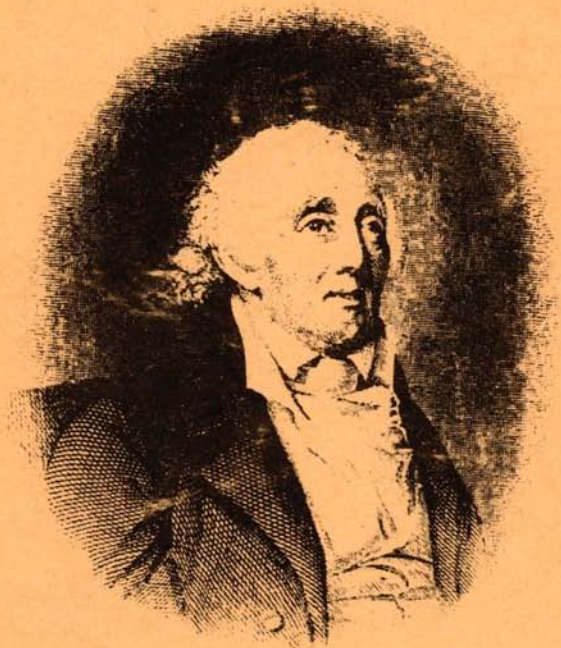


ACTES DES COLLOQUES INSECTES SOCIAUX

Edités par l'Union Internationale pour l'Etude des Insectes Sociaux
Section française

VOL.6 - COMPTE RENDU COLLOQUE ANNUEL,
LE BRASSUS 19-23 Sept. 1989



(Photo Muséum d'Histoire Naturelle de Paris)

RESPIRATION D'UNE SOCIÉTÉ DE *LEPTOTHORAX UNIFASCIATUS* (LATR.) ÉLEVÉE EN LABORATOIRE.

Patrick MARTIN

(Aspirant au Fonds National belge de la Recherche Scientifique)
Université Libre de Bruxelles, Laboratoire de Zoologie Systématique et d'Ecologie
animale, c.p. 160, 50, avenue F. D. Roosevelt, 1050 Bruxelles, Belgique.

Résumé : La respiration de *Leptothorax unifasciatus* a été étudiée sur des sociétés maintenues en élevage depuis plusieurs années. Les mesures ont été réalisées, pour une gamme de températures, sur une société entière, tous les mois pendant plus d'un an et au cours de cycles de 24 heures. Les résultats ne permettent pas de mettre en évidence un cycle respiratoire nyctéméral mais ils révèlent, par contre, l'existence d'un cycle respiratoire annuel de la société. Ce cycle, associé à des Q_{10} élevés dans les températures les plus basses, reflète l'acclimatation de *Leptothorax unifasciatus* aux saisons froides de la Belgique.

Mots-clés : *Respiration, Leptothorax unifasciatus, cycle nyctéméral, acclimatation.*

Summary : *Respiration of societies of Leptothorax unifasciatus (Latr.) reared in laboratory.*

Laboratory societies of *Leptothorax unifasciatus* reared for some years were used for respirometry studies. Respiratory rates were determined at six different temperatures on a whole society, each month during a period of more than a year. Some 24 hours cycles were also carried out. It was not possible to observe a circadian rhythm of respiration in a whole society at constant temperature. Although, respiratory rates exhibit a dramatic annual cycle. This cycle, associated with high Q_{10} in lowest temperature intervals, is regarded as an acclimatory response of *Leptothorax unifasciatus* to the cold seasons of Belgium.

Key-words : *Respiration, Leptothorax unifasciatus, circadian rhythm, annual cycle, acclimatization.*

INTRODUCTION

L'étude du bilan énergétique de sociétés de Fourmis, entamée depuis une vingtaine d'années seulement, a montré le rôle prépondérant de ces animaux dans le flux énergétique d'un écosystème (GOLLEY & GENTRY, 1964; PETAL, 1967, 1972; JENSEN, 1978; MACKAY, 1985). Cette particularité semble résulter d'une grande dépense énergétique dans le métabolisme de la société (PETAL, 1978). L'étude

de la respiration prend donc une grande importance dans un bilan énergétique. Dans le cas présent, ce travail fait partie d'une étude plus générale qui consiste à établir le bilan énergétique de *Leptothorax unifasciatus*.

De tous les postes d'un bilan énergétique, la respiration en constitue le plus délicat et le plus difficile à établir (WIGHTMAN, 1981). Ceci est dû au fait qu'un grand nombre de facteurs affectent la respiration dont certains agissent souvent d'une manière imprévisible et sont très difficile à évaluer (NIELSEN *et al.*, 1985a). En ce qui concerne les Fourmis, la difficulté est encore accrue par leur nature sociale. Or, si on commence aujourd'hui à posséder bon nombre d'informations sur la respiration individuelle ou de groupes d'ouvrières (NIELSEN, 1986; PEAKIN & JOSENS, 1978), de sexués (NIELSEN *et al.*, 1985a, 1985b; BOOMSMA & ISAAKS, 1985), et même de larves (PEAKIN *et al.*, 1985), nous ne savons toujours rien sur la respiration d'une société entière. De plus, il n'a jamais été tenu compte de l'existence éventuelle d'un cycle respiratoire nyctéméral ou annuel. Or, ceci s'avère primordial si on veut étendre les résultats respirométriques obtenus à la respiration annuelle d'une société.

MATERIEL ET METHODES

Etant donné que les sociétés naturelles gardent longtemps les sénelles de leur prélèvement sur le terrain (MARTIN, 1988), la respiration a été étudiée sur des sociétés élevées en laboratoire depuis plus d'un an (*ibid.*). Les mesures ont été réalisées avec un respiromètre différentiel GILSON à pression constante (GILSON, 1963) qui atteint une précision de 1 µl/h.

Afin de tenir compte d'un éventuel cycle respiratoire nyctéméral et annuel, la respiration d'une société entière de *Leptothorax unifasciatus* a été étudiée, d'une part, par des mesures respirométriques à 20° C au cours de cycles de 24 heures (4 mesures réparties dans la saison d'activité), et d'autre part, par des mesures chaque mois, de 5 à 30° C, par paliers de 5° C, pendant la période d'activité et seulement de 5 à 15° C pendant la période d'hibernation afin d'éviter une trop grande perturbation en exposant la société hivernale à des températures trop élevées.

Entre chaque changement de température, une période d'acclimatation de 30 à 60 minutes est respectée. Le CO₂ est fixé par une solution de KOH à 5 %, ce qui maintient une humidité relative d'environ 90 % (PETRUSEWICZ & MACFADYEN, 1970). Après mesure, les individus sont dénombrés, pesés et replacés dans leur nid d'origine. Les résultats sont exprimés aux conditions S.T.P. (UMBREIT, 1957) et par mg de poids frais.

La respiration d'un nid entier a nécessité l'adaptation d'un nid en verre de PLATEAUX (1970) au respiromètre. La figure 1 représente ce nid (16 ml de volume) prêt à être monté sur l'appareil. Le verre fritté empêche les fourmis de se noyer dans le KOH ou de s'échapper dans le tubulure de l'appareil, tout en autorisant les échanges gazeux. En dehors des périodes de mesures, le tube contenant la solution de KOH est remplacé par un tube rempli d'eau servant d'humidificateur, le bouchon est retiré et le nid est placé dans une enceinte d'élevage (MARTIN, 1988).

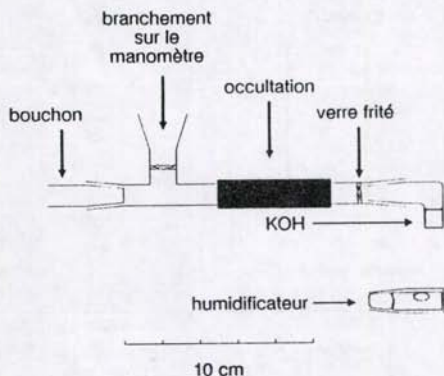


Fig. 1: Nid en verre adapté de PLATEAUX (1970) pour les mesures respirométriques.

Fig. 1: Glass nest adapted from PLATEAUX (1970) for respirometry measures.

RESULTATS

Cycles de 24 heures

Les résultats obtenus pour les cycles de 24 h. ne permettent pas de mettre en évidence un cycle respiratoire nyctéméral (fig. 2). Ceci va dans le sens des observations de CHAUVIN (1944) sur *Leptothorax tuberum* var. *corticalis* et de DE BRUYN et KRUK-DE BRUIN (1972) sur *Formica polyctena*, qui montrent l'absence d'un rythme nyctéméral d'activité chez ces espèces. Néanmoins, l'évolution des taux respirométriques indique que, dans certains cas (en l'occurrence en septembre et octobre), les résultats en début de mesure peuvent être biaisés. Les raisons ne sont malheureusement pas toujours claires mais dans le cas d'octobre, le biais résulte vraisemblablement du stress causé lors de l'installation du nid sur le respiromètre à la société quasiment en état d'hibernation.

Respiration d'une société au cours d'un cycle annuel

La respiration d'une société tout au long de l'année montre une évolution saisonnière des taux respirométriques pour les six températures étudiées (fig. 3). Par-delà des variations locales, un schéma général est observable : pour une même température, la respiration est maximale à la reprise vernale de l'activité biologique, diminue régulièrement au cours du temps, atteint un minimum peu après l'entrée en hibernation et augmente à nouveau dès novembre pour redevenir

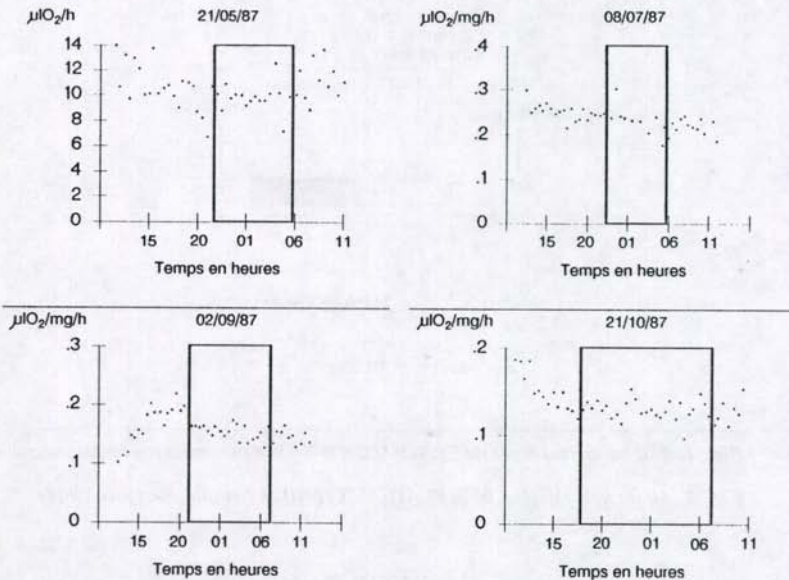


Fig. 2 : Respiration à 20° C d'une société de *Leptothorax unifasciatus* au cours de cycles de 24 h., répartis tout au long d'un cycle annuel. Toutes les observations portent sur la même société excepté en mai. La respiration est exprimée en $\mu\text{l O}_2/\text{mg}$ poids frais/h. sauf en mai où les valeurs sont données en $\mu\text{l O}_2/\text{h}$ pour la société entière. Les zones encadrées correspondent à la nuit.

Fig. 2 : Respiration at 20° C of a *Leptothorax unifasciatus* society for 24 h. cycles spread over an annual cycle. The observations are carried out on the same society except in May. Values are given in $\mu\text{l O}_2/\text{mg dw/h}$. except in May where they are given in $\mu\text{l O}_2/\text{h}$ for the whole society. The framed areas correspond to the night.

maximale au début du printemps.

Les coefficients Q_{10} ont été établis pour la gamme de températures étudiées. Ceux-ci expriment le rapport entre deux réactions se passant à des températures qui diffèrent de 10° C (MALDAGUE *et al.*, 1967). Pour la plupart des réactions chimiques, le Q_{10} se situe généralement entre 2 et 3 (HARDY, 1979) et il reflète l'adaptation des poikilothermes à différentes conditions climatiques (NIELSEN, 1986).

Les Q_{10} que nous avons obtenus sont les plus élevés pour les températures les plus basses (5 - 15° C), soit 4,7, et les plus faibles pour les températures les plus élevées (20 - 30° C), soit 2,0 (3,3 pour l'intervalle 10 - 20° C et 2,7 pour 15 - 25° C). Ceci indique que la société est capable de manifester une grande sensibilité à toute élévation de température dans les gammes les plus basses, qui va en diminuant au

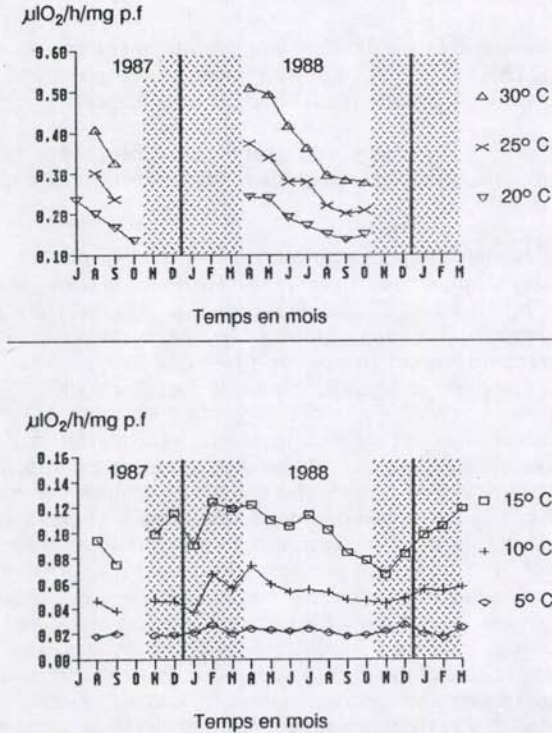


Fig. 3 : Evolution des taux respiratoires d'une société de *Leptothorax unifasciatus* au cours de cycles annuels. Les zones obscurcies représentent les périodes d'hibernation.

Fig. 3 : Evolution of respiratory rates of a *Leptothorax unifasciatus* society in the course of annual cycles. The darked areas correspond to periods of hibernation.

fur et à mesure que les températures augmentent.

CONCLUSION

Leptothorax unifasciatus est une espèce typiquement médioeuropéenne xérophile et semble être en Belgique à la limite nord de son extension géographique (GASPAR, 1971a, 1971b). Plusieurs éléments indiquent que les populations belges de cette espèce sont adaptées au climat plus froid de ces régions :

- les sociétés ne développent pratiquement pas de couvain rapide (MARTIN, 1988), contrairement aux populations vivant dans le sud de la France (PLATEAUX, comm. pers.);
- les Q_{10} indiquent une grande sensibilité des sociétés à toute modification thermique dans les températures comprises entre 5 et 15° C;
- l'existence d'un cycle annuel respiratoire permet aux sociétés de développer des taux respiratoires maxima dès la sortie de l'hibernation. L'association de ces taux maxima avec la grande sensibilité aux basses températures montrent que le réchauffement printanier provoque une réponse physiologique immédiate et considérable de la part des sociétés.

Cette adaptation est donc une réelle acclimatation de *Leptothorax unifasciatus* aux saisons. Chez *Pogonomyrmex* spp., MACKAY et SASSAMAN (1984) ont montré qu'elle se traduit par un métabolisme maximum en été et minimum en hiver mais chez *L. unifasciatus*, le cycle est décalé de telle sorte que le maximum se produit au début du printemps et le minimum peu après l'entrée en hibernation.

Le développement printanier d'une société de *Leptothorax unifasciatus* se traduit par des besoins énergétiques importants pour faire face à la demande des larves en fin de croissance et proches de la prénymphe. Par la capacité des sociétés à reprendre très tôt leur activité, alors que les températures sont encore basses, et à atteindre une efficacité élevée dès le début, *Leptothorax unifasciatus* exploite au maximum la période où les températures sont suffisamment favorables dans nos régions pour permettre aux sociétés de croître. Malgré cette adaptation au froid, il est néanmoins incapable de permettre le développement de couvain rapide, ce qui semble confirmer que cette espèce a atteint la limite nord de son extension géographique, au-delà de laquelle elle ne serait tout simplement plus capable d'assurer son développement normal.

Remerciements

Je tiens à remercier vivement le Dr B. GODDEERIS de l'Institut Royal de Zoologie de Belgique pour le prêt du respiromètre GILSON m'ayant permis de mener à bien cette étude.

REFERENCES

- BOOMSMA J. J. & ISAACS J. A., 1985. Energy investment and respiration in queens and males of *Lasius niger* (Hymenoptera : Formicidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 18, 19-27.
- CHAUVIN R., 1944. L'effet de groupe et la régulation sociale chez les fourmis du genre *Leptothorax* étudiés au moyen du microactographe optique. I.- La fourmière en hibernation. *Bull. Biol. France Belgique*, LXXVIII, 1-9.

- DE BRUYN G. J. & KRUK-DE BRUIN M., 1972. The diurnal rhythm in a population of *Formica polyctena* Först. *Ekol. Pol.*, **20**, 117-127.
- GASPAR C., 1971a. Les Fourmis de la Famenne. I.- Une étude zoogéographique. *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg.*, **47**, 1-116.
- GASPAR C., 1971b. Les Fourmis de la Famenne. II.- Une étude zoosociologique. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, **8**, 553-607.
- GILSON W. E., 1963. Differential respirometer of simplified and improved design. *Science*, **141**, 531-532.
- GOLLEY F. B. & GENTRY J. B., 1964. Bioenergetics of the southern harvester ant, *Pogonomyrmex badius*. *Ecology*, **45**, 217-225.
- HARDY R. N., 1979. *Temperature and Animal Life*. 2nd ed., Institute of Biology, Studies in biology, **35**, 84 pp.
- JENSEN T. F., 1978. An energy budget for a field population of *Formica pratensis* Retz. (Hymenoptera : Formicidae). *Natura Jutlandica*, **20**, 203-226.
- MACKAY W. P., 1985. A comparison of the energy budgets of three species of *Pogonomyrmex* harvester ants (Hymenoptera : Formicidae). *Oecologia*, **66**, 484-496.
- MACKAY W. P. & SASSAMAN C. A., 1984. Paradoxical acclimation and seasonal comparisons of oxygen consumption rates in three species of *Pogonomyrmex* harvester ants (Hymenoptera : Formicidae). *J. Comp. Physiol. B.*, **154**, 399-407.
- MALDAGUE M. E., HARDY Y. & DEMERS J., 1967. Influence de la température sur la consommation d'oxygène chez différentes espèces de Fourmis. *Pedobiologia*, **7**, 247-258.
- MARTIN P., 1988. Cycle annuel de *Leptothorax unifasciatus* (Latr.) élevé en laboratoire. Résultats préliminaires. *Actes Coll. Insectes Sociaux*, **4**, 169-175.
- NIELSEN M. G., 1986. Respiratory rates of ants from different climatic areas. *J. Insect Physiol.*, **32**, 125-131.
- NIELSEN M. G., SKYBERG N. & PEAKIN G., 1985a. Respiration of ant queens (Hymenoptera, Formicidae). *Actes Coll. Insectes Soc.*, **2**, 133-139.
- NIELSEN M. G., SKYBERG N. & PEAKIN G., 1985b. Respiration in the sexuals of the ant *Lasius flavus*. *Physiol. Entomol.*, **10**, 199-204.
- PEAKIN G. & JOSENS G., 1978. Respiration and energy flow. In : *Production ecology of ants and termites*. IBP 13, M. V. BRIAN (ed.), Cambridge University Press, chap. 6, 111-163.
- PEAKIN G. & NIELSEN M. G., 1985. Respiration in the larvae of the ants *Myrmica scabrinodis* and *Lasius flavus*. *Physiol. Entomol.*, **10**, 205-214.

- PETAL J., 1967. Productivity and consumption of food in the *Myrmica laevinodis* Nyl. population. In : *Secondary productivity of terrestrial ecosystems*, II, PETRUSEWICZ K. (ed.), Warszawa - Krakow, 841-857.
- PETAL J., 1972. Methods of investigating of the productivity of ants. *Ekol. Pol.*, 20, 9-22.
- PETAL J., 1978. The role of ants in ecosystems. In : *Production ecology of ants and termites*. IBP 13, M. V. BRIAN (ed.), Cambridge University Press, chap. 10, 293-325.
- PETRUSEWICZ K. & MACFADYEN A., 1970. *Productivity of Terrestrial Animals. Principles and Methods*. IBP Handbook, 13, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 190 + xii pp.
- PLATEAUX L., 1970. Sur le polymorphisme social de la fourmi *Leptothorax nylanderii* (FÖRSTER). 1.- Morphologie et biologie comparées des castes. *Ann. Sc. Nat., Zool. Bio. An.*, 12e sér., XII, 4, 373-478.
- UMBREIT W. W., 1957. The Warburg constant volume respirometer. In : UMBREIT W. W., BURRIS R. H. & STAUFFER J. F., 1957, *Manometric techniques*, 227 pp., chap. 1, 1-16.
- WIGHTMAN J. A., 1981. Why insect energy budgets do not balance. *Oecologia*, 50, 166-169.