

périra donc *asphyxié* au bout d'un temps 38 fois plus considérable que si on supprimait l'accès de l'air dans ses poumons. Or, il est démontré que la durée de l'*asphyxie pulmonaire* est chez l'homme de 4 à 5 minutes; il est donc vraisemblable que la durée de l'*asphyxie cutanée* serait de 2 heures 1/2 à 3 heures.

L'importance de la respiration cutanée atteint son maximum chez les animaux à *peau nue et humide* (grenouilles). Elle peut, chez ces animaux, suppléer pendant un temps assez long la respiration pulmonaire. M. Edwards, ayant supprimé l'entrée de l'air dans les poumons des grenouilles à l'aide d'un capuchon ciré fixé autour du cou de ces animaux, a constaté qu'elles peuvent vivre ainsi, *au contact de l'air*, un ou plusieurs jours; lorsque le même expérimentateur *submergeait* complètement les grenouilles et supprimait ainsi la respiration cutanée et la respiration pulmonaire, elles ne vivaient guère au delà de 8 ou 10 heures (Béclard).

Vapeur d'eau. — Si le rôle de la peau s'efface devant celui du poumon au point de vue de l'exhalation de l'acide carbonique, il n'en est pas de même au point de vue de l'exhalation de la *vapeur d'eau*. Celle-ci est très-abondante et l'emporte généralement sur l'exhalation de vapeur d'eau opérée par le poumon pendant le même temps. Notons que nous ne parlons pas ici de la sécrétion liquide qui constitue la *sueur*, mais de cette évaporation invisible et continue qu'on a désignée sous le nom de *transpiration insensible* (voy. *Sueur*).

Il suffit de placer une partie quelconque du corps dans une enveloppe imperméable pour qu'au bout de très-peu de temps, le milieu circonscrit se trouvant saturé, la vapeur d'eau se précipite à l'état liquide sur les parois intérieures de l'enveloppe (Béclard).

On a évalué la quantité d'eau ainsi évaporée à la surface de la peau pendant 24 heures à 1 *kilogr.* en moyenne (à peu près le double de la quantité d'eau exhalée par le poumon pendant le même temps). Mais on conçoit que ce chiffre est essentiellement variable suivant les influences extérieures, en particulier suivant les conditions de température et d'humidité de l'air ambiant.

§ 1. — De la respiration chez le fœtus.

Le fœtus respire aussi bien que l'adulte. Comme chez ce dernier les tissus reçoivent de l'oxygène, et c'est le sang qui le leur ap-

porte; seul, le rôle des poumons est supprimé. Les poumons du fœtus sommeillent et ne doivent fonctionner qu'au moment de la naissance. Au lieu de prendre l'oxygène dans l'air, le fœtus le prend dans le sang artériel de sa mère au niveau du *placenta* qui joue ici le rôle de poumons. On sait que cet organe est formé par un entrelacement des capillaires de la mère et des capillaires de l'enfant. Les vaisseaux maternels et fœtaux y sont adossés sans qu'il y ait entre eux aucune communication; l'oxygène quitte l'hémoglobine et la mère pour se fixer sur celle du fœtus à travers les parois des capillaires, par osmose. Le fœtus reçoit donc ce gaz de seconde main, pour ainsi dire.

CHAPITRE SIXIÈME

DE LA CHALEUR ANIMALE

Définition. — Les corps inorganiques tendent à se maintenir en équilibre de température avec le milieu qui les entoure. Si ces corps peuvent momentanément être échauffés ou refroidis par des causes artificielles, ils tendent à reprendre cet équilibre dès que ces causes cessent d'agir.

Il n'en est pas de même des animaux. Ceux-ci ont en eux-mêmes une source de chaleur propre dont le mode de production sera étudié plus tard et dont l'intensité est généralement suffisante pour assurer à ces animaux une température supérieure à celle du milieu ambiant.

C'est à cette chaleur qu'on donne le nom de *chaleur animale*.

Animaux à température constante; animaux à température variable. — Tous les animaux produisent de la chaleur, mais dans des proportions fort inégales. Les animaux supérieurs (mammifères et oiseaux), l'homme en particulier, ont une température assez élevée, notablement supérieure en général à celle de l'atmosphère; la température moyenne des oiseaux oscille entre + 40° et + 44° centigrades, celle des mammifères

entre $+ 36^{\circ}$ et $+ 40^{\circ}$, celle de l'homme peut être évaluée à $+ 37^{\circ}$ en moyenne. Mais à mesure qu'on descend dans l'échelle des êtres (reptiles, poissons, invertébrés), la température des animaux s'abaisse, c'est-à-dire qu'elle se rapproche de plus en plus de celle du milieu ambiant. C'est à ce point de vue qu'on a distingué pendant longtemps des *animaux à sang chaud* et des *animaux à sang froid*.

Mais il est facile de voir que ces dénominations n'ont rien d'absolu. On les remplace aujourd'hui à juste titre par les dénominations beaucoup plus exactes d'*animaux à température constante* et d'*animaux à température variable* (voir Gavarret, *Les phénomènes physiques de la vie*, Paris, 1869). Les animaux supérieurs possèdent en effet la propriété de conserver une température à peu près constante, malgré des écarts considérables et parfois rapides dans la température extérieure, non-seulement quand cette température extérieure est plus basse que la leur, mais alors même qu'elle devient plus élevée; cette propriété tient à des conditions complexes sur lesquelles nous aurons à revenir. Les animaux inférieurs au contraire, qui produisent moins de chaleur et qui en perdent tout autant, tiennent pour ainsi dire le milieu entre les animaux supérieurs et les corps inorganiques; tout en se maintenant en général un peu au-dessus de la température ambiante, ils sont subordonnés d'une façon incontestable aux variations de cette dernière, et cette circonstance justifie le nom d'*animaux à température variable* qui leur a été assigné.

Notons toutefois que dans quelques cas la température de certains animaux inférieurs peut momentanément s'élever dans des proportions remarquables. Les abeilles qui vivent en ruche, les serpents qui se replient en rond autour de leurs œufs peuvent offrir une température supérieure de 5° , 7° , 8° et jusqu'à 10° à celle de l'atmosphère. Le fait s'explique aisément si l'on considère que dans ces deux cas la chaleur produite par l'animal s'accumule dans un espace limité; cet espace s'échauffe et restitue à l'animal une partie de la chaleur qu'il lui a empruntée.

§ 1^{er}. — Moyens d'apprécier la température animale.

Les instruments destinés à apprécier la température animale se sont multipliés et perfectionnés depuis que les explorations thermométriques ont acquis en clinique l'importance qu'elles ont aujourd'hui.

Thermomètres. — L'appareil le plus simple est le thermo-

mètre ordinaire dont on se sert journellement au lit du malade et dont on applique la boule soit sur le tégument, soit dans une cavité naturelle (bouche, vagin, rectum). On l'introduit ordinairement dans l'aisselle, en ayant soin de maintenir le bras du malade appliqué contre sa poitrine; de cette façon, la surface de la boule est presque tout entière en contact avec le tégument, et la perte de chaleur qui s'effectue par les parties de ce réservoir exposées à l'air est réduite à son minimum. Le tube d'ascension de ce thermomètre est d'un calibre très-fin, et l'échelle ne comprend qu'un certain nombre de degrés (de $+ 30^{\circ}$ à $+ 44^{\circ}$ par exemple), limites que ne franchissent guère les variations les plus ordinaires de la température de l'homme. Cette disposition permet de multiplier le nombre des divisions de l'échelle, de façon à apprécier des 5^{mes} , des 10^{mes} et des 20^{mes} de degré. — M. Walfardin a même construit un thermomètre dont le tube d'ascension est d'un calibre tellement fin qu'on peut distinguer sur l'échelle des 100^{mes} de degré, et avec une loupe des 1000^{mes} de degré; chaque degré centésimal a de 5 à 6 centimètres de longueur.

Il importe de lire la température pendant que le thermomètre est encore en place; dès qu'on l'a retiré, on voit en effet la colonne mercurielle s'abaisser assez rapidement. Mais souvent il serait utile de pouvoir transporter le thermomètre auprès d'une source de lumière, pour lire plus facilement la température. On a construit dans ce but des thermomètres dits à *maxima*; ils ne diffèrent des thermomètres ordinaires que par la présence d'un index situé dans le tube; cet index est repoussé par la colonne de mercure tant que celle-ci se dilate, mais il ne l'accompagne pas dans son mouvement de retrait; il indique donc sur l'échelle, à un moment quelconque, la température la plus élevée atteinte pendant l'expérience.

Appareils thermo-électriques. — On a voulu appliquer, comme nous le verrons plus loin, les appareils *thermo-électriques* (voir les *Traité de physique*) à la recherche de la température animale. Becquerel et Breschet, ainsi que M. Helmholtz, ont été les promoteurs de cette innovation. Ces appareils sont surtout utiles quand on veut explorer les parties profondes (sang, muscles, etc.), et y apprécier des différences minimes de température. Mais on comprend que dans la pratique ordinaire ils ne sont ni d'une application facile ni même d'une réelle utilité.

Instruments divers. — Pour mesurer la température de certains réservoirs intérieurs, la vessie et l'estomac, par exemple,

on a construit des instruments spéciaux (sondes urétrales et œsophagiennes munies de thermomètres) dont l'usage est encore loin d'être répandu.

Enfin, M. Marey a récemment construit un appareil qui donne la température des parties pendant un temps plus ou moins long, et qui l'enregistre sous forme d'indications continues. Cet appareil consiste en un thermomètre à air, dans lequel les mouvements de l'index se traduisent à l'aide d'un levier sur la surface d'un cylindre animé d'un mouvement uniforme.

§ 2. — Sources de la chaleur animale.

Le fait de la production d'une certaine quantité de chaleur dans l'économie a été constaté de tout temps. Mais l'interprétation de ce fait a été longtemps obscure.

Théories anciennes. — Les diverses théories successivement proposées pour l'expliquer n'ont plus besoin aujourd'hui d'être réfutées longuement, nous ne les citerons que pour mémoire. Longtemps on attribua la chaleur animale au frottement du sang contre la paroi des artères. Plus tard, les iatro-mécaniciens virent dans ce phénomène le résultat du frottement des tendons sur les parties osseuses au moment des contractions musculaires. Bichat invoqua comme source de la chaleur animale le passage de l'état liquide à l'état solide des éléments du sang dans la nutrition (expériences de Nicholson), sans se rendre compte que la transformation inverse qui accompagne le mouvement de dénutrition doit rendre latente une quantité égale de chaleur et annuler par conséquent l'effet produit. Plus récemment enfin, M. Brodie, se fondant sur des expériences mal interprétées, voulut voir dans l'encéphale la source de la chaleur animale, et M. Chossat plaça cette source dans le système du grand sympathique.

Comme nous l'avons vu plus haut (voy. *Respiration*), Lavoisier, le premier, avait attribué la production de la chaleur animale à sa véritable cause. Mais tout en reconnaissant la nature du phénomène, il en avait méconnu le siège; nous avons vu en effet qu'il faisait du poumon une sorte de foyer central où le sang venait s'échauffer pour distribuer ensuite la chaleur à tout l'organisme.

Théorie actuelle. — Nous savons aujourd'hui que la chaleur animale est produite par les combustions qui s'opèrent au niveau

des tissus, aux dépens de l'oxygène de l'air et des matériaux combustibles de l'économie, matériaux fournis soit par les aliments, soit par nos propres tissus. Les expériences de Spallanzani, d'Edwards et de M. Magnus ne laissent aucun doute à ce sujet. Il n'y a pas dans l'économie un foyer central et unique préposé à la production de la chaleur animale; tous les tissus, à des degrés divers, prennent part à cette fonction. Le rôle du sang consiste à porter, des poumons aux éléments anatomiques, l'agent principal des phénomènes d'oxydation, l'oxygène qu'il a puisé à l'extérieur. Ces phénomènes s'accomplissent donc partout où le sang circule, c'est-à-dire dans tous les organes qui reçoivent des vaisseaux, et c'est à ce point de vue que M. Béclard a pu comparer le système circulatoire à « une sorte de calorifère à eau chaude et à circulation continue ».

Nature de la chaleur animale. — La chaleur animale n'est pas un phénomène d'une nature particulière; elle est produite par des causes semblables à celles qui, dans toutes les circonstances, produisent du calorique.

Le dégagement de chaleur qui accompagne toute combinaison est en chimie un fait fondamental. Tantôt ce dégagement est rapide et donne lieu à des effets intenses, comme lorsqu'un morceau de charbon brûle au contact de l'air (*combustion vive*); le plus souvent, au contraire, la combustion s'opère d'une façon moins soudaine, et la chaleur développée, se dissipant en partie par rayonnement et par contact, au fur et à mesure de sa production, produit des effets moins saisissants (*combustion lente*).

La chaleur animale réalise de point en point le type d'une combustion lente. — C'est là une notion d'une importance capitale, et sur laquelle on ne saurait trop insister. Dans les tissus de l'économie, deux sortes d'agents sont mis en présence: d'une part l'oxygène, d'autre part le carbone, l'hydrogène et certaines substances azotées. Le premier se combine aux seconds avec production de chaleur, et les termes ultimes de cette combustion sont de l'acide carbonique, de l'eau, ainsi que d'autres produits d'oxydations incomplètes (urée, acide urique, etc., etc.).

En résumé, on peut concevoir les sources de la chaleur animale comme constituées principalement par la formation de l'acide carbonique et par celle de l'eau, accessoirement par les oxydations incomplètes, en vertu desquelles se forment divers produits de sécrétion.

Nous voyons en même temps que la chaleur animale se trouve liée à la *respiration* par les liens les plus étroits. La première de

ces fonctions est pour ainsi dire corollaire de la seconde, puisque la chaleur animale n'est en somme qu'un résultat forcé des combinaisons chimiques qui constituent l'acte essentiel de la respiration.

Dans quels éléments anatomiques la chaleur animale prend-elle naissance? — Nous venons de dire que les combustions qui produisent la chaleur animale ont leur siège au niveau des capillaires, dans l'intimité des tissus. Mais on a cherché à localiser encore avec plus de précision le lieu de ces combustions : se produisent-elles dans les éléments histologiques eux-mêmes ou bien dans les capillaires qui sont en contact avec ces éléments histologiques? Sur cette question, les physiologistes allemands, qui en ont fait une étude particulière, sont divisés en deux écoles :

1^o Pour Ludwig et ses élèves, c'est dans l'intérieur des capillaires que se passe l'acte d'oxydation et la production d'acide carbonique. Les arguments invoqués en faveur de cette manière de voir reposent surtout sur les analyses récentes des gaz de la lymphe par Hammarsten ; elles montrent que ce liquide qui charrie directement les produits de désassimilation des tissus renferme moins d'acide carbonique que le sang veineux. D'où cette conclusion que l'acide carbonique ne se produit pas au niveau même des éléments histologiques.

2^o Pflüger pense que la tension de l'acide carbonique dans la lymphe ne nous donne pas la mesure exacte de la tension de ce gaz dans les éléments histologiques eux-mêmes. Pour mesurer aussi directement que possible cette tension, Pflüger s'adresse aux sécrétions normales de l'économie (urine, bile, salive) qui, résultant directement de la fonte des éléments cellulaires, doivent représenter exactement le contenu de ceux-ci en acide carbonique. Or, dans tous ces produits de sécrétion, la tension de l'acide carbonique est bien plus considérable que dans le sang veineux. Pflüger en conclut que l'acide carbonique se forme dans les tissus et non dans le sang, et que le siège précis des combustions respiratoires se trouve dans l'intimité de ces derniers.

Il est tout naturel et il peut sembler facile au premier abord de chercher à vérifier par des expériences rigoureuses l'exactitude de la théorie aujourd'hui adoptée sur le mode de production de la chaleur animale.

Voici en effet le raisonnement qu'on peut se faire :
Supposons un animal placé en expérience pendant une période

de temps déterminée, au commencement et à la fin de laquelle il présente la même température.

Cet animal, pendant cette période, perd par rayonnement, par évaporation et par contact, une certaine quantité de chaleur qu'on peut mesurer au moyen d'un calorimètre.

D'autre part il expire pendant le même temps, par les poumons et par la peau, une certaine quantité d'eau et d'acide carbonique ; si on recueille ces produits et si on les pèse, il est facile de déduire de cette pesée la quantité de chaleur développée par les combustions organiques dont ils sont les termes ultimes ; la physique nous apprend en effet quelle est la quantité de chaleur développée par la combinaison de l'hydrogène et du carbone avec l'oxygène, ou, en d'autres termes, quelle est la quantité de chaleur qui correspond à la formation d'un poids donné d'eau et d'acide carbonique.

En un mot, on peut obtenir deux valeurs numériques :

1^o La quantité de chaleur perdue par l'animal en un temps donné.

2^o La quantité de chaleur afférente à la production d'acide carbonique et d'eau qui s'est opérée dans ses tissus pendant le même temps.

Si la théorie est exacte, ces deux quantités doivent être égales.

Lavoisier, le premier, voulut donner à sa théorie l'appui de cette vérification expérimentale. Plus tard, MM. Dulong et Despretz reprirent et complétèrent les recherches de ce grand chimiste. Les résultats obtenus par ces divers expérimentateurs furent à peu près semblables. Lavoisier conclut de ses expériences que, si on représentait par 40 la quantité de chaleur engendrée par la formation de l'acide carbonique expiré en un temps donné, la quantité de chaleur abandonnée pendant le même temps par l'animal était égale à 43 (Lavoisier ne tenait pas compte de l'eau expirée). MM. Dulong et Despretz, bien qu'ayant pris soin de combler cette lacune, arrivèrent à ce résultat que la chaleur produite dans le corps de l'animal par la combustion du carbone et de l'hydrogène représente seulement les 8 ou 9 dixièmes de la chaleur perdue. Il semble donc au premier abord résulter de ces expériences que la chaleur produite par l'animal est supérieure à celle qui peut être rapportée aux combustions opérées dans les tissus. Mais cet excès de chaleur n'est qu'apparent ; il s'explique sans peine par certaines causes d'erreur dont l'influence est évidente dans les procédés employés : pour ne citer que deux exem-

ples, MM. Dulong et Despretz recueillaient les gaz de l'expiration sous l'eau, c'est-à-dire sous un liquide qui dissout une proportion notable d'acide carbonique; de plus, objection tout aussi grave, les coefficients des chaleurs de combustion du carbone et de l'hydrogène, à l'aide desquels a été calculée la chaleur produite par la formation de l'acide carbonique et de l'eau, étaient estimés trop bas par Lavoisier et par MM. Dulong et Despretz (Béclard).

Si l'on refait aujourd'hui les calculs de MM. Dulong et Despretz à l'aide des coefficients établis d'une manière rigoureuse par MM. Favre et Silbermann, les différences signalées plus haut disparaissent presque entièrement. Mais l'égalité absolue n'est jamais réalisée; il reste toujours une certaine différence en faveur de la chaleur perdue par l'animal; ce fait s'explique aisément par les considérations suivantes :

1^o Ce qui brûle dans l'économie, ce n'est pas du carbone ou de l'hydrogène en nature; ce sont des substances complexes qui contiennent ces corps parmi leurs éléments (graisse, sucre, etc.). Or les recherches de MM. Favre et Silbermann nous enseignent que certains corps composés (alcool, acétone) produisent plus de chaleur par leur combustion directe que n'en produirait la combustion isolée de leurs composants, carbone et hydrogène.

2^o Dans les expériences dont nous parlons, on a considéré l'acide carbonique et l'eau comme représentant la totalité des produits de combustion de l'économie. On n'a tenu aucun compte des combustions incomplètes qui ont pour résultat la formation d'urée, d'acide urique, d'acide cholique, d'acide choléique, etc., etc. Or il est bien évident que ces oxydations incomplètes ne s'accomplissent pas sans produire une certaine quantité de chaleur qu'il eût été important de pouvoir calculer.

En résumé, les résultats de l'expérience, rigoureusement analysés, confirment les conclusions du mémoire présenté par Lavoisier à l'Académie des sciences (1789) : « *La respiration n'est qu'une combustion lente de carbone et d'hydrogène en tout semblable à celle qui s'opère dans une lampe ou dans une bougie qui brûle, et, sous ce rapport, les animaux qui respirent sont de véritables combustibles qui brûlent et se consomment.* »

§ 3. — Quantité de chaleur produite par l'homme en 24 heures.

Nous verrons tout à l'heure combien cette quantité est variable suivant les conditions de nutrition, de travail musculaire, etc., etc., que réalise le sujet. On est donc forcé de se contenter d'une évaluation moyenne, qui ne peut avoir que la valeur d'une approximation.

Les chiffres varient suivant les auteurs. On admet que l'homme développe environ 3250 calories en 24 heures. On sait qu'on donne le nom de *calorie* ou *unité de chaleur* à la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° la température de 1 kilogramme d'eau. L'homme produirait donc assez de chaleur en 24 heures pour élever de 1° de température 3250 kilogrammes d'eau, ou, ce qui revient au même, pour élever à la température de l'eau bouillante (100°) 32 k. 5 d'eau à 0°.

Le procédé suivi pour parvenir à ce résultat consiste à mesurer les quantités d'acide carbonique et d'eau produites par l'oxygène inspiré, et à calculer, d'après la capacité calorifique connue du carbone (8000 calories) et de l'hydrogène (34000 calories), la quantité de chaleur qui résulterait de la combustion directe d'une quantité correspondante d'hydrogène et de carbone. Nous n'avons pas à insister sur ce qu'un pareil procédé peut avoir de défectueux au point de vue de la précision; il est passible de toutes les objections adressées plus haut à l'expérience de Lavoisier; son imperfection d'ailleurs se démontre d'elle-même, puisqu'il conduit à des résultats si différents, suivant les expérimentateurs.

Ce qui ressort de ces recherches, c'est que la quantité de chaleur produite par l'homme en 24 heures est considérable, mais fort difficile à calculer d'une manière précise.

§ 4. — De la température chez l'homme.

Comme tous les animaux supérieurs, l'homme possède une température constante. Mais ce mot ne doit pas être pris dans son sens le plus absolu; il signifie simplement que les variations que peut subir la température de l'homme ne sont nullement en rapport avec les écarts souvent considérables de la température

du milieu ambiant. La température de l'homme se maintient donc à un niveau moyen autour duquel elle peut osciller dans des limites relativement restreintes.

Température moyenne du corps humain. — La température du corps humain varie avec les régions où on la recherche. D'une manière générale on peut dire qu'elle va croissant de l'extérieur vers l'intérieur, c'est-à-dire qu'elle atteint son maximum au niveau des viscères profonds (foie, diaphragme), des cavités intérieures (bouche, vagin, rectum), pour diminuer graduellement à mesure qu'on s'approche de la périphérie. C'est ainsi que la température des pieds et des mains est généralement inférieure de 5 ou 6 degrés à celle des parties centrales; elle dépasse rarement 32°, tandis que cette dernière varie de 38° à 38½. Ce fait général se conçoit aisément; d'une part, en effet, les combustions des éléments du sang se font plus spécialement dans la profondeur des organes et des tissus; d'autre part les membres, dont la masse est moindre que celle du tronc, obéissent plus facilement aux variations du milieu extérieur.

La moyenne des températures prises dans différentes régions du corps est de 37° environ. Ce chiffre peut donc être considéré comme représentant la *température moyenne* du corps humain. C'est également celui qu'on obtient en plaçant un thermomètre dans l'aisselle.

Température du sang. — J. Davy, et plus récemment MM. Bernard, Walferdin, Würplitzer, etc., en introduisant des thermomètres à très-petits réservoirs dans les vaisseaux sanguins des animaux vivants; MM. Becquerel et Breschet, en poussant dans les vaisseaux sanguins leurs aiguilles thermo-électriques, ont constaté directement que le sang est plus chaud que toutes les autres parties du corps.

Il semblerait que le mélange continu qui s'opère dans les vaisseaux par suite du mouvement circulatoire dût rendre uniforme la température du sang dans toute l'étendue de l'économie. En réalité, les choses se passent autrement.

On a d'abord étudié comparativement le *sang artériel* et le *sang veineux*. Les premiers expérimentateurs, Haller (1760), Davy (1815), MM. Becquerel et Breschet (1837), admirèrent que la température du sang artériel était partout supérieure à celle du sang veineux. Les recherches plus exactes de M. Cl. Bernard, et après lui de M. Würplitzer, montrèrent que cette conclusion était beaucoup trop générale, et qu'en réalité le fait était bien plus

complexe. Pour faire bien saisir les résultats obtenus par ces savants, M. Bécclard partage par la pensée le système circulatoire en trois sections.

Dans la première, il comprend d'une part la *crosse de l'aorte* et ses branches, d'autre part la *veine cave supérieure* et ses affluents. Ici la température du sang veineux est inférieure à celle du sang artériel, lorsque l'on compare deux vaisseaux situés à égale distance du cœur, la carotide primitive et la veine jugulaire interne, par exemple.

Dans la seconde section, qui comprend d'une part l'*aorte descendante* et ses branches, d'autre part la *veine cave inférieure* et ses affluents, la même loi est vraie en ce qui concerne les membres inférieurs. Mais il n'en est plus de même si l'on opère au-dessus du point où la veine rénale vient s'aboucher dans la veine cave. Dès ce moment les résultats deviennent inverses; les veines rénales et sus-hépatiques renferment en effet un sang notablement plus chaud que le sang contenu dans les artères correspondantes; le mélange de ce sang avec celui de la veine cave suffit à rendre ce dernier plus chaud que celui de l'aorte dans le trajet compris entre le rein et l'oreillette droite.

La troisième section comprend les *cavités du cœur*. Ici le sang veineux (ventricule droit) est notamment plus chaud que le sang artériel (ventricule gauche), parce que ce dernier s'est refroidi dans le poumon au contact de l'air extérieur. Ce fait, sur lequel nous avons insisté plus haut (voyez *Respiration*), a été démontré d'une façon incontestable par les expériences successives de Collard de Martigny et Malgaigne (1832), H. Diebig (1854), Pick (1855), Cl. Bernard (1857).

Il résulte de ce qui précède que le sang atteint son maximum de chaleur à sa sortie du foie (oreillette droite); il atteint son minimum à sa sortie du poumon (oreillette gauche). L'écart entre ces deux températures est d'ailleurs peu considérable; il n'est guère que de 0°1, 0°2, 0°3 au plus.

Température des glandes. — Tout organe, par cela même qu'il vit, c'est-à-dire qu'il respire, produit une certaine quantité de chaleur. Mais cette quantité devient beaucoup plus considérable si de l'état de repos il passe à l'état de fonctionnement.

Ce fait trouve sa vérification dans l'étude de la température des glandes. Dans ces organes, toute suractivité fonctionnelle s'accompagne d'une suractivité circulatoire et en même temps d'une élévation de température. C'est là une loi générale qui

peut s'appliquer à toutes les glandes, mais avec des variations du plus au moins, suivant la glande que l'on considère. Le retentissement de cette élévation de température sur le reste de l'économie est en raison directe du volume de la glande et de la continuité de son fonctionnement. Ces deux conditions se trouvent réalisées au maximum dans le foie et dans le rein, glandes volumineuses et qui sécrètent sans intermittence. Nous avons vu que le sang qui en revient possède une température assez considérable pour rendre le sang de la veine cave inférieure plus chaud que celui de l'aorte.

Température des muscles. — Dans le tissu musculaire, plus que dans tout autre, il importe de distinguer l'état de repos de l'état de fonctionnement (c'est-à-dire de contraction). La distinction que nous venons d'établir, relativement à la température des organes dans l'un et l'autre de ces deux états, a donc ici plus que partout ailleurs sa raison d'être.

1^o *Muscle à l'état de repos.* — L'expérience de P. Bert que nous avons relatée plus haut (voyez *Respiration*) prouve que, même à l'état de repos, le muscle respire, c'est-à-dire qu'il absorbe de l'oxygène et rend de l'acide carbonique. Il produit donc une certaine quantité de chaleur, au même titre que les autres tissus de l'économie.

2^o *Muscle à l'état de contraction.* — Mais que le muscle vienne à se contracter, en même temps que ses qualités physiques se modifient, les combustions y deviennent immédiatement plus actives; le sang qui en sort est plus noir, plus chargé d'acide carbonique; la température s'élève.

On a remarqué de tout temps que l'exercice musculaire et le mouvement produisent de la chaleur. Davy avait déjà observé qu'après l'exercice, une promenade ou une course prolongée, la température prise sur la peau ou sous la langue, ainsi que la température de l'urine excrétée, était plus élevée de quelques fractions de degré que chez l'homme au repos. Mais c'est surtout par les expériences de MM. Becquerel et Breschet, et par celles plus récentes de M. Helmholtz, que la production de chaleur au sein des muscles en contraction a été mise en évidence.

Ces expérimentateurs se sont servis, pour mesurer la température des muscles, d'un appareil thermo-électrique, c'est-à-dire d'une pile thermo-électrique combinée avec un galvanomètre. Il n'entre pas dans notre plan de relater en détail le procédé suivi (voir pour plus de détails les traités de physique). Voici seule-

ment en deux mots le principe sur lequel repose ce procédé. On sait que, lorsqu'un circuit composé de deux fils de métaux différents est inégalement chauffé à chacun des points de soudure de ces fils, il se développe un courant dans ce circuit; le sens de ce courant, indiqué par un galvanomètre, montre quel est le point de soudure le plus fortement chauffé, et la déviation de l'aiguille du galvanomètre permet de calculer la différence de température. On conçoit d'après cela qu'il soit possible, en plaçant l'une des soudures d'un semblable circuit dans un bain à température constante, l'autre dans l'intérieur d'un muscle que l'on fait successivement relâcher et contracter, d'évaluer et de comparer la température du muscle dans chacun de ces deux états. Expérimentant d'après ce principe sur l'homme et sur le chien, MM. Becquerel et Breschet ont constamment trouvé une différence de température en faveur du muscle en contraction; dans le biceps brachial, la température qui, au repos, était de 36°50, pouvait, après la flexion répétée du bras, s'élever de 0°5, et même de 4° après des efforts énergiques. Plus tard M. Helmholtz, opérant sur des grenouilles à l'aide d'un appareil thermo-électrique plus sensible, a constaté dans les muscles contractés (muscles de la cuisse) une élévation de température pouvant atteindre 0°14 ou même 0°18.

Recherches de M. Béclard. — Mais il est un côté de la question dont ces expérimentateurs ne s'étaient pas préoccupés et qui a été l'objet de longues recherches de la part de M. Béclard. Nous céderons ici la parole au savant professeur.

« La contraction musculaire, dit-il, qu'elle soit volontaire ou qu'elle soit provoquée, peut se manifester de deux manières très-différentes :

« 1^o Tantôt les leviers osseux sur lesquels les muscles s'insèrent sont, pendant la contraction du muscle (volontaire ou artificielle), maintenus immobiles dans des positions variées, et la contraction qui s'opère dans le muscle n'est point accompagnée de mouvements; en d'autres termes, la force ou la puissance développée dans le muscle qui se contracte est maintenue en équilibre, pendant toute la durée de la contraction, par une résistance qui n'est pas surmontée. Cette résistance non surmontée, ou, pour mieux dire, *équilibrée*, est tantôt le simple poids des parties, comme, par exemple, dans beaucoup d'attitudes fixes des membres ou du tronc; tantôt cette résistance équilibrée consiste dans des poids additionnels, ou simplement dans la contraction synergique des muscles opposés, ce qui fait que l'action musculaire s'exerce parfois avec