

§ 166.

De la quantité de chaleur produite en un temps donné. — On a souvent calculé la quantité de chaleur produite par l'homme en l'espace de vingt-quatre heures. Il ne faut pas oublier que toutes les évaluations proposées à cet égard sont des moyennes plus ou moins approximatives ; elles ne sont pas et ne peuvent pas être actuellement, absolument rigoureuses. Les chiffres obtenus reposent tous, en effet, *seulement* sur les quantités d'acide carbonique et d'eau produites par l'oxygène inspiré. En outre, le calcul est établi sur la quantité de chaleur qui résulterait de la combustion *directe* d'une quantité de charbon et d'hydrogène équivalente à celle de l'acide carbonique et de l'eau produits. Quoi qu'il en soit, la chaleur ainsi *calculée* étant, comme nous venons de le voir, *assez rapprochée* de la chaleur réelle, il n'est pas sans intérêt de fixer les idées par quelques chiffres.

On peut admettre (en tenant compte des évaluations de MM. Brunner, Valentin, Gavarret, Dumas, Scharling, Vierordt, etc.) que l'homme rend, en moyenne, par heure, une quantité d'acide carbonique équivalente en poids à 38 grammes. Ces 38 grammes d'acide carbonique renferment 10 grammes de carbone environ, ou, ce qui est la même chose, ils correspondent à 10 grammes de carbone brûlé. D'un autre côté, pour 38 grammes d'acide carbonique produit, l'homme introduit 33 grammes d'oxygène dans ses poumons. De ces 33 grammes d'oxygène, il y a, en nombres ronds, 28 grammes utilisés à la combustion de 10 grammes de carbone. En supposant que l'excédant d'oxygène est tout entier employé à brûler de l'hydrogène pour former de l'eau, il y a dans le même temps 0^{gr},6 d'hydrogène brûlé. Il y a donc, *en vingt-quatre heures*, 240 grammes de charbon brûlé et 15 grammes d'hydrogène brûlé. Or, il est facile, d'après cela, de calculer la quantité de chaleur produite par cette double combustion dans le corps humain.

1 gramme de charbon qui brûle produit une quantité de chaleur capable d'élever de 1 degré de température 8^{kil},08 d'eau. 1 gramme d'hydrogène qui brûle produit une quantité de chaleur capable d'élever de 1 degré 34^{kil},5 d'eau. En désignant sous le nom de *calorie* ou sous celui d'*unité de chaleur* la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré de température 1 kilogramme d'eau, il s'ensuit que 1 gramme de charbon dégage, en brûlant, 8^{calories},08, et 1 gramme d'hydrogène 34^{calories},5.

Donc 240 grammes de charbon produiront, en brûlant, 1940 calories, et 15 grammes d'hydrogène donneront 518 calories ; au total, 2458 ca-

lories. Elle resta stationnaire quelques instants à ce point maximum, puis elle disparut peu à peu suivant les lois du refroidissement. M. Ferber (également en 1863) a publié la relation d'un cas de tétanos ; la température s'était élevée avant la mort à 43^o,2.

Les contractions du tétanos sont des contractions *sans travail utile* ; l'action des muscles antagonistes se détruisant réciproquement. Ces contractions offrent un des exemples les plus saillants de ce que nous avons désigné sous le nom de *contraction musculaire statique* (Voyez aussi plus loin, § 237).

lories ou unités de chaleur, ou, en nombres ronds, 2500. Ce qui revient à dire que la chaleur produite par l'homme, en l'espace de vingt-quatre heures, serait capable d'élever de 1 degré de température 2500 kilogrammes d'eau ; ou encore, qu'elle serait capable d'élever à la température de l'eau bouillante 25 kilogrammes d'eau à 0°.

L'homme possède une température à peu près constante. Les 2500 calories qu'il produit, en moyenne, par les oxydations intérieures, ne s'accumulent donc point en lui, mais se dissipent au dehors, au fur et à mesure de leur production, de telle manière que sa température reste à peu près stationnaire.

Le mode suivant lequel l'homme perd incessamment la chaleur qu'il produit est multiple. En premier lieu, comme tous les corps chauds, il a de la tendance à se mettre en équilibre de température avec le milieu ambiant, il perd donc par *rayonnement* ; en second lieu, le corps, étant au contact d'un milieu généralement moins chaud que lui, perd aussi par le *contact* ; en troisième lieu, l'*évaporation* à + 37°, qui se fait constamment à la surface de la peau et des poumons, lui enlève aussi de la chaleur ; en dernier lieu, les aliments, les boissons surtout, et aussi l'air qu'il respire, possédant généralement une température inférieure à celle du corps, il perd encore de sa chaleur en les échauffant.

Quelle est la part de ces pertes diverses, pour dissiper les 2500 calories produites en vingt-quatre heures ? On calcule qu'en moyenne, l'évaporation de 1^{kil},5 d'eau par la voie pulmonaire et cutanée fait perdre à l'homme 775 calories. Les aliments, les boissons et l'air expiré lui en enlèvent à peu près 126. Il reste donc environ 1600 calories qu'il perd par rayonnement et par contact. Mais ce sont là des appréciations moyennes. Il faut supposer que l'air n'est point saturé d'humidité, que la température de l'atmosphère n'est ni trop basse ni trop élevée, mais d'environ + 20°. Nous allons voir, dans un instant, que les conditions extérieures ont une influence décisive sur la valeur de ces diverses causes de refroidissement, et qu'elles peuvent varier et se suppléer l'une l'autre dans des limites assez étendues.

Toutes les causes qui font varier les proportions de l'acide carbonique exhalé en un temps donné, et, par conséquent aussi, les proportions d'oxygène introduites dans l'organisme (§ 139), font osciller la quantité de chaleur produite. La nature et la proportion des aliments, lesquels fournissent les matériaux de la combustion, ont, sous ce rapport, une influence sur laquelle nous avons déjà insisté. C'est pour la même raison que la température de l'homme éprouve, dans le cours de vingt-quatre heures, des maxima et des minima qui correspondent tout à la fois, non-seulement à l'influence du jour et de la nuit, mais aussi à celle du repas. M. Gierse, qui a pris, à cet égard, les températures sous la langue, a observé que le matin, avant déjeuner, la température étant, dans ce point, de + 36^o,8, elle monte à 37^o,1 après déjeuner. La température prise au même point étant de + 37^o,1, dans l'après-midi et avant le dîner, elle

est de $+37^{\circ},5$ après le diner; puis elle s'abaisse peu à peu, pendant la nuit, jusqu'à $+36^{\circ},8$. Les recherches plus récentes de M. W. Ogle l'ont conduit à des résultats identiques.

Les animaux hibernants (marmotte, hérisson, loir, chauve-souris, etc.), qui, pendant la torpeur hibernale, ne prennent point de nourriture, consomment une très-faible quantité d'oxygène dans le même temps, ainsi que Spallanzani l'a prouvé le premier¹ et que beaucoup d'autres observateurs l'ont constaté depuis. Lorsque le sommeil est complet, la respiration est singulièrement amoindrie. Ces animaux peuvent vivre dans ces conditions 4, 5 et 8 heures dans l'acide carbonique pur. La circulation est aussi très-ralentie. La marmotte qui, à l'état de réveil, pendant l'été, a de 90 à 100 pulsations du cœur par minute, n'en a plus que 8 ou 10 pendant le même temps, lorsqu'elle est plongée dans le sommeil hibernale. La température des animaux hibernants s'abaisse avec les combustions de nutrition². L'animal, produisant peu de chaleur pendant le sommeil hibernale, a une grande ressemblance avec les animaux à sang froid, et son corps a, en effet, une grande tendance à se mettre en équilibre de température avec le milieu ambiant.

Voici, d'après M. Valentin, la décroissance de la température sur une marmotte qui s'endort du sommeil d'hiver.

TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE.	ÉTAT DE L'ANIMAL.	TEMPÉRATURE de L'ANIMAL.	EXCÈS DE TEMPÉRATURE de l'animal sur le milieu ambiant.
4°,97	Demi-veille.	33°,85	28°,88
5°,35	Assoupissement.	24°,10	18°,75
4°,81	Demi-sommeil.	11°,16	6°,35
3°,63	Sommeil profond.	10°,23	1°,60

Lorsque la température extérieure descend à 0° ou au-dessous de 0° , on voit la température de l'animal s'abaisser à $+5^{\circ}$, $+4^{\circ}$, et même à $+2^{\circ}$, lorsqu'il est placé au contact de l'air. Dans les conditions ordinaires, la température des animaux se maintient un peu plus élevée, même quand la température extérieure est très-basse, parce qu'ils ont soin, avant de s'endormir de leur sommeil d'hiver, de se réfugier dans des espaces limités et de s'y entourer de corps mauvais conducteurs de la chaleur, tels que du foin, de la paille, des feuilles sèches, des plumes, etc.

¹ L'engourdissement hibernale représente l'état normal et physiologique de la plupart des animaux à sang froid (ou animaux à température variable).

² Un hérisson qui, à l'état de veille, consommait 1 litre d'oxygène, ne consommait plus, à l'état de sommeil hibernale, que 0,04 dans le même temps (Saissy). Une marmotte qui consommait, par heure et par kilogramme de poids du corps, 1 gramme d'oxygène, ne consommait plus, quand elle était dans son sommeil d'hiver, que 0,04 d'oxygène par heure et par kilogramme de poids du corps (Regnault).

Pendant le sommeil naturel des animaux, la respiration et la circulation sont beaucoup moins ralenties que pendant le sommeil hibernale. Cependant, pour être moins marquée, l'influence du ralentissement des fonctions de respiration et de circulation se fait néanmoins sentir par un léger abaissement de température. Cet abaissement est d'environ 1 degré chez l'homme. A cet abaissement de température correspond une diminution dans la quantité d'acide carbonique produit. M. Boussingault a vérifié le fait sur les oiseaux (tourterelles), et M. Scharling sur l'homme. D'après les recherches de M. Scharling, la quantité de charbon brûlé par un homme endormi est à la quantité de charbon brûlé par ce même homme éveillé :: 1 : 1,2. Il est certain, et beaucoup de faits le démontrent, qu'un homme qui dort est plus accessible au refroidissement qu'un homme éveillé; et ce n'est pas sans danger qu'il s'exposerait, endormi, à des températures qu'il braverait à l'état de veille. Le sommeil, d'ailleurs, est accompagné du repos des muscles, et nous avons vu que le travail musculaire est une source de chaleur¹.

Les animaux mammifères et les oiseaux, qui ont, comme l'homme, une température constante, dissipent aussi dans l'atmosphère la chaleur qu'ils produisent et de la même manière. Mais ici se présente une difficulté qui, au premier abord, semble s'élever contre la doctrine des combustions, et que nous devons examiner. MM. Regnault et Reiset, dans leur remarquable travail sur la respiration des animaux, ont établi que la consommation d'oxygène et la production d'acide carbonique sont très-variables chez les mammifères et les oiseaux, quoique cependant la température de ces divers animaux soit à peu près la même. Ainsi, en rapportant la quantité d'oxygène consommé en un temps donné à une même quantité en poids de l'animal, ils ont trouvé, par exemple, que le chien consomme, par heure et par kilogramme d'animal, 1^{er},18 d'oxygène, que les canards en consomment 1^{er},53 par kilogramme d'animal, que d'autres oiseaux (petits oiseaux) consomment jusqu'à 9 ou 13 grammes d'oxygène par kilogramme d'animal et par heure. M. Valentin, dans plusieurs séries d'expériences du même genre, est arrivé à des résultats analogues: ainsi, tandis que, pour 1 kilogramme du poids du corps, l'homme consomme par heure 0^{er},62 d'oxygène, les pigeons en consomment 8^{er},8, les souris 10^{er},87, le bec-croisé (oiseau) 10^{er},98. La production d'acide carbonique suit exactement aussi la même progression.

Cette anomalie apparente s'explique facilement. Il est évident que la masse des animaux joue un rôle des plus importants dans les phénomènes du refroidissement. Tandis que le volume moyen d'un lapin, calculé en centimètres cubes, est de 3370, celui de la souris n'est, au contraire, que de 9,9; tandis que le volume du pigeon est de 317 centimètres cubes, celui du bec-croisé n'est que de 27. Plus la masse de l'animal est

¹ Le travail musculaire est une source de chaleur par les actions chimiques qu'il entraîne (Voy. § 226).

petite, plus est grand aussi le refroidissement en un temps donné, pour une même température. Un petit animal, dont la température est égale à celle d'un animal plus grand, doit donc *relativement à son volume* consommer plus d'aliments, absorber plus d'oxygène, former plus d'acide carbonique et produire plus de chaleur qu'un grand animal, car il a plus à lutter contre le refroidissement.

La température de l'enfant étant égale à la température de l'homme adulte, on doit conclure de ce qui précède que l'enfant doit produire, en un temps donné, plus de chaleur que l'adulte; car sa faible masse le place, sous le rapport du refroidissement, dans des conditions désavantageuses. C'est, en effet, ce qui arrive: 1 kilogramme d'enfant absorbe, en un temps donné, plus d'oxygène et brûle plus de matière qu'un kilogramme d'adulte, pour maintenir sa température propre (Voy. § 140). De là, l'activité des fonctions de nutrition chez l'enfant, la rapidité du pouls et celle des mouvements de la respiration. De là, encore, la facilité avec laquelle il se refroidit. La nécessité des vêtements est donc plus impérieuse chez le jeune enfant que chez l'adulte, pour résister aux abaissements de température extérieure.

§ 167.

De la résistance au froid et à la chaleur. — L'homme vit généralement dans des milieux dont la température est inférieure à sa température propre. Lorsque la température extérieure est très-inférieure à la sienne, la production intérieure de chaleur se proportionne dans une certaine limite aux pertes par rayonnement et par contact qui tendent à lui enlever une grande quantité de calorique. Les expériences de M. Letellier sur les mammifères ont, en effet, établi de la manière la plus concluante que les quantités d'acide carbonique en poids, produites en un temps donné, sont d'autant plus élevées que la température extérieure est plus basse. A cette production plus forte d'acide carbonique correspond naturellement l'absorption d'une quantité plus considérable d'oxygène. Cette absorption plus grande d'oxygène, par les températures très-basses, se trouve d'ailleurs en rapport direct avec les changements survenus dans les propriétés physiques de l'air, qui, sous le même volume, a, dans ces conditions, une densité plus élevée. A la production plus grande d'acide carbonique correspond aussi une alimentation plus abondante. L'aliment joue, en effet, le rôle d'un véritable combustible intérieur¹.

¹ Il n'est ici question que de l'influence *permanente*, ou tout au moins *longtemps continuée*, d'une basse température, ainsi que cela arrive dans les climats froids ou dans la saison d'hiver. Mais l'application d'une basse température à la surface du corps peut être *instantanée*, ou tout au moins renfermée dans des limites de *très-courte durée*, quelques minutes, par exemple, ainsi que cela arrive souvent dans l'emploi de la méthode hydrothérapique.

Les effets observés dans ces conditions spéciales rentrent dans les lois générales de la

Lorsque les abaissements de la température extérieure sont poussés très-loin, l'homme doit, pour lutter efficacement contre les pertes de chaleur, se couvrir de vêtements appropriés, se retirer dans des habitations ou se livrer à l'exercice.

Mais si l'on conçoit comment l'homme peut résister aux abaissements

production et des pertes de chaleur dont les corps vivants sont le théâtre; mais il est nécessaire d'ajouter ici quelques mots d'explication:

Depuis quelques années, M. Liebermeister et M. Hoppe ont fait, sous ce rapport, un grand nombre d'expériences dont on peut tirer les conclusions suivantes:

La soustraction subite de la chaleur à la surface du corps, c'est-à-dire l'augmentation subite des pertes de chaleur, a pour conséquence une augmentation (subite aussi) dans la production de chaleur, laquelle se traduit par une élévation de température. Exemple: lorsqu'un homme est soumis à une douche de cinq à sept minutes de durée, avec de l'eau à 15 ou 20 degrés (par conséquent, de 17 à 22 degrés au-dessous de la température du corps), malgré le vif sentiment de froid que le patient éprouve, non-seulement le thermomètre placé sous l'aisselle ne s'abaisse pas, mais au contraire il s'élève généralement d'une fraction de degré. D'où l'on peut conclure que la production de chaleur augmente en même temps que la perte et se règle sur elle. L'élévation de la chaleur intérieure (constatée sous l'aisselle) ne cesse qu'au moment où l'excès de chaleur produite se répand dans le reste du corps et se traduit par le sentiment du retour à la chaleur générale.

Un bain de mer à 16 degrés, et de cinq minutes de durée, produit les mêmes effets.

Il suffit même de se dépouiller complètement de ses vêtements et de s'exposer à une température de 15 à 20 degrés pendant quelques minutes, pour observer qu'un thermomètre placé sous l'aisselle s'élève un peu. Le thermomètre descend quand on s'est r'habillé.

On peut conclure, de ces faits, que l'homme plongé pendant un court espace de temps dans un bain à 15 ou 20 degrés produit une quantité de chaleur qui l'emporte sur celle qu'il produirait dans le même temps, s'il était plongé dans un bain à la température de son propre corps.

Ces effets, je le répète, ne se produisent que sous l'influence de l'application *momentanée* du froid. Quand l'application du froid se prolonge, la production de chaleur ne suffit plus à la soustraction exagérée du calorique, et la température du corps s'abaisse progressivement.

Quelques-unes des expériences de M. Hoppe sont plus probantes encore. Lorsqu'on a mouillé le pelage d'un chien en le plongeant dans l'eau à la température ordinaire (15 à 20 degrés) et qu'on l'expose ensuite librement à l'air, on observe qu'un thermomètre placé dans le rectum s'élève tant que dure l'évaporation. En d'autres termes, la perte de chaleur augmentant (à raison de l'évaporation du pelage mouillé), la production de chaleur augmente aussi et se règle en quelque sorte sur la perte. Quand le poil est devenu sec, c'est-à-dire quand la cause anormale de refroidissement est supprimée, la production de chaleur diminue et redevient normale, ce qu'indique le thermomètre placé dans le rectum. La production de chaleur en excès est tellement subordonnée à la perte de chaleur due à l'évaporation, que, si l'on enveloppe le chien mouillé dans un sac imperméable de caoutchouc qui s'oppose à l'évaporation, le thermomètre placé dans le rectum n'accuse point d'élévation de chaleur intérieure. Aussitôt qu'on débarrasse le chien de cette enveloppe, on voit la température intérieure s'élever tant que dure l'évaporation, et s'abaisser peu à peu quand l'évaporation est terminée.

Dans ces expériences, les élévations et les abaissements de température sont, il est vrai, circonscrits dans de faibles limites (des fractions de degré), mais elles ne prouvent pas moins que la production de chaleur, c'est-à-dire le travail intérieur des métamorphoses de la nutrition, est soumis dans une certaine mesure à l'influence des pertes extérieures de chaleur, et que, par conséquent, la méthode hydrothérapique, envisagée au point de vue de l'application du froid, est une méthode thérapeutique puissante.