dans l'air atmosphérique et dans le sang. Examinons ce fait de plus près.



Fig. 91.
Aérotonomètre de
L. FRÉDÉRICQ.

Le sang vient d'une artère de l'animal par le tube 1, s'écoule le long des parois du tube 3 où il tend, par diffusion, à se mettre en équilibre de tension avec le mélange gazeux qui y est contenu, et retourne à une veine de l'animal par le tube 2. Le tube 3 est entouré d'un manchon de verre 4 où on fait passer de l'eau à la température du corps. — 5, thermomètre.

(aérotonomètre) jusqu'à ce que l'équilibre de tension gazeuse se soit établi entre le sang et l'atmosphère du tube (fig. 91). On

trouve ainsi que la tension de l'oxygène dans le sang veineux n'est que 2,9 p. 100 d'une atmosphère.

L'excès de tension de l'oxygène est donc amplement suffisant pour faire passer ce gaz de l'air dans le sang; il est en effet démontré qu'une tension d'O de moins de 4 p. 100 d'une atmosphère suffit déjà pour saturer à peu près complètement l'hémoglobine d'oxygène. En d'autres termes, dans l'absorption de l'oxygène par le sang il faut tenir compte d'un autre facteur, l'affinité de l'hémoglobine pour ce gaz. La tension de l'oxygène dans le sang n'arrive cependant pas à égaler sa tension dans l'air des alvéoles; elle ne dépasse pas en effet 15 p. 100 d'une atmosphère dans le sang artériel, ce qui prouve que l'équilibre de tension de l'oxygène entre l'air et le sang n'est pas complètement atteint dans le poumon.

a. *Absorption de l'oxygène.* — Une petite partie de l'oxygène ($1/5$) est à l'état de dissolution dans le plasma, le reste est combiné à l'hémoglobine des globules rouges pour former un composé très instable (puisqu'il se dissocie dans le vide), l'*oxyhémoglobine*. L'oxygène passe de l'air dans le sang en raison de sa différence de tension. Dans l'air atmosphérique la tension partielle de l'oxygène est, d'après la loi de DALTON, de 20,95 p. 100 d'une atmosphère, et dans l'air des alvéoles pulmonaires la tension partielle de l'oxygène peut être évaluée, d'après la composition de cet air à 18 p. 100 d'une atmosphère. Dans le sang veineux, au contraire, la tension de l'oxygène est beaucoup plus faible; pour l'évaluer, on fait couler le sang sur la face interne d'un tube renfermant un mélange gazeux de composition con-

trouve ainsi que la tension de l'oxygène dans le sang veineux n'est que 2,9 p. 100 d'une atmosphère.

b. *Exhalation de CO².* — L'acide carbonique est contenu pour la plus grande part dans le plasma du sang, et pour une faible part dans les globules. FERNET a montré qu'il se trouve sous différents états: 1° à l'état de liberté, dissous dans le plasma (en petite quantité); 2° sous forme de bicarbonate et de phosphocarbonate de soude, et 3° de carbonate neutre de soude. La plus grande partie de l'acide carbonique est donc combinée.

Par quel mécanisme le sang se débarrasse-t-il de son acide carbonique? La différence de tension de l'acide carbonique dans le sang et dans l'air intervient ici comme pour l'absorption de l'oxygène. En effet, on a trouvé avec l'aérotonomètre que la tension de l'acide carbonique dans le sang veineux est de 3,81 p. 100 à 5,4 p. 100 d'une atmosphère. Or, dans l'air atmosphérique, la tension de l'acide carbonique est nulle, puisqu'il n'y en a que des traces, et dans l'air des alvéoles plus chargé en acide carbonique, la tension de ce gaz ne dépasse cependant pas 2,8 p. 100 d'une atmosphère (chez le chien). L'acide carbonique doit donc passer du sang, où sa tension est plus forte, dans l'air intra-pulmonaire où sa tension est plus faible, et ce passage sera évidemment plus actif au moment de l'inspiration, en raison de l'introduction de l'air pur dans le poumon. Contrairement à ce qui a lieu pour l'oxygène, il se produit un équilibre

de tension parfait entre l'acide carbonique de l'air des alvéoles et l'acide carbonique du sang. En effet, dans le sang qui revient du poumon (sang artériel) la tension de l'acide carbonique est de 2, 8 p. 100 d'une atmosphère, précisément égale par conséquent à la tension de l'acide carbonique dans les alvéoles pulmonaires.

Une différence de tension de l'acide carbonique dans le sang veineux et dans l'air suffit pour amener le départ de l'acide carbonique simplement dissous; mais en est-il de même pour l'acide carbonique combiné? On peut l'admettre à la rigueur pour une partie de l'acide carbonique qui est faiblement combinée sous forme de bicarbonate: ainsi, sous la seule influence du vide, le bicarbonate de soude cède une partie de son acide carbonique et passe à l'état de carbonate de soude. Mais pour expliquer la décomposition du carbonate neutre il faut admettre l'intervention d'une autre force que la tension de dissociation. Il semble que l'action d'un acide soit nécessaire. C'est pourquoi ROBIN et VERDEIL avaient cru que le tissu pulmonaire renferme un acide particulier, l'acide *pneumique*; mais l'existence d'un tel acide n'a pas été confirmée. Des expériences précises paraissent démontrer que c'est dans le sang lui-même que se trouve l'agent de décomposition des carbonates. En effet, dans l'opération de l'extraction des gaz du sang par le vide aidé de la chaleur, on n'obtient la totalité de l'acide carbonique qu'autant que l'on opère sur le sang complet, plasma et globules; que si l'on cherche à extraire dans les mêmes conditions les gaz du plasma seul, l'acide carbonique obtenu est loin de représenter tout celui des carbonates. Bien plus, si après avoir extrait tous les gaz du sang, on ajoute dans le ballon une solution de carbonate de soude, on voit ce sel se décomposer et fournir de grandes quantités d'acide carbonique. Il se trouve donc dans la partie solide du sang, dans les globules, des substances qui sont capables de décomposer les carbonates; ces substances qui agissent comme des acides faibles seraient des matières albuminoïdes contenues dans le stroma globulaire.

Il est possible encore que l'exhalation de l'acide carbonique ne relève pas seulement des causes physico-chimiques que nous

avons signalées, et que ce phénomène soit aussi sous la dépendance d'une action spécifique de l'épithélium pulmonaire, de même que l'excrétion de certains produits par les glandes doit être attribuée à l'activité propre des cellules glandulaires. Dans cette hypothèse le poumon devrait être assimilé à une glande, et l'exhalation de l'acide carbonique serait une véritable sécrétion.

2° Respiration des tissus. — C'est au niveau des tissus que l'oxygène du sang artériel trouve son emploi; c'est là que se produit l'oxydation du carbone et de l'hydrogène. La respiration des tissus fut démontrée par les expériences de SPALLANZANI qui ont été répétées depuis par un grand nombre de physiologistes, en particulier par P. BERT. Pour exécuter ces expériences, on place des fragments de divers tissus (muscles, nerfs, etc.) dans une éprouvette contenant de l'air et renversée sur la cuve à mercure (fig. 92). Au bout d'un certain temps on analyse l'air, et l'on constate qu'une partie de l'oxygène a disparu et qu'une notable quantité de CO^2 a été produite.

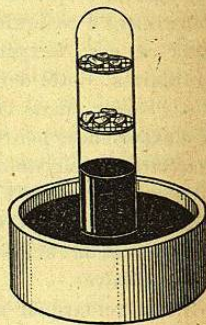


Fig. 92.
Respiration des tissus.

Le tissu qui consomme le plus d'oxygène est le tissu musculaire; après lui, vient le tissu nerveux, puis les glandes, en dernière ligne les os. Les tissus des animaux à sang chaud consomment dans le même temps plus d'oxygène que ceux des animaux à sang froid. Les tissus absorbent aussi d'autant plus d'oxygène que la tension de ce gaz dans l'atmosphère qui les entoure est plus grande; ainsi, en plaçant des fragments de muscle dans l'oxygène pur, on constate qu'ils en consomment 3 et 4 fois plus que dans l'air. Un autre fait très remarquable et sur lequel nous reviendrons, c'est que les tissus continuent à exhaler de l'acide carbonique dans une atmosphère ne renfermant pas d'oxygène, lorsqu'ils sont placés par exemple dans un gaz inerte (hydrogène ou azote).

Cela prouve qu'ils contiennent en eux-mêmes des réserves d'oxygène.

Nous devons étudier maintenant la respiration des tissus dans l'organisme vivant : où se font les combustions, et par quel mécanisme s'opèrent les échanges gazeux entre le sang et les tissus, et les oxydations interstitielles ?

a. *Siège des combustions.* — Nous avons laissé supposer que les oxydations se passent dans l'intimité même des tissus ; mais nous ne l'avons pas démontré ; il se pourrait en effet que le siège des combustions se trouvât dans le sang au niveau des capillaires, et que les éléments anatomiques baignés par le sang fournissent à ce liquide les corps qui doivent subir l'oxydation ; dans ce cas, l'oxygène n'aurait pas à traverser la paroi des capillaires. Cette dernière hypothèse a été admise par LUDWIG et ses élèves ; mais bien qu'ils aient fourni nombre de raisons et d'expériences pour l'appuyer, elle n'a pas été adoptée par la majorité des physiologistes. Il y a en effet beaucoup de probabilités en faveur de l'hypothèse contraire qui place le siège des combustions dans l'intérieur des tissus, et admet le passage de l'oxygène et de l'acide carbonique par osmose à travers les parois des capillaires.

Il faut remarquer en effet tout d'abord que le sang ne consume pour sa part que fort peu d'oxygène ; l'analyse y découvre très approximativement la même quantité de ce gaz dans l'aorte et dans les artérioles ; le sang est donc un dépositaire fidèle de l'oxygène. Si dans une artère isolée entre deux ligatures, le sang ne tarde pas à devenir noir, c'est que l'oxyhémoglobine a été réduite par la paroi vasculaire ; mais le sang extrait du corps et mis à l'abri des tissus n'est pas le siège d'oxydations bien énergiques. Que si on y ajoute des fragments de tissus, des morceaux de muscles par exemple, il devient rapidement noir et son oxygène est consommé. Cette réduction de l'hémoglobine par les tissus peut être démontrée sur le vivant par une élégante expérience de VIERORDT : lorsqu'on examine au spectroscope la pulpe rosée d'un doigt vivement éclairé, on distingue les deux bandes d'absorption de l'oxyhémoglobine ; que l'on pose alors une ligature serrée à la racine du doigt de façon à

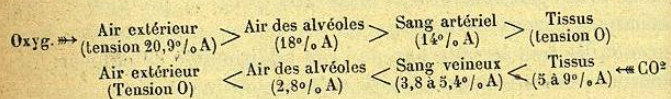
arrêter la circulation, et l'on voit bientôt apparaître la bande unique de l'hémoglobine réduite. Non seulement le sang conserve pendant longtemps son oxygène lorsqu'il est extrait des vaisseaux, mais encore il ne brûle que lentement les substances facilement oxydables (glycose, urate de soude) qu'on y ajoute. SCHMIEDEBERG a montré que l'alcool benzylique et l'aldéhyde salicylique ne sont pas oxydés d'une façon bien appréciable par le sang, mais que si l'on fait circuler le sang contenant ces substances dans les vaisseaux d'un organe séparé du corps, comme le rein, il se forme par oxydation de notables quantités d'acide benzoïque et d'acide salicylique.

Toutes ces expériences tendent donc à prouver que les combustions se passent bien dans les tissus et non dans le sang. Une curieuse expérience d'OERTMANN démontre même que le sang n'est pas absolument nécessaire pour la production des échanges gazeux au niveau des tissus ; on remplace chez une grenouille tout le sang par de l'eau additionnée de chlorure de sodium ; or cette grenouille « salée » continue à vivre un certain temps en consommant de l'oxygène et exhalant de l'acide carbonique presque dans les mêmes proportions qu'à l'état normal.

b. *Mécanisme des échanges gazeux entre le sang et les tissus.*
Théorie de la combustion respiratoire. — Pour expliquer le passage de l'oxygène du sang dans les tissus et le passage inverse de l'acide carbonique des tissus vers le sang, nous invoquerons les mêmes raisons que celles que nous avons déjà exposées pour les échanges gazeux au niveau du poumon, c'est-à-dire les différences de tension de ces gaz. Nous savons par des expériences faites avec l'aréotomètre que dans le sang artériel arrivant au niveau des capillaires la tension de l'oxygène est de 14 à 15 p. 100, tandis que la tension de CO² n'est que 2, 8 p. 100 d'une atmosphère. Mais, pour les tissus, on ne saurait en évaluer directement la tension gazeuse. PFLÜGER a pensé qu'on pouvait arriver à la connaître en la recherchant dans les liquides qui reviennent directement des tissus, comme la lymphe et les différents produits de sécrétions. Or, on trouve qu'il n'y a point d'oxygène dans la lymphe et qu'il n'en existe que de minimes quantités

dans les sécrétions ; d'où l'on conclut que la tension de l'oxygène dans les tissus doit être nulle ou du moins très faible, et que l'oxygène du sang doit par conséquent être attiré vers les tissus. Mais on retire par contre de grandes quantités de CO_2 de la lymphe et des produits de sécrétions ; la tension de ce gaz dans la lymphe peut atteindre 5 p. 100 et dans l'urine 9 p. 100 d'une atmosphère : il est donc vraisemblable que dans les tissus la tension de CO_2 est relativement élevée et doit suffire à faire passer ce gaz dans le sang.

Il est facile de comprendre maintenant que, d'une façon générale, la circulation des gaz de l'air atmosphérique vers les tissus et des tissus vers l'air atmosphérique est le résultat des différences de tension de ces gaz, et nous pouvons les synthétiser de la sorte :



L'oxygène qui est absorbé par les tissus ne paraît pas servir immédiatement à la combustion ; il semble qu'il doive d'abord être emmagasiné et mis en réserve dans les tissus avant d'être consommé. Il y a en effet une certaine indépendance entre les quantités d'oxygène consommé et d'acide carbonique produit ; et la quantité d'acide carbonique exhalée n'est pas forcément accrue par l'augmentation d'absorption d'oxygène. De plus, lorsqu'on prive les tissus d'oxygène, ils n'en continuent pas moins à brûler leur carbone ; il se passe à ce point de vue pour l'animal entier le même phénomène que nous avons signalé pour les tissus séparés du corps ; une grenouille, placée dans une atmosphère d'hydrogène ou d'azote, continue à vivre quelques heures et à exhaler de l'acide carbonique ; on ne saurait comprendre ce fait qu'en admettant que les tissus renferment des réserves d'oxygène.

Les animaux à sang froid et les mammifères en hibernation ne consomment que lentement cette réserve d'oxygène ; c'est ce qui explique la durée de leur survie lorsqu'on les prive d'air ;

mais dans les mêmes conditions les animaux à sang chaud ne tardent pas à périr par asphyxie, parce que leurs tissus ont une vitalité plus grande et épuisent rapidement la réserve d'oxygène.

Comment expliquer maintenant les phénomènes de combustion à la température du corps lorsque, en dehors de l'organisme, les mêmes oxydations ne peuvent être produites qu'à des températures très élevées ? Les physiologistes se sont trouvés très embarrassés en face de ce problème. Les uns ont fait valoir que l'oxydation des matières albuminoïdes peut avoir lieu à de basses températures, dans un milieu alcalin ; d'autres ont supposé que l'oxygène se trouve dans les tissus à l'état d'ozone dont le pouvoir oxydant est beaucoup plus énergique que l'oxygène ordinaire. Mais aujourd'hui tout le monde s'accorde pour rejeter la théorie de la combustion directe. On ne peut plus comparer actuellement l'oxydation des éléments de nos tissus à celle qui se passe par exemple dans la combustion d'un morceau de bois jeté au feu. S'il s'agissait d'une simple oxydation, il serait incompréhensible que des substances aussi avides d'oxygène que l'acide pyrogallique, le phosphore, puissent traverser l'organisme et reparaitre intactes dans l'urine sans avoir été oxydées. Les phénomènes de combustion dans l'organisme sont plus complexes, et il faut bien remarquer que l'acide carbonique et l'eau ne représentent que les produits ultimes de l'oxydation intraorganique, et qu'ils sont précédés le plus souvent, par exemple dans la combustion de l'albumine, par la formation de toute une série de corps intermédiaires. On doit assimiler les phénomènes d'oxydation qui se passent dans les tissus aux processus des fermentations. Ce n'est pas, dit CL. BERNARD, à une machine à feu, comme on le fait depuis LAVOISIER, qu'il convient de comparer un être vivant, mais bien plutôt à la cuve en ébullition du brasseur. JACQUET, ayant étudié récemment à la suite de SCHMIEDEBERG, l'oxydation de l'alcool benzylique et de l'aldéhyde salicylique par les tissus, a démontré que la formation d'acide benzoïque et d'acide salicylique n'est pas liée à la vie ou à l'intégrité des éléments anatomiques ; car l'extrait aqueux des tissus, même après coagula-

tion par l'alcool, possède aussi le pouvoir oxydant ; par contre, les phénomènes d'oxydation sont abolis par la température de l'ébullition. Ces faits ont une haute portée ; ils montrent que les oxydations intra-organiques dépendent de l'action de certains produits qui se comportent comme des ferments solubles et sont fabriqués par les tissus vivants. Dans ces derniers temps ces substances organiques oxydantes ont été l'objet de nombreuses recherches de la part de BERTRAND, ABELOUS et BIARNÈS, etc., et désignées sous le nom d'*oxydases*.

§ 3. — VARIATIONS DANS L'ACTIVITÉ DES ÉCHANGES GAZEUX

La quantité d'oxygène consommée et de CO^2 produite par un animal est essentiellement variable suivant une foule de circonstances ; on peut distinguer les causes de ces variations en causes physiques, physiologiques et pathologiques.

1° Causes physiques. Les différences de température du milieu ambiant sont les plus importantes de ces causes ; l'action de la lumière est aussi à considérer.

a. *Influence de la température.* — Chez les animaux à température invariable, le froid active les échanges gazeux, et en hiver par conséquent la consommation d'oxygène et l'exhalation de CO^2 sont plus considérables qu'en été. On comprend qu'il doive en être ainsi, car la régulation de la chaleur implique nécessairement une augmentation ou un ralentissement des combustions suivant les variations de la température ambiante. Mais chez les animaux à sang froid et les animaux hibernants il n'en va plus de même, et le froid qui les plonge dans l'engourdissement ralentit aussi leurs combustions, tandis que la chaleur qui les réveille de leur léthargie active au contraire leurs échanges gazeux.

b. *Influence de la lumière.* — MOLESCHOTT, ayant étudié chez les grenouilles l'action de la lumière sur les phénomènes respiratoires, trouva que dans l'obscurité ces animaux consomment moins d'oxygène et exhalent moins de CO^2 qu'à la lumière.

Ayant recherché de plus l'influence de divers rayons du spectre, il observa que les rayons jaunes sont ceux qui produisent le maximum d'effet sur les échanges respiratoires.

2° Causes physiologiques. — Ces causes se rapportent soit à des différences individuelles (âge, sexe, taille, etc.), soit pour un même individu aux divers états de l'organisme (veille, sommeil, digestion, etc.)

a. *Influence de l'âge.* — L'activité des échanges gazeux augmente chez l'homme avec l'âge jusqu'à un maximum qui est atteint vers trente-deux ans, puis diminue jusqu'à la mort.

b. *Sexe.* — Toutes choses égales, les échanges respiratoires chez la femme sont moins actifs que chez l'homme ; ils subissent de plus, au moment de l'apparition des règles, une diminution qui dure jusqu'à la ménopause. Toutefois, pendant la grossesse, la consommation d'oxygène est notablement accrue.

c. *Influence de l'espèce animale et de la taille.* — Les échanges gazeux sont plus intenses chez les animaux à sang chaud que chez les animaux à sang froid, et, parmi les animaux à sang chaud, ce sont les oiseaux qui présentent les phénomènes respiratoires les plus actifs. Ainsi, en rapportant la quantité d'oxygène consommé au kilogramme de matière vivante comme unité de poids et à l'heure comme unité de temps, on trouve que l'homme consomme 300 centimètres cubes d'oxygène, le poulet 1 000, le lézard 130, la grenouille 50 seulement par kilo-heure. On remarque aussi qu'il existe un rapport inverse entre la quantité d'oxygène consommé et la taille, pour une même classe d'animaux ; ainsi chez les mammifères, tandis que pour les gros animaux (veau, porc, mouton, etc.), la quantité d'oxygène consommé est d'environ 300-350 centimètres cubes par kilo-heure, cette quantité s'élève pour le lapin à 700 et pour le cobaye à 1 100, et chez les oiseaux, pour les plus petits d'entre eux, jusqu'à 9 à 10 000. Cela tient, comme nous le dirons dans le chapitre de la *Chaleur animale*, à ce que les petits animaux perdent proportionnellement beaucoup plus de chaleur que les gros et doivent avoir par conséquent des combustions beaucoup plus actives.

d. *Influence du sommeil et de l'activité musculaire.* — Pendant le sommeil les échanges gazeux se ralentissent ; mais la diminution de la consommation d'oxygène n'est pas aussi grande que la diminution de l'exhalation de CO_2 . Aussi le quotient $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}}$ s'abaisse-t-il notablement ; en d'autres termes, l'organisme semble faire provision d'oxygène pendant le sommeil, et l'expression proverbiale « qui dort dine » comporte quelque chose de vrai. Au contraire, l'activité de l'organisme, et principalement l'exercice musculaire, stimulent les échanges respiratoires et élève le quotient $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}}$. Ce fait peut être constaté pour un muscle isolé : CL. BERNARD a démontré que le sang veineux qui revient du muscle couturier contient moins de CO_2 lorsque le muscle est au repos que lorsqu'il est en contraction, et moins encore lorsque ce muscle a été paralysé par la section de son nerf.

Chez les animaux hibernants, pendant le sommeil hivernal, l'activité respiratoire diminue considérablement : ainsi REGNAULT et REISER trouvèrent que la consommation d'oxygène s'abaissait à 30 centimètres cubes par kilo-heure chez la marmotte en hibernation.

Il peut même se faire que ces animaux augmentent de poids pendant leur sommeil, quoiqu'ils ne prennent aucune nourriture. Ce fait établi par R. DUBOIS et qui tout d'abord paraît étrange, s'explique évidemment par une fixation d'oxygène dans le corps.

e. *Influence de l'alimentation.* — Le travail de la digestion active les échanges gazeux ; quant à l'action des différentes espèces d'aliments, nous l'avons signalée plus haut à propos du quotient respiratoire.

3° Causes pathologiques. — Dans les maladies fébriles où la température s'élève au-dessus de la normale, les combustions sont augmentées. Il y a donc accroissement notable de la consommation de O et de l'exhalation de CO_2 . Mais il faut remarquer que le surplus d'oxygène consommé ne reparait pas tout entier dans le CO_2 exhalé et qu'il est employé en grande partie à brûler certains matériaux, réserves des tissus, dont les pro-

duits d'oxydation sont excrétés par d'autres voies (reins) que la voie respiratoire.

ARTICLE III

INNERVATION RESPIRATOIRE

Les mouvements respiratoires sont automatiques, et si la volonté a prise sur eux, elle est toutefois impuissante à les suspendre complètement ; nous ne pouvons retenir volontairement notre respiration que pendant un court espace de temps, car cette sensation particulière que l'on appelle *besoin de respirer* devient alors tellement intense que l'effort de volonté le plus énergique est incapable d'y résister. La volonté n'intervient donc dans le mécanisme des mouvements respiratoires que pour en modifier le rythme, la fréquence, l'amplitude. A l'état ordinaire la fonction respiratoire s'exécute comme tous les actes réflexes, sans intervention d'aucun élément psychique, sans participation du cerveau ; elle persiste dans le sommeil naturel, l'anesthésie, le coma, par conséquent dans certains états de l'organisme où la conscience est abolie ; on a aussi observé que les mouvements respiratoires s'exécutent chez les fœtus anencéphales. Recherchons donc d'abord où se trouvent les centres nerveux qui commandent les mouvements respiratoires, nous analyserons ensuite le mode suivant lequel ces centres sont mis en action.

§ 1. — CENTRES RESPIRATOIRES

LEGALLOIS, dès 1812, démontra que les mouvements rythmés de la respiration dépendent de l'action d'un centre nerveux situé dans le bulbe vers l'origine des nerfs pneumogastriques ; en coupant l'encéphale par tranches d'avant en arrière, il vit que la respiration n'était abolie que par la section du bulbe. Plus tard FLOURENS localisa d'une façon encore plus précise la situation de ce centre respiratoire. Il trouva que la piqûre du plan-