En ce qui concerne le *lieu* et la *nature* des combustions, cette conclusion est aussi, à peu de chose près, celle de MM. Fick et Wislicenus qui ont cherché à mesurer le travail mécanique de leur ascension au Faulhorn par le dosage de l'urée excrétée pendant l'ascension.

D'après MM. Fick et Wislicenus, attribuer la production de la chaleur et de la force, non aux combustibles ordinaires de l'économie (substances grasses et hydrocarbonées), mais aux matières albuminoïdes qui composent la masse principale des muscles, c'est comme si l'on prétendait que « dans une locomotive surtout composée de fer, d'acier et de cuivre, et de fort peu de charbon, son action dépendait de la combustion du fer et du cuivre et non de la combustion du charbon ». Pour que l'argument eût quelque valeur il faudrait démontrer que les muscles sont aussi inaltérables que les bielles et les manivelles de la machine à vapeur, et qu'il n'y a dans les animaux que de la graisse et du sucre qui brûlent, de même qu'il n'y a dans la locomotive que du charbon qui se consume.

Nous ne reviendrons pas sur l'ensemble des faits qui démontrent précisément le contraire: à savoir, que les métamorphoses essentielles de la nutrition s'accomplissent non dans les vaisseaux, mais au sein des tissus, que les transformations dont les tissus azotés sont le siège sont des sources de chaleur au même titre que les oxydations des matières hydrocarbonées et que la propriété des matières albuminoīdes d'être la substance même des muscles n'est qu'une propriété en quelque sorte temporaire. Qui ne sait que des animaux nourris pendant des mois avec de la chair musculaire, à dessein privée de graisse, jouissent de toute leur puissance musculaire, et que les carnivores, c'est-à-dire les bêtes de proie, se distinguent précisément des herbivores (dont le régime est surtout hydro-carboné) par la promptitude et l'énergie des mouvements. Le seul argument expérimental de MM. Fick et Wislicenus, c'est que la combustion des albuminoïdes ne représentait dans leur ascension que la moitié de la chaleur transformée en travail mécanique utile. Mais les produits de métamorphose des substances albuminoïdes de l'économie ne se laissent saisir ni d'une manière nécessaire, ni d'une manière immédiate comme urée. En d'autres termes, l'urée n'est ni la seule forme de l'oxydation des matières albuminoïdes, ni toujours le dernier terme de leurs métamorphoses organiques.

En définitive, tout concourt à le démontrer, nous le disions il y a longtemps déjà et c'est aussi la conclusion des recherches plus récentes de MM. Hermann Playfair et Ranke, le travail musculaire et la transformation de la substance du muscle sont dans une corrélation nécessaire.

§ 166.

Calorimétrie. — Quantité de chaleur produite en un temps donné. — Causes qui peuvent faire varier cette quantité. — On a souvent calculé la quantité de chaleur produite et perdue par l'homme pendant une période de temps déterminée (au commencement et à la fin de laquelle il présente la même température), en l'espace de vingt-quatre heures, par exemple. Les évaluations proposées, à cet égard, sont des moyennes plus ou moins approxima-

l'état d'inertie, qu'il est même alors le siège d'oxydations, et qu'il n'y a entre un muscle non contracté et un muscle qui se contracte qu'une question de degrés.

tives : pour qu'elles fussent absolument rigoureuses, il faudrait tenir compte d'une foule d'éléments très complexes dont quelques-uns nous échappent encore

Les premiers observateurs qui ont abordé ce sujet n'étaient en possession que de quelques-unes des données du problème (les principales, il est vrai). C'est ainsi que les chiffres proposés par Lavoisier et ses successeurs reposaient seu-lement sur les quantités de chaleur correspondant à l'acide carbonique et à l'eau formés dans la respiration.

En outre, dans les évaluations dont nous parlons, 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. Or, ce n'est pas tout à fait ainsi que les choses se passent. Il faudrait pour raisonner sur la chaleur qui répond à la formation de l'acide carbonique, par exemple, connaître l'origine de ce carbone. Le problème est donc très compliqué quand on pénètre dans les conditions vraies des phénomènes. Néanmoins, nous signalerons très rapidement ces premières tentatives auxquelles le nom de nos plus grands chimistes se trouve attaché.

Un animal, envisagé pendant un espace de temps déterminé, expire, pendant cette période, par le poumon et par la peau, une certaine quantité d'acide carbonique et de vapeur d'eau; or pendant le même temps il perd par rayonnement, par contact et par évaporation, une certaine quantité de chaleur qu'on peut mesurer. Si donc, d'une part, nous connaissons la quantité de chaleur produite par la combustion du charbon pour former de l'acide carbonique et la quantité de chaleur produite par la combustion de l'hydrogène pour former de l'eau (connaissance fournie par les recherches de la physique); si, d'autre-part, nous connaissons la quantité de chaleur perdue ainsi que la quantité d'acide carbonique et d'eau exhalés dans le même temps, nous pouvons comparer ces deux dernières quantités l'une à l'autre, et en chercher le rapport.

Lavoisier place un animal dans un calorimètre de glace en ayant soin d'entretenir un courant d'air pur autour de lui. Il évalue la quantité de chaleur perdue par cet animal, en un temps donné, en recueillant et en pesant la glace fondue; il note, d'un autre côté, la quantité d'acide carbonique produite par l'animal dans le même espace de temps, puis il calcule la quantité de glace qui aurait été fondue par la formation d'un poids d'acide carbonique égal à celui que l'animal avait expiré. Il conclut de ces expériences que, si l'on représente par 10 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, est égale à 13. Dans les recherches de Lavoisier, l'animal avait donc dégagé plus de chaleur que la formation d'acide carbonique par la combustion du charbon n'en aurait produit dans le même temps. Mais Lavoisier ne tenait pas compte de l'oxygène employé à d'autres usages qu'à la combustion du charbon; aussi fait-il remarquer que l'excès de chaleur produit par l'animal n'est probablement qu'apparent, et qu'il tient vraisemblablement à deux causes : 1° à ce que l'animal s'est refroidi, et 2° à ce qu'il y a une certaine quantité d'oxygène employée à la formation de l'eau, c'est-àdire à la combustion de l'hydrogène.

MM. Dulong et Despretz ont repris les expériences de Lavoisier. L'animal est placé dans un calorimètre à eau; un gazomètre fournit l'air nécessaire à la

respiration; les produits de l'expiration sont reçus dans un autre gazomètre convenablement disposé. Les expérimentateurs notent la quantité de chaleur cédée à l'eau et à l'appareil. Puis ils analysent le mélange gazeux contenu dans le gazomètre où ont été recueillis les gaz expirés; c'est-à-dire qu'ils dosent l'acide carbonique produit et (de plus que Lavoisier) l'oxygène consommé par l'animal. MM. Dulong et Despretz sont arrivés à ce résultat, que la chaleur produite dans le corps de l'animal par la combustion du carbone et de l'hydrogène représente les 8/10 ou les 9/10 de la chaleur cédée au calorimètre.

Les travaux de MM. Dulong et Despretz n'échappent pas aux objections qu'on peut adresser aux expériences de Lavoisier. Ils supposent, par exemple, que l'animal ne s'est pas refroidi dans l'appareil (parce que cet appareil ne contient pas de la glace, mais de l'eau), mais il est tout à fait présumable qu'un animal placé au repos absolu dans un courant d'air se refroidit, et il est certain (toutes les expériences sur l'immobilité des animaux l'ont prouvé depuis) qu'il n'avait pas, en sortant de l'appareil (à la périphérie tout au moins), la température initiale. Ajoutons que dans ces expériences les gaz de l'expiration ont été recueillis sous l'eau, c'est-à-dire sous un liquide qui dissout une proportion notable d'acide carbonique. Enfin, et cette objection est plus grave que les précédentes, 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.

Depuis cette époque, les chiffres de combustion du carbone et de l'hydrogène ont été fixés d'une manière plus rigoureuse par les travaux de MM. Favre et Silbermann. En calculant à l'aide des nouveaux chiffres de combustion obtenus par MM. Favre et Silbermann, les différences signalées par Lavoisier et par MM. Dulong et Despretz se sont amoindries.

Toutefois, l'égalité absolue n'a jamais été obtenue, et elle ne pouvait l'être. En effet, dans l'économie, ce n'est pas du carbone ni de l'hydrogène libres qui se brûlent; c'est, ou de la graisse, ou du sucre, ou de l'albumine, ou de la fibrine, 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 ¹.

Remarquons encore que, dans toutes les expériences dont nous parlons, on a cherché à comparer la quantité de chaleur produite par l'animal à la quantité de chaleur qu'aurait fournie la combustion d'un poids de carbone et d'hydrogène équivalent à celui de l'acide carbonique et de l'eau formés dans la respiration; mais on ne tient compte ainsi que des combustions complètes

Nous empruntons aux tableaux de M. Frankland les chiffres de combustion de l'albumine, de la chair, de la graisse, de l'acide urique et de l'urée :

1 gramme	de chair de bœuf (dégraissée par l'éther) de	nne en	brûlant	Calories.
-	d'albumine	101214		
_	de graisse (de bœuf)	-		9,060
_	d'acide urique	-	_	 2,615
	d'urée .			9 906

dont les produits s'échappent par le poumon et par la peau, et l'on sous-entend la combustion incomplète des éléments qui se séparent de l'économie à l'état d'urée, d'acide urique, de matières extractives de l'urine, d'acides biliaires, etc., produits qui s'échappent par les urines et les fèces. Or, la quantité de chaleur afférente à la formation de ces produits nouveaux (formés aux dépens des matières albuminoïdes) ne se laisse pas aussi facilement saisir par le calcul.

Enfin, et pour les raisons sur lesquelles nous avons appelé l'attention et que nous avons discutées en détail dans le § 165 bis, si la quantité de chaleur dégagée par un animal peut être appréciée d'une manière approximative quand il est à l'état de repos complet, il n'en est plus de même quand il est en mouvement, car la chaleur dégagée dépend aussi et surtout du jeu variable du système musculaire.

Mais, bien que le problème de la chaleur animale ne puisse pas être absolument résolu dans toutes ses parties, il est impossible de ne pas reconnaître aujourd'hui que la production de la chaleur animale est le résultat des oxydations lentes qui s'accomplissent dans l'organisme.

Ceci posé, et en tenant compte de ces divers éléments, cherchons maintenant à fixer par un chiffre la quantité approximative de chaleur que l'homme normal, dont la température reste sensiblement constante, produit et dissipe en l'espace de vingt-quatre heures.

On peut admettre, en résumant ce qui appartient à la période de repos et à la période d'activité, et en fondant ensemble dans une moyenne générale tous les résultats obtenus, que l'homme d'un poids moyen de 65 kilogrammes rend environ, par heure, une quantité d'acide carbonique équivalente en poids à 38 grammes. Ces 38 grammes d'acide carbonique renferment, en nombres ronds, 10 grammes de carbone, 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 0gr,6 d'hydrogène brûlé. Il y a donc, en vingt-quatre heures, 240 grammes de charbon et 15 grammes d'hydrogène brûlés. Il est facile, d'après cela, de calculer la quantité de chaleur produite par cette double combustion.

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. Or, la calorie ou l'unité de chaleur étant 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^{cal},08, et 1 gramme d'hydrogène 35^{cal},5.

Donc 240 grammes de charbon produiront, en brûlant, 1,940 calories, et 15 grammes d'hydrogène donneront 518 calories; au total, 2,458 calories ou unités de chaleur, ou, en nombres ronds, 2,500. 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 2,500 kilogrammes d'eau; ou encore, qu'elle serait capable d'élever à la température de l'eau bouillante 25 kilogrammes d'eau à 0°.

Si l'homme produit en vingt-quatre heures une quantité de chaleur équiva-

¹ M. Frankland a cherché à fixer directement les chiffres de combustion des matières organiques. Les substances étaient brûlées dans le calorimètre de Thompson. Il est bon de rappeler qu'on désigne sous le nom de calorie ou d'unité de chaleur la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré de température 1 kilogramme d'eau.

lente à 2,500 calories, il produira par heure une quantité de chaleur 24 fois moindre, soit 404 calories. Or l'homme ayant un poids moyen de 65 kilogrammes, on peut admettre qu'il produit par heure, et par kilogramme de poids du corps, une quantité de chaleur 65 fois moindre, c'est-à-dire égale à 1°°16.

Cette évaluation de la chaleur produite par heure et par kilogramme de poids du corps permet de comparer plus facilement entre eux les êtres vivants, en introduisant dans la comparaison une mesure commune ¹.

L'homme, ainsi que nous l'avons vu, possède une température à peu près constante. Les 2,500 calories qu'il produit, en moyenne, dans les vingt-quatre heures, 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 qui se fait constamment à la surface de la peau et des poumons lui enlève aussi de la chaleur; enfin, 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 2,500 calories produites en vingt-quatre heures? Il est évident que chaque cas particulier présente des conditions spéciales et qu'on ne peut donner que des appréciations très approximatives. Il faut supposer en outre 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°. Or 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. La balance de la chaleur animale dans l'économie, c'est-à-dire le compte comparé de la recette (production de chaleur) et de la dépense (perte de chaleur), ne saurait donc être établie rigoureusement dans tous ses détails, mais seulement dans ses données principales.

M. Helmholtz a établi ce calcul pour un homme du poids de 82 kilogrammes (par conséquent, supérieur à la moyenne). Il évalue la quantité de chaleur produite en vingt-quatre heures par un homme de ce poids à 2,700 calories, qu'il porte en recettes.

Les pertes ou dépenses sont évaluées de la manière suivante :

	1º Échauffement des aliments et des boissons.	70 c	alories	3 0/0 de	la recette
PERTES	2º Échauffement de l'air expiré	70	-	3 0/0	-
	3º Évaporation pulmonaire de 656 grammes d'eau en vingt-quatre heures	397	_	16 0/0	
OU DÉPENSES	4º Évaporation cutanée, rayonnement, contact.	2.163	-	78 0/0	_
	TOTAL ÉGAL A LA RECETTE	2.700	calories.		

¹ Le chiffre de l'cal,6 produite par l'homme adulte par heure et par kilogr. résulte de l'ensemble des recherches de MM. Brunner et Valentin, Gavarret, Scharling, Vierordt, Pettenkofer, Nasse, Ludwig, Kernig. Dans la saison chaude cette quantité est moins élevée que dans la saison froide On peut admettre que dans l'été elle descend à 1^{cal},4 ou à 1^{cal},3 et que dans l'hiver elle monte à 1^{cal},9 ou même à 2^{cal}.

Ce tableau montre bien l'importance relative des pertes par l'évaporation cutanée, par rayonnement et par contact quand on les compare aux autres sources de refroidissement. Mais on remarquera que dans l'énumération des dépenses il n'y a point de place pour les pertes de chaleur équivalentes au travail mécanique, et que par conséquent l'homme y est supposé au repos absolu 1.

M. Sénator s'est livré dans ces derniers temps à un grand nombre d'expériences de calorimétrie sur les chiens. Ces animaux sont renfermés dans une caisse qui contient environ 70 litres d'air. Cette caisse est placée dans un bainmarie d'une capacité de 140 litres remplie d'eau à 25°; et ce bain-marie est renfermé dans une troisième enceinte, elle-même entourée de ouate. Les animaux reçoivent de l'air, et on recueille l'acide carbonique et l'eau produite. Les animaux se trouvent par conséquent dans les conditions dans lesquelles ils se trouvent à l'air libre dans la belle saison. Des 26 expériences dont le détail est donné, il résulte que pendant la saison d'été la quantité de chaleur produite par heure et par kilogramme de poids du corps est équivalente à 2col, 53°.

Sur un même chien à jeun depuis deux jours, la quantité de chaleur produite par heure et par kilogramme de poids du corps a été de 2^{cal},07; lorsqu'il n'était à jeun que depuis 1 jour elle a été de 2^{cal},34; mis en expérience 1 heure après un repas copieux elle a été de 3^{cal},53. Le poids de l'acide carbonique exhalé dans ces diverses expériences a suivi la même progression; il a été par kilogramme de poids du corps et par heure, dans le premier cas, de 0^{gr},60; dans le second cas, de 0^{gr},64; dans le troisième cas, de 0^{gr},94.

MM. Mathieu et Urbain ont cherché plus récemment, en tenant compte aussi exactement que possible des divers éléments du problème (c'est-à-dire du poids du chien, de son volume, de sa température prise dans le rectum avant et après l'expérience, de la température extérieure, du nombre de ses respirations, du nombre des pulsations du cœur, des combustions respiratoires), à calculer la quantité de chaleur produite et perdue par heure par un même chien envisagé tantôt à l'état de repos, et tantôt pendant un travail musculaire évalué en kilogrammètres.

Le chien envisagé à l'état de repos, pendant une heure, consommait une quantité connue d'oxygène qui en brûlant dans l'économie les matières azotées et hydrocarbonées (dans le rapport supposé de 7 de carbone à 1 d'hydrogène) correspondait à une certaine quantité de chaleur. Or, en calculant la quantité de chaleur perdue pendant une heure: 1° par l'échauffement de l'air respiré; 2° par le rayonnement; 3° par le contact; 4° par l'évaporation de l'eau exhalée; 5° par la chaleur correspondant au travail intérieur de la circulation (0 kilogrammètre 133 par chaque systole) 3, et de la respiration (0 kilogrammètre 262

¹ Il est évident que l'homme ou l'animal vivant ne sont jamais à l'état de repos absolu. Sur l'homme ou l'animal au repos le travail mécanique de la circulation et de la respiration produit un effet utile qui correspond à la transformation (à la perte par conséquent) d'une quantité de chaleur qu'en 24 heures on peut évaluer à près de 100 calories. C'est là un élément qui devrait nécessairement figurer dans un tableau complet des dépenses.

² La proportion de chaleur produite par le chien (par kilogr. et par heure) l'emporte sur celle de l'homme. Il faut remarquer que le volume du chien est moindre. Les chiens de M. Senator étaient de petite taille, entre 5 et 6 kilogr. Dans les expériences de M. Senator comme dans celles de tous les expérimentateurs (V. plus loin), la quantité d'oxygène consommé, la quantité d'acide carbonique exhalé et par conséquent la quantité de chaleur produite, est d'autant plus grande que l'animal à sang chaud est plus petit. Cette loi a été vérifiée sur les chiens de diverses tailles par M. Senator lui-même.

³ Chez l'homme le travail de chaque systole ventriculaire est évalué par MM. Fick et Wisli-

par chaque mouvement d'inspiration); en calculant, dis-je, toutes ces pertes, MM. Mathieu et Urbain arrivent à une balance à peu près exacte.

Sur le chien, envisagé pendant la période horaire durant laquelle il produit un travail utile évalué à 26,004 kilogrammètres ¹, la quantité de chaleur perdue comparée à la quantité de chaleur produite s'est trouvée diminuée, d'abord de la quantité de chaleur due à l'élévation de température propre du chien qui avait monté (prise dans le rectum) de 1°,1; et ensuite de la quantité de chaleur correspondante à la valeur du travail utile exécuté ².

— Toutes les causes qui font varier les proportions de l'acide carbonique exhalé et de l'oxygène consommé, en un temps donné, font osciller la quantité de chaleur produite.

L'état de jeûne, ou la période digestive, 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 (§140). Un même chien, qui après vingt-quatre heures de jeûne produisait 23^{cal},28 et exhalait 5^{gr},5 d'acide carbonique en une heure, produisait dans le même temps 35^{cal},43 et exhalait 9^{gr},5 d'acide carbonique, six heures après un repas copieux, les conditions de température et d'humidité extérieure étant exactement les mêmes (Sénator).

Déjà (page 398) nous avons insisté sur les effets de l'ingestion des boissons alcooliques, et signalé parmi ces effets une diminution dans la quantité d'acide carbonique exhalé, toutes les fois que la proportion des boissons alcooliques ingérées (soit sous forme d'alcool, soit sous forme de vin) avait une certaine importance.

De nombreuses recherches thermométriques ont été faites d'une autre part par MM. Parkes, Riegel, Dogiel, Binz, etc., pour fixer l'influence de l'alcool sur la température animale. Il en résulte que l'ingestion de l'alcool détermine un abaissement de température (mesuré dans le rectum) de 0°,3 à 0°,5 lorsque la quantité ingérée est moyenne, mais qui peut être de 1 degré et même de 1°,5 pour des doses massives.

Quand la proportion des boissons alcooliques est peu considérable (50 ou 60 grammes) l'effet maximum a lieu environ deux heures après l'ingestion et disparaît généralement après la troisième heure; quand la quantité est plus forte (150 à 200 grammes) l'action est plus durable. Mais cette action ne se produit guère que sur l'homme à jeun, et au repos. Elle est moins sensible, et peut manquer, quand les boissons alcooliques sont consommées pendant le repas, ou pendant la période du travail, parce que l'abaissement est alors masqué ou même remplacé par l'élévation normale de la température due à ces deux actes.

Nous avons vu, en effet, que la température de l'homme éprouve, dans le cours de vingt-quatre heures, des maxima et des minima qui correspondent non-seulement à l'influence du repos et de l'activité, 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 $+36^{\circ}$,8, elle monte à $+37^{\circ}$,1 après déjeuner. La température prise au même

cenus à 0 kilogrammètre, 61. Le travail accompli par l'homme dans chaque effort d'inspiration est évalué par les mêmes observateurs à 0 kilogrammètre, 63.

point étant de + 37°,1, dans l'après-midi et avant le dîner, elle est de + 37°,5 après le dîner; puis elle s'abaisse peu à peu, pendant la nuit, jusqu'à + 36°,8. Les recherches de M. W. Ogle et celles de M. Jürgensen les ont conduits 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 premier ¹, 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 hibernal. La température des animaux hibernants s'abaisse avec les combustions de nutrition ². L'animal, produisant peu de chaleur pendant le sommeil hibernal, 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. Assoupissement. Demi-sommeil, Sommeil profond.	33°,85	28°,88
5°,35		24°,10	18°,75
4°,81		11°,16	6°,35
8°,63		10°,23	1°,60

Lorsque la température extérieure descend à 0° ou au-dessous de 0°, on voit la température de la marmotte s'abaisser à $+5^{\circ}$, $+4^{\circ}$, et même à $+2^{\circ}$. 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.

Pendant le sommeil naturel des animaux, la respiration et la circulation sont beaucoup moins ralenties que pendant le sommeil hibernal. 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 tempé-

² L'engourdissement hibernal des mammifères représente en quelque sorte l'état normal et physiologique de la plupart des animaux à sang froid (ou animaux à température variable).

BECLARD, 7º édition.

36

¹ Ce chien est un animal très vigoureux, du poids de près de 40 livres (exactement 19^{kil},300).

² Chaque degré de chaleur correspond, ainsi qu'on le sait, par équivalence, à 425 kilogrammètres.

¹ Un hérisson qui, à l'état de veille, consommait 1 litre d'oxygène, ne consommait plus, à l'état de sommeil hibernal, que 0¹,04 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 0⁵°,04 d'oxygène par heure et par kilogramme de poids du corps (Regnault). Le spermophilus, dont la température de veille est de 36°, produit dans son sommeil léthargique 34 fois moins d'acide carbonique qu'à l'état de veille (Horvath).