

Zeitschrift:	Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber:	Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band:	50 (1914-1915)
Heft:	186
Artikel:	À propos des tropismes : recherches expérimentales sur le comportement des insectes vis-à-vis des facteurs de l'ambiance
Autor:	Pictet, Arnold
Kapitel:	III: Réactions des insectes vis-à-vis de la température
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-269639

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

vivent habituellement près des habitations, bien que les uns et les autres appartiennent aux mêmes espèces.

Dès lors, l'hypothèse que les insectes finissent par s'habituer à la lumière artificielle lorsqu'ils vivent dans son voisinage, et par lui devenir ensuite indifférents, est confirmée et elle fournit une nouvelle preuve que le comportement de ces animaux en rapport avec l'excitant lumineux, loin d'être régi par des phénomènes de tropisme, a pour mobile des actes volontaires, des actes d'instinct, des états de conscience, que nous comparions volontiers à une simple *curiosité* si nous étions autorisé à aller aussi loin dans une comparaison entre ces animaux et l'homme.

III. RÉACTIONS DES INSECTES VIS-A-VIS DE LA TEMPÉRATURE

Sensibilité des Insectes à l'élévation et à l'abaissement de la température.

Les insectes, dans leur ontogénie et leurs métamorphoses, sont surtout sensibles aux variations brusques de température, vis-à-vis desquelles la réaction, dans bien des cas, et surtout pour les individus en diapause hivernale, peut se traduire par une accélération de développement beaucoup plus rapide que vis à-vis d'une élévation graduelle et uniforme de la température ambiante.

Or, ce que nous constatons pour le développement ontogénique, nous le remarquons également pour le comportement de la plupart des espèces dans leur vie habituelle ; les insectes ont une tendance à être davantage influencés par une variation brusque de l'excitant thermique que par une élévation ou un abaissement graduels de celui-ci. C'est ce qu'ont observé, entre autres, BOHN (17), STANDFUSS (64) et pour d'autres ani-

maux, MENDELSSOHN (47) ; c'est ce que nous avons constaté également au cours de nombreuses observations (50 et 51).

Ainsi, un insecte, récolté dehors *au soleil* et placé de suite dans une étuve à 33°, ne manifeste pas de mouvement qui indique qu'il soit influencé par cette température ; cela est naturel, du reste, puisqu'il passe en somme d'un milieu chaud dans un autre milieu chaud. Mais si le même insecte a été récolté *à l'ombre*, il manifestera par des mouvements des pattes, des antennes et des ailes qu'il perçoit la chaleur de 33°, dès qu'il a été introduit dans l'étuve.

Avec les générations de printemps et d'automne, il est encore plus facile, cela va sans dire, d'observer ce phénomène qu'avec les générations estivales. Par exemple, prenons dehors, au printemps, des larves de *Pieris rapae* et plaçons-les, quelque temps avant de les introduire dans l'étuve, d'abord dans le laboratoire, puis à une certaine distance au dessus de l'étuve, puis enfin à l'intérieur de celle-ci ; cette opération peut se faire sans amener de réaction, tandis qu'une réaction intense se produira si le passage se fait brusquement du dehors au dedans de l'étuve.

Pour ce qui est du passage du chaud au froid, les réactions sont, de même, très conséquentes en brusquant la transition, tandis qu'elles sont nulles, ou à peu près, en la graduant.

Les insectes manifestent donc une grande sensibilité à l'égard de l'élévation et de l'abaissement de la température, qui se traduit souvent par des déplacements, mais plus souvent encore par de simples mouvements sur place des pattes, des antennes, des ailes.

Ces mouvements réactionnels sont-ils réellement le résultat d'une *sensation* perçue, ou bien sont-ils produits par une action tropique de la chaleur ? Sont-ils dus au fait que l'animal, ressentant une forte impression de

chaud, cherche à éviter cette impression, ou bien la température, agissant directement sur le système musculaire, provoque-t-elle ces mouvements sans que l'insecte puisse s'en dispenser ? On comprendra, après ce qui vient d'être dit de la théorie des tropismes, tout l'intérêt que présente la solution de cette question ; car, si ces mouvements de réaction sont le résultat d'une sensation ils sont ou des réflexes ou simplement volontaires ; autrement dit, ils ne répondent pas à la définition de la théorie de LOEB.

Nous allons, en conséquence, essayer, avant d'entreprendre l'étude des réactions des insectes vis-à-vis de la température, de nous rendre compte de l'origine de ces mouvements.

En dehors de toute expérimentation, ce n'est guère que par une comparaison avec nous mêmes que nous pourrions admettre que les insectes *sentent* une différence de chaleur. Beaucoup d'auteurs, et en particulier BOHN (9), bien que ne niant pas aux animaux les phénomènes psychologiques, et admettant même qu'ils jouent un grand rôle dans leur vie, préfèrent s'en tenir à l'observation de faits positifs. Cependant, ce n'est pas une raison pour abandonner toute recherche tendant à démontrer l'existence d'actions dirigées par des phénomènes psychologiques¹.

¹ La tendance actuelle de la science est un peu trop de voir dans les réactions des animaux, et principalement des Protozoaires et des Métazoaires inférieurs, vis-à-vis de l'excitant thermique, un effet mécanique de l'énergie calorifique, plutôt que des manifestations d'une sensation. Les courbures des Protozoaires, par exemple, qui amènent ces animaux à s'orienter positivement ou négativement par rapport à la source de chaleur, seraient, selon les uns, ainsi que nous l'avons vu, le résultat d'une inégalité d'action sur les deux moitiés du corps. FAURÉ-FREMIET (23) attribue ces courbures à une action de la chaleur sur le protoplasma, soit en accélérant ou en ralentissant les processus généraux du métabolisme, soit en déterminant une plus ou moins grande activité des matières albuminoïdes se trouvant dans le côté du corps qui reçoit l'excitation. La dilatation unilatérale du protoplasma pourrait également être envisagée.

Sans aller bien loin, on trouvera, dans les expériences que nous venons de relater, une première preuve que les réactions des insectes sont régies uniquement par leur sensibilité à la température. Nous avons constaté, en effet, qu'un insecte placé dans une étuve à 33°, ne réagit que si le passage du froid au chaud se fait sans transition ; autrement il ne réagit pas. Or, si la réaction provenait non d'une sensation mais d'un phénomène tropique, elle se présenterait dans les deux cas, car ce serait la chaleur de 33° qui en serait la cause, et cette chaleur existe aussi bien lors du passage brusque que du passage avec transition. Tandis qu'en passant successivement d'une température moindre à une température légèrement supérieure, l'animal arrive dans l'étuve sans avoir été influencé, par gradations successives de petites augmentations de chaleur dont chacune est trop faible pour l'impressionner¹. La réaction est donc bien motivée par une sensation de chaud.

Nous devons, en second lieu, faire remarquer que les mouvements réactionnels qu'affectent les insectes lors du passage brusque du froid au chaud, ou inversement du chaud au froid, ne présentent aucune régularité quelconque ; ils varient dans une large mesure non seulement suivant les espèces ou suivant qu'il s'agit d'une larve, d'une nymphe ou d'un adulte, mais encore suivant les individus considérés. Ces variations proviennent des états et des variétés physiologiques, nombreux chez toutes les espèces animales ; ainsi que H. PIÉRON (58) l'a fait observer en ce qui concerne l'Actinie, elles sont peut-être la traduction de variations anatomiques

¹ BOHN (8) signale des exemples où le comportement d'insectes dans certaines occasions serait le résultat *d'habitudes musculaires* ; nous ne pensons pas que cette hypothèse doive être prise en considération dans le cas qui nous occupe. Signalons que F.-W. CARPENTER (18) conclut de ses expériences avec les Mouches du genre *Drosophyla* à une sensation de chaud et de froid éprouvée par ces insectes.

du système nerveux. Quoi qu'il en soit, il y a lieu de constater cette irrégularité que nous retrouverons dans presque toutes nos expériences, et qui montre, tout au moins, l'insuffisance de la théorie des tropismes pour expliquer ces réactions.

Une troisième preuve que les réactions des insectes vis-à-vis de la température sont bien le résultat d'une sensation éprouvée par eux, résulte des expériences suivantes, entreprises en vue d'étudier le comportement habituel de divers insectes dans certaines conditions spéciales :

Comportement des larves (chenilles de Lasiocampa quercus, Macrothylacia rubi, Ocneria dispar, Psilura monacha, Dendrolimus pini, Mamestra brassicae ; larves de Diptères, Exorista affinis).

I. Ces larves sont dans l'immobilité ; au moyen d'une pince, nous effectuons sur elles une pression bilatérale ; ou bien nous les piquons avec une aiguille, ou bien encore nous leur coupons une patte.

Principales réactions : 1. Rétraction de un ou plusieurs segments. 2. L'animal quitte le substratum avec sa paire de pattes anales, allonge la partie postérieure de son corps et reprend le substratum un peu plus en arrière. 3. Enroulement sur lui-même de la partie antérieure du corps. 4. Enroulement complet en anneau. 5. Redressement de la tête et des deux ou trois premiers segments. 6. Marche en avant. 7. L'animal fait demi-tour sur lui-même et vient placer sa tête à l'endroit où se trouvaient, précédemment, ses pattes anales.

II. Les mêmes espèces, élevées dans une chambre chauffée, sont placées subitement dehors par 1 ou 2 degrés. Les réactions sont les mêmes.

Lasiocampa quercus adopte principalement les modes 1, 2 et 3 ; *Macrothylacia rubi* ne subit que la réaction

n° 4. *Dendrolimus pini*, *Ocneria dispar* et *Psilura monacha*, 1, 2, 3, 4 et 6. *Mamestra brassicae*, 3, 6 et 7 ; larves de Diptères, 1, 5, 6, 7.

III. Les mêmes espèces sont placées sur un dispositif spécial, où elles reçoivent la chaleur unilatéralement, ou bien dans une étuve à 40°.

Les réactions sont encore absolument les mêmes.

Comportement des chrysalides¹.

I. Les chrysalides d'un très grand nombre d'espèces sont pincées ou piquées ; elles réagissent en mouvant leur abdomen selon le mode spécifique.

II. Placées brusquement du chaud au froid, ou du froid au chaud, ou bien chauffées fortement unilatéralement, elles réagissent comme en I.

Comportement des insectes parfaits.

I. Des Papillons de Rhopalocères (*Vanessa io* et *urticae* *Papilio machaon*, *Pieris rapae* et *brassicae*, etc.) et de Noctuelles (*Plusia gamma*, *Mamestra brassicae*), se trouvent en plusieurs exemplaires dans une cage, au repos. On donne un coup sec à la cage ; la plupart des insectes effectuent aussitôt un battement d'ailes (1).

On pince le thorax ou on le pique : la plupart redressent les antennes (2), meuvent les pattes (3). On sectionne une antenne² : la réaction se traduit par plusieurs battements d'ailes, accompagnés d'un mouvement de l'abdomen (4). Souvent l'insecte quitte la place en mar-

¹ Les chrysalides, par le fait de leur structure morphologique, ne peuvent mouvoir que leur abdomen, auquel elles impriment soit un mouvement de rotation complet, soit une orientation latérale. Les expériences les concernant ne sont en conséquence pas très concluantes, puisque les chrysalides ne peuvent réagir que d'une seule manière.

² Il arrive parfois que l'ablation d'une antenne ne produise aucune réaction : c'est lorsqu'elle a été faite entre deux segments.

chant maladroitement et en perdant momentanément l'équilibre (5).

II. Les mêmes espèces sont placées subitement dans l'étuve, ou chauffées fortement unilatéralement ; elles se comportent de la même façon que nous venons de voir, les *Vanessa io* et *urticae*, principalement avec les modes de réaction 1 à 5, les *Plusia gamma* et *Mamestra brassicae* 1 et 3, les autres 1, 4 et 5.

III. Le passage du chaud au froid n'a pu être étudié qu'avec *Vanessa io* ; le comportement, dans ce cas, appartient aux modes 1 et 3.

Les pratiques que nous avons fait subir aux insectes sont de celles que l'on peut considérer comme leur produisant une sensation ; celle-ci se traduit par certains mouvements qui sont volontaires ou le résultat de réflexes ; l'abaissement des ailes au moment même du choc donné à la cage est bien la caractéristique d'un réflexe ; les réactions contre une piqûre ou une blessure, de même que la fuite, caractérisent bien la sensation perçue. Or, le fait que les insectes effectuent les mêmes réactions lorsqu'ils sont pincés, piqués ou blessés, et lorsqu'ils sont simplement soumis à l'influence de la température, montre que, dans ce dernier cas, ces mouvements ne doivent pas être attribués à une action thermotropique, mais à une *sensation de chaleur*.

Réactions des Insectes d'été et des Insectes hivernants.

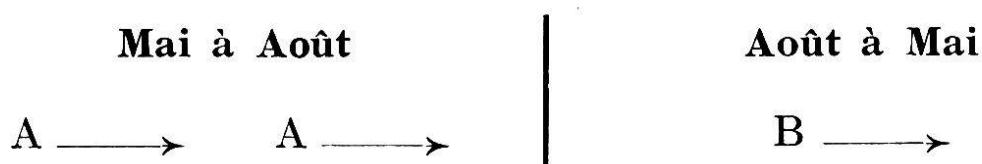
L'action de la température, à un degré égal, n'est pas la même suivant que l'on considère des insectes appartenant aux générations estivales et hivernantes. Les premiers ont un intérêt capital à rechercher la chaleur, les autres à la fuir, et de l'état calorifique auquel ils sont astreints peut dépendre la survie de l'espèce,

ainsi que nous l'avons démontré précédemment (51, 53 et 54) :

La sélection naturelle, en concurrence avec le retour périodique de l'hiver, pendant lequel toute nourriture végétale fait défaut, ont établi pour chaque espèce un système de développement dont la durée est régularisée par une diapause hivernale ; le stade ontogénique où l'insecte est capable de supporter l'hiver est invariablement le même pour une espèce donnée, et il ne peut y avoir de survivance que pour ceux qui atteignent la mauvaise saison au stade prescrit. Cette loi est générale et ne souffre guère d'exception que pour quelques espèces dont les larves se nourrissent de plantes vivaces.

Il en est résulté une adaptation aux conditions de température propres aux saisons où évoluent les insectes et qui a créé pour eux un intérêt à rechercher la chaleur ou bien à la fuir, suivant qu'ils subiront tout leur développement pendant l'été, ou bien suivant que leur évolution sera coupée par une période de diapause hivernale. Prenons un exemple :

Vanessa io a trois générations annuelles ; deux (A) se développent entièrement pendant la belle saison et la troisième (B) hiverne à l'état de Papillon, ce qui nous donne une alternance de générations pouvant s'exprimer ainsi :



B est seul capable de supporter l'abaissement de la température dont ses parents et grands-parents n'ont jamais éprouvé la sensation, et qui sont incapables, eux de résister au froid ; il existera donc forcément, dans leur comportement par rapport à la température, des

différences capitales entre A et B. Les expériences suivantes en donneront une idée :

1. Expériences avec des Papillons de Vanessa io, urticae et atalanta.

I. Des Papillons appartenant à la génération estivale sont maintenus dans une glacière (5° environ), sans nourriture. *Ils meurent au bout de cinq à huit jours.*

II. Des Papillons, appartenant à la génération hivernante, sont maintenus dehors pendant tout l'hiver, sans nourriture. *Ils restent en vie jusqu'au printemps.*

III. Des Papillons, appartenant à la génération hivernante, sont maintenus dans la chambre chauffée, sans nourriture. *Ils meurent au bout de cinq à huit jours.*

Ainsi, la survivance de l'espèce dépend de la température ; c'est la chaleur qui permettra à ceux d'été de voler et de trouver les conditions favorables ; pour ceux d'hiver, elle serait nuisible, car elle les force à mener une vie active à une saison où la nourriture fait défaut et où l'immobilité est de rigueur. La recherche des conditions thermiques nécessaires aux représentants de chaque génération devient donc d'un intérêt biologique capital. Nous avons pu constater cette recherche au cours de toutes nos expériences ayant eu pour but l'étude de l'hibernation des Lépidoptères, aussi bien à l'état de larve que d'insecte parfait.

Cela étant établi, les insectes sont-ils capables de manifester, par les mouvements habituels qu'ils font lorsqu'ils perçoivent une sensation, qu'ils se rendent compte des conditions défavorables de température dans lesquelles ils se trouvent ? Autrement dit, la recherche des éléments favorables est-elle le résultat d'actes conscients dirigés par la volonté, ou bien d'actes inconscients

guidés par l'action tropique de la température ? C'est encore à l'expérimentation que nous demanderons la solution du problème :

2. Expériences avec des Papillons de Vanessa io et urticae.

I. *Papillons d'été.* Ils sont placés sur la paroi supérieure d'une étuve dégageant une chaleur de 25°. Pas de réaction : les insectes restent immobiles sur l'étuve.

II. *Papillons en hibernation.* Ils sont placés dans les mêmes conditions ; ils réagissent immédiatement contre la chaleur en effectuant les mouvements habituels qui sont l'indication d'une sensation perçue (piqûre, blessure, etc.). Ensuite, ils s'acheminent maladroitement vers le bord de l'étuve, tombent sur le plancher où ils s'immobilisent.

III. *Papillons d'été.* Ils sont placés dans une glacière (8° environ) ; leur comportement est le même que celui des Papillons d'hiver placés sur l'étuve, c'est-à-dire qu'ils cherchent à fuir.

IV. *Papillons en hibernation.* Ils sont placés dans les mêmes conditions de température qu'en III (dehors en automne) ; leur immobilité est complète.

Nous concluons tout d'abord de ces expériences que des individus de même espèce ne réagissent vis-à-vis de la température que *dans les conditions requises par leur ontogénie*. En second lieu, la *fuite* à laquelle se livrent les Papillons hivernants pour quitter l'étuve ne saurait être considérée comme un tropisme, par la raison que l'excitant thermique agit à la fois sur toutes les parties du corps ; en effet, en admettant l'influence mécanique de la chaleur, l'animal serait immobilisé sur place par le fait qu'il en subirait l'action à la fois de tous les côtés. Or il s'en va. Cependant, on pourra objecter que le

Papillon d'été, lui, ne s'en va pas. Est-il donc seul thermotropique ? Aussi pour élucider ce dernier point allons-nous élever la température de l'étuve jusqu'à 42° pour y placer des Papillons d'été ; dans ces conditions nouvelles, bien que chauffé de tous les côtés à la fois, l'animal effectue d'emblée les mouvements habituels indicateurs de la sensation perçue et, de plus, il cherche à sortir de cette fournaise en se dirigeant vers la porte vitrée de l'étuve.

Pour ce qui est des Papillons d'hiver placés au froid, on pourrait penser que leur immobilité provient de l'action de l'abaissement de la température, paralysant leurs mouvements; mais cela n'est pas le cas, puisque les Papillons d'été, dans les mêmes conditions de froid, sont capables d'effectuer les réactions qui démontrent leur sensibilité. Au surplus, l'expérience suivante nous apprendra que l'immobilité des hivernants n'est pas produite, au début de l'hiver, par des phénomènes de paralysie musculaire, mais par une habitude héréditaire exigée par la nécessité d'observer certaines conditions de réclusion sans lesquelles l'insecte ne peut supporter le long jeûne hivernal¹.

3. *Expérience avec des Papillons hivernants de Vanessa io.*

Dispositif. Un radiateur se trouve contre la paroi du laboratoire au dessous d'une fenêtre, laquelle est ouverte. Au sommet du radiateur nous plaçons l'extrémité d'un

¹ Il se peut que la paralysie se produise au cours de l'hiver lorsque les froids deviennent intenses ; mais, lorsque l'insecte commence à s'immobiliser au commencement de l'automne, l'abaissement de la température n'est pas encore suffisant pour la produire. Nous avons du reste démontré précédemment (50, 51 et 54), pour un grand nombre d'espèces, que l'immobilité des Lépidoptères, indispensable à la diapause, n'est pas forcément produite par l'abaissement de la température; elle peut aussi bien se produire en chambre chauffée à l'époque normale où ce phénomène se passe à l'état naturel. Les insectes, d'une manière générale, commencent à hiverner avant le début du froid, de même qu'ils reprennent la vie active au printemps par une température plus basse que celle où ils l'avaient cessée en automne.

plan incliné (une mince planchette) dont le milieu s'appuie sur le bord de la fenêtre et qui se prolonge de deux mètres au dehors. Il résulte de ce dispositif que le bas du plan incliné est chauffé à 25° et que son sommet, émergeant au dehors, reçoit la température ambiante qui est de 8°; du radiateur au sommet du plan, la température va en décroissant; elle est de 10° environ, *point thermique où débute le sommeil hivernal*, à peu près au niveau de la fenêtre.

Placés sur le radiateur à la base du plan (la position donnée à l'individu n'importe pas), les Papillons le gravissent jusqu'à ce qu'ils en aient atteint le sommet où ils s'immobilisent¹.

Pour gravir le plan incliné, les Papillons marchent et vont droit au but; ils ne s'arrêtent pas au point où la température est de 10°, mais vont aussi haut qu'ils peuvent monter.

4. *Expériences avec des chenilles de Lasiocampa quercus et de Dendrolimus pini.*

Ces espèces passent l'hiver à l'état larvaire. Au moyen de certaines pratiques expérimentales nous sommes arrivé après plusieurs générations, à obtenir des chenilles ayant acquis, au mois de février, le même développement que l'espèce à l'état libre, en juin. Ces chenilles, élevées en chambre chaude, se trouvent en conséquence dans des conditions comparables à leurs conditions normales. Nous possédons également des chenilles non forcées, qui sont maintenues dehors.

I. *Chenilles forcées.* a. Nous en plaçons quelques-unes sur le bord d'une fenêtre ouverte; d'un côté elles reçoivent le froid, de l'autre la chaleur de la chambre : inva-

¹ Ces expériences ont été pratiquées successivement par temps ensoleillé et par temps couvert; elles ont donné les mêmes résultats dans les deux cas. Toute action héliotropique peut donc être écartée.

riablement elles se dirigent vers l'intérieur de la chambre.

b. Nous les plaçons sur le sommet d'une étuve, dégageant une chaleur de 26°; elles y restent immobiles.

II. Chenilles non forcées. c. Nous les plaçons dans les mêmes conditions qu'en *a*; elles se dirigent invariablement du côté du froid.

d. Placées sur le sommet de l'étuve, elles s'enfuient.

III. Des chenilles appartenant aux deux catégories sont placées dans une température intermédiaire de 12°. Les unes et les autres acceptent cette température, les chenilles forcées pour y mener une vie active et s'y nourrir, les non-forcées pour entrer de nouveau en diapause hivernale.

Les expériences que nous venons de relater illustrent bien le parallélisme qui existe entre l'orientation de l'animal et l'*utilité* de cette orientation. En se comportant comme ils le font dans le milieu expérimental, les insectes suivent simplement le mode habituel de leur espèce à l'état naturel; placés entre deux conditions, dont l'une est inhabituelle et entraînerait la disparition de l'espèce si elle devenait générale, et dont l'autre est habituelle et fournit seule les éléments indispensables, les insectes s'orientent sans hésitation vers cette dernière. Il y a donc un *choix*. Admettons cependant que cette orientation soit le résultat d'une action tropique de la chaleur; d'après ce que nous savons de la théorie des tropismes, une seule réaction pourra se produire qui sera ou bien négative (néfaste pour les individus d'été), ou bien positive (néfaste pour les individus d'hiver). Or rien de semblable ne se présente et nous assistons, *pour les individus d'une même espèce*, à deux modes de réaction absolument distincts et contraires, l'un, positif, et qui est celui de la génération estivale, et l'autre, négatif, et qui est celui de la génération d'hiver.

Nous constatons en conséquence et une fois de plus, que les réactions des insectes, dans ce cas comme dans les précédents, n'ont pas pour origine l'action tropique de la chaleur, mais qu'elles sont motivées par un intérêt et par la recherche de conditions favorables au maintien de l'espèce. *Cette recherche est dirigée par des sensations de chaud et de froid que l'animal accepte ou repousse suivant qu'elles sont conformes ou non à ce que requiert son ontogénie.*

Réactions de Lépidoptères à l'état de veille et de sommeil.

Au cours de leur vie, les insectes d'été subissent des périodes de sommeil journalier alternant avec des périodes d'activité éveillée, tandis que celle-ci fait défaut chez les insectes hivernants pendant tout le temps que dure leur diapause. Sous ce rapport une grande différence existe entre les uns et les autres qui est marquée par une différence corrélative dans leurs réactions vis-à-vis de la température.

Les Papillons diurnes d'été à l'état de veille (considérés pendant la journée) réagissent vis-à-vis d'un excitant thermique de la même façon que nous venons de voir jusqu'à maintenant ; c'est-à-dire qu'ils acceptent la chaleur. Nous avons entrepris des expériences à 25°, 38° et 45° qui ne nous apprennent rien que nous n'ayons déjà vu. Il est superflu, par conséquent, de parler de ces expériences.

Pour ce qui est des Papillons diurnes des générations estivales à l'état de sommeil journalier (considérés pendant la nuit), les résultats sont à peu près les mêmes. Avant de réagir il faut laisser à l'insecte quelque temps pour qu'il se réveille.

Mais bien différent est le comportement des Lépidoptères hivernants, tant à l'état de larve et de chrysalide

que d'insecte ailé ; dans ce cas les réactions offrent des variations appréciables suivant que l'on s'adresse aux individus qui ne sont pas encore atteints par le sommeil hivernal ou bien à ceux qui le subissent déjà depuis quelque temps à des degrés divers ; pour ces derniers, la température ambiante est à considérer.

Nous commencerons par énoncer nos principales expériences dans ce domaine pour ensuite en tirer les conclusions qu'elles comportent.

5. *Chenilles de Macrothylacia rubi.*

Comportement à l'état naturel. Il est bien connu ; à la moindre des choses (déplacement d'air, mouvement du substratum, léger attouchement) cette larve s'enroule sur elle-même en anneau complet, à la manière d'un hérisson. Une fois enroulée il est *impossible* d'en amener artificiellement le déroulement ; tout ce que l'on essaie ne fait que provoquer une crispation musculaire toujours plus ardente qui resserre l'anneau encore davantage. Nous avons tenté sans succès d'amener le déroulement de la chenille en la prenant par la tête et par le pôle anal et en écartant ces deux extrémités.

Les chenilles hivernent enfouies sous la mousse, les unes enroulées, les autres non-enroulées.

Dispositif C. Un plan horizontal, sur le côté duquel nous plaçons une plaque de tôle verticale ; cette dernière est chauffée en son centre et au niveau du plan horizontal, au moyen d'un bec Bunzen légèrement incliné. Il résulte de ce dispositif qu'une zone de chaleur, qui est de 45° à un centimètre de la plaque de tôle, rayonne sur le plan horizontal ; suivant la distance considérée à partir de la source de chaleur, on obtient une température qui décroît à mesure que l'on s'éloigne de cette source.

I. *Chenilles avant le sommeil hivernal
(vie active par 15-20°).*

a. Des individus enroulés sont placés sur le plan horizontal (la position qui leur est donnée n'importe pas); la chaleur reçue accentue encore leur enroulement.

b. Des individus non enroulés sont placés dans les mêmes conditions ; ils s'enroulent aussitôt.

II. *Chenilles à l'état de sommeil hivernal
(par 0 à 2° dehors).*

Des individus enroulés sont placés dans diverses positions sur le plan horizontal, au point où le thermomètre marque 38°, d'autres à 40°, d'autres à 45°. *Au bout de quelques secondes tous se déroulent et prennent une position rectiligne.*

Nous avons vu que, dans leur milieu naturel, l'enroulement des chenilles de *Macrothylacia rubi* est le résultat d'une légère sensation déclanchant un reflex ou une tension musculaire volontaire; en outre, il est impossible d'obtenir artificiellement le déroulement chez les individus en état de veille. *Pour les individus en état de sommeil hivernal*, chez lesquels la volonté ou la sensibilité peuvent être considérées comme ayant perdu leur action, une simple élévation de température amène de suite le déroulement.

7. *Chenilles d'Agrotis janthina.*

Comportement à l'état naturel. Pendant leur période de vie active, ces chenilles réagissent contre une piqûre ou une section d'une patte, c'est-à-dire contre une sensation, en enroulant la tête entre leurs pattes, ou en se sauvant précipitamment. Normalement elles hivernent cachées sous la mousse, soit en position rectiligne, soit enroulées.

*Dispositif C.**I. Chenilles avant le sommeil hivernal
(vie active par 15-20°).*

Elles sont placées sur le plan horizontal dans diverses positions par rapport à la direction de la chaleur.

Au bout de 20 à 40 secondes, celles qui sont en position rectiligne se sauvent en allant droit devant elles, sans que leur orientation, même pour celles qui reçoivent latéralement la chaleur, soit en rapport avec la direction de celle-ci ; les individus qui se trouvent placés face à la source thermique décrivent un arc de cercle. Quant aux chenilles qui sont enroulées au moment de l'expérience, elles se déroulent au bout de 50 secondes environ, puis se sauvent dans n'importe quelle direction.

II. Chenilles en sommeil hivernal (par 0° dehors).

Elles sont placées, dans n'importe quelle orientation, sur le plan horizontal. Au bout d'une trentaine de secondes celles qui sont en position rectiligne s'enroulent, mais à l'envers de l'enroulement habituel, c'est-à-dire *la tête contre le dos*; ensuite elles reprennent la position rectiligne et se sauvent comme en I. Les individus qui sont enroulés au moment de l'expérience commencent d'abord par se dérouler, puis par s'enrouler à nouveau, mais dans le sens opposé; ensuite ils se comportent comme en I.

Dans ce cas, il y a lieu de remarquer que la chaleur amène chez les individus à l'état de veille les mêmes réactions que produisent une piqûre ou une blessure; mais chez les endormis une réaction nouvelle, qui n'a jamais été constatée chez les éveillés, est le résultat de l'action de la température élevée.

8. Chrysalides de Noctuelles. (*Agrotis janthina et Mamestra brassicae.*)

Nous avons vu que la réaction des chrysalides de Noctuelles vis-à-vis d'une piqûre, ou d'un attouchement, consiste simplement en un mouvement de rotation imprimé à l'abdomen.

Dispositif C.

I. Chrysalides avant la diapause hivernale (15° dehors).

Placées dans n'importe quelle position sur le plan horizontal, elles impriment à leur abdomen le mouvement habituel de rotation.

II. Chrysalides en diapause hivernale (0° dehors).

Placées sur le plan horizontal, latéralement par rapport à la direction des rayons calorifiques, *elles orientent l'extrémité de leur abdomen du côté d'où provient la chaleur.*

Nous constatons ici un cas de *thermotropisme positif* bien accentué chez des chrysalides en *sommeil hivernal complet*; ce phénomène ne se présente pas pour les mêmes espèces en état de veille et dans les mêmes conditions; nous verrons plus loin quelles sont les conclusions à tirer de cette observation.

9. Epériences avec des Papillons de *Vanessa io*.

Comportement à l'état naturel. Les Papillons de *Vanessa io*, à l'état de repos, portent leurs ailes dressées sur le corps (fig. 10 a), celles de gauche appliquées contre celles de droite. Cette disposition fait de ces insectes un matériel bien approprié pour l'étude de l'action unilatérale de la chaleur, en ce sens que les ailes, dressées sur le dos, constituent un écran capable d'empêcher la température d'agir sur le côté opposé à la source d'où

elle provient. Ces insectes se tiennent sur leurs quatre pattes¹ légèrement recourbées, en sorte que le ventre ne touche pas le substratum.

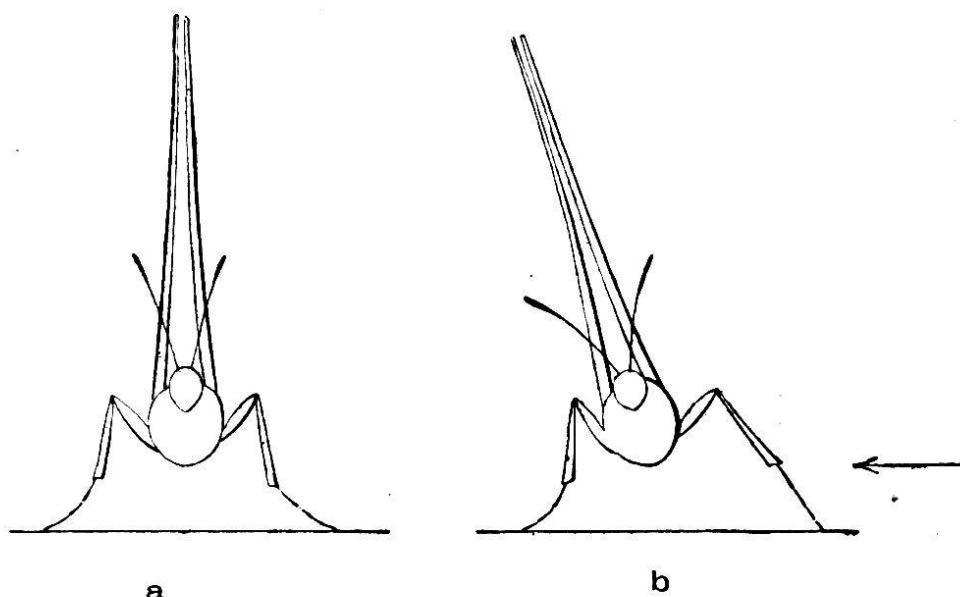


Fig. 10. — a, papillon au repos. b, inclinaison sous l'action unilatérale de la chaleur.

Série 1 (38 à 45°).

I. Papillons avant l'hivernage, à l'état de veille.

a. *Dispositif C*². Placés sur le plan horizontal, dans n'importe quelle position par rapport à la source thermique, ils se comportent comme lorsqu'ils sont impressionnés par une piqûre, une blessure ou la section d'une antenne. Ensuite ils fuient rapidement la source thermique, soit en marchant, soit en volant, mais en suivant une direction quelconque, plusieurs même passant par dessus le bec Bunsen. Une fois à l'abri de la chaleur, ils s'immobilisent.

¹ La première paire de pattes des Vanesses est atrophieée en un moignon unisegmenté abondamment pourvu de terminaisons sensorielles.

² Nous avons fait les mêmes expériences en pratiquant l'échauffement simplement au moyen d'un bec Bunsen placé à une certaine distance du sujet ; les résultats ont été les mêmes qu'avec le dispositif C.

b. Dispositif C modifié. Le substratum est organisé de telle façon que les Papillons soient chauffés sur le dos ; leur comportement est le même.

II. *Papillons avant l'hivernage, en sommeil journalier, (considérés dans la soirée).*

Dispositif C. a. Insectes placés dans le sens des radiations calorifiques, la tête à l'opposé de l'excitant. Un ou deux battements d'ailes, puis marche pénible et maladroite en avant qui les éloigne de la source thermique.

b. Insectes placés latéralement par rapport à la direction des radiations calorifiques. Un ou deux battements d'ailes; les Papillons effectuent un quart de cercle sur eux-mêmes et se placent dans la direction des radiations calorifiques, la tête à l'opposé de l'excitant ; puis ils s'éloignent péniblement de celui-ci.

c. Insectes placés dans le sens des radiations calorifiques, la tête du côté de l'excitant. Ils effectuent un demi-tour complet et se comportent ensuite comme précédemment.

d. Dispositif C modifié. Les réactions sont les mêmes.

Série 2 (38 à 45°).

Papillons en sommeil hivernal peu profond¹ par 8 à 10° dehors.

Dispositif C. a. Les Papillons sont placés latéralement par rapport à la source de chaleur. Ils se tournent sur eux-mêmes maladroitement, en levant les pattes avec peine, et arrivent à se placer dans le sens des radiations calorifiques, la tête à l'opposé du centre de chaleur ; le mouvement est accompagné d'un ou deux battements d'ailes. *Ensuite ils s'immobilisent sur le substratum, en pleine chaleur.*

¹ On se rend parfaitement compte qu'à 8° au début de l'hiver, les Papillons sont en sommeil hivernal incomplet, car ils réagissent encore contre la sensation d'une piqûre, blessure, etc., tandis que par une température plus basse, il n'y a pas de réaction, ce qui indique le sommeil complet.

b. Les Papillons sont placés dans la direction des radiations calorifiques, la tête à l'opposé du centre de chaleur. Deux ou trois battements d'ailes, puis immobilisation sur place.

c. Les Papillons sont placés dans la direction des radiations calorifiques, la tête du côté du centre de chaleur. Deux ou trois battements d'ailes, demi-tour pénible qui amène le Papillon à tourner la tête à l'opposé de l'excitant, puis immobilisation sur place.

Les Papillons d'hiver à l'état de veille réagissent normalement vis-à-vis de la température en s'en écartant volontairement. Ceux qui sont en sommeil journalier subissent une action directrice de la part de la chaleur (tropisme) ; cependant, bien que lourdement, maladroitement et avec passablement de peine, ils peuvent encore fuir celle-ci qui, nous le savons, constitue un élément contraire au maintien de leur existence ou à la marche normale de leur ontogénie. Quant aux Papillons en sommeil hivernal peu profond, ils subissent de la part de la chaleur la même action directrice que ceux qui sont en sommeil journalier ; cependant ils n'ont pas le pouvoir d'échapper à cette action et lui restent soumis, malgré que cette soumission entraînera leur mort. Néanmoins les uns et les autres manifestent quand même des battements d'ailes que nous savons être l'indication de la perception d'une sensation.

Série 3 (38 à 45°).

*Papillons en sommeil hivernal complet
(par 0° à 2° dehors).*

Dispositif C. a. Papillons placés latéralement par rapport à la source de chaleur. Leurs pattes se trouvent être perpendiculaires au corps (verticales) (fig. 11a).

Nous considérons un insecte qui reçoit la chaleur du côté gauche. 10-15 secondes d'immobilité, à la suite

desquelles le Papillon incline son corps brusquement à droite. Cette inclinaison entraîne une inclinaison correspondante des ailes, qui restent dressées sur le dos dans l'axe normal du corps (fig. 10 b).

Nous tournons le substratum de façon que l'insecte reçoive maintenant la chaleur à droite ; au bout d'un instant, il se redresse, prend tout d'abord une position verticale, puis s'incline à gauche. Pas de battements d'ailes ni d'autres mouvements indiquant la perception d'une sensation.

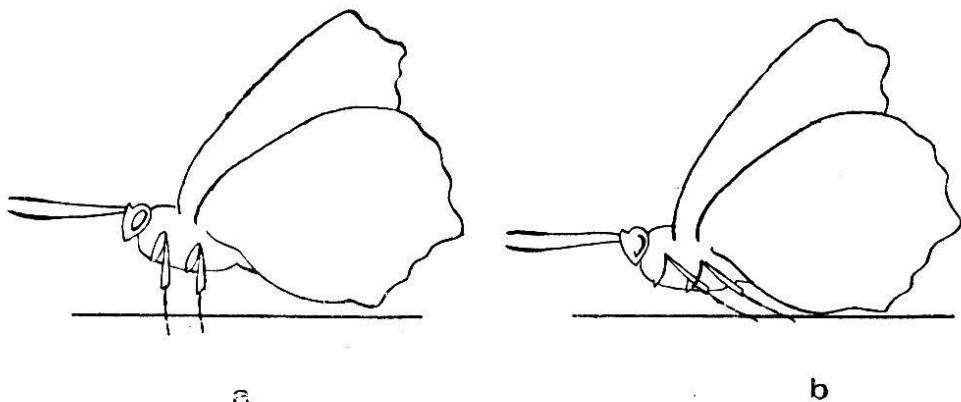


Fig. 11. — Papillon de *Vanessa io* au repos. a avec les pattes verticales, b avec les pattes dirigées obliquement d'avant en arrière.

b) *Papillons placés latéralement par rapport à la source de chaleur*; maintenant, leurs pattes ne sont plus perpendiculaires au corps, mais obliques, c'est-à-dire dirigées d'avant en arrière (fig. 11 b).

Nous considérons encore un insecte qui reçoit la chaleur du côté gauche ; au bout d'une dizaine de secondes, il commence par tourner sur lui-même, à droite, d'environ 80°, ce qui l'oriente à peu près dans la direction des radiations calorifiques. Une fois cette rotation obtenue, le Papillon s'incline alors à droite, comme dans le cas précédent. Pas de battements d'ailes, ni d'autres mouvements indiquant la perception d'une sensation.

Lorsque l'insecte reçoit la chaleur à droite, le même phénomène se présente, mais dans le sens opposé.

Nous constatons que, dans les deux cas de cette dernière série, *les griffes des pattes n'ont pas quitté l'endroit du substratum où elles sont fixées au moment de l'expérience*. Dans le premier cas, en examinant les membres chauffés au moment de l'inclinaison, nous remarquons qu'ils se redressent légèrement, tandis que ceux du côté non chauffé semblent rester indemnes de tout redressement. Dès lors, il apparaît que le mouvement d'inclinaison est produit par une action unilatérale des pattes, avec point d'appui fixe¹ (fig. 10). Une table, dont les pieds de gauche deviendraient subitement plus grands que ceux du côté opposé, s'inclinerait forcément à droite, et tous les objets qu'elle supporte prendraient la même inclinaison ; on peut comparer le comportement de nos Papillons à l'inclinaison de la table.

Dans le second cas, les pattes du côté chauffé se redressent également légèrement, tandis que celles qui sont à l'abri de la chaleur ne subissent pas ce redressement ; par le fait de la position oblique des pattes par rapport au corps (fig. 11 b), elles produisent sur celui-ci une action unilatérale d'arrière en avant, avec point d'appui fixe, qui amène la rotation observée. Ensuite, leur action pour produire l'inclinaison du corps est la même que dans le cas précédent.

Nous devons remarquer encore que l'insecte, aussi bien dans le premier cas que dans le second, ne se livre, pendant toute la durée de l'expérience, à aucun des mouvements qui indiquent qu'une sensation ait été perçue ; nous rapprocherons cette dernière remarque

¹ Il se pourrait aussi que l'action des pattes du côté chauffé soit due à une dilatation de la chitine ou des liquides sanguins, ou bien à une simple tension musculaire plus forte d'un côté que de l'autre. Toujours est-il que les pattes chauffées produisent une poussée unilatérale contre laquelle l'animal ne réagit pas.

du fait que ces individus sont en sommeil hivernal complet, c'est-à-dire dans un état où la sensibilité et la possibilité d'agir volontairement sont réduites.

Observation. Dans les expériences précédentes, l'excitant se présentant sous forme de radiations calorifiques ayant une direction donnée, il se pourrait que ces radiations exercent, sur les ailes des Papillons, une poussée, laquelle produirait l'inclinaison. (Par exemple, un morceau de papier placé au dessus d'un radiateur est poussé par les radiations qui en émanent). Pour nous rendre compte du phénomène, nous répétons l'expérience de la série 3a, d'abord avec un Papillon artificiel en papier, ensuite avec 3 *Vanessa io* mortes, dont les pattes et les ailes ont conservé la position normale des individus vivants, en sommeil hivernal; ni l'un, ni les autres ne s'inclinent une fois qu'ils sont placés latéralement à la source de chaleur. L'inclinaison est donc bien produite par une action unilatérale physico-chimique de la température sur la matière vivante.

Série 4 (35 à 45°).

Dispositif C. Papillons en sommeil hivernal complet. Ils sont placés sur le plan horizontal, de façon que leur corps soit dans la direction des radiations calorifiques et que leurs quatre pattes soient chauffées également; pas de réactions.

Série 5 (25 à 30°).

Papillons en sommeil hivernal complet : mêmes expériences que précédemment, pas de réactions.

Série 5 (18 à 20°).

Papillons en sommeil hivernal complet. (Introduction du dehors dans la chambre chauffée): Pas de réactions; décès au bout de huit à dix jours.

La série 4, comparée avec la précédente, montre nettement que les orientations que nous avons signalées chez les hivernants sont dues à des phénomènes de thermotropisme, au sens exact de la théorie de LOEB ; mais nous faisons remarquer encore une fois que *seuls les Papillons en sommeil hivernal sont assujettis à la force physico-chimique de la température*. Pour ce qui est des séries 5 et 6, elles indiquent qu'une orientation tropique n'est possible que par une certaine élévation de température.

Conclusions relatives aux faits énoncés dans ce chapitre.

Les expériences que nous venons de voir mettent en évidence le rôle important que jouent les phénomènes de nature psychiques dans le comportement des insectes en rapport avec la température et jusqu'à quel point, dans des conditions tout à fait exceptionnelles, ces animaux peuvent être assujettis involontairement à la force thermotropique.

Nous avons d'abord constaté que toutes les réactions des insectes les conduisent vers des conditions de température favorables, les seules qui soient requises par leur survie, et nous avons démontré qu'ils sont guidés dans leur orientation par des sensations de chaud ou de froid, qu'ils acceptent ou qu'ils repoussent suivant qu'elles sont conformes ou non aux nécessités de leur ontogénie.

C'est principalement lorsqu'il s'agit de Papillons hivernants, autrement dit d'individus pour lesquels l'élévation de la température constitue une condition absolument préjudiciable à la survie de leur espèce, que l'on se rend compte de l'utilité de l'orientation observée. Nous voyons ces insectes, lorsqu'ils sont en état de veille avant la préparation pour l'hibernation, fuir la chaleur, aussi

bien lorsqu'elle agit unilatéralement que quand elle impressionne à la fois les deux côtés du corps. Cette fuite, tranquille lorsque la température est peu élevée, hâtive lorsqu'elle dépasse 35°, ne se fait pas selon une orientation déterminée par rapport à la direction des radiations calorifiques, mais selon le mode qui éloigne l'insecte le plus rapidement possible de l'excitant ; nous savons qu'en agissant de cette façon, l'animal est guidé par la perception d'une sensation. Nous confirmons ainsi un premier point, à savoir que la volonté est seule à le diriger dans sa fuite et dans la recherche des conditions qui lui sont absolument nécessaires.

Mais, avant leur hibernation, les Papillons subissent un état de veille pendant la journée et de sommeil pendant la nuit. Dans ce dernier cas, leur sensibilité est atténuée ; on s'en rend compte en pratiquant sur ces animaux une piqûre ou une blessure ; ces pratiques amènent des réactions beaucoup moins vives qu'à l'état de veille, quoique de même nature.

Placés dans les mêmes conditions expérimentales d'élévation de la température, ces insectes, en effectuant, bien qu'avec peu d'ampleur, les mouvements indicateurs de la perception d'une sensation de chaleur, montrent cependant qu'ils la perçoivent encore ; et non seulement ils réagissent faiblement, mais dans les essais, lents, maladrcits et dénotant la difficulté, qu'ils tentent pour fuir l'élément thermique, *ils prennent une direction qui les oriente dans le sens des lignes de force de cet élément.* Les Papillons hivernants à l'état de sommeil journalier commencent donc à devenir négativement thermotropiques ; cependant, ils peuvent encore s'éloigner de la source thermique préjudiciable.

Mais l'hibernation s'effectue par des froids qui varient d'intensité pendant l'hiver ; au début de celui-ci, les insectes se trouvent dans un état de sommeil hivernal

qui, par le fait du faible abaissement de la température, n'est pas encore complet ; ces animaux, en effet, dès que piqués ou blessés, réagissent en manifestant quelque peu les mouvements habituels, mais avec une faiblesse excessive. Or, grâce à leur sensibilité amoindrie, c'est avec une peine inouïe qu'ils essaient de fuir la source de chaleur à laquelle ils sont exposés ; ces essais les amènent à prendre, comme dans le cas précédent, une direction qui les oriente dans le sens des lignes de force de l'excitant, qui, en outre, *les assujettit sur place*. Le thermotropisme des individus en sommeil hivernal incomplet est, en conséquence, plus accentué qu'à l'état de sommeil journalier.

Arrivent maintenant les froids excessifs et le gel de l'hiver ; le sommeil hivernal est à ce point complet que la sensibilité des insectes qui le subissent est à peu près nulle ; une blessure, une piqûre, les laissent indifférents, de même que les laissera indifférents la sensation de chaleur. Aussi, dès que placés dans les conditions expérimentales, ne les voyons-nous effectuer aucun des mouvements habituels et rester absolument passifs ; plus de sensibilité qui puisse éveiller leur volonté et les guider dans leur fuite des conditions défavorables. C'est alors que les forces extérieures ont toute leur action ; c'est pourquoi l'intervention de la chaleur dilate les muscles du côté chauffé et produit une inclinaison du corps ou une orientation déterminée de celui-ci. Cette inclinaison et cette orientation, non seulement ne se produisent pas lorsque l'animal, éveillé, est en pleine possession de sa volonté, mais ne se présentent pas davantage lorsque l'action calorifique s'exerce à la fois sur les deux côtés du corps.

Il existe donc une gradation dans les réactions des Papillons d'hiver vis-à-vis d'un agent thermique, depuis l'individu qui, en état de veille et conscient de ses actes,

réagit volontairement, jusqu'à celui qui, complètement sous l'influence de la diapause, est assujetti aux forces de cet agent, absolument comme le veut la théorie de LOEB. Entre ces deux extrêmes nous trouvons des intermédiaires qui présentent à la fois la réaction volontaire, quoique bien atténuée, et la réaction tropique.

Des résultats quelque peu semblables sont donnés par les expériences avec des chenilles et des chrysalides, ces dernières n'orientant leur abdomen d'une façon déterminée par rapport à la source de chaleur que quand elles sont en diapause hivernale complète.

Quant aux chenilles, le cas des *Macrothylacia rubi* est tout à fait caractéristique. Voici un animal qui, dans sa vie habituelle, et éveillé, s'enroule à la moindre sensation, sans qu'il soit possible de le dérouler ; c'est une habitude spécifique que chaque individu observe constamment et qui provient d'un réflexe ou d'un acte volontaire. Or, dans les expériences, quand il est en état de veille, la chaleur l'enroule de même, et si, lorsque celle-ci agit, il se trouve déjà en anneau, il se crispe encore davantage en un anneau plus resserré : la chaleur exerce donc sur lui une influence contre laquelle il réagit de la même façon qu'en liberté, vis-à-vis de n'importe quelle excitation.

Cet insecte est maintenant endormi du sommeil hivernal, paisiblement en anneau dans une épaisse couche de mousse, par 1 à 2° de froid ; nous le plaçons au centre de radiations calorifiques intenses, et *la température provoque instantanément le déroulement, qu'aucun effort n'avait pu provoquer à l'état de veille*. Donc, réaction volontaire ou provenant d'un réflexe lorsqu'éveillé, et réaction uniquement soumise à l'influence physico-chimique de la chaleur, lorsqu'en diapause hivernale.

Ces données sont amplement suffisantes pour nous montrer que chaque fois que l'insecte le peut (état de

veille) ce sont ses actes volontaires qui le dirigent en concordance avec la température, pour la rechercher ou pour la fuir, suivant qu'il appartient à la génération estivale ou à la génération d'hiver ; tandis qu'il ne reste assujetti à l'excitant thermique que quand sa volonté cesse de se manifester, c'est-à-dire lorsqu'il est en état léthargique produit par le sommeil hivernal.

Nous avons vu que, dans ce dernier cas, les Papillons meurent sur place, sans avoir pu gagner les conditions favorables ; l'assujettissement à la chaleur est, en conséquence, préjudiciable à l'espèce ! Mais il faut considérer que l'élévation de la température utilisée dans nos expériences ne se rencontre pas en automne à l'état naturel où elle ne peut nuire au maintien de l'existence des insectes hivernants. Cependant, il est admissible que cette élévation soit intervenue autrefois pour régulariser l'ontogénie des insectes et amener leur développement à concorder d'une façon judicieuse avec le retour périodique de l'hiver, comme cela se présente de nos jours. Cette adaptation est encore régie par la disparition des feuilles pendant la mauvaise saison.

IV. RÉACTIONS DES INSECTES VIS-A-VIS DE DIVERSES EXCITATIONS

Pesanteur.

Nous savons que les végétaux orientent leurs tiges et leurs racines par rapport à la direction de la pesanteur. LOEB (39) a remarqué que certains animaux fixés, comme, par exemple, l'*Antennularia antennina*, orientent certaines parties de leur corps d'une façon sensiblement la même. Quant aux animaux libres, les yeux et les otolithes seraient les organes de la sensibilité géotropi-