

Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 44 (1917)

Artikel: Influence de la pression atmosphérique sur le développement des lépidoptères
Autor: Piotet, Arnold
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-743255>

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>

INFLUENCE DE LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE SUR LE DÉVELOPPEMENT DES LÉPIDOPTÈRES

PAR

Arnold PICTET

(avec la Planche II)

I. INTRODUCTION

INFLUENCE DES CONDITIONS ATMOSPHÉRIQUES SUR LE DÉVELOPPEMENT DES LÉPIDOPTÈRES

L'influence de la pression atmosphérique, comme facteur de l'ambiance agissant sur le développement des Lépidoptères, n'a pas été beaucoup étudiée jusqu'à maintenant.

V. Rollat (31), M. Bellati (3) et L.-F. Henneguy (16) ont soumis des œufs de *Bombyx mori* à l'influence de la pression barométrique ; cependant leurs résultats ne concordent pas. Tandis que Rollat remarquait qu'une pression de 3 à 4 atm., agissant pendant deux à cinq jours, donnait 10 à 47 % d'éclosions prématurées et qu'une pression de 6 à 8 atm., prolongée pendant quinze jours, provoquait l'éclosion des chenilles à n'importe quelle époque de l'année, Bellati n'obtenait que des résultats négatifs, et Henneguy arrivait à la conclusion que la pression retardait au contraire le développement normal des œufs.

Il y a lieu de faire remarquer, pour expliquer la divergence existant entre les résultats de ces travaux, que d'autres influences extérieures, dont ces auteurs n'ont sans doute pas tenu compte, sont certainement intervenues.

Le développement ontogénique des Lépidoptères est, en effet, intimement lié aux variations d'intensité des différents facteurs

de l'ambiance et celles-ci, dans certains cas, peuvent prolonger la durée de l'ontogénie, ou la raccourcir, dans des proportions allant du simple au double, et même davantage. Presque tous les phénomènes atmosphériques ont une action accélératrice ou retardatrice s'ils dépassent l'intensité optimum, et c'est pourquoi, dans les expériences qui ont pour but de rechercher l'influence de l'un de ces phénomènes, il est de toute importance de tenir exactement compte de l'action des autres.

Il ne sera donc pas superflu, avant d'entreprendre l'étude de l'influence de l'un de ces facteurs, la pression atmosphérique, de jeter un coup d'œil sur l'état de nos connaissances à ce jour, relatif à l'action du climat en général sur la rapidité du développement des Lépidoptères.

Action de la température.

C'est cette action qui intervient le plus efficacement.

Les Lépidoptères passent l'hiver soit à l'état d'œuf, de chenille à des âges divers, de chrysalide ou d'insecte parfait. Ils doivent alors supporter un abaissement de la température, souvent considérable, qui les plonge dans une léthargie complète. Ces insectes subissent en conséquence une *diapause*, c'est-à-dire un arrêt de développement, qui persiste tout l'hiver, même s'il survient un adoucissement momentané de la température.

Cependant, dans quelques cas, un réchauffement passager en plein hiver, peut amener une reprise de développement. Nous avons montré (23 et 26) que ce sont principalement les chenilles dont la plante nourricière est vivace qui peuvent ainsi reprendre une vie active de quelques jours, tandis que celles dont la plante nourricière est caduque restent dans leur état léthargique, sans interruption, de l'automne au printemps, quels que soient les réchauffements qui peuvent se produire. La relation entre l'état de la plante, capable ou non de fournir de la nourriture et l'état de sommeil léthargique de l'insecte, est facile à comprendre.

Les chrysalides, de même que les chenilles, subissent un arrêt de développement ininterrompu durant l'hiver ; cependant la durée de leur ontogénie peut être plus ou moins accé-

léréa suivant que la saison est plus ou moins rude. Mais l'avance acquise par un hiver doux, par exemple, ne sera jamais bien conséquente, car il importe que l'éclosion des Papillons coïncide au printemps avec la reprise de la végétation.

D'une manière générale, on peut d'ailleurs dire que les variations du facteur thermique, en hiver, ne jouent pas un rôle bien marqué dans la rapidité du développement des chrysalides. F. Merrifield (20) conclut de nombreuses recherches, qu'à la température de la glace on peut considérer que 120 jours de développement sont équivalents à 2 à 3 jours par température normale. D'autre part, E. Regener (30) et M. Standfuss (38) ont montré que l'incubation de divers Lépidoptères dans une température relativement supportable, 5 à 10°, peut entraîner leur mort au stade évolutif suivant si cette incubation se prolonge trop longtemps ; ainsi, des chenilles pourront parfaitement bien se développer à cette température ; mais leurs chrysalides périront, bien que placées dans leur milieu normal.

Il est facile de se rendre compte de l'état d'insensibilité à l'élévation de la température des Lépidoptères hivernants, en les éduquant en chambre chauffée pendant l'hiver. Dans ce domaine, nos recherches (23, 25, 27 et 28) ont montré qu'en maintenant des chenilles et des chrysalides hivernantes dans une température de 15 à 35°, suivant les séries d'expériences, il n'en résulte pas toujours une accélération de développement. Mais dans les cas, toujours accidentels, où *une accélération résulte de l'augmentation de l'intensité thermique, elle est toujours compensée par une prolongation du stade évolutif suivant, qui tend à ramener l'éclosion du Papillon à l'époque normale* (¹). Si ce sont les chenilles dont on a hâté la métamorphose, les chrysalides en subissent le contre-coup et la nymphose acquiert une augmentation de durée compensatrice. De même un retard à l'état de larve sera compensé par une avance dans la vie nym-

(¹) Ces phénomènes de compensation de la durée d'un stade évolutif par rapport au stade précédent doivent être pris en sérieuse considération dans l'étude de l'action du milieu sur le développement. En effet, on remarque, par exemple, que tel facteur du climat prolonge la durée de la vie nymphale ; il faut être par conséquent certain que cette prolongation ne résulte pas d'un raccourcissement du stade larvaire.

phale. De cette façon, reste rigoureusement établie entre la continuité de l'ontogénie et celle des saisons, la corrélation si nécessaire au maintien de l'existence des espèces.

Pour ce qui est de l'action des variations thermiques agissant sur les œufs, nous constatons également qu'elle se répercute sur le stade larvaire. Ainsi, M. Standfuss (36), ayant placé des œufs de diverses espèces dans une température de 35°, ce qui provoqua leur développement dans les deux tiers du temps normal, remarqua que la vie larvaire se trouvait également raccourcie, bien que les chenilles eussent été élevées dans leur milieu habituel. Nous avons de même observé que des chenilles de *Lasiocampa quercus*, dont les œufs avaient été placés à 0° pendant plusieurs semaines, arrivèrent à l'âge de l'encoquement en deux mois (six mois normalement). Cependant la répercussion alla plus loin encore et provoqua un retard corrélatif sur la durée de la chrysalide.

L'action, pendant l'hiver, d'une température égale à celle de l'été, lorsqu'elle a pour effet de raccourcir le développement de Lépidoptères hivernants, ne l'accélère cependant pas dans une proportion équivalente au développement des mêmes espèces pendant la belle saison. Voici quelques données que nous avons obtenues à ce sujet :

Durée du développement nymphal.

Espèce	Température	En hiver	En été
<i>Pieris rapae</i>	dehors	220 jours	10 à 13 jours
id.	18°	198 »	—
id.	20-22°	167 »	—
<i>Pieris brassicae</i>	dehors	227 »	9 à 14 jours
id.	20-22°	193 »	—
id.	25	122 »	—
<i>Mamestra brassicae</i>	20-22°	188 »	28 jours
<i>Lasiocampa quercus</i>	dehors partiellement	150 »	20 à 30 jours
id.	20°	119 »	—

Pour d'autres espèces étudiées, l'accélération se fait à peu près dans les mêmes proportions. D'autre part, F. Merrified

(21) a élevé des chrysalides d'hiver de *Pieris napi*, en septembre, pendant 10 jours à 32° sans amener la moindre modification dans la durée du développement.

Beaucoup plus capables de modifier la durée de l'évolution larvaire et nymphale, sont des *variations brusques de température*.

Ayant reçu d'Allemagne, en hiver, par un froid de -5 à -6°, des chrysalides hivernantes de diverses espèces, nous avons pu en provoquer l'éclosion en quelques jours, en les plaçant sans transition dans le laboratoire chauffé à 18°. Le même cas s'est présenté avec des chenilles d'*Arctia caja* ; celles-ci ayant été placées brusquement, en janvier, du dehors, où elles se trouvaient depuis l'automne, dans une chambre chauffée, cessèrent leur diapause immédiatement et recommencèrent à prendre de la nourriture. Du reste, M. Standfuss (38), C. Frings (12), F. Merrifield (20), C. Selmons (35), H. Gauckler (15) et d'autres, ont démontré le même phénomène. G. Dorfmeister (8) a indiqué de son côté que la température optimum qui provoque l'éclosion est en corrélation avec la température minimum subie au commencement de la nymphose.

L'état de la température pendant la belle saison peut jouer un rôle plus considérable que pendant l'hiver. Tous les auteurs s'accordent, en effet, à démontrer que l'accélération de développement produite par un été plus chaud qu'habituellement, provoque l'existence d'une seconde génération pour les espèces univoltines et d'une troisième pour les bivoltines. Nous avons ainsi remarqué qu'en 1917 *Pararge aegeria*, espèce bivoltine dans nos contrées, a eu une troisième génération en automne. De cette façon, l'accélération de développement ne risque pas de porter préjudice à la survivance de l'espèce, en amenant la descendance immédiate à vivre à une époque de l'année qu'elle ne pourrait supporter, puisque la génération supplémentaire rétablit le cycle évolutif en concordance avec les saisons. Selon G. Selmons, l'avance, pour *Parnassius apollo*, peut atteindre plusieurs semaines.

P. Brunhauer (4) conclut encore de ses observations que les années chaudes ou froides ont moins d'action pour les individus des régions du centre de l'Europe que pour ceux du nord ou du

sud. C'est aussi l'opinion de A. Weismann (41), de E. Fischer (11) et de H. Gauckler (15) que les générations d'été réagissent différemment contre l'influence de la température que les générations de printemps. F. Rühl (32) fait encore remarquer que les espèces univoltines en Suisse, qui sont susceptibles de devenir bivoltines pendant une année chaude, ont toujours, en Italie, deux générations.

Action de l'humidité.

L'état d'humidité et de sécheresse du milieu dans lequel se développent les Lépidoptères a davantage une action sur leur poids, leur taille et leur pigmentation, que pour produire des variations dans la durée de leur ontogénie. C'est ce qu'ont montré principalement les recherches de E. Quajat (29), de M. Standfuss (38), de M. L. Terre (39), ainsi que les nôtres (24).

Cependant F. Urech (40), M. Standfuss (38) et A. Weismann (42) admettent que l'humidité a, sur le développement des Lépidoptères, une action retardatrice, tandis que la sécheresse, au contraire, exerce une influence accélératrice. Bien que nos recherches confirment ces résultats, nous pouvons ajouter qu'un excès de saturation d'humidité de l'atmosphère (90 % à 95 %) pendant toute la durée de la nymphose, de même qu'un excès de sécheresse (30 % à 35 %) entrave le développement et l'éclosion des chrysalides, qui peuvent même souvent en périr; une variation quotidienne de l'état hygrométrique est l'élément le plus favorable au développement nymphal.

Mais, dans toutes ces recherches, le milieu où vit normalement l'insecte, suivant que celui-ci est accoutumé à de l'humidité ou à de la sécheresse, intervient efficacement dans ses réactions vis à vis du facteur humide; c'est ce qu'ont montré, entre-autres, les travaux de M. Gauckler (14).

Action de la lumière.

A l'état naturel les variations d'intensité lumineuse qui peuvent jouer un rôle sont celle de la lumière solaire, suivant, par exemple, qu'un insecte se développe au centre d'un épais taillis ou au sommet d'une plante dans la prairie. On peut considérer

aussi, avec G. Selmons (25), si l'animal évolue sous un ciel constamment couvert ou constamment exempt de nuages ; mais alors les variations de luminosité font place à des variations de température et c'est l'action de ce dernier facteur qui intervient.

En laboratoire, nous avons remarqué qu'il faut tenir compte de l'emplacement où se trouvent les éleveuses ; en effet, dans celles placées le plus loin des fenêtres, un léger ralentissement peut se produire dans le développement des sujets qu'elles hébergent. Des chenilles et des chrysalides de *Vanessa urticae*, élevées dans l'obscurité complète, dans une boîte de zinc, placée elle-même dans une armoire, accusèrent un ralentissement de développement.

Plusieurs auteurs, dont en particulier L. Kathariner (17 et 18), N. Cholodkovsky (6), M. von Linden (19) et V. Graber, ont étudié l'influence de la lumière colorée et montré que les chrysalides, sous l'influence de cette action, donnent naissance à des Papillons largement modifiés dans leur pigmentation. G. Schoch (34), ayant éduqué des chenilles d'*Euprepia caja* dans des lumières de diverses couleurs, remarqua que sous un verre violet l'activité nutritive fut beaucoup plus intense, ce qui se traduisit par une avance de 14 jours sur la durée de l'ontogénie des chenilles élevées dans les autres couleurs.

Les actions mécaniques et l'action de l'électricité, peuvent encore produire des variations de durée dans l'ontogénie des Lépidoptères.

A. Weismann (41) voyagea 7 heures en chemin de fer avec des chrysalides de *Pieris napi* de la génération de printemps ; au lieu d'éclore en été, comme elles auraient dû, leur développement se prolongea, dans une chambre chauffée, jusqu'en janvier de l'année suivante. Weismann attribua cette prolongation considérable à la trépidation subie pendant le voyage.

D'autre part, Susani, Verson et Duclaux, en soumettant des œufs de *Bombyx mori* à une pluie d'étincelles d'une machine de Holz, pendant une dizaine de minutes, obtinrent l'éclosion de tous les œufs au bout de 10 jours.

Action de la nourriture des chenilles.

Bien que les chrysalides ne s'alimentent pas, la durée de la vie nymphale peut se trouver passablement accélérée ou ralentie suivant l'abondance plus ou moins grande de nourriture, ou suivant la qualité de celle-ci, que les chenilles ont consommée durant leur développement. Nous n'entrerons pas dans les détails des recherches relatives à l'influence de la nourriture des chenilles sur leur développement, sur celui des chrysalides et sur la variation des Papillons ; on trouvera le résultat de nos expériences dans ce domaine, dans trois de nos travaux (22, 23 et 24). Nous insisterons seulement sur l'existence d'une compensation de durée, d'un état par rapport à un autre, analogue à celle que nous avons signalée sous l'action de la température.

En résumé, lorsque des chenilles sont mal ou insuffisamment nourries, ce qui se traduit par une prolongation de leur développement, la vie à l'état de chrysalide se trouve raccourcie. Inversément, le raccourcissement de la durée de l'état larvaire provenant d'une suralimentation est compensé par une prolongation du temps passé à l'état de chrysalide. De cette façon, la durée complète de l'ontogénie tend à être ramenée à la durée normale de l'espèce.

II. RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR L'INFLUENCE DE LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

Nous avons commencé à étudier cette influence en 1907 ; nos recherches, qui se sont principalement portées sur le développement nymphal (¹), se sont poursuivies, presque sans interruption jusqu'à maintenant et comprennent 1758 observations, avec plus de 2000 chrysalides et des expériences, au nombre de 80, pratiquées depuis 1913 sur près de 500 individus. Elles constituent en conséquence une somme de données parfaitement suffisante pour que leurs résultats soient considérés comme

(¹) La pression atmosphérique ne semble pas avoir d'influence sur le développement larvaire, sauf peut-être à l'époque des mues.

fournissant la preuve que la pression atmosphérique est, parmi les facteurs de l'ambiance, un des plus puissants pour modifier la durée de la nymphose, et, suivant son intensité, pour faciliter ou entraver le développement du Papillon. Les espèces qui nous ont fourni ces observations et ces expériences appartiennent à toutes les classes des Lépidoptères (sauf à celles des Microlépidoptères).

Nous avons tenu, dans nos expériences, à nous assurer que la pression atmosphérique était bien le facteur qui intervient et non pas un de ceux dont nous avons passé en revue l'action, en instituant des expériences parallèles, où ces autres facteurs, notamment la température, l'humidité et la nourriture des chenilles, étaient pris en considération. En outre, chaque recherche était accompagnée des indications fournies par un certain nombre de témoins élevés dans les conditions normales.

Nous étudierons séparément l'action des variations de la pression atmosphérique pendant la durée de la nymphose et au moment de l'éclosion du Papillon. Mais auparavant, quelques mots sur la vie à l'état de chrysalide seront nécessaires.

Durée de la nymphose.

La durée de la vie des Lépidoptères à l'état de chrysalide peut varier dans une large mesure, ainsi que nous venons de le voir, non seulement suivant les espèces, ou suivant que l'on considère les générations hivernales ou estivales, mais aussi suivant les individus d'une même espèce et d'une même ponte.

D'autre part, ainsi qu'on le sait, chaque espèce éclôt à une époque précise de l'année ; certaines, par exemple, dont les chrysalides ont hiverné, volent toujours au commencement de mai et les collectionneurs savent qu'ils ne les trouveront pas à une autre époque de l'année. Pour chaque semaine ou chaque quinzaine de la belle saison, il existe une faune lépidoptérologique spéciale ; beaucoup de ces Insectes ont deux ou trois générations dans l'année, avec deux ou trois époques d'apparition déterminées. On connaît des Lépidoptères qui éclosent normalement pendant l'hiver ; pour quelques espèces, la régularité d'apparition n'est pas aussi remarquable et on en voit

voler les Papillons à peu près sans interruption du printemps à l'automne.

Il va sans dire que l'on remarque constamment des avances ou des retards de quelques jours, parfois de deux à trois semaines, sur cette époque habituelle d'apparition, suivant l'état de précocité ou de retard de la saison. Ici les conditions atmosphériques interviennent largement, montrant l'étroite corrélation qui existe entre le développement de l'insecte et celui de la végétation.

Mais, ce que l'on remarque également, c'est que la période normale de vol d'une espèce est presque toujours précédée et suivie de l'apparition prématuée ou retardée de quelques individus isolés dont l'ontogénie a subi une accélération ou un ralentissement. Voici, à titre d'exemple, quelques observations que nous avons faites à ce sujet :

Espèce	Apparition d'individus isolés	Apparition générale	Apparition d'individus isolés
<i>Lycaena iolas</i>	18-20 juillet	23-27 juillet	29 juillet
» <i>meleager</i>	16-17 »	22-27 »	29 »
<i>Aporia crataegi</i>	28 mai-2 juin	8-18 juin	23 juin
<i>Anthocharis cardamines</i>	18-29 avril	5-21 mai	25-28 mai
<i>Melanargia galathea</i>	14 juin	17-28 juin	1-5 juillet
<i>Zygaena hilaris</i>	18-19 juillet	24-26 juillet	29-30 »
<i>Malacosoma neustria</i>	24-26 juin	30 juin-8 juillet	11-15 »

Ainsi, parmi les individus d'une même espèce, il y en a presque toujours un petit nombre qui éclosent avant la majorité, et d'autres, en petit nombre également, qui apparaissent après celle-ci.

Nous pouvons encore nous rendre compte de ces variations dans la durée de la vie nymphale dans les expériences de laboratoires, aussi bien qu'à l'état naturel. Maintes fois, au cours de nos nombreuses recherches, il nous a été donné d'en faire la remarque, et nous signalerons quelques exemples, pris entre plusieurs, qui feront ressortir à quel point est variable la durée de l'ontogénie des Lépidoptères ; ces exemples sont choisis parmi celles de nos recherches qui ont trait au développement nymphal.

Durée de la nymphose de Vanessa urticae

	Nymphose la plus courte	Nymphose la plus longue
Ponte 1, en juin	11 j. 5 h.	12 j. 10 h.
» 2, en »	12 j. 10 h.	13 j. 10 h.
» 3, en juillet	10 j. 5 h.	11 j. 5 h.
» 4, ,	12 j. 12 h.	13 j. 5 h.

Ainsi, dans un milieu absolument normal, en plein air, des chrysalides provenant d'individus d'une même ponte et élevées côte à côte, présentent des variations de durée pouvant atteindre la 10^e partie de la vie nymphale.

Dans d'autres expériences, l'amplitude de variation est plus grande encore :

Espèce	Date d'éclosion la plus avancée	Date d'éclosion la plus retardée
<i>Pieris rapae</i>		
milieu normal 20°	2 septemb. 1914	3 février 1915
milieu humide 20°	6 » »	23 mars »
tempér. constante 30°	24 août »	8 septemb. »
<i>Pieris brassicae</i>		
milieu normal	20 septemb. 1912	30 mars 1913
tempér. constante 25°	11 » »	21 septemb. 1912
tempér. constante 20° (Chrysalides hivernantes)	26 février 1913	14 avril 1913
<i>Vanessa io</i>		
milieu normal	11 septemb. 1913	13 septemb. 1913
tempér. constante 25°	31 août »	1 » »
<i>Dasychira pudibunda</i>		
milieu normal	27 août 1913	8 septemb. 1913

Dans chaque lot, les chrysalides, formées en même temps, subissent la même influence ambiante et cependant la durée de leur vie varie dans une assez large proportion. Il en est de même dans nos expériences qui ont eu pour résultat de provoquer une hibernation à l'état de chrysalide chez des Lépidoptères qui, normalement, hivernent à l'état de chenille.

ESPÈCES	TÉMOINS Chrysalide normale en été	CHRYSALIDES HIVERNANTES Température constante de 20 à 25°	
		Nymphose la plus courte	Nymphose la plus longue
<i>Lymantria dispar</i>	25 à 30 jours	52 jours	61 jours
<i>Dendrolimus pini</i>	25 à 30 »	78 »	109 »
<i>Lasiocampa quercus</i> (Suisse)	18 à 22 »	38 »	165 »
id. (Sicile)	—	146 »	218 »
id. (Allemagne)	—	126 »	158 »

Ici encore, chaque lot est soumis exactement aux mêmes conditions, et pourtant la durée de la vie nymphale accuse une amplitude certaine.

En résumé, nous voyons que des chrysalides sœurs, c'est-à-dire ayant en elles la même somme d'influences héréditaires, et qui sont maintenues dans un milieu semblable pour chacune, ont une nymphose qui n'est pas, pour toutes, de la même durée.

Quelles sont les causes de ces irrégularités ?

Nous n'en voyons que trois qui puissent être invoquées.

1. *L'état physiologique individuel.* Certains individus, au cours de leur développement larvaire, ont acquis une plus ou moins grande aptitude que la généralité à une évolution nymphale rapide.

2. *Les réactions individuelles aux conditions extérieures.* Chez certains individus les réactions, étant plus ou moins fortes que celles de la généralité, se traduisent par une accélération ou un ralentissement de développement.

3. *L'action même des facteurs de l'ambiance.*

Bien que les deux premières catégories de causes originales soient à considérer, nous n'hésitons pas à penser qu'il convient de rechercher principalement l'origine de ces avances et de ces retards individuels dans l'action des phénomènes de la troisième catégorie.

Cependant, il est peu probable que les variations de température interviennent dans ce domaine particulier. En effet, toutes les chrysalides qui existent en même temps dans une même localité subissent à peu près la même chaleur et s'il se présente, d'un jour à l'autre, quelque variation de tempéra-

ture, elle n'est pas suffisante pour modifier aussi sensiblement que nous venons de le voir la durée de l'ontogénie de quelques individus, en dehors de ceux de la généralité.

Il faut en conséquence rechercher ailleurs l'origine de ces retards et de ces avances individuels et parmi les facteurs dont nous avons mentionné sommairement les effets au début de ce travail, nous retiendrons particulièrement la *nourriture des chenilles*, que nous avons étudiée précédemment (22, 23 et 24), l'*humidité*, qui sera l'objet d'une prochaine publication, et la *pression atmosphérique* dont nous allons parler maintenant.

Mais auparavant quelques mots sur les

Caractères précurseurs de l'éclosion de la chrysalide.

Au cours de son développement, la chrysalide présente certains caractères spéciaux qui sont en relation avec son âge et qu'il importe de faire connaître.

Dès sa formation, c'est-à-dire de suite après la mue larvaire qui la constitue, la chrysalide est molle, ses téguments sont minces, son abdomen est allongé ; elle est d'une taille passablement plus petite que celle de la chenille, et d'une coloration pâle, très souvent verdâtre. Au bout d'un certain temps variant, suivant les espèces, de quelques heures à un ou deux jours, les téguments nymphaux se consolident, acquièrent de l'épaisseur, l'abdomen se raccourcit par plus grand emboîtement des anneaux les uns dans les autres et la coloration générale tend à s'obscurcir ; puis la chrysalide acquiert toute sa rigidité.

C'est sous cet aspect qu'elle passe toute la durée de sa vie, jusqu'au moment de l'éclosion du Papillon ; cependant celle-ci est précédée, quelques heures auparavant, de l'apparition de nouveaux caractères qui sont les suivants :

On remarque, tout d'abord, une moins grande rigidité des téguments ; ceux-ci, pendant toute la durée de la nymphose, n'étaient autres qu'une enveloppe chitineuse, une sorte de boîte fermée, au sein de laquelle se pratiquait l'histolyse. Maintenant, le Papillon est formé ; au-dessous de l'enveloppe nymphale existe l'animal avec ses propres téguments, en sorte qu'il n'y a plus de relation ni de contact entre la peau de la chrysalide et celle du Papillon qu'elle contient. On s'en rend compte en

touchant légèrement du doigt toute chrysalide qui est prête à éclore. Voilà un premier caractère précurseur de l'éclosion.

Un second caractère réside dans un nouvel allongement de l'abdomen, dont les anneaux se déboîtent et se gonflent.

Mais le caractère le plus apparent et en même temps le plus proche de l'éclosion, et qui est surtout remarquable chez les Papillons rhopalocères, réside dans l'apparition des dessins des ailes supérieures au-dessous des ptérothèques, par transparence au travers de celles-ci.

Cette apparition se fait graduellement. En premier lieu, deux ou trois jours avant l'éclosion, on remarque une légère teinte colorée à l'emplacement des ailes, dont les dessins et la couleur se précisent peu à peu, puis deviennent de plus en plus nets, en sorte qu'au moment où le Papillon va émerger, ces dessins sont marqués tout ce qu'il y a de plus exactement.

L'éclosion se fait par déhiscence des fourreaux thoraciques ; ces derniers sont soudés les uns aux autres, à la partie antérieure et à la face ventrale de la chrysalide, par des lignes de suture offrant une moindre résistance ; il existe encore deux de ces lignes sur le dos du thorax. Au moment de l'éclosion, ces lignes de suture se brisent, et l'enveloppe nymphale, s'ouvrant de cette façon, permet au Papillon de sortir de sa chrysalide.

Au moyen de ces divers caractères, il est donc facile de savoir quand la nymphose va prendre fin et, avec un peu d'habitude, d'évaluer le moment où le Papillon éclora.

La durée qui s'écoule depuis le moment où les caractères précurseurs de l'éclosion commencent à se remarquer jusqu'au moment de l'éclosion elle-même est assez variable d'un individu à l'autre d'une espèce. Voici quelques données à ce sujet :

Espèce	Temps minimum observé	Temps maximum observé
<i>Pieris brassicae</i>	1 jour	4 jours
<i>Pieris rapae</i>	1 »	3 »
<i>Vanessa io</i>	1 »	3 » 12 h.
<i>Vanessa urticae</i>	20 h.	2 » 12 »
<i>Papilio machaon</i>	1 » 12 h.	3 »
<i>Lasiocampa quercus</i>	2 »	5 »
<i>Lymantria dispar</i>	2 »	4 »

Cette variation de durée qui, pour *Vanessa urticae* et *io* peut atteindre la cinquième partie de la nymphose complète, la huitième partie pour les autres Rhopalocères est, cela va sans dire, de même que tous les stades ontogéniques, soumise aux influences atmosphériques ambiantes.

D'autre part, si l'on étudie attentivement des chrysalides au moment de leur éclosion, on remarque fréquemment que, lors même que les caractères précurseurs sont tous marqués à leur degré maximum et que le Papillon est prêt à éclore, celui-ci n'éclôt pas encore et prolonge son état d'emprisonnement ; il se produit réellement *une attente*, qui semble inexplicable et qui dure quelque fois tout un jour et même davantage, avant que l'insecte soit en mesure de se libérer. Nous avons maintes fois observé que cette attente, se prolongeant au-delà de la limite que le Papillon tout formé peut supporter dans sa prison, celui-ci y meurt et s'y dessèche.

En résumé, voici les faits principaux qui découlent de ce qui vient d'être dit ; on constate souvent :

1. Une prolongation ou un raccourcissement de la nymphose,
2. une prolongation de la durée d'apparition des caractères précurseurs de l'éclosion.
3. une attente du Papillon tout formé avant d'éclore,
4. la mort du Papillon dans la chrysalide, si cette attente se prolonge au delà d'une certaine limite.

Les expériences qui vont suivre, corroborées par un grand nombre d'observations, vont expliquer ces quatre phénomènes.

A. ACTION DE LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE PENDANT LA DURÉE DU DÉVELOPPEMENT NYMPHAL

Dans les expériences dont l'énoncé va suivre, nous avons cherché à déterminer si la pression atmosphérique exerce une influence sur la durée du développement de la chrysalide, ainsi que pour prolonger ou diminuer la durée d'apparition des caractères précurseurs de l'éclosion.

PRESSION UNIFORME

Nous utilisons en premier lieu un cristallisoir pouvant se clore hermétiquement et ayant 25 centimètres de diamètre sur 12 de hauteur ; les chrysalides à expérimenter sont placées dans ce cristallisoir en même temps qu'un baromètre anéroïde ; puis l'appareil est fermé. La pression subie par les chrysalides se trouve être en conséquence la même que celle de l'atmosphère du dehors au moment où commence l'expérience, et reste uniforme jusqu'au moment où l'on ouvre de nouveau l'appareil. Chaque expérience est contrôlée au moyen d'un certain nombre de chrysalides témoins qui sont élevées normalement à côté du cristallisoir ou en plein air ; les variations d'humidité et de température sont également notées.

1. *Pression uniforme agissant pendant la seconde moitié de la nymphose.*

Dans le cristallisoir sont placées des chrysalides, en plusieurs exemplaires, de *Papilio machaon*, *Papilio podalirius*, *Sphinx elpenor*, *Deilephila euphorbiae*, *Mamestra brassicae*, *Pieris rapae* et *Pieris brassicae* ; le baromètre contenu dans l'appareil marque irrévocablement, durant toute l'expérience, la même pression : 730, 728 et 735, suivant les huit séries de cette première catégorie de recherches. Les éclosions des Papillons ont lieu de la manière suivante :

Pour un tiers, elles se font normalement.

Pour deux tiers, les caractères précurseurs étant apparus, le Papillon ne peut éclore et finit par mourir dans la chrysalide. Quelques sujets, en se démenant, arrivent à briser une ou deux des lignes de suture et peuvent, de cette façon, sortir une ou deux pattes, ainsi que leur trompe ; mais l'ouverture ainsi pratiquée est insuffisante pour permettre l'éclosion complète.

Nous prenons quelques-unes de ces dernières chrysalides et au moyen d'aiguilles emmanchées nous écartons tous les fourreaux thoraciques ; ensuite nous tirons le Papillon avec une pince au dehors de la dépouille nymphale et après l'avoir fait se suspendre à un support, il développe normalement ses ailes à l'air. Cela prouve que le Papillon était bien viable.

Ainsi, une pression uniforme agissant sur la chrysalide, pendant la seconde moitié de son développement, empêche l'éclosion du Papillon.

2. *Pression uniforme agissant durant toute la nymphose.*

Voici le détail et les résultats de ces expériences :

Espèce	Nombre d'individus	Pression	Durée moyenne de la nymphose en pression uniforme	Durée normale des témoins
<i>Vanessa urticae</i>	10	610	11 jours	10 jours 6 h.
<i>Pieris brassicae</i>	1	731	13 »	12 »
id.	6	731	15 »	12 »
id.	5	731	16 »	12 »
<i>Papilio machaon</i> (Gener. hivern.)	8	660	151 »	136 »

Bien que pratiquées avec un petit nombre d'individus de trois espèces seulement, ces expériences montrent que *sous pression uniforme la vie nymphale se trouve prolongée.*

3. *Pression uniforme agissant au moment de l'apparition des caractères précurseurs de l'éclosion.*

Voici les principales données de cette série d'expériences :

Espèce	Nombre d'individus	Début de l'expérience	Pression	Date d'apparition des caractères précurseurs	Éclosion	Durée normale d'appar. des caract. chez les témoins
<i>Vanessa io</i>	5	27 sep.	710	2 oct.	meurent	—
<i>Vanessa urticae</i>	8	14 juin	710	meurent	—	—
id.	7	14 »	710	21 juin	éclos. abortée	1-2 jours
id.	7	14 »	710	22 »	id.	—
id.	7	14 »	710	22 »	25 juin	—
id.	10	16 »	720	24 »	éclos. abortée	—
<i>Pieris rapae</i>	2	11 août	725	21 août	24 août	1-2 jours
<i>Pieris brassicae</i>	5	1 mai	731	1 mai	4 mai	1-2 »
id.	2	4 »	720	7 »	8 »	—
id.	2	4 »	720	7 »	10 »	—
id.	4	4 »	720	7 »	12 »	—

Ces recherches expérimentales montrent que *la pression uniforme agit pour provoquer une prolongation de la durée d'appari-*

tion des caractères précurseurs ou pour entraver l'éclosion du Papillon.

Observations. — Nous pouvons ajouter aux recherches qui précèdent quelques observations qui en confirment les résultats.

En août 1917, nous avons constaté une série de plusieurs jours où la courbe de la pression atmosphérique, à Genève, est restée assez uniforme, autour de 732 mill. Pendant toute cette période, aucune des chrysalides que nous avions en observation, dans les conditions normales, ne sont écloses, et pourtant, d'après nos recherches comparatives, leur développement était terminé. Lorsque le baromètre se mit de nouveau à baisser, quelques jours plus tard, les chrysalides éclosent les unes après les autres, sauf une dizaine qui n'avaient pas supporté cette prolongation de nymphose et qui moururent.

Des cas de ce genre ne sont absolument pas isolés ; au cours de nos recherches depuis 1907, nous avons pu en observer plusieurs semblables. Lorsque la courbe de la pression monte régulièrement pendant quelques jours, les résultats sont les mêmes, c'est-à-dire qu'il en résulte une prolongation de la nymphose des chrysalides prêtes à éclore au moment où la hausse débute et la mort de plusieurs d'entre elles. Voici un exemple : 12 chrysalides de *Vanessa urticae* sont élevées normalement à partir du 23 juin 1914 ; le baromètre monte graduellement, du 13 au 25 juin, de 729 à 732 mill. Sur ces 12 chrysalides, 5 éclosent avec un retard d'un jour sur la moyenne constatée pour la durée normale de cette espèce en juin, 3 meurent avant d'éclore et les Papillons des 4 dernières restent accrochés à leur chrysalide.

DIMINUTION DE PRESSION

Dispositif: Un cristallisoir de mêmes dimensions que celui employé jusqu'à maintenant et pouvant se clore hermétiquement, est muni d'une petite ouverture latérale où est adapté un tube de verre ; celui-ci communique avec une pompe à vide. Un baromètre anéroïde contenu dans le cristallisoir indique la diminution de pression que l'on fait subir aux chrysalides, enlevant un peu de leur atmosphère ambiante.

Nous reconnaissons qu'en pratiquant nos expériences de cette façon, nous diminuons également la quantité d'air respirable dans lequel se développent les sujets expérimentés. Cependant le cristallisoir est d'un volume suffisant pour que, grâce à la faible portion d'air enlevé, il en reste une quantité telle, qu'elle permet à l'insecte de faire normalement ses échanges gazeux.

4. *Diminution de pression agissant durant toute la nymphose.*

Les chrysalides sont placées dans l'appareil que nous venons de décrire ; au moyen de la pompe à vide, nous les soumettons à une diminution de pression, qui, suivant les séries, se reproduit chaque jour, ou bien s'effectue graduellement depuis le début de la nymphose, jusqu'à la fin de celle-ci. Voici le détail de ces expériences :

Espèce	Nombre d'individus	Date de la chrysalidation	Dépression subie	Durée de la nymphose	Durée de la nymphose des témoins
<i>Pieris rapae</i>	4	12 août 1914	728-710	9 jours	15 jours
<i>Vanessa io</i>	10	18 sept. 1914	730-700	14 »	14 j. 20 h.
<i>Vanessa urticae</i>	7	10 sept. 1914	730-700	10 »	12 jours
id.	12	8 aout 1917	730-723	9 »	10 »
id.	15	31 juill. 1917	730-724	10 »	11 » (1)
id.	4	9 juin 1917	730-722	9 »	10 j. 12 h,
id.	4	»	»	8 j. 12 h.	10 j. 12 h.
id.	15	»	»	10 jours	10 j. 12 h.
<i>Pap. machaon</i> ²	18	22 déc. 1913	650-560	Date éclosion : 10-20 janvier 1914	Date d'éclosion : 13-23 janvier 1914

En conséquence, une diminution de pression, agissant durant toute la nymphose, raccourcit notablement la durée de celle-ci. Le raccourcissement se porte également sur la durée d'apparition des caractères précurseurs de l'éclosion, qui peut diminuer de 1 à 2 jours sur le temps normal.

Observations. A l'état naturel, on n'observe pas de périodes

¹⁾ La durée de la nymphose des témoins varie suivant l'époque de l'année ; nous tenons compte, cela va sans dire, de cette variation.

²⁾ Déjà en chrysalide depuis le mois d'août.

de baisse ininterrompue du baromètre qui soient aussi longues que la durée de la vie d'une chrysalide. Aussi n'est-il pas possible d'enregistrer des observations qui soient en rapport avec les expériences précédentes. Cependant, nous avons remarqué un nombre considérable de cas où la diminution de la pression s'étant prolongée pendant plusieurs jours, toutes nos chrysalides, qui étaient *mûres* au moment de cette baisse, sont écloses avec une avance de un à plusieurs jours. Ces observations seront relatées au chapitre suivant.

B. INFLUENCE DE LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE AU MOMENT DE L'ÉCLOSION DU PAPILLON

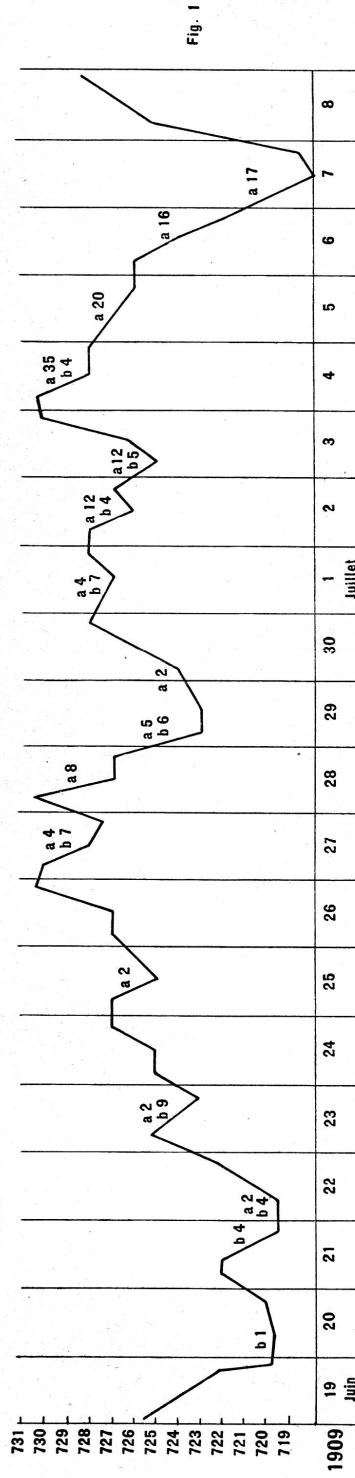
Bien avant d'entreprendre les expériences qui viennent d'être relatées, nous avions remarqué qu'après un ou deux jours de grande dépression barométrique les Papillons volaient beaucoup plus abondamment que de coutume dans les prairies ; cette observation avait été du reste corroborée par plusieurs collègues entomologistes. Certains auteurs ont d'ailleurs remarqué qu'à la suite d'un gros orage, les éclosions étaient plus abondantes.

C'est pourquoi, dans le but de rechercher la relation qui existe entre l'action de la pression atmosphérique et l'éclosion des Papillons, nous avons dressé chaque jour, depuis 1907 jusqu'en 1914, la courbe barométrique pour la comparer avec la date de l'éclosion de toutes les chrysalides que nous avons eues dans nos boîtes d'élevage, pendant ces 7 années. Nous avons de cette façon enregistré 1758 observations dont l'ensemble ne laisse pas de doute que les Lépidoptères, dans leur immense majorité, n'émergent de leur chrysalide que lorsqu'il se produit une baisse barométrique.

Voici comment nous sommes arrivé à ces conclusions :

Chaque jour nous dressions une courbe, en notant 3 fois la hauteur du baromètre ⁽¹⁾. A mesure qu'une éclosion avait lieu,

⁽¹⁾ Nous avons préféré noter 3 fois par jour la pression atmosphérique, plutôt que de nous servir d'un baromètre enregistreur, les fluctuations minimes marquées par cet appareil, plusieurs fois dans la journée, constituant une entrave à nos observations.



Explication de la Planche 11

Ecéision des Lépidoptères en rapport avec une dépression barométrique.
Les lettres indiquent la date de l'éclosion et les chiffres à côté indiquent le nombre d'individus.

FIG. 2. — a. Escições de *Lastiampa quercus* 16 individus
 b. » *Dendrotilinus pini* 6 »
 c. » divers Eomycetides 25 »
 d. » divers Noctuelles 23 »
 e. » *Pseudeustrotia* 2 »

FIG. 2. — Erosions de *Lacistema diversus* 53 individuals

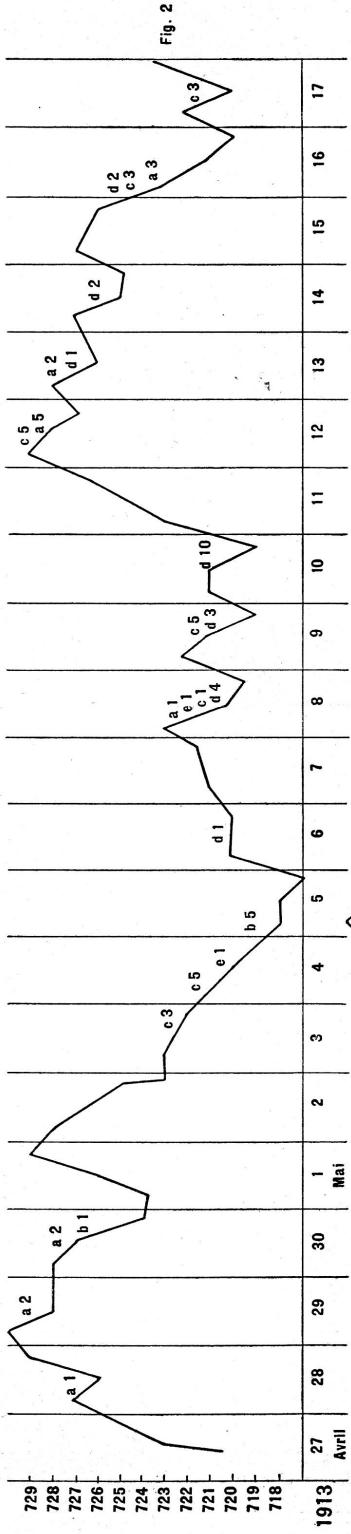


Fig. 2. — a. Enclosures of *Lasiocampa quercus* 16 individuals

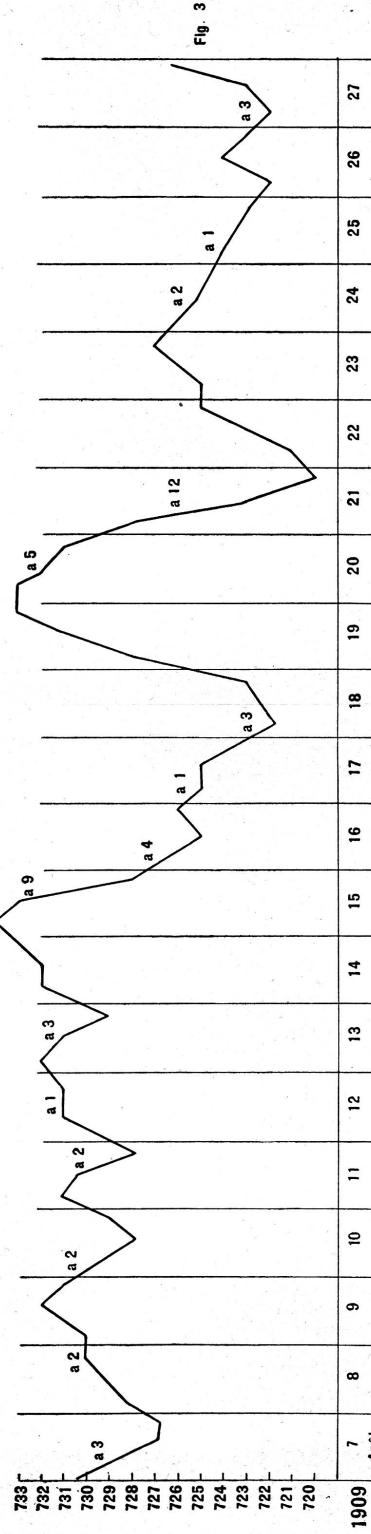


FIG. 2. — Eclipses de *Lacistema auricollis* 53 individus

nous la marquions sur la courbe même au moyen d'un numéro correspondant aux diverses espèces. La pression était notée le matin, à midi et le soir ; les éclosions étaient reportées sur la courbe aux mêmes heures, de telle sorte que chaque indication d'éclosion correspondait exactement avec la hauteur barométrique de l'instant où elle s'était produite. Nous donnons à titre d'exemple la reproduction de ces courbes pendant 3 périodes, en 1909 et en 1913 (Pl. II).

Durant ces 7 années, le nombre de jours où des observations ont été enregistrées est de 981.

Ces recherches se sont poursuivies avec un grand nombre d'espèces, appartenant à toutes les classes des Lépidoptères, sauf à celles des Microlépidoptères, aussi bien avec des individus de générations estivales qu'avec des chrysalides hivernantes ; parmi ces dernières, nous en avons eu passablement en chambre chauffée ; leur éclosion, bien que parfois prématurée, a quand même concordé avec une diminution de la pression atmosphérique, dans la même proportion que celles en milieu normal.

Les résultats de cette opération nous ont amené à constater que le 91,32 % des individus mis en observation sont éclos pendant que le baromètre baissait, les éclosions du surplus, excessivement restreint comme on le voit, s'étant effectuées par une hausse barométrique ou par une pression uniforme.

Le détail de ces 1758 observations se décompose comme suit :¹⁾

Espèce.	Eclosions par baisse barométrique	Eclosions par hausse ou pression uniforme	Rapport en %
Rhopalocères	168 indiv.	14 indiv.	92.25
Sphingides	14 »	0 »	100.00
Bombycides	91 »	6 »	93.82
<i>Lymantria dispar</i>	280 »	25 »	91.80
<i>Lasio. quercus</i>	381 »	34 »	91.81
<i>Das. pudibunda</i>	61 »	6 »	91.08
<i>Dendrolimus pini</i>	126 »	15 »	90.00
Noctuelles	280 »	29 »	90.62
Géomètres	41 »	6 »	88.00

¹⁾ A ces chiffres, il convient d'ajouter un certain nombre d'observations qui sont en rapport à la fois avec la température et la pression et qui seront relatées plus loin.

En examinant la longue série de nos courbes barométriques nous sommes amené à enregistrer encore quatre sortes d'observations :

I. *Le nombre des éclosions est à peu près nul lorsque le baromètre monte.* L'examen des courbes nous le montre au premier coup d'œil ; durant toute l'étendue de nos recherches pendant ces sept années, il ne s'échelonne, sur ces courbes, que de temps en temps une éclosion isolée lorsque le baromètre est en hausse ou en état stationnaire ; la proportion en est seulement de 8.68 %, ce qui est un chiffre excessivement restreint. Ainsi se trouvent confirmées nos expériences de pression uniforme, précédemment relatées.

II. *Le nombre des éclosions est en raison directe de l'intensité de la baisse barométrique.* L'examen des courbes nous le montre encore d'une façon saisissante ; les jours de grande dépression⁽¹⁾ ont amené parfois un nombre d'éclosions considérable ; nous notons par exemple les chiffres suivants :⁽²⁾

du 4 au 7 mai 1909 . . .	pression 730-718,	86 éclosions
du 28 juin au 2 juillet 1911	» 736-723,	43 »
du 13 au 15 mai 1912 . . .	» 728-718,	24 »
du 5 au 6 juin 1908 . . .	» 729-717,	24 »
du 21 au 24 avril 1910 . . .	» 733-719,	19 »

III. *Une diminution de la pression atmosphérique de un millimètre est suffisante pour provoquer l'éclosion d'un Papillon prêt à émerger.* Nous avons noté un très grand nombre de cas où une éclosion s'est produite par une baisse de 1 millimètre. Bien que la force correspondant à cette faible diminution de pression paraisse minime, il y a lieu de remarquer qu'elle est en réalité considérable par rapport au poids et à la taille d'une chrysalide.

¹⁾ On remarquera souvent qu'à une forte dépression ne correspond pas d'éclosion, ou n'en correspond que une ou deux ; cela provient qu'à ce moment nous n'avions pas en éleveuse de chrysalides ayant achevé leur développement, ou bien que nous n'en avions qu'une ou deux.

²⁾ Nous ne pouvons pas indiquer la proportion que ces chiffres représentent avec la quantité de chrysalides qui n'ont pas éclos avec les dépressions indiquées, cas, parmi ceux ci, il faudrait tenir compte de celles dont le développement n'est pas achevé.

Pour nous en convaincre nous avons établi le calcul suivant avec des chrysalides de *Pieris brassicæ* :

Surface totale d'une chrysalide . . .	156 mm ² (1)
Poids d'une chrysalide	0 gr. 40
Densité du mercure	13.59

En conséquence, 1 mm de pression barométrique se répartissant sur 156 mm² de surface, équivaut à un poids de mercure de 2,12 gr. pour une chrysalide en pesant 0,40, c'est-à-dire à 5,3 fois le poids total de cette dernière. Autrement dit, lorsqu'une chrysalide se trouve soumise à une diminution de pression de 1 mm, elle est astreinte à une force bien suffisante pour provoquer la déhiscence de ses fourreaux.

IV. *Lorsqu'une chrysalide est sur le point d'éclore alors que le baromètre monte, l'éclosion se trouve retardée jusqu'au jour où la pression baisse de nouveau.* Cette baisse peut se présenter le lendemain, comme elle peut avoir lieu plusieurs jours après, 4 à 5, ainsi que nous l'avons observé à plusieurs reprises. Nous donnons ici les courbes de deux de ces cas qui sont particulièrement probants.

Nous voyons dans le premier cas (fig. 1) que le 12 juillet au matin les caractères précurseurs de l'éclosion sont marqués à leur maximum d'intensité, c'est-à-dire qu'en temps normal, d'après ce que nous savons, l'éclosion aurait dû avoir lieu le lendemain au plus tard ; mais durant les trois jours qui suivent, le baromètre monte de 646 à 652 (2), et le Papillon reste dans sa chrysalide. Quatre jours après survient une forte dépression qu'indique le baromètre en descendant à 644 et qui provoque l'éclosion avec un retard d'au moins trois jours.

Dans le second cas (fig. 2), l'observation a été faite conjointement avec trois individus de *Pieris brassicæ* ; comme dans l'exemple précédent, une augmentation de la pression atmosphérique survient au moment où les trois chrysalides sont prêtes à éclore,

¹⁾ Nous avons pu calculer assez exactement la surface totale d'une chrysalide de *Pieris brassicæ* ; celle-ci, d'après sa forme, peut en effet se décomposer en deux tétraèdres juxtaposés par leur base et formant 6 surfaces triangulaires extérieures, facilement mesurables.

²⁾ Cette observation a été faite à Louèche-les-Bains.

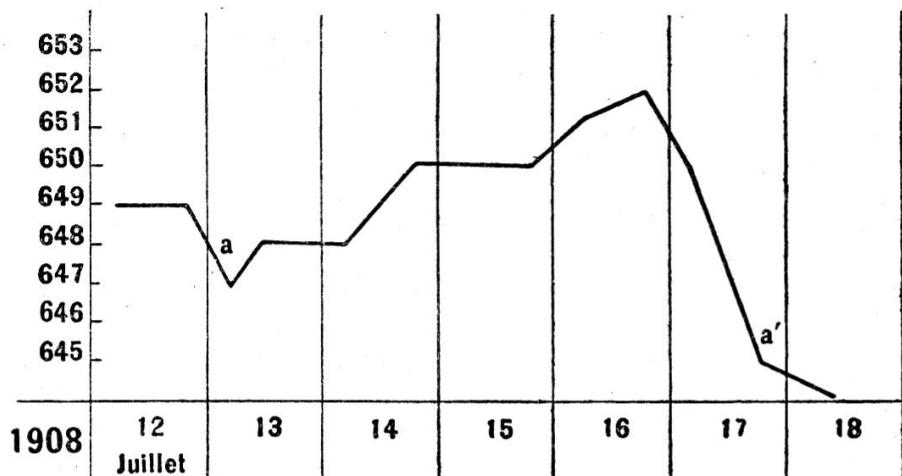


FIG. 1. — Eclosion d'un *Papilio machaon* en rapport avec la pression barométrique, à Louèche-les-Bains. — a, époque d'apparition des caractères précurseurs de l'éclosion; a', époque d'éclosion du Papillon.

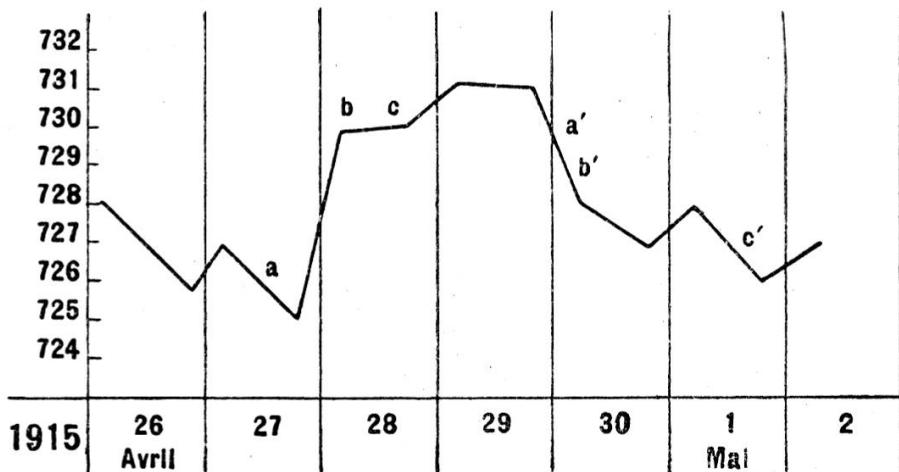


FIG. 2. — Eclosion de trois individus de *Pieris brassicæ* en rapport avec la pression barométrique, à Genève. — a, b, c, époque d'apparition des caractères précurseurs de l'éclosion; a', b', c', époque d'éclosion de chaque individu.

ce qui est indiqué par l'état de netteté absolue des caractères précurseurs. Cette augmentation de pression prolonge, jusqu'au moment de la dépression suivante, la durée de la nymphose d'au moins un jour pour deux des sujets, et de deux jours pour le troisième.

Des observations de ce genre ne sont absolument pas isolées ; au cours de nos recherches, nous en avons enregistré plusieurs dizaines qui concordent avec les deux dont nous venons de parler en détail. Voici encore quelques données à ce sujet :

Espèce	Nombre d'indiv.	Pression à la fin de la nymphose	Durée de la pression	Dépress. ayant amené l'éclos.	Date
<i>Vanessa urticæ</i>	7	728-730	4 jours	730-723	juin 1914
<i>Lasio. quercus</i>	3	730-735	5 >	732-728	août 1911
id.	2	727-729	4 >	729-725	août 1911
id.	1	727-728	8 >	728-724	sept. 1911
<i>Lymantria dispar</i>	9	728-732	3 >	732-722	juill. 1910
<i>Dendrolimus pini</i>	10	726-733	4 >	733-725	mai 1912

En conséquence, ces observations confirment pleinement les résultats de nos expériences relatées plus haut.

L'influence d'une pression et d'une dépression consécutives peut amener une prolongation parfois très grande de la durée de la nymphose de quelques-uns seulement des individus d'une même ponte, tandis que la vie nymphale des autres n'est pas modifiée dans sa longueur. Ainsi les chenilles d'une même ponte de *Notodonta ziczac* se sont chrysalidées à la même époque, le 15 septembre 1916 ; nous conservons 23 chrysalides qui sont maintenues dehors durant tout l'hiver⁽¹⁾. Les éclosions ont lieu au printemps suivant, *en trois séries bien distinctes qui correspondent chacune avec une forte dépression* ; dix éclosent du 1 au 4 mai par une chute barométrique de 730 à 725 mill., six le 29 mai par 732 à 728, et sept le 8 juin par 728 à 717. Entre chacune de ces séries la pression atmosphérique était restée assez uniforme.

Une accélération de la nymphose peut également se produire. En voici un exemple : A partir du 29 août 1914, des chrysalides

¹⁾ L'espèce passe normalement l'hiver à l'état de chrysalide.

d'hiver de *Pieris rapae* sont élevées dans une température de 17°. Leur éclosion, d'après nos recherches comparatives, est prévue pour le mois de février ; pour deux individus elle a lieu le 28 décembre à la suite d'une dépression de 736 à 726 mill.

Eclosions à la montagne.

Nous pouvons ajouter à ces recherches d'autres observations qui en confirment les résultats.

Il nous est arrivé plusieurs fois de partir pour la montagne avant la fin de diverses expériences. Pour ne pas interrompre celles-ci, nous prenions avec nous notre matériel d'expérimentation. Or, à mesure que nous nous élevions en altitude, c'est-à-dire à mesure que la pression atmosphérique devenait moindre, celles des chrysalides que nous emportions et qui se trouvaient prêtes à éclore, donnaient naissance à leur Papillon en cours de route. Nous avons vu de cette façon éclore des *Vanessa antiopa*, *atalanta*, *io* et *urticae*, des *Pieris rapae* et *brassicae*, des *Papilio machaon*, des *Lasiocampa quercus*, des *Lymantria dispar* et d'autres encore.

Celles de nos chrysalides qui ne sont pas écloses en chemin, sont élevées à la montagne ; elles terminent par conséquent leur développement sous une pression bien moins forte que dans la plaine, où leur ontogénie avait débuté. Nous constatons alors une notable accélération de leur éclosion, avec des avances, variant suivant les espèces, de 2 à 6 jours sur le temps moyen constaté en plaine.

Inversément, il nous est arrivé de revenir à Genève avec des chrysalides, principalement de *Vanessa urticae*, que nous avions élevées, depuis la chenille, à la montagne. L'augmentation de pression résultant du retour en plaine s'est manifestée par une prolongation de la nymphose de 1 à 2 jours sur le temps moyen observé en montagne.

5. Expériences de diminution brusque de pression.

Ayant constaté, d'une part, qu'une chrysalide est entravée dans son éclosion, jusqu'à en périr parfois, lorsqu'elle est soumise à l'action d'une pression uniforme ou ascendante, que la durée de son développement se trouve prolongée, par une

hausse du baromètre survenant à l'époque de sa maturation, jusqu'au moment où cet appareil baisse de nouveau ; ayant constaté d'autre part que les chrysalides, dans une proportion de 91,32 %, n'éclosent que par une dépression atmosphérique, il nous reste à rechercher maintenant quelles sont les causes de ces phénomènes.

Pour cela, nous avons entrepris une nouvelle série d'expériences, dont nous donnons les résultats.

Nous plaçons d'abord dans le cristallisoir, lequel est en communication avec une pompe à vide et contient un baromètre anéroïde, une chrysalide de *Papilio machaon*, dont les caractères précurseurs de l'éclosion sont marqués avec leur maximum de netteté. Après avoir clos hermétiquement l'appareil, d'un coup de piston nous abaissons subitement, au sein du cristallisoir, la pression de 7 mm et nous constatons que dès l'instant où cet abaissement a lieu, la déhiscence des fourreaux se produit, amenant comme un éclatement de la partie antérieure de la chrysalide, d'où sort le Papillon avec rapidité ; l'insecte, hâtivement, se précipite alors vers un support, s'y fixe par ses pattes, et ses ailes se détendent normalement⁽¹⁾.

A la suite de cette première expérience, qui montre nettement le mécanisme qui intervient, par le fait d'une brusque diminution de la pression ambiante, pour provoquer la déhiscence des fourreaux de la chrysalide et la libération de son hôte, nous en avons entrepris d'autres, dont voici le détail :

Espèce	Date	Etat des caractères précurseurs de l'éclosion au moment de l'expér.	Diminution de pression	Eclosion
<i>Papilio machaon</i>	23 déc. 1913	très marqués	728 - 721	immédiate
id.	8 janv. 1914	» »	650 - 580	»
<i>Vanessa io</i>	5 sept. 1914	apparents	730 - 710	au bout de 2 minutes
id.	5 sept. 1914	peu appar.	deux fois 730-710	» 5 »
id.	6 sept. 1914	» »	730 - 715	» 15 »
id.	10 sept. 1914	très appar.	deux fois 730-710	» 5 »
<i>Vanessa urticae</i>	28 août 1914	assez appar.	730 - 690	» 15 »
id.	27 août 1914	peu marqués	730 - 690	» 2 heures
<i>Pieris rapae</i>	20 août 1914	très peu mar.	728 - 710	» 20 »
id.	21 août 1914	» »	728 - 710	» 20 »

⁽¹⁾ Cette expérience a été répétée deux fois, avec le même succès, devant témoins.

L'influence d'une diminution brusque de la pression atmosphérique est donc manifeste pour provoquer l'éclosion rapide du Papillon.

On remarquera, d'après les données qui précédent, que lorsque le Papillon n'est pas encore tout à fait près d'émerger, il faut attendre un temps plus long pour que son éclosion se produise ; parfois, il est nécessaire, pour provoquer la déhiscence des fourreaux des chrysalides qui ne sont pas à maturité complète, de les soumettre deux fois à l'action de la brusque diminution de pression ; de cette façon on atteint le même résultat qui s'obtient en une seule fois avec des individus mûrs pour l'éclosion.

6. *Expériences d'augmentation de pression.*

Au cristallisoir, nous remplaçons la pompe à vide par une pompe à bicyclette et nous augmentons la pression en introduisant un supplément d'air dans l'appareil. Les éclosions des chrysalides, des *Vanessa io* et *urticae*, qui ont été soumises à cette série d'expériences se sont faites de la façon suivante : pour un tiers environ, l'éclosion est normale ; pour un autre tiers, la chrysalide s'ouvre un peu, mais insuffisamment pour que le Papillon puisse en sortir ; dans ce cas, l'animal, après avoir essayé de pousser au dehors ses pattes et ses antennes, meurt quelque temps après dans son enveloppe nymphale. Quant au troisième tiers, l'éclosion n'arrive absolument pas à se faire, malgré un essai manifeste du Papillon, qui contorsionne son abdomen ; la mort, également, est le seul résultat obtenu.

De même que dans nos expériences de pression uniforme (p. 428), nous avons tenu à nous rendre compte si les chrysalides qui n'ont pu éclore auraient été viables en milieu normal. Pour cela, nous en avons écarté les fourreaux thoraciques, et nous avons sorti le Papillon de sa chrysalide ; celui-ci, une fois qu'il eut été suspendu à un support, développa normalement ses ailes⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Lorsque le Papillon a dépassé, dans sa chrysalide, le temps maximum qu'il peut y rester étant tout formé, il ne peut se retenir d'y émettre la sécrétion urinaire accumulée pendant l'état nymphal, et qu'il émet d'ordinaire immédiatement après son éclosion. Cette sécrétion urinaire envahit alors les anneaux abdominaux de la chrysalide et provoque l'asphyxie du Papillon, en empêchant le fonctionnement des stigmates.

Ainsi, une augmentation de pression agissant au moment de l'éclosion tend à empêcher celle-ci de se produire.

Les recherches et les expériences qui viennent d'être énoncées montrent nettement que la pression atmosphérique a une influence marquée sur le développement nymphal des Lépidoptères et sur l'éclosion des Papillons. Mais, avant de tirer de ces documents les conclusions qu'il convient, nous devons rechercher encore si, parmi les facteurs de l'ambiance, il n'en est pas un autre qui, indépendamment des variations d'épaisseur de la couche d'air, pourrait jouer le même rôle.

On admettait autrefois que l'éclosion du Papillon se produisait par une augmentation du volume de celui-ci, un peu avant d'éclore, qui faisait sauter les lignes de suture des fourreaux thoraciques ; on pensait que cette augmentation de volume était produite par le fait que l'animal, en aspirant violemment de l'air, se gonflait et arrivait de cette façon au but recherché.

D'autres phénomènes du reste peuvent produire une augmentation du volume d'un Papillon, sans que celui-ci soit obligé d'aspirer une certaine dose d'air. Ainsi, l'humidité ambiante, en imprégnant les tissus, serait capable de jouer le même rôle. Cependant, Bataillon⁽¹⁾ a montré que la métamorphose s'accompagne toujours d'une diminution de poids provenant d'une perte d'eau ; en sorte que l'humidité ne semble pas devoir être considérée comme pouvant provoquer l'augmentation de volume nécessaire.

Il nous semble que l'élévation de la température, en provoquant une dilatation des liquides sanguins et de l'eau du corps, serait plus susceptible de jouer le rôle d'augmentation de volume. On sait, en effet, que non seulement la chaleur est nécessaire au développement nymphal, mais que les éclosions sont particulièrement abondantes lorsque la température s'élève.

C'est pourquoi, avant de conclure définitivement à l'action de la baisse barométrique comme mécanisme provoquant l'éclosion, nous avons tenu à entreprendre une nouvelle série d'expériences, où l'élévation et l'abaissement de la température ont été étudiés en concordance avec la pression atmosphérique.

¹⁾ Voir : F. PICARD, Feuille. J. Nat. 1908. 35^e année p. 186-187.

III. — LE RÔLE DE LA TEMPÉRATURE EN RELATION AVEC CELUI DE LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

Non seulement, ainsi que nous l'avons vu au commencement de ce travail, l'élévation de la température exerce une influence accélératrice sur le développement nymphal des Lépidoptères, mais on sait que plusieurs d'entre eux n'éclosent qu'au milieu de la journée. Une augmentation de chaleur serait donc parfaitement justifiée pour provoquer une dilatation des tissus et des liquides sanguins, l'augmentation de volume qui en résulte-rait pouvant amener la déhiscence des fourreaux de la chrysalide.

Cependant, on doit remarquer que certaines espèces éclosent pendant la nuit et que passablement de Papillons, surtout parmi les Rhopalocères, sortent de leur chrysalide à n'importe quelle époque du jour ou de la nuit; dans les Alpes il est fréquent d'en voir éclore au lever du soleil, par la fraîcheur, et tous ceux du genre *Hibernia* apparaissent à l'état d'insecte parfait pendant les mois d'hiver. D'autre part, nos expériences ont montré que des éclosions, même de sujets appartenant à une génération estivale, se font parfaitement par des froids excessifs.

En sorte que si l'élévation de la température peut exercer une influence, celle-ci n'est pas générale et il importe d'en rechercher exactement la portée. C'est pourquoi nous avons tenu à poursuivre nos recherches.

Les nouvelles expériences que nous avons entreprises pour cela, au nombre de 8 séries, comprenant 390 individus appartenant à 5 espèces, ont consisté à diviser les chrysalides provenant d'une même ponte, c'est-à-dire ayant la même somme d'influences héréditaires, en un certain nombre de lots, soumis chacun à l'action d'une température variant de 6 à 37°. Chaque lot s'est trouvé en conséquence dans des conditions de chaleur différentes qui ont amené une accélération ou un ralentissement de leur développement, *avec époque d'éclosion spéciale à chaque lot*. Au moment où elles se produisent, les éclosions sont comparées avec la courbe barométrique.

Nous donnons, au tableau ci-contre, le détail des principales séries ; dans leur ensemble, ces nouvelles expériences ont comporté :

Pour <i>Vanessa urticae</i>	195	éclosions
<i>Vanessa io</i>	16	"
<i>Pieris rapae</i>	36	"
<i>Pieris brassicae</i>	56	"
<i>Mamestra brassicae</i>	87	"
Ensemble	390	"

Or, si l'on examine le tableau de la p. 444, ainsi que les fig. 3 et 4 données à titre d'exemple et reproduisant les courbes de deux

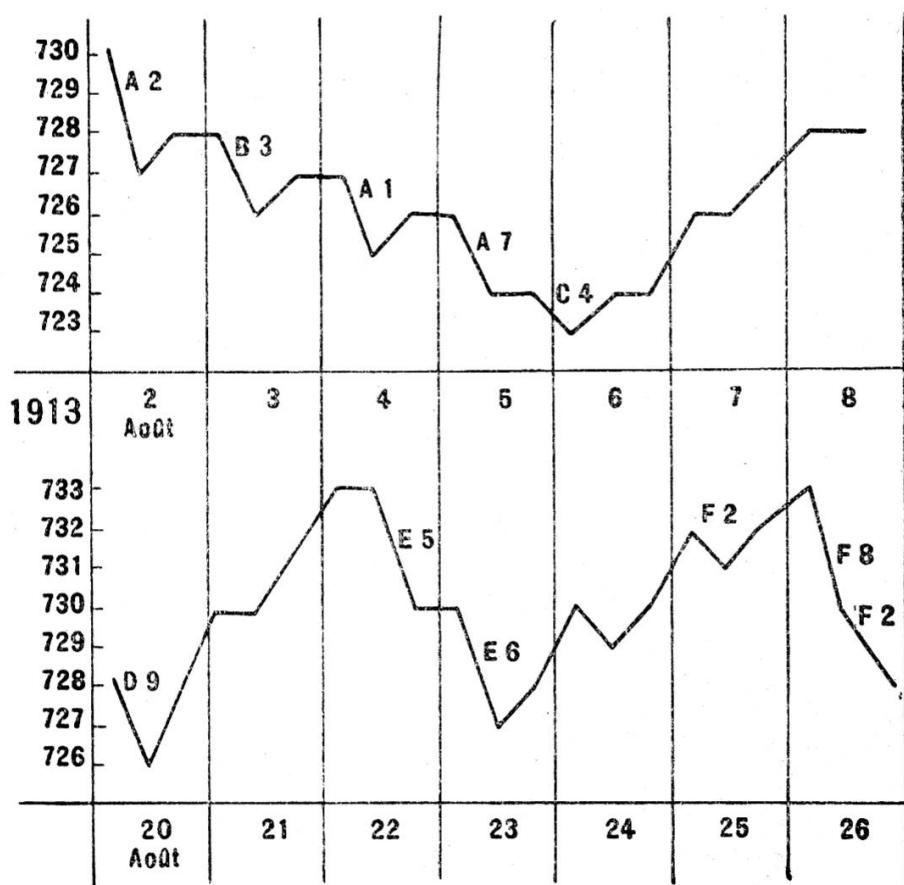


FIG. 3. — Développement nymphal de *Vanessa urticae* en rapport avec la température et la pression barométrique. (Les majuscules indiquent la date d'éclosion et le chiffre à côté indique le nombre d'individus). Lots A à F, nymphose dans diverses températures, de 6 à 28°.

Espèce	Lot	Température durant la nymphose	Dur. de la nymphose en jours	Nom. d'individus	Dates des éclosions	Dépression au moment de l'éclosion
<i>Vanessa urticae</i>	1	25° normal	8	9	22-28 juil. 1913	730-725
	2	28° »	7	11	2-5 août »	729-723
	3	5 jrs à 6-10°	17	12	14-15 août »	730-727
	4	13 jrs à 6-10°	21	14	19-20 août »	728-726
	5	18 jrs à 6-10°	26	17	25-26 août »	734-730
	6	37°, hum. 90%	5	5	18-19 juil. »	732-729
	7	21° normal	11	12	20-25 juil. »	730-725
	8	10 jrs à 6-10°	24	18	2-3 août »	729-726
	9	34°, hum. 95%	6	19	22-23 sep. 1914	732-731
	10	31°, sec 40%	7	6	25 sept. »	734-731
	11	22°, id.	15	15	1-2 octob. »	735-732
	12	18°, id.	24	14	11-14 oct. »	729-726
	13	13-18° h. 90%	30	8	16-17 oct. »	730-725
	14	12-15° dehors	19	8	23-25 sep. »	732-730
	15	16-17°, h. 90%	13	4	20-23 sep. »	728-726, 732-730
	16	14-16° id.	15	6	27-29 sep. »	735-731
<i>Van. io</i>	1	30°	7	8	1-3 sept. 1914	733-732
	2	22°	10	6	1-6 sept. »	730-728, 732-730
	3	15-17°	15	9	10-11 sep. »	732-728
<i>Pieris rapae</i>	1	35°, hum. 90%	6	9	19-24 avril 1914	724-722, 728-726, 732-730
	2	30°, sec 40%	7	7	26 août-4 sept.	731-729, 734-730
	3	22-24° id.	9	10	25 août-8 sept.	732-730, 733-729
	4	19°, hum. 90%	11	6	10-11 sept.	732-728
	5	27-30°, id.	7	4	13 sept.-1 oct.	730-727, 734-731, 735-732
<i>Pier. bras.</i>	1	partiel. 28°	204	13	29 av.-4 mai 1915	731-726
	2	15-16°	215	8	3-8 mai »	728-726, 729-726
	3	dehors et 20°	220	16	8-13 mai »	727-723, 724-723
	4	dehors	232	16	10-17 mai »	727-723, 731-720
<i>Mamestra br.</i>	1	26-27°	148	14	25 mars-16 avril 1915	735-720, 731-730, 73-3730
	2	20-22°	170	6	16-17 avril »	733-727
	3	dehors	207	28	15-23 avril »	731-720, 729-725
	4	partiel. 40°	175	7	18-21 avril »	728-725
	5	nuits dehors et jrs 36°	199	33	15-17 mai »	731-721

de ces séries, on remarque que la *totalité des éclosions s'est effectuée par une baisse barométrique*, tandis que, sur les 1728 éclosions observées *dans le milieu normal* et relatées au chapitre précédent, le 91,32 % seulement a eu lieu par une dépression atmosphérique.

On remarquera encore que les chrysalides ayant servi à ces nouvelles recherches n'ont pas seulement été soumises à une élévation de la température ; certains lots ont subi une diminution de chaleur, d'autres une alternance diurne et nocturne de froid et de chaud ; en outre, certaines chrysalides évoluaient dans un milieu humide, d'autres dans un milieu sec. Quoi qu'il en soit, chaque lot de chrysalides a été modifié dans la durée de la nymphose, et chaque lot a eu ses époques d'apparition spéciales. Malgré cela, *une dépression atmosphérique est quand même nécessaire pour provoquer la déhiscence des fourreaux*.

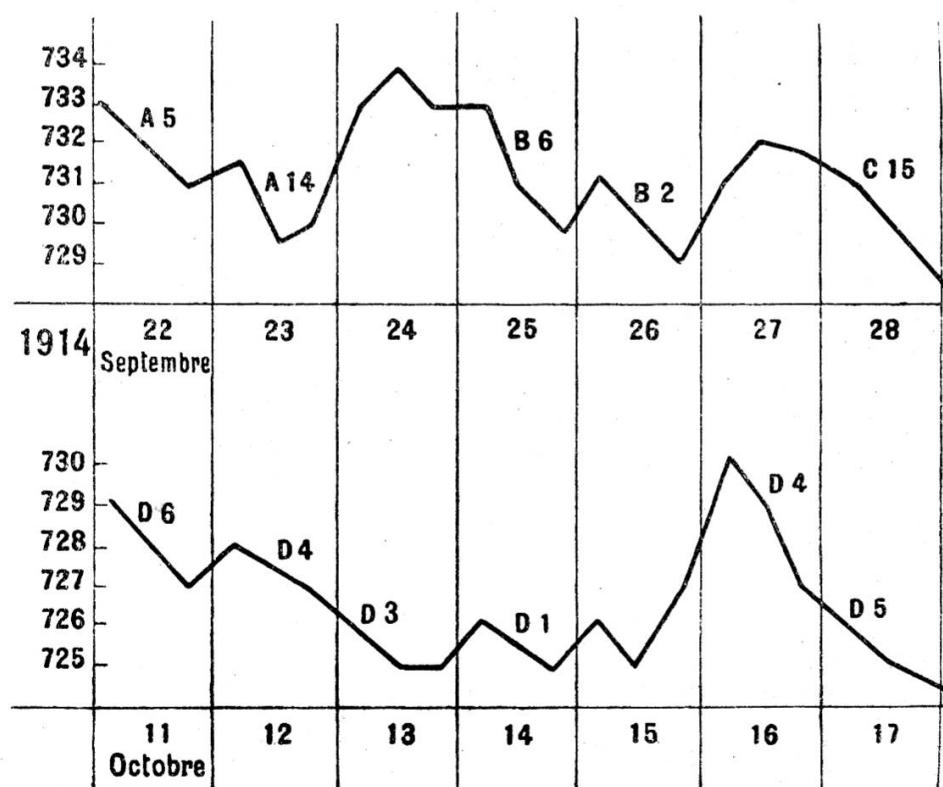


FIG. 4. — Développement nymphal de *Vanessa io* en rapport avec la température et la pression barométrique. (Les majuscules indiquent la date d'éclosion et le chiffre à côté indique le nombre d'individus).
Lot A, nymphose dans 31° ; lot B, dans 22° ; lot C, dans 20° ; lot D, dans 13 à 18°.

IV. — CONCLUSIONS

La nymphose des Lépidoptères, qui débute avec la dernière mue larvaire, se poursuit jusqu'au moment où la déhiscence des fourreaux thoraciques, provoquant l'ouverture de la chrysalide, livre passage au Papillon tout développé.

L'époque de l'éclosion est du reste indiquée quelque temps à l'avance par l'apparition, sur les téguments de la chrysalide, de certains *caractères précurseurs* dont les principaux consistent dans une dilatation des anneaux abdominaux et dans le fait que, chez les Rhopalocères notamment, les dessins et les couleurs des ailes, apparaissant sous les ptérothèques, s'y voient par transparence. A mesure que l'éclosion approche, ces caractères prennent une netteté plus grande, en sorte que, avec un peu d'habitude, il est toujours possible de déterminer le moment où le Papillon sortira de sa dépouille nymphale.

D'autre part, la durée de la nymphose varie dans une large mesure suivant les individus d'une même espèce. Indépendamment des conditions atmosphériques ambiantes, qui, comme on l'a vu, exercent, suivant leur degré d'intensité, une influence accélératrice ou retardatrice sur le développement, la vie nymphale peut se trouver, d'un individu à l'autre, prolongée ou accélérée, dans des conditions qui sont absolument semblables pour toutes les chrysalides. C'est ainsi qu'en considérant un lot de chrysalides sœurs, formées le même jour et maintenues durant toute leur vie dans les mêmes conditions de milieu, on constate constamment que les unes éclosent avec une avance de un, deux ou trois jours, quelque fois davantage, sur les autres. Nous avons donné, p. 423, quelques indications à ce sujet.

Ces variations de durée de la vie nymphale ne se présentent pas seulement dans les laboratoires, où leur observation est aisée, mais on peut les constater également à l'état naturel, où chaque espèce vole à une époque à peu près déterminée de l'année, en sorte que les individus de cette espèce se remarquent dans les prairies en même temps. Cependant, la date de vol de la majorité est toujours précédée ou suivie de l'apparition de

quelques individus isolés ; puisque s'étant développés dans la même localité et en même temps que la majorité, et ayant subi les mêmes influences du milieu qu'elle, ces individus isolés accusent en conséquence une accélération ou un ralentissement de leur nymphose. On trouvera, p. 422, quelques données, enregistrées tant à l'état naturel qu'en laboratoire, qui mettent bien en évidence ces avances et ces retards individuels.

D'autre part, la durée d'apparition des caractères précurseurs de l'éclosion, depuis le moment où ils se forment jusqu'au moment où le Papillon émerge de sa chrysalide, est elle-même soumise à une certaine variation, parmi les individus d'une même ponte ; pour quelques-uns, par exemple, la déhiscence des fourreaux se fera déjà le lendemain du jour d'apparition de ces caractères, tandis que pour d'autres, elle n'aura lieu que deux, trois ou même quatre jours après. Nous voyons par là que la durée de la chrysalide peut encore se prolonger passablement depuis le moment où le Papillon est tout formé, prêt à éclore, jusqu'à celui où il en sort effectivement ; dans bien des cas l'insecte attend avant d'éclore, et cette attente peut durer quelque temps. Et même il arrive que l'on constate souvent que le Papillon n'arrive pas à éclore et qu'il pérît dans la chrysalide faute de n'avoir pu en sortir. Nous renvoyons à la p. 426 pour le détail de plusieurs observations relatives à ce sujet.

C'est en recherchant les causes de ces irrégularités que nous avons été amené à conclure que, parmi les facteurs de l'ambiance qui agissent sur l'ontogénie des Lépidoptères, *les variations de la pression atmosphérique* exercent une influence marquée, que nous avons étudiée longuement de 1907 à maintenant, non seulement au moyen d'expériences pratiquées avec un grand nombre d'individus, mais encore par une série considérable d'observations. Ces recherches, dont nous venons de publier les résultats, fournissent, en résumé, les données suivantes :

1. *L'action d'une pression atmosphérique uniforme sur la chrysalide, pendant la durée complète de son développement, ou bien seulement pendant la seconde moitié de celui-ci, prolonge la nymphose et tend à entraver l'éclosion du Papillon.* Lorsque la nymphose se trouve prolongée au delà d'une certaine limite, l'animal meurt dans sa chrysalide (p. 428 et 429).

2. *L'action d'une pression atmosphérique uniforme à la fin de la nymphose provoque une prolongation de la durée d'apparition des caractères précurseurs de l'éclosion autrement dit, une prolongation de la vie du Papillon, tout formé, dans sa chrysalide.* Cette prolongation peut atteindre le $\frac{1}{10}$ et le $\frac{1}{5}$ de la durée totale de la nymphose. De même que précédemment, il peut se faire que le Papillon meure avant d'éclore du fait de cette prolongation (p. 429 et 430).

3. *Une diminution de pression, agissant pendant toute la nymphose, ou bien seulement à la fin de celle-ci, en raccourcit notablement la durée* (p. 431).

Les expériences qui ont fourni ces résultats ont été confirmées par toute la série des observations que nous avons relatée p. 432 à 439, et qui nous a amené à conclure que, à l'état naturel l'éclosion des Papillons n'a lieu, dans l'immense majorité des cas, que par une dépression atmosphérique. En effet, sur 1758 éclosions que nous avons enregistrées et que nous avons comparées avec la courbe barométrique, le 91,32 % s'est produit par une diminution de la pression de l'atmosphère, et le reste, excessivement restreint, comme on le voit, par une pression uniforme ou par une hausse du baromètre (voir Pl. II).

De l'examen des courbes barométriques, sur lesquelles nous avons reporté, jour après jour, la date de chaque éclosion, nous concluons encore :

4. *Le nombre des éclosions est à peu près nul, lorsque le baromètre monte.* C'est à peine si, pendant les 7 années qu'ont duré ces observations, il s'échelonne de temps en temps, une éclosion sur une partie de la courbe ascendante.

5. *Le nombre des éclosions est en raison directe de l'intensité de la baisse barométrique.* C'est-à-dire que les jours de grande dépression ont amené des éclosions en quantité souvent énorme (p. 434).

6. *Une diminution de la pression atmosphérique de 1 mm est suffisante pour provoquer l'éclosion de tout Papillon prêt à émerger.* Nous avons calculé (voir p. 435) que le poids d'une couche de mercure de 1 mm d'épaisseur réparti sur toute la surface d'une chrysalide équivaut à 5,3 fois le poids de celle-ci; c'est en conséquence une force suffisante pour provoquer la déhiscence des fourreaux.

7. *Lorsqu'une chrysalide est sur le point d'éclore alors que le baromètre monte, l'éclosion se trouve retardée jusqu'au jour où la pression baisse de nouveau.* (Voir fig. 1 et 2). Cette série d'observations montre nettement à quel point une dépression atmosphérique peut intervenir dans la durée du développement nymphal. Voici des chrysalides, chez lesquelles les caractères précurseurs de l'éclosion sont marqués avec leur maximum de netteté, et qui sont prêtes à éclore dans les quelques heures qui suivent ; mais la pression atmosphérique augmentant à ce moment, le Papillon reste dans sa chrysalide ; le baromètre monte pendant deux, trois, et même quatre jours, et l'éclosion ne se fait toujours pas ; il faut que la baisse survienne pour que la chrysalide s'ouvre et livre son hôte à la liberté. Ainsi s'explique cette *attente*, souvent constatée, qu'observe parfois le Papillon, bien qu'apte à éclore, avant de sortir de son enveloppe nymphale (p. 435).

Comme on le voit, ces observations confirment pleinement nos expériences ; les unes et les autres expliquent tous les cas que nous avons signalés au cours de ce travail, et démontrent que la pression atmosphérique intervient efficacement dans le développement nymphal des Lépidoptères, soit, lorsqu'elle baisse, pour en raccourcir la durée et provoquer la déhiscence des fourreaux nécessaire à l'éclosion, soit au contraire, lorsqu'elle reste stationnaire ou lorsqu'elle monte, pour prolonger la vie à l'état de chrysalide, et pour entraver l'éclosion du Papillon.

Du reste, il suffit de se rendre de la plaine à la montagne en emportant avec soi des chrysalides, ainsi que nous l'avons fait plusieurs fois, pour se convaincre encore de l'action de la pression atmosphérique ; la diminution de pression résultant de l'élévation en altitude amène plusieurs des chrysalides à éclore en cours de route ; et inversément, la descente en plaine avec des individus de la montagne tarde, du fait de l'augmentation de pression qui résulte de la descente, l'éclosion de la plupart d'entre elles (p. 438).

Maintenant, recherchons quel est le mécanisme qui intervient pour provoquer la déhiscence des fourreaux sous l'effet d'une diminution de pression.

Pour arriver à élucider ce problème, nous soumettons un certain nombre de chrysalides, qui sont sur le point d'éclore, et cela au moyen du dispositif que nous avons décrit p. 430, à une diminution brusque de pression, de 7 à 10 mm et nous constatons que, dès l'instant où cette brusque diminution a lieu, la déhiscence des fourreaux se produit, amenant l'ouverture immédiate de la partie antérieure de la chrysalide, d'où le Papillon sort avec rapidité.

D'autre part, nous soumettons un autre lot de chrysalides à l'action d'une augmentation de pression et nous constatons que si, pour un tiers, l'éclosion peut se faire normalement, pour les deux autres tiers elle ne peut avoir lieu et que le Papillon, malgré les efforts faits pour éclore, meurt dans sa chrysalide.

Il résulte en conséquence de ce qui précède que le Papillon, bien que tout formé dans sa chrysalide, n'a pas par lui-même le moyen d'en sortir ; pour cela une action mécanique est nécessaire et cette action réside dans une diminution de la pression atmosphérique survenant au moment propice ; ces Insectes doivent donc attendre qu'une baisse, qui ne tarde jamais beaucoup d'ailleurs, se présente pour provoquer leur libération.

Ainsi s'explique le mécanisme dont nous recherchons les effets ; il n'est pas difficile à comprendre :

Au cours du développement, et notamment à la fin de la nymphose, il s'établit un équilibre entre l'intérieur de la chrysalide et l'atmosphère ambiante. Le baromètre venant à monter, ce qui indique une augmentation de l'épaisseur de la couche d'air et par conséquent une augmentation du poids agissant sur la chrysalide, il se forme une pression *du dehors au dedans*, capable de retenir les fourreaux contre le corps de l'animal, en appuyant sur ceux-ci de façon à les empêcher de s'ouvrir. Cela est prouvé par nos expériences d'augmentation de pression, de même que par celles de nos observations où nous avons constaté qu'un excessivement petit nombre de chrysalides éclosent par une hausse barométrique.

Au contraire, la colonne de mercure venant à baisser, c'est-à-dire l'épaisseur de la couche d'air diminuant, de même que le poids qu'elle représente, il se forme une pression *du dedans au dehors*, laquelle fait sauter les lignes de déhiscence de la chry-

salide et libère le Papillon. C'est, en quelque sorte, le même principe qui, chez l'homme, produit un afflux du sang aux orifices de son corps, lorsqu'il monte à une altitude trop élevée.

Ce mécanisme est mis en évidence d'une façon absolue par les recherches qui viennent d'être publiées ; les expériences de diminution brusque de pression ne laissent notamment aucun doute sur *l'action d'une dépression comme nécessaire à l'éclosion des chrysalides*.

Nous devons maintenant chercher à expliquer pourquoi, dans nos observations, nous avons constaté qu'il y a le 8,68 % des éclosions qui échappent à la règle générale et qui se font par une élévation de la pression atmosphérique, ou par une pression uniforme.

Tout d'abord, il faut tenir compte du défaut d'observation pendant la nuit ; il a pu en effet se présenter quelques cas où une dépression nocturne ait passé inaperçue. Cependant, nous pouvons démontrer que la cause qui a produit ces quelques éclosions en dehors de la règle générale est tout autre.

Au chapitre III, nous avons envisagé qu'une augmentation de volume du corps du Papillon, au moment de l'éclosion, peut faire sauter les fourreaux de la chrysalide et jouer le même rôle que celui joué par une diminution de la pression ambiante. Cette augmentation de volume peut être, en effet, produite par la dilatation des liquides sanguins et des tissus provenant d'une élévation de température au moment de la maturation de la chrysalide.

C'est pourquoi nous avons entrepris une nouvelle série d'expériences où l'élévation de la température était étudiée en corrélation avec la baisse barométrique et nous avons constaté qu'alors *la totalité des éclosions a lieu par une dépression* (p. 442).

D'autre part, si nous jetons un coup d'œil à la longue série de nos courbes, aux jours où des éclosions se sont produites, exceptionnellement, par une pression atmosphérique uniforme ou par une augmentation de pression, *nous constatons que chaque fois la température s'est élevée au moment de ces éclosions*.

Dès lors apparaît comme absolument prouvé le *mécanisme* qui provoque l'éclosion des Papillons ; une dépression, même minime, est absolument nécessaire ; l'insecte n'éclôt que lors-

qu'elle se produit et ne peut éclore sans elle ; à l'état naturel une diminution de la pression atmosphérique survient toujours au bout de quelques jours, sinon chaque jour, en sorte que l'animal n'aura jamais à attendre trop longtemps pour que l'état de l'atmosphère vienne le libérer. D'ailleurs, dans les cas de stabilité ou de hausse barométrique trop prolongée, le Papillon, ainsi que nous l'avons constaté, meurt dans sa chrysalide faute de pouvoir émerger ; ce cas peut à la rigueur se produire à l'état naturel.

Cependant, un second mécanisme vient compléter parfois, bien qu'accidentellement, le premier et peut le remplacer lorsque celui-ci fait défaut. Ce second mécanisme réside dans une élévation de la température survenant au moment de la maturation nymphale.

Nous devons envisager encore un côté pratique de la question. On sait que les Lépidoptères diurnes ne volent que lorsque le soleil luit et que, pour les nocturnes, une certaine chaleur est nécessaire pour la fonction du vol. Il semblerait en conséquence que leur éclosion, s'effectuant par une baisse barométrique, les placerait dans un milieu défavorable, à supposer qu'une dépression atmosphérique soit toujours en corrélation avec un changement de temps et l'amoncellement de nuages ; non seulement cela n'est pas forcément le cas, mais il y a lieu de retenir que les Rhopalocères, et à plus forte raison les Hétérocères, s'ils ne volent pas lorsque le soleil est caché, peuvent parfaitement vivre et se reproduire même par la pluie. Ainsi, le fait qu'ils puissent venir au monde quand le temps se gâte, ne porte pas préjudice au maintien des espèces.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1. BACHMETJEW, P. Experimentelle entomologische Studien, *Leipzig* 1901.
2. BALL, Fr. Note sur l'effet de la température sur les chrysalides. *Ann. Soc. Ent. Belge* XLV, p. 385-388, 1901.
3. BELLATI, M. et QUAJAT, E. Esperienze sullo schindimento estemporaneo delle nova del Baco da seta. *Atti. d. R. Istit. veneto d. Sc. lett. ed. Arti.*, III, p. 1715-36, 1894
4. BRUNHAUER, Paul. Der Einfluss der Temperatur auf das Leben der Tagfalter. *Inaug. Dissert, Munchen-Iena*, 1883.

5. CARADJA, A. von. Bemerkungen über *Spilosoma mendica*. *Soc. Ent.* IX, p. 33-35, 1894.
6. CHOLODKOVSKY, N. Sur quelques variations artificielles du Papillon de l'Ortie (*Vanessa urticae*). *Ann. Soc. Ent. France*, LXX, p. 174-177, 1901.
- COLLINGE, W.-E. The effect of change of food and temperature on the developpement of *Abraxas grossulariata*, Steph. *Journ. of Econ. Biol.* I (tirage à part, p. 4), 1905.
8. DORFMEISTER, G. Über die Einwirkung verschiedener, während der Entwicklungs Perioden angewendeter Wärmegrade auf die Färbung und Zeichnung der Schmetterlinge. *Mitt. d. Naturw. Vereins für Steiermark*, II, 1879.
9. — Ueber den Einfluss der Temperatur bei der Erzeugung der Schmetterlingsvarietäten. *Mitt. d. Naturw. Vereins für Steiermark*, II, 1879.
10. FEDERLEY, H. Lepidopterologische Temperatur-Experimente mit besonderer Berücksichtigung der Flügelschuppen. *Festsch. f. Palmen* (tirage à part 117 p., 3 pl.), 1905.
11. FISCHER, E. Neue experimentelle Untersuchungen und Betrachtungen über das Wesen und die Ursachen der Aberrationen in der Faltergruppe *Vanessa*. *Berlin* 1896.
12. FRINGS, Carl. Experimente mit erniedrigter Temperatur im Jahre 1898. *Soc. Ent. XIV*, p. 41-67, 1899.
13. GAUCKLER, H. Experimente mit niedriger Temperatur an *Vanessa* Puppen. *Iris*, II, p. 394-397, 1896.
14. — Der Einfluss des Wassers auf das Leben der Raupen. *Illustr. Wochenschr. f. Entom.*, II, p. 295-296, 1897.
15. — Untersuchungen über beschleunigte Entwicklung überwinterdern Schmetterlingspuppen. *Ill. Zeitsch. f. Ent.* IV, 1899.
16. HENNEGUY, L.-F. Les Insectes, Morphologie, Reproduction. Embryogénie. *Paris* 1904.
17. KATHARINER, L. Versuche über den Einfluss des Lichtes auf die Farbe der Puppe vom Tagpfauenauge. *Biol. Centralbl.* XIX, p. 712-718, 1899.
18. — Versuche über den Einfluss der verschiedenen Strahlen des Spectrums auf Puppe und Falter von *Vanessa urticae* und *io*. *Ill. Zeitsch. f. Entom.*, p. 361-469, 1900.
19. LINDEN, M. von. Versuche über den Einfluss äusserer Verhältnisse auf die Gestaltung der Schmetterlinge. *Zeitsch. f. Ent.* IV, p. 225-372, 1899.
20. MERRIFIELD, F. The effect of temperature in the pupal stage. *Trans. Ent. Soc. London*, p. 55-68, 1893.
21. — Temperatur experiments on Lepidoptera. *Trans. Ent. Soc. London*, p. 425-438, 1894.
22. PICTET, Arnold. Influence des changements de nourriture des chenilles sur le développement de leurs Papillons. *Arch. Sc. phys. et nat.*, IV, vol. 14, p. 537-540, 1902.
23. — Variations dans le cycle évolutif des Lépidoptères. *Arch. Sc. phys. et nat.*, IV, vol. 18, p. 608-612, 1904.

24. PICTET, Arnold. Influence de l'alimentation et de l'humidité sur la variation des Papillons. *Mem. Soc. Phys. et Hist. nat.*, vol. 35, p. 45-127, pl. 1 à 5, 1905.
25. — Des Diapauses embryonnaires, larvaires et nymphales chez les Insectes lépidoptères. *Bull. Soc. lépid. Genève*, vol. I, p. 98-153 (7 fig.), 1906.
26. — Diapauses nymphales chez quelques Lépidoptères. *Arch. Sc. phys. et nat.*, IV, vol. 27, p. 87-90, 1909.
27. — Nouvelles recherches sur l'hibernation des Lépidoptères. *Arch. Sc. phys. et nat.*, IV, vol. 35, p. 301-304, 1913.
28. — Le rôle joué par la sélection naturelle dans l'hibernation des Lépidoptères. *C. R. IX^e Congrès intern. zool. Monaco*, p. 774-788, 1913.
29. QUAJAT, E. Prodotti respiratori delle nuova del filugello dal momento della deposizione fino a completa svernatura. *Boll. mens. Bachic.* IV, p. 109-121, 1898.
30. REGENER, E. Erfahrung über den Nahrungsverbrauch der grossen Kiefenraupen. *Magdebourg*, 1865.
31. ROLLAT, V. Expériences sur les œufs du Ver à soie du Murier, race annuelle. *C. R. Ac. Sc.*, CXIX, 1894.
32. RÜHL, Fritz. Einige Kürze lepidopterologische Mitteilungen. *Soc. ent.* p. 85-86, 93, 1892.
33. SCHRÖDER, F. Experimentelle Untersuchungen bei den Schmetterlingen und deren Entwickelungs Zuständen. *Ill. woch. Entom.* p. 133-137, 181-184, 1 fig., 1 pl., 1896.
34. SCHOCH, G. Zurcht von *Enprepia caja* in gefärbten Licht. *Mitt. Schw. Entom. Gesel.*, V, 1880.
35. SELMONS, G. Beitrag sur Zurcht von *Parnassius apollo*. *Soc. ent.* IX, p. 50-51, 1894.
36. STANDFUSS, M. Ueber die Gründe der Variation und Aberration des Falterstadiums bei den Schmetterlingen. *Insekten Börse*, 1894 et 1895.
37. — On the causes of variation and aberration in the imago-stage of butterflies. *The Entom.* XXVIII, p. 69-76, 1895.
38. — Handbuch der palaearktischen Grossschmetterlinge für Forscher und Sammler. *Iena*, 1896.
39. TERRE, M.-L. Sur les troubles physiologiques qui accompagnent la métamorphose des Insectes holométaboliens. *C. R. Sc. Biol.* V, 1900.
40. URECH, F. Chemisch-analytische Untersuchungen an lebenden Raupen, Puppen und Schmetterlingen und an ihren Sekreten. *Zool. Anz.*, p. 254-341; 1890.
41. WEISMANN, Aug. Studien zur Descendenz Theorie. Ueber den Saison-Dimorphismus. *Leipzig*, 1875.
42. — Neue Versuche zum Saison-Dimorphismus. *Zool. Jahrb. Syst.*, VIII, p. 1-74, 1895.