

LA MARMOTTE

six mois sans travail. six mois sans manger. six mois sans boire

LA THÉORIE GÉNÉRALE DU SOMMEIL

Par le Dr Raphaël DUBOIS, professeur honoraire de physiologie comparée
de l'Université de Lyon

Nous savons que notre sommeil quotidien est le résultat d'une adaptation à l'alternance du jour et de la nuit, de la lumière et de la chaleur solaires avec l'obscurité et le refroidissement nocturnes (1). Entre ces deux périodes extrêmes si différentes, on peut encore en distinguer deux autres, de sorte qu'en 24 heures, nous passons en réalité par quatre phases physiologiques distinctes. Le matin, c'est le réveil de la nature, la renaissance du besoin d'activité. Les feuilles boivent avidement avec la rosée la lumière de l'aurore, la fleur ouvre amoureux sa corolle à l'insecte qui s'agite, l'oiseau voltige en chantant tandis que le coq sonne la diane et que le paysan accourt prodiguer à la terre ses plus féconds efforts. Dans la saison chaude, l'après-midi est l'heure de la sieste, du besoin de faire la méridienne, c'est le silence dans les bois et les champs, le laboureur sommeille auprès de ses boeufs, puis c'est le soir avec le retour au besoin de repos, et enfin la nuit qui, jusqu'au réveil matutinal, imposera son impressionnant silence réparateur. N'est-ce pas là en miniature, le tableau des quatre saisons ? Comme il y a des sommeils quotidiens, il y a aussi des sommeils saisonniers ; mais, si les premiers sont, la conséquence du mouvement de rotation de la terre sur elle-même, les seconds sont le résultat de sa translation autour du soleil et ce sont encore les influences cosmiques que l'on retrouve dans la production du sommeil hivernal et dans celle du sommeil dont il va être question.

Le *Sommeil estival* est celui pendant lequel dorment longtemps : beaucoup d'invertébrés et quelques vertébrés tels que les crocodiles et les boas ainsi que ces curieux dipnoïques qui tiennent le milieu entre les batraciens et les poissons. L'un d'eux, le protoptère du fleuve de Gambie, quand il nage, respire par des branchies. Mais quand le fleuve se tarit, dans la saison chaude, il s'enfonce dans la vase, qui ne tarde pas à devenir dure comme de la pierre. L'animal s'est enkysté dans une sorte de cocon qui ne communique plus

avec l'extérieur que par un fin conduit lui amenant le peu d'air nécessaire à la respiration, laquelle est alors devenue pulmonaire de branchiale qu'elle était. Il est là, sans eau, sans aliments, presque sans air, immobile, en sommeil silencieux, sauf si on le réveille par un choc violent sur l'argile durcie d'où s'échappe alors un bruit qui ressemble étrangement au cri affaibli d'un nouveau-né. Puis tout retombe dans le repos jusqu'au jour où l'eau étant revenue, l'argile est délayée et permet au protoptère de reprendre son existence agitée de poisson vorace.

Mais le sommeil estival est infiniment moins fréquent et moins profond qu'est l'autre sommeil saisonnier, le *sommeil hivernal*. A la fin de l'automne, qui est comme le crépuscule de l'année, la nature a donné les fruits de son travail printanier et estival, qui représentant notre réveil et notre veille quotidiens : elle a conquis le droit au repos et au sommeil que va lui donner l'hiver. La lumière du jour, la chaleur du soleil ont diminué progressivement, la longueur et le froid des nuits ont augmenté. En dehors de la fournaise étourdissante des fourmilères humaines, dans les campagnes on n'entend plus guère que le bruit du vent, les mugissements de la tempête, le fouettement de la pluie ; la neige étend mollement son tapis feutré et le silence n'est troublé que par la voix de quelques animaux domestiques, de quelques fauves et de rares oiseaux, qui n'ont pas suivi les autres dans leurs migrations vers des climats plus hospitaliers. C'est l'infime minorité des êtres qui révélaient à nos sens par le mouvement, le bruit, la couleur et l'odeur, la puissance intensive et universelle de la vie active. Pourtant, ils ne sont pas morts et si quelques-uns ont péri par le froid ou l'usure, leurs germes ou leurs descendants mis en sûreté, pourront pour la plupart braver impunément l'hiver le plus rigoureux. Il y a fort longtemps déjà, j'avais essayé de tuer une larve de ver luisant en la refroidissant à une température extrêmement basse, peut-être de 50 à 60 degrés au-dessous de zéro, au moyen d'un mélange d'acide carbonique solide et d'éther. Non seulement sa lanterne ne s'était complètement éteinte à aucun

(1) V. Benjamin, n° de février 1926.

moment, mais elle avait survécu ! Des expériences de ce genre ont été depuis multipliées sur une foule d'invertébrés : crustacés, insectes, mollusques. La petite quantité de chaleur qu'ils produisent étant trop faible pour qu'ils puissent comme nous maintenir leur température à un degré assez élevé et fixe et, d'autre part, étant dépourvus de système régulateur, ils obéissent aux fluctuations de la température ambiante. Quand elle est devenue suffisamment basse, ils s'endorment et un froid de plus en plus vif est incapable de les faire sortir de leur torpeur. Un grand nombre de vertébrés se comportent de même. On peut, avec certaines précautions, congeler lentement une grenouille et rendre ses membres cassants comme du verre sans pourtant la tuer. Batraciens, chéloniens, comme les tortues, reptiles, poissons tombent ainsi en sommeil hivernal et suivent les oscillations du froid ambiant jusqu'au jour où la chaleur sera devenue suffisante pour les réveiller. N'en est-il pas de même

ou hétérothermes. Malgré leur faculté de résister aux rigueurs de l'hiver, ils redoutent cependant l'action continue d'un froid trop vif, car ils se réfugient sous la terre, dans la vase, dans les eaux profondes, sous les écorces, sous les pierres et parfois même se construisent, pour eux ou pour leur descendance, des abris ingénieusement aménagés, comme le montrent nombre d'insectes.

Cette disparition d'innombrables organismes dont la vie est suspendue provisoirement ou définitivement par l'hiver, entraîne fatalement la ruine de certaines industries biologiques de celle des herbivores sauvages et des insectivores entre autres. Par suite, les carnivores n'y trouvent plus leur compte. L'ours blanc s'assoupit sous la neige et le blaireau dans son terrier. Ils vivent là de leurs économies, c'est-à-dire de leur graisse, après avoir mis, pour ainsi dire, leur organisme en veilleuse par l'immobilité, le silence; et l'air confiné, comme l'esquimaux dans sa hutte de glace avec son huile de phoque. Mais ils ne font que sommeiller et la moindre excitation les réveille : ce sont de *faux hibernants*.

En cela ils sont bien différents des véritables mammifères hibernants. Ceux-ci n'ayant plus de travail à faire pour se procurer les aliments ordinaires, plus même d'eau liquide à boire, s'il gèle, c'est le chômage forcé, et pour ménager leurs économies, leur graisse principalement, ils ne fabriquent plus que la quantité de chaleur strictement nécessaire pour ne pas mourir de froid. Ils arrivent ainsi par accoutumance, par adaptation au milieu, à pouvoir laisser sans danger leur température s'abaisser jusqu'au voisinage de zéro degré, mais, à un point plus ou moins rapproché de cette température, s'ils sont endormis, le froid qui les avait engourdis vers 10° les réveille et provoque leur réchauffement, ce qui établit une différence radicale entre les mammifères hibernants et les poikilothermes. S'ils sont exposés alors à un froid très vif et continu, ils s'engourdissent de nouveau, mais en tombant dans un état de torpeur d'où ils ne peuvent plus sortir par le réchauffement du milieu ambiant, comme les poikilothermes et finissent par mourir de froid assez rapidement. Entre ces deux états de sommeil profond et d'engourdissement progressif mortel, ils auront eu une période de réaction pouvant aboutir à un réveil complet pendant lequel ils auront fonctionné comme de véritables mammifères à sang chaud, dont la température est toujours à peu près égale et que l'on nomme pour cette raison des « homéothermes » : d'ailleurs, pendant la belle saison, ils se comportent absolument comme ces derniers. Leur sommeil hivernal ne dure pas, comme on le croit souvent, d'une manière ininterrompue pendant tout l'hiver. L'animal se réveille spontanément, de temps à autre, pour rejeter ses excréments et ses urines, puis il se rendort. Quelques-uns mettent à profit ce court réveil pour consommer un peu des aliments qu'ils ont par prévoyance accumulés avant l'hiver dans leurs nids ou leurs terriers. Mais il y en a, comme la marmotte, qui amplement pourvus de graisse à la fin de l'automne, peuvent rester sans boire ni manger pendant la moitié de l'année sans paraître souffrir aucunement de vivre exclusivement de leurs économies physiologiques, de leurs aliments de réserve, comme l'on dit.

Entre les mammifères homéothermes et ceux qui sont de véritables hibernants, il n'y a aucun saut brusque : les faux hibernants sont, sous le rapport fonctionnel, des animaux de passage. Il n'y a pas davantage de transition brusque entre le sommeil d'été de l'hibernant et son sommeil d'hiver, qui peut aller jusqu'à la torpeur la plus profonde. On voit ce dernier se substituer peu à peu, progressivement au sommeil quotidien,

Fig. 2. – Marmotte en profond sommeil hivernal

pour les végétaux vivaces ? Ceux qui continuent à végéter pendant l'hiver sont ordinairement abondamment pourvus de résine, qui est pour ainsi dire leur graisse, tels les sapins, les mélèzes, les pins, qui, malgré cela, peuvent périr de froid si le milieu n'est pas très sec. Les graines, les spores végétales, comme les germes des invertébrés, supportent bien le froid ; il en est d'ailleurs de même des zymases, qui sont les principes actifs de toutes les fonctions physiologiques. Mais, comme je l'ai montré expérimentalement, il faut qu'une graine soit sèche, autrement la congélation sépare l'eau du bioprotéon ou substance vivante et devenue libre, elle met en contact des ferments et des produits qui doivent rester isolés et sans quoi il se forme des corps qui tuent la graine. Il est à remarquer que certains agents qui endorment comme les anesthésiques généraux : alcool, éther, chloroforme agissent de même que le froid qui, lui aussi, est un puissant anesthésique. Ces organismes hibernants à température variable, comprennent les animaux dits « à sang froid », plus exactement appelés poikilothermes

dont il ne diffère que par sa plus grande profondeur et sa durée plus prolongée. Dans les deux cas, d'ailleurs, il y a un abaissement de la température interne, petit dans l'un et plus ou moins considérable dans l'autre, suivant l'espèce ou bien suivant la période hivernale.

Les mammifères hibernants appartiennent à des groupes zoologiques fort différents et ces mêmes groupes peuvent renfermer des animaux proches parents qui n'hibernent pas. Il n'y a donc pas lieu de faire intervenir des différences profondes de constitution organique. Cette opinion est renforcée par celle de nombreux observateurs qui ont constaté que certains hibernants domestiques perdent l'habitude d'hiberner aux températures auxquelles ils avaient coutume de le faire à l'état sauvage. D'autres espèces qui hibernaient dans un pays, cessent de se comporter ainsi dans un autre. Il s'agit donc bien encore une fois, d'une adaptation physiologique, d'une habitude acquise comme pour le sommeil nocturne qui peut être toutefois en partie, remplacé par le sommeil diurne chez certaines bêtes de proie.

Le régime nutritif n'a aucune influence. Les mammifères hibernants sont des herbivores, des granivores, des frugivores, des insectivores et souvent des omnivores, à l'occasion carnivores. Le sommeil d'hiver n'est pas le résultat du jeûne puisque certains de ceux qui le pratiquent amassent dans leurs demeures des provisions. Si quelques-uns dorment roulés en boule, cette attitude leur est commune avec beaucoup d'autres quadrupèdes, et les chauves-souris, dans les grottes où elles passent l'hiver, restent suspendues à la voûte par une de leurs pattes de derrière, la tête en bas et enveloppées par les ailes.

L'altitude n'a aucune importance. D'une part, les marmottes qui venaient du voisinage des glaciers des Hautes-Alpes hibernaient complètement dans les sous-sols de mon laboratoire de la Faculté des sciences de Lyon; et d'autre part, certaines espèces de mammifères hibernants vrais habitent les plaines. Également la latitude et la longitude importent peu : on en rencontre dans toutes les parties de l'Europe, en Asie, en Amérique. L'air confiné n'est nullement nécessaire, car si les uns s'enferment dans des terriers, d'autres dorment dans des nids ouverts. Ce qui importe surtout, c'est une température du milieu ni trop haute ni trop basse, comme pour le sommeil quotidien d'ailleurs. L'influence des saisons et des climats est prépondérante, mais, en dehors de cela, les agents cosmiques extérieurs ne semblent pas avoir d'action sur la date des réveils, sur leur périodicité. Pourtant, les chasseurs de marmottes prétendent que lorsqu'on fouille des terriers à la nouvelle lune, on trouve toute la famille éveillée. Mais dans les sous-sols de mon laboratoire, bien que les conditions du milieu fussent les mêmes, à peu près, ainsi que la durée moyenne des sommeils, mes sujets ne se réveillaient pas le même jour du mois, ce qui prouve que le réveil est provoqué par des causes fonctionnelles d'ordre interne, comme cela arrive dans notre sommeil quotidien, quand aucune influence extérieure ne le modifie. Il résulte de tout ceci que les mammifères hibernants se comportent pendant une moitié de l'année comme des animaux à température invariable ou très peu variable, comme des homéothermes et pendant l'autre moitié, en grande partie, mais dans certaines limites seulement, comme des poïkilothermes: on peut pour ce motif les désigner par le nom d'homéoéthérothermes et les considérer, au point de vue fonctionnel, comme formant un passage, un trait d'union entre les deux catégories qui se partagent le monde vivant, celle des organismes à température fixe et celle des êtres à température variable;

Ce qu'il y a d'extrêmement important pour l'établissement d'une théorie générale du sommeil, c'est que l'on peut avec

eux étudier les variations du sommeil quotidien et celles du sommeil hivernal chez le même sujet et aussi comparer ce double comportement avec ce qui se produit chez tous, ou à peu près chez tous les êtres vivants par suite de l'alternance du jour et de la nuit, c'est-à-dire de la veille et du sommeil. On a prétendu que cette alternance ne se faisait pas sentir chez certains organismes inférieurs, par exemple chez des infusoires comme la vorticelle, dont le ressort se tend et se détend rythmiquement jour et nuit. Mais cela ne constitue pas plus une preuve de l'absence de sommeil que ne le fait la persistance des battements du cœur et des mouvements respiratoires. Quant au sommeil des poissons, son existence ne saurait faire aucun doute, sans quoi la pêche aux flambeaux serait un mythe. Mais à cela ne se borne pas l'importance de l'étude approfondie des mammifères hibernants, les seuls animaux dont toutes les phases, depuis le léger assoupissement jusqu'au sommeil confirmé et depuis ce dernier jusqu'au réveil, se développent assez lentement pour qu'on puisse avec fruit en observer et même en enregistrer toutes les variations. Ce sont les seuls également pour lesquels aucune anesthésie n'est nécessaire pour les recherches expérimentales les plus délicates, car ils sont physiologiquement dans la torpeur

Figure 3. – Marmotte se réveillant d'un de ses sommeils mensuels.

autoanesthésiés et, par ce même, d'un maniement d'une incomparable facilité. Enfin, étant un état de diète absolue, il n'est pas nécessaire de leur appliquer le régime de la ration alimentaire : à une température donnée, le sujet est toujours comparable à un autre individu de même espèce. Aussi, n'y a-t-il pas lieu de prendre en quelque pitié les expérimentateurs qui ont choisi pour sujets des animaux comme le chien, le lapin ou le cobaye dont le sommeil est aussi fragile et aussi fugace que celui de l'homme ?

Au point de vue expérimental, il convient encore de faire un choix entre les hibernants de la classe des mammifères. Ils sont répartis dans trois de ses ordres, celui des chéiroptères, comprenant les chauves-souris, celui des insectivores renfermant les hérissons et celui beaucoup plus important des rongeurs. Les principaux rongeurs hibernants sont les palatouches et les tamias ou écureuils striés de Sibérie, le spermatophile, qui ont émigré il n'y a pas très longtemps

de l'est à l'ouest, depuis l'Asie jusqu'en Silésie, dans la Prusse orientale et par la Hongrie jusqu'en Carniole. Viennent ensuite les cynomys ou écureuils jappants de l'Amérique du Nord, dont les habitations forment de véritables villages bien organisés ; dans ces mêmes régions vivent aussi les ziezels. En France, les homéohétérothermes sont représentés par le loir, le léro, le muscardin et surtout par la marmotte des Alpes, dont la taille relativement forte, la résistance à toutes les épreuves, l'insensibilité et la malléabilité pendant la torpeur, en font un animal de laboratoire merveilleux.

C'est surtout grâce à elle que nous sommes parvenus après sept années de recherches, en partie consignées dans un volumineux ouvrage (1), à élucider le mécanisme intime du sommeil, en même temps que les principales questions concernant la calorification animale.

Le corps de la marmotte est à peu près du même volume que celui du lapin. Elle peut comme l'écureuil, se tenir assise et porter les aliments à sa bouche, qui est munie de dents incisives longues, recourbées en dedans et tranchantes. Sa fourrure touffue, grossière, est grise, jaune et rousse sur le dos. Elle vit à la limite des neiges éternelles, là où ne croît plus aucun arbre, aucun buisson, dans les endroits les plus déserts. Les marmottes sont diurnes et aiment le soleil. De bon matin, elles sortent de leur terrier d'été plus petits que ceux d'hiver, pour chercher leur nourriture qui se compose d'herbes et de racines, puis elles se réunissent en groupes pour jouer au soleil, faire leur toilette, se gratter, faire les belles en se dressant sur leurs pattes de derrière. Les plus vieilles font le guet et poussent un cri perçant à l'approche du danger : homme, aigle ou renard. On entend leur sifflement à des lieues de distance. Si le danger devient pressant, toutes se sauvent dans les trous. L'accouplement a lieu après le sommeil d'hiver et déjà, en juin, naissent les petits, qui, pendant l'hiver, restent avec leurs parents. Quelquefois, elles n'ont qu'une seule demeure pour toutes les saisons. En été, elles préfèrent ordinairement les hautes prairies de 3.000 mètres d'altitude environ, mais elles descendent plus tard vers les pâturages que le berger vient d'abandonner et s'y creusent de vastes terriers renfermant jusqu'à une quinzaine d'individus. Vers le milieu d'octobre, elles transportent une grande quantité de foin dont elles tapissent leurs terriers et qui sert aussi avec des pierres et de la terre à en boucher les trous. La grande avenue qui conduit à l'habitation, a rarement moins de dix pieds de long et assez souvent 8 à 10 mètres. Elle s'élève un peu vers l'extrémité qui aboutit au terrier lequel n'a pas moins de 3 à 6 pieds de diamètre. Il est rempli de foin sec et fin mais qui ne sert pas de nourriture car, en captivité et pendant la période du sommeil hivernal, la marmotte n'exige pour vivre, ni aliment, ni boisson. Dans la belle saison, on les nourrit facilement avec du pain, des fruits, des racines ; leur aliment de prédilection est la carotte. Elles refusent souvent la viande crue ou cuite, mais boivent avidement le lait qu'elles préfèrent à l'eau. Au besoin, elles acceptent la luzerne, le trèfle, les feuilles de choux. On les apprivoise très facilement, surtout les jeunes et, dans la maison, une fois domestiquées, elles perdent complètement l'habitude du sommeil hivernal et se contentent du sommeil quotidien, ce qui prouve, une fois de plus qu'entre ces deux états, il n'y a aucune différence fonctionnelle importante, surtout radicale, comme on l'a prétendu bien à tort.

(1) *Etude sur le mécanisme de la thermogenèse et du sommeil chez les mammifères. Physiologie de la Marmotte* : 119 figure., 125 planches hors texte, 333 pages, chez Masson et Cie, éd. boulevard Saint-Germain. 120. Paris, Ouvrage couronné par l'institut, prix Montyon pour la physiologie.

En liberté, la marmotte se nourrit de plantes succulentes, principalement d'oreilles d'ours, de gnaphalium, de trèfle, d'asters, de plantain. Elles boivent rarement mais beaucoup à la fois, mangeant prodigieusement pendant le beau temps et dorment beaucoup, ce qui les fait engraisser rapidement ;

à l'entrée de l'hiver, il y en a qui pèsent jusqu'à dix kilogrammes et, à ce moment, elles se réveillent de plus en plus rarement, jusqu'à ce que le sommeil régulier s'établisse : on les voit, sans transition brusque, passer d'un sommeil quotidien semblable à celui des autres mammifères, au sommeil hivernal, comme les autres homéohétérothermes.

Le tissu adipeux est bourré de graisse au commencement de l'hiver. Quand on le fait chauffer au bain-marie, il s'en échappe une huile de couleur ambrée qui laisse déposer une partie solide et blanchâtre au bout d'un certain temps. C'est ce produit, souvent falsifié d'ailleurs, auquel les montagnards attribuent une vertu souveraine pour guérir les douleurs, les rhumatismes, les « coups de froid », les rhumes et qu'ils viennent débiter parfois jusque dans le midi et le centre de la France, en même temps que les peaux de leurs victimes. C'est en grande partie cette graisse qui permet à la marmotte de vivre sans manger ni boire pendant six mois, à condition de dormir presque continuellement. En outre, elle consomme une certaine quantité de ses muscles et d'autres organes : elle devient, de ce fait, une sorte de carnivore autophage, et perd de cette façon pendant l'hibernation un quart de son poids automnal. Les mesures calorimétriques montrent qu'en douze jours de veille, elle dépense autant que pendant toute la durée du sommeil d'hiver. Ce dernier lui permet donc de vivre très économiquement et c'est bien le cas de dire : « qui dort, dine ».

Mais ce qui nous intéresse plus particulièrement est de savoir quel rapport il y a entre cette graisse et le sommeil. L'analyse des échanges respiratoires a montré qu'une grande partie est consommée pendant le sommeil à l'état de corps gras, tandis qu'une autre, plus faible, est transformée dans le foie en une substance voisine de l'amidon, le glycogène. Cette substance est mise en réserve jusqu'au moment du réveil où elle est transformée en sucre et versée dans le sang qui la transporte principalement dans les muscles cardiaque et respiratoires. Ceux-ci l'utilisent pour accélérer leur travail et contribuer au réchauffement qui accompagne le retour à l'état de veille. La formation du glycogène prouve que pas plus que le sommeil quotidien, le sommeil hivernal n'est qu'un simple ralentissement du fonctionnement général de l'organisme. C'est une fonction active, qui, silencieusement, fabrique des produits de la plus haute importance pour entretenir l'activité pendant le réveil et la veille.

Comme dans notre sommeil quotidien, nous voyons se dérouler les mêmes phénomènes que j'ai décrits à propos de ce dernier (1), mais d'une manière beaucoup plus accentuée, ou beaucoup plus prolongée.

Rien n'est plus curieux à voir que les soubresauts de la tête d'une marmotte luttant contre le sommeil, comme nous faisons nous-mêmes. Les sécrétions digestives sont conservées, les excréments continuent à se faire par le tube digestif et les reins et les déchets physiologiques sont rejetés pendant les réveils, qui ont lieu toutes les trois ou quatre semaines. Le cœur bat plus lentement, moins énergiquement, la pression intraartérielle est abaissée, le nombre et l'amplitude des mouvements respiratoires, dont le type est modifié, sont diminués. La température du corps commence à baisser avant l'établissement du

(1) V. loc. cit.

sommeil et continue à descendre jusqu'au réveil, comme chez nous, pour se relever ensuite après celui-ci.

La baisse considérable de l'oxygène absorbé et celle de l'acide carbonique exhalé indiquent un grand ralentissement des combustions. Mais tous ces phénomènes déjà constatés dans le sommeil quotidien ne nous auraient rien appris de nouveau, si nous n'avions eu l'idée de doser les gaz du sang pendant les différentes phases de la veille, du sommeil et du réveil. Une semblable recherche n'avait jamais été tentée sur un mammifère hibernant et était complètement irréalisable sur des animaux à sommeil fugace, fragile, comme le chien et *a fortiori* sur l'homme. Elle nous a permis de découvrir un fait imprévu, absolument capital, c'est l'accumulation dans le sang de la marmotte de l'acide carbonique à partir du refroidissement qui précède le sommeil et son accroissement progressif jusqu'au moment qui précède le réveil ; puis, au moment où celui-ci s'effectue, une élimination rapide, brusque de l'acide carbonique en excès.

Après une période de veille de quelques heures, dans laquelle la marmotte consomme le glycogène qu'elle avait accumulé dans le foie pendant son sommeil, elle se refroidit de nouveau, se rendort et l'acide carbonique recommence à s'accumuler lentement dans le sang jusqu'au prochain réveil.

Ces résultats expérimentaux permettaient bien de supposer que c'est le même agent, l'acide carbonique qui est à la fois la cause du sommeil et celle du réveil. Mais une opinion aussi paradoxale avait besoin d'être soumise à l'épreuve de l'expérimentation. C'est ce que j'ai fait.

Dans une première série d'expériences, j'ai constaté qu'en faisant respirer à une marmotte parfaitement éveillée, même

en été, un mélange d'acide carbonique et d'air, ou mieux d'acide carbonique et d'oxygène, pour éviter l'anoxémie, dosé dans les proportions convenables pour mettre le sang de l'animal en état de saturation correspondant à celui du sommeil, on pouvait non seulement provoquer ce dernier, mais encore, en le prolongeant et l'accentuant, abaisser la température centrale du sujet à un degré voisin de celle du milieu ambiant. On peut également obtenir un sommeil aussi léger que celui d'un homéotherme. L'acide carbonique peut donc produire l'hypnose avec ralentissement de la respiration, de la circulation, etc" à une dose convenable. Il est un agent hypothermique, antipyrétique et peut ralentir ou même éteindre nos combustions internes, aussi bien qu'un feu de cheminée ou un incendie pour lesquels on l'emploie d'ailleurs comme extincteur. C'est aussi un anesthésique général, dont l'action se rapproche beaucoup de celle de l'alcool, de l'éther, du chloroforme. Je rappellerai même, à ce propos, que j'ai, il y a fort

longtemps, montré qu'on peut diminuer beaucoup la dose d'éther ou de chloroforme nécessaire pour l'anesthésie en mélangeant à l'air respiré de l'acide carbonique. Ce procédé d'anesthésie mixte vient d'être remis en honneur en Amérique, trente ans après que je l'ai inventé et préconisé en France. Il a émigré, comme tant d'autres choses, de l'est vers l'ouest, suivant ma théorie de l'anticinèse rotatoire.

Le résultat de mes expériences sur la marmotte ne doit surprendre personne, car nul n'ignore que dans une salle où s'accumule de l'acide carbonique par la respiration d'un grand nombre de personnes, par la combustion du gaz d'éclairage, etc., la somnolence se produit facilement. Est-il nécessaire de rappeler aussi que la chauve-souris ou l'oiseau qui se

mettent la tête sous l'aile pour dormir, l'homme qui l'enfouit sous les couvertures de son lit et même les animaux qui dorment en boule adoptent des attitudes favorables à l'accumulation de l'acide carbonique dans le sang ?

D'ailleurs, j'ai pu endormir facilement un chien en lui faisant respirer de l'oxygène dans un récipient clos où l'on ramenait l'air expiré qui saturait progressivement d'acide carbonique le contenu du réservoir. Le sujet s'endormait automatiquement avec un principe somnifère qu'il avait fabriqué lui-même. Il s'agit donc bien dans ce cas, de ce qu'on a appelé une autonarcose. L'idée que le sommeil naturel est le résultat d'un produit narcotique fabriqué par l'organisme n'est pas nouvelle. Mais c'est en vain que j'ai cherché une toxine ou un poison narcotiques dans le corps de la marmotte la plus profondément endormie. On n'a d'ailleurs jamais réussi à en isoler aucun chez les mammifères homéothermes, dont le sommeil -- naturel est trop fugace pour une semblable entreprise et il importe de ne

pas confondre ce dernier avec le harcèlement résultant d'un surmenage excessif ou d'une insomnie prolongée artificiellement.

En outre, vu la lenteur de l'élimination des poisons solides, des toxines surtout, on n'a pas pu expliquer le réveil si rapide du sommeil quotidien, tandis qu'il en est tout autrement s'il s'agit d'un produit gazeux contenu dans le sang. La preuve en est faite avec le sommeil artificiellement provoqué par l'inhalation sous pression, d'après la méthode de Paul Bert, du mélange de protoxyde d'azote et d'oxygène. Aucun sommeil artificiel ne ressemble davantage à notre sommeil naturel que celui-là : le réveil est presque instantané. Il en est d'ailleurs de même avec celui que j'ai obtenu chez un de mes anciens préparateurs avec l'inhalation à la pression ordinaire d'un mélange convenable d'acide carbonique et d'oxygène : il y a eu des rêves et un réveil extrêmement rapide provoqué par une secousse. Si l'expérience n'a pu être toujours reproduite

avec succès, c'est surtout parce que le point de saturation du sommeil est très voisin chez l'homme de celui du réveil et par la résistance psychique inconsciente du sujet.

Voici maintenant une expérience qui prouve bien que le réveil est dû également à l'acide carbonique.

Si l'on augmente dans une proportion suffisante l'acide carbonique contenu dans le mélange qui endort la marmotte éveillée et qu'on le fasse respirer à une marmotte profondément endormie, on provoque le déclenchement du réveil et ce dernier se continue jusqu'à l'état de veille complète, mais à la condition, bien entendu, qu'on suspendra dès le début du réveil l'inhalation provocatrice, qui ne tarderait pas à causer l'intoxication du sujet après une rechute dans le sommeil. Ces deux expériences constituent, ce qu'on appelle, une preuve, cruciale, et indiscutable, que c'est le même agent qui provoque le sommeil et le réveil.

Il est d'ailleurs prouvé depuis longtemps, que c'est l'acide carbonique du sang qui, en agissant sur le bulbe, provoque, entretient et régularise par son intermédiaire le rythme respiratoire. Si ce dernier peut être ralenti par une proportion donnée relativement peu élevée, en revanche, il peut être considérablement accéléré et amplifié quand cette proportion devient excessive, comme dans certains états asphyxiques où il constitue une réaction salutaire. Mes expériences sur la marmotte ont montré encore que le bulbe n'est pas la seule partie de nos centres nerveux qui intervient dans les phénomènes en question. Il y a des centres situés plus haut, dans le cerveau inférieur dont on a fait le « centre du sommeil » par suite de lésions révélées par l'autopsie sur des malades atteints de léthargie ou d'insomnie prolongée. Il est certain que ces centres ont une action, que j'ai bien démontrée, sur les échanges respiratoires et par conséquent sur l'action de l'acide carbonique qui en résulte. Mais ils sont eux-mêmes influencés par ce dernier qui, en dernière analyse, est bien l'agent actif du sommeil et du réveil. D'ailleurs ces centres n'existent pas partout où se montre le sommeil.

Quant à ceux qui seraient situés plus haut, dans le cerveau proprement dit, plus spécialement dans les circonvolutions cérébrales, ils ne sauraient être la cause de l'alternative de la veille et du sommeil, qui se maintient parfaitement quand ils ont été supprimés, comme je l'ai fait sur la marmotte et comme d'autres expérimentateurs l'avaient montré également chez le chien, le rat et l'oiseau (1).

De ces considérations et de beaucoup d'autres encore, on peut tirer cette conclusion qu'aucune des théories, hormis celle que j'ai établie expérimentalement par la physiologie comparée, n'est aujourd'hui défendable; c'est d'ailleurs ce qu'a démontré d'une manière très nette M. Francisque Bost, dans son remarquable travail intitulé: *Les Théories du sommeil* (2).

Il ne faudrait pas chercher dans l'existence de ces centres nerveux chez les animaux supérieurs un argument contre la généralisation de ma théorie du *sommeil par autonarcose carbonique*. Il a été démontré en Allemagne qu'elle est applicable aux insectes et mes recherches sur l'hibernation de l'escargot ont montré qu'elle l'est également aux mollusques. Ces dernières ont été développées et complétées avec un grand talent d'observation et d'expérimentation par une de mes élèves dans une thèse pour le doctorat ès sciences naturelles très remarquable, qui fait autorité en la matière et que son auteur termine par cette conclusion générale: « La théorie

de l'autonarcose carbonique du professeur R. Dubois, peut donc être étendue aux animaux invertébrés à sang froid et particulièrement à l'escargot. (1).

D'autre part, il est bien connu que les végétaux obéissent à l'alternance cosmique des jours et des nuits et, si l'espace ne me faisait pas défaut aujourd'hui, il me serait facile de démontrer que les deux états différents qui en résultent, sont, de tous points, fondamentalement comparables par leur mécanisme intime à ceux de la veille et du sommeil chez les animaux.

Le végétal, en effet, s'endort parce que son acide carbonique qui n'est plus détruit par la lumière, s'accumule en lui et parce que aussi les phénomènes respiratoires s'exagèrent dès que finit le jour. C'est à ce moment-là également que commence la concentration des sucres par l'accroissement de la transpiration. Cette dernière, soit dit en passant, a été également mise en lumière par mes expériences dans le sang et les tissus de l'animal pendant son sommeil, ce qui permet un certain rapprochement entre l'état de vie latente par deshydratation des graines, des animaux rotifères, des anguilles, etc. et même avec l'action des anesthésiques généraux (2). Enfin, il suffit de placer une plante sommeillante, comme la sensitive ou l'oxalis, pour qu'elle s'endorme en plein jour dans une atmosphère carbonique, aussi bien que dans l'air renfermant des vapeurs d'éther ou de chloroforme.

« Qu'y a-t-il de plus précis, écrit M. Francis Bost (3), qu'une « théorie basée sur l'observation et l'expérimentation qui « rend compte de tous les faits connus, relatifs au sommeil

« chez les animaux vertébrés et invertébrés ainsi que chez « les végétaux ?

« Car, dans tous les cas, le sommeil est explicable par la « théorie de l'autonarcose carbonique, la seule qui permette « d'expliquer les relations et la succession de la veille, du « travail, de la fatigue, de l'hypothermie précédant et accom- « pagnant le sommeil et le réveil spontané ou provoqué par « un seul et même agent ponogène, isolable, chimiquement « défini, fabriqué par les organismes : l'acide carbonique « grand autorégulateur général et frein automatique admi- « rable du mécanisme vital.

« Dans sa simplicité, cette théorie est géniale. »

J'ai beaucoup hésité avant de reproduire textuellement cette dernière phrase par laquelle l'auteur des *Théories du sommeil* termine son ouvrage, dans la crainte d'être taxé d'exubérante vanité et si je m'y suis enfin décidé, c'est parce que j'estime qu'on ne doit se laisser arrêter par aucune considération, même inquiétante, quand il s'agit de la défense et du triomphe de ce que l'on estime être la Vérité scientifique.

De longues années d'études et de recherches m'ont convaincu que l'action physiologique générale de l'acide carbonique a été méconnue : on a eu tort de considérer ce gaz comme un simple déchet de la nutrition, alors qu'en réalité, son rôle est plus important encore que celui qui a été assigné par Lavoisier à l'oxygène. C'est bien à lui qu'appartient le premier rang puisqu'il règle et commande l'activité de l'oxygène, puisqu'il est le grand maître de nos combustions, l'universel autorégulateur des phénomènes de la Vie.

R. DUBOIS.

(1) Voir *B. Benjamin*, loc. cit.

(2) Chez Maloine, éd. Poril, 1913.

(1) Morguerite Bellion, *Contribution à l'étude de l'hibernation chez les invertébrés. Recherches expérimentales sur l'hibernation de l'escargot* chez Rey, éd. Lyon, 1909.

(2) Raphaël Dubois : *L'anesthésie physiologique et ses applications* chez Masson et Cie, éd. Paris, 1894.

(3) Loc. cit.

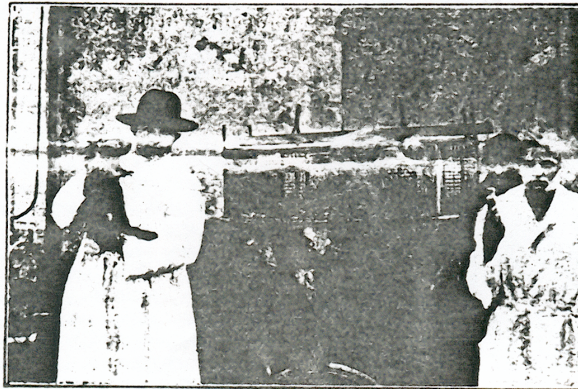


Fig. 1. — *Le chasseur des Alpes se fait parfois marchand forain pour vendre, jusqu'en Provence, les peaux et aussi la graisse des marmottes, dont il vante les vertus souveraines.*

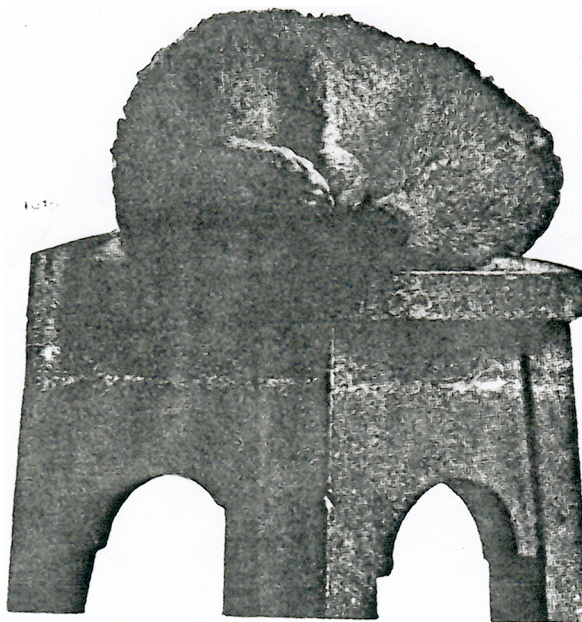


Fig. 2. — *Marmotte en profond sommeil hibernai.*



Fig. 3. — *Marmotte se réveillant d'un de ses sommeils mensuels.*



Fig. 4. — *Les vieilles marmottes font le guet et poussent un cri perçant à l'approche du danger : homme, aigle ou renard.*