

LA DÉPENSE D'ÉNERGIE
CHEZ LA MARMOTTE EN ÉTAT D'HIBERNATION,

par L. DONTCHEFF et Ch. KAYSER

Parmi les nombreux problèmes que suscite l'étude du sommeil hivernal, l'un des plus fréquemment et des plus précocement

LA DÉPENSE D'ÉNERGIE
CHEZ LA MARMOTTE EN ÉTAT D'HIBERNATION,

par L. DONTCHEFF et Ch. KAYSER

Parmi les nombreux problèmes que suscite l'étude du sommeil hivernal, l'un des plus fréquemment et des plus précocement

étudiés a été la recherche de la calorification des hibernants pendant le sommeil. Les premières mesures de Regnault et Reiset (1*) en 1849 sur la marmotte sont restées classiques : pendant le sommeil profond à 8°, 10° et 13°6, ces auteurs donnent comme chiffres les plus bas de la consommation d'oxygène par kgr. et heure : 0,048 - 0,040 et 0,085 gr. Les quotients respiratoires correspondants sont de 0,587 dans la première mesure, 0,399 dans la seconde et 0,546 dans la troisième. C'est sur ces chiffres que se base essentiellement la conception de l'existence de quotients respiratoires inférieurs à 0,7 chez les hibernants pendant le sommeil et l'hypothèse de la transformation concomitante des graisses en sucres. Les chiffres de Regnault et Reiset, comme ceux de Nagai (2*), sur la marmotte, ou ceux de Marès (3*) sur le spermophile, pour ne citer que les auteurs les plus connus, oscillent tous autour de 30 à 40 c.c. d'oxygène consommé par kgr. d'animal et heure. Les quotients respiratoires sont, le plus fréquemment, au-dessous de 0,7, mais n'atteignent qu'exceptionnellement des valeurs aussi basses que celles indiquées par Regnault et Reiset ou Pembrey (4*). Dans quelques mesures faites en 1929 par L. Hédon (5*), le quotient respiratoire moyen de la marmotte pendant le sommeil est de 0,67 et sa production de chaleur, de 0,13 à 0,14 Calories par kgr. et heure.

Au cours de l'hiver 1934-35, nous avons pu étudier la calorification de 4 marmottes qui ont dormi pendant de longues semaines. Sauf l'animal n° 2 qui ne s'est endormi qu'en février 1935, les autres marmottes ont dormi du début de décembre au 15 mars. Les périodes de sommeil ininterrompu ont été courtes : chez l'animal n° 1 de 5 jours en moyenne, de 7 jours chez l'animal n° 2, de 6 chez la marmotte n° 3 ; chez l'animal n° 4 elles furent de 9 jours jusqu'au 25 janvier et de 5 jours après cette date.

Nous avons mesuré les échanges à l'aide de deux dispositifs différents : 1°) en atmosphère confinée avec analyse des gaz dans l'appareil de Carpenter, 2°) à l'aide d'un montage de Benedict en circuit fermé, en réduisant le volume de la cage au minimum (2 litres d'espace mort), et en y plaçant deux thermomètres en des points différents pour obtenir le maximum d'exactitude dans les corrections de volume. Le débit de la pompe n'a été que de 10 à 15 litres par heure et le spiromètre habituel a été remplacé par une petite burette graduée avec tube niveleur. Nous avons ainsi

(1*) Regnault et Reiset. *Ann. de chim. et phys.*, 1849, t. 26, p. 299.

(2*) H. Nagai. *Zeitschr. f. allgem. Physiol.*, 1909, t. 9, p. 243.

(3*) E. Marès. *C. R. de la Soc. de biol.*, 1892, t. 44, p. 513.

(4*) M.-S. Pembrey. *Journ. of Physiol.*, 1901-1902, t. 27, p. 66 et 1903, 1. 29, p. 193.

(5*) L. Hédon. *Bull. Soc. des sc. méd., et biol., Montpellier*, 1929, p. 249.

étudiés a été la recherche de la calorification des hibernants pendant le sommeil. Les premières mesures de Régnault et Reiset (1*) en 1849 sur la marmotte sont restées classiques : pendant le sommeil profond à 8°, 10° et 13°6, ces auteurs donnent comme chiffres les plus bas de la consommation d'oxygène par kgr. et heure : 0,048 – 0,040 et 0,085 gr. Les quotients respiratoires correspondants sont de 0,587 dans la première mesure, 0,399 dans la seconde et 0,546 dans la troisième. C'est sur ces chiffres que se base essentiellement la conception de l'existence de quotients respiratoires inférieurs à 0,7 chez les hibernants pendant le sommeil et l'hypothèse de la transformation concomitante des graisses en sucres. Les chiffres de Régnault et Reiset, comme ceux de Nagai (2*), sur la marmotte, ou ceux de Marès (3*) sur le spermophile, pour ne citer que les auteurs les plus connus, oscillent tous autour de 30 à 40 c.c. d'oxygène consommé par kgr. d'animal et heure. Les quotients respiratoires sont, le plus fréquemment, au-dessous de 0,7, mais n'atteignent qu'exceptionnellement des valeurs aussi basses que celles indiquées par Régnault et Reiset ou Pembrey (4*) . Dans quelques mesures faites en 1929 par L. Hédon (5*), le quotient respiratoire moyen de la marmotte pendant le sommeil est de 0,67 et sa production de chaleur, de 0,13 à 0,14 Calories par kgr. et heure.

Cours de l'hiver 1934-35, nous avons pu étudier la calorification de 4 marmottes qui ont dormi pendant de longues semaines. Sauf l'animal n°2 qui ne s'est endormi qu'en février 1935, les autres marmottes ont dormi du début de décembre au 15 mars. Les périodes de sommeil ininterrompu ont été courtes : chez l'animal n°1 de 5 jours en liloyenne, de 1 jour chez l'animal n° 2, de 6 chez la marmotte n° 3 ; chez l'animal n° 4 elles furent de 9 jours jusqu'au 25 janvier et de 5 jours après cette date.

Nous avons mesuré les échanges à l'aide de deux dispositifs différents : 1°) en atmosphère confinée avec analyse des gaz dans l'appareil de Carpenter, 2°) à l'aide d'un montage de Benedict en circuit fermé, en réduisant le volume de la cage au minimum (2 litres d'espace mort), et en y plaçant deux thermomètres en des points différents pour obtenir le maximum d'exactitude dans les corrections de volume. Le débit de la pompe n'a été que de 10 à 15 litres par heure et le spiromètre habituel a été remplacé par une petite burette graduée avec tube niveleur. Nous avons ainsi

(1*) Régnault et Reiset. *Ann. de chim. et phys.*, 1849, t. 26, p. 299.

(2*) H. Nagai. *Zeitschr. f. allgem. Physiol.*, 1909, t. 9, p. 243.

(3*) E. Marès, *C. R. de la Soc. de biol.*, 1892, t. 44, p. 313.

(4*) M.-S. Pembrey, *Journ. of Physiol.*, 1901-1902, t. 27, p. 66 et 1903, t. 29, p. 195.

(5*) L. Hédon. *Bull. Soc. des sc. méd., et biol., Montpellier*, 1929, p. 249.

pu mesurer avec beaucoup de précision les consommations d'oxygène et les éliminations d'acide carbonique pour des durées d'expérience de 3 à 8 heures. L'accord entre les deux techniques expérimentales a été excellent. Dans un certain nombre de mesures, nous avons enregistré les mouvements respiratoires à l'aide d'un pneumographe de Bert et vérifié la température rectale de nos animaux. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-joint.

Echanges respiratoires de la marmotte pendant le sommeil.
Mesures faites à 10° environ, température à laquelle les animaux ont séjourné tout l'hiver.

N° de la mar- motte	Poids en gr.	Quotient respi- ratoire	O ₂ con- somme par kgr. et heure (en c.c.)	CO ₂ éli- miné par kgr. et heure (en c.c.)	Durée totale des expé-rien- ces en heures	Nombre des mesures	Fréquence respira- toire par heure	Tem- pérature rectale en degrés C.
1	2146	0,677 { 0,599 { 0,792	18,02 { 15,68 { 19,78	12,33 { 11,16 { 14,06	133	20	21 (11 mesures)	10°5 (8 mesures)
2	2070	0,719 { 0,669 { 0,782	18,23 { 16,30 { 22,49	13,51 { 11,82 { 17,02	42	9	43 (9 mesures)	pas prise
3	800	0,703 { 0,650 { 0,771	21,16 { 24,17 { 18,07	14,88 { 11,48 { 17,77	138	22	27 (6 mesures)	10°7 (8 mesures)
4 (*) a.	850	0,709 { 0,609 { 0,786	19,45 { 23,27 { 15,71	13,80 { 11,23 { 14,76	95	17	41 (1 mesure)	10°5 (2 mesures)
b.	800	0,695 { 0,633 { 0,762	23,99 { 20,51 { 18,06	16,68 { 12,31 { 19,65	120	18	45 (17 mesures)	11°0 (6 mesures)

(*) L'animal n° 4 ayant des phases de sommeil nettement plus longues avant le 25 janvier 1935 qu'après cette date et les échanges ayant également été plus bas au début de l'hiver, nous avons scindé les mois d'hibernation en deux périodes.

Les conclusions qui résultent de ces chiffres sont les suivantes.

1°) La température rectale des animaux suit de très près la température de la pièce où ils hibernent.

2°) La fréquence respiratoire oscille entre 23 et 45 mouvements respiratoires à l'heure d'un animal à l'autre. Ces différences semblent indépendantes de l'intensité de la calorification, puisque des deux animaux qui ont la consommation d'oxygène la plus basse, l'un respire en moyenne 21 fois et le second 43 fois par heure.

3°) La consommation moyenne d'oxygène la plus basse a été de 18 c.c. par kgr. et heure avec un quotient respiratoire de 0,68 chez un animal, et de 0,72 chez l'autre.

4°) Les animaux les plus lourds ont la consommation d'oxy-

pu mesurer avec beaucoup de précision les consommations d'oxygène et les éliminations d'acide carbonique pour des durées d'expériences de 3 à 8 heures. L'accord entre les deux techniques expérimentales a été excellent. Dans un certain nombre de mesures, nous avons enregistré les mouvements respiratoires à l'aide d'un pneumographe de Bert et vérifié la température rectale de nos animaux. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-joint.

Echanges respiratoires de la marmotte pendant le sommeil.
Mesures faites à 10° environ, température à laquelle les animaux
ont séjourné tout l'hiver

N° de la marmotte	Poids en gr.	Quotient respiratoire	O ₂ consommé par kgr. et heure (en c.c.)	CO ₂ éliminé par kgr. et heure en c.c.	Durée totale des expériences en heures	Nombre des mesures	Fréquence respiratoire par heure	Température rectale en degrés C.
1	2146	0,677 0,599	18,22 15,68	12,33 11,16	123	20	21 (11 mesures)	10°5 (8 mesures)
2	2670	0,792 0,719 0,669 0,782	19,78 18,23 16,30 22,49	14,06 13,51 11,82 17,02	40	9	43 9 mesures	Pas prise
3	800	0,703 0,650 0,771	21,16 24,17 18,07	14,88 11,48 17,77	138	22	27 (6 mesures)	10°7 (8 mesures)
4 (*)	a. 850	0,709 0,609 0,786	19,43 23,27 15,71	13,80 11,23 14,76	94	17	41 (1 mesure)	10°3 (2 mesures)
	b. 800	0,693 0,633 0,762	23,99 29,51 18,06	16,68 12,34 19,63	120	18	45 (17 mesures)	11°0 (6 mesures)

(*) L'animal n° 4 ayant des phases de sommeil nettement plus longues avant le 25 janvier 1933 qu'après cette date et les échanges ayant également été plus bas au début de l'hiver, nous avons scindé les mois d'hibernation en deux périodes.

Les conclusions qui résultent de ces chiffres sont les suivantes.

1°) La température rectale des animaux suit de très près la température de la pièce où ils hibernent.

2°) La fréquence respiratoire oscille entre 23 et 45 mouvements respiratoires à l'heure d'un animal à l'autre. Ces différences semblent indépendantes de l'intensité de la calorification, puisque des deux animaux qui ont la consommation d'oxygène la plus basse, l'un respire en moyenne 21 fois et le second 43 fois par heure.

3°) La consommation moyenne d'oxygène la plus basse a été de 18 c.c. par kgr. et heure avec un quotient respiratoire de 0,68 chez un animal, et de 0,72 chez l'autre.

4°) Les animaux les plus lourds ont la consommation d'oxy-

gène la plus basse, sans qu'il nous paraisse possible d'attribuer à ce fait une importance considérable, puisque l'un des animaux de petite taille ne consomme également que 19,5 c.c. par kgr. et heure dans une phase de sommeil profond.

5°) En prenant pour valeur moyenne de la consommation d'oxygène 20 c.c. par kgr. et heure, nous obtenons une dépense d'énergie de 0,09 calories, en supposant que la source de chaleur est constituée exclusivement par des graisses.

6°) Le quotient respiratoire est très voisin de celui des graisses. Sa valeur ne permet pas de conclure à la transformation des graisses en sucres chez la marmotte pendant le sommeil hivernal.

Les petites variations du quotient s'expliquent plus facilement, croyons-nous, par des fluctuations de la réserve alcaline et n'ont fort probablement pas de signification énergétique.

Ces expériences sur la marmotte viennent confirmer les résultats que nous avons publiés antérieurement sur l'anesthésie du loir à l'anhydride carbonique (6*).

(Institut de physiologie de la Faculté de médecine.)

gène la plus basse, sans qu'il nous paraisse possible d'attribuer à ce fait une importance considérable, puisque l'un des animaux de petite taille ne consomme également que 19,5 c.c. par kgr. et heure dans une phase de sommeil profond.

5°) En prenant pour valeur moyenne de la consommation d'oxygène 20 c.c. par kgr. et heure, nous obtenons une dépense d'énergie de 0,09 calories, en supposant que la source de chaleur est constituée exclusivement par des graisses.

6°) Le quotient respiratoire est très voisin de celui des graisses.

Sa valeur ne permet pas de conclure à la transformation des graisses en sucres chez la marmotte pendant le sommeil hivernal.

Les petites variations du quotient s'expliquent plus facilement, croyons-nous, par des fluctuations de la réserve alcaline et n'ont fort probablement pas de signification énergétique.

Ces expériences sur la marmotte viennent confirmer les résultats que nous avons publiés antérieurement sur l'anesthésie du loir à l'anhydride carbonique (6*).

(Institut de physiologie de la Faculté de médecine.)