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: II: Réactions des insectes vis-à-vis de la lumière

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: 16.07.2025

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

d'états de conscience concomitants chez les animaux par l'étude de leurs réactions motrices.

Il nous semble donc que la méthode d'observation qui a amené à la notion des tropismes appliquée aux animaux n'a pas envisagé le problème avec toute l'impartialité désirable, en n'étudiant que le côté «tropisme» de la question ; il y a lieu maintenant de refaire un peu le travail en admettant la notion de conscience et de sensibilité comme jouant un rôle important dans le comportement des animaux.

C'est dans cet esprit que nous avons entrepris, avec des insectes, les recherches qui vont suivre [1].

II. RÉACTIONS DES INSECTES VIS-A-VIS DE LA LUMIÈRE

A. Lumière solaire.

Il n'est pas douteux que la lumière du jour exerce une grande influence sur les organismes, dans leur développement comme aussi dans leur comportement général. Nombreux sont les animaux qui organisent leur vie en rapport avec elle, les uns la fuyant, les autres au contraire la recherchant, suivant que les habitudes de l'espèce sont de vivre caché ou non. C'est vraisemblablement du reste à une action de la lumière en combinaison avec un retour périodique de sommeil journalier, qu'est due la différenciation qui existe, au point de vue de leur comportement, entre les animaux diurnes et nocturnes.

[1] Ces recherches ont été entreprises à la suite du VIe Congrès international de psychologie, à Genève, en 1909, où fut discutée la question des tropismes, et poursuivies jusqu'à maintenant. Leur étendue, jointe à des conditions indépendantes de notre volonté, ainsi qu'à la poursuite d'autres travaux, nous ont empêché de les publier plus tôt. Mais mieux vaut tard que jamais !

Prenons, par exemple, un Papillon diurne, que l'on a laissé endormi dans une boîte obscure, et plaçons-le au soleil sur une table : il ne tardera pas à battre les ailes et à s'envoler. Prenons, par contre, un Papillon nocturne, de la famille des Noctuelles, endormi dans les mêmes conditions, et plaçons-le, de même, au soleil ; il restera longtemps immobile sur place, malgré l'éclairement intense auquel il est soumis, et s'il vient à s'éveiller ce n'est nullement pour s'envoler, mais pour marcher sur la table et aller s'endormir à nouveau quelque part à l'ombre.

Nous constatons ainsi que deux individus, quoique voisins dans la classification zoologique, observent chacun un comportement différent par rapport à la lumière.

Cependant, il existe d'autres Papillons, tels les Sphinx et les Bombyx, qui volent aussi bien de jour que de nuit. Dans les mêmes conditions que précédemment, ceux-ci se comportent tantôt comme les diurnes et tantôt comme les Noctuelles.

Maintenant, nous plaçons des Lépidoptères, appartenant aux mêmes espèces que précédemment, séparément dans une grande boîte, hermétiquement close, enfermée elle-même dans une armoire, et nous constatons, d'après le bris occasionné aux ailes et le dépôt abondant de parcelles chitineuses qui se trouve au fond des boîtes où sont les diurnes et les Bombyx, que ces insectes se sont livrés à des vols violents, tandis que les Noctuelles sont restées absolument calmes, si l'on en juge d'après le degré parfait de conservation de leurs ailes.

Ainsi donc, nous avons attribué à une action de la lumière des actes qui se produisent quand même celle-ci fait défaut.

Cependant, dans bien des cas, les insectes se dirigent réellement vers la lumière du jour, ou organisent leur vol en rapport avec la direction des rayons lumineux.

Nous avons déjà signalé le cas des Papillons qui, lâchés au fond d'une chambre, commencent par se diriger vers la fenêtre, et on observera facilement, à l'état naturel, des cas d'orientation de ce genre. La direction prise est-elle le résultat d'un action tropique ou d'actes volontaires ? Demandons d'abord à l'expérimentation la solution de ce problème.

Insectes hivernants.

1. Expériences avec des chenilles de Porthesia chrysorrhœa.

Cette espèce passe l'hiver à l'état de jeunes chenilles dans un petit nid soyeux construit à l'intersection de deux branches.

I. Décembre. Trois nids sont amenés dans la chambre chauffée et installés dans un cristallisoir ; ils sont ouverts et placés au soleil ; aucune chenille ne sort de son nid. Celui-ci reste ouvert plusieurs jours, au bout desquels les chenilles finissent par en refermer l'ouverture, depuis l'intérieur, avec de la soie.

II. Janvier. Un des nids est de nouveau ouvert et placé près de la fenêtre. Nous sortons quelques chenilles, que nous disposons sur le nid avec des feuilles fraîches de Rosier. Aucune n'en consomme, malgré le long jeûne, qui dure depuis le début de l'hiver, mais toutes retournent dans le nid ; dans ce trajet de retour, les unes tournent le dos à la lumière, d'autres la reçoivent en face, d'autres encore latéralement.

III. Février. Les deux autres nids sont à leur tour ouverts et placés près de la fenêtre, après avoir été entourés de feuilles de rosier. Quelques individus sortent, viennent se promener un instant sur les feuilles, *dont les unes sont éclairées et les autres dans l'ombre*, et rentrent sans en avoir entamé.

IV. Mars. Nous prenons trois nouveaux nids, qui ont passé l'hiver dans les conditions normales, et les plaçons

dans la chambre chauffée, chacun dans un cristallisoir, près d'une fenêtre. Au bout de deux ou trois jours, les chenilles sortent, se promènent tout autour du nid, *parcourant aussi bien le côté de celui-ci qui est éclairé, que le côté qui est à l'ombre.* Le soir, elles retournent dans leur habitation.

V. Mars. Nous entourons un soir les nids de feuilles de Rosier ; les chenilles sortent dès le matin suivant et se mettent de suite à manger ; *les unes vont directement aux feuilles qui sont éclairées, les autres vers celles qui sont à l'ombre.*

Ainsi donc, malgré l'intervention de conditions expérimentales d'élévation de température et de luminosité, les insectes n'ont pas modifié le comportement habituel de leur espèce pendant l'hivernage.

Nous avons répété ces expériences dans des conditions à peu près semblables, avec des larves de *Lasiocampa quercus*, de *Dendrolimus pini*, d'*Urapteryx sambucaria* et de *Macrothylacia rubi*, et nous avons pu constater encore que la reprise de l'activité au printemps n'est pas en rapport avec la direction de la lumière.

Nous devons comparer maintenant les résultats des expériences pratiquées avec *Porthesia chrysorrhœa* avec ceux, bien différents, que Loeb (42) a obtenus avec les chenilles de cette même espèce, également au sortir de leur hibernation. Voici, en résumé, l'expérience de Loeb :

Quelques chenilles de *Porthesia chrysorrhœa* sont prises au printemps, à jeun par conséquent, et placées dans une éprouvette dont un côté est orienté vers une fenêtre ; toutes les chenilles se dirigent vers l'extrémité du tube qui est éclairée[1]. Si l'on place un écran destiné à pro-

[1] Ed. Claparède (19) ayant placé des chenilles hivernantes de *Cnethocampa pityocampa* dans des éprouvettes placées mi-partie au soleil et mi-partie à l'ombre, constata que ces insectes se promenèrent constamment d'un bout à l'autre de ce tube, sans que la direction de la lumière ni le sens de l'inclinaison de l'éprouvette ait eu la moindre influence sur leur orientation.

jeter une ombre sur une moitié du tube, les chenilles viennent se rassembler à la limite de l'ombre et de la lumière. Enfin, lorsque des chenilles se sont immobilisées à l'extrémité de l'éprouvette qui est vers la lumière, si on introduit à une petite distance d'elles quelques feuilles de leur nourriture, elles n'y viennent pas. La conclusion qu'en tire Loeb est que l'assujettissement à la force lumineuse est tel que les bestioles ne peuvent quitter la partie la plus éclairée du tube pour venir en arrière assouvir une faim de plusieurs mois; elles meurent sur place.

Loeb tire de ses expériences encore une autre conclusion : Quand les chenilles de *Porthesia*, dit-il, sortent au printemps de l'espèce de nid dans lequel elles hivernent, leur héliotropisme positif, très accentué, les oriente vers l'extrémité des branches où se trouvent les bourgeons naissants. Puis, une fois qu'elles ont mangé, cet héliotropisme disparaît et, dès lors, rien ne s'oppose à ce que les chenilles aillent le long d'autres branches ou retournent à leur nid. Ici, l'héliotropisme joue un rôle capital pour la conservation de l'espèce.

Il n'est pas difficile de trouver où réside l'erreur d'interprétation qui a amené Loeb à des conclusions aussi différentes des nôtres.

D'abord ses chenilles sont enfermées dans un tube *long* et *étroit* ; en conséquence, toute orientation latérale leur est interdite par le fait de la limite fournie à leurs mouvements par l'exiguité de ce tube. En second lieu, les parois lisses de celui-ci constituent un substratum anormal, suffisant pour amener une désorganisation dans les mouvements habituels de ces insectes. Enfin, les chenilles sont expérimentées à une période de diapause où elles ne prennent pas encore de nourriture.

Dans nos recherches, au contraire, les larves restent dans des conditions de milieu qui, à l'exception de l'élé-

vation de la température, se rapprochent de la normale. Liberté leur est donnée de s'orienter dans tous les sens et de rester en contact avec leur nid, ce qui est important. Aussi, dans ces conditions, nous voyons que la lumière n'exerce aucune action directrice, n'intervient nullement dans l'équilibre de conservation de leur existence, et ne les empêche pas de rentrer se cacher, si tel est le mode normal de l'espèce à pareille époque de l'année.

Comparons maintenant nos expériences avec ce qui se passe à l'état naturel, et nous remarquerons :

I. Aucune force extérieure ne peut amener les chenilles à sortir de leur nid à une époque où, si elles en sortaient à l'état naturel, elles périraient. La reconstruction du nid, dans les conditions expérimentales, est bien le résultat d'actes conscients en rapport avec la situation anormale créée.

II et III. Le refus de prendre de la nourriture en janvier et février, provient de ce que, dans la nature, la nourriture n'existe pas à cette époque de l'année; il s'agit là d'un comportement héréditaire.

IV. En mars, le sommeil hivernal a été suffisamment long pour avoir interrompu la diapause et pour que l'élévation de la température ait placé les chenilles dans un élément comparable à celui du printemps, avec cette différence que dans nos expériences la nourriture fait volontairement défaut; nos élèves se livrent alors à une exploration des alentours qui n'est pas en rapport avec la lumière, mais avec la nécessité de se comporter comme se comporte l'espèce au printemps (recherche de nourriture).

V. Lorsque l'exploration, quelques jours après, a amené les chenilles à découvrir des feuilles, dont les unes sont éclairées et les autres à l'ombre, leur vie active reprend comme normalement.

A l'état naturel, il arrive souvent en mars ou avril, ainsi que nous l'avons constaté (50 et 51), qu'une élévation de la température se présente avant le retour de la végétation; la chaleur fait alors sortir les insectes de leur cachette; mais, ne trouvant pas de nourriture, ils y rentrent pour une période de quelques jours, au bout desquels ils ressortent de nouveau, et ainsi de suite jusqu'au moment où ils ont trouvé de quoi apaiser leur faim. Ce comportement résulte de phénomènes adaptatifs et héréditaires où la sélection naturelle a joué son rôle [1]; il est guidé par une *sensation* de chaud et de froid en concordance avec le sommet hivernal, ainsi que nous le verrons plus loin, en étudiant les réactions des insectes vis-à-vis de la température et par une recherche nécessaire de la nourriture et de conditions favorables.

Cette recherche de conditions favorables a été constatée au cours de toutes les expériences que nous avons pratiquées dans le but d'étudier l'hibernation des insectes et jamais nous n'avons remarqué qu'elle fût le résultat d'un tropisme. Lorsque les larves ont passé l'hiver en plein air, dans de grandes cages couvertes d'une toile métallique, on les voit sortir de leur cachette déjà plusieurs jours avant l'ouverture des bourgeons; elles se livrent à une véritable exploration des parois de leur cage et du substratum, qui les conduit aussi bien dans les parties éclairées qu'à l'ombre. *La même exploration a été constatée dans les cas où la cage se trouvait recouverte d'un couvercle imperméable à la lumière.*

Insectes de la génération estivale.

Les insectes appartenant aux générations d'été observent souvent une direction qui est en rapport avec celle des rayons lumineux; un cas fréquent est celui où l'ani-

[1] Voir A. Pictet 53 et 54.

mal, endormi à l'ombre, quitte celle-ci pour venir se nourrir au soleil ou en pleine lumière. Il semblerait qu'une action héliotropique, en corrélation avec l'état d'inanition, soit le mobile de cette orientation. Les expériences suivantes vont nous montrer qu'il n'en est rien.

2. *Expériences avec des chenilles de Vanessa urticae et Vanessa io.*

Nous utilisons une grande éleveuse en toile métallique de 60 cm. de côté à la base et de 80 cm. de hauteur, qui est placée à côté d'une fenêtre.

I. Un gros bouquet d'Orties trempant dans un flacon à large col emplit complètement l'éleveuse de façon que les feuilles en touchent les quatre parois ainsi que le plafond. Nous introduisons une cinquantaine de chenilles qui se rendent immédiatement contre la paroi qui est située du côté de la fenêtre. Elles commencent par consommer les feuilles qui sont à côté d'elles; ensuite elles s'enfoncent dans le feuillage et viennent terminer leur repas vers la paroi de la cage qui est à l'opposé de la lumière. Une fois qu'elles ont consommé les feuilles, elles se promènent avec activité dans toutes les parties de la cage et sur les branches, sans observer de direction déterminée par rapport à la lumière.

Cette première partie de l'expérience concorde avec l'observation de Loeb sur des chenilles de *Porthesia chrysorrhoea*. Mais poursuivons nos recherches.

II. Une trentaine de chenilles se sont assemblées en un paquet compact, contre la paroi éclairée, en vue de la mue [1]; celle-ci dure deux jours, à la suite desquels ces individus peuvent être considérés comme étant à jeun.

[1] Ces chenilles dans leur jeune âge, ont coutume de se rassembler en un paquet serré les unes contre les autres, pour muer; mais il est rare qu'elles choisissent, comme ici, un endroit éclairé.

Nous plaçons des Orties contre la paroi opposée à la fenêtre, de façon qu'un vide d'au moins 20 centimètres existe entre les feuilles et les chenilles. Ces dernières ne tardent pas à atteindre les feuilles, les unes par le plafond, d'autres par le plancher, d'autres encore par les parois latérales.

III. Des chenilles sont laissées deux jours sans nourriture; après s'être rassemblées quelques instants sur la paroi éclairée, elles parcourent la cage vide dans tous les sens et cela pendant toute la durée de l'expérience, *nuit et jour.*

IV. Des chenilles sont laissées sans nourriture pendant trois jours, au bout desquels elles sont lâchées sur une table dont la moitié est éclairée par le soleil et dont l'autre moitié est dans l'ombre portée d'un volet. Des feuilles d'Orties sont disposées sur toutes les parties de la table; les chenilles vont *directement* aux feuilles les plus rapprochées d'elles, que ces feuilles soient au soleil ou à l'ombre.

V. Même expérience, mais sans placer de feuilles sur la table. Les chenilles se répandent dans toutes les directions, gagnent indifféremment l'ombre ou la lumière, montent le long de la fenêtre ou vont sous la table, gagnent le plafond de la chambre ou le plancher.

VI. Des chenilles sont rassemblées contre une des parois d'une grande boîte en tôle, placée elle-même dans une armoire. La nourriture est déposée contre la paroi opposée à celle où se tient le rassemblement. Les larves atteignent leur nourriture malgré l'obscurité.

VII. Même expérience avec des chenilles en train de muer; même résultat.

VIII. (Avec de très jeunes chenilles, encore dans leur nid soyeux [1].) Le nid est disposé dans un récipient cylin-

[1] A l'état naturel les jeunes chenilles de ces espèces tissent des toiles de soie qu'elles fixent aux rameaux avoisinant le nid, dans le but de faciliter leur éparpillement.

drique en verre, placé lui-même auprès d'une fenêtre; quelques rameaux d'Orties sont introduits autour du nid; les larves tissent les toiles habituelles sur tout le pourtour intérieur du récipient, côté à l'ombre et côté à la lumière.

Les expériences que nous venons de signaler sont le résumé d'un grand nombre de séries, pratiquées pendant plusieurs années; elles montrent que l'héliotropisme n'intervient pas pour diriger le comportement des chenilles. Si ces insectes ont une tendance à s'orienter vers la lumière, lorsque les conditions le permettent, rien ne s'oppose à ce qu'elles aillent chercher l'ambiance favorable dans les milieux à l'ombre dès que cela devient nécessaire. Il est vrai qu'il arrive fréquemment que leurs mouvements les amènent à se trouver parfois dans la direction des rayons lumineux; mais cette direction ne les assujettit en aucune façon. L'état d'inanition ne les assujettit pas davantage à la force physico-chimique de la lumière; au contraire, cet état leur donne une plus grande activité, dans tous les sens.

Il y a lieu en conséquence d'admettre que le comportement des chenilles dans ces dernières expériences est dirigé par des actes conscients en rapport avec la recherche de la nourriture; il est admissible que l'odorat joue le principal rôle dans cette recherche.

Le vol des Insectes diurnes.

On sait que l'habitude de beaucoup de ces insectes est de ne voler et de ne butiner qu'au soleil. C'est, en effet, un fait bien connu des entomologistes que par les journées de pluie ou simplement lorsque le ciel est couvert de nuages, aucun Papillon diurne ne vole, à moins qu'il ne soit dérangé de l'endroit où il s'est caché. Faut-il voir, dans cette habitude de ne mener une vie active qu'au soleil, le résultat de phénomènes d'héliotropisme ? La

question ayant été traitée par Lœb et par Bohn, nous nous y arrêterons quelque peu.

L. Laloy (38) et Radl ont fait remarquer à juste titre que si les insectes étaient positivement héliotropiques rien ne les empêcherait de voler constamment vers le soleil ou vers la lune. La réponse est, d'après Lœb (42) que la plupart des insectes héliotropiques possèdent en même temps une excitabilité chimique très prononcée qui les ramène vers la terre. Mais, s'il leur arrivait de s'élever à une certaine hauteur, l'abaissement de la température dans les régions élevées de l'atmosphère ne tarderait pas à éteindre leur excitabilité héliotropique. Il peut enfin y avoir intervention d'autres facteurs encore inconnus.

L'excitabilité chimique à laquelle il est fait allusion est vraisemblablement la même que celle qui pousse les insectes à venir butiner sur les fleurs, ou à rechercher un peu d'humidité sur le sol. Ce sujet a été étudié très à fond et expérimentalement par nombre d'auteurs, dont en particulier F. Plateau, G. Bonnier et Pérez, qui concluent à l'intervention de la vue, de l'odorat, du sens antennaire, autrement dit de fonctions d'ordre psychique. En admettant que les insectes, dans leur vol ascendant vers le soleil, soient soumis à une action héliotropique — ce qui n'est pas prouvé — c'est tout au moins grâce à l'intervention de leurs organes des sens, c'est-à-dire volontairement, qu'ils pourraient échapper à cette action. C'est toujours un point qu'il est bon d'établir.

Pour ce qui est du rôle de l'abaissement de la température dans les hautes sphères de l'atmosphère, comme provoquant, le cas échéant, le retour des insectes vers le sol, son intervention nous paraît peu probable. Dans les hautes Alpes, par exemple, volent parfaitement les mêmes espèces que dans la plaine. A 2500 m. on rencontre en pleine activité autour des névés et lorsque souffle un

vent frais, des Papillons de diverses espèces; ce qui montre que la fonction du vol peut s'effectuer malgré le froid. Les Papillons hivernants volent en automne et au printemps par une température beaucoup plus basse que celle que subissent les mêmes espèces de la génération d'été. Nous en avons vu plusieurs s'ébattre en avril, au mont Salève, alors que le sol était encore couvert de neige. Ces exemples montrent que les insectes peuvent progresser dans les airs malgré un abaissement de température.

P. Bachmetjev (2) donne une explication du vol des Papillons en rapport avec la température qui montre comment ces Insectes peuvent voler malgré un abaissement de celle-ci. C'est l'élévation de la chaleur solaire jusqu'à une certaine limite qui communique aux muscles alaires le degré d'excitabilité voulu pour assurer leur fonctionnement; mais une fois ce fonctionnement acquis, c'est la température propre de l'animal qui monte et remplace la chaleur solaire si celle-ci vient à diminuer. Certaines espèces sont organisées de façon à exiger pour la fonction du vol une chaleur supérieure à d'autres; ce sont les Papillons diurnes, aussi se tiennent-ils de préférence au soleil, tandis que les nocturnes exigent une température moindre; c'est ce qui explique pourquoi les diurnes peuvent encore voler un certain temps à l'ombre. Les expériences de Bachmetjev concluent encore à l'inefficacité de la lumière.

Etudions maintenant quelques particularités du vol des insectes diurnes, dans leur élément naturel, et dans leur comportement en pleine lumière.

Vols ascendants et descendants.

Si l'on observe le vol des Insectes diurnes à l'état libre, on remarque que, d'une manière générale, ils volent à peu près horizontalement se dirigeant de fleurs en fleurs. Ce-

pendant il peut se faire qu'un insecte ait à effectuer des vols verticaux, le conduisant parfois jusqu'à une certaine hauteur. Nous signalerons quelques observations au sujet de ces vols.

I. Un obstacle, tel qu'un arbre, un mur, une maison, se trouve sur le passage d'un Papillon en train de voler horizontalement; l'animal le franchit et redescend de l'autre côté. Or, l'ascension se fait tout aussi bien par le côté de l'obstacle qui est exposé au soleil que par celui qui se trouve dans l'ombre.

II. Lorsqu'un oiseau poursuit un insecte, ce dernier effectue un vol ascendant, très élevé, dans le but d'échapper à l'attaque. Il en est parfois de même pour échapper à l'atteinte par un collectionneur.

III. Pour bien des espèces, l'accouplement se fait dans les airs; on voit la femelle s'élever souvent très haut et le mâle la rejoindre. Il arrive aussi que plusieurs individus d'une même espèce se poursuivent en vols verticaux, tourbillonnant et atteignant une assez grande hauteur.

On peut aussi constater des vols descendants chez beaucoup d'espèces, ainsi chez les Papillons des genres *Limenitis*, *Thecla* et d'autres, qui se tiennent généralement au sommet des arbres et des arbustes et qui en descendent pour venir sur le sol, butiner sur les fleurs ou rechercher quelque humidité, sans qu'on puisse remarquer que cette descente et l'ascension du retour, soient régies par la direction de la lumière.

Dans certains cas on constate que l'insecte a un intérêt ou une habitude à voler toujours droit devant lui, sans qu'aucune force extérieure ne puisse amener une modification quelconque dans sa progression en ligne directe. Les mâles de *Lasiocampa quercus* se comportent un peu de cette façon lorsqu'ils volent à la recherche d'une femelle; on les voit parcourir de longues distances, presque sans dévier de la ligne droite. Il en est

de même des espèces qui se livrent à des migrations d'un pays dans un autre. Nous avons pu observer en 1906 un *passage* de *Vanessa cardui*, qui dura plusieurs jours, comprenant un nombre fabuleux d'individus [1]. Ces insectes progressaient durant toute la journée dans une direction exactement sud-nord, franchissant tous les obstacles, même les plus élevés [2]. Or, pendant la matinée, ils gravissaient des obstacles par le côté éclairé, et l'après-midi par le côté à l'ombre.

Dans aucun des cas signalés, comme dans beaucoup d'autres que nous avons observés, il n'a été constaté que des vols ascendants et descendants soient en rapport avec la direction des rayons solaires; leur mobile, au contraire, apparaît comme étant régi par des actes volontaires suscités par la nécessité, la frayeur, l'intérêt, l'habitude, la recherche de la femelle, etc.

Passage de la lumière à l'ombre.

Nous devons aborder maintenant un sujet auquel il a été fait maintes fois allusion dans les ouvrages de certains auteurs, c'est celui du passage d'un animal de l'ombre à la lumière ou *vice-versa*.

Déjà Loeb et Bohn avaient remarqué qu'un tel passage était susceptible de renverser le sens de la réaction, de même que la brusque apparition d'une ombre portée, si faible soit-elle, sur un organisme en pleine lumière, amenait chez celui-ci des réactions excessivement vives. En outre, on sait que certains animaux effectuent une rotation de 180° sur eux-mêmes dès qu'ils entrent en contact avec la limite de séparation entre l'ombre et la lumière. Bohn (10) signale un exemple de ce genre chez un insecte, l'*Acanthia lectularia* et attribue cette rotation à une variation assez rapide de l'éclairement des yeux;

[1] Voir: Bulletin Soc. Lépidoptérol. Genève, vol. I, 1906, p. 180-182.
[2] Le vol traversa le Salève et le Jura.

cet insecte, menant normalement une vie cachée, cette rotation le ramène forcément dans son milieu naturel s'il vient à le quitter.

Nombreux sont les cas où des insectes, dans leur vol horizontal, aient à traverser une zone d'ombre portée, produite par un arbre, une maison ou tout autre objet vertical. Nous avons observé sous ce rapport des *Pieris rapae* et *brassicae*, ainsi que des *Epinephele janira* et nous avons constaté à plusieurs reprises que, pour traverser cette zone, le Papillon ne *modifie pas sa direction* (ce qui devrait être s'il était héliotropique), mais seulement la nature de son vol ; sa progression, dans la zone ombrée, est, en effet, plus saccadée et souvent plus rapide qu'au soleil. Or, le vol saccadé, dans cette circonstance, est identique à celui qu'observe tel Papillon qui a été effrayé, par exemple, par un collectionneur maladroit ou par un oiseau, et qui s'enfuit rapidement.

On peut constater également, dans les bois où le soleil marque une série de zones ombrées, alternant avec des zones éclairées, que la direction du vol horizontal des insectes n'est pas forcément modifiée en passant d'une zone à l'autre. Certes, on en trouvera qui volent un peu en zig-zag ; mais il sera facile de reconnaître que ce mode de progression en zig-zag est motivé davantage pour venir se poser sur une feuille éclairée, et pour éviter les troncs d'arbres, que par la présence des multiples limites entre l'ombre et le soleil. Du reste, si l'on compare, par exemple, le vol des *Erebia* dans un bois ou dans une prairie en plein éclairement, on verra que ce vol est identique dans les deux cas. En outre, on trouvera un grand nombre d'individus qui volent dans les bois en ligne à peu près droite tant qu'ils ne sont pas arrêtés par un obstacle ou par la présence d'une fleur, sur laquelle ils viendront chercher leur nourriture.

Dans celles de nos expériences qui ont eu pour but

d'étudier le vol des insectes vers les lumières artificielles, et que nous relaterons plus loin, il nous a été donné de confirmer plusieurs fois que la limite entre l'ombre et la lumière n'exerce aucune influence sur la direction suivie par l'insecte lorsqu'il traverse cette limite. La plupart de ces expériences ont été pratiquées avec une lampe à incandescence, munie d'un réflecteur; celui-ci détermine en conséquence une ombre portée; deux ou trois fois, il est arrivé que l'animal ait effectué, dans son vol, un arc de cercle, au moment de franchir cette ombre portée; mais nous avons toujours pu montrer que cet arc de cercle n'était pas en rapport avec la limite entre l'ombre et la lumière. Du reste, les insectes qui vont visiter une lampe sont toujours dans l'ombre au moment de leur départ et ceux qui quittent le centre lumineux après l'avoir visité, rentrent dans l'ombre également; or, dans les deux cas, on observe que la direction est souvent rectiligne.

Cessation du vol le soir.

On est également porté à attribuer à des phénomènes d'héliotropisme la cessation du vol des insectes diurnes, lorsque vient le crépuscule. Il est de fait que, lorsque le soleil est masqué par un nuage ou, le soir, lorsqu'il disparaît à l'horizon, ces insectes, et surtout les Papillons Rhopalocères, ne tardent pas à aller se cacher dans les buissons ou contre les tiges des Graminées ou les troncs d'arbres. Cependant, l'activité de ces insectes et leurs visites aux fleurs continuent un certain temps encore après la disparition de l'astre. Une relation entre la cessation du vol et l'obscurité naissante semblerait s'imposer.

L'observation suivante montre que la cessation du vol le soir ne provient pas d'une diminution de l'intensité

lumineuse, mais d'un retour périodique à un état de fatigue nécessitant le repos. Ce retour, pour chaque espèce, se présente à une époque à peu près déterminée de la journée, indépendemment des conditions de luminosité, certaines espèces allant se cacher plus tôt que d'autres.

Considérons deux espèces, *Lycæna icarus* et *optilete*, que nous avons observées dans la montagne, aux environs de Randa. Dans une certaine prairie, par le fait des sommets avoisinants, le soleil disparaît en août à 6 heures du soir ; cependant, les *Lycæna* qui s'y trouvent vont se cacher avant cette heure, c'est-à-dire alors que le soleil luit encore. Dans une autre prairie, l'astre disparaît déjà vers 4 h. $^1/_2$ derrière un sommet (le Weisshorn) ; là, les *Lycæna* continuent à voler dans l'ombre. Il est juste de reconnaître que quelques individus fuyent la limite de l'ombre à mesure qu'elle avance, de façon à prolonger au soleil le temps qui leur reste avant le moment du repos. Néanmoins, un certain nombre restent sur place et poursuivent leur activité dans l'ombre.

Vol en plein soleil.

Nous avons déjà signalé le cas des Papillons de jour qui volent dans l'obscurité et celui où, lâchés dans le fond d'une chambre, et après avoir volé vers la fenêtre fermée, ils quittent celle-ci pour aller chercher une issue dans la chambre voisine.

Voici encore quelques observations qui illustrent que le vol de ces insectes n'est pas dépendant de la direction des rayons lumineux.

3. Expériences avec des Papillons de Vanessa urticæ et io, de Pieris rapæ et brassicæ.

Ces insectes sont enfermés quelque temps dans une boîte obscure, peu après leur éclosion (ils sont

en conséquence à jeun), puis ils sont lâchés en plein air.

I. La boîte est ouverte au soleil : les Papillons viennent alors se placer en marchant contre les parois de la boîte et s'arrêtent sur le pourtour de celle-ci, à l'endroit où ils se trouvaient lors de l'ouverture du couvercle ; leur position, par rapport au soleil, est donc quelconque ; les uns sont en face de lui, d'autres lui tournent le dos, d'autres enfin sont placés latéralement par rapport à cet astre. Ensuite, chaque individu s'envole *droit devant lui,* en suivant la direction de l'axe de son corps.

II. La boîte est ouverte par temps couvert et par la pluie : le comportement est le même.

III. La boîte est ouverte par temps ensoleillé, mais à l'ombre d'un mur : les insectes se comportent comme en I, sans que leur direction soit modifiée par la limite de l'ombre, lorsqu'ils la franchissent.

IV. La boîte est ouverte au soleil, mais dans le voisinage immédiat d'un arbre. Les insectes ne dévient de leur direction primitive que pour se rendre à cet arbre.

V. On prend un Papillon dans la main et on le lance violemment dans une direction quelconque ; il continue à voler quelque temps dans la direction qui lui a été imposée quelle qu'elle soit par rapport à celle des rayons du soleil et n'en dévie que pour se rendre vers un arbre ou vers un buisson.

(Dans ces deux derniers cas, l'orientation est guidée par la recherche d'un substratum).

Du reste, si les insectes devaient forcément suivre une direction en rapport avec celle des rayons du soleil (par exemple à l'opposé de cet astre) nous les verrions voler invariablement le matin dans le sens du levant au couchant, et l'après-midi dans le sens du couchant au levant, cette dernière direction les ramenant, il est vrai, à leur point de départ. Ce n'est pourtant pas le cas.

D'une manière générale, on constate, au contraire, que les individus ne s'écartent pas tellement du lieu où ils sont nés, et qu'après avoir progressé un instant dans une certaine direction, ils reviennent dans le voisinage de leur lieu d'élection. Lorsque certaines espèces, comme les *Vanessa cardui*, se livrent en masse à de grandes migrations qui durent plusieurs jours, elles volent constamment dans une direction sud-nord, sans en dévier un instant, franchissant tous les obstacles plutôt que de les contourner : elles ont, par conséquent, le soleil derrière elles pendant la matinée, et devant elles pendant l'après-midi.

Il nous reste à examiner encore le comportement des insectes lorsqu'ils butinent sur une fleur. C'est un fait assez répandu qu'un Papillon de jour qui se pose sur un plan horizontal, éclairé par le soleil, se place de façon que sa tête soit disposée à l'opposé de cet astre, et que son corps soit parallèle à la direction des rayons lumineux. Bohn (12, 13 et 14) a voulu voir dans ce phénomène un cas d'héliotropisme ; il a constaté que, pour prendre la position voulue, les Papillons tournent sur eux-mêmes en se plaçant successivement suivant les divers azimuts. Quand la tête se trouve à l'opposé du soleil, les battements des ailes étant très énergiques, l'impulsion devient considérable et l'animal s'éloigne de l'astre. Lorsque le vent souffle, le Papillon s'oriente contre celui-ci, puis les battements d'ailes étant fonction de l'éclairement des yeux, ils sont plus énergiques d'un côté que de l'autre, ce qui replace l'insecte dans le sens des rayons lumineux.

Si ce comportement est le résultat d'une action tropique de la lumière, il y a lieu de noter que cette action est bien loin d'être générale, car on constate de nombreuses exceptions à cette observation.

Ainsi, lorsque le soleil est haut à l'horizon, l'orientation des insectes sur les fleurs est quelconque, et ceux-ci

ne se placent pas la tête en bas. Lorsque deux individus se trouvent sur la même fleur, on les voit parfois tourner constamment sur eux-mêmes et s'arrêter dans n'importe quelle position par rapport à la direction de la lumière; c'est ce qui a lieu également lorsqu'un mâle recherche une femelle posée. En détachant délicatement la tige d'une fleur sur laquelle se trouve un Papillon, on peut faire tourner celle-ci dans tous les sens, sans amener une modificatlon dans l'orientation de l'animal, que l'on pourra maintenir face au soleil, si on place la fleur convenablement. Enfin, nous avons observé nombre d'espèces (*Lycæna, Pieris, Papilio,* etc.) qui se meuvent tout autour de la surface d'une fleur sans s'inquiéter d'où provient l'éclairement.

Nous remarquerons que le comportement des insectes lorsque le soleil est haut dans l'horizon est le plus souvent le même que lorsque ses rayons sont obliques. Or, une orientation déterminée, produite par héliotropisme, ne pourrait s'observer que par l'obliquité des rayons solaires, condition nécessaire pour que le corps, qui est normalement situé horizontalement, puisse être placé dans la direction de ces rayons. Mais, des orientations quelconques s'observent dans les deux cas.

En outre, le battement des ailes ne semble pas être fonction de l'éclairement des yeux. Il suffit d'enlever ceux-ci à un Papillon pour s'en rendre compte. Il suffit encore d'observer un mâle auprès d'une femelle ; celui-ci agite ses ailes quand bien même il est à l'ombre de celle-là ou quand bien même ils se trouvent l'un et l'autre dans une zone ombrée. Nous avons vu que la fonction du vol, c'est-à-dire le battement des ailes, dépend de l'élévation de la température du corps, qui peut se produire indépendamment de la direction des rayons lumineux. Le vol des Papillons de jour, du reste, s'effectue parfaitement en l'absence des rayons solaires, comme

dans l'obscurité complète, ainsi que nous l'avons déjà constaté.

Pour clore ce sujet, signalons encore un exemple :

Un Papillon de jour, le *Thecla rubi*, a pour habitude de se poser sur le dessus d'une feuille horizontale, les ailes dressées verticalement sur le dos, celles de gauche appuyées contre celles de droite. Si on s'approche d'une feuille supportant un de ces insectes, il se place face à l'observateur, de manière que son corps prenne une orientation perpendiculaire au visage de celui-ci. Si l'on se déplace autour de la feuille, l'animal tourne sur lui-même afin de conserver son corps constamment perpendiculaire au visage. De cette façon, en variant successivement la position que l'on occupe par rapport à la feuille, on peut faire prendre au Papillon toutes les orientations que l'on veut. On pourrait envisager ce manège comme étant le résultat d'une action tropique de la lumière réfléchie par le visage ; mais si un second observateur vient se placer à côté du premier, l'insecte s'oriente plusieurs fois de l'un à l'autre avec agitation, *puis finit par s'envoler*. Il n'est donc pas assujetti à la lumière puisqu'il peut s'en *désassujettir* quand il veut ; sa fuite doit donc être envisagée comme un acte volontaire, commandée vraisemblablement par un sentiment de frayeur.

Comportement des Papillons hivernants.

Nous avons vu que lorsqu'on place sur une table, au soleil, un Papillon de jour, appartenant à la génération d'été, qui a été laissé quelque temps dans une boîte obscure, *il s'envole aussitôt*. Dans des conditions identiques, le comportement n'est plus le même lorsqu'on s'adresse à des individus qui sont sous l'influence du sommeil hivernal au moment de l'expérience.

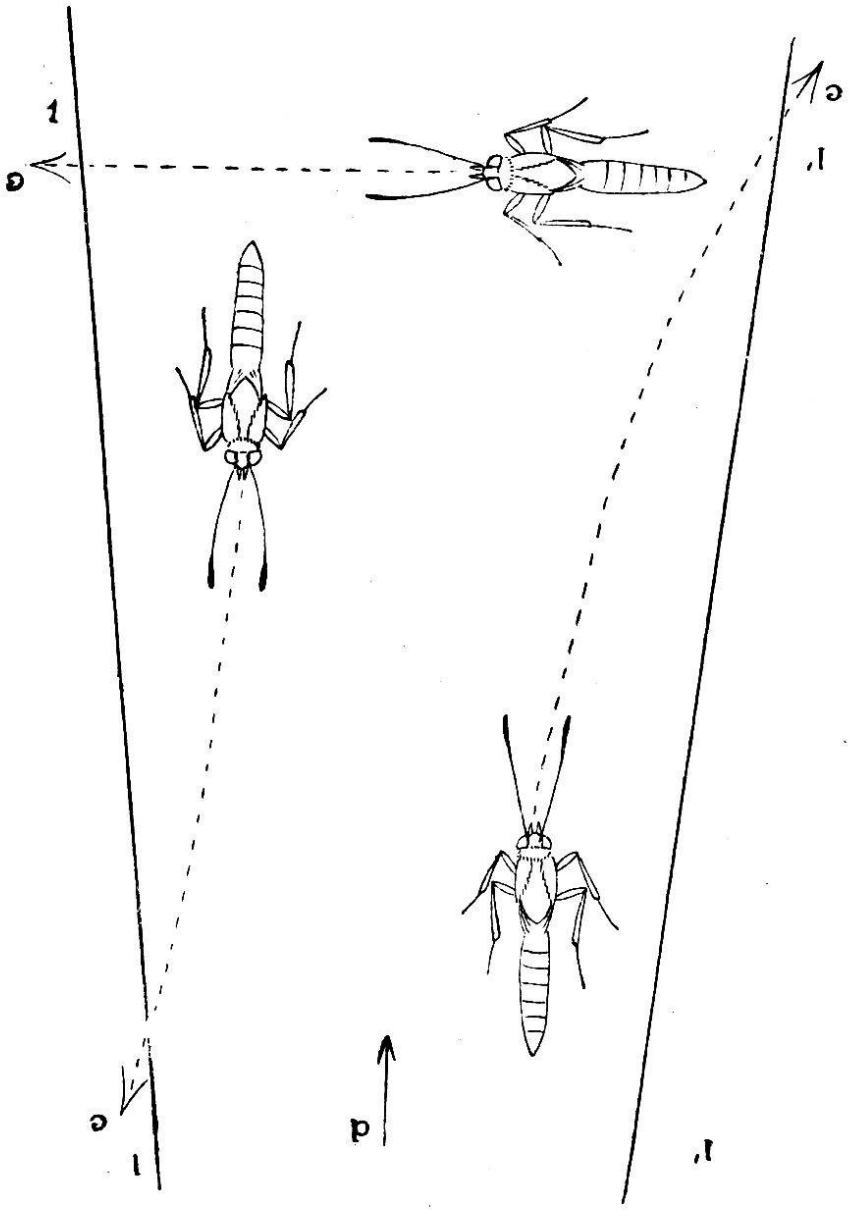

Fig. 1. — Papillons de *Vanessa io* en sommeil hivernal, placés dans un faisceau de lumière solaire donnant sur un plan horizontal. d, direction de la lumière solaire ; ll, l'l' limite entre l'ombre et la lumière, c, direction suivie par les Papillons qui quittent la zone éclairée préjudiciable en marchant devant eux quelle que soit la position qu'ils occupent par rapport à la direction des rayons.

4. *Expériences avec des Papillons de Vanessa io, de la génération d'hiver* [1].

I. Six individus, endormis dehors par 10°, sont placés dans la chambre chauffée, sur le plancher, dans une zone

[1] En position de repos, les ailes de ces Papillons sont dressées verticalement sur le dos.

éclairée par les rayons du soleil entrant par une fenêtre; la position qui leur est donnée par rapport à la direction des rayons lumineux est quelconque. Au bout d'un certain temps, ils *abaissent* leurs ailes horizontalement et les laissent ainsi sans les relever.

II. Sept individus, endormis dehors par 5°, sont placés dans les mêmes conditions.

Deux individus se comportent comme en I.

Cinq individus quittent au bout d'un certain temps la surface éclairée en *marchant* vers l'ombre.

III. Trois individus, endormis par 3°, sont encore placés dans les mêmes conditions, un latéralement par rapport à la direction des rayons lumineux, un autre face au soleil, un troisième la tête à l'opposé de cet astre. Au bout de dix minutes environ, ils abaissent leurs ailes horizontalement et, sans les relever, marchent lentement *devant eux* jusqu'à ce qu'ils aient dépassé la limite de séparation entre la lumière et l'ombre; alors ils s'immobilisent; les deux derniers, par le fait de l'orientation qui leur a été donnée, doivent décrire un léger arc de cercle pour atteindre la zone ombrée. (Fig. 1.)

Nous retiendrons tout d'abord de ces expériences qu'il existe une corrélation entre le comportement observé par les insectes et le degré plus ou moins avancé de leur sommeil hivernal. Ceux qui le subissent par 10°, et chez lesquels on peut considérer ce sommeil comme étant encore incomplet, acceptent l'influence des rayons solaires ; ils se comportent, en conséquence, un peu comme les *Vanessa io* de la génération estivale. Pour ce qui est des individus qui sont endormis par une température plus basse, et par conséquent dans un état léthargique plus avancé, deux acceptent encore de rester au soleil, tandis que les autres le fuient. Nous observons ainsi deux modes de réaction parfaitement différents.

L'éloignement de la zone éclairée, ni l'abaissement horizontal des ailes, ne sont le résultat d'une action tropique de la lumière, puisque la direction suivie par les insectes ne répond pas aux conditions exigées par la théorie des tropismes ; en effet, *ces deux phénomènes se produisent quel que soit la position du Papillon par rapport à la direction des radiations lumineuses.* D'autre part, en admettant que le comportement des Papillons d'été soit régi par une action héliotropique, cette action devrait forcément déclancher chez ceux d'hiver les mêmes réactions, l'état de sommeil, dans ce cas particulier, n'étant pas une condition suffisante pour éliminer le tropisme ; elle élimine seulement *l'action du vol*.

Au contraire, si nous comparons le comportement observé par les représentants de chacune des deux générations avec ce qui se passe à l'état naturel, il nous sera donné de comprendre le mobile qui dirige l'insecte. Pour les Papillons d'été, le soleil, de même que la chaleur qu'il procure, constitue l'élément naturel, indispensable au vol, c'est-à-dire au maintien de l'existence. Tandis que pour ceux d'hiver, du fait des conditions requises par l'hibernation, l'élément naturel est l'ombre. Et pour atteindre ces conditions favorables, chacun, bien qu'appartenant à une même espèce, se conduit d'une façon appropriée aux circonstances en observant des réactions respectivement différentes vis-à-vis de la lumière.

Nous assistons donc, une fois encore, à une recherche volontaire du milieu indispensable, guidée par des phénomènes ataviques ou un instinct héréditaire, en concordance avec la périodicité des saisons et pour laquelle l'action tropique de la lumière n'est pas à considérer.

On se rend compte également de cette différence entre les réactions des Papillons d'été et de ceux d'hiver, en pratiquant encore l'expérience suivante :

Des Papillons de *Vanessa io*, par exemple, de la géné-

ration d'été, placés dans une caisse, à l'abri de la lumière, cherchent à fuir, malgré l'obscurité, et s'abiment les ailes, ainsi que nous l'avons vu. Au contraire, des *Vanessa io*, de la génération d'hiver, placés dans les mêmes conditions d'obscurité, y restent immobiles, sans se détériorer.

B. Lumière artificielle.

Insectes diurnes.

La lumière artificielle n'impressionne pas toujours les insectes diurnes. Ainsi, lorsque dans une chambre obscure plusieurs d'entre eux sont immobiles sous une cloche, l'éclairage électrique allumé brusquement dans leur voisinage ne leur fait faire aucun mouvement qui indique qu'ils ont perçu ce brusque éclairement. D'autre part, on peut laisser un Papillon diurne endormi au-dessous de l'ampoule d'une lampe électrique, ou dans le voisinage de celle-ci, sans que cela interrompe son sommeil et ait la moindre action sur lui pour provoquer des battements d'ailes ou des mouvements d'orientation.

Cependant, les Papillons de jour que l'on force à voler le soir, dans une chambre éclairée, commencent par se diriger vers la lumière ; ensuite ils la contournent deux ou trois fois, s'en écartent, s'en rapprochent à nouveau et finissent par s'en éloigner définitivement pour aller s'immobiliser dans quelque endroit obscur.

En résumé, ils se comportent comme les insectes nocturnes dont nous étudierons le vol à la fin de ce chapitre. Nous avons gardé pendant plusieurs heures, *en liberté* sur une table au dessous d'une lampe d'éclairage, suspendue au plafond, diverses espèces de Papillons diurnes, sans qu'ils aient cherché à fuir cette intense lumière, tout à fait anormale pour eux. Chaque fois que nous les dérangions, ils voletaient légèrement, se déplaçaient à

droite ou à gauche, et retombaient ensuite dans leur immobilité.

Nous devons encore une fois faire remarquer qu'une réaction vis-à-vis de la lumière n'a lieu que lorsque l'insecte est éveillé. Bien que paraissant naturelle, cette constatation montre que le comportement de l'animal lorsqu'il vient visiter la source de lumière, est volontaire et qu'il n'est pas assujetti à la force extérieure ; car, s'il y avait assujettissement, c'est-à-dire action directe sur le système musculaire, comme le veut la théorie des tropismes, cet assujettissement se manifesterait tout aussi bien chez les individus endormis, le sommeil n'étant pas une condition suffisante pour empêcher une action mécanique directe sur les muscles, ou même indirectement par l'intermédiaire du système nerveux.

Insectes nocturnes.

Pour ce qui est des Insectes nocturnes, on sait qu'au contraire la lumière artificielle exerce une certaine influence sur leur comportement.

Plusieurs auteurs ont étudié cette influence. JOSEPH PERRAUD (49) et JOHN JULLIEN (36) ont établi que c'est la lumière blanche qui exerce la plus grande attraction sur les Papillons et que la lumière diffuse est plus captivante que la lumière vive. PERRAUD, en faisant tomber les rayons du spectre dans une chambre obscure où étaient enfermés des Papillons de *Cochylis* et des Pyrales, observa un groupement curieux de ces insectes, la majorité se trouvant dans le jaune, le vert, l'orangé, une assez grande quantité dans le rouge, un petit nombre dans le bleu, quelques-uns seulement dans le violet. En remplaçant les radiations spectrales par autant de lumières représentant la même couleur et de la valeur

initiale d'une bougie, on remarque nettement une plus grande action de la lumière blanche.

Cette observation a une grande importance au sujet de l'étude de l'héliotropisme. Nous comprenons que la lumière blanche diffuse soit la plus captivante, puisque c'est celle du jour à laquelle sont habitués les organismes. Or, nous verrons plus loin que lorsqu'un Papillon est placé entre une lampe électrique, d'une grande puissance lumineuse, et une fenêtre ouverte (expériences faites en plein jour), il se dirige presque invariablement vers la lumière naturelle. Cependant, le pouvoir lumineux de la lampe est bien plus fort.

Le vol des Papillons de nuit autour des lampes.

Jadis on avait remarqué que les Papillons qui viennent vers la flamme d'une bougie s'y brûlent les ailes et que cette brûlure ne les empêche pas de revenir aussitôt vers cet excitant néfaste. On en tirait la conclusion que *l'attraction* produite par les rayons lumineux devait être bien forte puisque la douleur ressentie était impuissante à éloigner l'insecte du danger.

Nous devons toutefois faire remarquer que la question de douleur, dans le cas particulier, ne semble pas devoir entrer en ligne de compte, car les ailes des Lépidoptères sont à peine innervées. Ainsi, la section d'une aile, ou tout au moins la section d'une partie de celle-ci, pratiquée chez un individu au repos, n'entraîne aucun mouvement qui indique qu'il ressente une douleur. Cette constatation enlève donc bien de sa valeur à l'idée d'une attraction inévitable de l'insecte vers la lumière et en donne davantage à celle qui tendrait à admettre la volonté comme mobile de la visite des lampes. Au surplus, toute sensation de brûlure a été éliminée des expériences que nous allons relater, puisque nous avons utilisé,

pour l'étude du vol des Lépidoptères, des lampes à incandescence et un phare à acétylène de motocyclette

En second lieu, il est exagéré d'admettre que les insectes, dans leur ensemble, se dirigent vers la lumière ; en réalité, ce n'est qu'un petit nombre d'entre eux, comparé à la masse des individus qui vivent dans le voisinage des lampes, qui viennent voler autour de celles-ci. On s'en rend compte facilement en explorant les arbres et les bosquets qui, par exemple dans les jardins publics, entourent les phares électriques et qui contiennent, par rapport à ceux que l'on voit évoluer autour de ces phares, une quantité très considérable d'insectes. Les collectionneurs, lorsqu'ils placent dans une prairie une lampe à acétylène pour capturer les espèces nocturnes, constatent également ce fait, car un grand nombre d'individus restent absolument indifférents à la lumière, même lorsqu'elle est projetée sur eux. Du reste, les observations suivantes démontrent également que cette indifférence est très répandue.

I. Une lampe à incandescence de 10 bougies est suspendue au milieu d'une chambre dont la fenêtre est ouverte; nous nous plaçons dehors et observons qu'un grand nombre d'insectes volent dans la prairie et autour des arbustes qui sont situés devant la fenêtre; très peu pénètrent dans la chambre (1 à 5 suivant les jours).

II. Nous plaçons dans l'intérieur de la chambre un phare à acétylène projetant ses rayons au travers de la fenêtre ouverte; nous considérons les insectes dont le vol les rapproche de celle-ci; beaucoup franchissent la zone éclairée sans s'y arrêter; quelques-uns s'y arrêtent un instant et poursuivent leur chemin; peu pénètrent dans la chambre.

III. Nous capturons quelques individus qui sont restés indifférents et nous constatons qu'ils appartiennent aux mêmes espèces que ceux qui ont pénétré dans la chambre.

IV. Dans une boîte à couvercle vitré se trouvent des Lépidoptères nocturnes au repos. Nous plaçons cette boîte au-dessous d'une lampe de 10 bougies suspendue au plafond et munie d'un abat-jour conique. Pendant les deux heures et demie que la lampe est allumée, aucun de ces Insectes ne fait le moindre mouvement. (Cette expérience a été vérifiée un grand nombre de fois).

Ainsi l'attraction des insectes nocturnes par les lumières artificielles — si attraction il y a — *n'est pas générale, mais constitue une exception,* qui est suffisante à elle seule pour laisser subsister un doute sur l'efficacité tropique de la lumière ; on doit en effet admettre que pour être réel, un phénomène ne peut souffrir autant d'exceptions que dans le cas qui nous occupe.

Maintenant, recherchons, d'après les expériences que nous avons entreprises relativement au vol des Papillons autour des lampes, si ce vol résulte d'actes conscients ou de tropismes.

Ces expériences comprennent 258 essais avec 37 espèces, appartenant surtout aux Noctuelles et aux Géomètres et dont voici la liste :

Espèces ayant servi aux expériences sur le vol des Lépidoptères autour des lampes.

Lasiocampa quercus Lin.
Moma orion Esp.
Cilix glaucata Sc.
Bryophila muralis Forst.
» *perla Fab.*
Platypteryx binaria Hufu.
Acronycta rumicis Lin.
Neuronia popularis Fab.
Hadena strigilis Cl.
Agrotis janthina Lin.
» *exclamationis Lin.*
Agrotis plecta Lin.
» *ocellina Hb.*
Caradrina quadripunctata Fab.
Mamestra brassicae Lin.
Plusia gamma Lin.
» *chrysitis Lin.*
Brotolomia meticulosa Lin.
Hypena rostralis Lin.
» *proboscidalis Lin.*
Ortholitha plumbaria Fab.

Cleogene lutearia Fab.	*Cidaria*	*bilineata Lin.*
Phasiane clathrata Lin.	»	*ocellata Lin.*
Timandra amata Lin.	»	*tristata Lin.*
Venilia macularia Lin.	»	*fulvata Lin.*
Rumia luteolata Lin.	»	*verberata Lin.*
Urapteryx sambucaria Lin.	»	*lugubrata Lin.*
Abraxas grossulariata Lin,	»	*sociata BKH.*
Cidaria sagittata F.	»	*vitalbata Hb.*

Il serait superflu de relater dans leur ensemble toutes ces expériences. Elles montrent tout d'abord que la méthode employée par les Lépidoptères nocturnes pour se rendre à la source de lumière varie dans une large mesure, non seulement suivant les espèces considérées, mais aussi selon les individus d'une même espèce. Aussi devons-nous nous limiter à la seule indication de ceux des résultats qui se sont vérifiés pour un certain nombre d'individus de plusieurs espèces.

Un premier résultat, et celui-ci est le seul qui se soit vérifié d'une façon absolument générale, est que le Papillon expérimenté, à quelle espèce qu'il appartienne et quel que soit le mode qu'il ait employé pour se rendre à la lumière, finit toujours par quitter celle-ci au bout d'un instant pour aller se cacher dans quelque recoin obscur. Le temps pendant lequel l'insecte visite la lampe varie passablement, mais il n'est jamais bien long. En agissant de cette façon l'insecte montre déjà suffisamment qu'il aurait au moins la faculté d'échapper à l'action mécanique du tropisme, si c'était une pareille action qui eût motivé son vol vers la lumière.

Nous résumerons ces expériences par séries comprenant un ensemble de résultats de même nature.

Dispositif A.

Une lampe à incandescence de 10 bougies munie d'un réflecteur conique est placée de façon que les rayons

qu'elle projette soient dirigés contre une des parois de la chambre; une bonne partie du plafond se trouve aussi éclairée par le faisceau lumineux. Le Papillon de nuit est récolté dans la campagne pendant la journée et placé dans une petite boîte obscure où il reste endormi jusqu'au moment de l'expérience.

Série 1.

I. La boîte est disposée en face, au même niveau et à trois mètres de distance du foyer lumineux, puis elle est ouverte. Le Papillon commence par monter sur le cou-

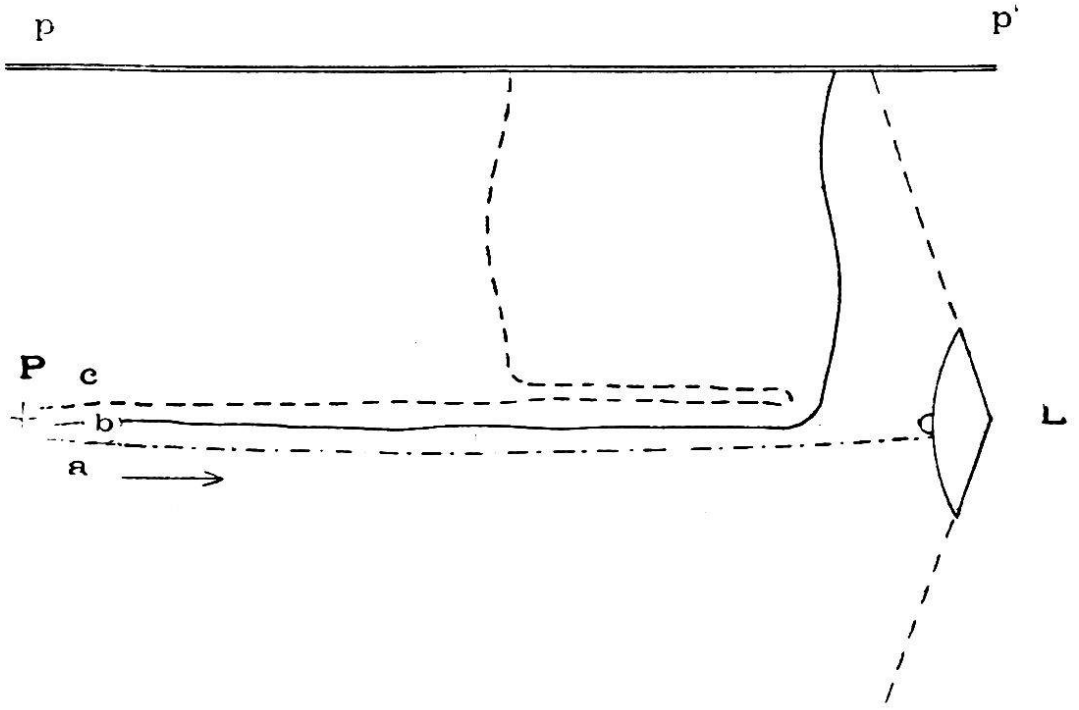

Fig. 2. — pp' plafond. L, centre lumineux, P, point de départ. a à c trois types de trajectoire. En b et c l'insecte commence bien par se diriger vers la lumière, mais il la fuit avant de l'atteindre, La flèche indique le sens de la direction de l'insecte.

vercle et nous plaçons l'insecte face à la lampe. Au bout de quelques secondes, il prend son vol et se dirige lentement, en une ligne horizontale, directement vers le foyer; au moment d'atteindre celui-ci, à environ 40 centimètres,

il prend brusquement une direction verticale et va droit au plafond, qui est lui-même éclairé. *Expérienec vérifiée 32 fois, avec 15 individus appartenant à 12 espèces.* (Fig. 2 *b*.)

Il semble à première vue que ces expériences militent en faveur de la théorie de l'héliotropisme. En effet, il faut au système musculaire des ailes du Papillon, pour être influencé par les rayons lumineux, un certain temps; c'est celui pendant lequel l'animal vole horizontalement; à 40 centimètres du foyer, l'action mécanique se ferait alors sentir et obligerait l'insecte à décrire un angle droit qui, avec la force acquise, le conduirait au plafond. Mais, dans sa progression horizontale vers la lampe, de même que dans son ascension au plafond, les deux côtés de l'insecte (puisqu'il se présente face à la lumière) de même que ses deux yeux, sont également éclairés et reçoivent la même somme de force lumineuse; il ne saurait donc y avoir d'inégalité d'action de la part des rayons lumineux. Si l'on admettait d'autre part qu'il y eut production d'une sorte de paralysie musculaire, le Papillon tomberait sur le sol au lieu de monter au plafond; or cette chute ne s'est présentée que dans un seul cas. D'autre part, à supposer que la lumière produise une accélération de l'activité musculaire, cela n'explique pas pourquoi l'insecte monte au plafond.

Nous devons considérer que, dans cette série d'expériences, l'insecte monte droit au plafond qui est lui-même éclairé; si l'on tient compte, ainsi que l'ont montré PERRAUD et JULLIEN, que la lumière diffuse exerce une influence plus intense que la lumière vive, le vol vertical serait ainsi produit par une action plus forte s'imposant à la suite d'une action moindre [1].

[1] Nous montrerons plus loin que lorsqu'un Papillon est placé entre la lumière artificielle et celle du jour, il s'oriente, même par temps couvert, vers cette dernière; qui est moins vive mais qui constitue l'élément naturel susceptible de guider son choix.

II. Nous modifions en conséquence légèrement le dispositif primitif en plaçant sur le haut du réflecteur un écran horizontal qui laisse le plafond dans l'obscurité.

Le Papillon, lâché dans les mêmes conditions qu'en I, se comporte de même et se dirige verticalement au plafond obscur. *(Expérience vérifiée 22 fois avec 12 individus, appartenant à 7 espèces.)*

Le degré d'éclairement du plafond n'intervient donc pas pour motiver le vol vertical.

Série 2 (Dispositif A).

I. Le Papillon, après avoir terminé son vol horizontal, revient sur lui-même sur une partie du chemin parcouru avant de monter au plafond. *Expérience vérifiée 8 fois avec 8 individus appartenant à 3 espèces* (fig. 2, *c*).

II. Le Papillon franchit la distance qui le sépare du point de départ au foyer lumineux en une ligne horizontale comme précédemment ; mais son vol est entrecoupé de 3 ou 4 arrêts d'hésitation, où il effectue de petits vols planés en dessus et en dessous de la ligne directe, tout en conservant sa position face à l'excitant ; ensuite il monte au plafond, ou bien il fuit la lumière. *Expérience vérifiée 13 fois avec 7 individus appartenant à 4 espèces* (fig. 3, *a* et *b*).

III. Le Papillon monte au plafond 3 ou 4 fois avant de se rendre à la lumière. *5 fois avec 3 individus d'une espèce* (fig. 4, *a*).

IV. Le Papillon, après être sorti de la boîte, y rentre immédiatement ou bien va se cacher derrière elle. Ou bien il monte directement au plafond, même quand celui-ci est dans l'ombre, sans aller vers la lumière. Dans d'autres cas il se dirige tout de suite sous un meuble ou derrière un rideau. *15 fois avec 8 individus de 5 espèces.*

V. Le Papillon monte en ligne oblique au plafond et

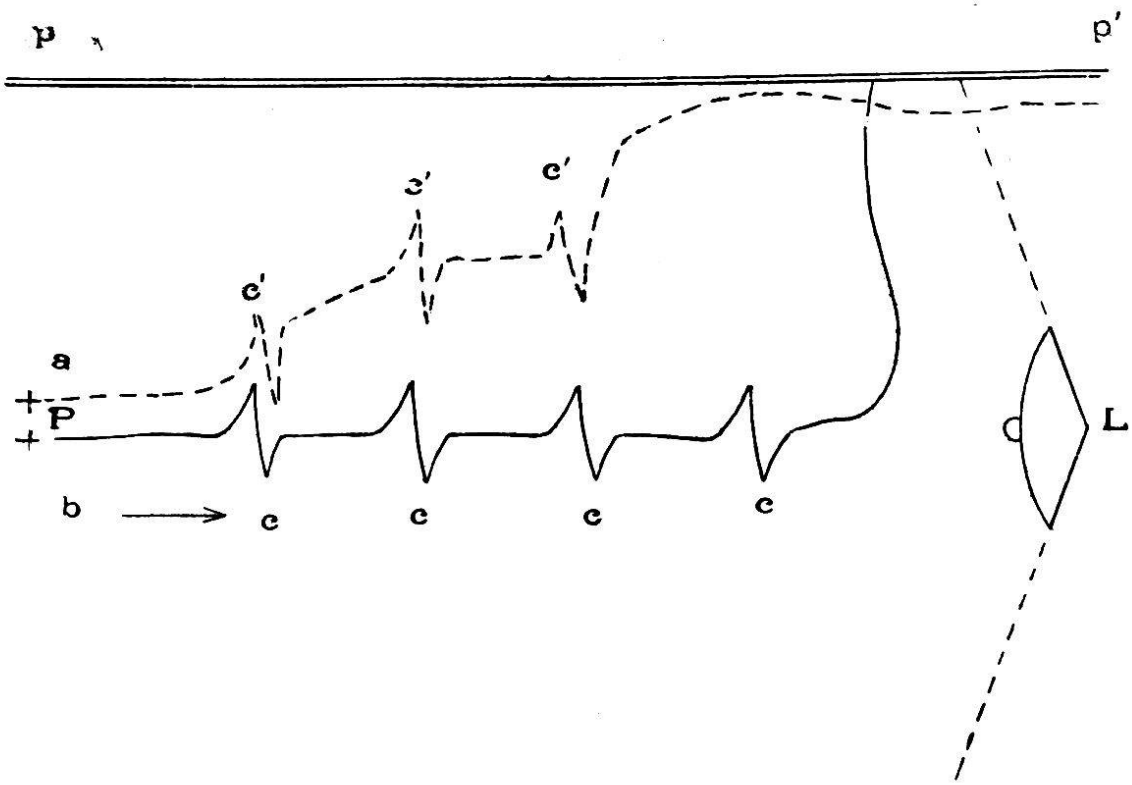

Fig. 3. — L'insecte se dirige vers le centre lumineux en entrecoupant son vol de quelques arrêts momentanés d'hésitation c, c' ; ensuite il fuit la lumière.

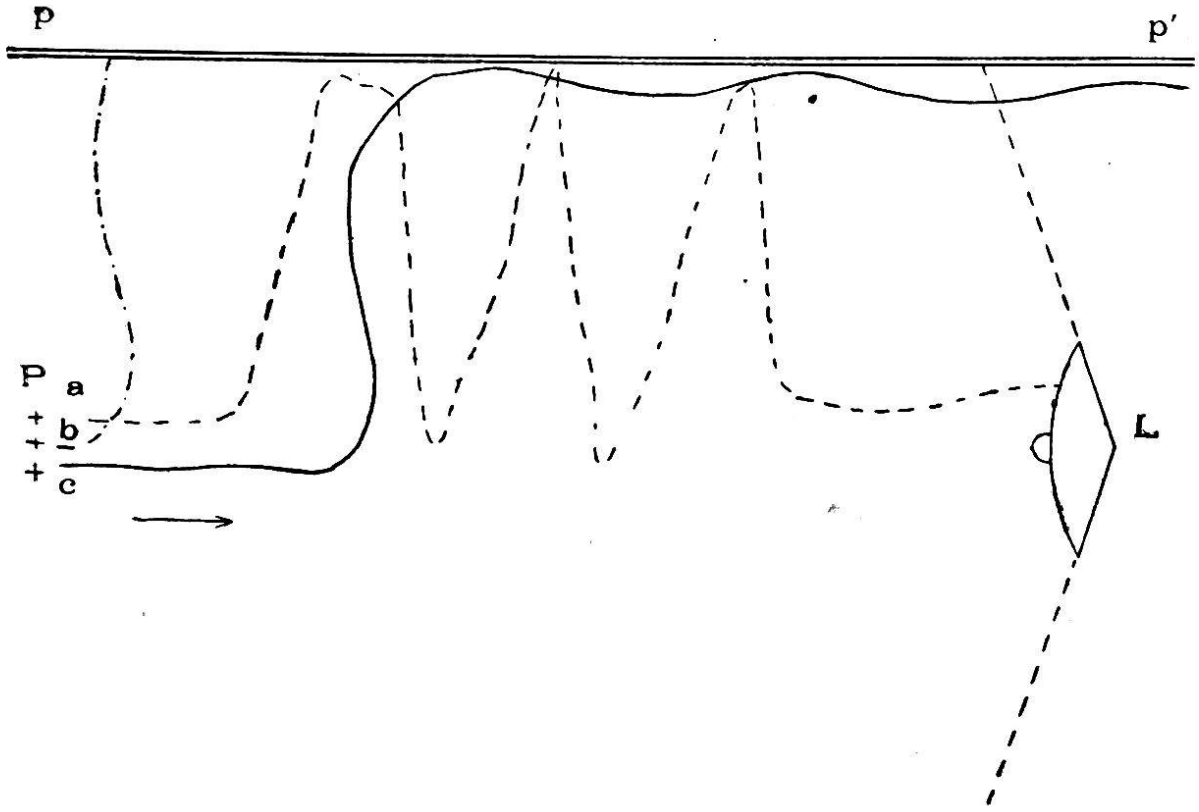

Fig. 4. — a, l'insecte monte deux ou trois fois au plafond avant d'aller visiter la lumière. b et c, deux cas d'indifférence.

vole ensuite dans tous les sens dans la chambre, sans s'inquiéter de la lampe. *30 fois avec 25 individus de 12 espèces.*

Les modes de réaction observés dans la série 2 constituent encore une contradiction à la théorie de l'héliotropisme car, dans aucun des cas de cette série, l'animal ne s'est trouvé placé dans une position qui satisfasse aux conditions exigées par cette théorie. La raison qui l'amène à visiter la lampe doit donc être cherchée ailleurs que dans une action tropique de la lumière.

Nous retiendrons comme présentant un intérêt particulier le mode observé en II, suivant lequel le Papillon entrecoupe le trajet qui l'amène vers la lumière de trois ou quatre arrêts momentanés qui semblent être des arrêts d'hésitation. Nous remarquerons aussi le mode I, où l'insecte revient sur lui-même, en tournant par conséquent le dos à l'excitant après l'avoir eu en face pendant la première moitié du parcours. Enfin, il y a encore lieu de noter que, dans les mêmes conditions, un certain nombre d'individus restent indifférents à la lumière (fig. 4, *b* et *c*).

Série 3[1]. *(Dispositif A.)*

I. Après avoir quitté son point de départ, le Papillon va droit à l'ampoule sur laquelle il se pose et où il reste un certain moment malgré l'élévation de la température qui s'en dégage. Ensuite il gagne le réflecteur, *côté éclairé ou côté dans l'ombre*, puis il s'envole vers un coin obscur de la chambre (fig. 5 *a* et *b*). Dans quelques cas, il vole en tournant autour de l'ampoule, ou autour du réflecteur,

[1] Nous ne pouvons relater tous les modes employés par les Papillons pour aller à la lampe ; cela nous mènerait trop loin sans apporter un intérêt nouveau à l'étude que nous poursuivons.

et se pose deux ou trois fois sur celui-ci avant de s'en aller. *18 fois avec 18 individus de 5 espèces.*

II. Après avoir quitté son point de départ, l'insecte va droit au bord du réflecteur où il se pose ; dans quelques cas il va droit au cordon qui suspend la lampe et qui est dans l'ombre. Ensuite il se comporte comme en I. *6 fois avec 4 individus de 3 espèces.*

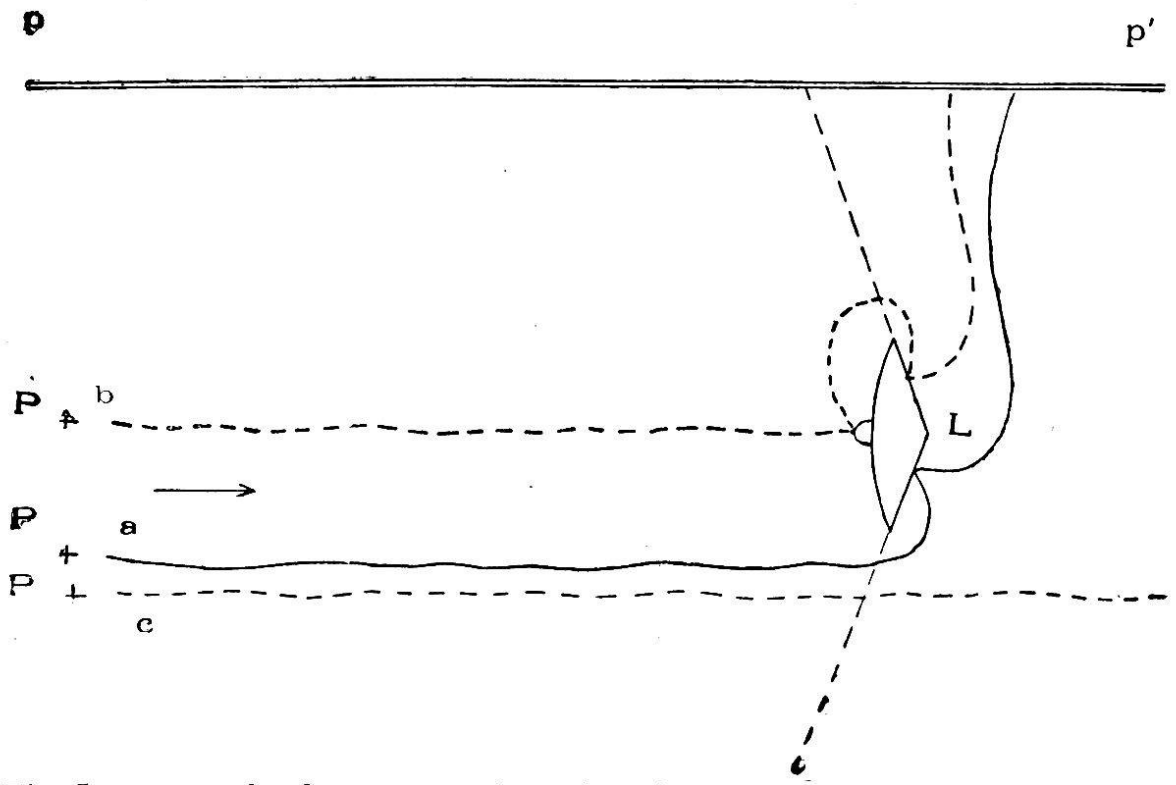

Fig. 5. — a et b, deux types de trajectoire employés par les insectes pour aller visiter le centre lumineux. c, type de trajectoire démontrant l'indifférence de l'insecte. La limite entre l'ombre et la lumière ne modifie pas la direction suivie.

III. L'animal quitte le point de départ et traverse toute la chambre en passant par *dessous la lampe. 4 fois avec 4 espèces* (fig 5 *c*).

Au n° I, nous pourrions supposer que l'intervention de l'élévation de la température puisse changer le sens de la réaction. Mais le comportement observé en II infirme cette supposition. En consultant la fig. 5 *a*, on remarquera que l'arc de cercle décrit par l'animal pour

venir se poser sur le réflecteur commence à la limite de l'ombre produite par celui-ci; cela semble conforme à un des faits mis en évidence par Bohn. Il y a lieu cependant de voir dans ce cas particulier une simple coïncidence, car, dans la trajectoire figurée en *b*, l'arc de cercle débute avant la limite de l'ombre. Du reste, les autres comportements observés dans cette série et principalement celui décrit en III (fig. 5 *c*), montrent que la limite de l'ombre n'a pas d'influence sur la direction prise par l'insecte.

Série 4.

Dans les séries 1, 2 et 3, nous avons toujours lâché le Papillon de façon qu'au départ il soit déjà tourné du côté de l'excitant; il lui était en conséquence plus facile de suivre la direction donnée à l'axe de son corps et celle-ci l'amenait en droite ligne vers la source lumineuse.

Il nous reste à voir maintenant comment l'insecte s'orientera, une fois qu'il aura été placé, au départ, soit latéralement ou obliquement par rapport à la lumière, soit en ayant sa tête située à l'opposé de celle-ci.

Les expériences entreprises dans ce but ne donnèrent cependant pas de résultats vraiment positifs, tant a varié, dans une large mesure, le comportement des divers individus soumis à ces recherches. Ceux qui, au moment du départ, ont été placés latéralement ont, pour la plupart, volé droit devant eux, un petit nombre seulement ayant effectué une rotation sur eux-mêmes pour aller à la lumière. Quant à ceux qui sont orientés de façon à avoir la tête à l'opposé du centre lumineux au moment où ils sortent de la boîte, la majorité progresse également en avant et peu nombreux sont ceux qui se tournent de 180° pour venir visiter la lampe.

Ces divers modes de réactions et surtout celui de l'animal qui, placé latéralement, s'envole sans s'inquiéter

de la lumière bien que sous l'action unilatérale de ses rayons, sont encore suffisants pour infirmer la théorie de l'héliotropisme.

Dispositif B.

Nous employons une lampe de 10 bougies suspendue au plafond et munie d'un réflecteur conique qui envoie

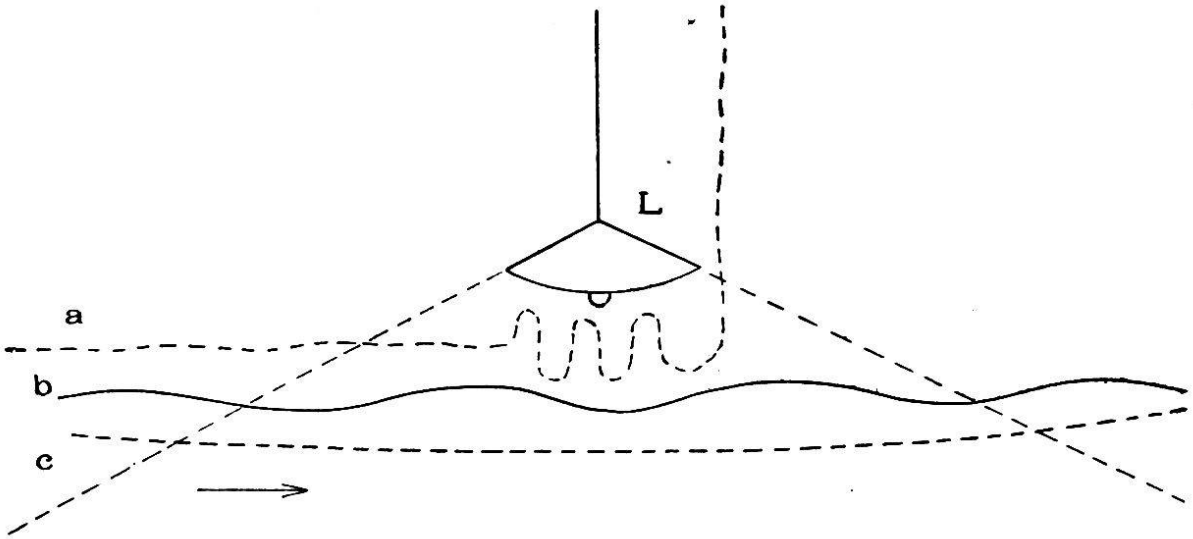

Fig. 6. — Trois types de trajectoire suivis par les insectes qui passent au dessous d'une lampe munie d'un réflecteur ; en a, quelques arrêts momentanés d'hésitation. La limite entre l'ombre et la lumière ne modifie pas la direction suivie.

un faisceau lumineux sur le plancher, en laissant la plus grande partie de la chambre dans l'ombre. Le Papillon est lâché exactement *au dessous* de l'ampoule, à deux mètres environ de distance (fig. 7).

Série 5.

I. Il monte à la lumière en traçant un vol spiralé dont le diamètre de spire est à peu près égal à celui du réflecteur. Il se pose ensuite soit sur l'ampoule, soit sur le côté inférieur du réflecteur, soit sur le dessus de celui-ci, qui est dans l'ombre. Dans plusieurs cas, il dévie de

la lampe et va au plafond. *22 fois avec 14 individus de 11 espèces.*

II. Il monte en droite ligne vers la lampe; ensuite modes divers comme en I. *5 fois avec 3 individus de 2 espèces* (fig. 7 *b*).

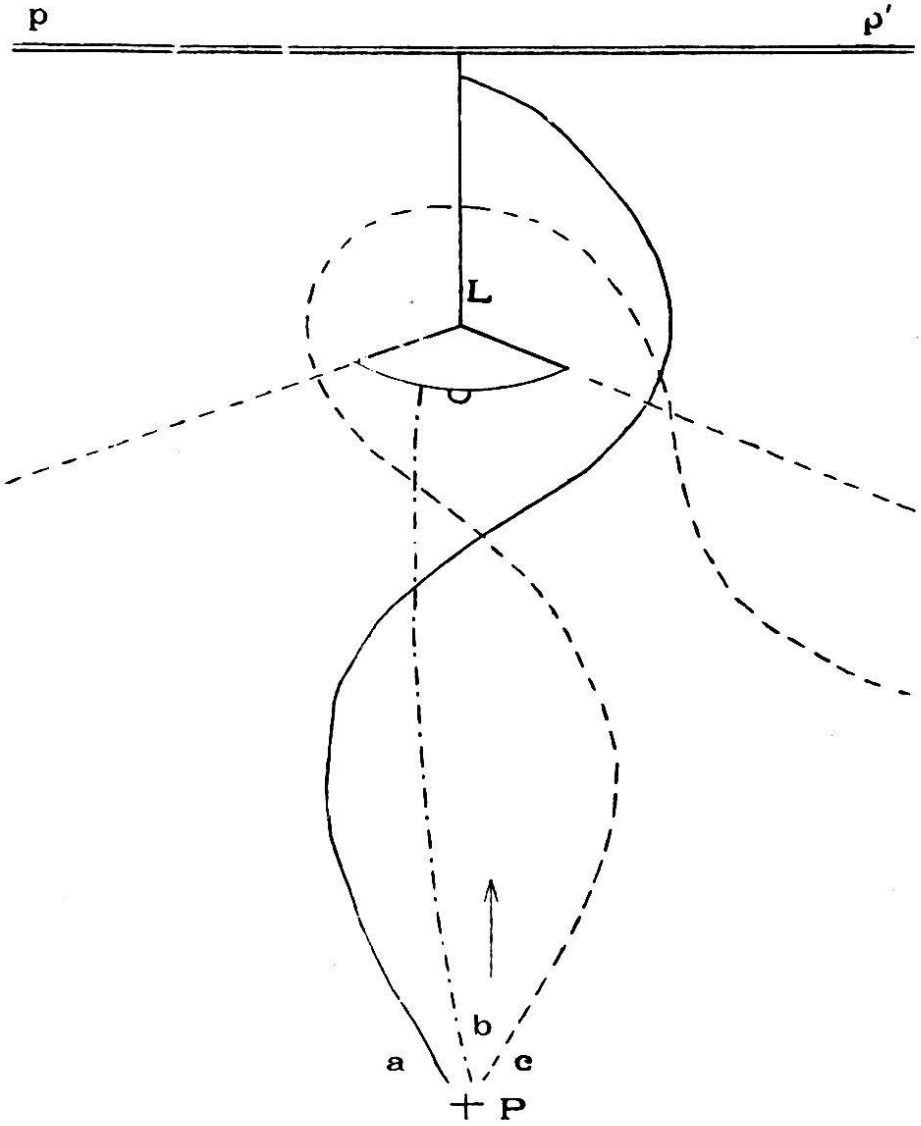

Fig. 7. — Trois types de trajectoire observés par les insectes une fois qu'ils sont lâchés au dessous du centre lumineux. La trajectoire c conduit l'insecte, après qu'il a contourné la lampe, droit vers la fenêtre ouverte.

III. Il monte directement à la lampe, décrit plusieurs cercles autour de l'ampoule; ensuite il s'en va. *3 fois avec 2 individus d'une espèce.*

IV. Il vole tout de suite le long du plancher pour aller se cacher, ou bien il va obliquement au plafond sans

s'inquiéter de la lampe. *6 fois avec 4 individus de 2 espèces.*

Le vol spiralé observé en I peut, à la rigueur, être envisagé comme résultant d'une action tropique de la lumière. En effet, le côté du Papillon qui est situé à l'extérieur de la spire reçoit un peu moins de lumière que le côté intérieur. Mais les autres modes de cette série ne concordent plus avec les conditions requises par la théorie de l'héliotropisme ; il convient en conséquence de rechercher une autre explication.

Série 6. Dispositif B (lampe suspendue au plafond), (fig. 6).

Le Papillon est lâché dans la partie de la chambre qui est dans l'ombre, à peu près au niveau de la lampe.

I (fig. 6 *c*). Il traverse la chambre en décrivant une trajectoire à peu près rectiligne passant au dessous de la lampe ; puis il va se cacher contre la paroi opposée.

II (fig. 6 *b*). Il se comporte comme en I, mais en décrivant une trajectoire légèrement sinueuse.

III (fig. 6 *a*). Une fois arrivé dans la zone éclairée, au dessous de l'ampoule, il effectue quelques vols planés, hésitants, puis franchit la limite entre l'ombre et la lumière et monte droit au plafond.

Dans cette série il est arrivé souvent que le Papillon ait visité la lampe, soit en se posant sur l'ampoule, soit en s'arrêtant sur le réflecteur, côté éclairé et côté à l'ombre. Parfois il tourne autour du centre lumineux pendant quelque temps, puis s'en va. *12 fois avec 11 individus de 5 espèces.*

Les expériences de cette série montrent principalement que l'insecte peut franchir deux fois de suite une limite entre l'ombre et la lumière sans que cela le fasse dévier de la direction qu'il suit. Le mode III démontre encore que l'animal hésite sur le comportement qu'il doit observer pendant qu'il est dans la zone éclairée; ce mode semble indiquer la frayeur.

Série 7.

Nous devons étudier maintenant le comportement des Papillons une fois qu'ils sont lâchés à l'ombre d'un écran vertical placé entre le point de départ et le centre lumineux.

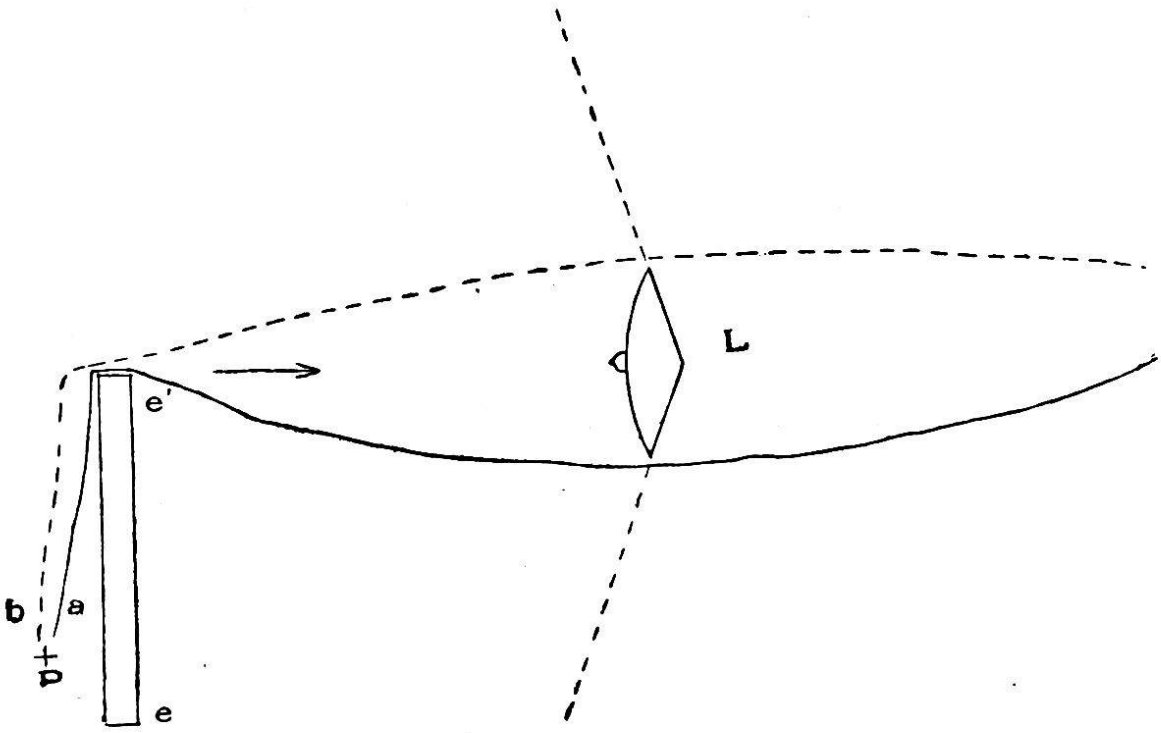

Fig. 8. — ee', écran. P, départ à l'ombre. Deux cas d'indifférence.

Dispositif A, modifié de la façon suivante :

La lampe est placée au milieu de la chambre et projette son faisceau lumineux sur l'écran (fig. 8); derrière celui-ci se trouve une fenêtre ouverte. Le point de départ est suffisamment près de l'écran pour que le Papillon soit dans l'ombre au moment où il est lâché.

1A. *Papillon placé avec la tête dirigée contre l'écran.*

I (fig. 8, *a* et *b*). Il vole par dessus l'écran et suit alors une trajectoire passant dessous ou dessus la lampe ; cette trajectoire l'amène contre la paroi opposée, qui est dans l'ombre. *5 fois avec 3 individus de 2 espèces.*

II. Il vole jusqu'au sommet de l'écran et se dirige ensuite au plafond. *3 fois avec 3 espèces.*

1B. *Papillon placé la tête à l'opposé de l'écran.*

III. Il se dirige droit vers la fenêtre et s'enfuit dehors. *8 fois avec 5 individus de 4 espèces.*

1C. *On enlève l'écran ; Papillon placé dans diverses positions.*

IV. Trois fois sur quatre il gagne la fenêtre.

Série 8. Dispositif B (lampe suspendue au milieu de la chambre).

Le Papillon est lâché au fond de la chambre ; la fenêtre, en face est ouverte ; il décrit une trajectoire qui le conduit directement à la fenêtre, en passant par dessous la lampe ou par dessus celle-ci (fig. 9, *a* et *b*). Quelquefois il passe à droite ou à gauche. *8 fois avec 5 individus de 4 espèces.*

Série 9 (en plein air).

Une lampe est placée à 1 m. 50 d'un buisson. Les Papillons sont soumis, dans cette série, à la plupart des expériences relatées jusqu'à présent. *Dans la majorité des cas, c'est le buisson qui a exercé une attraction et non pas la lumière.*

Les séries 7, 8 et 9 montrent que l'insecte *choisit* la direction à suivre et que ce choix l'amène souvent vers des conditions ambiantes favorables et naturelles, indépendamment de la lumière. La série 9 offre un grand intérêt au point de vue de l'héliotropisme ; en effet, la plupart du temps, le Papillon était éclairé unilatérale-

ment, ce qui ne l'a pas empêché d'aller au buisson. D'après la théorie des tropismes, il aurait dû aller à la lampe.

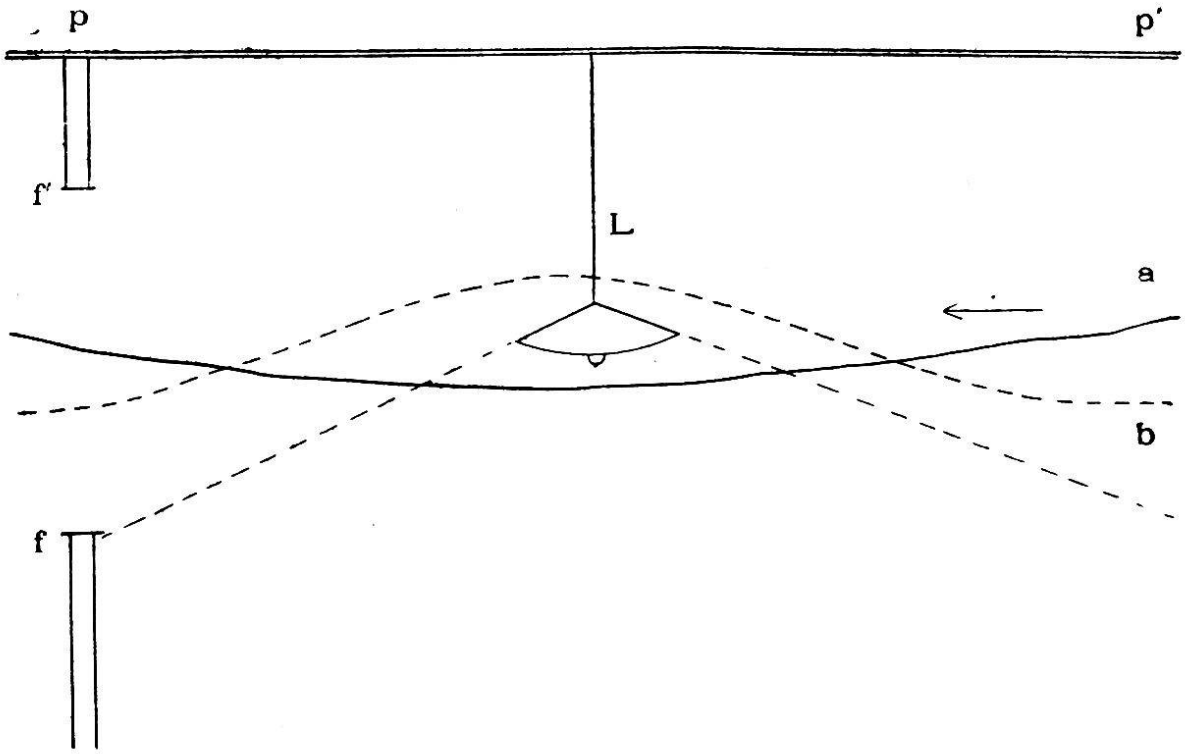

Fig. 9. — f, f', fenêtre ouverte. L'insecte choisit presque toujours l'issue par la fenêtre, en évitant le centre lumineux.

Série 10. (Dispositif B, mais en plein jour).

Au milieu de la chambre est suspendue une lampe qu'on allume; la fenêtre est ouverte. Le Papillon est lâché au fond de la chambre, près de la paroi qui est à l'opposé de la fenêtre; il traverse toute la chambre en décrivant une trajectoire qui le conduit, *par dessous la lampe*, jusque vers la fenêtre, par laquelle il s'échappe. ***3 fois avec 3 individus d'une espèce*** (fig. 9, *a*).

Ici l'insecte nocturne n'hésite pas à se diriger directement vers les conditions naturelles, bien que, pour les atteindre, il doive voler vers la lumière du jour, sans être détourné de sa route par l'éclairage puissant d'une lampe à incandescence.

Série 11.

Nous mentionnerons seulement les expériences de cette série qui consistent, au moyen d'un dispositif fort simple, à projeter sur le plafond un cercle éclairé, le reste de la chambre restant dans l'obscurité.

I. Les Papillons sont lâchés dans la chambre; dans leur vol au plafond il arrive à plusieurs d'entre eux de franchir le cercle éclairé sans s'y arrêter.

II. Dans d'autres cas nous plaçons les insectes dans l'intérieur du cercle; après avoir volé un instant à l'intérieur de la zone éclairée, ils la quittent facilement.

Série 12 (deux foyers lumineux).

Nous avons aussi institué un certain nombre d'expériences avec deux foyers lumineux d'égale puissance placés à 1 m. 50 l'un de l'autre. Il est évident que si le vol vers la lumière est le résultat d'un tropisme, l'insecte, placé en face et à égale distance des deux foyers, se trouvera orienté directement entre eux, par le fait de l'action égale produite sur chacun de ses côtés. Or, ce cas ne s'est vérifié que trois fois *(3 individus appartenant à 2 espèces)*. Tandis qu'au contraire les cas où l'animal se dirige vers l'un des foyers sans s'inquiéter de l'autre, sont beaucoup plus fréquents *(25 fois avec 7 individus appartenant à 3 espèces)*. Il arrive aussi que l'animal, après avoir volé autour de l'un des foyers pendant un instant, se dirige vers l'autre, autour duquel il vole, pour revenir au premier *(10 fois avec 8 individus appartenant à 4 espèces)*.

Lorsqu'un des foyers est plus lumineux que l'autre (5 et 10 bougies, ou l'un des foyers couvert d'un abat-jour de papier mince), trois fois le Papillon s'est dirigé en premier lieu vers le plus intense et trois fois vers le moins

lumineux. Enfin, en présence de trois lampes d'égale force placées en triangle, l'animal se comporte de la même que façon quand il y en a deux et effectue des vols concentriques, successivement autour de chacune d'elles.

Série 13.

Nous avons encore effectué la plupart des expériences relatées jusqu'à maintenant avec une ampoule de 10 bougies *sans réflecteur*. Les résultats ont été sensiblement les mêmes.

Série 14. Observations sur le vol des Papillons autour des phares électriques dans les jardins publics.

Nous considérons 4 cas principaux :

I. Un mur blanc se trouve dans le voisinage immédiat du phare, fortement éclairé par lui. Les Papillons effectuent des vols autour du globe, s'en éloignent, s'en rapprochent de nouveau; ils finissent par venir se poser contre le mur ; là, c'est leur dos qui est éclairé. Nous remarquons que quelques Papillons se sont posés assez exactement en face du phare et qu'ils sont en conséquence éclairés bilatéralement; ceux-ci retournent aussi bien à la lumière que ceux qui sont allés se poser à droite ou à gauche, et dont un côté reçoit plus de radiations que l'autre.

Plusieurs Papillons s'endorment contre le mur. Nous en réveillons un certain nombre ; bien qu'éclairés plus fortement d'un côté que de l'autre, ils marchent le long du mur pour aller se cacher à l'ombre, ou bien ils se laissent choir sur le sol où ils s'immobilisent.

Il y a lieu de remarquer que les Papillons qui se rendent au mur ont souvent à cotoyer le phare ; ils sont alors éclairés unilatéralement et répondent ainsi aux

conditions requises par la loi des tropismes... Mais ils passent outre. Au contraire, les insectes qui sont placés sur le mur, exactement en face du phare, ne répondent pas à ces conditions. Or ce sont précisément ces derniers qui vont vers la lumière !

II. A la place du mur, c'est un bosquet qui se trouve dans le voisinage du phare. On constate sans cesse des passages du phare au bosquet et inversément.

III. Le phare se trouve entre un mur et un bosquet. Les passages de l'un à l'autre, en contournant le phare, sont excessivement nombreux. Les Papillons qui sont chassés du mur vont presque toujours au bosquet.

IV. Le phare se trouve entre deux bosquets. Les passages de l'un à l'autre sans passer par le phare sont plus nombreux encore.

Voilà encore quelques exemples qui montrent que le Papillon choisit la route à suivre, indépendamment de la direction des rayons lumineux, pour gagner son milieu naturel ; à l'état libre, ce choix est encore plus manifeste que dans les expériences. Nous retiendrons principalement le fait que l'animal, au repos en pleine lumière, gagne presque toujours le bosquet pour s'y cacher, lorsqu'on l'a effrayé.

Série 15.

Une chambre est fortement éclairée; nous nous plaçons à la fenêtre et regardons au dehors; nous voyons ainsi venir les Papillons qui se rendent vers la lumière; ceux-ci, à quelques centimètres de l'observateur, font demi-tour et gagnent la campagne *(avec 5 individus d'espèces indéterminées)*.

Voici des insectes qui accourent vers un foyer lumineux; au moment de l'atteindre, ils aperçoivent une figure humaine qui semble les contrarier, et ils fuient bien

qu'en pleine lumière. On peut admettre, comme ayant provoqué la fuite, un autre mobile que la contrariété; toujours est-il que cette observation prouve que le vol vers la lumière, dans ce cas, n'est pas dû à des phénomènes de tropisme.

Série 16.

Nous avons répété la plupart de nos expériences, plusieurs fois de suite dans la même soirée, et parfois plusieurs soirs consécutivement, *avec le même individu.* Les trois ou quatre premières fois, son comportement appartient à l'un ou à l'autre des modes observés. Ensuite, le Papillon *cesse d'aller à la lumière* et va de suite se cacher à l'ombre.

Après avoir répété l'expérience 8 ou 10 fois, l'animal se laisse souvent choir sur le plancher où il s'immobilise; dans quelques cas il refuse absolument de quitter la boîte où il se trouve.

Cette série met en évidence deux faits : c'est, en premier lieu, que le Papillon acquiert une connaissance de la lumière une fois qu'il l'a déjà visitée et qu'il lui devient indifférent. Ensuite, c'est que, fatigué par le renouvellement de l'expérience, il ne réagit plus. Ces deux faits illustrent en conséquence le rôle qu'il y a lieu d'accorder à la conscience dans le comportement de ces organismes en rapport avec la lumière artificielle.

Observation. Dans quelques cas nous avons remarqué que le vol au plafond, lorsque celui-ci est éclairé, est beaucoup plus rapide et saccadé que dans l'ombre.

Bohn voit dans ce phénomène la preuve que la lumière active l'action des muscles des ailes par l'intermédiaire des yeux. Cette hypothèse est contraire cependant aux faits observés dans beaucoup de nos expériences, où le vol en pleine lumière s'est trouvé être à plusieurs reprises ralenti.

Conclusions relatives aux faits énoncés dans ce chapitre.

A mesure que nous décrivions nos expériences et nos observations, nons avons indiqué les principales conclusions qu'il convient d'en déduire ; il ne sera donc pas nécessaire de revenir en détail sur ces conclusions.

Elles sont tout d'abord que les insectes ne s'orientent pas vers la lumière, naturelle et artificielle, sous l'influence de la force physico-chimique exercée par les radiations lumineuses, mais grâce à des actes volontaires et conscients, appropriés aux diverses conditions du milieu, et guidés par des excitations de leur système sensoriel, ou par des habitudes spécifiques acquises en concordance avec le retour périodique des saisons et avec la différence qui existe au point de vue de la lumière entre le jour et la nuit. Ces sensations et ces habitudes héréditaires ont sans cesse à diriger les insectes en rapport avec la lumière, les uns la recherchant comme nécessaire, les autres l'acceptant, d'autres encore devant la fuir. Or, dans aucun des cas observés, il ne s'est trouvé que, dans leur orientation, les mouvements des insectes répondissent aux conditions exigées par la théorie de l'héliotropisme.

Souvenons-nous des expériences pratiquées avec des espèces bivoltines ; les individus de la génération d'été, dans certaines conditions expérimentales, s'orientent nettement vers la lumière solaire, qui est indispensable au maintien de leur existence et à la fonction de reproduction. Au contraire, les individus de la génération d'hiver, *qui appartiennent, par conséquent, à la même espèce*, fuient la lumière du soleil qui leur est nettement préjudiciable ; en effet, pour supporter l'hiver, l'obscurité et l'immobilité sont requises. Or, les individus d'hiver, réveillés de leur sommeil léthargique et soumis

aux mêmes expériences que ceux d'été, se comportent tout différemment qu'eux et fuyent la lumière le plus vite qu'ils peuvent [1]. Admettons, pour expliquer les réactions des premiers, une action héliotropique ; mais pourquoi cette action deviendrait-elle négative en ce qui concerne les derniers ? Sur un même organisme, on ne peut guère accepter qu'un même excitant ait deux actions différentes. Il est plus logique d'admettre, ainsi que le démontrent nos expériences, que c'est une habitude atavique, instinctive (l'instinct est, selon VOGT, l'intelligence fixée par hérédité) où la sélection naturelle, jointe à la périodicité des saisons, a joué un rôle [2].

C'est surtout dans l'étude du vol des Papillons autour des lampes que l'on peut constater la réalité de ces actes volontaires et conscients. Ainsi, dans son vol vers l'excitant, l'individu observe fréquemment des arrêts momentanés, que nous envisageons parfaitement comme étant des *arrêts d'hésitation*, comparables aux tâtonnements de JENNINGS, et qui sont incompatibles avec la théorie de LOEB. Ainsi encore, nous remarquons des changements de direction, des retours au point de départ, des refus absolus de se diriger vers l'excitant lumineux après l'avoir déjà visité (phénomènes également comparables à beaucoup de ceux observés par JENNINGS), une indifférence complète de certains individus d'une espèce, dont d'autres individus ont fréquenté la lampe ; et, toujours, dans tous les cas, le retour volontaire vers l'ombre, élément naturel de ces animaux ; ce sont autant de comportements divers qui ne sont pas en harmonie avec la théorie des tropismes.

Les observations qui illustrent le mieux l'intérêt et la

[1] Ces mêmes insectes, après avoir fui la lumière en automne, recherchent le soleil dès que le printemps est arrivé Ils affectent donc deux modes opposés suivant l'époque de l'année.

[2] Voir A. PICTET, 51, 53 et 54.

recherche des conditions favorables comme mobiles du comportement des Papillons en rapport avec la lumière artificielle, sont celles qui ont été faites en plein air; elles montrent que, dans la majorité des cas, lorsque tel individu a à choisir entre une lampe et un bosquet, c'est à ce dernier qu'il donne la préférence; de même que lorsque l'insecte se trouve entre une fenêtre ouverte et un centre lumineux, la plupart du temps il n'hésite pas à choisir l'issue qui lui rend la liberté.

Les expériences où les Papillons sont lâchés vis-à-vis de deux ou trois sources de lumière d'égale puissance, et même de puissance différente, ainsi que celles où, bien que placés latéralement par rapport à l'excitant, ils ne s'orientent pas vers celui-ci, ou bien celles encore où ils quittent la lampe après l'avoir visitée, montrent aussi que le mobile directeur n'est pas le tropisme.

Un seul cas pourrait à la rigueur dépendre de phénomènes explicables par la théorie de Loeb; c'est celui où l'insecte, lâché juste au dessous de la lampe, munie de son réflecteur, se dirige vers l'ampoule en un vol spiralé ascendant, dont le diamètre de spire est à peu près égal à celui du réflecteur; en effet, pendant ce vol, le côté intérieur de l'animal est légèrement plus éclairé que l'autre. Mais, outre que la différence de luminosité reçue par les deux moitiés du corps est excessivement faible, l'insecte montre dans plusieurs cas qu'il peut échapper à la lumière, dans d'autres cas qu'il peut terminer son voyage en ligne droite ou même l'effectuer en entier en ligne directe, sans oublier toutes les fois où il ne s'oriente pas du tout par rapport au centre lumineux.

Ces cas sont autant d'exemples qui caractérisent, par le fait de leur diversité, la volonté d'action des insectes et leurs états de conscience, et nous rappellerons à ce propos que la multiplicité des modes de réactions de ces animaux vis-à-vis de l'excitant lumineux est le pre-

mier phénomène que nous ayons constaté au cours de nos expériences.

D'autre part, nous avons vu que lorsqu'un même individu a visité la lampe plusieurs fois de suite dans une soirée, ou plusieurs soirs consécutivement, il finit par refuser, même si on l'y pousse, à prendre une direction vers elle ; parfois il rentre dans la boîte où il est maintenu, ou bien il se laisse choir sur le sol. Nous pouvons envisager ces comportements comme le résultat d'une fatigue et d'un retour au sommeil journalier, ainsi que comme une habitude de la lumière, acquise par répétition et qui laisse l'animal indifférent après qu'il en a suffisamment connaissance ; ce serait une sorte d'adaptation comparable aux « essais et erreurs » de JENNINGS, lorsque l'organisme évite l'erreur en supprimant l'essai. Quoi qu'il en soit, ces exemples dénotent encore la volonté d'action.

Enfin, nous avons constaté que le vol des insectes vers les lumières artificielles constitue une exception par rapport à la masse de ces êtres qui vivent habituellement dans le voisinage de ces lumières sans aller les visiter, et nous avons voulu nous rendre compte si cette indifférence provient d'une accoutumance au milieu lumineux. Pour cela, nous sommes allés à plusieurs reprises rechercher des Papillons nocturnes dans des localités très éloignées des centres habités, comme par exemple à une certaine altitude dans les Alpes, là où l'on peut avoir la certitude que ces insectes, ni leurs ascendants, n'ont jamais été en contact avec la lumière artificielle ; nous avons alors réédité avec eux quelques-unes des expériences que nous venons de relater. Or il est manifeste que ces individus, une fois placés en présence de l'excitant lumineux, se sont comportés vis-à-vis de lui avec beaucoup plus de régularité et de suite et sans manifester autant d'indifférence que ceux qui

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 comparerions 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-