

H. F. u. f. 168 (10, 4)

N° D'ORDRE
311

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

MAURICE GIRARD,

Professeur de physique et d'histoire naturelle au collège Rollin.

- 1^{re} THÈSE.** — ÉTUDES SUR LA CHALEUR LIBRE DÉGAGÉE PAR LES ANIMAUX
INVERTÉBRÉS ET SPÉCIALEMENT LES INSECTES.
- 2^e THÈSE.** — QUESTIONS PROPOSÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 4 juillet 1869 devant la Commission d'Examen.

MM. MILNE EDWARDS,
DUCHARTRE,
HÉBERT,

Président;

Examineurs.



PARIS

VICTOR MASSON ET FILS

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE

1869

ACADÉMIE DE PARIS

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

Doyen. MILNE EDWARDS, Professeur. Zoologie, Anatomie, Physiologie.

Professeurs honoraires. { DUMAS.
BALARD.

Professeurs. { DELAFOSSE. Minéralogie.
CHASLES. Géométrie supérieure.
LE VERRIER. Astronomie.
DUHAMEL. Algèbre supérieure.
LAMÉ. Calcul des probabilités, Physique mathématique.
DELAUNAY. Mécanique physique.
P. DESAINS. Physique.
LIOUVILLE. Mécanique rationnelle.
HÉBERT. Géologie.
PUISEUX. Astronomie.
DUCHARTRE. Botanique.
JAMIN. Physique.
SERRET. Calcul différentiel et intégral.
H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE. Chimie.
PASTEUR. Chimie.
LACAZE-DUTHIERS Anatomie, Physiologie comparée, Zoologie.
N. Physiologie.

Agrégés. { BERTRAND. } Sciences mathématiques.
J. VIEILLE }
PELIGOT Sciences physiques.

Secrétaire. PHILIPPON.

PREMIÈRE THÈSE.

ÉTUDES SUR LA CHALEUR LIBRE

DÉGAGÉE PAR LES ANIMAUX INVERTÉBRÉS

ET SPÉCIALEMENT LES INSECTES.

§ 1.

Historique de la chaleur animale des Invertébrés et spécialement des Insectes.

On donne le nom de *chaleur animale* à la chaleur développée à l'état libre, à un degré variable, dans les tissus et dans les organes des animaux. Elle peut être parfois mesurée en calories ou appréciée, dans plus de cas encore, par les thermomètres. Cette chaleur propre fait que les animaux ne sont pas à l'égard des corps bruts extérieurs, ni des milieux fluides qui les entourent, dans les conditions de matières inertes : ce sont des sources plus ou moins puissantes de chaleur qui interviennent pour mettre obstacle à l'équilibre physique que tendent sans cesse à amener les lois du refroidissement. C'est par comparaison avec l'état calorifique de nos organes du toucher, principalement du dessous de nos doigts, que le contact des animaux nous fait éprouver les sensations de *chaud* et de *froid physiologique* ; elles sont, au reste, liées d'une manière moins directe qu'on ne croirait d'abord à la chaleur thermométrique.

L'existence de ces sensations a appelé de tout temps l'attention sur la production de chaleur dans certains animaux et surtout chez l'homme, et, dès la plus haute antiquité, les médecins cherchaient à expliquer le dégagement de la chaleur humaine, le refroidissement des cadavres avec la mort, les variations dans la sensation calorifique qu'ils éprouvaient au contact de l'homme sain ou de l'homme en état de fièvre, les diverses impressions de chaud ou de froid que nous présentent nos organes suivant certains états² de leur physiologie normale ou pathologique; en

un mot, ces nombreux faits qui se rattachent plus ou moins directement à une production de chaleur libre. Pendant de longs siècles, on se complut dans une de ces explications commodes qui abondent chez les anciens, complètement étrangers à toute science des causes, bien que, parfois, si délicats observateurs des effets et si exacts dans leurs descriptions. La chaleur naissait chez l'homme et chez les animaux supérieurs avec la vie et s'éteignait avec elle. Elle en était la conséquence intime et forcée, et son siège résidait dans le cœur, sans qu'on songeât à se demander pourquoi et comment elle y prenait naissance. Certains même soutenaient que, chez un animal vivant, le dégagement de cette chaleur par le cœur était assez intense pour impressionner douloureusement la main qui eût pu le toucher à l'intérieur du corps; c'est cette vieille doctrine d'Hippocrate, d'Aristote, de Galien, qui a laissé ses traces dans le langage religieux ou mystique, où se rencontrent si souvent les expressions de *cœur ardent*, *cœur brûlant*, *cœur embrasé* ou *enflammé*. De là, les images allégoriques de cœurs d'où partent des flammes. On attribua ensuite l'origine de la chaleur animale aux actes digestifs accomplis dans l'estomac, ou au frottement des organites hématiques du sang dans les vaisseaux, surtout les capillaires. Si Priestley reconnut le premier dans l'oxygène le véritable agent de la combustion et de la chaleur animale, c'est Lavoisier, débarrassé du phlogistique, qui démontra la vérité de cette origine, vérité que les expériences subséquentes ne firent que confirmer. Il faut remarquer combien les hommes de génie restent grands, même dans leurs erreurs, puisque c'est du rôle physiologique, si justement spécial, de l'oxygène que résultent les anomalies de la nomenclature chimique. Une hypothèse de certains physiologistes donnait pour cause à la chaleur animale une action directe du système nerveux. C'est ce qu'avança Brodie avec réserve, puis M. Chossat. Il est certain que toute lésion dans l'encéphale ou dans la moelle a une influence grave et immédiate sur la chaleur propre de l'animal; mais il est fort difficile de décider si l'on a atteint réellement la cause de la calorification ou si l'on ne fait que produire indirectement

un désordre capital dans la grande fonction de nutrition générale d'où dépend la chaleur des animaux. Il faut, évidemment, bien remarquer que la doctrine de la chaleur animale par la combustion respiratoire ne doit pas être prise dans un sens trop absolu, comme toutes les applications de la physique et de la chimie à la physiologie. L'être vivant n'est jamais complètement assimilable soit au bain électrique dans lequel le courant fait déposer les métaux, soit à la cornue ou au creuset où s'opèrent les combinaisons et les décompositions.

Cela n'empêche pas que la chaleur animale n'ait incontestablement pour cause la combustion et qu'elle ne soit liée d'une manière proportionnelle à l'énergie de la respiration. Les Insectes et les Articulés, en général, sont des animaux non moins propres à démontrer ce grand principe que les expériences, bien plus nombreuses, faites sur les Vertébrés. C'est le résultat important et fondamental du travail si remarquable, bien qu'un peu confus et prolix, de Newport. Je dirai d'avance que les vérifications des mêmes faits par d'autres méthodes, et l'addition de faits nouveaux mais conformes, constituent le travail personnel que je me propose d'exposer. Je dois me déclarer heureux de pouvoir apporter quelques confirmations nouvelles à la vérité des grands principes qui ont illustré les Lavoisier, les Spallanzani, les W. Edwards, sans qu'il soit besoin d'invoquer, malgré certaines différences essentielles que nous offriront les animaux articulés, aucune autre loi que les effets physico-chimiques de la combustion.

Nous pouvons, sans avoir besoin de plus longs préliminaires, aborder le sujet de nos études, en laissant d'abord de côté les deux grands groupes de Vertébrés à température constante (Mammifères et Oiseaux) et à température variable (Reptiles, Amphibiens, Poissons). Nous écarterons aussi les Annelides et les embranchements des Mollusques, des Rayonnés, des Spongiaires. Ce sont incontestablement et toujours des animaux à température variable. On a le plus souvent constaté chez eux de légers excès de température au-dessus du milieu ambiant, en général, l'eau de mer; c'est ce qui résulte des expériences de

Valentin (1) sur les Mollusques et les Rayonnés, de M. Martins sur les Oursins (2). Parfois, au contraire, la température a été trouvée exactement celle du milieu ambiant, ainsi par Berthold pour des Escargots, des Limaces, des Vers de terre ; par Dutrochet, pour des Limaces et des Escargots ; par Valentin, pour des Spongiaires; enfin, Berthold a signalé aussi des Hélix et des Limaces à une température un peu inférieure à celle de l'air ambiant, sans doute par suite d'une évaporation active. Valentin résume, comme il suit, les moyennes de ses observations :

	Excès.
Polypes.....	0°,21
Méduses.....	0°,27
Echinodermes.....	0°,40
Mollusques gastéropodes.....	0°,46
Mollusques céphalopodes.....	0°,57

Il y aurait donc accroissement manifeste dans la chaleur animale à mesure que ces êtres s'élèvent en organisation. C'est surtout quand les petits animaux à faible chaleur propre sont réunis en grande masse, de manière à opposer une résistance plus efficace à l'action réfrigérante du milieu ambiant, qu'on peut constater, d'une manière irréfutable, l'existence de la chaleur propre. Il ne faut pas oublier une ancienne observation de Péron, lors du voyage aux terres australes, où il rapporte avoir vu le thermomètre monter de 3 degrés dans un amas de Zoophytes, la plupart phosphorescents, rassemblés dans un filet après que la drague les avait arrachés du fond de la mer. Je laisse de côté, comme citées partout, les observations de Swammerdam, Réaumur, Spallanzani et Huber sur la température élevée des ruches d'Abeilles. En 1800, Juch observait des dégagements analogues dans des fourmilières et dans un amas de Cantharides (3). Rengger (1817) note un excès de température dans un amas de Hannetons; Berthold chez des *Geotrupes stercorarius*. M. Regnault rapporte, dans ses expériences sur la respiration, que le thermomètre plongé au milieu des Hannetons

(1) *Répertoire d'anatomie et de physiologie*, 1839, t. IV, p. 359.

(2) *Annales des sciences naturelles*, Zool., 3^e série, 1846, t. V, p. 187.

(3) *Ideen zu einer Zoochemie*, I, 92.

placés dans un sac à claire-voie, de sorte que l'air circulait et qu'il n'y avait pas, comme dans les ruches et les fourmilières, de parois accumulant la chaleur, s'éleva cependant de 2 degrés centigrades au-dessus de l'air ambiant (1). Les larves mêmes, en grand nombre, peuvent dégager une chaleur très-sensible. Les pêcheurs à la ligne qui se servent comme amorce de plusieurs larves de Muscides, principalement des *Musca vomitoria*, *Sarcophaga carnaria*, *Lucilia cæsar*, etc., connues sous le nom d'*Asticots*, savent très-bien que ces insectes leur font éprouver une sensation de chaleur quand ils les versent de la boîte qui les renferme dans la main engourdie par le froid. J'ai constaté, dans une boîte largement ouverte remplie de ces larves, que le thermomètre s'est élevé, au mois d'août, de 28 à 32 degrés centigrades et a stationné pendant dix minutes à 31°,8. Les résultats les plus marquants par l'intensité de la chaleur dégagée, surtout si l'on remarque qu'il s'agit de larves, m'ont été offerts par des larves de *Galleria cerella* (Lépid., Chalinopt., Crambides), développées dans des gâteaux de cire remplis des œufs du papillon et qui furent nourries pendant plusieurs jours avec de la cire hachée. Dans plusieurs jours d'expériences, le thermomètre, enfoncé au milieu des larves mêlées à la cire et très-actives contenues dans un pot découvert, offrit des excès véritablement énormes au-dessus de la température ambiante, à savoir : 42 degrés centigrades, 24°,2, 27°,4, 23°,9. La surface extérieure du vase était très-chaude à la main (2). Aucune fermentation n'avait lieu ni putréfaction, comme l'odorat le constatait; cette élévation de température était donc en rapport direct avec la nature chimique de l'aliment très-combustible spécial à ces larves.

Les faits précédents établissent donc de la manière la plus péremptoire la production de chaleur et même de chaleur intense par les insectes. Leur résistance aux abaissements de température en présente une nouvelle démonstration. Ainsi Spallanzani,

(1) *Ann. phys. et chim.*, 3^e série, XXVI, 517.

(2) *Ann. de la Soc. entom. de France*, 1864, p. 676.

dans ses expériences sur les Abeilles, s'est assuré que ces Hyménoptères peuvent déjà s'engourdir à $+9^{\circ},5$ Réaumur, et que, plus le froid qu'ils ont éprouvé est grand, plus il leur faut de temps et une température élevée pour se ranimer. Il a fait voir encore que les Abeilles peuvent rester à une température de -2 à -3 degrés Réaumur pendant plusieurs heures sans geler, et qu'elles sont alors encore susceptibles de reprendre le mouvement à $+30$ degrés, mais périssent bientôt après, tandis que celles qui n'ont éprouvé qu'un froid de $0^{\circ},5$ reprennent promptement leur première activité. En rapportant ces expériences, Straus-Durckheim fait remarquer que ces insectes pouvant résister pendant plusieurs heures à un froid de -3 degrés sans geler, prouvent par là qu'ils ont, comme les animaux dits à sang chaud, une chaleur naturelle qui les maintient au-dessus de la température de l'élément ambiant. Les auteurs rapportent de nombreux exemples d'insectes qui ont supporté des froids bien plus intenses sans périr et bien que leur corps éprouve la congélation ; mais ce sont surtout des œufs, des larves, des nymphes qui éprouvent sans danger ces abaissements, confirmant ainsi cette loi de W. Edwards que les animaux résistent d'autant plus facilement aux effets du froid que leur faculté de produire la chaleur est plus faible. Il faut toutefois remarquer, ce qui se présente toujours dans ces questions physiologiques si complexes, qu'il y a de manifestes exceptions pour certaines larves, comme le montrent nos expériences sur celles de *Galleria cerella*. Certains insectes adultes, de même par exception inverse, se comportent comme les états inférieurs ; ainsi ces Diptères Némocères, très-actifs cependant, qui existent dans les régions les plus voisines du pôle où l'homme soit parvenu, et qu'on voit voler au-dessus de la neige qui couvre nos campagnes et nos bois en hiver. Il y a des Lépidoptères dont les adultes n'éclosent qu'en hiver, ce sont les espèces des genres *Hibernia*, *Nyssia*, *Laëntia*, etc., et les papillons mâles de ces espèces volent à la recherche de leurs femelles par les soirées brumeuses et froides de novembre, de décembre même. Les Podurelles, insectes dégradés toujours aptères, semblent exiger pour vivre l'humidité et le froid. On

trouve en tas sur les neiges la *Podura nivalis*, l'*Achorutes tuberculatus*; la *Desoria glacialis* ne vit qu'à la surface et dans les fissures des glaciers. D'après les expériences de Nicolet sur la *Podura similata*, ces insectes périssent dans l'eau plus ou moins promptement de $+25$ à $+38$ degrés, et, dans l'air sec, à $+35$ degrés en quelques secondes. Ils furent congelés au moyen d'un mélange réfrigérant à -41 degrés et y restèrent douze heures empâtés dans le bloc de glace formé et fragiles comme lui; cependant, dégelés lentement, ils revinrent à la vie en une heure et s'échappèrent en sautant. D'autres revinrent de même à la vie après dix jours consécutifs de congélation. On cite aussi certains autres insectes comme exclusifs aux neiges et vivant en troupes sur leur surface glacée; ainsi les *Boræus* (Névroptères), à femelles aptères, des forêts de sapins de la Suède et des Alpes, le *Cynips aptera*, Hyménoptère sans ailes, etc.

Par ces contrastes continuels qui attestent la merveilleuse adaptation des êtres d'un même type aux conditions d'existence les plus diverses, certains Insectes peuvent résister à des élévations considérables de température. On a trouvé des Hydrocanthares (Coléoptères) vivant dans des sources thermales; les Mélasomes (Coléoptères) des sables arides et brûlants, les Termites, les Polistes et les Guêpes des pays tropicaux, établissant leurs nids sous les toitures, supportent tous des excès de chaleur intolérable. Que de mystères encore sur ces questions! que de lois inconnues! L'hibernation des Insectes, comme celle des Vertébrés, n'est pas uniquement due à l'abaissement de la température. Certains individus des Lépidoptères diurnes du genre *Vanessa*, gagnent leurs retraites d'hiver et s'y engourdissent au milieu des chaleurs du mois d'août pour se réveiller et voler le long des routes aux premiers soleils de février, alors que la température moyenne est encore fort basse. Les plus grandes différences s'observent dans la résistance des chenilles à la chaleur; ainsi les chenilles rases de *Deilephila euphorbiæ* se plaisent aux rayons brûlants du soleil sur les Euphorbes à demi-calcinées, tandis que ces rayons tuent en quelques minutes les chenilles velues du genre *Chelonia*, surtout celles de la *Chelonia pudica*

qui vivent toujours cachées avec le plus grand soin dans les plantes basses.

Les Arachnides s'engourdissent en hiver comme beaucoup d'insectes, et les Annélides paraissent dans le même cas que les Crustacés dont la température semble être en équilibre avec celle du milieu ambiant. Spallanzani, dans ses expériences sur les Ecrevisses communes, a trouvé la température de leur corps constamment la même que celles de l'eau ou de l'air où elles vivent.

C'est d'après l'ensemble des faits que nous venons de résumer que Straus-Durckheim a le premier établi la distinction que nous retrouverons si souvent dans toutes les recherches ultérieures : « Il y aurait ainsi parmi les Articulés, comme dans l'embranchement des Vertébrés, des animaux à *sang chaud* et d'autres » à *sang froid*; que dans ces deux embranchements les volatils » et les marcheurs se trouveraient dans le premier cas, et les » rampants et les nageurs dans le second (1). »

Le développement de chaleur des Insectes pris en grande masse rend hors de doute le dégagement de chaleur chez les individus isolés ; mais ici, comme nous l'avons établi dans le chapitre qui traite des méthodes de mesure à employer pour les petits animaux, et, en général, pour les sources calorifiques peu intenses et de petite masse, la question se complique de l'influence de la masse du fluide ambiant et de la masse du corps thermométrique, négligeables dans le cas précédent. Les premières expériences qui démontrent la production de chaleur dans les Insectes isolés sont celles de Haussmann (1803) (2). Il plaça un individu parfait du *Sphinx convolvuli* (Lépid. Chalin.) dans une fiole de verre avec un petit thermomètre à côté. La température de l'air extérieur étant de 17 degrés Réaumur, au bout d'une demi-heure la température dans le bocal était montée à 19 degrés ; puis elle s'abassa et revint à la première température. Il répéta l'expérience avec six individus du *Carabus hortensis* (Co-

(1) Straus-Durckheim, *Considérations générales sur l'anatomie des Articulés, etc.* Paris, 1828, p. 354.

(2) *De animalium respiratione*, 1803.

léoptères) et trouva un résultat analogue. Newport fait remarquer au sujet de cette seconde expérience, en s'appuyant sur le fait qu'il a constaté que les Carabés donnent très-peu de chaleur, qu'on est en droit de supposer, comme Berthold l'a pensé, que le résultat était accidentel et produit par la main de l'opérateur. Nous trouvons, en 1826, quelques observations nouvelles, sur des animaux articulés pris isolément, faites par J. Davy (1), soit à Ceylan, soit au Cap. Il introduisait la boule très-fine d'un petit thermomètre à mercure dans le corps de l'animal par une incision faite au moment de l'expérience.

Voici le tableau des résultats :

A O M S.	TEMPÉRATURE de l'air.	TEMPÉRATURE de l'insecte.	EXCÈS.
Scarabée	24,3	25,0	+ 0,7
Ver-luisant	22,8	23,0	+ 0,5
Blatte orientale (deux individus)	28,3	23,9	- 4,4
Blatte orientale (deux individus)	23,3	23,9	+ 0,6
Grillon	16,7	22,5	+ 5,8
Guêpe	23,9	24,4	+ 0,5
Scorpion	26,1	25,3	- 0,8
Iule	26,6	25,8	- 0,8

Il me semble évident que ces nombres sont tantôt exagérés, tantôt affaiblis, vu l'état violent et anormal où l'animal se trouve par suite de la lésion. Les abaissements de température proviennent certainement de quelque évaporation accidentelle due au liquide écoulé par l'incision, car on ne comprend pas autrement comment des Blattes seraient tantôt plus chaudes, tantôt plus froides que l'air ambiant. La grave objection que nous venons de faire à ces expériences fut parfaitement comprise par Nobili et Melloni.

Dans leurs expériences (1831), les Insectes n'agissaient sur les soudures de leur pile thermo-électrique, de trente-huit couples bismuth et antimoine, que par rayonnement à distance. L'animal était placé au foyer principal d'un miroir sphérique en lai-

(1) *Ann. phys. et chim.*, t. XXXIII, 2^e série, 1826, p. 180.

ton, maintenu sans lésion par un fin réseau de fils métalliques ; ce miroir terminait un des appendices protecteurs de la pile, et l'autre base de la pile était à la même distance d'un autre miroir pareil, de sorte que les conditions sont identiques pour les soudures d'ordre pair et impair, et les rayonnements des pièces métalliques compensés, en même temps que, par cette disposition, les bases étaient soustraites à tout rayonnement extérieur. Les auteurs de ces recherches, physiciens et non naturalistes, se contentent de dire : « Environ quarante insectes, de tous les ordres et aux divers états de métamorphose, furent soumis aux expériences, et tous donnèrent des écarts de l'aiguille positifs, c'est-à-dire dans le sens calorifique, ce qui indique que les Insectes possèdent une température *tant soit peu supérieure* à celle du milieu ambiant. Les déviations arrivèrent quelquefois à 30 degrés. » Ils formulent cette conclusion que la théorie qui attribue la chaleur animale à une combustion lente du sang trouve sa confirmation jusque dans les Insectes.

Les auteurs de ces expériences cherchaient à étudier, en général, les chaleurs dégagées par les plus faibles sources; ainsi la combustion lente du phosphore, les rayons de la lune, etc., et c'est pour avoir opéré à distance qu'ils raigent indistinctement tous les Insectes dans ce cas, ce qui est loin d'être exact, comme nous le verrons, pour les Insectes de grand vol, à trachées vésiculeuses. On trouve encore dans le travail de ces physiciens l'assertion suivante : Les chenilles possèdent toujours une température plus élevée que les papillons et les chrysalides. Le résultat est fort inexact d'une manière générale; il me paraît très-probable que les observateurs opérèrent seulement sur des Vers à soie, en temps de *frêze*, c'est-à-dire d'activité et de voracité de la chenille, tandis que dans cette espèce, comme dans certains autres Bombycides, les papillons sont peu actifs, et, en outre, ne prennent pas de nourriture, ce qui est général pour les Bombycides. Melloni et Nobili attribuent le fait à ce que les chenilles auraient un système respiratoire plus développé que celui des chrysalides et des adultes, ce qui amènerait, disent-ils, une respiration plus active en rapport avec un accroissement rapide exigeant bien

plus de nourriture. On reconnaît là l'influence des erreurs anatomiques et physiologiques de l'époque. On regardait alors un système de trachées tubuleuses ramifiées comme supérieur à celui qui ne présente que quelques larges ampoules aériennes; les travaux de M. E. Blanchard ont bien établi, au contraire, que le second système est un perfectionnement du premier et qu'il est en rapport avec une respiration bien plus active due à une accumulation d'oxygène en réserve beaucoup plus grande.

Les objections très-graves que nous présenterons à l'occasion des expériences de Dutrochet (1), dans la discussion des méthodes expérimentales, rendent inutile l'indication de ses résultats manifestement erronés. Il trouve tantôt du chaud, tantôt du froid pour les Insectes adultes ou de même espèce ou d'espèces très-voisines et de même conformation, ainsi sur des *Mécolonthes* et des *Carabes*, quand il opère à l'air libre. Il ne s'est pas mis en garde contre l'évaporation des liquides épanchés et a complètement négligé toute pesée, sans paraître comprendre combien la masse devient un élément important dans l'observation de la chaleur de ces petits animaux isolés. Nous verrons, *qu'au moins à l'intérieur du corps*, ce qui a toujours été le cas des expériences de Dutrochet, les Insectes isolés ont tous un excès de température sur l'air ambiant. Dutrochet se tire d'affaire par les explications les plus commodes. Il suppose que le *Rhizotrogus solstitialis* transpire moins que le *Mécolontha vulgaris* (p. 48), et attribue la chaleur du *Lucanus cervus* à l'épaisseur de ses téguments, tandis que des *Carabus* et des *Blaps*, à téguments tout aussi propres à empêcher l'évaporation, lui donnent du froid.

Après les expériences si contradictoires et si incertaines de Dutrochet en 1840, M. Becquerel, en 1844, fit quelques observations très-peu nombreuses sur les Insectes au moyen des aiguilles thermo-électriques, au milieu d'une assez grande quantité d'autres épreuves sur les Vertébrés à sang froid. Il eut toujours soin de contrôler ses résultats au moyen d'expériences au thermomètre à mercure, contrôle dont il proclama la nécessité

(1) *Ann. des sc. nat.*, 1840, 2^e série, XIII, p. 5.

par la difficulté d'avoir une complète identité dans les pouvoirs thermo-électriques des deux soudures. Il n'observa jamais de froid à l'intérieur de ses Insectes, ce qui tient à ce que sa grande habileté dans la manœuvre des aiguilles le rendait moins exposé aux erreurs accidentelles, et, en outre, parce que sur cinq ou six expériences seulement qu'il a faites, l'accident provenant d'un froid dû à l'évaporation du liquide épanché a très-bien pu ne pas se produire.

Nous citons les quelques faits de température propre d'Insectes obtenus par M. Becquerel (1), dans le travail duquel, en collaboration avec Flourens, les Insectes n'ont tenu qu'une place très-secondaire. La température de la pièce où l'on opérait était de 22°,5. Une des soudures a été placée dans le sens de la longueur d'une *Blatte*, insecte orthoptère (probablement notre *Blatte* des cuisines, *Periplaneta orientalis*), et l'autre restant dans l'air, on obtint une différence de température de 0°,75 en faveur de la *Blatte*. Une larve d'*Oryctes nasicornis* (Coléop., Scarab.) a donné un excès de température d'environ 1°,5. La chenille du Ver à soie a offert des excès de 0°,87 à 1 degré; celle de l'*Ache-rontia atropos*, 1°,66, quand l'animal était actif, la température descendant à celle de l'atmosphère s'il rentrait au repos. Enfin deux chenilles de Sphingides, d'espèces non indiquées, offrent à M. Becquerel des excès de 0°,27 à 0°55.

Une observation curieuse de chaleur d'insecte isolé fut publiée en Belgique en 1860, au début de la fondation de la Société entomologique de ce pays, par M. le docteur Breyer (2). Elle porte sur l'insecte qui inaugura avec Hausmann, en 1803, les premières observations de chaleur individuelle, le *Sphinx convulsi*. M. Breyer remarque d'abord que cette espèce fuit la lumière artificielle qu'on projette sur elle en décrivant dans son vol de grands orbes irréguliers, ne se fixant en vol stationnaire pour butiner sur les fleurs que dans l'ombre assez épaisse d'une soirée déjà avancée. L'expérience est considérable par la gran-

(1) Becquerel, *Traité de physique considérée dans ses rapports avec la chimie et les sciences naturelles*. Firmin Didot, 1844, t. II, p. 59, 60, 61.

(2) *Ann. Soc. entom. belge*, 1860, t. IV, p. 92.

deur des résultats. Déjà, l'année précédente, il avait reconnu que ces Sphinx sont chauds entre les doigts quand on les saisit. Le 7 septembre 1859, un de ces Sphinx fut capturé au vol, pris entre le pouce et l'index et fendu. Le réservoir d'un thermomètre qui marquait 17 degrés centigrades fut enfoncé en entier dans l'insecte, et le mercure monta en une minute à 27 degrés. Je suppose (d'après les faits de mes propres expériences) que le réservoir pénétrait en partie dans le thorax. M. Breyer ajoute : « Cette expérience a été faite avec toutes les précautions nécessaires; ni mon pouce, ni mon index, ni la lanterne ne pouvaient en rien augmenter le calorique; celui-ci provenait uniquement de la chaleur propre de l'animal. » Il croit, en tenant compte de la chaleur perdue absorbée par le thermomètre, pouvoir évaluer au minimum à 32 degrés la température propre du Sphinx. Il admet, sans aucune démonstration toutefois, que l'insecte au repos n'a pas de chaleur et engage à rechercher : 1° la température de l'animal au repos et après un séjour assez prolongé dans un endroit chaud; 2° après son séjour dans un endroit froid; 3° après son vol dans une atmosphère refroidie.

Il est à remarquer que le *Sphinx convolvuli* est un insecte du vol le plus puissant qui existe. L'espèce, originaire de l'intérieur de l'Afrique, s'est acclimatée en Europe à la suite d'émigrations, et assez avant vers le Nord. De temps à autre, la race se renouvelle par des sujets africains qui arrivent sur nos côtes du Midi, et dont on reconnaît l'état de pérégrination lointaine à leurs ailes déchirées sur les bords et ayant perdu une partie de leurs écailles.

En 1862, M. Lecoq, correspondant de l'Académie des sciences, fit connaître à cette savante assemblée l'élévation considérable de température qui se produit chez les Sphinx lorsqu'ils se soutiennent en position de *vol stationnaire* (de rapides vibrations d'ailes contre-balançant continuellement sur place l'action de la pesanteur) devant les corolles tubuleuses où ils enfoncent leur spiritrompe si développée. La chaleur qu'ils acquièrent alors surpasse, dit-il, celle des Mammifères et de l'homme, et arrive au moins à la température du sang des Oiseaux. Les

observations de M. Lecoq ont porté sur le *Sphinx convolvuli*, l'espèce des observations de Haussmann et de M. Breyer, et sur une espèce voisine, le *Sphinx pinastri*, qui paraît désignée pour la première fois sous le rapport de la calorification, les expériences de Newport ayant eu pour objet le *Sphinx ligustri*. « Les Sphinx du pin, dit M. Lecoq, moins gros, moins vifs et moins rapides, s'échauffent moins, malgré la grande consommation de miel de chèvrefeuille qu'ils faisaient sous mes yeux (1). Il serait à désirer que des essais analogues fussent répétés sur les très-grands Sphinx des pays chauds. »

Il est probable qu'ils donneraient des résultats tout à fait analogues à ceux du *Sphinx convolvuli*, dont la taille et la rapidité sont dans les plus grandes du genre. M. Lecoq n'a pas pu croire que le dégagement considérable de chaleur dont il était témoin fût le résultat direct et unique de la combustion du sucre qu'ils élaborent par l'oxygène de l'air de leurs trachées. Il a préféré une explication tout à fait inadmissible par une prétendue transformation du mouvement en chaleur, phénomène qui n'accompagne pas la production du mouvement mais son extinction.

Nous avons réservé pour la fin de cet historique, en modifiant un peu l'ordre des dates, l'exposé des importants travaux de Newport, dont nos recherches sont le complément direct.

§ 2.

Indication sommaire des travaux de Newport sur la chaleur propre des Insectes.

Les observations de Newport (*Trans. philos.*, 1837, p. 259 et suiv.) méritent de former un chapitre spécial; leur valeur est telle que nous ne devons pas hésiter à supprimer la publication des résultats analogues que nous avons obtenus depuis par des méthodes différentes et variées.

Les travaux de Newport se composent de deux parties distinctes : les observations caloriques sur les Insectes réunis en

(1) M. Lecoq, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LV, p. 191, 1862; M. Girard, *Comptes rendus*, t. LV, p. 290, 1862.

agglomérations nombreuses et celles de la chaleur propre des Insectes isolés. L'intérêt considérable de la première série d'études nous oblige à en dire quelques mots, bien que nos recherches se soient exclusivement occupées du second sujet.

Le mémoire de Newport, trop peu connu en France, y est surtout célèbre par la démonstration du pouvoir de calorification volontaire des Hyménoptères sociaux, nidifiants, soupçonné par Huber et par Dubost pour les Abeilles, mais non prouvé. Il y a des individus, appartenant à la section des nourrices, qui, à certaines époques, se livrent à une véritable incubation en se posant sur les cellules renfermant les nymphes prêtes à éclore, ayant besoin d'une chaleur excédante pour se débarrasser de leur dernière enveloppe. Les couveuses sont surtout de jeunes femelles imparfaites qui ne quittent pas leur poste pendant dix à douze heures, ou sont aussitôt remplacées par d'autres en cas d'absence, et le surcroît de chaleur libre qu'elles rayonnent est accompagné d'une respiration plus active, indiquée par des mouvements précipités des arceaux de l'abdomen. Les expériences de Newport ont été faites sur des nids de Bourdons (*Humbles Bees*), notamment de l'espèce la plus grosse de nos contrées, le *Bombus terrestris* (p. 296 et suiv.). Le nombre de sujets des nids est peu considérable, et leur large corps peut aisément recouvrir le réservoir du thermomètre; les résultats observés ont été étendus par Newport, par induction légitime, aux ruches d'Abeilles. Il constata ainsi, en glissant sous le ventre le réservoir du thermomètre, des excès de température de 6 degrés pour le corps des Bourdons couveurs, au-dessus de la température des cellules non recouvertes, et bientôt sortaient de jeunes Bourdons mous, imprégnés de sueur, très-sensibles au moindre courant d'air, et se glissant parmi les autres Bourdons pour se réchauffer. Newport compare, avec une grande justesse, les Hyménoptères sociaux, au moment de la transformation de la nymphe, aux petits des Mammifères à l'instant de la naissance, incapables, pendant quelque temps, de produire et de maintenir une chaleur suffisante, et ayant besoin de la protec-

tion d'une chaleur extérieure. Ce principe, démontré par W. Edwards pour les animaux supérieurs, est, dit Newport, une des grandes lois universelles et simples de la vie animale. Toute cette partie du mémoire du naturaliste anglais est d'une haute valeur, et l'on y trouve un nouvel argument à ajouter à d'autres, par suite de la trop faible chaleur propre des sujets au moment où ils naissent, de l'assimilation à de véritables œufs des nymphes, chrysalides et pupes des Insectes à métamorphoses complètes.

Newport a étudié les variations de température des ruches pendant toute l'année (p. 299, 307, 309, etc.), au moyen de thermomètres fixés à demeure et d'avance, afin qu'on ne pût attribuer les nombres observés à un trouble accidentel causé dans la ruche par l'introduction de l'instrument, amenant des mouvements insolites chez les Abeilles, et par suite un dégagement de chaleur. Newport a soin de faire remarquer qu'il ressort de ses expériences que la chaleur des ruches est toujours liée à l'énergie de la respiration, et que, quand les Insectes se sont élevés à un certain degré au-dessus de la température ambiante, une abondante transpiration cutanée se produit, qui amène une diminution immédiate de température. « La température interne des ruches, dit Newport, augmente graduellement de mars en avril, et prend son maximum dans les mois de mai et de juin, époque de l'essaimage, où éclosent un nombre considérable de jeunes Abeilles, ce qui s'explique par la faculté de calorification, nécessaire pour l'éclosion des nymphes. » D'après Newport, l'excès de température de l'*Apis mellifica* sur l'air ambiant est de 5 à 7 degrés, en état d'excitation modérée, et peut parfois atteindre 10 degrés. Lors de l'essaimage, la température de la ruche peut s'élever à 35 degrés, montant alors à un excès d'environ 15 degrés sur la température extérieure ; l'excès moyen de la première partie de l'année, de février à juin, dépasse beaucoup celui de la seconde partie, de juin à la fin de novembre. En août, la température de la ruche varie de 27 à 30 degrés au milieu du jour, pour une température extérieure souvent de 25°,5, de sorte que les Abeilles pro-

duisent moins de chaleur à cette haute température qu'à 20 degrés, lors de l'essaimage, parce qu'elles sont moins excitées. La température de la ruche, d'après Newport, s'abaisse graduellement à mesure qu'on approche des mois de décembre et de janvier, au point qu'alors, selon lui, la moyenne ne dépasserait pas + 7 degrés. Les Abeilles tombent alors en engourdissement, et leur respiration devient presque nulle. Il a même constaté parfois, dans les hivers 1835-1836 et 1836-1837, une température de la ruche inférieure à la congélation de l'eau ; si alors on réveille les Abeilles en frappant de petits coups réitérés sur les parois, la chaleur se développe aussitôt, et peut s'élever à + 22°,2, selon Newport, les Abeilles agitées s'accumulant autour du réservoir du thermomètre, remarque à laquelle l'auteur anglais n'a pas prêté une attention suffisante. Newport reconnaît que son opinion est en contradiction avec les anciennes observations de Swammerdam, de Réaumur et d'Huber, d'après lesquelles il se maintiendrait en hiver dans les ruches la température élevée d'un perpétuel printemps. Il croit qu'il y a là erreur due à ce que l'introduction des thermomètres causait aux Abeilles engourdies une agitation factice suivie d'une chaleur exagérée. Or les apiculteurs n'ont jamais admis l'engourdissement hibernal des Abeilles et la basse température qui l'accompagne. D'autre part, les expériences de Newport sont incontestables. Je crois qu'une circonstance à laquelle Newport n'a pas pris garde peut tout expliquer.

Certainement Newport n'a pas eu connaissance d'anciennes et très-remarquables expériences faites par Dubost (*Méthode avantageuse de gouverner les Abeilles*. Bourg (Ain), 1800). Dubost avait fait construire des ruches de bois pourvues de vitrages, contenant chacune au centre un thermomètre à mercure, entouré d'un étui de bois percé de trous et fixé à demeure, afin d'éviter l'objection qui lui fut faite par Huber sur l'introduction brusque du thermomètre, cause d'erreur que Newport suppose, probablement à tort, avoir existé dans toutes les anciennes expériences. Dubost a reconnu qu'en été, au moment de l'essaimage, la chaleur de la ruche varie de 28 à près de 34 degrés, et

se tient habituellement à 32 degrés, que la chaleur est à peu près égale à celle qu'une Poule communique à ses œufs lorsqu'elle couve. L'éclosion du couvain paraît souffrir de températures plus basses ou plus élevées. C'est pour augmenter la chaleur nécessaire à cette éclosion que les Abeilles, quittant leurs travaux, se groupent au centre de la ruche, sur les gâteaux, se serrant les unes contre les autres (p. 13), procédant de la sorte à une véritable incubation, et n'ayant qu'une inaction apparente ; les Abeilles savent ainsi entretenir une chaleur déterminée, absolument nécessaire pour opérer la naissance des jeunes Mouches (p. 17). Si, au contraire, la chaleur devient trop forte dans la ruche, les Abeilles établissent des ventilateurs qui ne sont autres qu'elles-mêmes, se portant vers l'entrée, se cramponnant aux parois, et agitant leurs ailes avec une rapidité telle, que l'œil peut à peine en suivre les mouvements.

Dubost examina, jour par jour, la température de ses ruches pendant le rigoureux hiver 1788-1789. Après l'éclosion du couvain, la température des ruches tombe à une valeur de 20 à 25 degrés, mais reste à cette limite, même par les froids les plus rigoureux, pourvu que les Abeilles serrées en peloton continuent à entourer le thermomètre ; mais on peut, peu de temps après, trouver ce même thermomètre à quelques degrés au-dessous de zéro. Dans cette saison, en effet, les Abeilles n'occupent jamais qu'une partie de la ruche, et si elles s'éloignent du thermomètre celui-ci subit l'influence de la température extérieure (p. 10). Ce fait donne, sans doute, la raison des résultats assez variés selon que les pelotes d'Abeilles étaient plus ou moins voisines du thermomètre, constatés par Newport pour ses ruches en hiver, et des basses températures qu'il y observait quelquefois, habituellement supérieures toutefois à la glace fondante. Dubost vit le thermomètre descendre dans une de ses ruches à —5 degrés, la serre où elle était placée étant à —8 degrés et l'air libre du dehors à —20 degrés. Les Abeilles, vives et bien portantes, avaient quitté le centre de la ruche où était fixé le thermomètre, pour se placer dans la partie supérieure. Une autre ruche, plus peuplée et plus riche en miel, laissée au froid rigoureux du

dehors, conservait, comme à l'ordinaire les hautes températures indiquées. Dans l'intérieur des deux ruches pendaient des glaçons s'arrêtant brusquement autour des parties où les Abeilles rassemblées en peloton conservaient une haute température. Dubost, à la fin de janvier 1789, observa des ruches sans abri dans la campagne, et, en frappant légèrement sur les parois, entendait aussitôt assez de bruit pour être rassuré sur le sort de leurs habitants; on ne peut présumer que, dans un pareil hiver, la gelée n'eût pas pénétré jusqu'aux Abeilles, si elles n'avaient eu le pouvoir de l'arrêter. Les Abeilles ne sauraient résister sans périr, même pendant peu de jours, à un véritable engourdissement; en hiver, elles se réunissent en masse et sont toujours environnées d'air chaud. Non-seulement elles ne succombent pas sous les atteintes du froid, mais peuvent encore se déplacer dans la ruche et notamment se serrer davantage, si le froid augmente, de sorte que le thermomètre au milieu des Abeilles monte alors de quelques degrés (p. 29), pour descendre, au contraire, si le temps devenant plus doux, le peloton s'éclaircit.

Les expériences de Dubost, si curieuses et conduites avec une véritable précision scientifique, sont restées ignorées, non-seulement de Newport, mais des auteurs français, ainsi qu'on peut s'en assurer en lisant le court extrait du journal *l'Institut* au sujet du mémoire de Newport inséré dans les *Annales des sciences naturelles* (Zoologie, 2^e série, t. VIII, 1837, p. 424), et l'excellent ouvrage de M. Gavarret, *De la chaleur produite par les êtres vivants* (Paris, 1855, p. 385 et ailleurs). Il n'en reste pas moins acquis à Newport la preuve expérimentale de la chaleur d'incubation, et cette découverte importante que les dégagements de chaleur des Hyménoptères sociaux sont proportionnels à l'activité des mouvements respiratoires et à la quantité d'air respiré. Dubost, au contraire, tombe, à ce sujet, dans une erreur manifeste, quand il remarque que l'activité et la chaleur des Abeilles sont en raison de la quantité de miel qui se trouve dans la ruche et qu'il attribue la chaleur dégagée à la fermentation du miel servant à échauffer les Abeilles (p. 3 et 13). Il est juste de dire, qu'à l'époque où Newport expérimentait, la théorie chimique de

la respiration était autrement établie et justifiée qu'à la fin du XVIII^e siècle.

Newport a ajouté à ses observations sur les Abeilles et les Bourdons la recherche de la température des nids de quelques autres Hyménoptères sociaux. Il a trouvé des excès de 14 à 15 degrés au milieu du guépier de la *Vespa vulgaris*. Dans le nid de la *Formica herculeana*, l'excès était d'ordinaire de 6 degrés environ, mais pouvait monter à 13 degrés si les Fourmis étaient fortement excitées. Les nids des *Bombus lapidarius* et *sylvorum* n'ont ordinairement, comme celui du *Bombus terrestris*, que 5°,5 à 6°,5 d'excès; mais il peut s'élever à 10 degrés si les Bourdons sont excités ou dans une période d'incubation.

Les recherches de Newport sur les Insectes isolés, au point de vue de la chaleur, comprennent plusieurs aspects de la question.

Il s'occupe de la chaleur propre de diverses espèces choisies dans plusieurs ordres différents et à l'état adulte (p. 283 et suiv.). Il y a ici deux résultats dignes d'être cités spécialement. Parmi les Coléoptères, les *Carabus monilis*, *violaceus* et *nemoralis* n'ont jamais présenté que des excès à peine sensibles au-dessus de l'air ambiant, comme 0°,1 à 0°,2, tandis que le *Melolontha vulgaris* donnait des excès de 4 à 5 degrés pour sa température externe et le *Rhizotrogus solstitialis* de 0°,8 à 1°,7 (p. 293). Or, les Carabes sont des Coléoptères terrestres, à trachées tubuleuses, et les Hannetons des Coléoptères volants à trachées vésiculeuses; la liaison avec la respiration est immédiate. Chez les Lépidoptères, il faut noter les expériences sur le *Sphinx ligustri*, pour lequel Newport trouve des excès extérieurs très-variables, de 0°,2 à 5 degrés, les plus grands ayant lieu quand l'insecte est en mouvement, les plus faibles lors du repos.

Une série intéressante de recherches se rapporte à l'influence de diverses conditions physiologiques sur la chaleur libre des Insectes. Elle décroît avec la privation d'aliments (p. 272), et les résultats sont conformes à ceux que j'ai obtenus pour des Bourdons dont la chaleur propre, soit au thermomètre différentiel à l'air, soit à la pile thermo-électrique, décroît à mesure

qu'ils s'affaiblissent par la privation de miel. Le repos et le sommeil amènent aussi une forte et immédiate diminution dans la chaleur propre dégagée (p. 273). Newport dit avoir quelquefois vu chez des Bourdons endormis la température s'abaisser un peu au-dessous de celle du dehors, de 0°,1 environ, mais c'était seulement dans le cas spécial où celle-ci était en voie de rapide accroissement et par la lenteur avec laquelle tend à se faire l'équilibre. Quand cela arrive, dit Newport, l'insecte se réveille légèrement et fait une ou deux fortes inspirations; sa température se relève rapidement au niveau de celle de l'atmosphère et l'animal retombe dans son sommeil primitif; l'inverse se présente si la température de l'air diminue, l'insecte endormi peut ou rester bien plus chaud que l'air ou s'abaisser peu à peu, mais moins rapidement que l'air, et cela avec plus de lenteur que lors de l'échauffement. Je suis obligé d'appeler l'attention sur ces faits, dus surtout à la conductibilité calorifique et qui se passent dans un milieu à température variable, afin qu'on ne puisse pas les opposer à des expériences dans des conditions différentes que j'ai à faire connaître, et où des abaissements de température superficielle se produisent dans un air à température constante.

Newport a surtout examiné sous le point de vue du sommeil le *Melolontha vulgaris*, l'*Apis mellifica*, le *Bombus terrestris* et la chenille du *Sphinx ligustri*; une table donne pour cette dernière la concordance des décroissements de l'excès de température avec la durée du sommeil et la diminution coïncidante des pulsations du vaisseau dorsal. L'étude de l'hibernation appartient au même ordre d'idées et comprend principalement les températures comparées des nids de l'*Anthophora retusa* en activité et dans le sommeil d'hiver (p. 275-279). Cette espèce présente la particularité remarquable que, dès le mois de septembre, on trouve dans le nid des larves, des nymphes et des adultes éclos qui attendent sans sortir jusqu'au milieu du printemps de l'année suivante, vivant aux dépens de la graisse accumulée dans leurs tissus.

Alors, dit Newport, la nymphe et l'adulte hibernants restent sensiblement à la température ambiante, tandis que la larve,

seule active et mangeant la pâtée mielleuse, est plus chaude qu'eux. Il en est tout autrement quand la saison d'hibernation est passée et que la femelle rousse s'envole à tire d'ailes au soleil de mai et de juin. La température est alors fort au-dessus de celles de la larve, de la nymphe et de l'insecte hibernant. Le nid, construit dans un sol mauvais conducteur, n'a encore en avril, l'hibernation n'ayant pas cessé (du moins en Angleterre), qu'une température de 13 degrés, tandis qu'après la sortie des adultes actifs et alors qu'ils construisent des cellules et les approvisionnement de pâtée mielleuse, la température des cellules s'élève à 27 degrés et plus.

Newport, dans ses recherches sur la chaleur superficielle des larves (p. 264), n'a jamais constaté de froid, c'est-à-dire d'abaissement au-dessous de la température ambiante. Il a principalement opéré sur de grosses chenilles rases, les poils de beaucoup d'espèces ne permettant pas une application facile du thermomètre; il a examiné, en outre, des larves d'Hyménoptères, solitaires ou sociaux, et de Diptères. Il n'a pas fait d'expériences sur les larves de Coléoptères, regardant les résultats comme analogues à ceux des larves précédentes, d'après la ressemblance des sujets. Quant aux larves des Orthoptères et des Hémiptères, que les conditions d'existence et la conformation rapprochent beaucoup des adultes, il est inutile de les étudier à part, car elles ne doivent pas différer notablement sous le rapport de la production de chaleur et de sa dépendance avec la respiration.

Newport est arrivé à formuler cette loi générale que la température de la larve est toujours plus basse que celle de l'adulte de la même espèce, en prenant deux individus dans un état d'activité analogue relativement à leurs conditions habituelles. Pour les larves des Hyménoptères les plus élevés, comme les *Bombus*, *Anthophora*, etc., l'excès s'élève de 1°,4 à 2°,2, tandis que pour les adultes il monte de 1°,7 à 4°,4 et 5°,5 et bien plus si l'insecte est fortement excité. Pour la larve et l'adulte de *Musca vomitoria* (Diptères), la différence est un peu moindre, atteignant rarement 0°,8 pour la larve et 1°,4 pour l'adulte. Les insectes Diptères ont une température un peu moindre que les

Hyménoptères, mais il faut dire que la faible masse des Diptères européens rend l'observation difficile et peu précise. Sur les grands Lépidoptères, à corps volumineux, la même difficulté n'existe pas. La larve de l'*Acherontia atropos* n'a pas dépassé au excès de 0°,25 environ, et, au repos, était tout à fait à la température ambiante; celle de *Pygæra bucephala* de 0°,25 à 0°55, de l'*Attacus carpini* de 0°,2 à 0°5, selon le degré d'activité. Les nombres sont analogues pour les chenilles des *Smerinthus populi* et *ocellatus*, *Dicranura vinula* et *Sphinx ligustri*. La chenille de *D. vinula* a parfois offert un excès de 1 degré; celle de *Sphinx ligustri* avait son maximum du cinquième au sixième jour après sa dernière mue, alors qu'elle mangeait avec beaucoup de voracité, comme les Vers à soie en grande frêze; elle atteignait alors un excès de 0°,7, puis les jours suivants n'avait plus que 0°,5, et enfin 0°,3, au moment de se chrysalider, sa respiration étant alors moindre et sa température affaiblie par une abondante transpiration. Les adultes vigoureux de ces deux dernières espèces accusaient, au-dessus de leurs larves, toujours pour la température superficielle, des excès qui s'élevèrent parfois à près de 4°,4 et ordinairement à 2°,8. Dans toutes ces expériences de Newport, les températures absolues de l'air varièrent de 13 à 20 degrés. Le naturaliste anglais fit aussi quelques expériences pour constater la température interne des mêmes chenilles, au moyen d'incisions, procédé qu'il regarde comme très-défectueux. Ses nombres sont analogues aux précédents. La température intérieure des larves de l'*Anthophora retusa* (Hymén.) fut prise sur des sujets dont les nids étaient depuis plusieurs jours dans une chambre de chaleur à peu près constante, et, sur chaque larve, aussitôt après qu'elle était retirée de sa cellule; l'excès pour un grand nombre de ces larves fut en moyenne de 0°,55. Une d'elles présentait ce même excès à l'intérieur comparative-ment à la température de sa face ventrale; pour la larve de *Musca vomitoria* même excès interne, mais pendant quelques secondes seulement, à cause du peu de masse.

Les expériences de Newport sur les chrysalides ou nymphes (p. 267), sans nourriture et sans mouvements de progression, des

Insectes à métamorphoses complètes, sont peu nombreuses. Il indique, comme fait général, que cet état de repos correspond à une température plus basse que dans les périodes d'activité antérieure et subséquente, c'est-à-dire pour la larve et l'adulte de même espèce. Il a trouvé d'habitude que les Insectes sont alors très-sensiblement à la température ambiante. C'est ce qu'il constate sur des chrysalides de *Sphinx ligustri*, placées chacune dans une fiole de verre à côté du thermomètre, et observées pendant trois jours. Il a trouvé une fois un abaissement de température de $0^{\circ},05$ et remarque que, la température de l'air extérieur étant alors en train de s'élever, cela provient simplement d'un effet de conductibilité ; une chrysalide de la même espèce était en hiver très-sensiblement à l'intérieur, comme l'incision le fit voir, à la température de glace fondante ainsi que l'air ambiant. Newport n'a pas eu l'idée de suivre à la balance la perte de poids des chrysalides par évaporation et a ignoré les faits nouveaux que nous ferons connaître sur leur abaissement superficiel de température et sur le rôle du cocon. Des pupes de *Musca vomitoria*, recouvrant le réservoir du thermomètre, n'amenèrent aucun changement ; avec des nymphes d'Abeilles il y eut un léger excès, bientôt éteint par la rapidité avec laquelle les nymphes perdent leur chaleur comparativement aux larves ; cela explique, dit Newport, pourquoi tant d'Hyménoptères enfouissent leurs nids en terre dans les couches sèches et peu conductrices et prises dans les talus exposés au soleil levant, pourquoi les Abeilles et les Bourdons se pressent en foule sur les cellules contenant les nymphes prêtes à éclore, afin de leur procurer l'augmentation de chaleur nécessaire pour la transformation. Dans quelques circonstances seulement la température des chrysalides s'élève au-dessus de celle de l'air ambiant ; ainsi, au moment où elles viennent de se former, que leur tégument est encore mou et leur respiration active, leur excès de température ne le cède pas à celui des larves. Ainsi la chrysalide toute récente de *Sphinx ligustri* dépassait de $0^{\circ},7$ la température de sa coque de terre, mais au bout d'une heure, la différence était à peine de $0^{\circ},2$. Une chrysalide fortement excitée s'élève au-des-

sus de la chaleur ambiante et de même si l'on augmente ou si l'on diminue subitement la température de l'air qui l'entoure, et enfin au moment où elle va devenir insecte parfait, en un mot, alors que sa respiration doit augmenter.

Les résultats obtenus par Newport pour les Insectes adultes comparés aux états antérieurs (p. 270) sont fort importants. tout à fait conformes aux données de la physiologie sur les Vertébrés supérieurs, et entièrement confirmés par mes expériences au même point de vue et par d'autres méthodes. L'insecte, dit-il, ayant achevé sa dernière métamorphose, offre une température du corps plus élevée qu'à toute autre époque de sa vie. et, quand il est dans une période d'activité, il est moins influencé par les changements subits de température de l'atmosphère que dans ses premiers états d'existence de larve et de chrysalide. Il possède donc une plus grande puissance de produire de la chaleur et de maintenir sa température; mais cette faculté n'est acquise que quelque temps après que l'insecte a pris l'état parfait, et d'une manière variable, selon les espèces. Lorsqu'un Lépidoptère quitte la peau de la chrysalide, son corps est entièrement mou et débile, ses ailes non encore développées et il paraît posséder moins de chaleur propre que quand il allait se transformer de larve en chrysalide. Sur ce point, Newport aurait pu remarquer qu'il y a un effet accidentel d'évaporation. Le papillon, reprend-il, cherche un lieu retiré où il puisse se suspendre verticalement en repos pour compléter le développement de ses organes locomoteurs. Pour cela, il respire avec force et longtemps; le gaz inspiré pénètre dans les grands sacs aériens de l'abdomen et jusque dans la base des ailes avec lesquelles les troncs trachéens sont en communication directe, et ces organes se développent à mesure que l'air entre dans les trachées qui en suivent les nervures. En même temps la température de l'insecte se relève peu à peu, atteignant son maximum quand les ailes sont tout à fait devenues fermes et aptes au vol. Ainsi la *Dicranura vinula* (Lép., Chalinoptère, Nototondides), une demi-heure après sa sortie de la chrysalide, n'avait qu'un excès de 0°,14; au bout d'une heure, 0°,17; d'une heure et demie, 0°,33, et l'In-

secte était pendant ce temps peu actif. Au bout de deux heures et demie, l'animal devenu plus vif, l'excès fut de $0^{\circ},66$ et, les jours suivants, très-excité, de près de 4 degrés. De même, le *Sphinx ligustri* (Lép., Chalin., Sphingiens), au bout d'une heure et un quart d'éclosion, avait un excès de $0^{\circ}22$; de deux heures et un quart, $2^{\circ},9$ alors qu'il commençait à voler; un autre, ayant volé plus longtemps, offrait un excès extérieur de 5 degrés. Dans ces mêmes espèces, les excès des larves ne sont que de $0^{\circ},7$ à 1 degré.

La production de la chaleur présente à peu près la même loi pour les Hyménoptères, dont nous devons faire remarquer l'analogie d'organisation trachéenne avec les Lépidoptères, celle de la forme des ailes pour les papillons à vol très-puissant, etc.

Newport déclare n'avoir jamais trouvé un seul cas dans lequel il n'y eût un certain excès sensible de température extérieure chez les Insectes parfaits en activité de mouvement; on peut, dit-il, regarder comme admis que toute la classe développe une certaine chaleur extérieure. Mes résultats sont en complet accord avec ceux du naturaliste anglais, sauf quelques exceptions qu'une forte évaporation explique; dans les jours chauds, j'ai quelquefois trouvé l'*abdomen*, mou et gonflé d'œufs, de grosses femelles d'*Attacus* (Lépid., Chal., Bombyciens), ou de *Gryllotalpa* (Orthopt. coureurs) très-légèrement au-dessous de l'air ambiant. Le docteur Berthold, fait remarquer Newport, n'était pas arrivé à cette conséquence uniforme, et n'avait pas reconnu de chaleur appréciable dans deux expériences répétées par Newport avec des résultats différents. Ainsi Newport rapporte que vingt individus de *Musca vomitoria* adultes (*Calliphora* R. D.) lui donnèrent, en état d'activité, un excès de $0^{\circ},55$ à $1^{\circ},55$, l'air étant à $41^{\circ},4$, et les mêmes, au repos, seulement $0^{\circ},33$; Berthold n'avait pas trouvé d'excès à $21^{\circ},2$, sans doute ses mouches étant trop peu actives. En cherchant à constater si un Insecte isolé dégageait de la chaleur, et pour cela introduisant de demi-heure en demi-heure un thermomètre dans une incision faite sous les élytres d'un Hanneton, il n'obtint aucun résultat, ce qui doit tenir à une évaporation de liquide extravasé, tandis que Newport trouve sur

divers Hannetons, selon leur activité, des excès variant de 1°,1 à 5 degrés.

Ces faits suffisent, affirme Newport, pour prouver l'existence chez les Insectes d'une forte température du corps, plus grande chez l'adulte que chez la larve, et en accord avec les faits observés par W. Edwards relativement à la différence qui existe entre la température des jeunes Mammifères et des adultes.

Les conclusions (p. 324) du mémoire de Newport sont toutes dirigées vers la démonstration de la dépendance continuelle et intime de la respiration et de la chaleur animale et justifient l'opinion émise dans notre travail, que les Insectes sont au nombre des animaux qui établissent le mieux cette corrélation.

« Relativement aux mœurs et à la structure anatomique des Insectes, dit-il, la quantité de chaleur est la plus grande chez les Insectes qui volent; ils ont aussi les organes respiratoires les plus amples et ce sont ceux qui consomment le plus d'air. Chez les Insectes terrestres, la chaleur est plus grande chez ceux qui ont les organes respiratoires les plus volumineux et qui respirent la plus forte quantité d'air, quelle que soit la disposition de leur système nerveux. (Newport fait ici, entre autres Insectes, allusion aux Hannetons à trachées vésiculeuses plus chauds que les Carabes à trachées tubuleuses.)

» Dans l'état de larve, les organes respiratoires sont moins amples que chez l'insecte parfait, comparativement au volume du corps, et la larve a toujours la température moins élevée. Il faut toujours observer si l'activité respiratoire est la même dans les sujets que l'on compare. Ainsi, bien que les organes respiratoires aient plus de capacité dans la chrysalide que dans la larve, la température de la première est plus basse en raison de la condition physiologique d'une respiration inactive. »

« En considérant ces faits et en comparant, par analogie de condition, les Insectes aux Oiseaux, selon l'opinion du professeur Grant et de Richard Owen, vu la grande extension que prend dans ces deux classes l'appareil respiratoire disséminé dans tout le corps et l'activité de la fonction, et d'autre part la plus grande élévation de température des animaux des deux groupes, par

rapport aux autres classes de leurs embranchements respectifs, nous ne pouvons nous empêcher d'admettre l'opinion des plus éminents physiologistes, que la chaleur animale est le résultat direct des changements chimiques qui ont lieu dans l'air respiré.

» On pourrait arguer que la rapidité de la respiration coïncide avec celle de la circulation, et que cette dernière puisse peut-être précéder la première et être, en réalité, la cause du dégagement de la chaleur. On peut répondre à cela que la larve a une circulation plus rapide et cependant développe moins de chaleur que l'Insecte parfait. On peut voir, par un grand nombre d'observations inscrites dans mes tableaux, que la rapidité des pulsations du vaisseau dorsal peut coïncider avec un faible excès de température. On a reconnu que la larve en train de s'éveiller n'offre pas un plus grand nombre de pulsations, jusqu'à ce qu'ait commencé la première respiration, et dès lors la chaleur devient apparente. »

« Nous avons vu que dans les Insectes volants les plus parfaits, comme les Abeilles et les Sphinx, il y a la plus forte chaleur que dégage cette classe d'animaux et aussi la plus grande quantité d'air consommé (cette corrélation n'est toutefois pas appuyée d'analyses chimiques). Ils offrent aussi un système nerveux très-développé, et par suite on pourrait conclure, avec raison, que ce système doit avoir une grande influence sur la production de la chaleur. Mais, d'un autre côté, nous trouvons un grand nombre d'Insectes, comme les Méloés (Coléoptères, de la tribu des Cantharidiens, à gros corps mou), qui produisent beaucoup de chaleur et dans lesquels le système nerveux est comparativement peu développé; mais ces Insectes ont des organes respiratoires volumineux et une respiration étendue. Dans les Staphylins (Coléoptères) le système nerveux est extrêmement développé comparativement au volume du corps, les organes respiratoires sont assez grands, l'excès de chaleur très-modéré. Dans les Carabes (Coléoptères), le système nerveux est développé, de même que les organes de la respiration; mais l'activité de la respiration et l'excédant de la chaleur sont peu considérables (les trachées sont tubuleuses). Les Blaps (Coléoptères) sont dans

le même cas, sauf que leur système nerveux est d'un petit développement. Si la production de la chaleur dépendait du système nerveux ou du nombre de ses ganglions, la Sangsue qui a vingt-deux ganglions devrait produire plus de chaleur que les chenilles des Lépidoptères, qui n'en ont que dix ou douze, et les larves, en général, devraient donner autant de chaleur que les Insectes parfaits. Chez les larves de l'Abeille, du Frelon, de l'Ichneumon, de la Tenthrède, qui produisent tant de chaleur, le système nerveux est extrêmement réduit; et si, comme quelques-uns le supposent, la chaleur est le résultat des contractions musculaires, elle doit être la plus développée là où il y a la plus grande contractilité musculaire. Elle devrait donc se produire plus dans la Sangsue que chez les autres Annelés et elle devrait exister chez ces Vertébrés qui sont, au contraire, notés comme des animaux à sang froid.

» Ces faits, d'après une mûre réflexion, rapprochés de cette remarquable circonstance que l'Abeille possède la puissance de produire la chaleur à volonté, nous conduisent à la conclusion que, bien que toutes les fonctions se rattachent plus ou moins à la production de la chaleur, la cause immédiate réside dans les changements chimiques effectués pendant la respiration, et que l'influence du système nerveux ne vient qu'en seconde ligne. »

§ 3.

Méthodes expérimentales employées pour rechercher la chaleur propre des animaux articulés et spécialement des Insectes. (Discussion au point de vue de la physique.)

Les élévations de température les plus sensibles, les plus anciennement signalées chez les animaux Articulés et principalement chez les Insectes, ont été observées, avons-nous vu, quand ces petits êtres sont accumulés en grande quantité, et surtout dans des espaces clos, à parois peu conductrices de la chaleur, comme la paille des ruches, le carton naturel ou les creux d'arbres des guêpiers, les matériaux meubles et pénétrés d'air intercalé des fourmilières. La chaleur diffusée à l'intérieur par les parois se concentre, la température monte et, par une réaction

naturelle sur l'organisme, l'état physiologique des sujets ainsi renfermés ne peut être le même que s'ils sont isolés à l'air libre.

En outre, dans ces expériences, ces petits animaux, entassés les uns sur les autres, sont dans un état d'excitation qui augmente leur chaleur propre habituelle, et, de plus, ils offrent alors une masse considérable qui rend bien moins sensible l'effet du fluide ambiant dont la capacité calorifique tend sans cesse à amener un partage de la chaleur et à établir l'identité de température. Quand il s'agit de Mammifères et d'Oiseaux, à dégagement considérable et continu de chaleur en vertu d'une respiration incessante et d'une circulation précipitée, et présentant, en outre, le plus souvent, une grande masse, on conçoit que l'influence du milieu ambiant soit négligeable. Il n'en est plus de même assurément pour de petits animaux de très-faible poids et dont la respiration est, en général, intermittente, et c'est cette double influence qui ne nous permet de constater, dans beaucoup de cas, sur les Insectes pris isolément, que des excès de température assez peu considérables, alors que, pris au contraire en amas, ils offrent des excès comparables à ceux des animaux supérieurs. On ne doit donc pas perdre de vue que le problème se complique ici de l'action incessante du milieu ambiant et du thermomètre dont la masse est le plus souvent bien supérieure à celle de l'animal isolé, ce qui tend à amener un prompt équilibre.

Quand les Insectes sont de grande taille et en activité de respiration et de mouvement, comme les *Sphinx convolvuli* et *ligustri*, qui butinent le soir sur les fleurs des jardins, la chaleur dégagée est assez grande pour impressionner la main quand on les saisit dans le filet qui a servi à les capturer.

Les recherches sur la chaleur animale se divisent en deux groupes bien distincts, les méthodes calorimétriques et les évaluations au thermomètre.

D'après la nature de nos expériences, nous n'avons à examiner que l'application aux animaux Articulés des procédés thermométriques, qui indiquent seulement des différences d'avec la température ambiante, incontestablement liées aux phénomènes de la respiration et de la circulation, mais sans aucune corrélation

numérique pondérable pour les effets chimiques produits. Deux classes de thermomètres ont été mis en usage pour les animaux Articulés, les appareils thermo-électriques où l'effet calorifique est en relation avec le courant électrique obtenu et avec la déviation de l'aiguille aimantée du galvanomètre qui en est la conséquence, et les thermomètres ordinaires, principalement à mercure ou à air, où l'effet calorifique se traduit par une dilatation d'un corps constant et identique avec lui-même et avec les autres instruments de même type.

Dans les premières recherches de ce genre sur des animaux Articulés pris isolément, dues à Haussmann (1803), l'Insecte était placé dans une fiole de verre fermée et, à côté, dans la même fiole, un thermomètre, de sorte que l'échauffement de l'air clos de celle-ci se communiquait au thermomètre. Il n'est pas besoin de faire remarquer que la respiration de l'Insecte dans un air confiné cesse bientôt d'être normale et que le verre n'étant pas athermane, il est impossible d'évaluer la part des radiations extérieures. John Davy (1) introduisait dans le corps de l'animal articulé, fendu par une large incision, le réservoir d'un thermomètre à mercure. En opérant de cette façon, il est clair d'abord qu'il produisait chez l'animal une violente perturbation devant d'abord exagérer le résultat normal, puis, au contraire, le diminuer à mesure que l'Insecte perd, avec ses forces, la faculté de produire et de conserver la chaleur ; en outre, le liquide s'écoulant de la blessure et subissant une évaporation pouvait amener un refroidissement très-variable. Ces inconvénients avaient frappé Newport, qui, dans ses nombreuses recherches, au moyen du thermomètre à mercure, se contente, en général, de maintenir l'Insecte au moyen de pincettes en contact par un grand nombre de points de sa face inférieure avec le réservoir, de manière à l'en recouvrir le plus possible (2). Il se servait de très-petits thermomètres à mercure dont le réservoir avait à peine le diamètre d'une plume de corbeau. La pince de métal avec laquelle

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 1826, 2^e série, t. XXXIII, p. 195.

(2) *Philos. transact.* 1837, 2^e partie, p. 259.

L'Insecte était assujetti, était entourée de laine, et la main qui la tenait munie d'un gant pour éviter le rayonnement. Newport avait pris soin de s'assurer, par des épreuves spéciales, en opérant des frottements étrangers analogues, que le frottement des anneaux du corps de l'animal, lorsqu'il respire avec rapidité, contre le réservoir du thermomètre était incapable de produire un échauffement sensible.

Newport remarque que, dans les observations délicates, comme par exemple, pour constater les variations de température d'un Insecte en repos ou en mouvement, il est nécessaire de faire usage du même instrument pour déterminer la température de l'atmosphère aussi bien que pour mesurer celle de l'Insecte, car on tombe sans cela dans la difficulté de la comparabilité parfaite de deux thermomètres différents. Il avait soin de mesurer d'abord la température de l'air, puis celle de l'Insecte, faisant remarquer que s'il eût, au contraire, observé d'abord celle de l'Insecte, l'humidité déposée sur le réservoir de l'instrument par la transpiration cutanée du corps de l'animal aurait produit du froid par évaporation et de là une température atmosphérique trop basse; et, par suite, la différence avec celle de l'Insecte trop grande.

Il est facile de voir qu'il subsiste encore dans cette manière de procéder de graves causes d'erreur. La nécessité de tenir l'animal immobile et de vaincre constamment ses efforts pour s'échapper en l'appuyant sur le réservoir du thermomètre doit amener chez lui un état de trouble qui n'est pas sans influence sur sa chaleur propre. La laine qui entourait la pince et celle du gant n'était pas un obstacle suffisant à la communication de la chaleur de la main par conductibilité du métal, et surtout, en outre, la présence du corps de l'observateur modifiait la température de l'air ambiant et celle du thermomètre même imparfaitement recouvert par l'animal. J'ai reconnu par de nombreux essais, en me plaçant dans les mêmes circonstances que Newport, que cet effet de rayonnement du corps sur des thermomètres très-sensibles peut aller de 0°,5 à 1 degré même du thermomètre centigrade, et comme cet effet n'est évité qu'en partie dans les

expériences de Newport, il ôte toute confiance dans les nombres absolus, surtout pour les petits Insectes. Toutefois, comme cette cause d'erreur est assez constante dans les expériences de cet habile naturaliste, les résultats comparatifs demeurent d'une grande valeur et font sans contredit du travail de Newport le meilleur que la science possède encore sur cette question. Pour les Insectes très-actifs, Newport s'est, en général, contenté du procédé, si grossièrement approximatif, de Haussmann.

Quand il voulait étudier le dégagement de chaleur d'Insectes volants, pour lesquels il eût été fort difficile de maintenir constamment le thermomètre appliqué contre la région ventrale, il les enfermait isolément dans une petite fiole de verre en les prenant au moyen des pinces mentionnées et ayant le soin particulier de ne pas toucher la fiole avec les doigts.

On peut objecter, dit Newport, que, quand le réservoir du thermomètre est appliqué à l'extérieur du corps, il peut rarement être assez complètement couvert pour que l'instrument indique toute la chaleur développée. L'objection, ajoute-t-il, n'a de valeur que dans les observations de très-courte durée ; en outre, fût-elle très-sérieuse, elle perd sa valeur par la considération suivante : il est presque impossible d'apprécier la température absolument exacte d'un insecte isolé, et quand on cherche la quantité de chaleur dégagée par un Insecte comparée à celle développée par un autre, l'erreur disparaît dans le rapport, les observations faites sur les deux étant pareillement conduites. Cette remarque, très-importante, domine aussi toutes mes expériences.

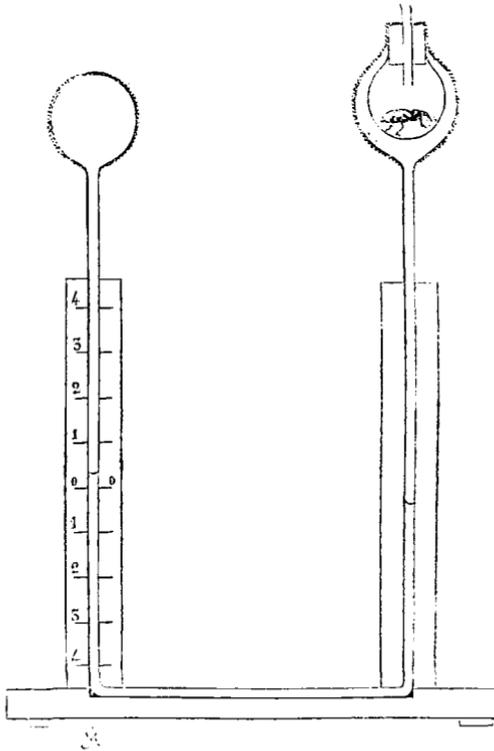
C'est avec beaucoup de raison que Newport recommande de toujours noter à chaque expérience le degré d'activité ou de repos de l'Insecte, ainsi que le nombre des inspirations, car son remarquable travail a surtout pour but de montrer la concordance parfaite de la chaleur dégagée avec l'énergie de la contraction musculaire et de l'activité respiratoire (*quantity of respiration*).

Il a fait un petit nombre d'expériences par le procédé de J. Davy, l'introduction interne du thermomètre ; il rejette cette

méthode par suite des causes d'erreur que nous avons énoncées. En outre, dit-il, la grande masse de l'instrument employé comparée à celle du corps de l'Insecte dans lequel il est introduit, détermine une perte de chaleur absorbée par le thermomètre avant toute dilatation du mercure. Newport ne fait pas attention que la même cause d'erreur subsiste dans ses expériences, où il mesure la température externe, qu'elle est générale dans toute expérience où il s'agit de déterminer la température de très-petites sources. Une des raisons pour lesquelles il préfère sa méthode c'est que, si la température de l'extérieur du corps de l'Insecte est toujours un peu plus basse que celle de l'intérieur, la différence n'est pas si grande qu'on pourrait l'imaginer au premier abord. La température intérieure est rarement, dit-il, si même jamais plus, de $0^{\circ},8$ à $1^{\circ},1$ (centigrade) au-dessus de celle à l'extérieur, et souvent, quand l'Insecte est dans un état de repos parfait, il n'y a pas même $0^{\circ},2$ à $0^{\circ},3$ de différence. Cela est exact pour beaucoup de cas, surtout au repos, mais, chez les bons voiliers en activité, comme nous l'avons constaté, les différences peuvent être plus fortes.

Une cause d'erreur commune à toutes les expériences précédentes, c'est la nécessité de faire concorder les indications du thermomètre influencé par l'insecte avec celui qui donne la température de l'air ambiant, et la difficulté devient notable, si l'on réfléchit que l'état calorifique de l'air ambiant est incessamment modifié par les radiations du corps de l'opérateur. Il est donc utile d'opérer avec un instrument différentiel, protégé par des écrans et à une distance telle de l'observateur que cette cause perturbatrice devienne négligeable. Je me suis arrêté au choix du thermomètre différentiel de Leslie, à longue colonne liquide, bien préférable à celui de Rumford dans lequel la capillarité des ménisques terminaux a une influence énorme et très-irrégulière, eu égard à la très-faible masse de l'index à faire mouvoir. Cet instrument, gradué comme l'indiquent les physiciens (je n'ai pas besoin de dire qu'il faut faire cette graduation soi-même avec le plus grand soin, celle de ces instruments que fournit le commerce étant tout à fait illusoire), donne très-facilement le

quarantième de degré centigrade. L'une des boules a subi une modification importante. Elle offre une profonde cavité intérieure, de sorte que le volume de l'air compris dans la zone



concentrique est sensiblement égal à celui du volume de l'air de l'autre boule. L'orifice rétréci de la boule est fermé par un bouchon muni d'un tube par où l'air entre et sort librement. L'insecte, saisi au moyen d'une longue pince de bois, est placé dans la cavité sans aucune pression, se met volontairement ou reste au repos, respire librement dans un air normal, et la chaleur superficielle de tout son corps agit sur la masse d'air close qui doit pousser la colonne indicatrice de la différence thermométrique à travers une pellicule de verre nécessairement très-amincie par le soufflage. J'ai fait exécuter ces instruments par un habile artiste, M. Vernoy, bien connu des physiciens et des chimistes. L'appareil ainsi modifié pourra servir, non-seulement

pour de petits animaux, mais pour des fleurs en fécondation, des graines qui germent, des substances en combustion lente, des corps phosphorescents, etc., en un mot, de très-faibles sources. Pour éviter la grave objection que Melloni et Nobili (1) font aux thermoscopes à boules vitreuses, et qui est due à ce que le verre est diathermane et d'une manière très-inégale selon les sources, il suffit d'enduire les boules d'une épaisse couche de noir de fumée ou d'une feuille d'argent qui leur donne, outre l'avantage de devenir athermanes, celui de perdre le moins possible par rayonnement. C'est le moyen dont se servent MM. de Laprovostaye et Desains dans ce but. Un écran protège les boules contre leurs rayonnements mutuels. Un écran de bois parallèle à l'appareil et revêtu d'une feuille de métal du côté de l'observateur, qui se tient au reste à une assez grande distance, empêche tout effet de rayonnement du corps de celui-ci. Une fenêtre munie d'une glace et percée dans l'écran permet de lire la graduation. Avec de telles précautions, on est certain que l'excès indiqué provient uniquement et entièrement de l'insecte. De plus, comme l'air n'a qu'une faible masse, il absorbe bien moins de la chaleur superficielle de l'insecte que ne le fait le mercure du réservoir dans les expériences de Newport. On comprend, en effet, que pour de si petites sources, l'influence de la masse du corps thermométrique est toujours très-forte, et l'on ne peut avoir que des résultats en moins, relatifs à la chaleur superficielle de l'animal mis en expérience. D'autre part, outre la même cause d'erreur, la gravité de la lésion éprouvée quand on enfonce des instruments à l'intérieur de leurs organes ne permet pas d'admettre le résultat comme donnant la température intérieure normale. Peut-être une moyenne entre les deux observations approche-t-elle de la vérité ? On voit tout de suite que le genre de recherches dont il s'agit offre bien moins de certitude que pour les Mammifères et les Oiseaux chez lesquels, sans trouble pour l'animal, on introduit le thermomètre, soit dans des cavités naturelles, soit dans des blessures insignifiantes, et chez lesquels

(1) *Ann. de chim. et phys.*, 2^e série, t. XLVIII, 1844, p. 198.

aussi, sauf les plus petites espèces, l'absorption de chaleur par l'instrument est négligeable.

Le thermomètre à mercure qui a servi aux expériences de John Davy et de Newport présente l'inconvénient d'une sensibilité médiocre pour des sources aussi faibles et surtout d'aussi petite masse que les animaux articulés aériens. Il est singulier que Newport n'ait pas eu l'idée de se servir de son thermomètre très-délicat pour mesurer la chaleur propre des Insectes à l'intérieur, sans leur causer de lésions, en l'introduisant dans la partie terminale de l'appareil digestif, selon le procédé presque toujours suivi pour les Mammifères et les Oiseaux, et ainsi que nous l'avons fait dans une partie de nos recherches.

La structure anatomique du gros intestin droit et musculéux des chenilles, sa grande largeur attestée par la dimension des excréments qui en donnent un moule interne exact, et bien supérieure pour les grosses espèces au diamètre des réservoirs des thermomètres délicats, garantissent contre toute objection relative à une perturbation par lésion. J'ai vu les chenilles, après ces épreuves, manger ou filer leur cocon d'une manière complète, ce qui prouvait l'absence de blessure. De cette façon, le réservoir entièrement abrité se trouve soustrait aux causes d'erreur que nous avons signalées, quand on se contente de le mettre en rapport avec la surface du corps de ces petits animaux, et l'on obtient d'intéressants résultats, à cause de la grande différence des températures interne et externe, vu la puissante réfrigération de la surface par le milieu ambiant : et cette différence est bien plus forte que pour les diverses régions des animaux supérieurs ; mais ce genre d'expérimentation exige des Insectes d'une grosseur exceptionnelle. Il faut toujours placer l'insecte sur un lit épais de duvet ou de ouate et le tenir avec une longue pince de bois ; le bois n'ayant pas de conductibilité appréciable, on évite ainsi l'objection qu'on peut faire à la pince métallique de Newport, même entourée de laine ainsi que la main.

Le thermomètre différentiel à air, modifié comme nous l'avons décrit précédemment, est encore plus lent à indiquer les températures que ne le sont de très-petits thermomètres à mercure ; il

faut surtout un temps assez long pour qu'il reprenne sa position initiale d'équilibre avec l'air ambiant, à cause des frottements de la colonne de liquide mouillant et de sa capillarité variable avec la température; et l'inégale épaisseur que peuvent présenter les boules vitreuses ne le met peut-être pas à l'abri de légères influences de la pression atmosphérique.

L'extrême sensibilité des appareils thermo-électriques, rend au contraire cette troisième classe d'appareils la plus apte à donner des indications calorifiques dans la généralité des cas. Ces appareils se divisent en deux groupes: les *aiguilles thermo-électriques*, à deux soudures, formées de fer et de cuivre, ou mieux, de fer et de platine, enveloppées de gomme laque, excepté à la pointe; et les *piles thermo-électriques*, à barreaux multiples de bismuth et d'antimoine. Les aiguilles thermo-électriques, entre les mains habiles de M. Becquerel, ont déjà rendu de grands services pour l'étude de la chaleur animale, et les expériences de MM. Becquerel et Breschet, trop peu nombreuses toutefois, ont fixé, concurremment avec les thermomètres, la température de l'homme, des animaux supérieurs et de leurs différentes régions. Toutefois, même dans ce genre de recherches où nous ne trouvons pas les causes capitales d'erreur que nous signalerons bientôt, M. Becquerel a eu soin de mettre en garde les observateurs contre le difficile usage des aiguilles et les inexactitudes dans lesquelles tombe un expérimentateur peu babile. Il faut une parfaite identité dans les pouvoirs thermo-électriques des deux soudures, éviter tout échauffement accidentel par le corps ou les mains, se mettre en garde contre les réactions chimiques des milieux sur les métaux des aiguilles ou les froids dus à l'évaporation des liquides, et enfin contrôler les expériences par d'autres expériences faites au moyen du thermomètre à mercure; ce qui est souvent impossible pour les Insectes (1). M. Becquerel n'a fait qu'un très-petit nombre d'expériences, cinq ou six, sur les Insectes. Dutrochet, qui s'était d'abord servi des aiguilles

(1) Becquerel, *Traité de physique considérée dans ses rapports avec la chimie et les sciences naturelles*, t. II, 1844, p. 59, 60, 61.

thermo-électriques pour étudier la chaleur des végétaux, c'est-à-dire, dans le plus grand nombre des cas, des effets de simple conductibilité, a eu l'idée de les employer de la même manière pour mesurer la chaleur propre des Insectes. Les travaux de Dutrochet sont les derniers qui aient paru sur cette question (1). Je regrette de me trouver ici en désaccord avec les éloges sans restriction que M. Gavarret donne au travail de Dutrochet dans son excellent livre sur la chaleur animale (2); je crois pour mon compte que la publication antérieure de Newport lui est complètement préférable, malgré les causes d'erreur des procédés de mesure. Nous devons d'abord remarquer que les aiguilles, fer et cuivre, de Dutrochet sont d'une sensibilité beaucoup plus faible que les soudures, bismuth et antimoine, de la pile de Melloni et Nobili; ce qui est fort important quand il s'agit d'aussi faibles sources calorifiques que celles dont il est ici question. Si les aiguilles thermo-électriques donnent de bons résultats pour les animaux de grande masse, c'est qu'elles ne produisent chez eux qu'une lésion insignifiante, et que la quantité totale de chaleur qu'ils possèdent annule les causes d'erreur dont je vais parler. Chez les Insectes, au contraire, la lésion produite par l'aiguille est très-grave et doit les jeter dans cet état de trouble que Melloni et Nobili, comme Newport, reprochent aux observateurs qui enfoncent de petits thermomètres dans l'intérieur du corps de ces animaux. De plus, Dutrochet, qui, lorsqu'il s'agissait des végétaux, enfonçait toujours la soudure à 5 millimètres, afin de rendre les résultats comparables, croit que la même méthode peut s'appliquer aux Insectes. Il n'a pas remarqué qu'il est parfaitement déraisonnable d'assimiler des animaux d'une organisation aussi complexe à des tiges d'asperge, et que cette égale profondeur où il enfonce l'aiguille lui fait rencontrer les organes les plus différents, suivant la région, l'espèce, la taille du sujet mis en expérience. J'ai reconnu directement que la température varie avec les régions, bien plus même que chez les animaux

(1) Dutrochet, *Ann. des sc. nat., Zool.*, 2^e série, t. XIII, p. 5.

(2) Gavarret, *De la chaleur produite par les êtres vivants*, Paris, 1855, p. 122.

supérieurs. En outre, Dutrochet se condamne par sa méthode (il le dit textuellement) à n'opérer que sur de gros Insectes : il ne peut expérimenter sur l'abeille, par exemple. Or, avec la pile thermo-électrique, on obtient un résultat sensible, même sur des Coccinelles, dont le poids varie de 0^{gr},008 à 0^{gr},011.

Dutrochet se voit immédiatement arrêté par la difficulté suivante : dans l'air libre, ses Insectes, enfilés à l'aiguille thermo-électrique, lui donnent tantôt du chaud, tantôt du froid. Il se hâte d'attribuer cela à une évaporation superficielle, sans remarquer que son aiguille de section très-étroite, enfoncée à 5 millimètres, c'est-à-dire, en général, à plus des deux tiers de l'épaisseur de ses Insectes, lui donne la température de ce qui est en contact avec elle dans les parties engainantes, et non de la surface de l'animal, siège de l'évaporation cutanée. Il faut, pour obtenir réellement la température de cette surface, la faire porter sur le thermomètre, même par le plus grand nombre de points possible. Quoi qu'il en soit, Dutrochet, pour éviter cette évaporation, suivant lui, due au corps de l'animal, imagine de le placer sous une cloche fermée et saturée de vapeur d'eau, c'est-à-dire dans une atmosphère peu habituelle que la nature ne réalise à l'air libre que dans les circonstances de sa plus grande humidité. Alors il obtient toujours de la chaleur, résultat assez naturel pour les parties profondes. Il admet, sans hésiter, que les espèces les plus voisines, physiologiquement semblables, donnent tantôt du chaud, tantôt du froid dans l'air ordinaire. Or, avant d'aller plus loin, qu'on se représente un malheureux hanneton attaché à un bâtonnet, rendu incapable par des liens de mouvoir ses membres, avec une aiguille, énorme eu égard à sa masse, enfoncée au milieu du corps et dans une atmosphère toute spéciale ; il me semble impossible de regarder l'animal comme placé dans des conditions normales. Je n'hésite pas à attribuer la faiblesse des indications de Dutrochet à ces mauvaises conditions d'expérience. Il faut opérer sur des Insectes isolés, libres de leurs mouvements, sans vase clos, dans l'air ordinaire et ne subissant aucune lésion. Veut-on savoir d'où venait ce froid, à l'air libre, qui conduit Dutrochet à ces étranges con-

clusions? Tout simplement, et c'est un des motifs qui m'ont fait rejeter souvent les aiguilles pour les expériences dans l'air, à des liquides extravasés plus ou moins, coulant sur la soudure et amenant l'évaporation la plus diverse et la plus irrégulière, avec une variation de température qui est fréquemment du même ordre de grandeur que la quantité à mesurer. Dutrochet, en outre, n'a opéré que sur une vingtaine d'Insectes, somme d'expériences insuffisante pour permettre des conclusions générales sur une classe d'animaux aussi nombreuse. Enfin, il a toujours omis d'accompagner le résultat thermique du poids du sujet mis en expérience, et il est facile de comprendre que ce poids est ici un élément de grande importance, vu l'influence du milieu ambiant. Ainsi, par exemple, qu'on trouve pour la surface du corps d'un Bourdon en activité un excès de 2 à 3 degrés centigrades au-dessus de l'air ambiant, on sera tenté au premier abord d'assimiler le phénomène avec ce qui se passe pour les Reptiles et les Batraciens, pour lesquels le thermomètre donne des résultats analogues; mais si l'on vient à réfléchir que ce Bourdon ne pèse que 3 à 4 décigrammes, on est porté, au contraire, à le rapprocher des animaux supérieurs, à respiration puissante. Les Insectes, en effet, selon les conditions très-variables de leur activité respiratoire, ressemblent tantôt aux Vertébrés dits à sang chaud, tantôt aux Vertébrés à sang froid. Je crois devoir, au reste, citer textuellement l'opinion de M. Becquerel, si bon juge en pareil sujet, à propos des expériences de Dutrochet: « Les résultats obtenus » dans les expériences précédentes sont tellement faibles, et » l'appareil donnant quelquefois des indications provenant de » causes étrangères qu'on ne peut pas toujours saisir quand on » ne connaît pas parfaitement l'appareil, qu'il serait à désirer que les expériences fussent répétées encore un grand nombre de fois pour être certain que les résultats généraux dussent être admis en physiologie (1). » Comme on le voit, M. Becquerel ne paraît accorder qu'une médiocre confiance aux expériences de Dutrochet. Il est vrai que le passage précédent s'ap-

(1) Becquerel, *op. cit.*, p. 87.

plique aux travaux de Dutrochet sur la chaleur des végétaux, car M. Becquerel ne mentionne aucunement le mémoire relatif à la température des Insectes; mais il faut remarquer que ces expériences ont été faites par le même observateur, avec les mêmes aiguilles, également dans l'air saturé, l'une des aiguilles étant enfoncée dans un insecte pareil, tué par immersion dans l'eau bouillante, absolument comme lorsque Dutrochet opérait avec les végétaux. Les aiguilles thermo-électriques peuvent rendre des services exclusifs pour les petits animaux *au sein de l'eau*, milieu dont la capacité calorifique est si différente de celle de l'air.

Les piles thermo-électriques formées de bismuth et d'antimoine l'emportent sans contestation possible sur tous les autres moyens calorimétriques ou thermométriques par leur sensibilité exquise; seules elles donnent des indications avec une foule de faibles sources calorifiques, inappréciables à d'autres appareils. Melloni et Nobili imaginèrent, leur pile restant horizontale, de terminer les appendices qui l'enveloppent de chaque côté par des miroirs concaves de laiton poli. Au foyer principal de l'un d'eux étaient placés successivement les Insectes isolés, retenus dans un réseau en fils de métal, mais sans lésion ni pression. La pile était influencée par la chaleur rayonnant du corps de l'Insecte; plus de quarante Insectes de tous les ordres et aux divers états de métamorphose furent essayés et tous donnèrent des indications de chaleur. (1). Il est facile de voir, en lisant le reste du mémoire, où les auteurs cherchent à mesurer la chaleur de combustion lente du phosphore, la chaleur lunaire, la variation des pouvoirs réflecteur et absorbant des corps avec l'état de la surface ou la couleur, que Melloni et Nobili ne s'occupaient des Insectes qu'en passant et comme preuve de la grande sensibilité de leur appareil; ils se contentent d'énoncer que les Insectes, même isolés et sans lésions, dégagent de la chaleur par la surface du corps; fait important, déjà découvert depuis longtemps par Haussmann, mais que Melloni et Nobili étendaient à beaucoup plus d'exemples. Il faut remarquer que les auteurs opéraient dans une masse d'air

(1) Melloni et Nobili, *Ann. de chim. et phys.*, 2^e série, t. XLVIII, 1831, p. 198.

confinée beaucoup trop limitée, dont la température en s'élevant sensiblement, pouvait réagir sur l'animal ; de plus, on ne sait trop comment lier les indications très-faibles que donnait ce rayonnement à distance avec la chaleur de la surface du corps de leurs Insectes ; enfin, les auteurs ne parlant aucunement de précautions à prendre pour placer ces petits animaux, ont peut-être pu les échauffer avec les doigts, car je me suis assuré que bien souvent les Insectes ne sont pas assez chauds pour influencer à distance la pile thermo-électrique. Il m'a été, au contraire, très-facile de disposer l'appareil de Melloni et Nobili de façon que l'insecte agisse au contact même des barreaux ; il suffit de le placer vertical et de laisser tomber l'animal, appuyé par son poids, sur la face supérieure. Un large cône de métal, athermane, met la pile, outre les écrans, à l'abri de tout rayonnement étranger et empêche en même temps la déperdition d'une partie de la chaleur de l'animal ; il est ouvert, de sorte que l'animal reste toujours à l'air libre, sans lésion ni gêne ; il faut seulement pour les Insectes très-vifs un léger diaphragme de fils de laiton qui les empêche de remonter. On ne doit toucher les Insectes qu'avec de longues pinces de bois. On obtient ainsi au contact des effets puissants. La grande masse des barreaux tend sans cesse à ramener l'animal à l'équilibre de température ; il produit sur l'aiguille du galvanomètre une déviation qui est en raison et de la masse et de l'excès de température ; dans son retour à l'équilibre, elle prend des positions stationnaires en rapport avec les dégagements variables de la source vivante (selon les contacts et selon des causes propres à l'animal) qui rendent le phénomène complètement différent du cas où un corps inerte, de masse analogue et un peu échauffé, est soumis au contact de la pile et revient à l'équilibre par les seules lois physiques de la conductibilité et du rayonnement. Le galvanomètre étant installé avec les précautions convenables, chaque pile thermo-électrique (on doit faire varier l'étendue de la surface suivant les sujets, afin d'avoir toujours le plus de contact possible) donne de bons résultats comparatifs, vu son identité continuelle à elle-même. En revanche, les appareils thermo-électriques ne sont plus aussi

rigoureusement exacts quand on cherche à en déduire des indications, soit en intensités de courant, soit en unités thermométriques ordinaires, ainsi en degrés centigrades. C'est ce qu'on a toujours fait pour les aiguilles thermo-électriques, ou les disques thermo-électriques, proposés par M. Gavarret (1); c'est ce qu'on peut aussi faire pour la pile de Melloni et Nobili. J'ai cherché à me rapprocher complètement de l'expérience sur les petits animaux, en prenant de petits prismes de cristal, échauffés à l'avance au milieu du duvet de cygne de 1 à 2 degrés, et les transportant très-rapidement au contact des barreaux; on peut ainsi, par une moyenne de nombreux essais, établir une table de concordance entre les déviations galvanométriques et de petits excès de température. On n'a jamais qu'une approximation assez grossière; mais il faut remarquer que les imperfections dans les contacts des Insectes et la grande variabilité de la chaleur propre dans les Articulés rendent ici les valeurs absolues de fort médiocre importance, et affectées d'une double erreur expérimentale; ce sont les comparaisons qui offrent l'intérêt capital. Quand on se contente des indications du galvanomètre, on a des résultats comparables à eux-mêmes, tant qu'on se sert de la même pile, mais elles varient selon l'un et l'autre instrument. Les tables de comparaison avec le thermomètre à mercure, dressées à part pour chaque instrument, ont l'avantage de faire concorder les résultats obtenus séparément, si l'on juge avantageux de les grouper. Elles ne sont pas nécessaires si l'on n'a besoin que de comparer entre elles les expériences faites avec une seule pile. Ayant obtenu sur un grand nombre d'Insectes des indications précises en degrés centigrades par des méthodes directes, j'ai jugé inutile de chercher à traduire de la sorte les déviations du galvanomètre dues aux piles. Les tables de concordance sont fort incertaines avec les déviations initiales, influencées considérablement par la vitesse acquise; or, je suis obligé de me servir de ces déviations afin d'avoir à me préoccuper le moins possible de l'effet du refroidis-

(1) Gavarret, *op. cit.*, p. 30.

sement subséquent par la masse des barreaux, amenant des déviations stationnaires momentanées, selon la réaction très-variable et impossible à apprécier rigoureusement de la chaleur propre de l'animal.

Je me suis toujours servi d'un galvanomètre astatique de M. Ruhmkorff (celui des appareils de Melloni des cabinets de physique), placé à poste fixe dans la salle d'observation sur une plate-forme de bois, assemblée sans pièces de fer, disposée contre un mur sans toucher le parquet, ce qui met l'instrument à l'abri de trépidations accidentelles. Il est bon, quand on observe les déviations, de ne pas avoir sur soi d'objets en fer, troublant les aiguilles, et même il faut se défier du fer qui se trouve souvent à l'intérieur des boutons des vêtements. Les galvanomètres construits par l'habile artiste et le savant que nous venons de citer (1), sont surtout très-comparables dans la première moitié de la course de l'aiguille, le demi-quadrant. Selon les dimensions des Insectes, j'ai employé plusieurs piles. L'une (que je désigne par A) est la pile à base carrée (de 13 mm. de côté et 30 doubles barreaux) de l'appareil Melloni déjà cité; l'autre (pile B), destinée à de plus grands insectes et moins sensible, était une pile cylindrique, de 22 millimètres de diamètre, présentant 34 soudures d'ordre pair et impair; enfin, j'ai quelquefois employé, mais beaucoup plus rarement, une pile que m'avait prêtée M. Ruhmkorff (pile C); c'est une pile carrée, un peu plus grande que la pile A, offrant les soudures en relief, suivant des pointes mousses. Cela permet un meilleur contact avec certaines formes d'Insectes.

Je dois indiquer, pour terminer ce qui concerne les appareils thermo-électriques, quelques manœuvres supplémentaires. Elles m'ont été suggérées par l'expérience dans le cours de mes longues recherches, et peuvent éviter bien des tâtonnements et des erreurs de détail à ceux qui voudraient répéter des expériences pareilles.

(1) Je dois me joindre ici aux savants de toute l'Europe pour exprimer M. Ruhmkorff ma profonde reconnaissance pour le concours précieux et dévoué dont il est toujours si noblement prodigue.

Il faut d'abord éviter cette objection que le frottement du corps de l'insecte et de ses pattes, lorsqu'il s'agite sur les soudures d'une des faces de la pile thermo-électrique, peut produire l'effet observé. J'ai pris des pinceaux-brosse durs et placés au bout d'un long levier de bois, et j'ai laissé tomber sur la pile à plusieurs reprises les poils raides de la brosse, de manière à produire une friction plus forte que celle que les mouvements intermittents de petits insectes peuvent occasionner, et je n'ai pas obtenu au delà de quelques degrés de déviation de la boussole; cet effet est donc, en grande partie, négligeable devant les fortes déviations qu'on observe.

Quand on veut comparer, tout à fait au même moment, les températures de deux régions d'un même insecte, placé sur du duvet ou du coton, comme on a besoin des deux mains pour opérer, il peut être commode, afin de se passer d'un aide qui tienne l'insecte avec une pince de bois, d'attacher l'animal sur un petit carton avec des fils de soie. On pose le carton sur le duvet, et rien n'est plus facile alors que de piquer au même instant les deux régions avec les aiguilles.

On peut employer des procédés particuliers pour comparer les inégales températures de deux régions, toutes deux à l'extérieur d'un insecte. On prend l'insecte dans une longue pince de bois, en entourant la main de linge pour diminuer son rayonnement et l'on porte sur les soudures noircies d'une des bases de la pile, décoiffée de son fourreau métallique et placée verticalement, tour à tour chaque partie à comparer. On a soin de s'assurer que les mains seules ne donnent pas de déviation. Ou bien on peut se servir du petit appareil que nous nommerons *pince de contact* ou *pile à soudures mobiles*, et que M. Ruhmkorf a bien voulu construire pour nos expériences. Ce sont deux ou plusieurs couples bismuth-antimoine de la pile de Nobili, inversement tournés, avec le même nombre de soudures, de manière à donner un effet différentiel, unis entre eux, et au galvanomètre à la façon des aiguilles thermo-électriques, par de fins fils de cuivre rouge. Deux manches isolants sont adaptés, un à chaque série d'éléments. Les soudures libres sont portées ensemble de manière à

toucher les deux régions à comparer, et l'on examine, d'après le sens de la déviation, de quel côté est l'excès de chaleur libre. A ce propos, je dois faire remarquer que les piles A et B dont je me suis servi étaient en bismuth et antimoine purs, selon les modèles de Nobili; mais depuis on est parvenu à obtenir des appareils thermo-électriques d'une bien plus grande sensibilité. Ainsi M. Lombard, aux États-Unis, s'est servi de couples (1) constitués par le bismuth d'une part, et, d'autre part, un alliage de 96 antimoine et 53 zinc, constituant un appareil quatre fois plus sensible que celui de Nobili. M. Ruhmkorff possède aujourd'hui des alliages donnant environ trente fois plus de sensibilité que les anciennes piles Nobili, ainsi que l'a constaté M. E. Becquerel (2). Une pince de contact avec de pareils alliages permettrait de constater de la chaleur chez une puce. Les deux soudures sont l'une en bismuth un peu antimonié, l'autre d'un alliage triple d'antimoine, de cadmium et de bismuth. Les soudures mobiles dont je me suis servi étaient formées chacune de deux couples d'alliages donnant une sensibilité environ triple de celle de bismuth et de l'antimoine purs. Cette sensibilité exquise nécessite de grandes précautions expérimentales. Il faut éviter tout courant d'air, se tenir le corps le plus écarté possible, ne toucher absolument avec les doigts que les fourreaux isolants et non les fils rhéophoriques, et placer les deux mains symétriquement, avec le même nombre de doigts étendus, afin de compenser les effets; les soudures échauffées ne reprennent que lentement la température ambiante, en raison de leur parfaite isolation par la résine.

Un moyen très-facile de s'assurer, dans le courant des expériences au galvanomètre de M. Ruhmkorff, si cet instrument n'a pas perdu de sa sensibilité est le suivant que m'a indiqué son célèbre constructeur. On prend les aiguilles fer-platine, ou, plus simplement, on intercale, à contacts métalliques, un fil de fer dans le circuit de cuivre du galvanomètre. Il faut qu'en serrant

(1) Brown-Séguart, *Archives de physiologie*, n° 4, juillet-août 1868.

(2) E. Becquerel, *Mém. sur les pouvoirs therm. élect. des corps*. (*Ann. du Conserv. des arts et mét.*, 1866.)

une des soudures entre le pouce et l'index, l'autre restant dans l'air, la déviation de la boussole atteint l'arrêt, à 90 degrés.

Il importait enfin de détruire une objection possible à mes expériences au thermomètre à mercure lorsque l'instrument est employé pour obtenir une différence de température entre l'abdomen et le thorax. C'est l'objection prévue autrefois par Newport pour le frottement externe des anneaux. Quand le réservoir est introduit à l'intérieur des segments d'insectes volumineux et doués, en conséquence, d'une force musculaire notable, ne peut-on pas dire que le mouvement du mercure est produit par une compression mécanique exercée sur le verre du réservoir? On a déjà donné cet argument contre les expériences faites pour prendre la chaleur du corps humain en serrant sous l'aisselle le réservoir du thermomètre. Comme les muscles du thorax des Insectes adultes sont plus puissants que ceux de l'abdomen, l'excès de la première région sur la seconde ne provient-il pas d'une pression plus forte, et dès lors n'y a-t-il pas une illusion complète ou partielle à attribuer les résultats notés à une différence thermique? Une expérience directe bien simple permet de répondre dans ce cas et dans tous les cas analogues, comme introduction dans le rectum chez les petits Vertébrés, etc. J'ai pratiqué à la vrille, dans des morceaux de liège parfaitement à la température ambiante, des trous dans lesquels j'ai introduit le réservoir du thermomètre et où il se trouvait beaucoup plus fortement serré que dans l'intérieur des Insectes, comme le prouvait la grande difficulté à le faire tourner sur lui-même et à l'enfoncer, et l'effet dû à cette compression bien plus forte que dans les expériences a varié de un à deux dixièmes de degré; on peut donc négliger la compression beaucoup moindre produite par les Insectes. En outre, souvent on voit le thermomètre monter un peu quand, au lieu de le laisser immobile dans la région où il est introduit, on le retourne sur lui-même afin que tous les points du réservoir soient mis en contact avec toutes les parties chaudes ambiantes. Le frottement ainsi exercé n'est-il pas la cause d'une plus forte élévation de température? En introduisant le réservoir dans des trous étroits dans le liège et en le tournant

sur lui-même de manière à produire un frottement énergétique, bien plus fort que celui des expériences, je n'ai jamais obtenu même 1 degré complet d'élévation; d'où je puis admettre que cette cause, avec le frottement bien plus léger qui se produit dans les expériences sur les Insectes, n'amène qu'une erreur de quelques dixièmes de degré.

Outre cette démonstration directe, il faut remarquer que les observations sur la *face externe* des régions, soit avec le réservoir du thermomètre (procédé Newport), soit avec les soudures mobiles de contact, et que les expériences internes avec les aiguilles thermo-électriques, tout à fait d'accord avec les épreuves par introduction du réservoir du thermomètre à mercure, rendaient évidentes des différences réelles de température; mais il importait de préciser à quel degré d'erreur les compressions et frottements sur le réservoir pouvaient conduire.

Pour relever des températures d'Insectes isolés au thermomètre à mercure, on peut employer les instruments construits par M. Alvergniat pour les observations médicales, consistant en un très-petit thermomètre à maximum à index de mercure, fonctionnant dans toute direction de l'instrument. On peut alors opérer en se tenant le corps très-éloigné de l'insecte, et observant, après l'expérience, la position prise par l'index; avec un thermomètre qui oblige à suivre de l'œil la marche du mercure, on peut craindre une erreur par l'influence du corps. L'instrument à index peut rendre de bons services pour les faibles excès.

§ 4.

Expériences sur des Insectes isolés de différents ordres.

Je ne rapporterai aucune des expériences faites sur les Insectes isolés des divers ordres étudiés par Newport, puisque j'ai obtenu des résultats analogues. Il me paraît seulement utile d'indiquer sommairement un choix d'épreuves sur les Insectes dont les auteurs ne se sont pas occupés.

1° *Orthoptères et Dermaptères*. — Dutrochet seul avait soumis à ses expériences quelques gros Orthoptères, et n'avait constaté

que du froid à l'air libre, par suite des causes d'erreur indiquées. Ce sont en réalité des Insectes de faible chaleur propre, mais qui donnent cependant un léger excès de température sur l'air ambiant, soit à l'état adulte, soit aux états de nymphe ou de larve, qui sont dans des conditions vitales parfaitement analogues, ces Insectes n'ayant que des métamorphoses incomplètes.

Gryllus campestris, très-vif, conservé pendant plusieurs jours dans un pot rempli de terre sèche et nourri avec des Chenilles. — 27 mai 1863, temp. extér., 16°,3 ; pile B, dév. init., 21 degrés chaud ; poids = 1^{er},038. — 2 juin 1863, temp. extér., 20°,0 ; pile A, dév. init., 33 degrés chaud ; poids = 1^{er},020. — 3 juin 1863, temp. extér., 22°,6 ; pile A, dév. init., 44 degrés chaud ; poids = 1^{er},033. — 9 juin 1863, temp. extér., 16°,7 ; pile A, dév. init., 13 degrés chaud ; poids = 0^{er},939. — Le même Insecte donnait 0 degrés au thermomètre différentiel à boules argentées. On voit donc que cet Insecte, qui vole à peine, ne dégage que très-peu de chaleur, bien que très-agile dans ses mouvements.

27 avril 1862, temp. extér., 19°,0. *Gryllotalpa vulgaris* adulte femelle, à sec depuis plusieurs heures hors du terreau ; pile B, dév. init., 38 degrés chaud ; poids = 2^{er},491. — 21 octobre 1862, temp. extér., 11°,9. *Gryllotalpa vulgaris*, nymphe, hors du terreau depuis la veille, très-active ; pile B, dév. 46 degrés chaud ; poids = 1^{er},375. *Gryllotalpa vulgaris*, larve, avec apparition des premiers rudiments d'ailes, à sec depuis la veille. Pile B, dév. 43 degrés chaud ; poids = 0^{er},820. Ces Insectes, à égalité de masse, sont bien moins chauds que les Hyménoptères et les Lépidoptères.

10 octobre 1862, temp. extér., 17°,5. *Mecanema varia*, femelle ; pile A, dév. 27 degrés chaud ; poids = 0^{er},112. — Autre sujet : pile A, dév. 3 à 4 degrés chaud ; poids = 0^{er},126. — Cette espèce est un petit Orthoptère sauteur, assez lent, qu'on rencontre adulte à l'arrière-saison sur les feuilles sèches et les troncs d'arbre.

On trouvera plus loin, à un autre sujet, de nombreuses expériences qui donneront la valeur de la chaleur propre de la grande Sauterelle verte (*Locusta viridissima*).

8 novembre 1862, temp. extér., $10^{\circ},8$; pile A. *Forficula auricularia*, femelle, dév. 33 degrés chaud; poids = $0^{\text{sr}},078$. — *Idem*, femelle, dév. 53 degrés chaud; poids = $0^{\text{sr}},117$. — *Idem*, nymphe, dév. 64 degrés chaud; poids = $0^{\text{sr}},093$. — *Idem*, nymphe, dév. 43 degrés chaud; poids = $0^{\text{sr}},062$.

Les valeurs absolues des déviations ont fort peu d'importance, et tiennent à la variabilité des contacts; il n'y a à considérer que la démonstration acquise d'une légère chaleur propre.

Névroptères. — Nous ne connaissons pas d'observations sur la température des Insectes de cet ordre hétérogène, dans lequel se présentent toutes les modifications connues de l'appareil alaire (1). Les plus intéressants à examiner sous ce rapport sont les Libellulides, à cause de l'énergie de leur vol; la forme de leur corps ne permettait pas l'emploi du thermomètre à mercure à l'extérieur (procédé de Newport) ni à l'intérieur; l'appareil thermo-électrique ne donne que des indications très-grossières par l'insuffisance du contact. Heureusement le thermomètre différentiel modifié pouvant contenir l'Insecte en entier dans la boule sans lésion, m'a permis d'établir que ces Insectes occupent un rang élevé sous le rapport de la production de la chaleur, et ne le cèdent qu'aux Hyménoptères, à masse égale, fait en rapport avec la puissance musculaire considérable nécessaire pour donner à leurs ailes leurs rapides et continuelles vibrations. Les Libellulides ont l'inconvénient de s'affaiblir très-vite en captivité et de périr promptement, ce qui restreint les expériences. Des observations ont été faites aussi sur les Perlides et sur les Phryganides, au moyen de la pile thermo-électrique, et, comme on pouvait s'y attendre, la fonction du vol étant peu développée, la chaleur produite est médiocre; elle est toutefois assez notable dans les Phryganides. Je suis porté à supposer que les larves

(1) M. Girard, *Sur diverses expériences relatives à la fonction des ailes chez les Insectes* (*Ann. Soc. entomol. de France*, 1862, p. 153).

aquatiques de ces trois familles ont la température de l'eau ambiante; les aiguilles thermo-électriques ne sont pas assez sensibles pour indiquer une différence très-faible, si elle existe. Les Panorpidés ont une chaleur propre sensible. Les Hémérobes sont d'une trop faible masse pour qu'on puisse obtenir des résultats bien nets, et la délicatesse extrême de leur corps empêche d'opérer un rapprochement suffisant sur les soudures de la pile; au reste, leur vol des plus faibles dénote une très-minime combustion respiratoire.

Nous n'avons pu faire d'expériences sur les Myrméléons, ni sur les Ascalaphes, insectes assez rares aux environs de Paris; il serait intéressant de les comparer aux Libellulidés, dont les rapproche la forme du corps et la taille. Les Myrméléons n'ont qu'un vol très-médiocre, ainsi que les *Palpares*; les Ascalaphes volent mieux, surtout au soleil. Quant aux Raphidies et aux Mantispes, on ne les rencontre presque jamais aux environs de Paris.

Expériences sur les Libellulidés. — 20 septembre 1862. — *Libellula vulgata* (Lin.), femelle, capturée depuis plusieurs heures. Temp. extér., 20°,4; thermomètre différentiel, 0°,05 à 0°,005, chaud au bout de plusieurs minutes; poids, 0^{gr},144.

18 septembre 1862. — *Libellula vulgata*, mâle, capturé depuis plusieurs heures. Temp. extér., 20°,0; thermomètre différentiel, 0°,05 chaud; poids, 0^{gr},145.

19 septembre 1862. — *Æschna mixta* (Latr.) récemment capturée. Temp. extér., 21°,0; thermomètre différentiel en quelques secondes, 0°,40 chaud; au bout d'un tiers de minute, 0°,50; au bout de deux minutes, 0°,60; puis arrive un moment à 0°,65, l'insecte frémissant alors des ailes dans la boule, puis retombe à 0°,55, et stationne quelque temps; poids, 0^{gr},633.

20 septembre 1862. — *Æschna mixta* capturé depuis plusieurs heures. Temp. extér., 21°,0; thermomètre différentiel, 0°,55 chaud en quinze secondes environ; puis 0°,65 au bout d'une minute, puis 0°,70, l'insecte s'agitant dans

la boule ; puis successivement $0^{\circ},65$, $0^{\circ},60$, $0^{\circ},45$; poids, $0^{\text{gr}},513$. Le même le lendemain. captif et à jeun depuis plus de vingt-quatre heures. Temp. extér., $21^{\circ},3$; thermomètre différentiel en trente secondes environ, $0^{\circ},25$ chaud ; au bout d'une seconde, $0^{\circ},30$, puis $0^{\circ},25$; poids, $0^{\text{gr}},440$.

21 septembre 1862. — *Æschna maculatissima* (Latr.) récemment pris. Temp. extér., $21^{\circ},0$; thermomètre différentiel en vingt secondes environ, $0^{\circ},70$ chaud ; au bout d'une minute, $0^{\circ},75$; au bout de deux minutes, $0^{\circ},80$, et stationnaire environ une minute ; puis léger abaissement ; poids, $0^{\text{gr}},827$. Les mouvements inspireurs de l'abdomen sont très-visibles, d'environ soixante par minute. Le même, le lendemain 22 septembre, affaibli, à jeun. Temp. extér., $20^{\circ},8$; thermomètre différentiel en trente secondes, $0^{\circ},40$ chaud ; au bout de deux minutes, $0^{\circ},50$; au bout de trois minutes, $0^{\circ},55$, et stationnaire plusieurs minutes. Les inspirations sont plus lentes ; poids, $0^{\text{gr}},675$; perte, $0^{\text{gr}},152$ par excréments diverses.

30 septembre 1863. — *Æschna mixta* très-récemment capturé. Temp. extér., $17^{\circ},9$; thermomètre différentiel au bout de dix minutes, $0^{\circ},85$ chaud, puis $0^{\circ},755$, puis $0^{\circ},70$; poids, $0^{\text{gr}},524$.

1^{er} octobre 1863. — *Æschna mixta* très-récemment capturé. Temp. extér., $16^{\circ},5$; thermomètre différentiel au bout de six minutes, $0^{\circ},95$ chaud ; une minute après, $1^{\circ},0$, puis $0^{\circ},95$; au bout de dix minutes, $0^{\circ},90$; poids, $0^{\text{gr}},626$.

5 octobre 1863. — *Æschna maculatissima* récemment capturé. Temp., $16^{\circ},5$; thermomètre différentiel au bout de six minutes, $1^{\circ},10$ chaud, puis $1^{\circ},05$, puis $0^{\circ},85$; cinq minutes après, $0^{\circ},80$; poids, $0^{\text{gr}},888$.

30 septembre 1865. — *Æschna maculatissima* (thermomètre différentiel à boules argentées) ; temp. extér., $23^{\circ},4$. Au bout de dix minutes, excès, $1^{\circ},65$ chaud, puis, dix minutes après, $1^{\circ},10$, et enfin, au bout de cinq minutes, $0^{\circ},95$, l'insecte s'endormant peu à peu ; poids = $0^{\text{gr}},964$.

6 octobre 1865. — *Æschna mixta* ; temp. extér., $18^{\circ},6$. Au bout de vingt minutes, $0^{\circ},45$ excès chaud ; puis, après que

L'Insecte a volé dans la salle, au bout de quinze minutes, 0°,55 chaud : poids = 0^{gr},610.

La place des Libellules est donc assez élevée dans l'échelle calorifique des Insectes ; elles prennent rang après les Hyménoptères et Lépidoptères.

Je dois indiquer quelques expériences sur des Phryganes, Névroptères aquatiques de faible vol ; ils ne vivent que quelques jours à l'état parfait et seulement pour s'accoupler. Leurs organes buccaux imparfaits ne leur permettent pas de prendre de nourriture. L'espèce mise en expérience, la *Phryganea nigricornis*, appartient aux espèces de moyenne taille du genre. On s'est servi de la pile A ; comme ces Phryganes avec leurs longues pattes ne se mettraient pas en contact avec les barreaux, elles étaient ou entourées d'un léger fil, ou enveloppées dans une mince feuille d'étain. Il ne faut opérer, bien entendu, que longtemps après que l'échauffement accidentel causé par cette petite manipulation a disparu.

26 septembre 1861 ; temp. extér., 17°,2. femelle, pleine d'œufs ; dev., 51 degrés chaud ; poids = 0^{gr},093, mâle, dev., 65 degrés chaud ; poids = 0^{gr},045.

27 septembre 1861 ; temp. extér., 17°,4. Trois femelles, de poids 0^{gr},085, 0^{gr},090 et 0^{gr},091, ont donné les déviations 53, 62, 61 degrés chaud ; deux mâles, de poids 0^{gr},045 et 0^{gr},021, les déviations 44 et 60 degrés chaud.

30 septembre 1861 ; temp. extér., 19°,4. Quatre mâles, de poids 0^{gr},025, 0^{gr},020, 0^{gr},027 et 0^{gr},030, ont donné les déviations 55, 49, 63, 49 degrés chaud.

Dans ces expériences, les Insectes étaient entourés d'étain. On trouve un peu plus de chaleur quand ils sont libres ; les pattes seulement repliées par un fil, car la feuille d'étain absorbe un peu. Voici un exemple dans ce dernier cas :

4 octobre 1861 ; temp. extér., 20°,0. Deux mâles, de poids 0^{gr},039 et 0^{gr},038, donnent des déviations 81 et 78 degrés chaud.

6 octobre 1861 ; temp. extér., 20°,2. Une femelle, de poids 0^{sr},060, donne 73 degrés chaud.

On peut conclure de ces nombres qu'à poids égal, ces Phryganes ont plus de chaleur que des Orthoptères ou certains Coléoptères terrestres. On serait peut-être tenté, eu égard aux poids comparés, de supposer plus de chaleur chez les mâles que chez les femelles ; mais il faut remarquer que l'incertitude des contacts ne permet pas de hasarder cette conclusion. Il faudrait ou des différences plus notables, ou l'emploi du thermomètre différentiel à air, sur lequel l'Insecte agit toujours d'une manière identique par son rayonnement total. Les Phryganes sont de trop faible masse et pas assez chaudes pour qu'on puisse s'en servir.

Hémiptères. — Aucune expérience de chaleur animale n'avait encore été faite sur des Hémiptères. J'ai soumis à la pile thermo-électrique quelques espèces du groupe des Hémiptères hétéroptères. Voici certaines des expériences : Parfois l'Insecte était entouré d'une feuille d'étain, quand il était trop actif pour demeurer de lui-même en contact avec les barreaux. On conserve longtemps les Pentatomes qu'on rencontre en automne, et qui sont destinées à hiverner.

Pentatoma sphacelatum (Fabr.). — Pile A. 8 novembre 1861 ; temp. extér., 11°,4 ; dév., 68 degrés chaud ; et 24 décembre 1861, temp. extér., 4°,2 ; dév., 12 degrés chaud ; poids = 0^{sr},034.

Pentatoma baccarum (Latr.). — Mêmes dates et températures. Pile A ; dév., 88 degrés chaud et 4 degrés chaud ; poids = 0^{sr},130.

1^{er} avril 1862 ; temp. extér., 12°,8. *Pyrrhocoris aptera*. Pile A ; dév., 32 degrés chaud ; poids = 0^{sr},054.

2 avril 1862 ; temp. extér., 13°,2. *Pyrrhocoris aptera*. Pile A ; dév., 4 degrés chaud ; poids = 0^{sr},047.

4 avril 1862 ; temp. extér., 15°,0. *Naucoris cimicoides* (Latr.) touchant les barreaux par le dos. Pile A ; dév., 67 degrés chaud ;

poids = 0^{gr},101. Cette espèce, qui appartient aux Hydrocorises, était à sec depuis plusieurs heures avant l'expérience.

Les Hémiptères hétéroptères adultes ou larves doivent offrir une chaleur analogue par l'identité de conformation et de mœurs, l'absence des ailes faisant la différence principale. On voit que ces Insectes qui volent peu ont une chaleur propre médiocrement élevée, et qu'on peut leur assigner un rang analogue à celui de beaucoup de Coléoptères et d'Orthoptères ayant comme eux des téguments épais et une faible locomotion aérienne. Ils se rangent, sous le rapport de la chaleur, notablement après les Hyménoptères, Lépidoptères, Diptères et Névroptères à vol puissant, comme les Libelluliens.

§ 5.

Expériences sur des Myriapodes.

On ne possédait, au sujet de la chaleur des Myriapodes, qu'une indication fort douteuse d'une expérience de J. Davy sur un grand Iule de Ceylan. Les Myriapodes ont été des derniers Articulés non hexapodes réunis aux Insectes. On ne peut méconnaître leurs analogies avec les larves des Insectes, par une sorte d'arrêt de développement. Ils sont munis de trachées tubuleuses comme organes respiratoires. On doit donc s'attendre, ce que l'expérience confirme, à trouver chez eux une température propre de l'ordre de grandeur de celle des larves d'Insectes. Je n'ai pas constaté chez eux de froid superficiel. Il faut remarquer que, bien qu'exclusivement terrestres, certains, du groupe des Scolopendrides ont une locomotion rapide, et que tous présentent des téguments cuirassés peu favorables à l'évaporation. Il me paraît très-probable que leur chaleur est de même degré que celle des larves des Carabiens, Téléphorides, etc. et autres Coléoptères nourris de matières animales, dont les téguments sont de même nature que ceux des Myriapodes.

Je citerai quelques expériences sur les deux grands groupes de la classe, les Iulides et les Scolopendrides.

Iulides.

Expériences sur divers sujets de l'*Iulus terrestris*, avec la pile A. — 9 juin 1863 : temp. extér., 17°,2; dév., 36 degrés chaud; poids = 0^{gr},320.

10 juin 1863 : temp. extér., 18°,6; dév., 24 degrés chaud; poids, = 0^{gr},419.

31 août 1863 : temp. extér., 27°,7; dév., 11 degrés chaud; poids, = 0^{gr},371.

31 mai 1863 : temp. extér., 20°,9; dév., 41 degrés chaud; poids, = 0^{gr},474.

Expériences sur divers sujets de l'*Iulus sabulosus*, avec la pile A. — 10 avril 1862 : temp. extér., 13°,8; dév., 74 degrés chaud; poids, = 0^{gr},133.

15 avril 1862 : temp. extér., 9°,5; dév., 30 degrés chaud; poids, = 0^{gr},148.

22 avril 1862 : temp. extér., 19°3; déviation, 47 degrés chaud; poids, = 0^{gr},334.

Scolopendrides (pile A).

C'est surtout avec les Myriapodes de ce groupe qu'il faut placer un diaphragme dans le cône de la pile qui les contient, car ils sont très-agiles et sans cette précaution remontent et cessent promptement de poser sur les barreaux.

27 mars 1862 : temp. extér., 17°,4, *Lithobius forcipatus*; dév., 36 degrés chaud; poids, 0^{gr},0,55.

29 mars 1862 : temp. extér., 15°,4; dév., 27 degrés chaud; poids, = 0^{gr},040.

14 avril 1862 : temp. extér., 9°,2. Un *Polydesma* : dév., 46 degrés chaud; poids, = 0^{gr},043.

Autre *Polydesma* : dév., 37 degrés chaud; poids, = 0^{gr},041.

Expériences sur des *Geophilus*, Myriapodes extrêmement vifs, à pattes très-nombreuses. — 3 avril 1862 : temp. extér., 15°,3.

Geophilus femelle; dév., 76 degrés chaud; poids, = 0^{sr}162.
Geophilus mâle; dév., 90 degrés chaud (limite); poids, = 0^{sr},076.

13 avril 1862: temp. extér. non notée. *Geophilus* femelle; dév., 53 degrés chaud; poids non noté.

1^{er} mai 1862: temp. extér., 21°,2; *Geophilus* mâle; dév., 24 degrés chaud: poids, = 0^{sr},055.

Que peut-on conclure de ces expériences? Si l'on considère la faible masse des Scolopendrides essayés, on peut les regarder comme dégageant un peu plus de chaleur superficielle que les Iulides, ce qui s'accorde tout à fait avec des mouvements locomoteurs plus puissants et des muscles nécessaires pour agir sur les robustes pattes latérales, plus développés que ceux qui mettent en jeu les petites pattes sous-abdominales des Iulides. Il faudrait bien se garder de vouloir tirer des résultats plus particuliers de nos nombres, vu les contacts très-variables de ces Articulés longs et grêles. Il ne m'a pas été possible de tenter des expériences de quelque valeur avec le *Scutigera araneoides*, ce bizarre Myriapode des vieilles poutres et boiseries; car ses longues pattes déliées s'opposent au contact avec les barreaux, et, d'autre part, sa masse est trop faible pour que la chaleur que doit dégager son corps puisse agir d'une manière sensible sur le thermomètre différentiel à air, dans le réservoir duquel il serait renfermé.

§ 6.

Expériences sur des Arachnides.

J. Davy, peut-être par erreur, avait trouvé chez un Scorpion un abaissement interne de température; aucune autre observation n'existait. Les Arachnides respirent à la façon des Insectes, soit par de véritables trachées tubuleuses, soit par de prétendus poumons qui ne sont que des trachées accolées, aplaties et localisées dans des cavités de l'abdomen; certaines ont à la fois les deux systèmes (*Segestria*). Mes expériences ont porté sur deux espèces de chacun des deux groupes supérieurs de la classe.

1° Scorpionides.

Les expériences ont eu pour sujets plusieurs *Buthus occitanus* qui me furent envoyés les uns d'Alger, les autres de Perpignan, car cette grande espèce africaine a été depuis longtemps introduite et acclimatée sur notre littoral méditerranéen. Je n'ai eu que des femelles.

Pile B. — 15 mai 1862 : temp. extér., 16°,5 ; dév., 66 degrés chaud ; poids, = 2^{sr},207.

30 mai 1852 : temp. extér., 21°,5 ; dév., 27 degrés chaud ; poids, = 2^{sr},422.

11 juin 1862 : temp. extér., 19°,3 ; dév., 18 degrés chaud ; poids, = 2^{sr},478.

26 août 1862 : temp. extér., 22 degrés ; dév., 14 degrés chaud ; poids, = 2^{sr},738 ; et, dév., 56 degrés chaud ; poids, = 1^{sr},731.

18 octobre 1862 temp. extér., 14°,2 ; dév., 3 degrés chaud ; poids, = 2^{sr},350 ; et dév., 13 degrés chaud ; poids, = 1^{sr},493.

Les expériences ont porté sur cinq individus différents ; certains ont servi à plusieurs époques, avec des poids variables. Les Arachnides, en effet, vivent longtemps, et l'on conserve aisément des Scorpions pendant toute la belle saison en leur donnant quelques mouches.

Thermomètre différentiel à boules noircies. — 29 août 1862 : temp. extér., 17 degrés ; excès, 0°,05 chaud, poids, = 1^{sr},682.

11 juin 1862 : temp. extér., 19°3 ; excès, 0 degrés ; poids, = 2^{sr},478 ; le même donnait une dév. de 18 degrés chaud à la pile B.

14 juillet 1862 : temp. extér., 29°,0 ; excès, 0 degrés ; poids, = 2^{sr},758. — Autre : excès, 0 degrés ; poids, = 1^{sr},395.

18 octobre 1862 : temp. extér., 14°,2 ; excès, 0 degrés ; poids = 2^{sr}350. — Autre : excès, 0 degrés ; poids, 1^{sr},493 (ces deux derniers sujets offraient une très-légère chaleur à la pile B).

On voit donc que ces Scorpions n'ont jamais présenté de

refroidissement snperficiel, ce qui doit tenir à la solidité du tégument; leur chaleur a toujours été très-faible, insensible ou à très-peu près au thermomètre de Leslie, malgré une masse assez forte.

2° Aranéides.

Les sujets des expériences ont été surtout des femelles de la grosse Araignée des jardins, qui se retire en hiver dans diverses cavités; c'est l'*Epeira diadema*, offrant plusieurs variations de couleur et de dessin. On s'est servi de la pile B, les contacts ayant lieu par la face dorsale de l'abdomen, les pattes repliées ventralement.

Premier sujet (type). — 12 octobre 1861 : temp. extér., 17°,6; dév., 15 degrés chaud; poids, = 0^{gr},596.

15 octobre 1861 : temp. extér., 17°,2; dév., 3 degrés chaud; poids, 0^{gr},566.

23 octobre 1861 : temp. extér., 14°,6; dév., 44 degrés chaud; = poids, 0^{gr},522.

26 octobre 1861 : temp. extér., 12°,4; dév., 43 degrés *froid*; poids, = 0^{gr},517.

30 octobre 1861 : temp. extér., 8°,6; dév., 28 degrés *froid*. L'Araignée est alors enveloppée de coton.

31 octobre 1861 : temp. extér., 8°,4. La même (sortant du coton mauvais conducteur), dév., 72 degrés chaud; poids, 0^{gr},511.

On voit que l'évaporation avait amené chez cet animal sans nourriture une perte de poids graduelle.

Les expériences continuent le mois suivant.

8 novembre 1861 : temp. extér., 12 degrés; dév., 3/4 degrés *froid*.

12 novembre 1861 : temp. extér., 10°4; dév., 2 degrés chaud; poids, = 0^{gr},494.

14 novembre 1861 : temp. extér., 12°,6; dév., 0 degrés.

20 novembre 1861 : temp. extér., 4°,2; dév., 0 degrés.

24 novembre 1861 : temp. extér., 8 degrés ; dév., 3 degrés chaud.

25 novembre 1861 : temp. extér., 5°,8 ; dév., 3 degrés chaud ; poids, = 0^{sr},466.

28 novembre 1861 : temp. extér., 12 degrés ; dév., 3 degré chaud.

7 décembre 1861 : temp. extér., 8°,4 ; dév., 17 degrés *froid* ; poids, = 0^{sr},447.

Deuxième sujet (variété jaune), très-volumineux, engourdi, immobile. — 26 octobre 1861 : temp. extér., 12°,4 ; dév., 64 degrés *froid* ; poids, = 1^{sr},334.

30 octobre 1861 : temp. extér., 8°,6 ; dév., 45 degrés *froid*.

31 octobre 1861 (aussitôt après la mort) : temp. extér. : 9°,4 ; dév., 36 degrés *froid* ; poids, = 1^{sr},070.

L'évaporation avait été considérable.

Les expériences sont reprises l'année suivante sur la même espèce.

13 octobre 1862 : temp. extér., 17°,2 ; sujet de variété fauve, 0 degrés au thermomètre différentiel et à la pile B ; poids, = 1^{sr},247.

17 octobre 1862 : le même, mêmes résultats ; poids, 1^{sr},146.

Puis viennent trois autres Epéires que nous désignerons par α , β , γ . Pile B.

22 octobre 1862 : temp. extér., 13 degrés. α (très-engourdie), dév., 0 degrés ; poids, = 1^{sr},063. — β (très-engourdie), dév., 4 degrés chaud ; poids, = 0^{sr},502. — γ (non engourdie), dév., 46 degrés chaud ; poids, = 10^{sr},578.

25 octobre 1862 : temp. extér., 11 degrés. β (active, suçante une mouche) ; dév., 4 degrés chaud ; poids, = 0^{sr},486. — γ (peu active), dév., 45 degrés chaud ; poids, = 0^{sr},562.

28 octobre 1862 : temp. extér., 11°,4. β (active), dév., 2 degrés chaud ; poids, = 0^{sr},474.

31 octobre 1862 : temp. extér., 12°,6 β (moins active) ; dév., 4 degrés chaud ; poids, = 0^{sr},456.

1^{er} novembre 1862 : β (engourdie); dév., 3 degrés chaud; poids, = 0^{er},450.

Deux de ces sujets ont toujours présenté, à très-peu près, la température ambiante; l'autre (γ) était plus chaud. Ces faibles températures se lient à l'approche de l'hivernation.

Je trouve encore à citer pour une autre espèce, à une époque d'activité, la *Tegenaria domestica*.

29 août 1862 : Pile B, dév., 34 degrés chaud; poids, = 0^{er},403.

23 septembre 1862 : temp. extér., 19 degrés. — Autre sujet : thermomètre différentiel, 0°,05 chaud; poids, = 0^{er},547.

On peut conclure que les Araignées molles à téguments peu consistants, à périodes d'activité très-variables, peuvent se comparer sous le rapport de la chaleur superficielle à des larves rases et offrir, comme celles-ci, de faibles différences, en plus ou en moins, avec l'air ambiant, ou se trouver exactement à sa température.

§ 7.

Chaleur propre de quelques Hyménoptères; influences du bourdonnement et de la contraction musculaire.

On sait que la chaleur animale est dans la dépendance la plus intime de la contraction musculaire; ce sont deux effets connexes de la combustion. Dans un chapitre assez court de son mémoire, Newport a porté son attention (p. 280) sur la grande rapidité avec laquelle la température du corps des Insectes s'élève lorsqu'ils sont animés de mouvements violents, au point que, d'une température sensiblement identique avec celle de l'atmosphère où ils se trouvaient dans les états de sommeil et d'hivernation, ils prennent un excès de plusieurs degrés. Newport n'a fait à ce sujet qu'un petit nombre d'expériences sur de grosses femelles de Bourdons, des espèces *Bombus terrestris*, *lapidarius*, *muscorum* et *hortorum*. Chacune était mise dans une petite fiole de verre close. Un thermomètre était placé en contact du corps ou parfois à côté, afin de mesurer l'excès de

température de l'air voisin, dû au rayonnement de l'Insecte. Quand les Bourdons étaient fortement excités, Newport obtint au contact des excès de température de 3 à 5 degrés au-dessus de l'air ambiant environ à 20 degrés, et de 1 à 2 degrés pour l'air dans le voisinage. J'ai trouvé des résultats tout à fait analogues et en quelque sorte intermédiaires entre ces deux nombres (ce qui s'explique complètement), au moyen de grosses femelles de Bourdons, chacune introduite dans la boule creusée du thermomètre à air.

Je ne citerai qu'une seule expérience curieuse, en ce qu'elle a eu lieu au printemps de 1863 toujours sur le même Insecte, une femelle de *Bombus terrestris*, toujours très-active et volant vivement. On conserve les Bourdons facilement une quinzaine de jours, dans une petite cage en treillis de toile où ils ont de l'air et de la lumière de toute part, et on les nourrit avec du miel que leur large languette lèche avec avidité. Ils augmentent notablement de poids par cet aliment, et restent très-vifs. L'expérience fut faite avec le thermomètre différentiel à boules noircies :

Dates.	Tempér. extérieure.	Excès maximum.	Poids.
	°	°	gr.
20 avril 1863.	16,4	3,15	0,622
21 —	16,6	3,85	0,729
22 —	16,4	3,05	0,723
23 —	16,4	4,35	0,700
24 —	14,8	3,60	0,793
25 —	15,3	3,95	0,716
27 —	15,4	3,20	0,750
28 —	15,6	2,65	0,699
29 —	13,7	4,55	0,686
30 —	12,4	1,20	0,643

A la dernière épreuve, l'insecte était très-affaibli et est mort le lendemain, ne pesant plus que 0^{gr},589.

Il est intéressant de remarquer, ce qui n'avait pas échappé à Newport, qu'en automne les Bourdons sont notablement moins chauds qu'au printemps. Ils donnent, dans les mêmes conditions, des excès à peu près moitié moindres. Au printemps, les grosses femelles errent dans les prairies et les bois, cherchant des cavités où elles pourront nidifier, et l'instinct maternel les tient dans une activité incessante ; en automne, elles se prépa-

rent peu à peu, par une décroissance de la combustion respiratoire, à l'engourdissement hibernant.

J'ai trouvé aussi, et cela non-seulement sur les Bourdons, mais sur d'autres Insectes, que la chaleur dégagée est bien plus grande quand ils sont en activité musculaire propre à leur volonté et selon leur instinct, que quand on les irrite par des excitants extérieurs. Ils ne tardent pas, le plus souvent, à retomber dans l'état initial de repos, d'où on a cherché à les tirer.

Parmi les Mellifiques solitaires, j'ai observé des femelles de la *Xylocopa violacea*, qui nidifie dans les vieilles poutres (l'*Abeille charpentier* de Réaumur) ; on les nourrit au miel comme les Bourdons. En automne, elles offrent des excès de température pareils à ceux des femelles de Bourdons sous le même poids. Selon l'état d'activité, c'est-à-dire de contraction musculaire, les excès de température (automne 1865 et 1866) ont varié environ, dans le thermomètre différentiel à boules d'argent, de 0°,5 à 2°,5, avec des poids de 0^{gr}, 5 0^{gr},6, sous des températures extérieures de 20 à 24 degrés.

Les Frelons (*Vespidés*) ont une température superficielle moindre que celle des Bourdons sous le même poids, ce qui doit tenir à l'absence des poils, mauvais conducteurs de la chaleur. Il est difficile de conserver ces Hyménoptères, qui meurent très-vite en captivité. Je rapporte deux expériences relatives à cette espèce :

7 septembre 1862 ; temp. extér., 19°,0. *Vespa crabro* neutre, bourdonnant ; thermomètre différentiel à boules noires, 0°,5 chaud, au bout de deux minutes ; poids = 0^{gr},390.

8 septembre 1862 ; temp. extér., 19°,9. Autre *Vespa crabro* neutre, ne bourdonnant pas ; thermomètre différentiel, 0°,2 chaud ; poids = 0^{gr},495.

Il m'est arrivé un certain nombre de fois de pouvoir reconnaître par expérience que le bourdonnement, avec agitation des ailes et contraction musculaire, s'accompagne nécessairement de chaleur libre dégagée, qui disparaît quand l'Insecte rentre au repos ; pour recommencer avec l'agitation. Quand on opère

avec le thermomètre différentiel à colonne liquide, on peut suivre toutes les intermittences par le mouvement de l'index thermique dans un sens ou dans l'autre ; exemple :

19 septembre 1866 ; temp. extér., 16°,1. *Xylocopa violacea* femelle, dans la boule argentée. Excès de chaleur de 1°,5, très-rapidement obtenu, le bourdonnement ayant lieu ; puis l'excès augmente très-lentement. L'insecte continue à bourdonner pendant plusieurs minutes ; l'excès atteint 2°,45. Le bourdonnement cesse ; aussitôt le liquide descend de plusieurs dixièmes de degrés, et, au bout de trois minutes, le bourdonnement n'ayant pas repris, l'excès n'est que de 1°,7.

22 septembre 1865 ; temp. extér., 22°,7. *Xylocopa violacea* femelle, dans la boule. Elle bourdonne par intervalles, au bout de huit minutes excès, 1°,40 chaud ; l'Insecte rentre au repos, l'excès tombe à 1°,05 ; il y a de nouveau bourdonnement, il remonte à 1°,40, puis stationne à 1°,35 et à 1°,30, dès que cesse le bourdonnement.

23 septembre 1865 ; temp. extér., 21°,2. *Xylocopa violacea* femelle, bourdonnant dans la boule. Excès de chaleur de plus de 1 degré ; elle cesse de bourdonner ; au bout de quinze minutes, il n'est plus que de 0°,5.

20 septembre 1865 ; temp. extér., 24°,8. *Xylocopa violacea* femelle, volant vivement. Elle bourdonne avec force dans la boule pendant trois à quatre minutes ; l'excès monte à 1°,1 chaud. Le bourdonnement cesse ; il tombe à 0°,40 au bout de quinze minutes.

26 septembre 1866 ; temp. extér., 17°,8. *Xylocopa violacea* femelle, très-vive, volant par la chambre. Elle bourdonne sans interruption dans la boule ; l'excès atteint 1°,5, puis redescend à 1 degré, le bourdonnement cessant.

2 octobre 1865 ; temp. extér., 22°,3. *Xylocopa violacea* femelle, active. Elle bourdonne dans la boule, et l'excès, en deux minutes, est de 1 degré chaud. Il s'arrête, l'Insecte cessant de bourdonner. L'Hyménoptère rebourdonne ; l'excès devient 1°.50, puis s'arrête et redescend à 0°,30 au bout de quinze minutes, le bourdonnement ayant cessé.

Les Xylocoptes de ces expériences des deux années pesaient, d'un jour à l'autre, de 0^{sr},5 à 0^{sr},6, selon le miel qu'elles consumaient.

La même démonstration peut s'obtenir avec la pile thermo-électrique, en renfermant l'Insecte dans le fourreau cylindrique au-dessus des soudures. Le plus souvent, actif quand on l'apporte, il s'engourdit peu à peu, sollicité sans doute à ce repos par le refroidissement que lui cause le contact des barreaux conducteurs. Parfois cependant, par sa propre volonté, il passe par des alternatives de bourdonnement et de calme. Elles se traduisent immédiatement, de la manière la plus fidèle, par les mouvements de l'aiguille du galvanomètre, soit dans un sens, soit dans l'autre. Je citerai seulement deux exemples; ils ne sont au reste pas très-nombreux. On peut dire que c'est par d'heureux hasards que les Insectes donnent ces démonstrations.

2 avril 1862; temp. extér., 13°,3. *Bombus hortorum*, grosse femelle, prise au repos dans sa cage de toile. Pile B. Déviation initiale, 60 degrés chaud. Puis l'animal prend peu à peu une chaleur croissante, attestée par les déviations stationnaires suivantes, chacune d'environ une demi-minute : 58, 60, 84, 67, 69 degrés. L'Insecte bourdonne avec force, l'aiguille marque 73, 78, 75 à 79 degrés. Il cesse de bourdonner, 73 degrés; puis bourdonnement, 80 degrés; cessation, 74 degrés; bourdonnement, 81 degrés. Il cesse de bourdonner, mais s'agit avec force sur les barreaux; l'aiguille marque successivement, et pendant plus d'une minute chaque fois, 79, 80, 81, 80 degrés. Quand le Bourdon, qui était nourri au miel depuis huit jours, sort de la pile, il est très-excité, et vole avec force par la chambre. Poids = 0^{sr},441.

On voit dans cette expérience l'insecte combattre, et dominer sans cesse, par une production croissante de chaleur liée à la contraction musculaire, l'effet réfrigérant de la masse métallique des barreaux.

7 mai 1862; temp. extér., 21°,2. *Bombus terrestris*, grosse femelle, nourrie au miel, très-active. Pile B. Déviation initiale, 90 degrés chaud (limite); puis l'aiguille oscille de 76

à 82 degrés et s'arrête à 78 degrés, pendant que l'insecte bourdonne. Elle revient à 73 degrés, et y reste deux à trois minutes, l'insecte ayant cessé de bourdonner. Poids = 0^{fr},853.

On voit donc, dans ces deux dernières séries d'épreuves, la contraction musculaire conduire absolument au même résultat avec des instruments thermométriques, l'un fondé sur la dilatation, l'autre sur les relations de la chaleur et de l'électricité ; la conclusion acquiert une complète rigueur.

§ 8.

Influence du sexe sur la production de chaleur libre.

On peut dire d'une manière générale que les mâles chez les Insectes ont une taille moindre que les femelles, une forme plus grêle, un abdomen moins volumineux. Leurs organes des sens de distance (vue, ouïe) sont plus développés. Occupés surtout de rechercher les femelles, ils ont un système musculaire obligé à de plus fréquentes contractions : *Mas errans semper venera vagâ prurit*, dit Fabricius. Il était intéressant de rechercher si l'activité musculaire et la forte combustion respiratoire qu'elle exige ne sont pas de nature à compenser chez les mâles, au point de vue du développement de la chaleur, leur masse plus petite que celle des femelles. Il y a certains groupes d'Insectes où l'expérience fait voir, de la manière la plus nette, que non-seulement cette compensation existe, mais que même, avec un poids bien plus petit, il reste chez le mâle un excès de chaleur très-notable, comparativement à la femelle. Cette influence du sexe n'est qu'un cas particulier des effets de la contraction musculaire. Les expériences ne peuvent être bien concluantes qu'à la condition d'opérer sur des espèces, dont les adultes, dans les deux sexes, ne prennent aucune nourriture. Un groupe, très-bien choisi sous ce rapport, est celui des Bombyciens, dont les lourdes femelles sont très-peu agiles, et volent tout au plus à l'entrée de la nuit, tandis que les mâles volent avec impétuosité plusieurs heures de suite, en quête des femelles, dont ils saisissent à d'incroyables distances les émanations odorantes, sans doute au moyen de leurs antennes pectinées ou flabellées.

Deux méthodes très-distinctes, la pile thermo-électrique et le thermomètre différentiel, ont servi à ces recherches faites en diverses années sur des espèces variées. On comprend que les sujets des deux sexes doivent être choisis dans des états analogues d'excitation ou de repos, car on sait combien est grande l'influence de l'activité ou du sommeil sur un Insecte isolé sous le rapport de la chaleur qu'il dégage.

Expériences sur le Liparis dispar. — 11 juillet 1862. Pile B ; temp. extér., 20°,1. Mâle, à ailes coupées, éclos depuis deux jours, non accouplé, très-actif, agitant avec force ses moignons d'ailes, courant rapidement. Déviation initiale, 90 degrés ; poids = 0^{gr},100. — Femelle, à ailes coupées, ayant pondu, s'agitant fortement. Déviation initiale, 58 degrés ; poids = 0^{gr},214.

12 juillet 1862 ; temp. extér., 18°,6. — Mâle, à ailes coupées, sans lésion, maintenu par un léger diaphragme. Dév. init., 58 degrés chaud ; poids = 0^{gr},096. — Femelle ayant pondu, à ailes coupées, sans lésion, bien active. Dév. init., 21 degrés chaud ; poids = 0^{gr},134.

14 juillet 1862 ; temp. extér., 20°,0. — Mâle, à ailes coupées, sans lésions, posé sur la tête. Dév. init., 67 degrés chaud ; poids = 0^{gr},079.

9 juillet 1862. — *Liparis dispar*, femelle, éclore de la veille. Temp. extér., 21°,4. Elle reste complètement engourdie et immobile sur les barreaux, maintenue par un léger diaphragme ; 1 à 2 degrés déviation initiale vers le chaud, puis 0 degré stationnaire. Dans une seconde épreuve, placée la tête sur les barreaux, elle donne 5 degrés déviation initiale chaud, puis 3 degrés stationnaire. Ensuite cette femelle remue les ailes et les pattes ; aussitôt déviation initiale 15 degrés, puis 8 degrés stationnaire pendant deux à trois minutes, l'Insecte continuant à s'agiter pendant tout ce temps. Ainsi, même en agitation, l'Insecte n'a pas donné autant de chaleur que les petits mâles, toujours actifs. Poids = 0^{gr},350.

18 juillet 1862 ; température extérieure, 20°,8. Femelle

n'ayant pas pondu, à ailes conservées, très-engourdie. Déviation initiale, 4 degrés chaud ; poids = 0^{er},267. — Autre femelle n'ayant pas pondu, à ailes conservées, très-engourdie. Déviation initiale, 3 degrés chaud ; poids = 0^{er},266. — Trois autres femelles très-engourdiées ont donné des déviations initiales de 6, 7, 3 degrés chaud, et pesaient 0^{er},193, 0^{er},202, 0^{er},153. — Deux femelles fortement excitées et réveillées ont donné des déviations initiales de 27 et 24 degrés chaud, et pesaient 0^{er},249 et 0^{er},202.

Expériences sur l'Agria tau. — Ce Bombycien est une de espèces de Papillons qui présentent l'olfaction la plus développée, puisqu'on a vu des mâles libres venir chercher des femelles écloses dans l'intérieur de Paris, et que l'Insecte n'existe au plus près, à l'état de liberté, que dans les forêts de Bondy et de Saint-Germain. La femelle est assez rare, et se prend bien moins aisément que le mâle.

Pile C, 7 avril 1862; température extérieure, 16°,8. — Mâle, déviation initiale, 73 degrés chaud ; poids = 0^{er},181. Deuxième expérience, déviation initiale, 80 degrés chaud. — Femelle pondant ; déviation initiale, 38 degrés chaud. Deuxième expérience (8 avril, température extérieure, 16°,0), bien active naturellement, battant des ailes et courant, 84 degrés chaud. Troisième et quatrième expériences, 47 et 52 degrés chaud ; poids = 0^{er},559.

Pile B, 22 avril 1862; température extérieure, 18°,7. — Premier mâle, déviations initiales, 76 et 78 degrés chaud ; poids = 0^{er},281. — Deuxième mâle, à ailes avortées, en forte excitation naturelle, déviation initiale, 90 degrés chaud, puis oscillation de 81 à 86 degrés, puis, pendant plus de dix minutes, oscillation de 65 à 70 degrés ; poids, 0^{er},219.

23 avril 1862; température extérieure, 17°,3. — Le même mâle en excitation naturelle extrême, 90 degrés init. chaud, puis oscillation de 64 à 75 degrés. — Troisième mâle, très-excité naturellement et volant par la salle, 90 degrés init. chaud, puis oscillation de 65 à 78 degrés ; poids = 0^{er},196. La veille,

cet Insecte engourdi n'avait donné que 36 degrés init. chaud. — Le premier mâle, pesant 0^{gr},281, en excitation naturelle, 90 degrés init. chaud, puis oscillation de 80 à 84 degrés.

En 1863, des expériences sont reprises sur la même espèce :

Pile B, 22 avril 1863; temp. extér., 16°,9. — *Aglia tau* mâle, volant, très-vif, 98 degrés dév. init., chaud, oscille de 64 à 66 degrés, puis 57 degrés stationnaires chaud une à deux minutes; poids = 0^{gr},210.

20 avril 1863. — *Aglia tau* mâle, très-vif et volant. Temp. extér., 15°,6; dév. init., 80 degrés chaud; oscillation de 70 à 73 degrés, puis abaissement très-lent; poids = 0^{gr},185.

Même date. Temp. extér., 16°,0. — *Aglia tau* mâle, très-vif. Déviation initiale, 90 degrés init. chaud, puis refroidissement lent, et 65 degrés stationnaires plusieurs secondes; poids = 0^{gr}, 218.

Une femelle d'*Aglia tau*, de poids environ triple, offrait bien moins de chaleur (note égarée pour les chiffres).

Quelques expériences avec la pile thermo-électrique ont eu pour objet le petit Paon de nuit, autre Bombycien :

9 avril 1863. Pile B. — *Attacus carpini* mâle, venant d'éclore, bien vivace, peu actif. Temp. extér., 14°,3; dév. init., 66 degrés chaud, puis oscillation de 54 à 59 degrés, l'Insecte agitant légèrement les ailes. Poids = 0^{gr},310.

Attacus carpini femelle, venant d'éclore en même temps que le mâle précédent, vivace, peu active. Dév. init., 53 degrés chaud, puis oscillation de 38 à 46 degrés; poids = 0^{gr},999.

L'effet est donc des mieux constatés; la femelle de masse trois fois plus forte que le mâle, et dans les mêmes conditions que lui en toute manière, atteint à peine la même température.

11 avril 1863; température extérieure, 16°,0. — *Attacus carpini* mâle, à demi-actif, voletant. Dév. init., 53 degrés chaud; oscillation de 48 à 50 degrés; puis stationnaire, 57 degrés chaud environ une minute. — Autre épreuve :

l'Insecte plus actif, volant. Dév. init., 64 degrés chaud, puis stationnaire à 60 degrés environ une minute; poids = 0^{gr},252.

Les mêmes conséquences se retrouvent avec un appareil tout différent, le thermomètre de Leslie modifié.

Thermomètre à boules noires. — 12 juillet 1862. Temp. extér., 18°,9. — *Liparis dispar* mâle, en excitation naturelle énergique, volant rapidement par la chambre, s'agitant violemment dans la boule. Au bout de deux minutes, 0°,30 excès chaud; poids = 0^{gr},076. — Même résultat, une demi-heure après; refroidissement dès que l'Insecte cesse de s'agiter.

13 juillet 1862; temp. extér., 19°,8. — *Liparis dispar* mâle, excitation naturelle. En quatre minutes, 0°,30 chaud, puis 0°,35 deux minutes après; poids = 0^{gr},089.

3 août 1863; temp. extér., 23°,5. — *Liparis dispar* mâle, très-vif; 0°,05 chaud; poids = 0^{gr},082. L'excès, bien plus faible que pour les autres, s'explique pour un animal d'aussi petite masse par une température ambiante plus élevée.

17 juillet 1862; temp. extér., 20°,6. — *Liparis dispar* femelle, à peine 0°,025 chaud au bout de quatre minutes, et stationnaire; poids = 0^{gr},267.

23 juillet 1862; temp. extér., 21°,4. — *Liparis dispar* femelle, immobile, n'ayant pas pondu; 0 degrés excès; poids = 0^{gr},202. C'est à peine si le même sujet donnait quelques degrés de déviation à la pile B.

L'expérience comparative suivante porte sur la plus grosse espèce d'Europe du groupe des Sésiides. Les adultes ne vivent que quelques jours sans prendre de nourriture; la femelle reste immobile sur le tronc des Peupliers, et le mâle vole à sa recherche.

4 juin 1863; temp. extér., 22°,0. — *Sesia apiformis* mâle, très-vif, volant et bourdonnant dans la boule. En dix minutes, 0°,45 excès chaud, puis 0°,50, 0°,60, 0°,55; poids = 0^{gr},228.

5 juin 1863; temp. extér., 19°,7. — *Sesia apiformis*

emelle, beaucoup plus calme que le mâle, de $0^{\circ},20$ à $0^{\circ},40$ excès chaud ; poids = $0^{\text{gr}},532$.

Thermomètre à boules argentées. — C'est un Bombycien qui est le sujet de ces expériences, le *Minime à bandes*, papillon fort commun, même dans les jardins de Paris, et dont le mâle parcourt nos bois, pendant toute l'après-midi, d'un vol rapide et saccadé, en quête de la femelle cachée sous les buissons, et qui ne vole un peu que le matin.

16 juillet 1868, quatre heures du soir ; temp. extér., $25^{\circ},4$, — *Bombyx quercus* mâle, volant vivement, excité par le voisinage de la femelle ; au bout de quinze minutes, excès $0^{\circ},50$ chaud ; poids = $0^{\text{gr}},165$.

Bombyx quercus mâle, excité par le voisinage de la femelle ; au bout de dix minutes, excès $0^{\circ},55$ chaud ; poids = $0^{\text{gr}},344$.

Ces mâles ont été pris dans une maison de la rue du Cherche-Midi au moyen d'une femelle captive dont l'odeur les attirait ; ils provenaient des arbres du boulevard situé à 200 ou 300 mètres.

Bombyx quercus femelle, sujet actif, non fécondé, commençant à pondre, agitant ses ailes sur place, et remuant dans la boule. Au bout de douze minutes, excès $0^{\circ},35$ chaud ; poids = $0^{\text{gr}},900$.

On voit, par ces derniers exemples, quelle est l'influence de la contraction musculaire, et combien les excès de température sont peu en rapport avec les masses.

§ 9.

Température superficielle des Larves rases.

Nous avons à exposer un certain nombre d'expériences faites sur des chenilles rases, d'espèces variées et à des températures diverses. Les chenilles poilues ne se prêtent guère aux épreuves où il s'agit de constater la température de la surface cutanée et l'influence de l'évaporation par ses pores, car les poils s'opposent au contact des barreaux. Je choisis surtout dans mes notes nombreuses les exemples où se sont présentés des froids superficiels.

Dans toutes les expériences, je ne rapporterai que la déviation initiale due au premier contact. En effet, les nombres suivants ont moins d'importance; la chenille peut se déplacer sur les barreaux et ne plus offrir les mêmes contacts qu'au début; en outre, en raison de la masse de la pile et du partage calorifique, on comprend que toujours la chenille doit revenir, peu à peu et plus ou moins lentement, à la température ambiante qui est celle des barreaux, soit en se réchauffant, soit en se refroidissant.

2 septembre 1861 : temp. extér., 25°,5. Chenille de *Pieris brassicæ*, restant immobile, le milieu du corps roulé sur les barreaux. Pile A : dév., 53 degrés *froid*; poids non noté. — Autre de même espèce, mobile et active, attaquée par les larves du *Microgaster glomerator*; dév. de 40 à 70 degrés *froid*, selon le contact plus ou moins complet de la région ventrale et sans poils des anneaux; poids non noté. — Chenille arpeuteuse d'*Amphidasis betularia*, à moitié taille, immobile comme un bâton sur ses pattes anales; dév. 57 degrés *froid*; poids non noté.

30 juin 1863 : temp. extér., 19°,8. Chenille de *Papilio machaon*, prête à se chrysalider, immobile. Pile B : dév., 26 degrés *chaud*; poids, = 1^{sr},950.

7 juillet 1863 : temp. extér., 24°,5. Chenille d'*Hadena oleacea*, prête à se chrysalider, à demi enfoncée dans la terre sèche, molle, immobile, vidée d'excréments. Pile B : dév., 18 degrés *froid*; poids, = 0^{sr},600.

24 avril 1862 : temp. extér., 16 degrés. Chenille de *Triphæna fimbria*, à demi endormie, peu active. Pile C : dév., 7 degrés *froid*; puis, réveillée et marchant vivement après la pesée, 50 degrés *chaud*.

27 avril 1862 : temp. extér., 19 degrés. La même chenille très-endormie. Pile C : dév., 54 degrés *froid*; poids, = 1^{sr},047.

24 mars 1862 : temp. extér., 11°,9. Chenille de *Phlogophora meticulosa*, endormie. Pile B : dév., 44 degrés *froid*; poids, = 1^{sr},090.

27 avril 1863 : temp. extér., 15°,4. Chenille de *Triphæna fimbria*, tout à fait immobile, à demi terrée pour se chrysalider.

Pile B : le dos portant sur les soudures; dév., 20 degrés *froid*; poids = 1^{er},452.

12 octobre 1862 : temp. extér., 17°,5. Chenille de *Satyrus ægeria*, prête à se transformer, ne mangeant pas, peu active. Pile A : dév., 18 degrés chaud; poids, = 0^{er},95; la chenille s'est chrysalidée le lendemain.

21 mars 1863 : temp. extér., 9°,2. Chenille de *Triphæna pronuba*, très-endormie. Pile B : dév., 43 degrés chaud; poids, = 1^{er},237.

23 mars 1863 : La même chenille endormie, dév., 37 degrés chaud; poids, = 1^{er},172. Elle a perdu en deux jours, par évaporation, 0^{er},031.

23 mars 1863 : temp. extér., 9 degrés. Chenille de *Noctua triangulum*, endormie. Pile B : dév., 33 degrés chaud; poids, = 0^{er},700.

24 mars 1863 : temp. extér., 10°,3. Autre chenille de *Noctua triangulum*, très-engourdie, à demi terrée, prête à se chrysalider. Pile B : dév., 8 degrés *froid*; poids, = 0^{er},661.

7 juillet 1863 : temp. extér., 24°,7. Chenille de *Papilio machaon*, prête à se chrysalider, déjà attachée par la queue et s'étant entourée de sa ceinture de soie, immobile, à demi repliée. Pile B : dév., 68 degrés chaud; poids, = 1^{er},134.

22 novembre 1861 : temp. extér., 7°,2. Chenille de *Phlogophora meticulosa*, engourdie. Pile B : dév., 23 degrés *froid*; poids non noté.

29 octobre 1861 : temp. extér., 7°,2. Chenille d'*Hadena che-nopodii*, enroulée sur les barreaux. Pile A : dév., 14 degrés chaud; poids non noté. — Autre chenille de même espèce. Pile A : dév., 44 degrés *froid*; poids non noté.

8 janvier 1862 : temp. extér., 4°,8. Chenille d'*Hadena ole-racea*, assez vive et ayant mangé. Pile B : dév., 26 degrés chaud; poids non noté.

3 janvier 1862 : temp. extér., 1°,9. Jeune chenille de même espèce engourdie et enroulée. Pile B : dév., 33 degrés chaud; poids, = 0^{er},361.

1^{er} janvier 1862 : temp. extér., 2 degrés. Jeune chenille de

Noctua oleracea, engourdie. Pile B : dév., 28 degrés chaud ; poids non noté. — Autre chenille, bien plus grosse. même espèce, couchée en rond sur les barreaux, dév., 0 degrés. — Enfin, jeune chenille de même espèce, très-immobile, dév., 16 degrés froid ; poids non notés.

Diverses expériences sur des chenilles de poids non notés de *Phlogophora meticulosa*.—16 novembre 1861 : temp. ext., 8°,8. Pile B ; dév. 4 degrés chaud.

19 novembre 1861 : autre, temp. extér., 6°, ; dév., 24 degrés froid.

20 novembre 1861 : temp. extér., 4°,4 — Autre, immobile, engourdie, dév., 85 degrés chaud ; autre, immobile, engourdie, dév., 19 degrés chaud. Ces deux dernières chenilles, fort inégalement chaudes, étaient prises au même moment, à côté l'une de l'autre sur la terre sèche.

J'ai quelques exemples, rares il est vrai, où le refroidissement superficiel a été assez intense pour être mesuré au thermomètre différentiel à air. Ainsi :

11 septembre 1862 : temp. extér., 19°,8. Chenille de *Smerinthus populi*, au dernier âge, très-endormie. Au bout de 4 minutes, 0°,20 froid, et stationne plusieurs minutes ; poids, = 3^{gr},985.

15 septembre 1862 : temp. extér., 22°,0. Chenille de *Smerinthus populi*, immobile mais se retournant brusquement si on la touche ; au bout de 3 minutes, 0°,15 froid et stationne ; poids, = 3^{gr},882.

Nous arrêterons là des citations qui seraient toujours analogues dans un grand nombre d'autres exemples. On peut remarquer que j'ai pris des chenilles de Lépidoptères, diurnes ou nocturnes, à divers degrés de développement ; que diverses saisons et des températures hautes, moyennes, basses, sont représentées. Les trois piles thermo-électriques ont servi à constater des résultats pareils. On peut conclure des observations que les chenilles bien actives sont superficiellement un peu au-dessus de l'air ambiant. Dans les cas d'inactivité, rien de plus varié ; tantôt

elles sont plus chaudes, tantôt plus froides et pour des températures extérieures très-diverses. Ces différences tiennent à des intermittences dans le travail d'organisation interne des tissus, alors que se préparent, soit les mues, soit la nymphose. Les chrysalides présentent absolument les mêmes faits, en les prenant dans les mêmes conditions d'exposition à l'air libre, qu'elles soient nues naturellement ou retirées de cocons.

Le thermomètre ordinaire dont se servait Newport, dans ses expériences sur les larves, est trop peu sensible pour accuser les légers refroidissements superficiels que nous venons de mentionner. Il conserverait dans ces cas l'indication de la température ambiante. En outre Newport, pour forcer les chenilles à s'étendre sur le thermomètre et les y maintenir, les réveille, les excite, ce qui doit provoquer une légère élévation de chaleur. Au contraire, placées sur les barreaux dans le cylindre qui protège la pile thermométrique, elles y sont libres de toute agitation et demeurent dans leur état naturel de sommeil ou d'activité.

Il existe un groupe d'Hyménoptères, les Tenthrediniens, qui présentent des larves fort analogues d'aspect aux chenilles des Papillons, vivant comme elles de feuilles de végétaux, nommées *fausses-chenilles* par les naturalistes, parce qu'elles ont le plus souvent un plus grand nombre de pattes que les chenilles, parfois un nombre moindre; beaucoup s'entourent d'un cocon pour la nymphose. Il était naturel de supposer que ces larves rases, d'une organisation pareille à celle des chenilles rases, se comporteraient de même pour la température superficielle. C'est ce que l'expérience a confirmé. Je me bornerai à deux exemples :

16 novembre 1861 : temp. extér., 9°,4. Petite larve d'une *Tenthredo*, très-vive. Pile A : dév., 31 degrés chaud; poids, = 0^{sr},060.

14 octobre 1861 : temp. extér., 18°,4. Larve d'un *Cimbex* vivant sur le bouleau, engourdie et roulée en boule. Pile B : dév., 8 degrés *froid*.

15 octobre 1861 : temp. extér., 16°,6. La même larve réveillée. Pile A : déviation 38 degrés chaud; poids, = 0^{sr},986.

Je ne rapporterai pas en détail les expériences sur les vers à

soie du mûrier au point de vue de la chaleur superficielle, faites surtout dans les étés de 1862 et 1863. J'ai trouvé plusieurs fois, lorsque les vers ne mangent plus et sont prêts à changer de peau, celle-ci étant alors très-froncée sur la tête, ou très-sensiblement la température ambiante ou du froid superficiel.

Quelques fortes larves de Coléoptères, à peau mince, m'ont donné des résultats analogues à ceux des chenilles rases, c'est-à-dire tantôt du chaud, tantôt du froid à la surface.

2 août 1862 : temp. extér., 23°, 2. Larve d'*Oryctes nasicornis*, hors du terreau depuis quatre heures, très-sèche. Therm. différ. à boules noircies, 0°, 08 chaud en 4 minutes, et, à la pile B, dév., 60 degrés chaud; poids, 4^{gr}, 768. — Deuxième larve de même espèce, également très-sèche; therm. différ., 0°, 05 chaud en 5 minutes; poids, = 2^{gr}, 377.

1^{er} août 1862 : temp. extér., 22°, 2. Larve d'*Oryctes nasicornis*, retirée depuis deux heures d'un terreau très-humide. Pile B : dév., 20 degrés *froid*; poids, = 4^{gr}, 768. — Autre larve dans les mêmes conditions. Pile B : dév., 80 degrés *froid*; poids, = 2^{gr}, 377. Le contact était très-complet, la larve couchée en demi-cercle sur les barreaux.

5 août 1862 : temp. extér., 23°, 1. Larve d'*Oryctes nasicornis*, au moment même où on la sort d'un terreau humide, mais non mouillé; therm. différ., 0°, 40, *froid* au bout de 5 minutes. Pile B : dév., 55 degrés *froid*; poids, = 1^{gr}, 929. Autre larve, mêmes conditions; therm. différ., 0°, 55 *froid* au bout de 5 minutes. Pile B : dév., 78 degrés *froid*; poids, = 1^{gr}, 591.

5 septembre 1862 : temp. extér., 17°, 5. Larve d'*Oryctes nasicornis*, immédiatement retirée d'un terreau sec; therm. différ., 0°, 05, *froid* au bout de 2 minutes; poids, = 2^{gr}, 792.

12 août 1862 : temp. extér., 18°, 2. Larve de *Dytiscus marginalis*, retirée de l'eau depuis 4 heures; therm. différ., 0°, 1 *froid* au bout de 3 minutes; poids, = 0^{gr}, 761.

13 août 1862 : temp. extér., 17°, 9. La même larve très-sèche, hors de l'eau depuis 26 heures, était au thermomètre différentiel, très-sensiblement à la température ambiante.

Pour ces larves, l'eau qui peut rester à la surface de leur peau, en raison de leurs conditions d'existence, doit influencer sur la température superficielle.

§ 10.

Températures externe et interne comparées des Chenilles.

On a depuis longtemps reconnu chez les animaux supérieurs que les diverses parties du corps n'ont pas exactement la même température. Les extrémités les plus éloignées des régions centrales sont à la température la moins élevée et même peuvent présenter accidentellement des abaissements considérables, produire par leur contact des sensations de froid plus ou moins intense, être frappées même de congélation. En général, sauf des cas pathologiques, la température va croissant à mesure que de la peau on pénètre dans l'intérieur de l'animal. Les expériences de J. Davy sur les agneaux établissent des différences de température allant, suivant les régions, de 36 à 42 degrés environ ; elles constatent aussi un maximum au diaphragme, la température du tronc allant en croissant des deux extrémités vers cette partie (1).

C'est au point où confluent les veines sous-hépatiques et la veine cave que se trouve le lieu le plus chaud de l'économie ; c'est là que M. Claude Bernard a reconnu que le sang atteint son maximum de température (2).

Tous les résultats obtenus établissent une concordance parfaite entre les dégagements thermiques et les combustions respiratoires, et les différences s'expliquent par le refroidissement dû au rayonnement, au contact de l'air ambiant, à l'évaporation cutanée, par les différences de conductibilité des divers tissus, enfin par des afflux variables de sang hématosé. Nous devons rappeler surtout, par leur rapport avec des faits nouveaux que nous ferons connaître, les intéressantes mais trop peu nombreuses expériences de MM. Becquerel et Breschet sur la tem-

(1) *Bibliothèque britannique*, 1845, t. LX, p. 115.

(2) Gavarret, *op. cit.*, p. 110.

pérature des muscles, plus élevée d'environ un degré et demi que celle du tissu cellulaire adjacent, et ce fait capital que la température d'un muscle en contraction est plus forte d'environ un degré que celle du muscle homologue en repos (1). En rapprochant ce résultat de celui qu'établit M. de Quatrefages (2) que chez les animaux phosphorescents la lueur est activée par tous les agents qui déterminent les contractions musculaires, et que les scintillations les accompagnent directement, il est impossible de ne pas supposer que la combustion qui accompagne la contraction musculaire ne soit la cause commune de la force mécanique, de la chaleur libre et de la phosphorescence, quand cette dernière existe.

On n'a pas jusqu'à présent cherché si des faits analogues, comme il est naturel de le supposer, existent chez les animaux invertébrés. Un certain nombre de nos expériences peuvent combler cette lacune de la science au sujet des Insectes. Nos recherches ont porté sur deux points : constater dans quel rapport la chaleur diminue des parties superficielles aux régions profondes ; examiner si certains segments ou réunions de segments offrent des inégalités thermiques, et si elles se rattachent à des différences correspondantes dans l'activité de la combustion respiratoire des divers organes.

L'étude comparative de la température de la surface et de l'intérieur sur le même Insecte a été faite comme il suit. Pour obtenir la première indication, l'insecte était placé dans la boule creuse du thermomètre différentiel et la seconde était donnée par le thermomètre à mercure introduit dans le gros intestin. On comprend, dès lors, que les observations ont dû être limitées à un très-petit nombre d'espèces de la plus grande taille et ont porté presque exclusivement sur des larves à intestin développé. Nous allons exposer les principales expériences. Parfois le poids considérable des chenilles a empêché de les placer dans la mince

(1) *Ann. des sc. nat.*, 2^e série, Zool., 1835, t. III et IV, et Becquerel, *Traité d'électr. et de magn.*

(2) *Ann. de sc. nat.*, Zool., 3^e série, 1850, t. XIV, p. 226.

boule de verre du thermomètre différentiel, de crainte de rupture.

19 août 1862 : temp. extér., 19°,2. Chenille d'*Attacus pyri*, prête à filer, dans la somnolence précédant la sixième mue. Le thermomètre à mercure dans le rectum pendant 20 minutes a marqué un excès de température de 0°,1 à 0°,2 à peine, et a stationné à 0°,2 pendant 15 minutes. Poids de la chenille = 11^{er},428. La chenille était saisie dans des pinces de bois, et une fois l'introduction du réservoir opérée, est restée parfaitement immobile, posée sur un amas non conducteur de duvet de cygne. Le mince réservoir avait 3 centimètres de long et était entièrement caché dans l'intestin de la chenille ainsi que 4 centimètres de tige, en tout 7 centimètres. La chenille n'a éprouvé aucune lésion, et aucun écoulement de liquide n'a eu lieu sur la tige de l'instrument. Il est une preuve excellente pour ces fortes chenilles que l'introduction du réservoir du thermomètre dans le gros intestin ne produit pas de lésion, c'est de remarquer que leurs excréments, en cylindres cannelés sur les arêtes, moulés sur les bandes saillantes internes du rectum, sont de diamètre notablement supérieur à celui du réservoir cylindrique du thermomètre.

30 août 1862 : temp. extér., 19 degrés. Chenille d'*Attacus pyri*, prête à filer ; poids 10^{er},993. Réservoir du thermomètre maintenu dans le rectum pendant 20 minutes ; la température s'élève d'abord de 0°,6, puis de 0°,4 et garde cet excès pendant 1 minute environ, puis n'a plus que 0°,2 d'excès pendant 2 à 3 minutes. La chenille demeure immobile sur le duvet de cygne, le réservoir entièrement caché dans l'intestin ; l'insecte a été tenu dans des pinces de bois pour l'introduction, puis laissé libre, portant le thermomètre à l'intérieur. Elle a fait quelques mouvements qui n'ont pas fait varier le thermomètre, car la température a décré graduellement pendant l'expérience. Aucun écoulement de liquide n'a eu lieu sur l'instrument. Le lendemain, la chenille filait son cocon, ce qui prouve bien l'absence de lésion. Poids = 10^{er},993.

1^{er} septembre 1862 : temp. extér., 19°,4. Chenille d'*Atta-*

cus pyri, prête à filer. Le thermomètre a été introduit dans le rectum avec les précautions d'usage. Presque aussitôt il a marqué un excès de $0^{\circ},8$ et a stationné à cette température pendant plus de 10 minutes. Puis elle se met en marche et entraîne l'instrument qui, aussitôt, remonte encore de $0^{\circ},2$, ou en tout donne 1 degré d'excès. Aucun écoulement de liquide n'a lieu ni pendant l'introduction ni après. Le thermomètre retire et essuyé ne tarde pas à redescendre à $19^{\circ},4$. Quelques heures après, une seconde expérience est faite sur la même chenille avec les mêmes précautions. La température extérieure étant $19^{\circ},2$, le thermomètre s'éleva presque immédiatement de 1 degré et se maintint à cet excès 4 à 5 minutes, la chenille s'agitant pendant tout ce temps et marchant avec vivacité. Poids = $11^{\text{sr}},114$.

17 septembre 1862 : Chenille de *Smerinthus populi*, prête à se chrysalider, terrée profondément, retirée et s'étant mise à marcher vivement depuis plus d'une heure. Temp. extér. : $20^{\circ},2$. — Dans la boule du thermomètre différentiel argenté, excès de $0^{\circ},4$ chaud en $1/2$ minute, puis refroidissement et stationnement à $0^{\circ},05$ chaud. Puis elle est tenue à la pince de bois sur le duvet et le thermomètre de mercure est introduit à plusieurs reprises dans le rectum. Il s'élève aussitôt de $20^{\circ},2$ à 21 degrés et y stationne, ce qui donne un excès au-dessus de la température du dehors de $0^{\circ},08$ et de $0^{\circ},07$ environ au moins sur celle de la surface du corps. Cette chenille n'a éprouvé aucune lésion, car, après l'expérience, elle s'est terrée de nouveau et chrysalidée. Poids, = $3^{\text{sr}},275$.

15 octobre 1862 : temp. extér., $19^{\circ},2$. *Ver à soie du mûrier*, ne mangeant plus, prêt à filer (éducation d'autonne). Le thermomètre dans le rectum est resté très-sensiblement à la température ambiante. Poids = $2^{\text{sr}},930$.

15 octobre 1862 : temp. extér., $19^{\circ},7$. Chenille d'*Attacus cynthia vera*, de poids $3^{\text{sr}},248$. Le thermomètre dans le gros intestin monte à $20^{\circ},6$ et stationne environ 10 minutes, le réservoir étant plongé en entier et le commencement de la tige. — Chenille d'*Attacus arrindia*, de poids $3^{\text{sr}},246$. Le thermomètre monte à l'intérieur de 20 à 21 degrés.

16 octobre 1862 : temp. extér., 18°,3. Autre chenille d'*At-tacus arrindia*, mangeant, de poids, 2^{sr},748. A l'intérieur, 18°,8. — Autre, de même espèce, prête à filer, mangeant, de poids, 3^{sr},325. Le thermomètre à l'intérieur s'élève de 18°,2 à 18°,8 et stationne 10 minutes.

11 juillet 1863 : Chenille de *Sericaria mori*, commençant à filer, très-sensiblement à la température ambiante à l'extérieur (thermomètre différentiel). Le thermomètre dans l'intestin monte de 23 degrés à 23°,9, puis 23°,7; poids, = 2^{sr},488. — Autre ver à soie du mûrier, commençant son cocon, donnant 13 degrés froid à la pile B. Le thermomètre intérieur reste sensiblement à 24°,3 température de l'air. Poids, = 2^{sr},696.

30 août 1863 : temp. extér., 20°,6. Chenille de *Papilio machaon* prête à se chrysalider. Placée dans la boule du thermomètre différentiel argenté, 0 degré, stationne pendant 5 minutes, puis 0°,20 chaud, puis 0°,15, puis 0°,25 et chaque fois environ pendant 5 minutes. Mise ensuite sur le duvet, le thermomètre à mercure s'est élevé dans le rectum de 20°,6 à 21°,3, puis 21°,4, le réservoir étant presque entièrement enfoncé. Il y a donc un exoès interne d'environ 0°,6 sur la température extérieure et 0°,4 sur celle de la surface du corps. Poids, = 1^{sr},568.

11 septembre 1864 : temp. extér., 22 degrés. Chenille de *Papilio machaon* prête à se chrysalider. Le thermomètre à mercure introduit dans le gros intestin sans aucune lésion, pendant 5 à 6 minutes, reste à la température ambiante. La chenille s'est chrysalidée le lendemain. Poids, = 1^{sr},426.

27 septembre 1862 : temp. extér., 19 degrés. Chenille de *Papilio machaon* prête à se chrysalider. Le thermomètre à mercure introduit dans le rectum s'est élevé à peine de 19 degrés à 19°,1 et a stationné 5 à 6 minutes. Enfoncé un peu plus et tourné sur lui-même, il est monté à 19°,8, puis à 20 degrés, puis est retombé à 19°,8. Pendant ces manœuvres la chenille fait sortir vivement ses tentacules céphaliques en Y et répand l'odeur forte et désagréable de fenouil qui la caractérise. Elle se détache ensuite d'elle-même du thermomètre, sans lésion, sans répandre aucune goutte de liquide. Poids = 1^{sr}.502.

25 août 1866 : temp. extér., 25°,5. Chenille de *Deilephila elpenor*, prête à se chrysalider, ne mangeant pas au repos, se vidant de ses excréments. Le thermomètre introduit dans le rectum baisse de 25°,5 à 24°,5 et stationne environ 1 à 2 minutes; enfoncé un peu plus, il remonte à 24°,8; poids = 6^{sr},040.

22 juillet 1864 : temp. extér., 24°,4. Chenille d'*Attacus Cynthia vera* (ver à soie de l'ailante), prête à filer, ramassée, immobile. Le thermomètre à mercure s'est élevé dans le rectum de 24°,4 à 24°,8, puis, en tournant l'instrument et l'enfonçant davantage, à 25 degrés, puis 24°,9 et stationne plusieurs minutes. Poids = 4^{sr},186.

15 juillet 1864 : temp. extér., 22°,8. Chenille de *Sericaria mori* (ver à soie du mûrier), au cinquième âge. Le thermomètre à mercure dans le rectum a d'abord indiqué un léger abaissement 22°,6, puis s'est élevé à 22°,8, puis à 23 degrés, puis à 23°,3, et a stationné à chaque fois de 1 à 2 minutes. Poids = 2^{sr},074,

17 juillet 1864 : temp. extér., 25°,4. Chenille de *Sericaria mori*, au cinquième âge, prête à filer. Le thermomètre à mercure dans le rectum marque un léger abaissement de 25°,4 à 25°,1, puis 25°,2 et stationne plusieurs minutes. Poids = 1^{sr},702.

Ces expériences montrent que des chenilles rases, lorsque la température extérieure est élevée et les larves prêtes à se transformer, peuvent parvenir un peu au-dessous de la température ambiante, non-seulement à la surface, mais à l'intérieur.

23 octobre 1862 : temp. extér., 12°,5. Chenille de *Bombyx rubi*. Placée dans la boule du thermomètre différentiel argentée, elle donne 0°,025 chaud stat., c'est-à-dire très-sensiblement la température ambiante.

25 octobre 1862 : temp. extér., 11°,3. La même chenille est mise sur le duvet et le thermomètre à mercure enfoncé profondément dans le gros intestin. Il monte de 11°,3 à 14°,4 et stationne environ 1/2 minute, puis stationne à 14 degrés, puis à 13°,8, 13°,5, à 13° degrés, à 12°,8. Cette chenille a été prise au

milieu de son sommeil diurne, n'ayant pas mangé depuis environ 8 heures, roulée en anneau. Elle a rendu du liquide par la bouche, a été mouillée et a dû se refroidir par évaporation, ce qui peut expliquer l'abaissement graduel. Poids = 3^{sr},502.

26 octobre 1862 : temp. extér., 11°4. Chenille de *Bombyx rubi* bien active, donnant 0°,05 chaud au thermomètre différentiel. Le thermomètre, dans l'intestin, s'élève à 13°,6, le réservoir étant entièrement caché, puis 13°,2 et 13°,1. Poids, = 4^{sr},746.

2 novembre 1862 : Autre chenille de *Bombyx rubi*. Le thermomètre interne monte de 13°,3 à 14°,1 et stationne. Poids = 4^{sr},746.

28 octobre 1862 : temp. extér. : 11°,4. Chenille de *Bombyx rubi*. Placée dans la boule du thermomètre différentiel argentée, elle marque 0°,4 chaud stat. Sur le duvet le thermomètre à mercure, entièrement enfoncé dans l'intestin, monte de 11°,4 à 12°,8, puis 12°,5 et stationne plusieurs minutes, puis 12°,4. Poids = 3^{sr},013.

20 septembre 1863 : temp. extér., 19°,8, Chenille de *Bombyx rubi*. Dans la boule du thermomètre différentiel argentée au bout de 10 minutes, 0°,25 chaud stat. Sur le duvet le thermomètre, dans l'intestin, monte de 19°,8 à 20°,6 et stationne. Poids = 4^{sr},223.

2 novembre 1863 : temp. extér., 10°,4. Chenille de *Bombyx rubi*, sensiblement à la température ambiante au thermomètre différentiel. Le thermomètre à mercure, dans le rectum, s'élève d'abord à 10°,8 pendant environ 1 minute, puis reste à 10°,5 ; la chenille est immobile et enroulée autant que possible. Poids = 2^{sr},677.

2 octobre 1864 : temp. extér., 17°,0. Chenille de *Bombyx rubi*. L'enroulement en anneau rend l'expérience assez difficile. Le thermomètre introduit dans le rectum, le réservoir tourné plusieurs fois, s'élève de 17 degrés à 17°,4 et stationne pendant 5 minutes. Poids = 4^{sr},653.

Les expériences sur les chenilles de cette espèce ont montré toujours, bien qu'à degrés variables, de notables excès de l'intérieur du corps sur le dehors ; cela doit tenir à ce que ces che-

nilles sont couvertes de longs poils serrés et doivent, par suite, perdre moins de chaleur par évaporation que des chenilles rases ou simplement épineuses. En outre, elles étaient éloignées de la morphose qui n'a lieu dans cette espèce qu'au début du printemps, de sorte qu'elles passent l'hiver à l'état de chenille.

§ 11.

Températures superficielles des chrysalides.

Je rapporte dans ce chapitre des exemples choisis d'expériences faites sur des chrysalides ou nues naturellement (Papillons diurnes, quelques Noctuelles et Arpenteuses), ou retirées depuis longtemps de cocons soyeux ou de coques terreuses (Chalinoptères (Blanch.) ou Hétérocères (Boisd.), anciens Crépusculaires et Nocturnes). Je laisse de côté le cas où les chrysalides sont immédiatement sorties des cocons ou coques, cas qui doit être examiné à part. Je citerai certaines épreuves successives avec la même chrysalide, en les accompagnant de la démonstration par la balance de la perte de poids par évaporation qui se produit d'une manière continue chez les chrysalides, depuis la nymphe jusqu'à l'éclosion de l'adulte. Cette démonstration est tout à fait rigoureuse, puisque les chrysalides ne mangent pas et ne rendent pas d'excréments. La peau épaisse et dure des chrysalides conduit mal la chaleur; en outre, leur rigidité empêche de les faire porter sur les barreaux par un aussi grand nombre de points que les Chenilles. Le thermomètre à mercure ou le thermomètre différentiel de Leslie ne sont, pour ces raisons, pas assez sensibles. On ne peut recourir qu'aux soudures bismuth-antimoine pour apprécier nettement des chaleurs superficielles, et leur sens par rapport à la température ambiante.

31 août 1861 : temp. extér., 24°, 2. Chrysalide de *Vanessa Io*, de huit jours environ. Pile A : dév., 31 degrés chaud; poids = 0^{sr}, 425. — Chrysalide de *Pieris rapæ*, récente. Pile A : dév., 29 degrés chaud; poids = 0^{sr}, 318 (1). Les contacts sont

(1) Comme précédemment pour les Chenilles rases, je ne relève que la première déviation observée au galvanomètre, car la chrysalide revient ensuite, peu à peu, à la température ambiante de l'instrument par effet de masse.

très-imparfaits avec ces deux chrysalides nues, vu les pointes dont leurs anneaux sont munis. — Chrysalide d'*Attacus cynthia*, retirée du cocon depuis longtemps, n'ayant avec les barreaux (pile A) qu'un seul contact par la tête. Dév., 29 degrés chaud; poids = 1^{er},855.

24 août 1861 : temp. extér., 20°,0. Chrysalide de *Bombyx quercus*, placée depuis quinze jours sur la terre sèche. Pile A : dév., 35 degrés froid; poids = 1^{er},172. — Seconde chrysalide de même espèce dans les mêmes conditions. Même pile : dév., 46 degrés froid; poids = 0^{er},992.

6 mai 1862 : temp. extér., 22°,6 Chrysalide de *Sphinx ligustri*, touchant les barreaux par la tête. Pile B : dév., 21 degrés froid; poids = 2^{er},461.

14 mai 1862 : temp. extér., 16°,3. La même chrysalide en contact par la tête avec la pile B : dév., 17 degrés froid; poids = 2^{er},144; perte en huit jours, 0^{er},317.

9 avril 1862 : temp. extér., 15°,4. Chrysalide d'*Arctia mendica*, venant de se former, encore blanche et molle, sans cocon sensible. Pile A : dév., 16 degrés chaud; poids = 0^{er},178.

16 avril 1862 : temp. extér., 9°,8. La même chrysalide, noire et dure. Pile A : dév., 47 degrés chaud; poids = 0^{er},155; perte, 0^{er},023.

15 avril 1862 : temp. extér., 9°,6. Chrysalide toute récente, ayant encore la peau de la chenille, de *Noctua rhomboïdea*, formée sans coque d'aucune sorte sur la terre nue, très-mobile, portant par la tête sur les barreaux. Pile A : dév., 3 degrés chaud.

16 avril 1862, la même, sur la tête : dév., 14 degrés chaud; poids = 0^{er},441. Elle était donc très-sensiblement à la température ambiante.

29 mai 1862 : temp. extér., 21°,8. Chrysalide de *Sphinx ligustri*, posée sur la tête en contact des barreaux. Pile B : dév., 14 degrés froid; poids = 1^{er},574.

14 mars 1863 : temp. extér., 8°,3. Chrysalide d'*Hadena brassicæ*, retirée de la terre sèche, très-vivace, remuant l'abdomen. Pile A : dév., 31 degrés froid; poids = 0^{er},506.

16 mai 1863 : temp. extér., 19°,0. Chrysalide de *Chelonia villica*, sur la terre sèche, bien vivace. Pile B : dév., 27 degrés *froid* ; poids = 0^{sr},488.

6 mai 1863 : temp. extér., 17°,2. Chrysalide de *Triphæna fimbria*, formée de la veille, exposée à l'air sous des feuilles fraîches non mouillées. Pile B ; dév., 35 degrés *froid* ; poids = 0^{sr},697. Elle est placée ensuite à l'air libre, sans feuilles au-dessus, sur la terre sèche. — 8 mai 1863 : temp. extér., 17 degrés. Pile B : dév., 0 degré ; poids = 0^{sr},685 ; perte, 0^{sr},012. — 16 mai 1863 : temp. extér., 19 degrés. Pile B : dév., 0 degré ; poids = 0^{sr},660 ; perte, 0^{sr},037.

7 mai 1863 : temp. extér., 17°,6. Chrysalide de *Chelonia villica*, formée depuis quelques heures, sous des feuilles fraîches, non mouillées. Pile B : dév., 16 degrés *froid* ; poids = 0^{sr},563. Elle est ensuite placée à l'air libre sur la terre sèche. — 9 mai 1863 : temp. extér., 16°,8. La même chrysalide bien vivace. Pile B : dév., 11 degrés *froid* ; poids = 0^{sr},552 ; perte, 0^{sr},011.

23 mai 1862 : temp. extér., 15°,7. Chrysalide de *Triphæna fimbria*, sur la terre sèche. Pile B : dév., 22 degrés *froid* ; poids = 0^{sr},610. — 13 juin 1863 : temp. extér., 15°,2. La même chrysalide, à l'air libre, sur la terre sèche depuis longtemps. Pile B : dév., 6 degrés *chaud* ; poids = 0^{sr},400 ; perte, 0^{sr},210.

4 juillet 1863 : temp. extér., 21°,8. Chrysalide de *Papilio machaon*, très-réc nte, formée depuis quelques heures, molle et très-mobile. Pile B : dév., 41 degrés *chaud* ; poids = 1^{sr},137. — Même jour : temp. extér., 22°,3. Autre chrysalide de même espèce, formée depuis trois jours et durcie. Pile B : dév., 4 degrés *chaud* ; poids = 1^{sr},068. Cette chrysalide, plus ancienne, est donc très-sensiblement à la température ambiante.

30 juin 1862 : temp. extér., 17°,8. Chrysalide de *Noctua xanthographa*, bien vivace, d'environ huit jours. Pile A : dév., 44 degrés *chaud* ; poids = 0^{sr},192. — 29 juillet 1862 : temp. extér., 24 degrés. La même chrysalide. Pile A : dév., 4 degrés *chaud* ; poids = 0^{sr},179 ; perte, 0^{sr},013. Le 5 août 1862 est éclosé une femelle ne pesant plus que 0^{sr},102.

29 mai 1862 : temp. extér., 21°,8. Chrysalide d'*Amphidasis*

betularia (Phalénide), bien vivante et remuant. Pile A : dév., 33 degrés *froid*; poids = 0^{sr},281. Le 7 juin 1862 est sorti un mâle ne pesant plus que 0^{sr},084.

29 mai 1862 : temp. extér., 21°,6. Chrysalide de *Papilio machaon*. Pile A : dév., 47 degrés *froid*; poids = 0^{sr},829.

17 mai 1863 : temp. extér., 18°,5. Chrysalide nue de *Leuconea crataegi* (diurne), remuant beaucoup. Pile B : dév., 2 degrés *chaud*; poids = 0^{sr},467. Elle est donc très-sensiblement à la température ambiante.

3 septembre 1861 : temp. extér., 25°,2. Très-grosse chrysalide, mise à nu depuis longtemps, d'*Attacus cynthia*, la tête sur les barreaux. Pile B : dév., 38 degrés *froid*; poids non noté.

16 septembre 1861 : temp. extér., 16°,6. Chrysalide récente de *Smerinthus ocellatus* sur la terre sèche, la tête sur les barreaux. Pile B : dév., 52 degrés *froid*; poids = 1^{sr},484.

2 septembre 1861. Série de sept chrysalides de *Pieris rapæ*, placées sur la même planche à côté les unes des autres, formées depuis dix à douze jours. Temp. extér., 26°,4. Pile A : dév., 0 degré (0^{sr},339), 0 degré (0^{sr},358), 4 degrés *froid* (0^{sr},340), 0 degré (0^{sr},295), 9 degrés *froid* (0^{sr},296), 4 degrés *froid* (0^{sr},284), 1 degré *froid* (0^{sr},216). Toutes ces chrysalides étaient très-sensiblement à la température extérieure.

De ces expériences sur toutes les familles de Lépidoptères semble résulter que le froid superficiel est surtout en raison de l'élévation de la température du dehors. En outre, comme pour les Chenilles, les intermittences du développement interne amènent des effets opposés pour la chaleur superficielle. La chrysalide des Papillons est une espèce de second œuf. D'abord, quand elle est récente, elle paraît remplie d'une pulpe laiteuse indistincte; c'est peu à peu, et avec des intervalles de repos, comme dans les développements embryonnaires, que s'organisent ensuite les parties de l'adulte. Une évaporation graduelle s'opère à travers les téguments.

On se tromperait, pour les chrysalides comme pour les Chenilles rases, si l'on croyait que les basses températures de l'air

doivent toujours les obliger à maintenir un certain excès calorifique ; c'est bien ce qui a lieu le plus souvent, mais cependant il se présente encore des cas de refroidissement. On ne saurait trop, en fait d'expériences, se prémunir contre les idées préconçues, même les plus probables. Les prévisions sont souvent démenties : ainsi je trouve, par exemple, en hiver un excès de chaleur pour les chrysalides suivantes :

Papilio machaon, sur la tête. Pile A : dév., 38 degrés chaud à 5°,2. — *Acronycta aceris*, hors du cocon depuis longtemps, remuant fortement (0^{sr},198). Pile A : dév., 43 degrés chaud à 7 degrés. — Au contraire : *Sphinx ligustri*, la tête seule touchant les barreaux (4^{sr},778). Pile A : dév., 16 degrés froid à 6°,5.

Il y a quelquefois des chrysalides qui sont exactement à la température ambiante. Il faut avoir soin, pour que ce résultat soit bien certain, de s'assurer si elles vivent et remuent. Des chrysalides sèches depuis longtemps seraient à la température externe, à la façon d'un corps inerte ; si elles sont mortes récemment, elles peuvent donner un peu de chaleur par les réactions chimiques de la putréfaction. Je puis citer les exemples suivants, où l'aiguille du galvanomètre est restée exactement à 0 degré :

15 mars 1862 : temp. extér., 12°,6. *Phlogophora meticulosa*. Pile A : poids = 0^{sr},552. — *Biston hirtarius* (Phalénide). Pile A : poids = 0^{sr},297.

Il peut arriver que la même chrysalide se maintienne à la température ambiante à diverses époques de son développement, et avec des poids décroissants. Ainsi :

Hadena brassicæ : 3 janvier 1863 ; temp. extér., 7°,1 ; poids = 0^{sr},520. — *Idem* : 22 janvier 1863 ; temp. extér., 9°,6 ; poids = 0^{sr},517. — *Idem* : 7 février 1863 ; temp. extér., 12°,4 ; poids = 0^{sr},513. Pile A.

Hadena brassicæ : 4 novembre 1862 ; temp. extér., 12°,2 ;

poids = $0^{\text{sr}},541$. — *Idem* : 15 novembre 1862 ; temp. extér., $10^{\circ},4$; poids = $0^{\text{sr}},530$. Pile B.

Toutes ces expériences sont choisies de manière à montrer la diversité des cas qui se présentent, et qu'expliquent les intermittences de l'évolution.

§ 12.

Étude thermique des chrysalides enveloppées, au moment où on les retire des cocons soyeux, ou des coques terreuses.

Les refroidissements superficiels, inconnus aux auteurs des recherches précédentes, m'ont amené à penser que, si beaucoup de chrysalides se recouvrent d'enveloppes protectrices formées de matières conduisant peu la chaleur, c'est afin de se soustraire le plus possible aux effets fâcheux de l'abaissement de température par évaporation. Les chrysalides naturellement nues ont des téguments plus épais ; la majeure partie des chrysalides des Lépidoptères hétérocères sont au contraire entourées ou de cocons complètement soyeux, plus ou moins incrustés d'une matière gommeuse, ou de fils de soie rassemblant dans leurs mailles des débris de feuilles et de terre sèche, ou enfin de coques formées de grains de terre agglutinés par une bave visqueuse. Il faut bien remarquer que le danger dont le cocon tend à préserver les chrysalides, c'est le refroidissement au-dessous de la température ambiante et non le refroidissement absolu. En effet, les chrysalides supportent très-bien le froid qui survient graduellement. On en trouve en hiver qui sont congelées et cassantes, et reviennent toutefois à la vie active et à l'éclosion de l'adulte, si elles sont soumises ensuite à un refroidissement lent et graduel ; c'est le fait général de beaucoup d'animaux hibernants.

Une évaporation trop rapide amène la mort des chrysalides qui se dessèchent ; le cocon diminue cet effet, sans s'opposer toutefois à l'évaporation dans la limite nécessaire à la formation des organes de l'adulte. En effet, on sait que les sériciculteurs se hâtent de vendre les cocons aussitôt le déramage, car chaque

jour de retard amène une perte de poids qui diminue leur bénéfice.

Les nombreuses expériences, dont je rapporterai seulement les principales, me paraissent démontrer complètement le rôle des enveloppes nymphales. *Toujours* j'ai observé qu'au moment même où les chrysalides sont retirées des cocons ou coques, elles sont *au-dessus* de la température ambiante ; puis, si on les laisse exposées à l'air, elles peuvent descendre *au-dessous*, d'autant plus, en général, que l'air est plus chaud et la perte de poids plus rapide.

Le Ver à soie (*Sericaria mori*), dont le cocon, fermé de toute part, est le plus épais qui existe, devait tout d'abord appeler mon attention. Rien de plus net que les résultats fournis par cette utile espèce. Je n'indique toujours, pour la raison connue, que les déviations initiales.

12 juillet 1862 : temp. ext., 19 degrés. Chrysalide mâle retirée d'un cocon blanc (race Bourg-Argental, Ardèche), posée sur la tête. Pile B : dév., 38 degrés chaud ; poids = 1^{er},728. — 18 juillet 1862 : temp. ext., 21°,5. La même chrysalide, sur la tête. Pile B : dév., 0 degré ; poids = 1^{er},627 ; perte = 0^{er},101.

12 juillet 1862 : temp. ext., 19 degrés. Chrysalide femelle (même race), retirée du cocon, sur la tête. Pile B : 38 degrés chaud ; poids = 1^{er},586. — 18 juillet 1862 : temp. ext., 21°,5. La même chrysalide, sur la tête. Pile B : dév., 0 degré ; poids = 1^{er},487 ; perte = 0^{er},099.

18 juillet 1862 : temp. ext., 21°,6. Chrysalide femelle retirée du cocon (race milanaise blanche), en travers sur les barreaux. Pile B : dév., 38 degrés chaud ; poids = 0^{er},904. — 22 juillet 1862 ; temp. ext., 20°,8. La même, en travers sur les barreaux. Pile B : dév., 4 degrés chaud ; poids = 0^{er},878 ; perte, 0^{er},026. — 24 juillet 1862 : temp. ext., 22°,3. La même, en travers sur les barreaux. Pile B : dév., 2 degrés chaud ; poids = 0^{er},858 ; perte nouvelle, 0^{er},020. — 26 juillet 1862 : temp. ext., 25°,2. La même, en travers sur les barreaux. Pile B : dév. 37 degrés *froid* ; poids = 0^{er},835 ; perte nouvelle, 0^{er},023. — Le

28 juillet 1861, cette chrysalide a produit une femelle du poids de 0^{gr},507, ne pesant plus le 29, après la ponte, que 0^{gr},393.

13 juillet 1862 : temp. ext., 18°,8. Chrysalide femelle, de race jaune (Ardèche), retirée du cocon, posée sur la tête. Pile B : dév., 42 degrés chaud ; poids = 2^{gr},248. — 17 juillet 1862 : temp. ext., 20°,3. La même, sur la tête. Pile B : dév. ; 0 degré ; poids = 2^{gr},173 ; perte, 0^{gr},075. — 22 juillet 1862 : temp. ext., 20°,8. La même, sur la tête. Pile B : dév., 2 degrés chaud ; poids = 1^{gr},998 ; perte nouvelle, 0^{gr},175. — 24 juillet 1862 ; temp. ext., 22°,6. Pile B : dév., 0 degré ; poids = 1^{gr},887 ; perte nouvelle, 0^{gr},111. — Le 26 juillet est éclosé une femelle pesant 1^{gr},522.

13 juillet 1862 : temp. ext., 18°,8. Chrysalide mâle, de race jaune (Ardèche), au moment où on la retire du cocon, la tête sur les barreaux. Pile B : dév., 47 degrés chaud ; poids = 1^{gr},556. — 17 juillet 1862 : temp. ext. 19°,2. Même chrysalide, sur la tête. Pile B : dév., 14 degrés froid ; poids = 1^{gr},491 ; perte, 0^{gr},065.

D'autres espèces, indigènes pour la plupart, nous offrent des résultats aussi concluants.

29 juin 1862 : temp. ext., 18°,1. Chrysalide d'*Odonestis potatoaria*, déjà assez ancienne au moment où on la retire du cocon. Pile B : dév., 81 degrés chaud ; poids = 0^{gr},805. — La même, au thermomètre différentiel à boules noires, 0°,15 chaud. Ce résultat est important par sa grandeur.

19 juin 1862 : temp. ext., 16°,2. Chrysalide femelle de *Bombyx neustria* (la Livrée), retirée immédiatement d'un mince cocon, placée sur la tête. Pile A : dév., 17 degrés chaud ; poids = 0^{gr},347. — 26 juin 1862 : temp. ext., 19°,7. La même, sur la tête. Pile A : dev., 0 degré ; poids, 0^{gr},337 ; perte, 0^{gr},010.

19 juin 1862 : temp. ext., 16°,2. Chrysalide mâle de *Bombyx neustria*, très-vive. Pile A : dév., 37 degrés chaud ; poids = 0^{gr},498. — 26 juin 1862 : temp. ext., 19°,7. La même, sur la tête. Pile A : dév., 3 degrés chaud ; poids = 0^{gr},117 ; perte, 0^{gr},081. — Ces deux chrysalides étaient formées depuis deux ou trois semaines.

2 septembre 1862 : temp. ext., 19°, 2. Chrysalide de *Cucullia scrophulariæ*, en terre depuis près de deux mois, retirée d'une coque terreuse et soyeuse, sur la tête. Pile A : dév., 60 degrés chaud ; poids = 0^{sr},302.

2 septembre 1862 : temp. ext., 19°, 2. Chrysalide de *Xylina vetusta*, retirée d'une coque terreuse où elle était depuis trois mois environ, la tête sur les barreaux. Pile A : dév., 45 degrés chaud ; poids = 0^{sr},663.

30 octobre 1861 : temp. ext., 8 degrés. Chrysalide de *Bombyx quercûs*, sortant d'une boîte close où elle était entourée de coton, de sorte qu'elle était encore plus soustraite à l'évaporation que dans le cocon papyracé naturel à cette espèce, placée sur la tête. Pile A : dév., 90 degrés chaud ; poids = 0^{sr},904.
— 31 octobre 1861 : temp. ext., 9°, 6. La même chrysalide, conservée à nu sur la terre sèche, placée sur la tête. Pile A : dév., 24 degrés *froid* (poids non noté).

14 avril 1866 : temp. ext., 13°, 5. Chrysalide d'*Attacus pyri*, femelle, au moment même où on la retire du cocon, la tête sur les barreaux. Pile B : dév., 24 degrés chaud ; poids = 6^{sr},238.
— 18 avril 1866 : temp. ext., 15°, 2. La même, la tête sur les barreaux. Pile B : dév., 22 degrés chaud ; poids = 6^{sr},215 ; perte, 0^{sr},023.
— 25 avril 1866 : temp. ext., 15°, 3. La même, la tête sur les barreaux. Pile B : dév., 12 degrés *froid* ; poids = 6^{sr},102 ; perte, 0^{sr},136.

14 avril 1866 : temp. ext., 13°, 5. Chrysalide d'*Attacus pyri*, mâle, la tête sur les barreaux, au moment même où on la retire du cocon, prête à éclore (le mâle est sorti le 16). Pile B : dév., 41 degrés chaud ; poids = 4^{sr}019.

21 avril 1866 : temp. ext., 15 degrés. Autre chrysalide mâle d'*Attacus pyri*, au moment où on la retire du cocon, la tête sur les barreaux. Pile B : dév., 21 degrés chaud ; poids = 4^{sr},323.

30 octobre 1861 : temp. ext., 8 degrés. Chrysalide de *Bombyx quercûs*, sortant d'un épais lit de coton où elle était placée depuis vingt-quatre heures. Pile A : dév., 85 degrés chaud ; poids = 1^{sr},005.

31 octobre 1861 : temp. ext., 9°,6. La même, à nu, placée sur la tête. Pile A : dév., 30 degrés *froid* (poids non noté).

Ces deux expériences, où les chrysalides ont été entourées d'enveloppes artificielles non conductrices, montrent bien que le rôle des cocons est de retenir et d'accumuler dans l'air qui entoure la chrysalide les petites quantités de chaleur incessamment dégagées.

L'expérience suivante porte sur trois chrysalides de la même espèce, prises le même jour, à la même température, dans des conditions différentes. Elles appartiennent à l'*Acronycta aceris*.

2 décembre 1862 : temp. ext., 10 degrés. Pile A : la première (0^{sr},211) et la seconde (0^{sr},208) retirées du cocon depuis longtemps, posées en travers sur les barreaux, donnent toutes deux une déviation de 0 degré; la troisième (0^{sr},234), retirée au moment même de son cocon soyeux et placée pareillement, donne une déviation de 32 degrés chaud.

Les enveloppes non conductrices peuvent encore servir à protéger des larves subissant leur dernière mue ou métamorphose nymphale. Dans ce cas, en effet, elles ne mangent plus et ont besoin d'être soustraites le plus possible à l'évaporation et au froid qui en résulte.

26 octobre 1861 : temp. ext., 13°,2. Chenille d'*Attacus arrindia*, retirée immédiatement de son cocon soyeux, posée la tête sur les barreaux. Pile A : dév., 90 degrés chaud (limite); poids avec le cocon, 1^{sr},372.

6 mars 1862 : temp. ext., 6°,5. Larve d'un *Cimbeax* vivant sur le bouleau, retirée d'un cocon de soie d'un jaune clair et gommé où elle se trouve non transformée depuis l'automne précédent (le fait se constate chez beaucoup de larves d'Hyménoptères de la tribu des Tenthrediniens). Pile A : dév., 38 degrés chaud; poids = 0^{sr},547.

Mêmes jour et température. Larve très-molle d'un Diptère parasite, contenue dans la peau desséchée d'une chenille d'*Orgyia pudibunda*, contenue elle-même dans du coton. Pile A : dév., 88 degrés chaud; poids = 0^{sr},087. On voit donc combien

cette larve, malgré son faible poids, est restée chaude, en raison de la mauvaise conductibilité des deux substances qui la protègent.

Je bornerai là des citations toujours analogues.

§ 13.

Différences de température selon les régions du corps des Insectes.

Une autre série de nos recherches, sur la distribution calorifique, a pour objet d'établir s'il y a des différences dans la chaleur dégagée par les divers segments.

Il résulte d'abord d'un nombre considérable d'observations sur des Chenilles rases en contact avec les barreaux de la pile thermo-électrique, que les déviations de l'aiguille aimantée sont en raison du nombre d'anneaux qui portent sur les soudures; les déviations les plus fortes sont obtenues quand la Chenille couchée en rond touche les soudures par tous ses segments, et on voit l'aiguille se rapprocher du zéro à mesure que la Chenille changeant de position et se redressant n'applique plus sur la pile qu'un nombre restreint de segments. Une déviation nouvelle se produit quand, l'animal retombant sur les soudures, une plus grande quantité de segments agissent. Le fait se constate aussi bien quand la Chenille dégage de la chaleur que quand la surface de son corps est abaissée au-dessous de la température ambiante; rien de plus général. Nous avons déjà cité assez d'expériences à la pile, pour que de nouveaux nombres soient ici nécessaires; le mieux, pour ces expériences, est de prendre des Chenilles rases se roulant en anneau quand on les a inquiétées. Elles portent alors sur les barreaux par tous les segments; puis, quand elles se redressent contre la paroi du cône protecteur, la déviation diminue à mesure que portent moins de segments.

La conclusion est facile. Puisque la variation thermique est en raison du nombre de segments en rapport avec les soudures, la chaleur se répartit également dans les diverses zoonites, ou du moins les différences sont inappréciables aux instruments de

mesure les plus délicats. Rien de plus naturel à concevoir. Chez les Chenilles, la tête exceptée, les masses musculaires et le système trachéen sont à peu près également répartis dans les segments; les ganglions nerveux, plus ou moins soudés, s'y distribuent deux par anneau; l'homologie de la fonction calorigène suit l'homologie des organes.

Dans les adultes, au contraire, les zoonites se sont groupées en trois centres: tête, thorax, abdomen. Laissons de côté la tête, dont je n'ai pas mesuré isolément la température (cela se pourrait toutefois avec les aiguilles sur de très-gros insectes). A l'abdomen, des trachées nombreuses, de vastes ampoules aériennes, réservoirs de comburant en réserve chez les bons voiliers, des muscles médiocres, puisque les anneaux n'ont pas d'appendices, sauf le dernier où l'armure génitale forme un système appendiculaire très-restreint. En outre des ganglions nerveux isolés. Au thorax, au contraire, sont des muscles d'une très-grande puissance pour les pattes et surtout pour les ailes et une coalescence nerveuse considérable. Il peut donc se présenter entre ces deux centres, chez les grands voiliers, une différence considérable dans la combustion musculaire et par suite il y a lieu de rechercher s'il n'y a pas de différence appréciable entre ces deux régions dans le dégagement de la chaleur libre.

Une méthode d'expérience, s'appliquant aux températures internes, nous a permis d'arriver sur quelques espèces d'Insectes à un résultat très-probablement général et très-marqué chez les bons voiliers. L'Insecte étant placé au milieu d'une masse de duvet et tenu par une pince de bois, par suite à l'abri des échauffements par rayonnement et par conductibilité, on enfonce d'abord le réservoir d'un très-petit thermomètre à mercure dans l'abdomen, à partir de l'extrémité anale légèrement incisée et on observe la température stationnaire à laquelle parvient l'instrument dont on tourne délicatement le réservoir sur lui-même. Puis, par un léger effort, on fait pénétrer celui-ci dans le thorax, et rien de plus facile à constater que cette pénétration, à cause de la résistance un peu plus forte opposée par les apodèmes d'attache des muscles thoraciques comparée à la

mollesse de toutes les parties de l'abdomen. On est aussitôt frappé d'une augmentation considérable de température acquise en moins d'une seconde, le mercure de l'instrument est lancé subitement; la chaleur forme *comme un foyer* dans le thorax. Elle est due à la combustion musculaire, bien plus considérable dans le thorax que dans l'abdomen chez les Insectes qui volent. Je ne sais si aucune classe du règne animal présente une démonstration plus frappante de la relation intime qui existe entre la chaleur animale et la contraction musculaire; l'abdomen, inerte et pendant lors du vol, semble abandonné par la chaleur en même temps que par la force, et ces deux modes d'effet de la même cause, la combustion musculaire, se concentrent à la fois dans ce thorax si puissamment occupé à la fonction. En outre, la mauvaise conductibilité des téguments et la faiblesse de la circulation doivent contribuer à maintenir la différence thermique. La concentration des ganglions nerveux en un gros ganglion thoracique, est aussi en rapport naturel avec la grandeur des appendices insérés, la contraction musculaire nécessaire pour les mettre en mouvement et le dégagement de chaleur libre qui l'accompagne. Rien de plus net, de plus tranché.

Je n'ai pas besoin de faire remarquer que le procédé, occasionnant à l'Insecte de graves lésions, ne donne pas les températures normales absolues, mais le point capital, c'est-à-dire la différence de température, n'en demeure pas moins établi.

Les Insectes ne subissent pas d'incision longitudinale comme dans les expériences de John Davy, dans certaines expériences de Newport, dans l'observation de M. Breyer. Le thermomètre est toujours entièrement contenu dans le corps de l'Insecte, à l'abri de tout rayonnement externe, et enfin aucun écoulement de liquide, et par suite aucune évaporation, ne se produisent, ce qu'on ne saurait éviter dans les incisions longitudinales. Seulement, on comprend que, comme il est nécessaire que le réservoir de l'instrument soit contenu en entier tour à tour dans l'intérieur de l'abdomen et du thorax, les expériences sont forcément restreintes aux espèces de la plus grande taille.

Par une induction légitime on doit penser que le même phénomène se produit chez les Insectes bons voiliers de toute taille. Les différences étant dans certains cas très-fortes, comme on le verra ci-après, les aiguilles thermo-électriques doivent permettre une vérification de nos résultats en plaçant l'une d'elles dans l'abdomen et l'autre en même temps dans le thorax. Nous avons d'autre part fait une remarque au sujet des températures obtenues. Elles sont exagérées par le fait de l'introduction de l'instrument dans l'intérieur du corps de l'Insecte et du trouble violent qui en résulte dans les viscères; mais, par contre, le thermomètre d'une masse considérable, supérieure à celle de l'animal, doit absorber une notable portion de la chaleur de la source et donner une indication en moins. Ces deux causes d'erreur, agissant inversement, se compensent, au moins en partie, de sorte que les températures obtenues doivent être assez approchées de l'état calorifique normal.

Toutes les expériences qui suivent ont été faites avec aussi peu de lésion que possible, sans incision longitudinale; un coup de ciseaux à l'extrémité anale de l'Insecte sert seulement à faciliter l'introduction du réservoir du thermomètre; toujours les Insectes étaient dans la salle depuis plusieurs heures, de manière à ce qu'aucune influence d'une autre température antérieure ne pût être invoquée et que les différences fussent propres au sujet seul.

15 août 1863. — *Sphinx convolvuli*, mâle. Thermomètre dans l'abdomen, monte de 25°,2 à 28°,5, puis dans le thorax s'élève subitement à 33°,0 puis redescend; poids, 1^{er},155.

15 août 1863. — *Sphinx convolvuli*, femelle. Thermomètre dans l'abdomen, de 26°,0 à 31°,4, puis, poussé dans le thorax, monte en moins d'une seconde à 37°,0, stationne une à deux secondes puis redescend; poids, 1^{er},563.

22 août 1863. — *Sphinx convolvuli*, mâle. Thermomètre dans l'abdomen, monte de 19°,6 à 22°,2 et stationne, puis, enfoncé dans le thorax, s'élève aussitôt à 26°,5, reste stationnaire près d'une minute, puis redescend rapidement; poids, 1^{er},522.

22 août 1863. — *Sphinx convolvuli*, femelle. Thermomètre dans l'abdomen, de $20^{\circ},4$ à $23^{\circ},4$ et stationne, puis, dans le thorax monte aussitôt à $27^{\circ},3$ et stationne environ 20 secondes, puis redescend assez lentement, demeure plusieurs secondes à $27^{\circ},0$, puis à $26^{\circ},6$, etc.; poids, $1^{\text{er}},284$.

1^{er} septembre 1863 : *Sphinx convolvuli*, femelle. Thermomètre dans l'abdomen, de $21^{\circ},0$ à $22^{\circ},4$ et stationne, et dans le thorax monte à $26^{\circ},3$; poids, $1^{\text{er}},325$. L'insecte, peu actif, ne volait pas.

1^{er} septembre 1863 : *Sphinx convolvuli*, femelle, assez actif, volant. Thermomètre dans l'abdomen monte de $21^{\circ},2$ à $28^{\circ},8$, puis, dans le thorax, s'élève aussitôt à $33^{\circ},9$; poids, $1^{\text{er}},592$.

9 septembre 1863 : *Sphinx convolvuli*, femelle, rempli d'œufs. Thermomètre dans l'abdomen monte de $17^{\circ},2$ à $19^{\circ},9$, et dans le thorax à $24^{\circ},0$, et stationne environ une minute; poids, $1^{\text{er}},985$.

15 septembre 1863 : *Sphinx convolvuli*, mâle. Thermomètre dans l'abdomen de $19^{\circ},0$ à $24^{\circ},4$; puis dans le thorax, en moins d'une seconde, monte à $30^{\circ},3$, puis $31^{\circ},4$, puis à $30^{\circ},8$; poids, $1^{\text{er}},442$.

Nous voyons donc dans ces expériences sur les *Sphinx* le thermomètre indiquer plusieurs fois des excès considérables analogues à celui de l'expérience de M. Breyer, et sans qu'on puisse objecter les mêmes causes d'erreur. Les températures superficielles de ces mêmes *Sphinx*, mesurées au thermomètre différentiel, ont varié environ de $1^{\circ},5$ à $2^{\circ},5$ au-dessus de la température ambiante; mais je ne rapporte pas ici ces expériences, car on ne peut comparer des températures extérieures normales à des températures internes anormales, évidemment accrues par le mode d'expérience. Les Papillons étaient dans la chambre au moins depuis une demi-journée avant l'expérience, afin d'éviter tout refroidissement ou échauffement autre que celui dû à leur chaleur propre. J'ai toujours observé que les mâles seuls possédaient l'odeur musquée signalée par les auteurs

pour l'espèce; les femelles, soit avant, soit après la ponte, sont complètement dépourvues de cette sécrétion (1).

Sphinx ligustri mâle, donné par M. Delorme, éclos le 18 juin 1864. — Doué d'une faible odeur musquée sous le thorax et l'abdomen, nulle quand il est au repos et profondément endormi; elle devint forte lorsqu'il fut incisé à l'extrémité de l'abdomen, et se débattit. — Le 20 juin 1864, au laboratoire d'entomologie du Muséum, devant M. Lucas, le thermomètre extérieur marquant 20 degrés, introduit dans l'abdomen, monta à 20°,6; puis, poussé dans le thorax, s'éleva subitement en quelques dixièmes de seconde à 27°,3, et, une minute après, était encore à 26 degrés. Poids = 1^{er},088.

16 septembre 1864 : temp. extér., 20°,5. — *Sphinx convolvuli* femelle, capturé depuis vingt heures, très-vif. Thermomètre dans l'abdomen monte de 20°,5 à 21°,4 et stationne; puis, poussé brusquement dans le thorax, le fond contre la tête de l'insecte, monte à près de 31 degrés, et stationne environ une demi-minute, puis redescend lentement à mesure que l'animal s'affaiblit. Au bout d'une minute, il est à 29°,5, puis, dix secondes après, à 28 degrés, et stationne environ une minute. Il est retiré. Poids = 1^{er},756.

Cette femelle n'avait pas la moindre odeur musquée.

21 septembre 1864 : temp. extér., 17 degrés. — *Sphinx convolvuli* mâle, capturé depuis vingt heures, avait une très-forte odeur musquée lorsqu'il fut pris au vol. Vivacité médiocre. — 1° Température externe par le procédé Newport : thermomètre externe sous l'abdomen monte de 17 degrés à 17°,8 en trois secondes et stationne; puis le thermomètre étant glissé sous le thorax et la tête s'élève de 17°,8 à 18°,6 en quatre minutes, puis à 18°,9, et stationne ensuite, environ pendant deux secondes. — 2° Température interne : thermomètre dans l'abdomen monte de 18°,2 à 19°,3, puis à 19°,8. Ensuite le thermomètre poussé dans le thorax s'élève en une seconde à peine à 25 degrés, puis lentement à 25°,2, puis redescend à 25 degrés,

(1) M^{ce} Girard, *Cosmos*, sur les sécrétions musquées, 1866, t. XVII, p. 280.



stationne une demi-minute, descend à $24^{\circ},6$, et stationne environ pendant dix minutes, puis à $24^{\circ},3$, etc. Poids = $1^{\text{er}},697$.

21 octobre 1865 : temp. extér., $12^{\circ},6$. — *Acherontia atropos* femelle, récemment éclos, criant beaucoup. L'insecte n'étant que très-mal vidé de son méconium nymphal, la température du thermomètre introduit dans l'abdomen s'abaisse à $10^{\circ},3$, accident dû au filet du liquide déversé baignant le thermomètre ; poussé dans le thorax, il monte aussitôt à $14^{\circ},6$, puis à $15^{\circ},2$ et $15^{\circ},4$, et stationne plus d'une minute. Poids = $2^{\text{er}},962$.

16 septembre 1865 : temp. extér., 23 degrés. — *Sphinx convolvuli*, mâle, à odeur musquée, dans la chambre depuis la veille. Le thermomètre dans l'abdomen marque 24 degrés au bout d'une demi-minute, puis, poussé dans le thorax, monte en deux secondes à $31^{\circ},8$, stationne quelques secondes, puis redescend. Poids = $1^{\text{er}},452$.

22 septembre 1865 : temp. extér., $22^{\circ},6$. — *Acherontia atropos* mâle, à ailes atrophiées, très-affaibli, près de la mort. Le thermomètre enfoncé dans l'abdomen est d'abord descendu à $22^{\circ},3$, puis est remonté à $22^{\circ},6$ et a stationné ; enfoncé dans le thorax, il s'est élevé à $23^{\circ},5$, et est resté stationnaire plusieurs minutes. Poids = $1^{\text{er}},845$.

17 juillet 1866 : temp. extér., $25^{\circ},2$. — *Sphinx ligustri* mâle, d'une odeur musquée très-sensible, même à distance, et forte autour de l'extrémité anale ; capturé la nuit par le veilleur dans une des cours du Collège Rollin, dans la salle depuis dix heures, volant avec quelque peine, ayant été un peu meurtri. Thermomètre dans l'abdomen monte de $25^{\circ},2$ à 26 degrés en quelques secondes, puis, enfoncé dans le thorax, il s'élève en moins d'une demi-seconde à 30 degrés, y stationne pendant plus d'une demi-minute, le fond du thermomètre butant contre la tête de l'insecte et l'instrument étant tourné au milieu des tissus, puis commence à descendre lentement. Poids = $0^{\text{er}},884$. — Le résultat de cette expérience est considérable, vu le faible poids de l'insecte, un sujet déjà affaibli et l'élévation extérieure de la température.

Dans les dernières expériences dont l'exposé va suivre, expé-

riences toujours sur des Lépidoptères bons voiliers, le même insecte a souvent été soumis au thermomètre à diverses reprises, afin de faire voir que l'effet de concentration de la chaleur dans le thorax n'était pas un accident se présentant une fois, mais était lié à la vie même du sujet, persistant tant qu'elle durait, avec une diminution d'intensité liée à l'affaiblissement général résultant de la lésion.

18 juillet 1867. — *Sphinx convolvuli* mâle, éclos depuis deux jours; temp. extér., 19°,5. — Le thermomètre introduit dans l'abdomen marque 20°,2 au bout de plusieurs secondes, puis 20°,8 et stationne; le Papillon agite les ailes. Le thermomètre est poussé dans le thorax, et subitement monte à 22°,7 et stationne une à deux minutes. — Le sujet était chétif, d'odeur musquée faible, ne pesant que 0^{gr},7 à 0^{gr},8, provenant de l'éducation en chambre close d'une Chenille trouvée à l'automne de 1866.

20 juin 1867 (1). — *Sphinx ligustri* mâle, éclos depuis vingt-quatre heures environ; temp. extér., 18 degrés. — Le thermomètre introduit dans l'abdomen monte à 19°,4, et stationne plusieurs minutes; enfoncé ensuite dans le thorax et la tête, et tourné sur lui-même, s'élève aussitôt à 22 degrés et stationne environ deux minutes, puis redescend lentement, de sorte qu'il reste à 21°,5 une demi-minute, puis à 21°,2 pendant une minute, etc.

Le sujet, un peu petit, ne permet pas une introduction bien complète du thermomètre dans le thorax. Poids (non noté). — L'insecte est mis au repos pendant trente-six heures, afin de réparer la lésion, puis l'expérience est reprise; il est encore bien vivace et d'odeur fortement musquée. — 21 juin 1867 (deuxième épreuve): temp. extér., 19°,2. — Le thermomètre placé dans l'abdomen monte assez lentement à 19°,6 seulement, et redescend à 19°,4, puis 19°,2; enfoncé dans le thorax, il s'élève aussitôt

(1) Les *Sphinx ligustri*, sujets des expériences de 1867, provenaient de l'obligeance de M. Delorme et des chrysalides recueillies par lui à la fin de 1866 sous les lilas de la pépinière du Luxembourg, au moment de la destruction de ce jardin rustique, qui n'était pas sans intérêt pour les entomologistes parisiens.

à 21 degrés, et stationne plusieurs minutes à cette température. L'insecte est remis au repos et agite fortement les ailes; mort le lendemain.

20 juin 1867. — Expérience faite chez M. E. Blanchard et en sa présence. — *Sphinx ligustri* mâle, éclos depuis 36 heures. — Temp. extér., 21 degrés. — Le thermomètre introduit dans l'abdomen monte de 21 degrés à 22°,8 et stationne. Il est poussé dans le thorax jusqu'au vertex de la tête, avec pénétration incomplète, et, immédiatement, dans un temps inappréciable, le mercure monte à 26 degrés et stationne environ une minute, puis redescend lentement à 25°,5, etc.; poids (non noté). — L'animal est laissé ensuite au repos pour cicatriser la lésion. — 22 juin 1867; 36 heures après, l'expérience est reprise sur le même Insecte, redevenu vif et d'odeur fortement musquée; temp. extér., 19 degrés. — Le thermomètre introduit dans l'abdomen monte à 19°,8 en plusieurs secondes, puis y descend à 19°,6 et stationne. Enfoncé dans le thorax jusqu'à la tête, il s'élève aussitôt à 21°,6, puis à 22 degrés quand il est tourné sur lui-même et reste plusieurs minutes à cette température. L'Insecte est remis au repos; mort le lendemain.

24 juin 1867. — *Sphinx ligustri* mâle; expérience faite chez M. P. Gervais et en sa présence; temp. extér., 20 degrés. — Le thermomètre enfoncé dans l'abdomen marque près de 22 degrés. Enfoncé ensuite dans le thorax avec introduction incomplète, il s'élève immédiatement à 28 degrés, y stationne environ une minute, puis redescend lentement; poids, 0^{gr},780. L'insecte est mis au repos. — 25 juin 1867; environ 36 heures après la première épreuve, le même Insecte est remis en expérience; temp. extér., 18°,1. Il est vif, peut encore voler et a une odeur fortement musquée; dans l'abdomen, le thermomètre monte à 18°,6 et stationne, puis, poussé dans le thorax, monte aussitôt à 20°,4, et stationne plus d'une minute. Il est remis au repos et vit encore le 26 juin matin, assez vif mais ne pouvant plus voler; mort le 27 juin matin.

29 juin 1867. — *Sphinx ligustri* femelle, éclos depuis trois

jours, bien vif, sans odeur musquée (1); temp. extér., 18 degrés, — Le thermomètre enfoncé dans l'abdomen monte, en une seconde environ, à 19 degrés, 19°,2, 19°,4, oscillant entre ces nombres pendant deux minutes environ, en même temps que l'Insecte bat des ailes; poussé dans le thorax, il monte aussitôt à 23 degrés, puis à 23°,5 quand on le retourne, retombe à 23 degrés et y reste environ une minute, avec introduction incomplète, puis redescend lentement; poids (non noté). L'insecte est mis au repos. — 24 heures après, la même femelle est remise en expérience; temp. extér., 18°,5. Le thermomètre, dans l'abdomen, reste à 18°,5; puis, dans le thorax, monte aussitôt à 20°,2; le 1^{er} juillet, mort.

29 juin 1867. — *Sphinx ligustri* mâle, éclos depuis 36 heures (par exception sans aucune odeur musquée); temp. extér., 18°,5. Le thermomètre dans l'abdomen s'est élevé à 19°,2, puis à 20 degrés et a stationné; enfoncé ensuite dans le thorax, il monte aussitôt à 24°,4 et stationne plusieurs minutes. L'Insecte est mis au repos; poids = 0^{sr},630. — 1^{er} juillet 1867. Le même insecte, au repos depuis deux jours, est remis en épreuve; temp. extér., 20°,2. Le thermomètre dans l'abdomen monte à 20°,8 et stationne une demi-minute; enfoncé dans le thorax, il monte à 21°,5, puis 21°,8, et, tourné sur lui-même, quelques instants à 22 degrés, puis redescend à 21°,8. L'insecte est mis au repos; mort. le 3 juillet.

3 juillet 1867. — *Sphinx ligustri* femelle, éclos depuis trois jours; expérience faite au Muséum devant M. A. Milne Edwards; temp. extér., 22 degrés; le thermomètre dans l'abdomen monte à 23 degrés, et, poussé dans le thorax, s'élève immédiatement à 27°,5, puis, l'instrument étant tourné sur lui-

(1) La sécrétion musquée signalée par les auteurs chez les *Sphinx convoluti* et *ligustri*, et notamment plus faible chez cette dernière espèce, est exclusive aux mâles, comme je m'en suis assuré dans mes nombreuses expériences sur ces deux espèces; je suppose qu'elle a son siège dans quelque glande annexe de l'appareil génital, et elle ne se développe que quand le mâle, bien vidé du méconium de la chrysalide, est propre à l'accouplement.

même, à 28 degrés; poids = 0^{sr},939. L'Insecte est mis au repos; mort, 5 juillet. 40 heures après.

9 juillet 1867. — *Sphinx ligustri* femelle, éclos depuis *neuf jours*; expérience faite chez M. le docteur A. Moreau et en sa présence; temp. extér., 18°,8. Le thermomètre dans l'abdomen monte peu à peu, à très-près de 20 degrés et stationne; enfoncé dans le thorax, avec introduction incomplète, il monte aussitôt à 24°,4 et stationne quelques instants; poids = 0^{sr},710. L'Insecte est mis au repos et vivait encore très-bien, un peu affaibli, 24 heures après.

12 juin 1868 (expérience faite chez M. Claude Bernard, sous ses yeux). — *Sphinx ligustri* femelle, éclos la veille; temp. extér., 23°,4. Le thermomètre introduit dans l'abdomen monte à 25°,5 et stationne; puis, introduit dans le thorax, s'élève aussitôt à 32 degrés, puis descend peu à peu, et, au bout de 2 à 3 minutes, est encore à 27°,4. — 13 juin 1868. Le même Insecte, encore bien vif, est remis en expérience; temp. extér., 19 degrés. Dans l'abdomen, 19°,8; dans le thorax, 21°,6, puis 21°,4 pendant plusieurs minutes; poids = 1^{sr},930; ce poids doit avoir subi depuis la veille une perte par évaporation.

Expériences sur des Sphingides de dimensions moyennes. Les résultats sont très-imparfaits, car le réservoir ne peut être introduit qu'en petite partie, du tiers à la moitié, dans le thorax. Ils constatent la différence de température plutôt qu'ils ne la mesurent.

4 mai 1867. — *Deilephila elpenor*, mâle (Sphinx de la vigne), éclos depuis la veille, pris à l'état de repos, s'agitant un peu dans la manœuvre; temp. extér., 15 degrés. De 15 degrés le thermomètre, entièrement plongé dans l'abdomen, monte à 15°,4; puis, dans le thorax, s'élève aussitôt à 16 degrés et stationne 3 à 4 minutes; poids = 1^{sr},135.

7 mai 1867. — *Deilephila elpenor*, mâle, éclos de la veille; temp. extér., 20°,4. Le thermomètre dans l'abdomen monte de 20°,4 à 21 degrés; puis, poussé dans le thorax et retourné sur

lui-même, s'élève aussitôt à 22°,1, puis 22 degrés et stationne plusieurs minutes; poids = 0^{sr},850.

7 mai 1867. — *Deilephila elpenor*, éclos de la veille; temp. extér., 20 degrés. Le thermomètre dans l'abdomen reste à 20 degrés; puis, dans le thorax, il monte aussitôt à 20°,8 et stationne une minute, puis descend à 20°,6; poids = 0^{sr},912.

Les expériences suivantes sont faites sur des Insectes doués d'un vol médiocre. Le résultat est moyen, intermédiaire entre celui des grands voiliers qui sont les Sphingides propres et celui des Insectes à vol très-faible, du moins habituellement, comme les grands Orthoptères.

18 avril 1866 : temp. extér., 15 degrés. — *Attacus pyri*, mâle, à ailes avortées, sujet peu actif. Thermomètre à mercure dans l'abdomen, s'élève de 15 degrés à 15°,3; puis, enfoncé dans le thorax, monte brusquement à 16°,4 et stationne pendant plusieurs minutes, le réservoir étant tourné dans l'Insecte; poids = 1^{sr},540; excès du thorax sur l'abdomen : 1°,3.

28 avril 1866 : temp. extér., 20 degrés. — *Attacus pyri* (grand Paon de nuit), mâle, éclos depuis la veille. Thermomètre dans l'abdomen, s'élève de 20 degrés à 21°,2 et stationne; puis est introduit dans le thorax; immédiatement le mercure est lancé de 21°,2 à 25°,5 et stationne plusieurs minutes. Lors des manœuvres, l'Insecte s'était réveillé et avait volé par la salle. Excès du thorax sur l'abdomen : 4°,3; poids = 1^{sr},791; l'Insecte est éclos d'une chrysalide qui la veille pesait 4^{sr},323.

10 mai 1866 : temp. extér., 15°,8 (expérience faite devant M. Künckel). — *Attacus pyri*, femelle, éclos depuis deux jours. Le thermomètre, dans l'abdomen gonflé de liquides, monte de 15°,8 à 16 degrés et stationne; puis, enfoncé dans le thorax, monte immédiatement à 19°,4 et stationne. Excès du thorax : 3°,4; poids = 3^{sr},508.

Les *Attacus* étaient mis en expérience pendant le jour, par suite endormis et peu actifs; ces Insectes, dans la nature, ne volent que le soir, principalement les mâles à la recherche des femelles.

25 mai 1866. — *Smerinthus populi*, femelle; temp. extér., 16 degrés. Dans l'abdomen, le thermomètre reste à 16 degrés comme à l'extérieur; puis, poussé dans le thorax, où le réservoir ne peut pénétrer qu'incomplètement, monte et stationne à 16°,8. Le résultat est incomplet et en moins; poids = 1^{re},482.

41 mai 1867. — *Attacus pyri*, femelle, éclore depuis 48 heures et provenant d'une chrysalide de deux ans; temp. extér., 24 degrés. Le thermomètre, introduit dans l'abdomen, descend de 24 degrés à 23°,6, fait accidentel dû à du liquide déversé et aussi à la masse énorme d'œufs très-mouillés, refroidis par l'évaporation cutanée (cela indique que l'abdomen était ici tout au plus à la température extérieure); puis, enfoncé dans le thorax, il monte immédiatement à 25°,4, et, tourné sur lui-même, stationne plusieurs minutes à cette même température; poids = 3^{re},123.

17 avril 1867. — *Attacus carpini* (petit Paon de nuit), femelle, éclore depuis 12 heures, vive, battant des ailes. Le thermomètre à 13°,8, temp. extér., introduit dans l'abdomen plein d'œufs, a monté à 14°,4, puis dans le thorax à 15°,4 et stationne plusieurs minutes. Observation imparfaite, car le réservoir n'était qu'en partie contenu dans le thorax, l'insecte étant trop petit; poids = 1^{re},418.

17 avril 1868. — *Attacus pyri*, mâle, éclos le matin, provenant d'une chrysalide de deux ans; temp. extér., 11°,2. L'expérience est faite à 5 heures du soir, au moment où va commencer la période d'activité de l'insecte qui a déjà volé plusieurs fois dans la journée. Dès que le réservoir est introduit dans l'abdomen, la température s'élève à 15°,5, n'y reste qu'un instant et descend à 14°,5; puis, le thermomètre étant introduit dans le thorax, le mercure monte aussitôt à 21 degrés, puis à 21°,5 quand on le retourne sur lui-même, le fond du réservoir butant contre la tête, puis à 21°,2 et stationne de 1 à 2 minutes. Le résultat obtenu avec ce sujet est d'une grandeur qui étonne, et me paraît insolite dans l'ordre où se placent l'espèce et la famille sous le rapport de la locomotion aérienne. Il doit tenir au sexe, à l'heure de l'expérience, à la basse température exté-

rière et surtout, je crois, à une vitalité excessive du sujet dont l'éclosion avait devancé beaucoup l'époque habituelle. Les autres expériences sur les Paons de nuit, consignées dans mes notes, ont toutes été faites le matin, moment de repos pour cette espèce crépusculaire ; poids = 1^{er},550.

7 mai 1868 (expérience faite devant plusieurs personnes dans le laboratoire de M. Claude Bernard, au Collège de France, où l'Insecte et le thermomètre séjournèrent depuis plusieurs heures). — *Attacus pyri*, femelle, éclos depuis deux jours, ayant voleté toute la nuit précédente, fatigué, dénudé ; temp. extér., 17°,8. Le thermomètre introduit dans l'abdomen, au milieu de la masse des œufs, demeure stationnaire à la température extérieure. Introduit dans le thorax, il s'élève très-promptement à 19°,2 et y stationne plus d'une minute ; excès : 1°,4 ; poids = 3^{er},5.

3 juin 1868, 8 heures du matin : *Attacus pyri*, femelle, sujet éclos depuis deux jours, éclosion d'époque très-tardive pour cette espèce. Temp. extér., 21 degrés. Le thermomètre introduit dans l'abdomen reste à 21 degrés ; puis, dans le thorax, monte aussitôt à 22°,4, et, retourné sur place, à 22°,8 ; au bout d'une minute, le thermomètre immobile marque 22°,2 ; poids = 2^{er},996.

Nous terminerons ce qui concerne cette espèce, constituant le plus grand Lépidoptère d'Europe comme surface totale, par l'indication de deux expériences bien propres à montrer toute l'étendue des différences individuelles qui peuvent se présenter dans une expérience physiologique.

2 mai 1869 : *Attacus pyri*, mâle (expérience faite au laboratoire des hautes études, au Muséum, en présence de MM. Milne Edwards et A. Milne Edwards). Temp. extér., 17°,6. Le thermomètre, dans l'abdomen s'élève à 18°,5, puis, dans le thorax, à 20 degrés ; poids non noté. Cet insecte, mal enfermé après l'expérience, s'est envolé la nuit suivante ; c'est une preuve de peu d'importance des lésions, en apparence les plus graves dans cette classe d'animaux.

5 mai 1869 : *Attacus pyri*, femelle (expérience faite, à la

Sorbonne, en présence de M. Hébert, en son laboratoire d'enseignement). Temp. extér., 17°,6. Le thermomètre dans l'abdomen monte à 19°,5; puis, enfoncé dans le thorax, s'élève aussitôt à 25°,4; puis reste pendant environ une minute à 26 degrés, et monte un instant à 26°,3. Ramené ensuite en sens inverse et replacé dans l'abdomen, d'après la demande de M. Hébert, il revient aussitôt à 19°,7 et 20 degrés, quand il est un peu plus enfoncé, de sorte que le réservoir soit entièrement caché.

Quelques expériences sur les moyens voiliers ont porté sur un Lépidoptère exotique, nommé vulgairement le Ver à soie de l'ailante, introduit en France, en 1858, par M. Guérin-Méneville, et complètement acclimaté aujourd'hui. La chenille vit en plein air sur plusieurs arbres et le papillon vole dans les jardins dans toutes les localités où ont été faites des éducations captives qui ont donné lieu à la fuite de quelques sujets, de sorte que l'espèce, merveilleusement appropriée à notre climat, s'est propagée, et doit figurer aujourd'hui dans les catalogues des Insectes français. Les insectes en expérience étaient forts et vigoureux, grands et bien colorés, et m'avaient été donnés par M. Givelet, provenant de ses remarquables éducations en plein air, à Flamboin (Seine-et-Marne).

28 juin 1868 : *Attacus cynthia vera* mâle, très-vif, volant bien, éclos depuis 15 à 20 heures. Temp. extér., 24°,2. Le thermomètre, dans l'abdomen, reste à 24°,2; puis, poussé dans le thorax, monte aussitôt à 26°,2; puis stationne à 26 degrés. Vu le peu de longueur du thorax, l'introduction du réservoir est incomplète. Poids = 0^{gr},773. Cette élévation de température est réellement remarquable si l'on considère le faible poids de ce papillon.

1^{er} juillet 1868 : *Attacus cynthia vera* femelle, sujet éclos depuis 20 heures environ. Temp. extér., 20°,8. Le thermomètre à mercure, dans l'abomen, demeure stationnaire à 20°,8; introduit dans le thorax, incomplètement, il s'élève aussitôt à 22 degrés et stationne environ 2 minutes. Poids = 2^{gr},184.

Nous remarquerons que cette femelle, dans des conditions

d'éclosion identiques avec celles du mâle précédent, de masse plus que double, est cependant moins chaude que lui.

4 juillet 1868 : *Attacus cynthia vera* femelle, éclore depuis quatre jours, ayant commencé à pondre. Temp. extér., 20°,2. Dans l'abdomen, le thermomètre ne marque que 20 degrés seulement; introduit dans le thorax, il s'élève à 21 degrés; poids = 1^{er},650.

Ce sujet a été affaibli et a perdu de son poids par évaporation, en raison d'une existence trop prolongée sans nourriture. Les Lépidoptères de cette tribu, à organes buccaux atrophiés, ne mangent pas à l'état adulte.

D'autres expériences ont été faites sur le *Sericaria mori* (papillon du Ver à soie du Mûrier), espèce domestique, qui ne vole plus, mais dont les mâles se promènent en agitant vivement les ailes; il est probable que dans l'état sauvage et inconnu de cette utile espèce les mâles ont un vol énergique, comme nos Bombyx sylvestres, car M. Martins a vu autrefois, dans de remarquables expériences faites à Montpellier sur des Vers à soie élevés en plein air sur le mûrier, qu'à la troisième génération libre, les mâles avaient recouvré le vol.

29 juin 1867 : *Sericaria mori* mâle, éclos depuis 8 jours, très-vif et battant des ailes. Temp. extér., 18 degrés. Le thermomètre pénètre des 2/3 du réservoir dans l'abdomen, 1/3 restant dans l'air; il s'élève à 19 degrés, 19°,5, 19°,8; puis, poussé dans le thorax, dont la dimension permet seulement introduction de 1/3 du réservoir, le reste demeurant dans l'abdomen, le mercure monte aussitôt à 21 degrés, puis à 21°,6 et y stationne une minute. Poids = 0^{er},340.

30 juin 1867 : *Sericaria mori* mâle, en très-grande excitation. Temp. extér., 19 degrés. Dans l'abdomen (introduction incomplète), le mercure monte à 19°,6; puis, enfoncé dans le thorax, monte immédiatement à 21°,5 et stationne 1 minute (avec introduction très-incomplète). Poids = 0^{er},367.

Les expériences qui suivent ont, au contraire, porté sur des Insectes doués du moindre vol, toujours choisis dans des espèces chez lesquelles la grande taille permet d'expérimenter par intro-

duction successive du thermomètre à mercure dans les deux régions.

24 mai 1864 : temp. extér., 17°,2. *Gryllotalpa vulgaris* femelle, à sec depuis 2 jours sur du coton. Le thermomètre dans l'abdomen s'élève de 17°,2 à 17°,6; puis, subitement enfoncé dans le thorax, reste à 17°,6, puis retombe à 17°3. Dans cet insecte qui ne vole pas ou ne vole que très-exceptionnellement, il n'y avait donc pas de différence sensible de température entre les deux régions. En même temps au thermomètre différentiel la température superficielle était la température ambiante. Poids = 3^{gr},890.

20 juillet 1864 : temp. extér., 23°,4. *Gryllotalpa vulgaris* femelle. Le thermomètre dans l'abdomen, mouillé de déjections, s'abaisse à 23 degrés; enfoncé dans le thorax, il se relève à 23°.4, ou à la température ambiante et y stationne plusieurs minutes. Poids = 2^{gr},882.

4 septembre 1868 : *Gryllotalpa vulgaris*, femelle, dans la salle depuis 15 heures, bien vive. Temp. extér., 23°,2. Dans l'abdomen plein d'œufs, 22°,8; dans le thorax (introduction difficile et peu complète, vu la dureté des apodèmes), 23°,8 et stationne plusieurs minutes. Poids = 2^{gr},285.

Gryllotalpa vulgaris, femelle, temp. extér., 23°,2. Dans l'abdomen plein d'œufs, 23 degrés; dans le thorax, 23°,8 et 24 degrés en tournant le réservoir sur lui-même et stationne. Poids = 2^{gr},300.

Gryllotalpa vulgaris, femelle, temp. extér., 23°,6. Le thermomètre dans l'abdomen plein d'œufs, 23°,5; dans le thorax, 24 degrés; puis 24°,2, enfin stationne à 24°,1; poids = 3^{gr},074. Introduction difficile et incomplète pour les trois.

25 août 1863 : temp. extér., 23 degrés. *Locusta viridissima*, femelle, sujet affaibli. Le thermomètre introduit sans vivisection par l'orifice anal s'élève dans l'abdomen de 23° à 23°,4; puis, poussé dans le thorax monte à 23°,8 et y stationne plusieurs secondes. Poids = 1^{gr},287.

29 août 1865 : temp. extér., 23°,8. *Locusta viridissima*, fe-

melle. Le thermomètre placé sous l'abdomen, celui-ci reposant sur du coton, marque $23^{\circ},8$, comme à l'extérieur, pendant 4 à 5 minutes; puis, dans l'abdomen, il monte à $24^{\circ},2$ et stationne environ 6 minutes; enfin, enfoncé dans le thorax, dans lequel il ne pénètre, du reste, qu'incomplètement, il n'a pas varié. Poids = $1^{\text{er}},800$.

30 septembre 1865 : temp. extér., $23^{\circ},5$. *Locusta viridissima*, femelle. Le thermomètre enfoncé dans l'abdomen marque 23 degrés ou un léger abaissement; puis, enfoncé dans le thorax jusqu'à la tête, et retourné plusieurs fois, n'enfonçant, au reste, pas très-complètement, monte à 24 degrés en 1 minute environ. Poids = $1^{\text{er}},652$.

10 août 1866 : temp. extér., $18^{\circ},5$. *Locusta viridissima*, mâle, dans la salle depuis 24 heures, sujet actif. Thermomètre dans l'abdomen s'élève à $18^{\circ},7$ et stationne; puis, dans le thorax, monte aussitôt à $19^{\circ},3$; le réservoir est resté en partie dans l'abdomen, car le thorax des Locustiens est peu allongé comparé à l'abdomen. Poids = $1^{\text{er}},610$.

Même date : temp. extér., $18^{\circ},5$. *Locusta viridissima*, femelle, dans la salle depuis 24 heures. Le thermomètre, dans l'abdomen, monte à 19 degrés et stationne; puis, poussé dans le thorax, s'élève aussitôt à $19^{\circ},4$ et stationne. Le réservoir est resté en partie dans l'abdomen. Poids = $1^{\text{er}},672$.

Ces deux sauterelles n'ont pas paru souffrir de l'expérience et ont continué à marcher et même à sauter. Elles ont survécu 5 à 6 jours.

22 août 1866 : temp. ext., $22^{\circ},2$. *Locusta viridissima*, femelle, depuis la veille dans la salle, affaiblie par la perte des pattes postérieures. Le thermomètre, dans l'abdomen, s'élève de $22^{\circ},2$ à $22^{\circ},4$; puis, poussé dans le thorax (en partie), monte aussitôt à $22^{\circ},8$. Enfin, tourné à plusieurs reprises, le fond butant contre le crâne, il s'est élevé, au bout d'une demi-minute environ, à 23 degrés et a stationné plusieurs minutes à cette température. Poids = $1^{\text{er}},692$. L'insecte a survécu deux jours.

23 août 1866 : temp. extér., $24^{\circ},8$. *Locusta viridissima*, fe-

melle, dans la salle depuis dix heures (sujet petit). Le thermomètre introduit dans l'abdomen reste à 24°,8; poussé dans le thorax jusqu'à la tête il monte à 25°,2, et, tourné sur place, arrive bientôt à 25°,5 et stationne plusieurs minutes. Poids = 1^{er},042. L'insecte a survécu un seul jour.

27 août 1866 : temp. extér., 25 degrés. *Locusta viridissima*, mâle. Le thermomètre, dans l'abdomen, marque 25 degrés; puis, enfoncé dans le thorax jusqu'à la tête et tourné sur place, stationne plus de deux minutes à 25°,5. Poids = 1^{er},224.

27 août 1866 : temp. extér., 25 degrés. *Locusta viridissima*, femelle. Le thermomètre, dans l'abdomen, marque 25 degrés; puis 25°,5 pendant environ 4 minutes enfoncé dans le thorax et la tête jusqu'au vertex. Poids = 1^{er},690.

6 septembre 1866 : temp. extér., 22 degrés. *Locusta viridissima*, femelle, très-robuste et très-vive, depuis plusieurs heures dans la salle. Le thermomètre, introduit par une très-légère incision rectale dans l'intérieur de l'abdomen, marque 22 degrés et stationne; poussé dans le thorax et le fond butant contre le vertex, il atteint immédiatement 22°,6; puis, tourné et retourné sur place, monte peu à peu à 22°,9 et stat. plusieurs minutes. Poids = 1^{er},956.

7 septembre 1866 : temp. extér., 21 degrés. *Locusta viridissima*, femelle, depuis plusieurs heures dans la salle; insecte très-vif. Le thermomètre, dans l'abdomen, marque 21°,4 et stationne; puis, enfoncé dans le thorax jusqu'au fond de la tête, tourné et retourné, monte à 21°,8, puis à 22 degrés et stationne plusieurs minutes à cette dernière température. Poids = 1^{er},452.

16 août 1868 (ces trois sauterelles bien vives). *Locusta viridissima*, femelle, dans la salle depuis 15 heures. Temp. extér., 23°,2. Le thermomètre dans l'abdomen, 23°,6; puis, dans le thorax, monte aussitôt à 24 degrés et stationne plusieurs minutes. Poids = 1^{er},805.

23 août 1868 : *Locusta viridissima*, femelle, dans la salle depuis 3 heures. Temp. extér., 18 degrés. Le thermomètre dans l'abdomen, 18°,2; dans le thorax, 19 degrés, 1 à 2 minutes. Poids = 1^{er},830.

Locusta viridissima, femelle remplie d'œufs, dans la salle depuis 4 heures. Temp. extér., 18°,2. Le thermomètre dans l'abdomen, 18°,4; dans le thorax, 18°,8; poids = 2^{gr},482.

25 août 1868 : *Locusta viridissima*, femelle, depuis 6 heures dans la salle bien vivace. Temp. extér., 19°,6. Thermomètre dans l'abdomen, 19°,6; dans le thorax, 20 degrés; poids = 1^{gr},387.

27 août 1868 : *Locusta viridissima*, mâle, depuis 6 heures dans la salle, bien vivace. Temp. extér., 22 degrés; thermomètre dans l'abdomen, 22 degrés; dans le thorax, 22°,5; poids = 1^{gr},818

Il faut remarquer qu'avec ces *Locusta*, vu leur forme, l'introduction dans le thorax et la tête est incomplète, des 2/3 du réservoir seulement, ce qui diminue un peu les nombres.

9 septembre 1868 : *Locusta viridissima*, femelle ayant pondu, dans la salle depuis 15 heures. Temp. extér., 25 degrés; thermomètre dans l'abdomen, 25 degrés; dans le thorax, 25°,3; poids = 1^{gr},085. L'insecte est petit, l'introduction très-incomplète.

10 septembre 1868 : *Locusta viridissima*, femelle ayant pondu, dans la salle depuis 20 heures. Temp. extér., 24 degrés; thermomètre dans l'abdomen, 24°,4; dans le thorax, aussitôt 25°,4 puis 25°,3 et stationne; poids = 1^{gr},272.

15 septembre 1868 : *Locusta viridissima*, femelle ayant pondu, dans la salle depuis 22 heures. Temp. extér., 21°,2; thermomètre dans l'abdomen, 21°,2 et 21 degrés; puis, dans le thorax, 21°,6 et 21°,7, et stationne environ 1 minute; poids = 1^{gr},503.

1^{er} octobre 1868 : *Locusta viridissima*, femelle ayant pondu, depuis 36 heures dans la salle. Temp. extér., 18 degrés; thermomètre dans l'abdomen, 18°,4; dans le thorax aussitôt, 18°,6; puis 18°,8 en tournant le réservoir et stationne plusieurs minutes; poids = 1^{gr},639.

Locusta viridissima, femelle ayant pondu, depuis 24 heures dans la salle. Temp. extér., 18 degrés; thermomètre dans l'ab-

domen, 18 degrés ; dans le thorax 18°,3 et stationne ; poids = 1^{er},230.

Si j'insiste un peu longuement sur les expériences relatives aux Insectes très-mauvais voiliers, et surtout aux Courtilières (*Gryllotalpa vulgaris*), ce n'est pas sans motif. Elles me permettent, en effet, de répondre péremptoirement, je crois, à une grave objection. La différence de température entre les deux régions ne serait-elle pas un simple effet de conductibilité? La question serait alors purement physique ; elle ne prend son grand intérêt physiologique que si cette différence se rattache à la contraction musculaire du vol. Or, la Courtilière surtout présente un thorax très-épais en opposition avec un abdomen à tégument mou et mince. Elle devrait, à ce point de vue, offrir une forte différence. Au contraire, la différence est très-faible, et due peut-être uniquement, ainsi que chez les Sauterelles, à un effet de conductibilité. Il est dès lors impossible de rattacher à la même cause les excès considérables des Sphinx et d'autres bons voiliers, qui ne présentent pas d'ailleurs une aussi forte différence d'épaisseur et de dureté entre les téguments du thorax et de l'abdomen.

Nous voyons que cette dernière série d'expériences a eu pour sujets des Insectes munis d'ailes propres au vol et s'en servant plus ou moins (il y a des Insectes adultes tout à fait aptères, et d'autres ayant des ailes dont ils ne paraissent pas se servir, sinon dans des circonstances exceptionnelles), mais tous très-médiocres voiliers. Les excès de température du thorax sur l'abdomen sont demeurés nuls, ou ne se sont élevés que d'une faible quantité, ayant très-rarement atteint 1 degré.

Les trois séries d'épreuves attestent le rapport le plus net et le plus direct entre la puissance musculaire du vol et la chaleur localisée pour cette fonction dans le thorax.

Il serait fort à désirer que des expériences de cette nature soient faites sur des Acridiens, choisis parmi les espèces dévastatrices et pris au moment où s'opèrent les grandes migrations, ainsi sur l'*Acridium peregrinum* en Algérie, sur l'*Ædipoda migratoria* dans la Provence. Il faudrait comparer les températures

des deux régions et dans l'état ordinaire de vol très-médiocre et dans l'état insolite de vol puissant. Je suis persuadé qu'on observera, dans ce dernier cas, de grandes différences, analogues à celles qu'offrent les Sphinx, insectes migrants et de grand vol; ainsi le *Sphinx convolvuli* nous vient d'Afrique, et cette région nous donne aussi, plus rarement et moins acclimatés, les *Deilephila nerii*, *celerio*, *lineata*. M. Blanchard a vu qu'au moment où les Acridiens migrants se préparent à leurs funestes voyages, leurs trachées, ordinairement aplaties en minces rubans argentés, deviennent renflées et cylindriques, ces Insectes se chargeant d'air plusieurs jours à l'avance par des mouvements inspiratoires réitérés, alors que la nourriture faisant défaut à leurs faméliques essaims, l'instinct les avertit de demander aux régions aériennes une route inaccoutumée vers une contrée plus riche en végétaux que les régions arides qui semblent les localités habituelles des Acridiens.

Les Bourdons, si remarquables par le développement de la chaleur externe, ont été soumis à quelques expériences relatives à la chaleur intérieure.

Même parmi les femelles d'août de la plus forte taille, ils sont trop petits et surtout de forme trop ramassée, pour permettre l'introduction successive du réservoir du thermomètre à mercure dans l'abdomen, puis dans le thorax. On réussit, au contraire, parfaitement à démontrer la différence de température de deux régions, et un fort excès toujours en faveur du thorax, si l'on se sert des aiguilles thermo-électriques associées, l'une des soudures étant plongée dans le thorax, l'autre dans l'abdomen, l'insecte placé sur un lit épais de duvet ou maintenu en l'air sur les pointes fer-platine des aiguilles. La grandeur du résultat thermique qui atteint souvent la limite de course de l'aiguille du galvanomètre est en rapport avec le vol assez puissant des Bourdons, et leur corps couvert de poils, mauvais conducteurs de la chaleur.

Les expériences suivantes sont concluantes. Les Insectes sont tous des femelles choisies à l'époque d'activité printanière où elles parcourent les champs et les bois cherchant des trous pour

nidifier. A cette époque de l'année, la ponte n'a pas encore eu lieu. Les grosses femelles nées en août et fécondées à la fin de la belle saison, ont passé l'hiver engourdies ; elles se réveillent dès la fin de mars aux premières chaleurs printanières, et je me suis assuré qu'à cette époque où l'instinct maintient ces Insectes dans une activité extrême, ils offrent une température externe plus élevée qu'en automne. Les Bourdons, comme les Guêpes, n'ont que des sociétés annuelles et chaque nid, est commencé au début de l'année par une seule grosse femelle.

Une partie des expériences qui suivent a eu pour témoin notre savant ami, M. Lucas, si apprécié des entomologistes.

4 avril 1864 : temp. extér., 12°, 4. *Bombus terrestris*, grosse femelle, captif et nourri au miel depuis 10 à 12 jours, maintenu par une pince de bois sur le duvet, soudures l'une dans le thorax, l'autre dans l'abdomen. Différence en faveur du thorax, marquée par la déviation du galvanomètre : 48 degrés init. chaud ; 30 degrés, stat. environ 30 secondes ; 20 degrés, stat., les soudures sont retirées ; poids = 0^{gr}, 464.

10 avril 1864 : temp. extér., 11 degrés. *Bombus terrestris*, grosse femelle, très-vif et volant, sur duvet, soudures introduites à la fois dans le thorax et dans l'abdomen, aucun écoulement de liquide, vu la dureté du tégument. Différence en faveur du thorax : 90 degrés chaud (arrêt forcé) ; 62 degrés, stat. ; 58 degrés, stat. plusieurs minutes ; 48 degrés, stat. plusieurs minutes. Dans ces stationnements l'insecte restait posé sur le duvet fixé aux deux aiguilles. Poids = 0^{gr}, 348.

12 avril 1864 : temp. extér., 13°, 4. *Bombus hortorum*, grosse femelle, très-actif, volant et bourdonnant, nourri au miel depuis quatre jours ; soudures dans le thorax et l'abdomen. Différence en faveur du thorax : 80 degrés init. chaud ; puis 40 à 65 degrés oscillations de l'aiguille ; 54 degrés, stat. environ 1 minute ; 48 degrés, stat. environ 1 minute ; 51 degrés, stat. environ 1 minute ; 48 degrés, stat. environ 1 minute ; poids = 0^{gr}, 663. L'insecte est laissé sur le duvet fiché aux deux soudures.

22 avril 1864 : temp. extér., 17°, 7. *Bombus terrestris*, grosse

femelle, très-vif, volant, capturé la veille; soudures dans le thorax et l'abdomen. Différence en faveur du thorax : 90 degrés init. chaud (arrêt forcé); 60 à 70 degrés, oscillations; 60 degrés, stat. environ 1 minute; 56 degrés, stat. environ 1 minute; 51 degrés, stat. environ 1 minute. L'insecte demeure fiché aux soudures, l'observateur éloigné. Poids = 0^{gr},706.

27 avril 1864 : temp. extér., 17°,8. *Bombus hortorum*, grosse femelle, actif, soudures dans le thorax et l'abdomen. Différence en faveur du thorax : 90 degrés init. chaud (arrêt forcé); 79 à 81 degrés, oscillations; 73 degrés, stat. plusieurs minutes. Poids = 0^{gr},644.

1^{er} mai 1864 : temp. extér., 14 degrés. *Bombus terrestris*, grosse femelle, nourri au miel depuis 8 jours, volant et bourdonnant, soudures dans le thorax et l'abdomen. Différence en faveur du thorax : 72 degrés, init. chaud; 58 degrés, stat. environ 1 minute; 47 degrés, stationne environ 1 minute; 44 degrés, stationne environ 1 minute; poids = 0^{gr},643.

11 mai 1864 : temp. extér., 14 degrés. *Bombus terrestris*, grosse femelle, soudures dans le thorax et l'abdomen. Différence en faveur du thorax : 90 degrés, init. chaud (arrêt forcé); 52 à 58 degrés, oscillations, puis de 48 à 53; 52 degrés, stat. pendant 1 minute environ; 48 degrés, stat. pendant 1 minute environ; poids = 0^{gr},590.

13 mai 1864 : temp. extér., non notée. *Bombus terrestris*, grosse femelle, très-actif, nourri au miel depuis plus de 12 jours, volant dans la cage; soudures dans le thorax et l'abdomen. Différence en faveur du thorax : 90 degrés, init. chaud (arrêt forcé); 80 degrés, stat. quelques secondes; 48 à 54 degrés, oscillations; 54 degrés, stat. plus de 1 minute; 52 degrés, stat. environ 1 minute; 51 degrés, stat. environ 1 minute; poids = 0^{gr},702.

Quelques modifications dans la manière d'expérimenter, mettant encore mieux en évidence l'excès de température du thorax sur l'abdomen, caractérisent les expériences suivantes, dont les sujets sont pris dans les mêmes conditions que les précédents.

7 avril 1868. — *Bombus terrestris*, grosse femelle, nourrie

au miel, depuis cinq jours dans la salle, vive et volant dans sa cage; temp. extér., 15°, 8. D'abord une des aiguilles est introduite dans l'abdomen, l'autre restant dans l'air, aussitôt la boussole du galvanomètre est lancée à 86 degrés dans le sens du chaud, ce qui montre que l'abdomen seul est au-dessus de l'air ambiant; puis l'autre aiguille est plantée dans le thorax, la boussole du galvanomètre revient en sens inverse, repasse par 0 degré et est lancée à 90 degrés (arrêt) de l'autre côté, indiquant ainsi au moins autant de chaleur pour le thorax au-dessus de l'abdomen que pour cette région au-dessus de l'air ambiant; poids = 0^{gr},685.

7 avril 1868. — *Bombus terrestris*, grosse femelle, dans la salle depuis cinq jours, nourrie au miel, vive et volant; temp. extér., 15°, 8. Une soudure est d'abord introduite dans l'abdomen, l'autre restant dans l'air, la boussole marque une déviation de 82 degrés, en excès de température sur l'air; puis l'autre aiguille est enfoncée dans le thorax, la boussole revient à 0 degré et va buter à 90 degrés en sens inverse, donc le thorax est plus élevé au-dessus de l'abdomen que celui-ci au-dessus de l'air ambiant; poids = 0^{gr},812.

10 avril 1868. — *Bombus hortorum*, grosse femelle, nourrie au miel, depuis dix jours en cage dans la salle, vive et volant activement; temp. extér., 13°, 4. 1° une aiguille dans l'abdomen seul, 45 degrés déviation vers le chaud; 2° l'autre aiguille seule dans le thorax, près de 80 degrés déviation dans l'autre sens; 3° les deux aiguilles ensemble dans le thorax et l'abdomen, 25 à 30 degrés déviation vers le chaud en faveur du thorax; poids = 0^{gr},434.

10 avril 1868. — *Bombus hortorum*, grosse femelle, depuis dix jours dans la salle, nourrie au miel, affaiblie, bourdonnant d'abord sans voler, puis finissant par s'enlever; temp. extér., 13°, 4. Une aiguille dans l'abdomen seul, l'autre dans l'air, déviation de 50 degrés, sens du chaud; puis la seconde aiguille est introduite dans le thorax, retour à 0 degré et déviation inverse à 42 degrés chaud en faveur du thorax; ici le thorax n'a plus conservé, au-dessus de l'abdomen, un excès supérieur

à celui de l'abdomen au-dessus de l'air ambiant; poids = 0^{sr},407.

Il faut remarquer que la seconde espèce de Bourdons a moins de masse que la première, ce qui doit diminuer un peu ses excès calorifiques, à activité égale pour les deux.

J'ai fait aussi quelques expériences sur la différence de température entre le thorax et l'abdomen chez des Bourdons, à l'extérieur, en plaçant à la fois au contact du cou et de l'abdomen les doubles barreaux mobiles, d'alliages très-sensibles. J'ai obtenu notamment des déviations de 70 à 80 degrés, et changeant de sens à volonté en croisant les soudures, toujours en faveur du thorax, avec une femelle de *Bombus hypnorum*, du poids de 0^{sr},372 (avril 1869).

Quelques expériences sur les températures comparées du thorax et de l'abdomen ont eu pour sujet des Hannetons, au moyen des aiguilles thermo-électriques. Ces Coléoptères ont toujours été piqués par les soudures à la face inférieure. Les différences, toujours en faveur du thorax, sont faibles, car l'ordre auquel appartient ces Insectes est dans les plus médiocres voiliers; en outre, souvent, au moment de l'expérience, leur corps est peu gonflé d'air, condition indispensable pour leur vol, qui ne peut s'effectuer *ex abrupto*, et auquel l'Insecte se prépare par une série d'inspirations rapides, lesquelles coïncident avec des mouvements des élytres se soulevant et s'abaissant, afin d'engouffrer sous leur convexité l'air qu'elles poussent dans les stigmates, en même temps que les anneaux de l'abdomen opèrent un vide partiel à l'intérieur.

30 avril 1868, cinq heures du soir. — *Melolontha vulgaris*, mâle; temp. extér., 15°,4. Une aiguille au milieu de l'abdomen, l'autre près de la tête, à sa jonction au thorax; excès thoracique: 28 degrés de déviation initiale; stationnement de plusieurs secondes, puis, peu à peu, 20 degrés; poids = 0^{sr},743.

30 avril 1868, cinq heures du soir. — *Melolontha vulgaris*, femelle; temp. extér., 15°,4. Une aiguille est enfoncée au mi-

lieu de l'abdomen, l'autre à la jonction de la tête et du thorax ; excès : 15 degrés de déviation, puis 12 degrés en faveur du thorax. L'aiguille du thorax est changée de place et enfoncée entre le prothorax et le mésothorax. Aussitôt déviation de 45 degrés dans le sens du thorax, puis la boussole redescend à 30 degrés, puis revient à 40 degrés et stationne une demi-minute. Il semble résulter de cette expérience la localisation du foyer calorifique vers le milieu du thorax ; poids = 0^{sr},576.

3 mai 1868, neuf heures et demie du matin. — *Melolontha vulgaris*, mâle ; temp. extér. (non notée). — Une aiguille au milieu de l'abdomen, l'autre au mésothorax, entre les pattes ; déviation en excès pour le thorax de 42 à 30 degrés, stationnement à 30 degrés quelques secondes, puis la boussole revient peu à peu à 25, 20 degrés, etc. ; poids = 0^{sr},837.

4 mai 1868, cinq heures du soir. — *Melolontha vulgaris*, femelle ; temp. extér., 20°,2. Une aiguille entre les pattes médianes, l'autre dans l'abdomen ; excès thoracique, 10 degrés déviation ; poids (l'Insecte a été perdu).

4 mai 1868, cinq heures du soir. — *Melolontha vulgaris*, femelle ; temp. extér., 20°,2. Une aiguille entre les pattes médianes, l'autre dans l'abdomen ; excès thoracique, 16 degrés de déviation ; poids = 0^{sr},874.

La faiblesse des excès dans ces deux expériences est en relation avec une température extérieure élevée.

5 mai 1868. — *Melolontha vulgaris*, mâle ; temp. extér., 19°,8. Une des aiguilles étant introduite dans le thorax seul, l'autre dans l'air, une déviation de la boussole de 20 à 25 degrés a lieu en faveur du thorax ; puis la seconde aiguille est enfoncée dans l'abdomen, le même excès persiste sensiblement plusieurs secondes, puis la boussole revient peu à peu ; poids = 0^{sr},746.

5 mai 1868. — *Melolontha vulgaris*, femelle ; temp. extér., 19°,8. Les deux soudures sont enfoncées à la fois : l'une au milieu du thorax, l'autre au milieu de l'abdomen ; on a 28 degrés de déviation en faveur du thorax pendant plus d'une minute ; puis la déviation diminue lentement, à mesure que l'Insecte

s'affaiblit, et par la tendance à l'équilibre en raison des masses des aiguilles; poids = 0^{sr},660.

Il est certain que la différence de température entre le thorax et l'abdomen ne provient pas de quelque erreur constante due au mode d'observation, puisque les instruments thermométriques de principes les plus divers s'accordent pour la constater; mais comme les expériences avec le thermomètre à mercure ou avec les aiguilles amènent toujours certaines lésions, indispensables pour prendre des températures internes, il fallait répondre à l'objection que c'était peut-être la lésion même qui produisait constamment le défaut d'équilibre thermique entre les deux régions. J'ai reconnu que la différence existe également pour les températures prises à l'extérieur, sans aucune blessure à l'animal. Déjà une expérience de ce genre a été indiquée. J'ai opéré pour cela en me servant du procédé de Newport, maintenant l'Insecte, au moyen de la pince de bois, sur du duvet ou de la ouate, le réservoir du thermomètre tour à tour en contact d'abord avec l'abdomen, puis avec le thorax; dans cette seconde partie de l'expérience, l'Insecte était tourné en sens inverse de la première, de sorte que l'abdomen se trouvait au delà du réservoir et que l'effet était dû à la tête et au thorax seuls. Il est étonnant que Newport n'ait pas eu l'idée d'interroger ainsi des régions distinctes; il n'a jamais obtenu qu'une véritable moyenne comme température de la face ventrale.

Mes premières expériences sur les Sphingides grands voiliers, ont été faites par le moyen emprunté à Newport. Ne soupçonnant d'abord aucune distinction thermique des régions, j'opérais en plaçant le thermomètre vers le milieu de la face ventrale. C'est ainsi que, le 7 septembre 1861, par une température de 23°^{,4}, un *Sphinx convoluti*, mâle, du poids de 1^{sr},681, me donnait au bout de huit minutes environ, pour le dessous du thorax et la base de l'abdomen, une température de 28°^{,2} descendant ensuite à 27°^{,5}, sans doute par la fatigue de l'Insecte. Ce résultat est tout à fait conforme à ceux de Newport. Le premier exemple d'une différence de chaleur entre les deux régions, me fut donné par le Sphinx à tête de mort, espèce cosmopolite

venue en France avec la pomme de terre et qui causait une frayeur superstitieuse au milieu du siècle dernier. Voici l'exposé de l'expérience :

12 octobre 1861. — *Acherontia atropos*, mâle. Thermomètre à mercure extérieur maintenu sous l'abdomen (procédé Newport) monte en huit minutes de 18°,8 à 19°,4. Autre expérience : de 18°,6 à 19°,3 en dix minutes. Autre expérience : de 18°,1 à 19°,4 en cinq minutes. — 13 octobre 1861 : thermomètre sous l'abdomen, monte, en huit minutes, de 16°,8 à 19°,1 et stationnaire ; puis, placé sous le sternum et la tête, monte à plus de 21 degrés en une minute, s'élève à 21°,5 au bout de trois minutes, et ne monte plus au delà dans les deux minutes suivantes. Enfin, l'insecte est éventré, et un second thermomètre qui marquait 16°,3 est introduit dans le thorax et s'élève à 20°,3, puis redescend rapidement ; poids = 2^{sr},696.

D'autres expériences de même genre, faites beaucoup plus tard, m'ont conduit absolument au même résultat.

16 septembre 1868, huit heures et demie du matin ; temp. extér., 19°,4. — *Sphinx convolvuli*, mâle, capturé la veille à huit heures du soir, agitant les ailes quand le corps est maintenu dans la pince de bois. Température externe du corps : thermomètre sous l'abdomen 19°,8 au bout de deux minutes de contact ; sous le thorax 23 degrés, au bout de trois minutes. L'insecte est laissé en repos quelques instants. Température interne : thermomètre dans l'abdomen 21 degrés ; au bout d'une minute environ, l'air extérieur marquant alors 19°,6, puis dans le thorax 24 degrés, puis 24°,2 et stationne ; poids = 1^{sr},85.

24 septembre 1868. — *Acherontia atropos*, femelle, depuis six heures dans la salle ; sujet peu actif, froissé par ceux qui l'avaient capturé ; temp. extér., 18°,8. Température externe du corps : thermomètre sous l'abdomen 19°,6, puis sous la tête et le thorax pendant quatre minutes, 20°,8 et stationne. L'insecte est mis au repos, il est très-fatigué et immobile. Température interne, celle de l'air extérieur étant alors 18°,4 : thermomètre dans l'abdomen 18°,8, puis 19 degrés au bout de deux minutes et stationne, puis dans le thorax et la tête, aussitôt 20 degrés,

puis 20°,4, le réservoir étant tourné sur lui-même à plusieurs reprises, et stationnement pendant plusieurs minutes à cette température; poids = 1^{er},968.

5 octobre 1868. — *Acherontia atropos* mâle, depuis quinze heures dans la salle; récemment éclos. Temp. extér. de l'air, 16°,8; temp. externe du corps: thermomètre *sous* l'abdomen, 18 degrés au bout de deux minutes d'application; thermomètre ensuite *sous* le thorax, 19°,5 au bout de deux minutes et stationnaire pendant une minute. Le Papillon n'a cessé de faire entendre le cri caractéristique de l'espèce pendant ces épreuves; il est mis au repos durant deux heures et demie. — Puis, la température de l'air étant de 18 degrés, le thermomètre *dans* l'abdomen reste à cette même température, 18 degrés; ensuite, *dans* le thorax et la tête, s'élève aussitôt à 19°,2; puis, le réservoir tourné sur lui-même, à 19°,8 et stationne. Poids = 1^{er},755.

Il faut remarquer avec soin que, dans ces observations, les températures *intérieures* comparées des deux régions sont trop basses, car les sujets sont toujours affaiblis par suite des manœuvres précédentes qui ont servi à prendre les températures extérieures.

Le résultat fondamental de mes recherches a reçu une confirmation dans les circonstances suivantes. En lisant, dans les *Annales de la Société entomologique de France*, l'énoncé sommaire de certains de mes résultats sur la chaleur animale des Insectes, le docteur Schaum (de Berlin) fit connaître, par une note, que, dix ans auparavant, il avait fait des expériences du même genre avec un physicien, M. Wiedemann (de Bâle). Leurs travaux restèrent inédits, parce qu'ils ne leur parurent pas conduire à des conclusions différentes de celles de Dutrochet. M. Schaum dit se rappeler avoir constaté, par les aiguilles thermo-électriques, que le thorax des Lépidoptères volants était plus chaud que l'abdomen. Cette indication fut envoyée en note à la Société entomologique dans la séance du 10 décembre 1862. Or, j'avais communiqué à cette Société bien auparavant (séance du 23 octobre 1861) mon expérience du 12 octobre sur un

Acherontia atropos, la première qui me donnait une différence thermique entre les deux régions (voy. *Compt. rend. Acad. des sc.*, 1862, t. LV, p. 290). La priorité m'est donc acquise, et la déclaration tardive du docteur Schaum ne fait que justifier la vérité de mes travaux.

Ce chapitre comprend l'étude détaillée de la partie de nos recherches qui est de beaucoup la plus importante. Il est impossible de ne pas remarquer dans le fait d'une différence de température, quelquefois très-forte, entre deux régions du corps du même animal une certaine analogie avec une remarquable expérience de M. Claude Bernard, qui se rattache à l'influence nerveuse sur la chaleur animale. Sans entrer dans un sujet qui n'est pas le nôtre, il est juste et utile de rappeler ici cette découverte du plus éminent physiologiste de notre époque, car il s'agit de localisations de chaleur amenant des différences thermométriques de même ordre dans des embranchements animaux de plans organiques tout à fait différents.

Déjà M. Auguste Duméril avait fait connaître, à la suite de nombreuses expériences d'empoisonnement faites avec MM. Demarquay et Lecointe, que, vingt-trois fois sur trente-trois, l'autopsie cadavérique permit de constater un état d'hyperémie (congestion) des ganglions du grand sympathique sur des Chiens morts à la suite d'épreuves, où le refroidissement avait été un des symptômes les plus remarquables. Ce résultat tendait à indiquer un rôle important du système nerveux ganglionnaire dans la production de la chaleur animale (1).

En 1854, le prix de physiologie expérimentale proposé pour 1853 fut décerné à M. Claude Bernard, pour une découverte des plus curieuses sur les relations du grand sympathique et de la chaleur animale. Cet éminent physiologiste reconnut que, si l'on coupe à un animal l'un des filets nerveux du grand sympathique, une élévation notable et subite de température se manifeste du côté où le filet a été coupé. La main suffit pour l'apprécier ; un thermomètre placé dans l'oreille de l'animal du

(1) *Proc. verb. de la Soc. philom.* 1851, p. 61.

côté lésé marque 10 à 11 degrés centigrades de plus que celui de l'autre oreille. Cet excès persiste plusieurs semaines et même plusieurs mois si, au lieu de se contenter de couper le filet, on a extirpé le ganglion cervical. L'augmentation de chaleur s'étend de la surface aux parties profondes. Au moment où la température s'élève dans les organes, leurs vaisseaux sanguins deviennent beaucoup plus apparents, et sont évidemment dilatés par un afflux considérable de sang (1).

Je n'ai nullement à m'occuper ici des importantes discussions auxquelles donna lieu cette découverte. Elle était nécessaire à rappeler, car les sciences d'observation ont besoin avant tout de faits exacts ; les explications différentes n'enlèvent jamais l'intérêt de la première indication ; c'est le mérite et l'honneur du savant de provoquer ces luttes pacifiques et toujours fécondes.

DESIDERATA.

Il reste évidemment encore beaucoup de points à étudier dans ce vaste sujet de la chaleur propre des Articulés.

Une série générale de recherches consistera à examiner par des analyses chimiques le rapport entre les produits de la combustion respiratoire et les diverses conditions physiologiques et spécifiques de l'animal dont on constatera en même temps la chaleur propre ; seulement de grandes difficultés se présentent pour les Insectes qui peuvent ne respirer que par intermittences en fermant leurs stigmates, de sorte qu'on ne sait pas exactement quand les gaz dont on entoure les Insectes pénètrent dans leurs trachées, ni à quel moment en sortent les gaz expirés ; les Mammifères et les Oiseaux, à respiration continue, présentent sous ce point de vue une précision expérimentale, que n'offrent pas les autres classes du règne animal ; les expériences de divers auteurs, notamment de Straus-Durckheim, sur la résistance des Insectes à l'asphyxie ; la remarque de M. Milne Edwards que les Insectes succombent aux gaz délétères mêlés peu à peu à l'air,

(1) Claude Bernard, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXVIII, 1854, p. 194.

tandis qu'ils ferment immédiatement leurs stigmates si ces gaz sont purs, montrent bien toutes les difficultés de cette question.

Comme sujet spécial fort intéressant se présente la question de savoir si les appareils phosphorescents de certains Insectes ont une chaleur propre plus élevée que celle du reste du corps. Mes expériences à ce sujet sont négatives.

Sur des *Lampyris noctiluca* femelles (poids = 0^{er},158 pour l'un, non noté pour l'autre), j'ai constaté seulement un excès total de température sur l'air ambiant (à 16 degrés pile A, déviations 51 degrés pour l'un, 42 degrés pour l'autre); mais les aiguilles portées l'une sur l'appareil phosphorescent, l'autre sur un autre point du corps, ne m'ont pas donné de différences, peut-être par manque de sensibilité.

J'ai trouvé à la pile A de la chaleur chez les Lucioles (*Luciola italica*), mais je n'ai pas pu reconnaître de différence avec la pince de contact à deux soudures d'alliages entre l'appareil phosphorescent sous-ventral et la face dorsale de la même région. Le corps de ces petits animaux est très-mince en cette région, et l'on comprend qu'il est presque impossible de rien conclure de certain sur des Insectes dont le poids est en moyenne de 0^{er},02. Il faudrait opérer sur des *Pyrophorus* américains de beaucoup plus grande taille (*Cucujos*, Élatériens phosphorescents).

Enfin on pourra rechercher si quelque lésion du système nerveux opérée d'un côté du corps n'amènera pas une différence thermique, d'une manière analogue à l'expérience de M. Claude Bernard sur les Mammifères. Chez les gros Sphinx, on pourra, sous ce rapport, interroger, aux aiguilles ou à la pince de contact, les yeux composés si volumineux, qui indiqueraient une différence thermique dans la tête si elle existe; seulement les vivisections sur le système nerveux des Insectes sont des plus difficiles à opérer avec précision.

L'inspection attentive de ce qui se produit dans les expériences où se constatent les différences considérables de température entre le thorax et l'abdomen, m'a suggéré l'idée d'un essai important, qui sera du reste mis à exécution très-prochainement,

avec le concours de M. Rumbkorff, aussitôt que la saison me fournira de gros Sphinx. Quand on observe la chaleur libre qui accompagne la contraction musculaire du thorax, l'Insecte, maintenu sur le duvet par la pince de bois, cherchant à s'échapper, on empêche l'animal de produire le travail mécanique du vol. Ne peut-on pas supposer que, lorsque celui-ci s'effectue, la chaleur libre diminue, et le thorax et l'abdomen tendent à l'équilibre thermique. C'est là une conséquence de la théorie de l'équivalence mécanique de la chaleur. Or qu'on prenne deux très-légères aiguilles fer-cuivre, chacune munie d'une entaille en fer de flèche empêchant sa sortie de la région où on l'aura enfoncée, que l'une d'elles soit introduite dans le thorax, l'autre dans l'abdomen d'un Sphinx, si l'on tient celui-ci par une longue pince de bois, la boussole du galvanomètre marchera vers le chaud en faveur du thorax. Qu'alors, lâchant l'insecte, on le laisse voler de 1 à 2 mètres, ce que permettront les fils très-fins unissant les aiguilles thermo-électriques au galvanomètre, il produira le travail nécessaire à élever son poids, on verra ce qu'indiquera le galvanomètre. Si la boussole revient vers le zéro, on aura la démonstration certaine que la contraction musculaire, qui est corrélative, comme on sait, d'une combustion, produit, selon les circonstances, ou chaleur libre, ou travail. Si le résultat est autre, l'expérience n'en est pas moins intéressante. Elle prouvera alors que la différence thermique, proportionnelle, comme le prouvent les exemples, à l'énergie de la locomotion aérienne, a cependant une autre origine que la contraction nécessaire par celle-ci.

CONCLUSIONS.

Les expériences de chaleur animale sur les animaux articulés, principalement les Insectes, confirment de la manière la plus complète la vérité des grands principes énoncés par Lavoisier, Crawford, Spallanzani, W. Edwards, etc., à savoir que la chaleur animale, sous l'influence du système nerveux comme toute fonction vitale, est la conséquence directe de la combustion respiratoire. Newport a principalement appelé l'attention sur cette

concordance intime et continuelle, et je ne crois pas que d'autres classes d'animaux soient plus favorables à cette démonstration, tant les variations dans l'activité de la fonction respiratoire se traduisent immédiatement par des variations correspondantes dans la température du corps. Il faut remarquer, d'autre part, que les Insectes par le fait de leur respiration volontairement intermittente au moyen de l'occlusion des stigmates trachéens, sont, au contraire, au nombre des animaux qui se prêtent le moins aux expériences chimico-physiologiques tendant à établir une relation pondérale entre les gaz inspirés et les gaz expirés ; ces expériences ne me paraissent avoir de certitude que chez les Mammifères et les Oiseaux à respiration continuelle et obligatoire en vertu de leur organisation. C'est cette cause qui m'empêche d'insérer dans ces conclusions les résultats de certaines de mes expériences sur des Insectes ayant séjourné, soit dans de l'oxygène, soit dans des gaz irrespirables, parce que l'on n'est jamais certain que le gaz ambiant se soit réellement introduit dans leurs trachées.

Les résultats de mes expériences ont été obtenus par les méthodes les plus diverses et toujours à l'abri des échauffements accidentels, à savoir, par la chaleur superficielle, par les piles thermo-électriques à barreaux de bismuth et d'antimoine ; le thermomètre différentiel à air modifié spécialement pour rechercher, avec les précautions qui rendent impossibles les causes d'erreur dues à la diathermanéité du verre et à l'échauffement accidentel par le voisinage de l'observateur ; dans quelques cas très-spéciaux, par les aiguilles thermo-électriques fer et platine ou les soudures de contact en alliages ; enfin, pour la chaleur interne, le thermomètre à mercure introduit sans lésions dans la partie terminale de l'appareil digestif, selon la manière habituelle d'expérimentation pour les vertébrés. Il résulte de là qu'on ne peut pas attribuer certains résultats à l'influence d'une cause d'erreur constante, objection qui peut toujours être faite aux expérimentateurs qui n'ont employé qu'une seule méthode thermométrique.

Je crois être le premier à faire remarquer la nécessité complète

de tenir compte de la masse dans des expériences faites sur de très-petits animaux où l'on doit interpréter la variation thermique, non d'une manière absolue, mais toujours en rapport avec le poids du sujet, car la question se complique ici d'une influence considérable du milieu ambiant, en vertu de sa capacité calorifique et aussi d'une influence non moins grande de la masse du corps thermométrique. Ces influences, au contraire, sont négligeables chez les Vertébrés, tant en raison de leur masse que de la chaleur propre considérable qu'ils offrent dans leurs types les plus élevés; c'est ainsi qu'en observant chez un Bourdon un excès de plus de 2 degrés centigrades pour la surface seule du corps au-dessus de l'air ambiant et parfois de 3 à 4 degrés, ce résultat n'étant, au reste, qu'approché en moins, on serait tenté au premier abord de l'assimiler à un Reptile ou à un Batracien pour lesquels les expérimentateurs ont constaté des excès internes analogues; tandis que si l'on remarque que le premier sujet ne pèse que quelques décigrammes, les autres pouvant atteindre de un quart à plusieurs kilogrammes, il est évident que l'interprétation doit être toute différente.

Les expériences sont faites sur des Articulés pris isolément, libres de leurs mouvements dans presque tous les cas, dans l'air ordinaire, sans lésions dans une partie des cas, et sans vases clos, dernière condition importante, car un vase clos amène promptement un trouble physiologique, soit par altération de l'air ambiant, soit par accumulation artificielle de chaleur et réaction sur l'animal.

Un certain nombre de mes conclusions me sont communes avec Newport dont la méthode, assez grossière pour qu'on ne doive pas attacher d'importance aux résultats numériques pour les Insectes isolés, présente, au contraire, des faits très-précieux si l'on examine les résultats comparatifs, car les causes d'erreur étant constantes n'empêchent pas, dans une certaine mesure, l'exactitude de ces comparaisons. On comprend, au reste, que dans les observations délicates imposées par la faiblesse de la chaleur propre dans la grande majorité des cas, les résultats comparatifs sont les seuls qui aient de l'intérêt dans la question

qui m'occupe, et que les nombres pris isolément ne doivent pas avoir une valeur aussi rigoureuse que ceux que possède la science pour les Mammifères et les Oiseaux. Il y a notamment pour les expériences avec les piles thermo-électriques, qui sont les plus nombreuses, de continuelles influences sur les nombres absolus dues aux variations dans les contacts avec l'appareil thermo-électrique, en raison de la nécessité de conserver au sujet la liberté de ses mouvements. Cette cause d'incertitude n'existe plus dans mes expériences au thermomètre différentiel à air et au thermomètre à mercure.

J'ai constaté, comme Newport et Dutrochet, que la chaleur propre des larves et des nymphes, dans les Insectes à métamorphoses complètes, est inférieure à celle des adultes. J'ai confirmé complètement les résultats de Newport pour l'influence des états d'activité ou de repos des Insectes, qui se traduit immédiatement, et de la manière la plus sensible, par l'accroissement ou la diminution de la chaleur propre. Il en est de même pour l'influence de l'abstinence et du sommeil. Mes expériences ont porté, outre des espèces analogues à celles observées par Newport, sur le Ver à soie et sur de nombreux sujets; j'ai constaté, d'accord avec cet éminent naturaliste, l'abaissement dans la chaleur propre des larves au moment des mues, fait qui justifie si directement les conseils donnés aux magnaniers par M. de Quatrefages, dans son remarquable travail sur les maladies du Ver à soie, d'élever la température au moment des mues. J'ai reconnu, comme Newport, que les Coléoptères terrestres offrent une chaleur propre moindre que les Coléoptères volants, fait général chez les Insectes, quoique souvent ces Coléoptères terrestres soient très-agiles dans leurs mouvements. Ce sont d'une part les Sphingides et les Noctuelles en état de mouvement et les Hyménoptères surtout, d'autre part, qui dégagent le plus de chaleur; parmi ces derniers, les Bourdons, à corps poilu, un peu plus que les espèces à corps lisse. Les Diptères offrent aussi une chaleur propre élevée.

Avant d'aller plus loin, je dois faire remarquer combien ces faits concordent avec les résultats anatomiques publiés par divers

observateurs, notamment par M. Blanchard, sur le développement plus considérable de l'appareil respiratoire et son perfectionnement dans l'adulte comparé à la larve ; s'il est souvent plus ramifié dans celle-ci, il n'y offre pas les ampoules aériennes qu'il présente dans certains ordres chez les adultes ; les trachées en tubes simples chez les Carabiques se compliquent d'ampoules chez les Scarabéides ; les Hyménoptères présentent une véritable hypertrophie de l'appareil respiratoire, etc. D'autre part, l'intermittence dans le développement calorifique chez beaucoup d'Insectes, selon qu'ils volent ou sont en repos, est en rapport avec ce que l'on sait sur l'introduction très-variable de l'air dans les trachées : ainsi les Acridiens migrateurs ont les trachées habituellement comme des rubans aplatis, tandis qu'elles se renflent en cylindres quand ces Insectes se préparent à leurs voyages dévastateurs (observations de M. Blanchard).

Les résultats nouveaux de mes recherches sont les suivants, presque tous basés sur un nombre considérable d'expériences :

Dans la classe des Insectes : 1° Jamais les Insectes adultes, même dans les états de sommeil ou d'affaiblissement, ne présentent d'abaissement au-dessous de la température ambiante pour la surface de leur corps, l'air ambiant, librement renouvelé, restant dans ses conditions ordinaires et en écartant quelques cas anormaux (femelles de Courtilières et de gros Bombyciens pour l'abdomen) ; ce fait, résultant de plusieurs centaines d'expériences sur les Insectes de tous les ordres, infirme les conclusions de Dutrochet, établies d'après un très-petit nombre d'expériences et affectées d'erreurs dues au procédé physique de mesure de la chaleur. Ces recherches ne méritent pas les éloges que leur donne M. Gavarret (*Traité de la chaleur dans les êtres vivants*).

2° Les larves et nymphes des Insectes à métamorphoses incomplètes se comportent comme les adultes, présentent toujours comme eux une élévation de température au-dessus de l'air ambiant, ou au moins une température égale, en un mot, à masse égale, se trouvent absolument dans les mêmes conditions pour la production de la chaleur propre. Ce résultat avait été énoncé

par Newport comme très-probable, mais sans aucune vérification expérimentale; je l'ai démontré sur des Forficules, des Courti- lières, des Acridiens et des Géocorisés (Hémiptères, Hétéro- ptères).

3° Il n'en est plus toujours ainsi chez les Insectes à métamor- phoses complètes. J'ai constaté souvent sur les chenilles à corps lisse que la surface du corps s'abaisse au-dessous de la tempéra- ture de l'air ambiant, ce qui montre que le dégagement de cha- leur par la combustion respiratoire peut être insuffisant pour compenser la perte due à l'évaporation superficielle ou transpi- ration cutanée. Le même fait se présente pour les chrysalides, bien entendu lorsque la température ambiante est assez élevée; l'évaporation cutanée se démontre, dans ce dernier cas, de la manière la plus évidente par les pertes de poids croissantes à la balance de précision, les chrysalides ne prenant pas de nourri- ture et ne rendant pas d'excréments.

4° Le cocon soyeux ou terreux dont un grand nombre de chrysalides de Lépidoptères ou d'Hyménoptères s'enveloppent, sert à empêcher une dessiccation trop rapide de la chrysalide, qui coïncide avec un refroidissement superficiel funeste. En effet, dans un nombre considérable d'expériences, j'ai toujours trouvé que les chrysalides en cocon présentent une notable élévation de température au moment où on les sort de cette enveloppe pro- tectrice; puis, laissées à l'air, elles perdent peu à peu de leur poids par évaporation et descendent souvent, pour la surface de leur corps, au-dessous de la température ambiante.

5° En hiver, les chenilles rases engourdis et les chrysalides reviennent à la température ambiante ou à de très-faibles excès au-dessus. Les refroidissements superficiels dus à l'évaporation ne se produisent plus dès que la température devient très-voisine de 0 degré, résultat tout à fait conforme aux expériences de la physique. Il arrive souvent que, parmi plusieurs chrysalides de même espèce, placées à côté les unes des autres, il en est qui sont notablement plus chaudes que les autres, absolument dans les mêmes conditions extérieures; cela indique que le travail de transformation doit s'opérer par intermittences avec des périodes

de repos complet où la température redevient très-sensiblement celle de l'air ambiant. On sait en physiologie que ces intermittences sont fréquentes dans les évolutions organiques.

6° Les expérimentateurs qui m'ont précédé n'avaient pas appliqué leurs méthodes de recherches aux Névroptères, dont les corps grêles et allongés se prêtent peu à ces expériences ; au moyen du thermomètre différentiel à air modifié, j'ai pu constater pour les Libellules, en activité de vol, une chaleur propre superficielle élevée, qui m'a paru un peu inférieure, à poids égal, à celle des Bourdons, et tout à fait analogue à celle des Hyménoptères à corps lisse.

7° Mes expériences comprennent des Insectes hémiptères, négligés jusqu'alors. Les expériences faites sur les Géocorises, il est vrai à des températures extérieures peu élevées, m'ont toujours donné de très-faibles excès de température au dessus de l'air ambiant, paraissant indiquer une chaleur propre bien moindre que pour les Hyménoptères, les Lépidoptères et les Diptères.

8° D'une manière générale, la chaleur superficielle des Coléoptères m'a paru médiocre, résultat auquel, outre l'état de l'appareil respiratoire, doit contribuer l'épaisseur et la faible conductibilité des téguments ; sur des Méloés à corps mou, l'élévation superficielle était assez forte.

9° Les Insectes aquatiques placés dans l'air (Dytiscides, Gyrins, Hydrocorises) se comportent tout à fait, sous le rapport du dégagement de chaleur, comme les Insectes terrestres de même masse, du même ordre et de mobilité analogue, ce qui s'accorde parfaitement avec l'identité du mode de respiration. On sait, de même, que les Mammifères pisciformes, hors de l'eau, ne présentent pas une chaleur moindre que les Mammifères terrestres (résultats de John Davy, Broussonnet, Martine, sur le Lamantin et le Marsouin). Lorsque les Insectes aquatiques demeurent maintenus au sein de l'eau, leur température ne m'a pas paru s'élever au-dessus de celle de l'eau ambiante, phénomène conforme à celui observé par Humboldt et Provençal, puis par Dutrochet, pour les Poissons dans l'eau ; par Berthold et Dutrochet,

pour les Crustacés, Mollusques et Annélides également dans l'eau. Pour les Insectes, il faut reconnaître que ce résultat est entièrement négatif et de peu de valeur, car j'ai constaté sur les mêmes sujets que les aiguilles thermo-électriques, fer et platine, qui constituent l'appareil le plus commode à employer dans ce cas, sinon le seul, ne sont pas assez sensibles pour ces expériences, car elles ne m'ont pas donné de variation de température dans l'air pour les mêmes individus placés ensuite dans l'eau, tandis que l'appareil bismuth-antimoine, impossible à employer dans l'eau, permettait de constater une chaleur propre.

10° Le sexe présente une influence marquée sur le dégagement de la chaleur superficielle dans certains groupes d'Insectes. J'ai reconnu d'une manière incontestable que chez les Bombycides, les mâles sont plus chauds que les femelles. et si, au premier abord, ce fait paraît naturel en considérant que les mâles, bien plus actifs, offrent une combustion musculaire plus considérable, on aurait pu toutefois penser qu'une compensation pouvait s'établir eu égard à la masse habituellement bien plus forte des femelles. L'expérience seule pouvait décider; les différences sont surtout très-fortes sur les *Bombyx quercus*, *Aglia tau*, *Liparis dispar*, etc. Peut-être les Phryganes et les Piérides offrent-elles un fait analogue, mais notablement moins marqué. Il faut bien se garder de généraliser ces résultats; ainsi je n'ai constaté aucune relation sexuelle dans mes nombreuses expériences sur la chaleur propre des Bourdons, non plus que sur diverses espèces de Phalénides, de Noctuelles, ni sur les Libellules.

11° Je n'ai pu recueillir, vu la difficulté des expériences sur de si petits animaux, que certains exemples relatifs à la différence des températures selon les régions du corps. Dans les Chenilles, la chaleur n'est pas localisée dans quelques anneaux, mais appartient à tous, ce qui concorde bien avec la dissémination analogue des centres nerveux. Elles affectent d'autant plus l'appareil thermo-électrique qu'un plus grand nombre de leurs anneaux sont en contact avec leurs barreaux. Il en est tout autrement chez les Insectes adultes à locomotion aérienne puissante. La variation de température qu'ils offrent entre le thorax et l'abdomen atteint

des valeurs tout à fait de même ordre de grandeur que l'excès de la température d'une de ces régions sur l'air ambiant et le passage est subit, de sorte qu'on peut dire que le thorax est le siège d'un véritable *foyer calorifique*. Le phénomène est donc d'un ordre tout autre, sous le rapport de ses proportions, que chez les Vertébrés supérieurs. Il est très-notable chez les Bourdons et surtout chez les Sphingides, Lépidoptères à vol si puissant, où ces excès atteignent des valeurs habituellement de 4 à 6 degrés, parfois même 8 à 10 degrés, et sont obtenus dans un temps très-court, presque instantané. Chez les Insectes de vol moyennement énergique, comme les Bombycides dans les Lépidoptères, l'excès thoracique n'est plus que de 2 à 3 degrés; enfin, chez les Insectes à vol très-faible ou nul, il n'y a pas ou très-peu d'excès de température du thorax sur l'abdomen (ex. : Courtilières, Sauterelles). La différence se maintient dans le même sens, à plusieurs reprises, si l'on opère sur le même Insecte, avec l'affaiblissement naturel résultant de la lésion. Il faut bien faire attention que les lésions nécessaires aux expériences n'ont aucunement chez les Insectes les effets graves qu'elles amènent chez les Mammifères. Des Insectes percés d'épingles vivent parfois plusieurs mois, mangent et subissent leurs métamorphoses. On peut donc formuler cette loi générale : *Chez les Insectes doués de la locomotion aérienne, la chaleur se concentre dans le thorax en un foyer d'intensité proportionnelle à la puissance effective du vol.*

Il faut remarquer combien les résultats, surprenants par leur grandeur, sont conformes aux données anatomiques. Dans le thorax se trouvent à la fois chez l'adulte les forts muscles des pattes et des ailes, ces derniers en contraction énergique lors du vol et siège d'une active combustion; au contraire, les muscles de l'abdomen sont alors inertes. En outre, suivant l'opinion la plus généralement adoptée (1), l'activité de la respiration est plus grande pendant le vol dans le thorax que dans l'abdomen, l'Insecte respirant surtout par les stigmates du thorax quand il vole,

(1) Il en découle une vérification indirecte précieuse.

et par ceux de l'abdomen lorsqu'il est en repos. Enfin, l'excès calorifique du thorax sur l'abdomen est sans doute lié aussi à la prédominance et à la concentration des ganglions nerveux thoraciques comparativement aux ganglions abdominaux.

Au reste, il est aisé de reconnaître combien la conformation anatomique de certains Insectes est adaptée à cette grande différence de chaleur libre entre le thorax et l'abdomen. Si l'on prend les Mammifères et les Oiseaux, qui sont les analogues des Insectes comme perfectionnement des appareils de la vie animale dans l'embranchement des Vertébrés, on trouve partout, perpendiculairement à l'axe du corps, de larges sections où de nombreux troncs vasculaires permettent une rapide propagation de la chaleur avec le sang, ce qui amène l'équilibre à peu près dans toutes les régions. Que l'on prenne au contraire une Guêpe, une Poliste; l'abdomen est uni au thorax par un étroit pédicule. Ce pédicule n'est pas moins étroit et il est très-long chez les Sphex, les Pélopes, avec un gros renflement ovoïde à l'extrémité; il est, on peut le dire, tout à fait filiforme chez les Fènes (Ichneumonien). Avec quelle lenteur les courants sanguins ne doivent-ils pas se transmettre entre les deux régions par ce détroit si resserré! Comme on comprend que la chaleur développée dans le thorax lors des mouvements du vol doit passer avec difficulté jusqu'à l'abdomen, si même elle y arrive.

Je dois faire observer que ce fait nouveau, qui forme incontestablement le résultat le plus important de mes expériences, a été obtenu par deux méthodes physiques très-distinctes, tantôt à l'intérieur des Insectes, tantôt à l'extérieur, sans lésions, au moyen du thermomètre à mercure pour les gros Lépidoptères et Orthoptères, avec les aiguilles thermo-électriques pour les Bourdons (Hyménoptères), et pour d'autres Insectes. Il atteste de profondes différences entre la circulation des Insectes et celle des animaux supérieurs, chez lesquels la rapidité de la circulation amène un équilibre à peu près complet de la température dans les diverses parties, car les différences observées sont très-faibles vis-à-vis les valeurs absolues.

12° J'ai reconnu de la manière la plus évidente sur les Bourdons et sur les Xylocoptes que le dégagement externe de leur chaleur propre est en rapport immédiat avec la production du bourdonnement, la température s'abaisse dès que l'Insecte cesse de bourdonner, se relève aussitôt que reprend le bourdonnement, et cela un grand nombre de fois consécutives; ce fait a été constaté à la pile thermo-électrique et au thermomètre différentiel; or, on sait que l'air sort alors des premiers stigmates trachéens et vient frapper les ailes, et, en outre, il y a une contraction musculaire incessante qui doit s'accompagner d'une combustion. Ce fait est tout à fait lié au précédent.

13° Si la chaleur des Insectes, comme cela est depuis longtemps démontré par Newport, est en raison directe de l'activité des mouvements, j'ai constaté qu'elle est incomparablement plus forte quand l'agitation des membres, des ailes et du corps est le fait propre et volontaire des Insectes, que quand cette agitation provient d'une excitation étrangère qui fatigue l'animal et ne le laisse pas véritablement dans son état normal.

14° J'ai pu pour quelques Insectes de très-forte taille, principalement des larves, mesurer la température interne sans lésions, ce qui est fort différent des anciennes expériences de John Davy, et j'ai constaté des différences considérables entre cette température et celle de la surface, ainsi, environ dix fois plus fortes, différences sans analogie par leur grandeur avec celles des animaux supérieurs et qui dénotent sur les sujets mis en expérience une extrême influence réfrigérante de l'évaporation cutanée.

15° Chez les Arachnides, j'ai trouvé sur les Scorpions une faible chaleur propre, toujours bien éloignée des excès considérables que peuvent présenter dans certains cas des Insectes de même masse. La chaleur propre est également faible chez les Araignées, et j'ai parfois observé sur les Epeires un refroidissement superficiel dû à l'évaporation cutanée.

16° En écartant certaines causes d'erreur, j'ai constaté un dégagement de chaleur propre chez les Myriapodes (genres Lithobie, Polydesme, Géophile, Iule). Il n'existait encore dans la

science, pour les Articulés de cette classe, qu'une seule expérience de J. Davy sur un grand Iule de Ceylan, expérience d'après laquelle il avait annoncé du froid, très-probablement par suite de l'imperfection bien reconnue de sa méthode (*Ann. phys. et chim.*, 2^e série, t. XXXIII, p. 192, 1826). Nous ferons remarquer que les animaux de la classe des Myriapodes, longtemps réunie à la classe des Insectes, respirent comme ceux-ci par des trachées, et que, bien que le type de ces Articulés les rapproche des Chenilles, leur peau est coriace et doit s'opposer à une trop forte évaporation. On ne doit donc pas s'étonner de ne pas observer de refroidissement superficiel, comme chez des larves à peau très-molle ou chez des Epeires, et, si un refroidissement superficiel peut souvent être constaté chez des chrysalides, malgré un tégument assez épais, c'est que, dans les Insectes à cet état, la circulation et la respiration presque suspendues ne produisent souvent pas assez de chaleur propre pour contre-balancer la tendance générale des animaux à un refroidissement superficiel par l'évaporation cutanée.

17° Les Cloportes et les Armadilles m'ont présenté un faible dégagement de chaleur propre. Ces Crustacés respirent par des branchies, mais dans l'air. Je n'ai pas constaté de chaleur propre dans des Crevettes de ruisseau (genre *Gammarus*) retirées de l'eau et bien sèches. On sait que d'après le peu d'expériences encore faites sur les Crustacés aquatiques, les auteurs leur assignent la température du milieu ambiant.

18° Il me paraît résulter de tous ces faits ce qui suit : Si l'on considère que certains Insectes, dans les cas de très-grande activité de la fonction respiratoire, peuvent présenter des excès de température très-élevés au-dessus de l'air ambiant, excès considérables surtout si l'on fait attention à ce que, pour des animaux de si petite masse, une notable portion de la chaleur est enlevée par le thermomètre et le milieu ambiant ; que, d'autre part, certains groupes d'Insectes, ou les Insectes à l'état de larve ou de nymphe, n'offrent, au contraire, que de faibles excès de chaleur propre, on est conduit à établir pour cette classe d'animaux un

groupe spécial, sous le nom d'*animaux à température mixte*, intermédiaire entre les *animaux à température constante*, qui sont les Mammifères et les Oiseaux, à part les cas d'hibernation et de très-jeune âge, et les *animaux à température variable*, ne présentant dans toutes les conditions (sauf peut-être des exceptions très-rares et encore mal expliquées) qu'un très-faible excès au-dessus de la température ambiante; ils comprennent les Reptiles écailleux, les Batraciens, les Poissons et les Invertébrés autres que les Insectes.

Il ne faut pas s'étonner du rang très-élevé que nous assignons ici aux Insectes dans la série animale. On est habitué à regarder les Insectes comme des animaux inférieurs, tout simplement parce qu'ils sont de petite taille et que leurs appareils de la vie organique offrent de profondes différences avec les Mammifères et les Oiseaux. Au point de vue des véritables affinités zoologiques, ce sont les fonctions animales qui doivent assigner aux animaux leur ordre réel. Les Insectes rivalisent pour l'énergie de la locomotion aérienne avec les Oiseaux carnassiers marins, et même on peut dire que certains Diptères l'emportent sous ce rapport. Les sens des Insectes sont excellents; leur odorat est le plus subtil que l'on connaisse. Les Insectes sont attirés à des distances considérables par l'olfaction. Leur vue n'est pas appropriée aux grandes distances, mais est affectée par des filets de lumière inappréciables pour nous, comme le démontrent les travaux des Insectes dans des cavités obscures. Une étude attentive de ces petits animaux nous amène à la conviction qu'ils représentent dans leur embranchement, et de la manière la plus complète, les Vertébrés supérieurs à température constante.

Vu et approuvé, le juin 1869.

Le Doyen de la Faculté des sciences,
MILNE EDWARDS.

Permis d'imprimer, le juin 1869.

Le Vice-recteur de l'Académie de Paris,
A. MOURIER.

DEUXIÈME THÈSE.

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

BOTANIQUE.

1. Etude morphologique et anatomique du pistil.
2. Caractères de la famille des Euphorbiacées.

GÉOLOGIE.

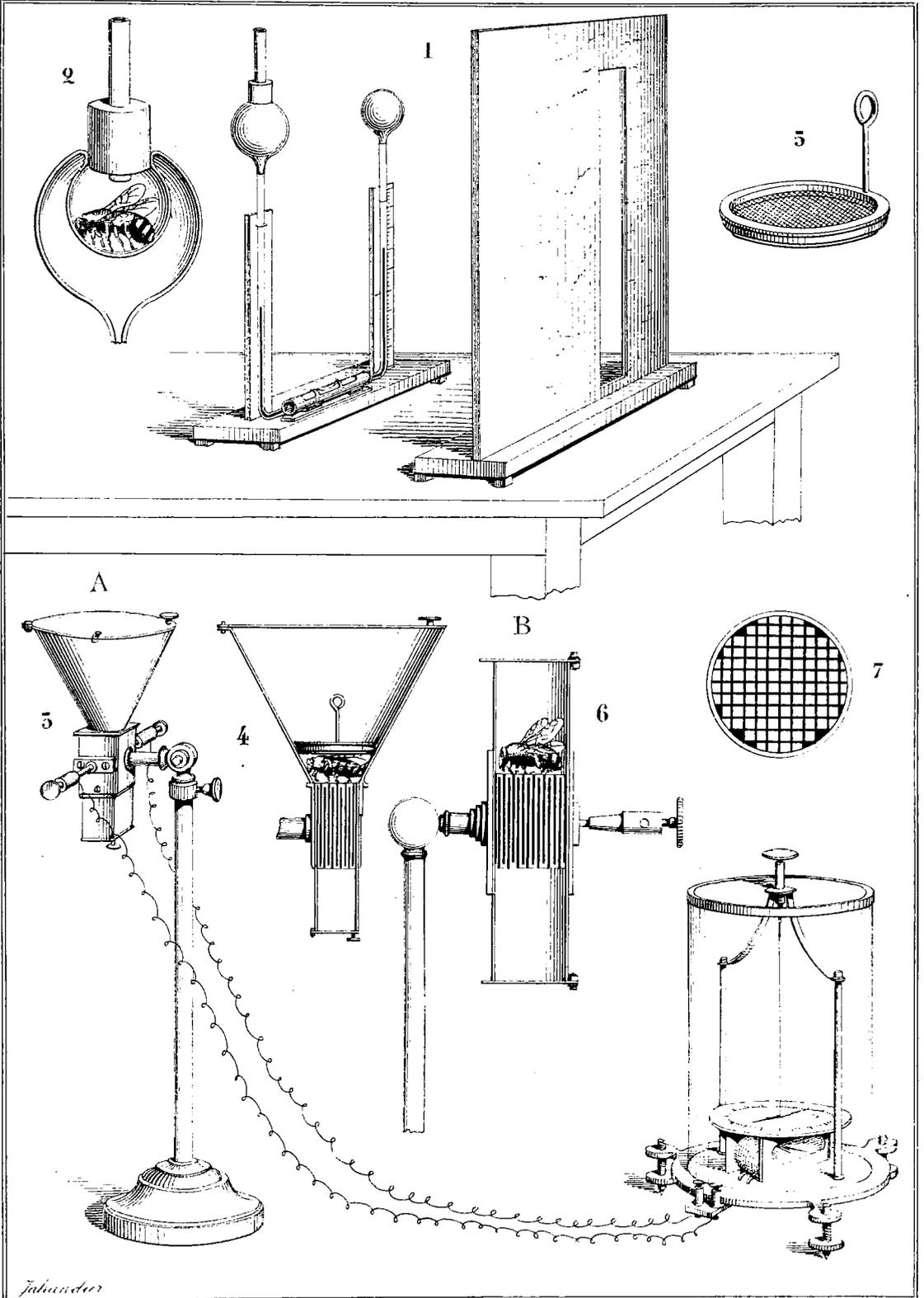
Caractères généraux des terrains secondaires ; leur distribution sur le sol français.

Vu et approuvé, le juin 1869.

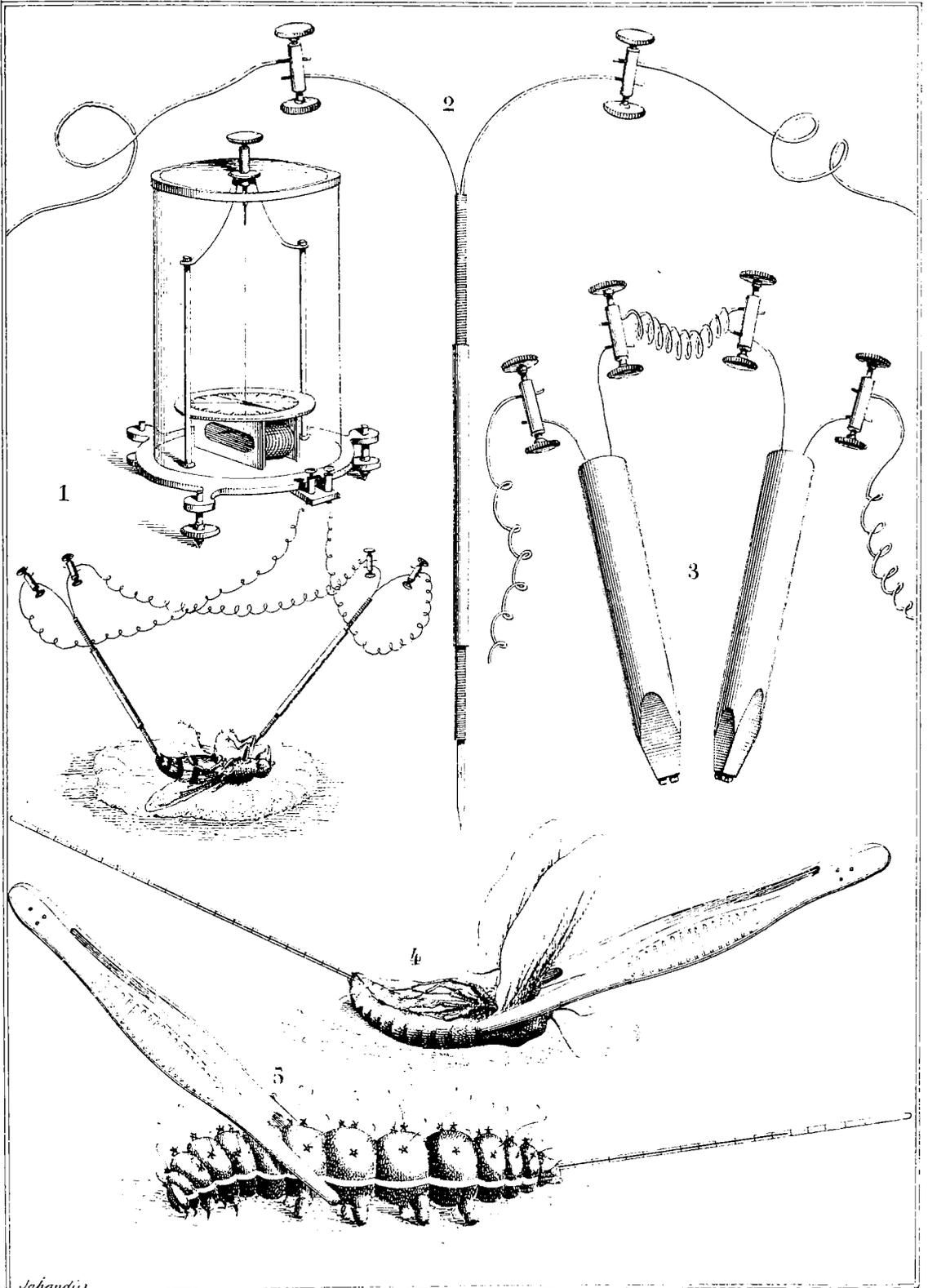
Le Doyen de la Faculté des sciences,
MILNE EDWARDS.

Permis d'imprimer, le juin 1869.

Le Vice-recteur de l'Académie de Paris,
A. MOURIER.



Jahandier
 1. Thermomètre différentiel de Leslie modifié. 2. Coupe en la bombe creuse. 3. File A en action. 4. Sa coupe verticale. 5. D'inspiration. 6. Coupe verticale de la pile B. 7. Coupe horizontale de sa barrette.



Schander

1. Expérience avec les aiguilles thermo électriques. 2. Aiguille thermo électrique, grandeur naturelle. - 3. Soudures de contact. - 4. Typhons soumis au thermomètre à mercure. - 5. Chenille, idem.