

ANNALES
DE LA
SOCIÉTÉ LINNÉENNE
DE LYON

Année 1899

(NOUVELLE SÉRIE)

TOME QUARANTE-SIXIÈME

LYON
H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR
36, PASSAGE DE L'HOTEL-DIEU
MÊME MAISON A GENÈVE ET A BALE

PARIS
J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, ÉDITEURS
119, RUE HAUTEFEUILLE

1900

froide; c'est ce qu'on observe sur le muscle cardiaque complètement détaché et abandonné à lui-même.

On peut résumer de la façon suivante les résultats des recherches ci-dessus :

1° Le temps perdu de la contraction musculaire est d'un tiers plus court chez la marmotte chaude que chez la marmotte froide;

2° La durée de la période d'activité croissante est, ainsi que la période d'activité décroissante, moitié plus courte que chez la marmotte chaude;

3° La téτανisation s'obtient avec un nombre d'excitations trois fois moindre pour la marmotte chaude;

4° La puissance de travail est très élevée chez la marmotte chaude qui peut non seulement soulever des poids plus lourds, mais encore les élever à une plus grande hauteur. L'optimum des poids soulevés est dix fois plus fort chez la bête chaude;

5° Le muscle de la bête froide dégage moins de chaleur pour une même excitation et un même poids soulevé;

6° La fatigue musculaire se produit beaucoup plus vite dans le muscle de la marmotte chaude que dans celui de la marmotte froide.

Ces expériences montrent nettement que la chaleur constitue une condition physique du milieu intérieur favorable au développement de la puissance du travail musculaire.

**Recherches de calorimétrie animale
et Examen critique des travaux de M. U. Dutto
sur l'hivernation de la Marmotte.**

Par Raphaël DUBOIS.

M. U. Dutto a publié dans les *Archives italiennes de biologie*, en 1897 et 1898¹, des recherches expérimentales et des vues

¹ Quelques recherches calorimétriques chez une marmotte (*Arch. ital. de biol.*, XXVI, p. 210, 1897); et Recherches de calorimétrie animale (*ibid.*, XXX, fasc. I, 1898).

théoriques qui nécessitent, à mon avis, quelques observations critiques.

Les premières recherches calorimétriques de M. Dutto ont porté sur une seule marmotte dans la fin du mois de mai. Il m'a semblé que l'époque était bien mal choisie, surtout en Italie, pour bien étudier l'hivernation de la marmotte, mais ce qui m'a surpris le plus, c'est que cet animal, qui était, d'après M. Dutto, en «sommeil tranquille», avait une température de 35°2 dans le pli de l'aîne avec dix respirations par minute: la température extérieure étant de 15 degrés.

L'expression de «sommeil tranquille» a été employée par Valentin pour désigner l'état le plus voisin de la torpeur profonde. Comment, alors, expliquer cette température de 35 degrés dans le pli inguinal, et certainement plus élevée dans le rectum? La température propre de l'animal était donc de 20°2, supérieure à celle du milieu ambiant, et pourtant il ne présentait que dix respirations par minute! Ces constatations sont en contradiction avec ce que l'on sait de la torpeur hivernale.

Les résultats calorimétriques obtenus par M. Dutto ne sont pas moins surprenants. Sa marmotte, dont le poids était voisin de 1 kilogramme (1034 gr.), rayonnait 8,08 calories à l'heure, et, en moyenne, les jours suivants 7,95 calories, soit un peu plus du double du chiffre marqué qui m'a été fourni par les nombreuses mesures calorimétriques dont j'ai consigné les résultats dans mon *Etude sur le mécanisme de la thermogénèse et du sommeil chez les Mammifères*¹. Mais ce qui m'a causé incontestablement le plus grand étonnement, c'est que M. Dutto ait pu écrire qu'un lapin de poids égal à celui de sa marmotte, avec un poil de la même couleur, émettait une moindre quantité de chaleur, bien que la température de cet animal fût de 4 à 5 degrés supérieure à celle de la marmotte. Ce lapin émettait 5 cal. 77 à l'heure.

J'aurai l'occasion de revenir plus loin sur ces résultats qui sont en opposition absolue avec ceux que j'ai publiés, mais dont M. Dutto paraît ignorer l'existence, bien qu'ils datent de 1896; il dit en effet: « Personne, à l'exception de Walter, n'a traité la question la plus intéressante, je veux dire l'étude de la thermogénèse au moyen du

¹ *Annales de l'Université de Lyon*, 1896.

calorimètre. » Ces expériences de Walter, soit dit en passant, n'offrent rien d'intéressant, car il s'est contenté de placer un Lapin et un Suslick, après les avoir tués, dans un calorimètre à glace et il a cru reconnaître que le Suslick avait une chaleur spécifique plus élevée et un pouvoir émissif plus grand que le Lapin.

Je me bornerai, pour le moment, à faire remarquer à M. Dutto que les graphiques calorimétriques qu'il donne pages 212 et 213 ne montrent pas du tout ce qu'il prétend leur faire dire, car les courbes calorimétriques du lapin et de la marmotte ont sensiblement la même hauteur.

Malgré l'insuffisance évidente de ses recherches, M. Dutto n'hésite pas à donner une explication de l'hivernation : « On ignore, dit-il, quelles sont les causes déterminantes de ce phénomène, et jusqu'à présent, on n'a rien pu opposer aux anciennes hypothèses de Buffon, de Spallanzani, de Hunter, de Mangili et de Saissy. » M. Dutto s'empresse de combler cette regrettable lacune : « Étant donné le grand pouvoir émissif de la marmotte, quand la température externe s'abaisse, l'émission de la chaleur de l'animal hivernant *croît tellement* que, chez celui-ci, la production de la chaleur ne peut plus maintenir la température normale de l'animal, laquelle s'abaisse rapidement jusqu'à devenir *égale à celle du milieu*. »

Certes, il y a, comme je l'ai montré, un optimum de rayonnement à 10 degrés pour la marmotte, mais la perte de chaleur ne *croît pas tellement*, à cette température, que l'animal qui s'endort soit comparable, par exemple, à un lapin refroidi par un courant d'eau froide. M. Dutto paraît ignorer qu'à cette même température les marmottes se réchauffent de temps à autre spontanément, et qu'un froid voisin de zéro degré les fait sortir de leur torpeur. L'épuisement énergétique par le froid, que M. Dutto confond avec le sommeil hivernal, peut aussi s'obtenir avec la marmotte, mais elle se comporte alors d'une manière toute différente, et succombe rapidement à la soustraction forcée du calorique, comme cela arrive pour tout animal inanié.

C'est à tort aussi que M. Dutto dit que la température de la marmotte, sous l'influence du prétendu accroissement de rayonnement qu'il imagine « s'abaisse rapidement jusqu'à devenir *égale à celle du milieu* », il eût été plus exact de dire qu'elle *se rapproche* beaucoup de celle du milieu.

Pour M. Dutto, la marmotte se refroidit suivant la loi de Newton, c'est-à-dire comme un corps brut, ce qui est absolument contraire à ce que nous a fourni l'analyse de la courbe calorimétrique de la marmotte qui s'endort: d'ailleurs, toute la physiologie de la marmotte proteste contre une semblable assimilation et je n'insiste pas davantage sur ce point, ainsi que sur d'autres faits inexacts de peu d'importance.

Mais, dans le premier mémoire, M. Dutto semble ignorer l'existence du réveil de la marmotte par une température voisine de 0 degré ou inférieure à 0 degré, et c'est sans doute pour cela qu'il admet que la marmotte est dépourvue de système thermo-régulateur. Elle en possède, au contraire, un merveilleux, qui lui permet de se tenir toujours à quelques dixièmes de degré au-dessus du milieu ambiant, pendant la torpeur, et de s'élever de 35 degrés parfois, quand la température extérieure s'approche de 0 degré.

J'ajouterai que si M. Dutto a vu le calorimètre de d'Arsonval tracer une ligne droite se confondant avec celle de l'appareil fonctionnant à vide, alors qu'un des cylindres renfermait sa marmotte en torpeur, cela ne prouve pas que cette dernière ne rayonnait pas de chaleur, mais simplement que le rayonnement du calorimètre égalait celui de l'animal endormi. S'il avait pris à ce moment la température rectale du sujet, il l'eût trouvée certainement supérieure à celle du milieu ambiant. Dans les cas où la température de la marmotte s'est trouvée égale ou inférieure à celle du milieu, c'est que cette dernière s'était élevée plus vite que celle de l'animal.

Dans son second mémoire, M. Dutto parle de faits bien connus relatifs à l'influence du bruit, de la pression barométrique, des manœuvres de pesage et de prises de température. Il ajoute que récemment j'ai décrit des périodes de réveil qui ont lieu d'ordinaire toutes les trois ou quatre semaines, mais sa marmotte, à lui, se réveillait tous les sept jours, et, comme les chiffres que j'ai donnés se rapprochent de ceux de Valentin, M. Dutto suppose que Valentin a laissé échapper des réveils!

J'ai vainement cherché, dans les nombreux graphiques calorimétriques que j'ai obtenus à l'aide du calorimètre de d'Arsonval, les différences de forme, dont parle M. Dutto, entre les courbes fournies par un homœotherme quelconque et la marmotte éveillée, et

je ne vois nullement l'utilité des néologismes proposés : « *ligne anathermique, ligne catathermique, ligne isothermique.* »

Si M. Dutto avait observé, comme nous, un grand nombre de marmottes, il n'aurait pas écrit que la marmotte n'atteint jamais, pendant l'hivernation, l'état de veille parfaite, mais seulement un état intermédiaire entre la léthargie profonde et la veille parfaite.

Dans les périodes de réveil, les marmottes sont extrêmement vives et ne peuvent être maniées qu'avec la plus grande circonspection.

La marmotte de M. Dutto a séjourné pendant plusieurs semaines dans le calorimètre. Il admet qu'elle n'a pas été en état de veille pendant ce temps et que sa température n'a pas dépassé 20 à 25 degrés. En tout cas, pendant la période de veille, la marmotte ne serait pas un homœotherme parfait, parce qu'il a observé des dents sur la courbe calorimétrique. J'ai vu des accidents semblables produits par des défécations ou des mictions, et c'est sans doute pour cela que M. Dutto ne considère pas la marmotte éveillée comme un homœotherme parfait : enfin, l'auteur nous apprend que, pendant le long séjour du sujet en expérience, il y avait dans le calorimètre des fèces, des carottes et du foin vraisemblablement mélangés à de l'urine. Sont-ce là des conditions expérimentales bien favorables ? Et n'est-il pas également regrettable que M. Dutto ait pu obtenir de bonnes courbes calorimétriques seulement lorsque soufflait le siroco ?

La partie la plus importante du travail de M. Dutto est certainement celle où il étudie les précautions à prendre pour se servir utilement du calorimètre compensateur et enregistreur à cylindres de d'Arsonval. Il en a oublié pourtant quelques-uns, et c'est vraisemblablement à l'oubli de l'une d'elles qu'il faut attribuer les grandes divergences existant entre les résultats numériques de M. Dutto et les miens. J'ai remarqué, entre autres choses, qu'il suffisait que l'un des cylindres conjugués fût placé en face d'une fenêtre ou près d'un mur pour qu'on ne puisse pas obtenir une ligne parfaitement droite quand l'instrument fonctionne à vide. Aussi, pour cette raison, ai-je opéré dans les sous-sols du laboratoire, où la température est sensiblement constante. L'appareil était placé sur une table, au milieu d'une salle plongée dans l'obscurité.

Je reconnais que la méthode de graduation du calorimètre de d'Arsonval, par un fil de platine rougi électriquement, préconisée par M. Dutto, est préférable à celle obtenue par l'eau chaude que nous avons employée lors de nos premières expériences. Aussi, ai-je entrepris de nouvelles recherches cette année avec la méthode du fil rougi. J'ai tenu, en outre, pour me placer dans les mêmes conditions que M. Dutto, à opérer à la fin de l'hivernation.

Après m'être assuré que le stylet du calorimètre écrivant à vide donnait une ligne droite parfaite et qu'aucun orifice accidentel n'existait dans les cylindres, j'ai opéré la graduation avec deux fils traversés par un courant d'un ampère : le premier offrait une résistance de 10 ohms 29 et dégageait par conséquent 8 g. cal. 82 à l'heure ; le deuxième avait une résistance de 4 ohms 79 et dégageait 4 g. cal. 12.

Il est résulté de cette graduation que *pour une longueur de levier de 26 centimètres*, un soulèvement de la pointe de la plume de 2^{mm}5 correspondrait à 1 g. cal. heure.

Ces premiers résultats ne coïncident pas avec ceux de M. Dutto qui admet que 1 centimètre de déplacement de la pointe du levier inscripteur, avec les grands gazomètres, correspond à 3 g. cal. 85 à l'heure. D'ailleurs, il y a dans l'exposé de M. Dutto une regrettable lacune, car il n'indique pas la longueur du stylet employé. En outre, on est frappé de ce fait en examinant de près ses graphiques, page 212 (*Arch. ital. de biol.*, t. XXVII, 1897), que la courbe de la marmotte mesure une hauteur moyenne de 10 millimètres, bien que M. Dutto indique que l'animal a rayonné 8 cal. 08 par heure (poids : 1034 ; temp. du pli inguinal, 35°2) ; or, page 213, un lapin de 1070 a fourni une courbe dont la hauteur est sensiblement égale, et pourtant, pour une différence de poids de 30 grammes seulement, M. Dutto trouve que le lapin a rayonné en moyenne, par heure, 5 cal. 77. Il y a certainement ici une erreur.

D'ailleurs, à plusieurs reprises, ayant placé un lapin dans un des cylindres et une marmotte de même poids dans l'autre, j'ai toujours trouvé que le lapin rayonnait davantage que la marmotte : ces résultats ont été maintes fois contrôlés par mes aides, et je suis au dernier point surpris que M. Dutto soit arrivé à une constatation précisément opposée.

Dans mes premières expériences, ainsi que je l'ai déjà dit, je m'étais servi, pour graduer le calorimètre de d'Arsonval, de ballons enduits de noir de fumée et remplis d'eau chaude qu'on laissait refroidir de 54 à 39 degrés et de 44 à 32 degrés, mais il n'est pas douteux que ce procédé soit passible de critiques, et, en tout cas, moins exact que celui du fil de platine dont le rayonnement peut être rendu constant. Aussi, ai-je obtenu avec ce nouveau procédé des résultats numériques un peu différents.

Dans mes premières expériences, j'avais trouvé qu'un kilogramme de marmotte rayonne 3 cal. à l'heure; avec le fil de platine, nous avons trouvé 3 cal 400.

Le lapin rayonnait par kilo-heure 3 cal. 400; avec le fil de platine nous avons 3 cal. 600; mais nous sommes bien loin des chiffres de M. Dutto qui a trouvé que sa marmotte, dont le poids était de 1034, avec une température inguinale de 35°2, rayonnait 7 cal. 95 à l'heure, tandis qu'un lapin de 1070, avec une température inguinale de 39°3, ne rayonnait à l'heure que 5 cal. 77.

Les chiffres moyens que je donne plus haut sont le résultat de plusieurs mesures qui ont fourni des chiffres très voisins, soit en mettant successivement la marmotte et le lapin, ou le lapin et la marmotte, dans l'un ou l'autre des cylindres (après s'être assuré chaque fois que le calorimètre marchant à vide donnait une ligne droite), soit en mettant le lapin à droite et la marmotte à gauche, ou inversement et en évaluant la différence de rayonnement.

Les chiffres ainsi obtenus sont plus élevés que ceux que j'ai donnés dans le chapitre VIII de mes *Etudes sur le mécanisme de la thermogenèse et du sommeil* (*loc. cit.*), mais ils nous rapprochent singulièrement de ceux que j'avais obtenus par la calorimétrie indirecte (*ibid.*).

En effet, en évaluant le nombre de calories rayonnées pendant toute l'hivernation par le calcul que j'ai indiqué (*loc. cit.*), on trouve, avec la méthode directe, le chiffre 979 cal. 200.

Les deux méthodes de calorimétrie indirecte que j'avais employées m'avaient donné, l'une le chiffre 1001 cal. 22, et l'autre 895 cal. 805, dont la moyenne, 948 cal. 562, se rapproche beaucoup du chiffre 979 cal. 200 fourni par la calorimétrie directe au moyen du calorimètre de d'Arsonval réglé par le fil de platine rougi.

La moyenne des chiffres fournis par la calorimétrie indirecte et par la calorimétrie directe sera donc :

$$\frac{948 \text{ cal. } 592 + 979 \text{ cal. } 200}{2} = 963 \text{ cal. } 881.$$

Un kilogramme de marmotte rayonnera donc pendant toute l'hivernation 963 cal. 881, et, en supposant que dans la veille estivale, qui n'est d'ailleurs pas continue à cause des sommeils, le rayonnement soit le même que pendant la veille hivernale, la marmotte rayonnerait en dehors de la période hivernale :

$$3 \text{ cal. } 400 \times 24 \text{ h.} \times 180 \text{ j.} = 14688 \text{ calories.}$$

et dans toute l'année environ 15642 calories. Mais, en réalité, le rayonnement de la marmotte est plus élevé en été : nous l'avons trouvé par kilo-heure de 3 c. 500, ce qui donne le chiffre 16184 calories.

Remarque. — Je profite de cette note pour rectifier une erreur typographique qui s'est glissée dans mon *Étude sur le mécanisme de la thermogénèse et du sommeil chez les mammifères*, pages 112, 114, 238 : au lieu d'un quart du poids de l'animal, il faut lire un cinquième.

Sur la bioélectrogénèse chez les végétaux.

Par Raphaël DUBOIS.

Je ne connais actuellement aucun travail d'ensemble sur la bioélectrogénèse végétale : il n'existe dans la science, à ma connaissance, que quelques travaux isolés et souvent contradictoires.

Cependant les végétaux sont le siège d'une foule de phénomènes physiques tels que ceux d'osmose, de capillarité, d'évaporation, de tensions de surface, etc., susceptibles de produire des actions électromotrices. En outre, on y constate des réactions chimiques nombreuses. Dans l'intérieur d'un même plastide, des parties composantes juxtaposées, comme le noyau et le protoplasme, peuvent offrir des réactions différentes, à tel point que l'on a pu comparer le plastide à un élément de pile. Les granulations bioprotéoniques elles-mêmes ne paraissent devoir leur pouvoir électif