

**ACTION DE FACTEURS MÉTÉOROLOGIQUES
SUR L'ACTIVITÉ DE VOL DE *LIBELLULA JULIA* UHLER
DANS LES BASSES LAURENTIDES, QUÉBEC, CANADA
(ANISOPTERA: LIBELLULIDAE)**

J.-G. PILON, L. PILON et E. CARON

Département de Sciences biologiques, Faculté des Arts et des Sciences,
Université de Montréal, C.P. 6128, Montréal, Québec, H3C 3J7, Canada

Reçu le 1 décembre 1994 / Revisé et accepté le 29 mars 1995

INFLUENCE OF SOME METEOROLOGICAL CONDITIONS ON THE FLIGHT ACTIVITY OF *LIBELLULA JULIA* UHLER IN THE LOWER LAURENTIDES, QUÉBEC, CANADA (ANISOPTERA: LIBELLULIDAE) – In a 20-day period during the adult stage of the species, daily fluctuations in light intensity, relative humidity, evaporation, cloud cover and temperature influenced flight activity. Wind speed, wind direction and barometric pressure were of no great significance.

INTRODUCTION

Les fluctuations journalières de la température exercent une influence profonde sur le rythme journalier des activités de vol, de reproduction et d'alimentation des odonates (CORBET, 1983). En ce qui a trait à l'action du temps de la journée et de l'intensité lumineuse sur les activités de vol de ces organismes, JACOBS (1955), BICK & BICK (1961, 1963), MITCHELL (1962) et BICK & SULZBACH (1966) présentent certaines informations pertinentes. Enfin, les travaux de LUTZ & PITTMAN (1970), MAY (1978) et WARINGER (1982) permettent une meilleure compréhension de l'action de plusieurs facteurs physiques sur le rythme journalier d'activités de populations adultes d'odonates.

Les buts de cette étude sont d'analyser l'action de certains facteurs météorologiques sur l'activité journalière des imagos de *Libellula julia* Uhler dans la zone bioclimatique tempérée froide du Québec. En identifiant les conditions favorables et défavorables à l'espèce, il deviendra éventuellement possible d'en arriver à une meilleure compréhension des facteurs agissant sur les fluctuations annuelles de ces populations.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L. julia Uhler est un anisoptère appartenant à la famille des libellulidés. Selon ROBERT (1963), les marécages et les étangs, les rivières à courant faible mais surtout les lacs laurentiens conviennent au développement de cette espèce. Cet insecte se retrouve dans toute la région habitée du Québec depuis le golfe du Saint-Laurent jusqu'en Abitibi (PILON et al., 1989, 1990, 1992). La distribution continentale de cette espèce s'étend du Nouveau-Brunswick à la Colombie-Britannique en suivant les deux côtés de la frontière américano-canadienne (WALKER & CORBET, 1975).

L. julia est une espèce qui, jusqu'ici, a fait l'objet de peu de travaux. Ceux de ROCHON (1977) et de LEBUIS & PILON (1976) présentent quelques données sur l'émergence de cette espèce. HILTON (1983) donne une description des comportements de territorialité et de reproduction de cette espèce.

Le travail de terrain s'est déroulé au lac Triton, situé à la Station de Biologie de l'Université de Montréal à St-Hippolyte de Kilkenny dans le comté de Terrebonne (46°N, 74°O). ROCHON (1977) présente une description détaillée du lac Triton.

Au cours de notre étude, la période de vol a eu lieu du 14 juin au 3 août. Cependant, les observations se sont déroulées entre le 20 juin et le 12 juillet.

Les facteurs météorologiques étudiés furent la luminosité, la température, la nébulosité (couverture nuageuse), l'humidité relative, la vitesse et la direction du vent, la pression barométrique et l'évaporation.

Les variations météorologiques et l'activité de vol de l'espèce à l'étude furent notées tout au long de la journée de la façon suivante: le jour fut divisé en trois périodes (a) une première de 05H00 à 08H00, (b) une seconde de 08H00 à 16H00 et (c) une troisième de 16H00 à 19H00 (heures normales de l'Est). Le relevé des observations s'effectuait à toutes les heures au cours des première et troisième périodes, à toutes les deux heures au cours de la deuxième période, ce qui donnait un total de 11 observations par jour.

La température a été mesurée avec un thermomètre à mercure gradué au demi-degré Celsius et installé à l'ombre. La luminosité a été évaluée avec un posemètre "Lunasix" de Gossen gradué en lux. La nébulosité était évaluée sur une échelle croissante de 0 à 10. Une rose des vents déterminait la direction du vent et un anémomètre Dwyer sa vitesse. Un barographe "Hughes Owens Co. Ltd" a été employé pour déterminer la pression barométrique. L'humidité relative a été déterminée grâce à une table d'humidité qui compare la température d'un thermomètre sec à celle d'un thermomètre mouillé. Un évaporimètre de type "Piche" a été utilisé pour évaluer l'évaporation.

L'estimation de l'activité de vol s'effectuait en recensant le nombre de départs effectués par les individus à partir d'une zone de rivage pendant une période de deux minutes. Cette mesure était habituellement répétée trois fois. Les valeurs moyennes de ces observations étaient utilisées dans les analyses. La mesure d'activité de vol s'est toujours faite à partir du même endroit. Le site d'observation était une pointe d'où le rivage était bien visible sur une distance d'environ 25 mètres.

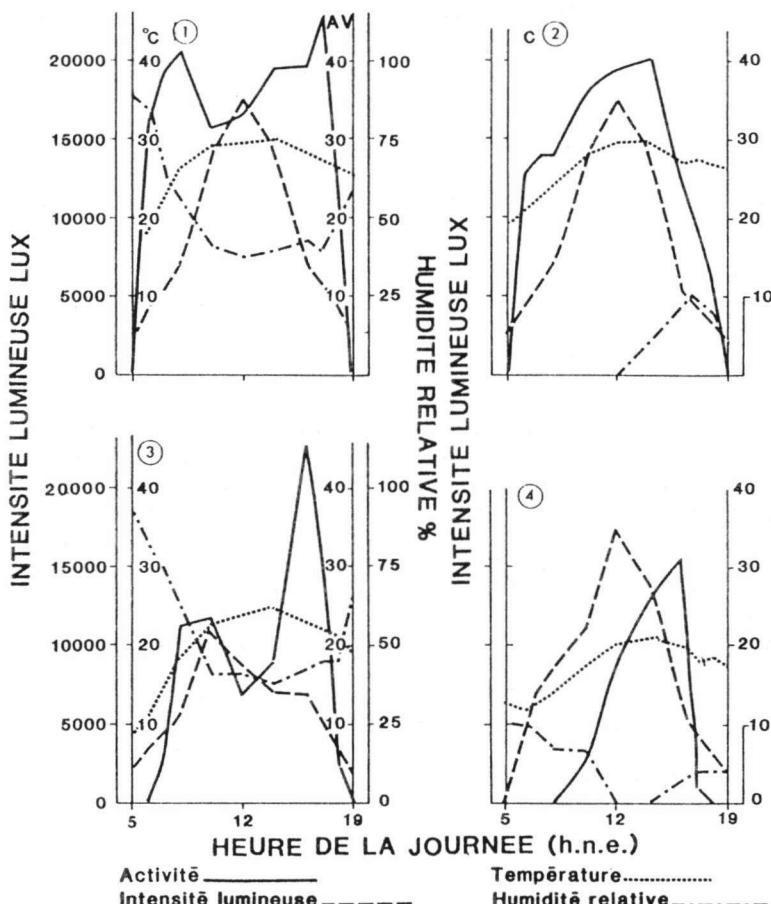
La corrélation de Pearson (SCHERRER, 1984) a été utilisée pour mesurer la liaison linéaire entre le nombre de captures et chacun des facteurs météorologiques.

RÉSULTATS

L. julia, au cours de sa vie imaginaire, doit s'ajuster à des conditions météorologiques qui varient à l'intérieur de limites minimales et maximales. Certaines activités peuvent à l'occasion se voir considérablement diminuées et peser lourdement sur l'évolution du cycle vital et les générations futures.

ACTIVITÉ JOURNALIÈRE

Afin de comprendre l'action de certains facteurs météorologiques sur l'activité de vol de l'espèce étudiée, nous avons choisi quatre journées types qui se rencontrent communément au cours de la vie imaginaire. La Figure 1 illustre une journée chaude et ensoleillée. Dans un tel cas, la courbe d'intensité lumineuse (luminosité) apparaît normale et symétrique, celle de la température est arrondie avec un maximum décalé



Figs 1-4. Activité journalière de vol (AV) de *Libellula julia* exprimée en nombre de départs par période d'observation en relation avec les fluctuations de facteurs météorologiques: (1) par une journée chaude et ensoleillée; – (2) par une journée chaude caractérisée par une nébulosité croissante; – (3) par une journée partiellement nuageuse entre 10 et 16 heures; – (4) par une journée fraîche et partiellement nuageuse. – [N.B.: Dans la figure 2 et 4, c'est la couverture nuageuse qui est représentée et non l'humidité relative].

par rapport au maximum d'intensité lumineuse de 12H00 alors que celle de l'humidité relative est presque asymétriquement inverse de celle de la température. Sous de telles conditions, l'activité de vol de *L. julia* présente deux sommets d'activité (courbe bimodale), un à 08H00 et un second à 17H00. Selon MAY (1978), lors de la période chaude de la journée où l'intensité lumineuse est forte, les insectes sont affectés par la production de chaleur corporelle, la température extérieure et la luminosité. A ce moment se produirait un "surchauffage" pouvant nuire à l'organisme. Pour éviter ceci, l'individu diminue ses apparitions au soleil pour rester à l'écart. WARINGER (1982) fait aussi mention de ce phénomène.

Lors de journées chaudes et ensoleillées en début de matinée mais avec une nébulosité croissante en fin de journée (Fig. 2), il est possible de remarquer que la nébulosité ou couverture nuageuse (baisse d'intensité lumineuse) provoque une baisse rapide de l'activité de vol (à partir de 16H00). Une variante de telles conditions est le cas d'une journée partiellement nuageuse de 10H00 à 16H00 (Fig. 3). On constate alors que l'activité de vol est proportionnelle à l'intensité lumineuse du moment par rapport à l'intensité lumineuse optimale de la période considérée (Fig. 1). En d'autres termes, si à midi l'intensité lumineuse se situe près de son niveau optimal qui est de 17 500 lux, l'activité de vol est à son niveau optimal pour ce temps de la journée. Si, par contre, la luminosité est inférieure à ce niveau optimal, l'activité de vol est diminuée. Dans la zone tempérée froide du Québec, il n'est pas rare au cours de l'été, de rencontrer des journées fraîches (températures inférieures à la normale). Sous de telles conditions (Fig. 4), l'activité de vol ne débute pas tant que la température n'atteint pas un certain niveau se situant aux environs de 14°C. Enfin, nos observations ont démontré qu'aucune activité de vol n'était enregistrée pour cette espèce lors de journées pluvieuses.

ACTIVITÉ DE VOL ET FACTEURS PHYSIQUES

La Figure 5 montre la répartition de l'activité de vol selon l'heure de la journée. L'activité débute à 06H00 pour se terminer à 18H00. Dès 08H00, l'activité monte à un premier palier pour atteindre un maximum entre 16H00 et 17H00.

L'action de la température est présentée à la Figure 5. Les températures enregistrées varient entre 9°C et 30°C. C'est à 14°C que commence l'activité de vol de l'insecte. Une fois ce seuil franchi, l'activité varie considérablement suggérant l'intervention d'autres facteurs. Il y a corrélation ($r=0,5304$; $N=215$) entre la température et l'activité de vol même si celle-ci s'avère de faible intensité. Il est impossible de déterminer la température maximale de vol étant donné l'étendue des valeurs de température enregistrées. On sait cependant que cette température maximale peut se situer chez certaines espèces comme *Enallagma geminatum* Kellicott et *Libellula incesta* Hagen aux environs de 40°C (LUTZ & PITTMAN, 1970).

Les pourcentages enregistrés pour l'humidité relative s'étendent de 31% à 100%. Tout au long de cet intervalle, la variabilité de l'activité est grande. Il existe une

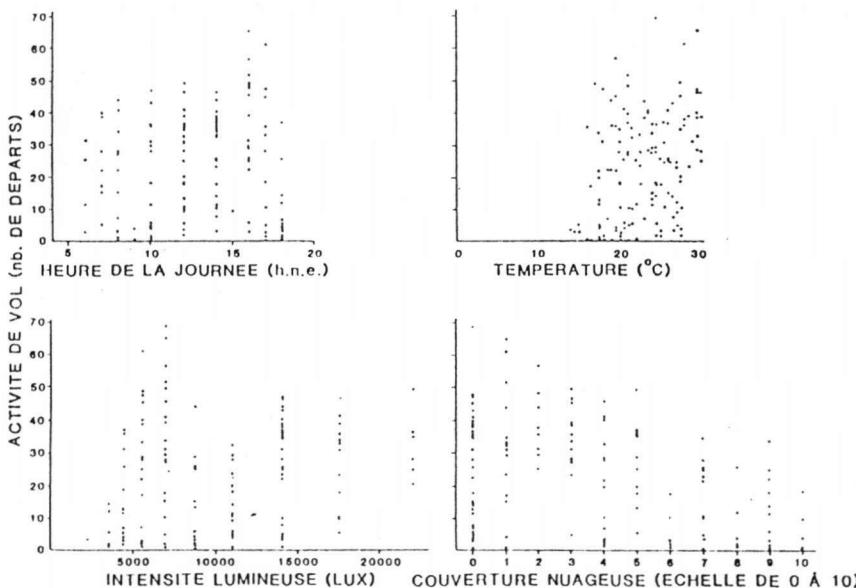


Fig. 5. Activités de vol de *Libellula julia* par rapport à l'heure de la journée, la température, l'intensité lumineuse et la couverture nuageuse.

relation inversement proportionnelle d'intensité moyenne ($r=-0,6214$; $N=215$) entre l'humidité relative et l'activité (Fig. 6). Un phénomène semblable agit pour l'évaporation, mais la relation est proportionnelle ($r=0,6769$; $N=164$) (Fig. 6).

C'est aux environs de 3 500 lux que débute l'activité de vol de *L. julia* (Fig. 5). C'est entre 5 000 et 8 000 lux que se situe la zone d'activité reliée à la présence d'insectes aquatiques à la fin de la journée. Bien que l'activité de vol puisse diminuer légèrement au milieu de la journée, il est impossible de déterminer l'intensité lumineuse maximale qui provoquerait un arrêt de l'activité. Cependant il y a corrélation d'intensité moyenne entre luminosité et activité de vol ($r=5067$; $N=215$).

Lorsque la nébulosité (couverture nuageuse) augmente, l'étendue de la variabilité de l'activité diminue. L'influence de la couverture nuageuse est inversement proportionnelle à l'activité (Fig. 5). La corrélation entre ce facteur et l'activité de vol est cependant faible ($r=-0,4202$; $N=215$).

La vitesse du vent (Fig. 6) n'apparaît pas comme un facteur majeur en-dessous de 15 km/heure. En effet, les tests démontrent une corrélation très faible entre vitesse du vent et activité de vol ($r=0,3983$; $N=215$). Au-dessus de ce seuil les quelques données obtenues semblent indiquer qu'il pourrait y avoir action réductrice des activités de vol.

La direction du vent et la pression barométrique ne semblent pas influencer l'activité de vol car la variabilité de celle-ci est très grande, quelle que soit la direc-

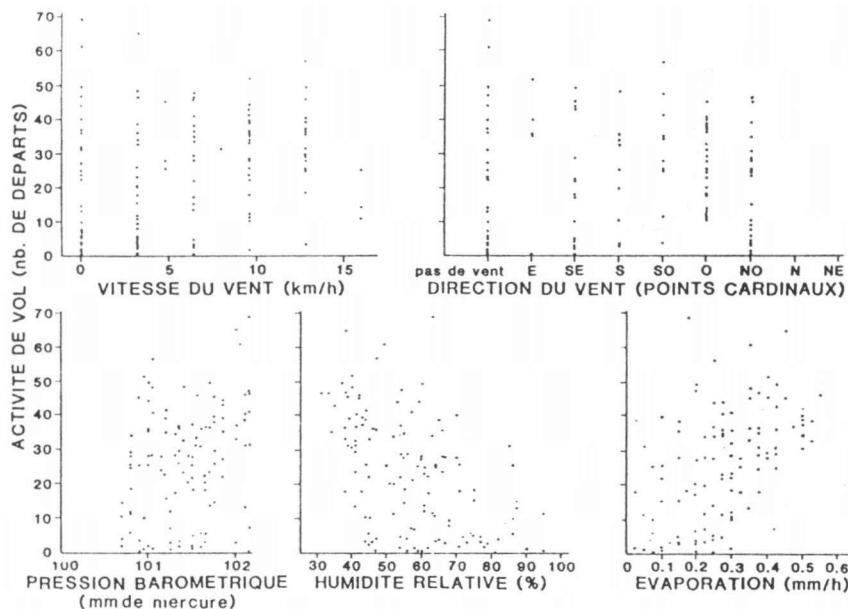


Fig. 6. Activités de vol de *Libellula julia* par rapport à la vitesse du vent, la direction du vent, la pression barométrique, l'humidité relative et l'évaporation.

tion du vent observée et quelle que soit la valeur de la pression barométrique enregistrée (Fig. 6). Les tests démontrent pratiquement aucune corrélation entre direction du vent et activité ($r=0,1894$; $N=215$) et une très faible corrélation ($r=0,2762$; $N=200$) entre la pression barométrique et l'activité de vol. S'il n'y a aucun vent en provenance du Nord et du Nord-Est, cela est dû à la situation géographique du site d'observation. Ce dernier était protégé par la forêt, ce qui bloquait les vents de ces deux directions.

DISCUSSION

L'environnement des insectes peut varier énormément en fonction des différents facteurs du milieu qui y prévalent. Si des insectes peuvent éviter un certain nombre de ces facteurs en raison, par exemple, de leur mobilité ou de leurs moeurs, ils ne peuvent cependant s'affranchir totalement des facteurs météorologiques qui, en écologie, font partie des facteurs abiotiques et régissent de façon importante certaines activités. Plusieurs auteurs (UVAROV, 1931; ANDREWARTHA & BIRCH, 1954; BURSELL, 1974) ont analysé l'influence de différents facteurs abiotiques du milieu sur la vie des insectes, principalement sur le développement.

La température est un facteur très important dans la vie des odonates. Ce facteur influence la vitesse de développement de ces insectes et déclenche l'émergence chez les odonates (CORBET, 1983). FERNET & PILON (1970) ont montré que,

dans la zone boréale, les odonates émergent seulement lorsque la température, à la surface de l'eau, atteint 18°C ou 19°C. La température influence aussi la vitesse de maturation des adultes en période préreproductrice de même que les comportements de reproduction chez cet ordre d'insectes (CORBET, 1983). LUTZ & PITTMAN (1970) ont étudié l'influence de la température sur la période de vol quotidienne de plusieurs espèces de libellules. Tout comme l'ont suggéré LUTZ & PITTMAN (1970) et WARINGER (1982) nos résultats démontrent que la température est un facteur important mais qu'une fois un seuil franchi, d'autres facteurs viennent s'ajouter et moduler son action.

Chaque espèce d'insecte tolère une gamme d'humidité relative qui lui convient et qui augmente sa résistance (UVAROV, 1931). Ce facteur abiotique peut jouer, chez les odonates, un rôle important dans l'activité journalière de vol des espèces actives à l'aube et au crépuscule (CORBET, 1983). Nos résultats démontrent que *L. julia* est active à tous les niveaux d'humidité relative rencontrés dans le milieu naturel sauf lorsqu'il pleut (HR=100%). Bien que la variabilité de l'activité soit toujours grande, il ressort que l'humidité relative agit de façon inversement proportionnelle au niveau d'activité enregistrée. THIBAULT (1978) arrive à la même conclusion pour les tabanidés.

Le taux d'évaporation résulte de l'action combinée de plusieurs facteurs, les principaux étant la température, l'humidité relative (ou déficit de saturation) et la vitesse du vent. SHELFORD (1914) et WELLINGTON (1949a, 1949b) ont démontré que les insectes réagissaient de façon similaire à des taux comparables d'évaporation, ceux-ci variant avec le gradient de température. Chez les tabanidés, l'évaporation aurait un effet secondaire sur l'activité de vol (BURNETT & HAYS, 1974). La relation observée au cours de notre étude est proportionnelle à l'activité de vol. Comme ce facteur dépend d'un certain nombre d'autres facteurs, il s'ensuit que cette action est indirecte. THIBAULT (1978) arrive également à cette conclusion pour les tabanidés.

La lumière est un autre facteur qui joue un rôle important dans la vie des odonates. Elle influence la vie de ces organismes de trois façons. D'abord, les variations annuelles de la longueur du jour (photopériodisme) permettent de synchroniser l'apparition de cycles saisonniers avec celle des conditions physiologiques spéciales (comme la diapause), ce qui permet aux insectes de survivre en période de conditions adverses. Ainsi, la diminution de la photopériode, vers l'équinoxe d'automne, déclenche la diapause chez les larves de dernier stade d'*Epitheca cynosura* (Say) (LUTZ & JENNER, 1964) de même que chez *Leucorrhinia dubia* (Vander L.) (NORLING, 1976). La variation journalière de la lumière permet aussi une séparation entre les insectes diurnes et nocturnes. Bien que la plupart des odonates soient diurnes, il existe cependant des espèces dont les périodes d'activité ont lieu pendant des heures d'obscurité totale (CORBET, 1983). Enfin, la lumière (luminosité) varie habituellement au cours du jour en fonction de la nébulosité du ciel. Ces variations influencent le comportement des odonates. LUTZ & PITTMAN (1970)

ont démontré l'influence de l'intensité lumineuse sur l'activité de vol de *L. ictesta* Hag. WARINGER (1982) insiste sur le fait que l'intensité lumineuse est plus importante que la température étant donné que l'activité de vol de *Coenagrion puella* (L.) cesse à une intensité lumineuse dite minimale et ce, malgré une température favorable. Nos expériences ont démontré que l'intensité lumineuse est un facteur dont il faut tenir compte dans la vie de *L. julia*. Il n'y a pas de vol en-dessous de la limite minimale de 3 500 lux. Les baisses d'intensité lumineuse provoquent des baisses d'activité de vol.

La couverture nuageuse affecte l'activité des insectes en obscurcissant le ciel. Ce serait donc par le changement d'intensité lumineuse ou la baisse de température que ce facteur agirait (UVAROV, 1931). WARINGER (1982) note par exemple que *C. puella* ne vole pas par temps nuageux dont l'intensité lumineuse se situe à ou en-dessous de 6 000 lux. Nos propres observations sur *L. quadrimaculata* L. indiquent que toute couverture nuageuse occasionnant une intensité lumineuse moindre que 5 000 lux provoque l'arrêt immédiat de toute activité de vol. Dans le cas de *L. julia* ce seuil se situerait aux environs de 4 000 lux. La relation inversement proportionnelle observée entre l'activité de vol et la couverture nuageuse ne serait donc, selon les circonstances, qu'une expression de la baisse de la luminosité ou de la chute des températures.

La vitesse du vent est reconnue pour affecter le vol des insectes. Cependant, les espèces sont affectées diversement (UVAROV, 1931). WARINGER (1982) suggère que la vitesse du vent peut aussi influencer l'accouplement et l'oviposition. Notre étude ne fait que souligner la possibilité de l'existence d'un seuil au-dessus duquel certaines activités se font plus difficilement.

La direction du vent et la pression barométrique ne semblent pas exercer d'influence discernable sur l'activité de vol chez *L. julia*. La relation entre la pression atmosphérique et l'activité des insectes est connue depuis longtemps puisque SCHAUPEL (1879) soulignait déjà une telle relation. Cependant, cette activité n'est pas toujours la résultante d'une réaction "active" mais aussi "passive" de la part des insectes comme le souligne GREENBANK (1957) dans le cas de "mass flight" de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. La pression barométrique n'a pas d'effet connu chez les tabanidés (THIBAULT, 1978). Notre étude n'apporte aucune preuve démontrant qu'une telle relation existe dans le cas de l'espèce étudiée. Il en est de même pour la direction du vent.

CONCLUSION

Les résultats obtenus permettent une analyse de l'action des facteurs météorologiques sur la vie de *L. julia*. Le rythme de l'activité de vol de cette espèce subit l'influence du rythme journalier d'un certain nombre de ces facteurs.

La luminosité, l'humidité relative, l'évaporation, la nébulosité et la température sont des facteurs météorologiques qui jouent un rôle de faible à moyen, alors que la

vitesse du vent, sa direction et la pression barométrique ne semblent pas avoir d'influence notable sur l'activité de vol de *L. julia*.

Il faut ajouter, en terminant, que l'analyse ne tient pas compte du fait qu'il puisse exister un effet de synergie entre certains facteurs météorologiques. Il faut donc considérer les résultats de cette étude comme partiels et préliminaires à des travaux plus globaux portant sur l'action des facteurs abiotiques.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ancien personnel cadre de la Station de Biologie de l'Université de Montréal pour les installations mises à notre disposition. — Nous remercions aussi le CRSNG-Canada et le FCAR-Québec pour leur contribution financière.

RÉFÉRENCES

- ANDREWARTHA, H.G. & L.C. BIRCH, 1954. *The distribution of animals*. Univ. Chicago Press, Chicago.
- BICK, G.H. & J.C. BICK, 1961. An adult population of *Lestes disjunctus australis* Walker (Odonata: Lestidae). *SWest. Nat.* 6: 111-137.
- BICK, G.H. & J.C. BICK, 1963. Behavior and population structure of the damselfly *Enallagma civile* (Hagen) (Odonata: Coenagrionidae). *SWest. Nat.* 8: 57-84.
- BICK, G.H. & D. SULZBACH, 1966. Reproductive behavior of the damselfly *Hetaerina americana* (Fabricius) (Odonata: Calopterygidae). *Anim. Behav.* 14: 156-158.
- BURNETT, A.M. & K.L. HAYS, 1974. Some influence of meteorological factors on flight activity of female horse flies (Diptera: Tabanidae). *Envir. Ent.* 3: 515-521.
- BURSELL, E., 1974. Environmental aspects: temperature. In: M. Rockstein, [Ed.], *The physiology of insects*, Vol. 1, pp. 283-321, Acad Press, New York.
- CORBET, P.S., 1983. *A biology of dragonflies*. Classey, London.
- FERNET, L. & J.G. PILON, 1970. Relation entre le début de l'émergence des odonates, la croissance des feuilles des arbres et la température de l'eau au Saguenay. *Annls Soc. ent. Québ.* 15: 164-168.
- GREENBANK, D.O., 1957. The role of climate in the initiation of outbreaks of the spruce budworm in New Brunswick. 2. The role of dispersal. *Can. J. Zool.* 35: 385-403.
- HILTON, E.F., 1983. Territoriality in *Libellula julia* Uhler (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica* 12: 115-125.
- JACOBS, M.E., 1955. Studies on territorialism and sexual selection in dragonflies. *Ecology* 36: 566-586.
- LEBUIS, M.A. & J.G. PILON, 1976. Analyse comparative de la faune odonatologique de quatre milieux de la région de Saint-Hippolyte, Comté de Prévost, Québec. *Annls Soc. ent. Québ.* 21: 3-25.
- LUTZ, P.E. & C.E. JENNER, 1964. Life history and photoperiod response of nymphs of *Tetragoneuria cynosura* (Say). *Biol. Bull., Woodhole* 127: 304-316.
- LUTZ, P.E. & A.R. PITTMAN, 1970. Some ecological factors influencing a community of adult Odonata. *Ecology* 51: 279-284.
- MAY, M.L., 1978. Thermal adaptations of dragonflies. *Odonatologica* 7: 25-47.
- MITCHELL, R., 1962. Storm-induced dispersal in the damselfly *Ischnura verticalis* (Say). *Am. Midl. Nat.* 68: 199-202.
- NORLING, U., 1976. Seasonal regulation in *Leucorrhinia dubia* (Vander Linden) (Anisoptera: Libel-

- lulidae). *Odonatologica* 5: 245-263.
- PILON, J.G., D. LAGACÉ, L. PILON & S. PILON, 1989. The odonate fauna of the northern regions of Quebec-Labrador: review and perspective. *Adv. Odonatol.* 4: 73-88.
- PILON, J.G., L. PILON & D. LAGACÉ, 1990. La faune odonatologique de la zone boréale du Québec. *Soc. int. odonatol. rapid Comm.* (Suppl.) 11: 1-45.
- PILON, J.G., L. PILON & D. LAGACÉ, 1992. Les odonates de la zone tempérée froide du Québec: Anisoptères. *Soc. int. odonatol. rapid. Comm.* (Suppl.) 14: 1-63.
- ROBERT, A., 1963. Les libellules du Québec. *Bull. Serv. Faune, Prov. Québec* 1: 1-223.
- ROCHON, R., 1977. *L'entomofaune benthique du lac Triton à la Station de Biologie de Saint-Hippolyte, Québec.* Mém. Maîtrise, Univ. Montréal.
- SCHAUPP, F.G., 1879. Flight of Lepidoptera in mid ocean. *Bull. Brooklyn ent. Soc.* 2: 73.
- SCHERRER, B., 1984. *Biostatistique*. Morin, Chicoutimi, Qué.
- SHELFORD, V.E., 1914. The importance of the measure of evaporation in economic studies of insects. *J. econ. Ent.* 7: 229-233.
- THIBAULT, J., 1978. *Les Tabanidae (Diptera) de la Station de Biologie de Saint-Hippolyte.* Mém. Maîtrise, Univ. Montréal.
- UVAROV, B.P., 1931. Insect and climate. *Trans. ent. Soc. Lond.* 79: 1-247.
- WALKER, E.M. & P.S. CORBET, 1975. *The Odonata of Canada and Alaska*, Vol. 3. Univ. Toronto Press, Toronto.
- WARINGER, J., 1982. Notes on the effects of meteorological parameters on flight activity and reproductive behaviour of *Coenagrion puella* (L.) (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica* 11: 239-243.
- WELLINGTON, W.G., 1949a. The effects of temperature and moisture upon the behaviour of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* Clemens (Lepidoptera: Tortricidae). 1. The relative importance of graded temperatures and rates of evaporation in producing aggregations of larvae. *Scient. Agr.* 29: 201-215.
- WELLINGTON, W.G., 1949b. The effects of temperature and moisture upon the behaviour of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* Clemens (Lepidoptera: Tortricidae). 2. The response of larvae to gradients of evaporation. *Scient. Agr.* 29: 216-229.