

Biomasse et équivalents énergétiques des Nématodes libres marins

F. de Bovée

Laboratoire Arago, Université Pierre & Marie Curie ; U.A. 117, F 66650. Banyuls-sur-Mer

Résumé : Dans le cadre d'études quantitatives de la méiofaune, l'auteur établit, pour les Nématodes libres marins, une relation (droite de régression) taille-poids sec. Elle est de la forme : $\text{Log } P (\mu\text{g}) = 2,470848 \text{ Log } L (\mu\text{m}) - 7,96632$.

Les équivalents énergétiques mesurés sont : la valeur calorifique (5,2341 cal/mg PSSC) et les teneurs en carbone et azote organiques, respectivement 51,03 % et 13,74 % du poids sec.

Abstract : As part of a quantitative study on the meiofauna, the author establishes the following relationship between length and dry weight for free-living marine nematodes : $\text{Log } P (\mu\text{g}) = 2.470848 \text{ Log } L (\mu\text{m}) - 7.96632$.

The energetic equivalent (5.2341 cal/mg, ash free dry weight) as well as the contents of carbon (51.03) and organic nitrogen (13.74) were also determined.

INTRODUCTION

La détermination du poids des Nématodes ou de ses équivalents énergétiques est indispensable pour calculer la production de ce groupe. S'il est relativement simple de peser (poids sec) à l'aide d'une micro balance de très gros individus, cette approche s'avère irréaliste dans le cadre d'une étude écologique. En effet, la plupart des organismes ont un poids individuel inférieur à la sensibilité de la balance ; et il est nécessaire de trier de nombreux individus pour avoir une mesure globale fiable. Ainsi, il est possible de définir un poids moyen à partir de la pesée de plusieurs organismes répartis ou non en classes dimensionnelles (Guille & Soyer, 1968 ; Ankar & Elmgren, 1975 ; Faubel, 1982 ; Shirayama, 1983).

Les auteurs élaborent des méthodes indirectes fondées sur la biométrie des Nématodes. Nielsen (1951) et Wieser (1960), connaissant la densité des organismes (1,02 et 1,13), déterminent leur poids frais après calcul de leur biovolume. Andrassy (1956) élabore une formule empirique très proche. Le poids sec est considéré comme égal à 25 % de ce poids frais (Juario, 1975).

La démarche proposée dans le présent travail repose sur la détermination d'un modèle taille-poids sec (équation de régression) et son application dans le cadre d'études océanographiques. Elmgren et coll. (1984) déterminent ainsi le poids humide de divers organismes méiobenthiques. Nous proposerons également une valeur des principaux équivalents énergétiques de la nématofaune (valeur calorifique, teneurs en carbone et azote organiques).

Les organismes nécessaires à l'établissement de la relation taille-poids et la mesure des équivalents énergétiques des Nématodes proviennent des vases terri-gènes côtières de Banyuls-sur-Mer (35 m), (de Bovée & Soyer, 1974 ; de Bovée, 1981). Les individus sont extraits après centrifugation du sédiment (Jonge & Bouwman, 1977 ; Mac Intyre & Warwick, 1984).

BIOMÉTRIE

Au niveau spécifique, les mesures destinées à élaborer la relation taille-poids sont effectuées classiquement (Platt & Warwick, 1983) : au microscope à l'objectif 100 immersion après projection du contour de l'animal à l'aide d'un tube à dessin. Au niveau du peuplement, lors de l'application de la relation taille-poids, les mesures sont effectuées par saisie semi-automatisée sur ordinateur selon la méthodologie proposée par de Bovée (1987).

PESÉE

Les pesées sont réalisées à l'aide d'une électrobalance Cahn sensible au $1/10^6$ de μg . Il est important de travailler à température constante, car un écart thermique de 5° provoque une variation de plus de 1 % de la mesure. Les Nématodes sont séchés à l'étuve à 60° pendant 24 heures dans un réceptacle en aluminium. Ils sont ensuite transférés dans un dessiccateur pendant 2 heures afin que la température se stabilise avec celle de la balance. Dans le cas de pesées individuelles ou d'un petit nombre d'individus (moins de 100), chaque animal est porté sous la loupe binoculaire du réceptacle à la balance : ce procédé permet de vérifier son intégrité. Dans le cas de grands nombres, le réceptacle est prépesé et le poids de la faune est obtenu par différence.

DOSAGE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

Les teneurs en carbone organique sont obtenues après décarbonisation à chaud (Cauwet, 1975), puis dosées selon la technologie LEGO.

Les teneurs en azote organique sont obtenues par différence entre l'azote total "Kjeldall" et l'azote minéral. Après minéralisation (Bucci 230), le distillat est titré par de la soude N/100 (Delille, 1977).

CALORIMÉTRIE A THERMOCOUPLE

Razouls (1978) expose le mode opératoire de la microbombe Phillipson et fait une étude critique de la méthode dont l'erreur serait de l'ordre de 3 %. Un échantillon d'environ 2 mg (poids sec) de Nématodes (5 000 ind.) est nécessaire. Après combustion, il est récupéré une certaine quantité de résidus dont le poids précis est assimilé à celui des cendres.

RÉSULTATS

Les mesures sont exprimées en micron, les données pondérales en poids sec.

DÉTERMINATION DE LA RELATION TAILLE-POIDS

Elle est définie à l'aide de 9 espèces dominantes du biotope (*Desmodora* [*Pseudochromadora*] *pontica*, *Desmodorella tenuispiculum*, *Dorylaimopsis mediterranea*, *Ptycholaimellus ponticus*, *Richtersia mediterranea*, *Sabatiera granulosa*, *Sabatiera proabyssalis*, *Sphaerolaimus dispar*, *Trochamus carinatus*). Pour ce faire, nous mesurons et pesons un nombre réduit de spécimens adultes (Tabl. 1). Les lots de chaque espèce sont composés d'individus aussi homogènes que possible. Le modèle d'ajustement choisi est l'équation de régression après transformation Log (10) des données. Il se justifie dans la mesure où les valeurs pondérales (variable dépendante) seront estimées à partir des données biométriques (variable indépendante).

La relation est de la forme : $\text{Log } P (\mu\text{g}) = b \text{ Log } L (\mu\text{m}) + \text{Log } a$.

Nous obtenons : $\text{Log } P = 2,470848 \text{ Log } L - 7,96632$.

La part de variance expliquée par la régression linéaire est hautement significative ($r = 0,965$). L'erreur standard sur le coefficient de régression est de 0,17317, la limite de confiance est $\pm 0,3740$.

L'application de cette relation à l'ensemble des individus récoltés, triés et mesurés dans 27 prélèvements répartis au cours d'un cycle annuel fournit une biomasse de la Nématofaune comprise entre 2 600 et 700 $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ ($m = 1,4 \text{ mg}$) pour des densités de 1 630 à 7 655 ind./10 cm^2 . La biomasse moyenne du "Nématode" est de 0,39 μg . Les formes juvéniles réalisent de 32 à 63 % du nombre des individus ; en terme de biomasse, elles représentent 22 à 43 % ($m = 30 \%$) de ce nombre. Ainsi, le poids moyen de l'adulte, tous prélèvements confondus, est de 0,53 μg ; celui du jeune, de 0,25 μg .

TABLEAU 1 - Mesure des équivalents énergétiques de Nématodes libres marins : poids sec (μg) ; nombre d'individus ; poids moyen correspondant ; valeur calorifique (cal/mg de poids sec) ; teneur en carbone et azote organiques (% du poids sec).

Mesure	Poids	Nombre	P. moyen	Résultat
Caloricité	2 000	4 400	0,45	4,9268
	2 060	4 192	0,49	5,2962
	1 260	2 800	0,45	5,2201
	1 610	3 500	0,46	5,4906
Carbone	4 205	8 560	0,49	51,01
	2 012	4 200	0,48	51,05
Azote	2 423	5 190	0,47	13,71
	1 956	4 316	0,45	13,77
Total	17 526	37 158	0,47	

DÉTERMINATION DES ÉQUIVALENTS ÉNERGÉTIQUES

Les nombres d'individus et le poids total correspondant à chacun des dosages figurent dans le tableau 2. En raison du grand nombre d'organismes à extraire pour obtenir un résultat fiable, nous fournissons seulement 4 valeurs pour la valeur calorifique et 2 pour le carbone et l'azote organiques.

L'équivalent calorifique moyen calculé sur les 4 séries est de 5,2341 cal/mg (poids sec sans cendres). Les cendres sont peu abondantes : de 3 à 5,4 %. Le carbone et l'azote organiques composent respectivement 51,03% et 13,74% de la matière sèche.

DISCUSSION ET CONCLUSION

La comparaison précise de nos données quantitatives tant numériques que pondérales avec celles relevées dans d'autres peuplements fera l'objet d'un travail ultérieur. Toutefois, elles semblent fortes en comparaison de celles observées dans le domaine littoral (Mc Lachlan, 1983) ou sublittoral (Heip *et al.* 1983 ; Heip *et al.*, 1985). Ainsi Soyer (1985), dans le cadre d'une étude comparative du Méiobenthos, ne recense que 2 valeurs qui leur soient supérieures.

La valeur calorifique des Nématodes libres marins est dans la gamme des chiffres trouvés par Cummins et Wuycheck (1971) et ne se distingue pas de la valeur moyenne de 5,6 proposée par Winberg (1971). Les autres données que nous connaissons sont pour l'essentiel calculées pour des Nématodes autres que marins. Ce sont : 4,285 cal/mg. (Yeates, 1972) ; 6300 (Marchant & Nicolas, 1974) ; 5,454 (de Soyza, 1973) ; 6,316 (Nicholas & Stewart, 1978). Sikora et coll. (1977) trouvent pour les Nématodes marins 6,1174 cal/mg. PSSC, toutefois, la teneur en cendres est très élevée (37,1 à 21,32 %). Dans nos échantillons, elle est de 4,3 %, valeur proche de celle de Nicholas et Stewart (5,024 %). Ces auteurs indiquent que la caloricité et les teneurs en carbone ou azote sont susceptibles de varier, notamment en fonction des conditions physiologiques ou du régime alimentaire des espèces.

Les teneurs en carbone et azote organiques sont très proches de celles admises en général pour le monde animal (50 % et 10 %) et pour les Nématodes en particulier par Sikora et coll. (C org. = 53 %). Jensen (1984) propose pour le carbone 12,4 % du poids humide (49,6 % poids sec). Le rapport C/N de 3,7 est voisin de celui des bactéries (4 : Bishop *et al.*, 1978) ou des Copépodes Harpacticoïdes planctoniques (3,7 à 4,4 : Guérin & Gaudy, 1977). La quantité d'azote serait plus faible chez les Amphipodes et les autres groupes de crustacés (C/N = 7,6 : Omori, 1969).

Il existe une différence importante entre la valeur du poids moyen calculée par la voie biométrique (0,39 µg) et celle obtenue à l'aide des pesées directes (0,47 µg) lors de la détermination des équivalents énergétiques (Tabl. 2). Les différentes méthodologies expliquent aisément ces variations : les mesures sont réalisées sur tous les individus rencontrés tandis que, pour les dosages, en raison du nombre considérable d'individu nécessaires, les formes le plus petites sont ignorées par le manipulateur. Ce point souligne l'importance d'un examen de tous les organismes de l'échantillon ou d'un aliquot représentatif. Ainsi, lors de suivis saisonniers, il apparaît indispensable de définir à chaque instant une valeur de la biomasse qui

traduise les fluctuations liées aux variations des structures démographiques. Enfin, l'approche biométrique de la détermination de la biomasse présente l'intérêt d'être conservative et de permettre une étude systématique si besoin est.

TABLEAU 2 - Calcul de la droite de régression taille-poids : taille et poids moyens des 15 lots de Nématodes adultes (9 espèces).

Espèce	Nb.	L. moy.	P. moy.
<i>Desmodora pontica</i>	15	1 686,2	1,27
<i>Desmodora pontica</i>	10	1 701,4	1,83
<i>Desmodora pontica</i>	10	1 995	1,86
<i>Desmodorella tenuispiculum</i>	25	1688,3	0,924
<i>Dorylaimopsis mediterranea</i>	13	2 060	1,16
<i>Ptycholaimellus ponticus</i>	9	994,25	0,19
<i>Richtersia mediterranea</i>	18	592,86	0,138
<i>Sabatieria granulosa</i>	60	1 697,7	0,80
<i>Sabatieria granulosa</i>	9	1 829	0,977
<i>Sabatieria proabyssalis</i>	10	1 463	0,49
<i>Sphaerolaimus dispar</i>	14	2 571	2,65
<i>Sphaerolaimus dispar</i>	10	2 202,5	2,58
<i>Sphaerolaimus dispar</i>	11	2 409	3,11
<i>Trochamus carinatus</i>	15	691,25	0,10
<i>Trochamus carinatus</i>	40	636,7	0,075

La détermination précise de la biomasse et des facteurs de conversion énergétiques sont une étape indispensable afin de proposer une estimation globale de la production susceptible d'être appliquée à l'écosystème en général. Cette approche devrait permettre de contribuer à construire ultérieurement un schéma des flux d'énergie au sein du compartiment méiobenthique.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre des travaux de l'U.A. 117 associé au CNRS. Je remercie MM. Ph. Albert et D. Delille pour leur collaboration technique.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- ANDRASSY I., 1956. Die Rauminhalts und gewichtshestionnung der Fadenwur (Nematoden). *Acta Zool. Acad. Sci. hung.*, 2: 1-15.
- ANKAR S. & R. ELMOREN, 1975. A survey of the benthic macro and meiofauna of the Asko landsort area. *Merentutkimuslaitoksen Julk.*, 239 : 272-279.
- BISHOP J.K.B., D.R. KETTEN & J.M. EDMOND, 1978. The chemistry biology and vertical flux of the particulate matter from the upper 400 m of the Cape Basin in the southeast Atlantic Ocean. *Deep sea Res.*, 25: 1121-1161.

- de BOVÉE F., 1981. Ecologie et dynamique des Nématodes d'une vase sublittorale (Banyuls-sur-Mer). Thèse Doct. Etat Univ. RM. Curie Paris, 194 pp.
- de BOVÉE F., 1987. Saisie semi-automatisée de paramètres biométriques. *Vie Milieu*, 37, (1) : 21-22.
- de BOVÉE F. & J. SOYER, 1974. Cycle annuel quantitatif du méiobenthos des vases terrigènes côtières. Distribution verticale. *Vie Milieu*, 24 B : 147-157.
- GAUWET G., 1975. Optimisation d'une technique de dosage du carbone organique des sédiments. *Chem. Geo.*, 16:59-63.
- CUMMINS K.W. & J.C. WUYCHECK, 1971. Caloric equivalents for investigations in ecological energetics. *Int. Ver. theor. - angew. Limnol. Mitt.*, 18 : 1-158.
- DELILLE D., 1977. Contribution à l'étude des populations bactériennes dans les principaux cycles biologiques (CNSP) établis en milieu sédimentaire subantarctique (Archipel de Kerguelen). Thèse Doct. Sci. Nat., Univ. Claude Bernard, Lyon, 286 pp.
- ELMGREN R., R. ROSENBERG, A.B., ANDERSIN, S. EVANS, P. KONGAS, J. LASSIG, E. LEPPAKOSKI & R. VARNØ, 1984. Benthic macro and meiofauna in the gulf of Bothnia (Northern Baltic). *Finn. Mar. Res.*, 250 : 3-18.
- FAUBEL A., 1982. Determination of individual meiofauna dry weight values in relation to definite size classes. *Cah. Biol. mar.*, 23 : 339-345.
- GUÉRIN J.P. & R. GAUDY, 1977. Etude des variations de poids sec et de la constitution chimique élémentaire de *Tisbe holothuriae* (Copepoda Harpacticoida) élevé sur différents régimes alimentaires. *Mar. Biol.*, 44 : 65-70.
- GUILLE A. & J. SOYER, 1968. La faune benthique des substrat meubles de Banyuls-sur-Mer. Premières données qualitatives et quantitatives. *Vie Milieu*, 19 (2 B) : 323-360.
- HEIP C, R. HERMAN & M. VINCX, 1983. Subtidal meiofauna of the Northsea. A review. *Biol. Jb. Dodonea*, 51 : 116-170.
- HEIP C, M. VINCX & G. VRANKEN, 1985. The Ecology of Marine Nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 23 : 399-489.
- JENSEN P., 1984. Measuring carbon content in nematodes. *Helgol. Meeresunters.*, 38 : 83-86
- JONGE V.N. & L.A. BOUWMAN, 1977. A simple density separation technique for quantitative isolation of meiobenthos using the colloidal silica Ludox-TM. *Mar. Biol.*, 42 : 143-148.
- JUARIO J.V., 1975. Nematode species composition and seasonal fluctuation of a sublittoral meiofauna community in the German Bight. *Veroff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven.*, 15 : 283-337.
- Mc INTYRE A.D. & R.M. WARWICK, 1984. Meiofauna techniques. In : Methods for the study of marine benthos. Ed. NA. Holme et A.D. Mc Intyre. Oxford, Blackwell. 217-244.c
- Mc LACHLAN A., 1983. Sandy beach ecology. A review. In : Sandy Beaches as Ecosystems. Ed. A. Mc Lachlan et T. Erasmus. *Developments in Hydrobiology* 19. The Hague Junk Publishers, 321-380.
- MARCHANT R. & W.L. NICHOLAS, 1974. An energy budget for the freeliving Nematode Pelodera (Rhabditidae). *Oecologia* (Berl.), 16 : 237-252.
- NICHOLAS W.L. & A.C. STEWART, 1978. The calorific value of *Caenorhabditis elegans* (Rhabditidae). *Nematologica*, 24 : 45-50.
- NIELSEN C.O., 1951. Studies on the soil microfauna. II. The soil inhabiting nematodes. *Natura Jutl*, 2 : 1-131.
- OMORI M., 1969. Weight and chemical composition of some important oceanic zooplankton on the North Pacific Ocean. *Mar. Biol.*, 3 : 4-10.
- PLATT H.M. & R.M. WARWICK, 1983. Free-living Marine Nématodes Part I. British Enoplids. Cambridge, Cambridge University Press. (Synopsis of the British Fauna ; 28), 307 pp.
- RAZOULS S., 1978. Manuel technique n°2. Production secondaire (Zooplankton). 1. Mesures d'écophysologie. 82 p. Biologie Marine Laboratoire Arago.
- SHIRAYAMA Y., 1983. Size structure of deep sea meio and macrobenthos in the western Pacific. *Int. Rev. gesamten Hydrobiol.*, 68 : 799-810.
- SIKORA J.P., W.B. SIKORA, C.W. ERKENBRECHER & B.C. COULL, 1977. Significance of ATP, Carbon, and Calorie content of meiobenthic Nematodes in partitioning Benthic Biomass. *Mar. Biol.*, 44 : 7-14
- SOYER J., 1985. Mediterranean sea meiobenthos. In: Mediterranean Marine Ecosystems. Ed. M. Moraitou-Apostolopoulou et V. Kiortsis, New-York, Plenum Press : 85-108.
- de SOYZA K., 1973. Energetics of *Aphelenchus avenae* in monoxenic culture. *Proc. Helminthol. Soc. Wash.*, 40 : 1-10.
- WIESER W., 1960. Benthic studies in Buzzard Bay. II. The Meiofauna. *Limnol. Oceanogr.*, 5 : 121-137.
- WINBERG G.G., 1971. Methods for the estimation of production of aquatic animals (transl. from Russian by A. Ducan). New-York : Academie Press, 175 pp.
- YEATES G.W., 1972. Nematoda of a Danish beech forest. Methods and general analysis. *Oikos*, 23 : 178-189.