

Influence des températures élevées sur les états actifs et anhydrobiotiques du nématode *Scutellonema cavenessi*

Yves DEMEURE

Laboratoire de Nématologie, O.R.S.T.O.M., B.P. 1386, Dakar, Sénégal.

RÉSUMÉ

Le présent article traite de l'influence des températures sur le nématode *Scutellonema cavenessi* Sher, 1964 à l'état actif (= « forme » active) et à l'état desséché (= « forme » anhydrobiotique). L'activité de ces nématodes est inhibée lorsqu'ils sont soumis à une température de 50 °C ; la réactivation, qui intervient dans 92 % des cas, est lente : placés dans des conditions optimales de température et d'aération les premiers *Scutellonema* ne redeviennent actifs qu'après 72 heures.

A l'état desséché ce nématode résiste davantage aux températures élevées. Si la totalité des formes actives est détruite dès que la température s'élève au-dessus de 50 °C, par contre 100 %, 58 % et 5 % des formes anhydrobiotiques survivent à 60 °C, 70 °C et 80 °C. La capacité de résistance est la même pour chacun des stades (juvéniles des 3^e et 4^e stades, mâles, femelles).

La température élevée aux niveaux du sol où sont localisés ces nématodes ne constitue pas un facteur limitant au maintien des formes actives et anhydrobiotiques de *Scutellonema cavenessi*.

SUMMARY

Influence of high temperatures on active and anhydrobiotic individuals of the nematode Scutellonema cavenessi.

At 50 °C. nematode activity was inhibited. Reactivation of the nematodes treated with heat was very slow ; placed in optimum temperature and aeration conditions the first individual of *S. cavenessi*, Sher, 1964 became active after 72 hours.

Desiccated individuals (referred to as anhydrobiotic « forms ») of this nematode were more resistant to high temperatures. All active forms were killed when the temperature was increased above 50 °C., whereas 100 %, 58 % and 5 % of the anhydrobiotic forms survived at 60 °C., 70 °C. and 80 °C., respectively.

Anhydrobiotic juveniles, adult males and females were equally resistant to high temperature.

In spite of their occurrence in superficial layers of the soil, temperatures measured do not constitute a limiting factor in survival of active and anhydrobiotic forms of *S. cavenessi*.

L'activité des nématodes est étroitement liée à la température de leur environnement. Selon Wallace (1963), l'influence de la température sur ces parasites peut s'envisager sous cinq aspects différents :

- basses températures non léthales (activité suspendue)
- basses températures léthales
- températures optimales
- hautes températures non léthales (activité suspendue)

— hautes températures léthales.

En zone tropicale sèche, la température dans les horizons de surface n'est que rarement inférieure à 16 °C - 18 °C ; de tels minima ne constituent pas un facteur limitatif au développement des nématodes. Par contre les maxima atteints sont très élevés (cf. *infra*) ; en saison sèche la température des sols est d'autant plus élevée que le déficit hydrique est prononcé (Demeure, 1977). En effet, dans de telles conditions, l'évaporation est faible et ne peut limiter l'élévation de température.

Dans le présent article, l'auteur se propose d'étudier le comportement, aux températures élevées, d'individus appartenant à l'espèce *Scutellonema cavenessi* Sher, 1964 et se trouvant dans un état d'anhydrobiose qui leur permet de résister aux effets d'un environnement déficitaire en eau. De tels individus, observés par Demeure (1975) dans des sols du Sénégal, sont désignés ci-dessous par le terme « formes anhydrobiotiques ». Le but de cette étude est de connaître l'influence, sur la persistance du nématode dans le sol, des températures élevées régnant en zone sahélienne en saison sèche.

Aux températures extrêmes la mortalité est fonction non seulement de la température mais aussi du temps d'exposition. Blake (1961) signale que *Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne, 1949 est tué instantanément à 52 °C et au bout de 6 minutes à 50 °C. La température létale des nématodes se situe très généralement en deçà de 50 °C (Wallace, 1963) ; quelques-uns survivent à une température légèrement supérieure. C'est le cas de *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 qui résiste quelques minutes à 55 °C (Triffitt & Hurst, 1935).

Courtney et Latta (1934) constatent que le quatrième stade desséché de *Ditylenchus dipsaci* (Kühn, 1857) Filipjev, 1936 présente une résistance accrue aux températures élevées comparativement à la forme hydratée active. Cairns (1953) souligne qu'à l'état quiescent *Ditylenchus* sp. est plus résistant aux températures extrêmes qu'à l'état actif. Selon Cayrol (1970), *Ditylenchus myceliophagus* Goodey, 1958 à l'état actif meurt à 26 °C mais tolère fort bien une exposition prolongée à 30 °C lorsqu'il est en anhydrobiose ; de même des spécimens anhydrobiotiques de *Plectus granulosus* Bastian, 1865 sont capables de survivre à un traitement de 4 heures à 66 °C (Overgaard Nielsen, 1949). Fassuliotis (1971) a mis en évidence qu'un pourcentage élevé des formes desséchées d'*Hoplolaimus indicus* Sher, 1964 survit à 70 °C pendant une heure.

Matériel et Méthodes

Les échantillons de sol infestés par le nématode *S. cavenessi* proviennent d'une sole expérimentale du Centre National de Recherches Agrono-

miques de Bambey (Sénégal) ; ils ont été prélevés dans le niveau 0-20 cm, du sol humide (teneur en eau : 6 %) en fin de culture d'arachide (octobre) et du sol sec (teneur en eau : 0,2 %) au cours de la saison sèche suivante (avril).

Les échantillons ainsi prélevés sont stockés dans des bechers de 25 ml ; ceux contenant le sol humide sont déposés dans une enceinte hermétiquement close portée à une humidité relative de 100 % afin d'éviter le dessèchement du sol lorsque les échantillons seront exposés à différentes températures. Les bechers remplis de sol desséché sont placés tels quels aux différentes températures testées. Pour chacune des températures (28 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C) les échantillons sont exposés 3 heures. Ce temps correspond à la période pendant laquelle, sur le terrain, la température se maintient à des valeurs voisines du maximum journalier. L'expérience a été répétée deux fois avec quatre répétitions pour chacun des traitements thermiques.

L'équilibre thermique entre l'étuve, réglée à la température testée, et l'échantillon de sol infesté par le nématode *S. cavenessi* est réalisé au bout de 15 minutes.

Les nématodes sont ensuite extraits des échantillons de sol ayant subi un traitement thermique selon la technique du filtre d'Oostenbrink modifié (Merny & Luc, 1969). Les mâles, femelles et juvéniles de *Scutellonema* qui traversent le filtre sont dénombrés chaque 24 heures pendant 19 jours (= temps nécessaire à la récupération de 95 % des nématodes vivants).

Parallèlement, en saison sèche (avril) huit prélèvements aux niveaux 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm ont été effectués le long d'un transect à l'aide d'une tarière afin de localiser dans le sol le nématode *S. cavenessi* ; ceux-ci sont ensuite extraits selon la technique de Seinhorst (1956, 1962) en tenant compte du temps de réactivation de leur état desséché (Demeure, 1975).

Sur le lieu des prélèvements, des mesures de température du sol ont été faites à plusieurs profondeurs à l'aide de thermomètres à sonde.

La teneur en eau du sol (niveau 0-20 cm) déterminée classiquement par pesée avant et après passage à l'étuve pendant 2 heures à 105 °C est exprimée en pourcentage du poids de terre sèche.

Résultats

TEMPÉRATURE DU SOL

Au Sahara, Pierre (1958) a montré que les variations de température du sol, très importantes à proximité de la surface, s'annulent presque en profondeur. Bien que moins sévères, les conditions climatiques de la zone sahélienne du Sénégal sont semblables. Le tableau 1 récapitule les températures minimales et maximales enregistrées entre 10 heures et 16 heures durant la saison humide et la saison sèche.

Les valeurs maximales de la température du sol sont atteintes aux environs de 14 heures. Les maxima sont d'autant plus élevés que le sol est sec.

Tableau 1

Températures minimales et maximales enregistrées entre 10 heures et 16 heures en saison humide et saison sèche

Table 1

Minimum and maximum temperatures measured between 10 a.m. and 4 p.m. during the wet season and dry season

Profondeur	Saison humide		Saison sèche	
	min. (°C)	max. (°C)	min. (°C)	max. (°C)
Surface	30	45	33	56
5 cm	31	41	34	47
10 cm	32	39	27	40
15 cm	30	37	28	36
30 cm	31	32	30	31

INHIBITION DE L'ACTIVITÉ DE *Scutellonema cavenessi* A HAUTE TEMPÉRATURE

Les travaux entrepris avec du sol humide infesté par des formes actives de *S. cavenessi* ont montré que lorsque la température du milieu environnant était trop élevée (50 °C) il y avait inhibition de l'activité de ce nématode. Sur la figure 1, l'allure sigmoïde de la courbe (3 heures-50 °C), comparativement à la courbe témoin (3 heures - 28 °C), souligne que la réactivation des nématodes, après traitement à haute température est lente ; placés dans des conditions

optimales de température et d'aération les premiers *Scutellonema cavenessi* ne redeviennent actifs qu'après 72 heures.

Scutellonema cavenessi tolère des variations de températures de grandes amplitudes : il s'agit d'une espèce eurytherme.

LIMITES DE RÉSISTANCE AUX TEMPÉRATURES ÉLEVÉES DES FORMES ACTIVES ET ANHYDROBIOTIQUES DE *S. cavenessi*

Ce nématode hydraté et généralement actif en sol humide, se maintient en sol sec sous une forme deshydratée (= forme anhydrobiotique). 92% des formes actives survivent à 50 °C mais toutes sont détruites au-delà de cette température. Sur la figure 2 il apparaît clairement que l'état desséché accroît la résistance aux températures élevées : 100%, 58% et 5% des formes anhydrobiotiques survivent respectivement à 60 °C, 70 °C et 80 °C.

La capacité de résistance aux températures élevées est la même pour chacun des stades (juvéniles, mâles, femelles) de ce nématode (Tabl. 2).

Tableau 2

Résistance aux températures élevées des juvéniles de 3^e et 4^e stade, des mâles et des femelles (formes actives et anhydrobiotiques) de *S. cavenessi*

Table 2

Resistance to high temperatures of 3rd and 4th stage juveniles, males and females (active and anhydrobiotic forms) of *S. cavenessi*

<i>Scutellonema cavenessi</i>	Température en °C	Pourcentages de reviviscence		
		Juvéniles de 3 ^e et 4 ^e stade	Mâles	Femelles
Formes actives	50	97	94	83
Formes anhydrobiotiques	50	100	100	100
	60	100	100	100
	70	61	60	53
	80	5	6	4

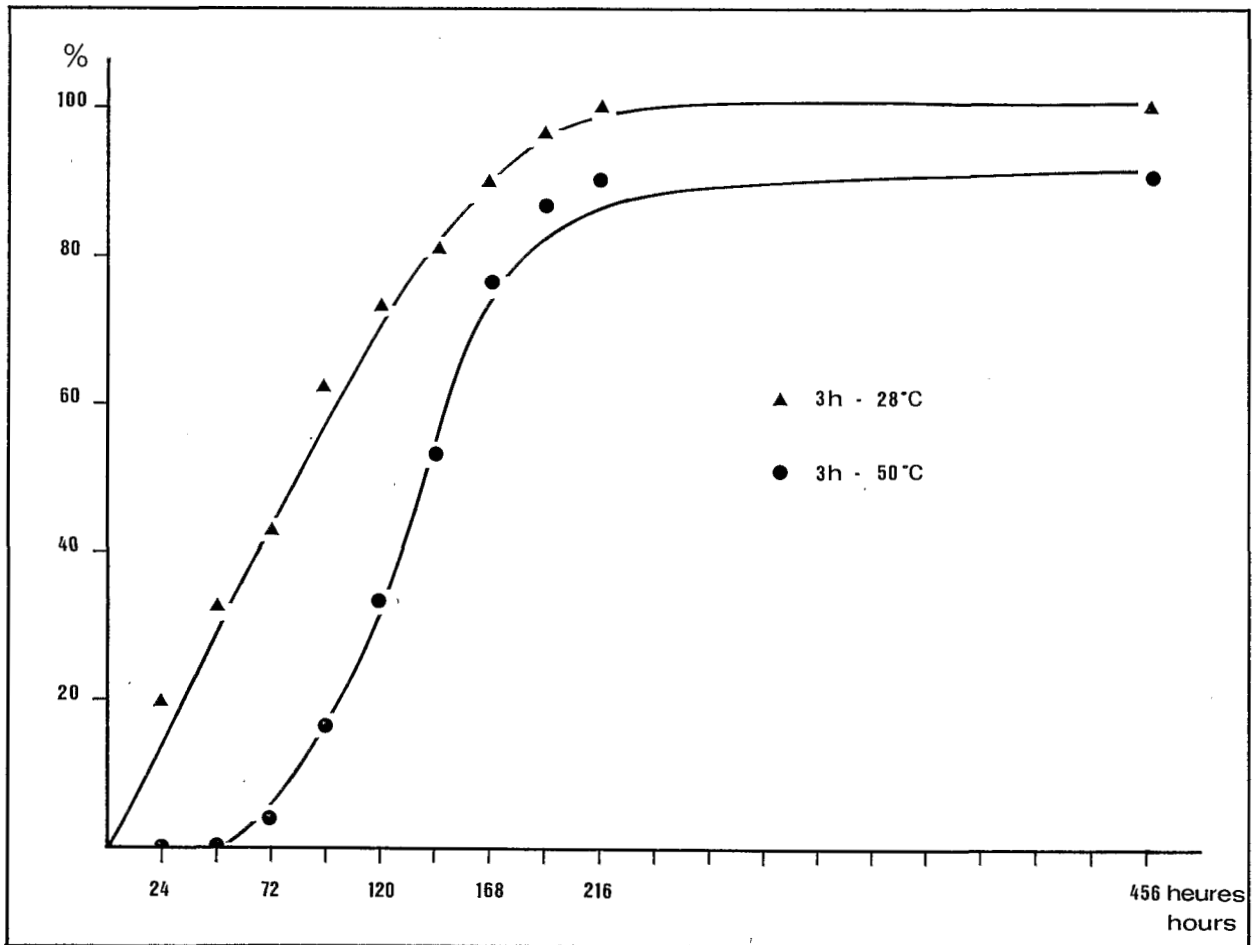


Fig. 1. Temps nécessaire au passage à travers un filtre, dans des conditions optimales de température et d'aération, du nématode *Scutellonema cavenssi* après deux traitements thermiques différents : 3 heures à 28 °C (témoin) et 3 heures à 50 °C ; Abscisse : temps (en heures) nécessaire pour traverser un filtre ; Ordonnée : *Scutellonema cavenssi* exprimé en % du témoin.

Time necessary for Scutellonema cavenssi to cross a filter at optimum temperature and aeration conditions after heat treatment for 3 hours at 28 °C. (= control) and 3 hours at 50 °C. ; Abscisse : time (in hours) necessary to cross a filter ; Ordinate : Scutellonema cavenssi expressed as a percentage of the control.

Discussion

La forme active de *Scutellonema cavenssi* inactivée à 50 °C, est détruite à 100% au-delà de cette température.

La forme anhydrobiotique par contre survit à des températures très supérieures : 5% des individus desséchés résistent à une exposition de 3 heures à 80 °C ; la température n'est très certainement pas le seul facteur responsable de

la destruction de ces nématodes. Il est probable que la dessiccation prononcée d'un sol à 80 °C est aussi en cause. Sur le terrain, les *Scutellonema* localisés au voisinage de la surface du sol sont soumis à des températures élevées. Les maxima atteints, 45 °C en saison humide, 56 °C en saison sèche, n'égalent jamais les températures léthales supérieures des formes actives et anhydrobiotiques. La température agit donc essentiellement sur ces nématodes de façon indirecte

en accélérant le dessèchement du sol. Le fait que la forme desséchée d'un individu soit comparativement plus résistante à des températures élevées que la forme active n'est pas particulier aux nématodes. Marshall (1964) souligne que la forme desséchée de la bactérie *Rhizobium trifolii* survit à 70 °C. La larve deshydratée de chironome *Polypedilum vanderplanki* résiste une heure à 104 °C tandis que la forme active de cette larve est tuée par une exposition de une

heure à 43 °C (Hinton, 1968). Ce même auteur constate qu'il y a encore 27% d'éclosions parmi un lot d'œufs deshydratés du crustacé *Artemia salina* à la suite d'un traitement de 1 h 30 à 103,5 °C.

Diverses hypothèses sont envisageables quant à la compréhension de quelques-uns des problèmes liés à l'inhibition de l'activité des nématodes et à la résistance aux températures extrêmes.

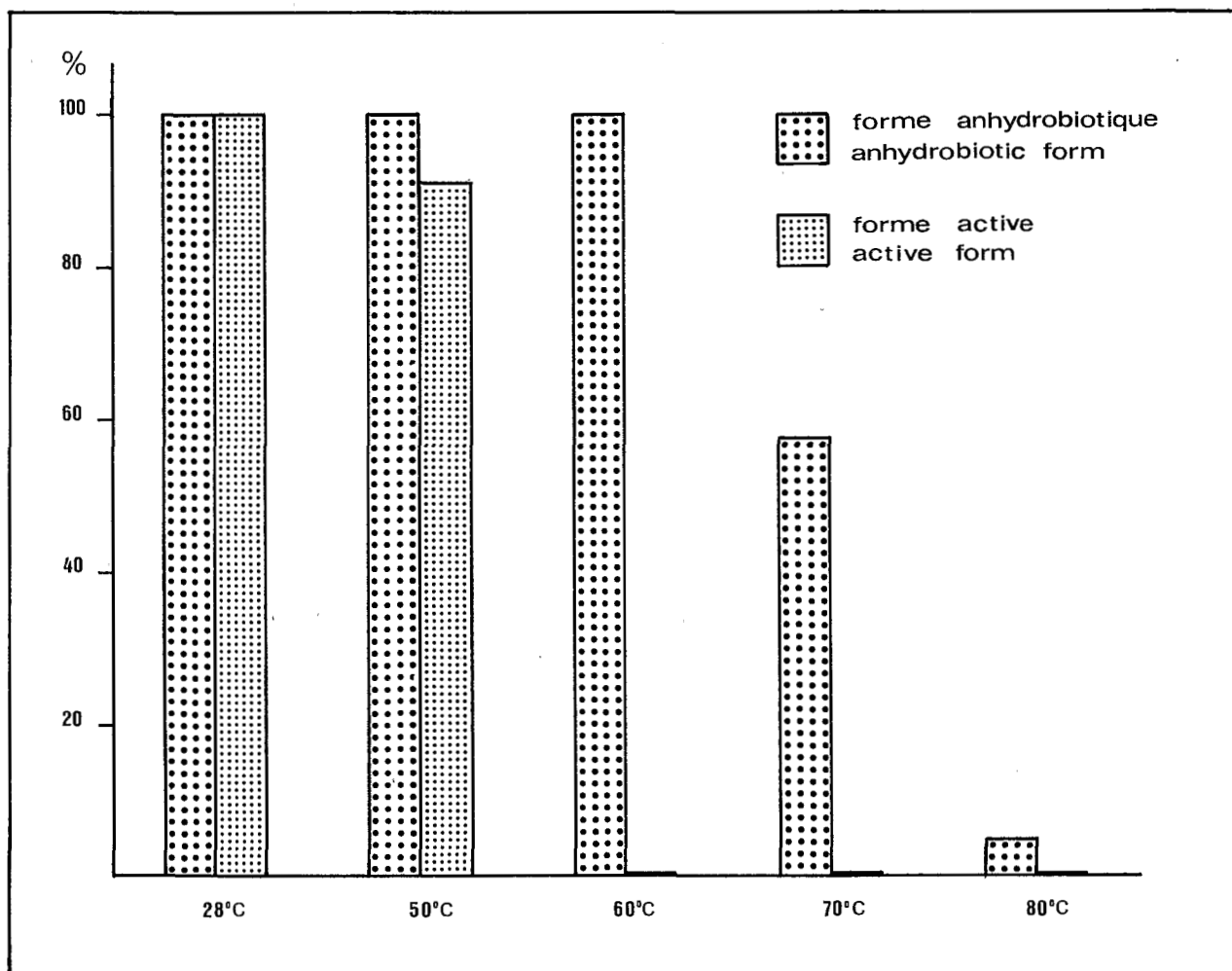


Fig. 2. Résistance aux températures élevées (50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C) des formes actives et anhydrobiotiques du nématode *Scutellonema cavenessi*. Le nombre de nématodes récupérés à la suite des traitements thermiques est exprimé en pourcentage d'un témoin (= 28 °C-temps d'exposition : 3 h) ; Abscisse : température en degrés Celsius ; Ordonnée : *S. cavenessi* exprimé en pourcentage d'un témoin.

Resistance to high temperatures (50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C) of active and anhydrobiotic forms of the nematode *S. cavenessi*. The number of nematodes recovered after treatment by heat is expressed in percentage of the control (28 °C-exposition time : 3 hours) ; Abscisse : Temperature in degrees Celsius ; Ordinate : *S. cavenessi* expressed in % of the control.

A haute température non létale l'inhibition de l'activité de *Scutellonema cavenessi* pourrait correspondre à une inactivation des systèmes enzymatiques. La plupart des enzymes animales sont en effet inactivées à 50 °C (Cayrol, 1975) ; l'inhibition ne pourrait être levée que s'il y a possibilité de réactivation voire de resynthèse des systèmes enzymatiques.

On peut imaginer que ce sont les modifications biochimiques qui accompagnent le passage d'un état actif à un état deshydraté quiescent (Madin & Crowe, 1975) qui confèrent à la forme anhydrobiotique une résistance accrue aux températures extrêmes. Cependant au-delà de 80 °C, la plupart des protéines sont dénaturées. Or quelques-unes des formes anhydrobiotiques de *S. cavenessi* survivent à cette température. Scheie (1970) suggère qu'à haute température il y a stabilisation des protéines par d'autres molécules.

Quant aux lipides, Brun (1966) cite Belehraddek (1935) et Heilbrunn (1950) : « il y aurait, lorsque la température s'élève, stabilisation des lipides par modification progressive du degré de saturation des acides gras, ce qui aurait pour conséquence d'élever le point de fusion ».

Cette étude a un intérêt pratique en soulignant que la capacité de résistance des nématodes aux températures extrêmes pourrait expliquer l'inefficacité partielle, en champs, des traitements à la vapeur. En effet, en deçà des niveaux superficiels du sol il se maintient toujours un certain nombre de nématodes ; il est rare que la température de ces niveaux, lors de la désinfection, dépasse la température létale du nématode (Ritter, 1965). La désinfection par la vapeur est d'autant moins efficace que le nématode est mieux adapté aux températures extrêmes.

Sa forme anhydrobiotique (Demeure, 1975) et sa capacité de résistance aux températures élevées font de *Scutellonema cavenessi* un nématode adapté aux conditions climatiques de la zone sahélienne du Sénégal.

RÉFÉRENCES

- BACHELIER, G. (1971). La vie animale dans les sols. In : Pesson P. (Ed.) *La vie dans les sols*. Paris, Gauthier-Villars : 1-43.
- BELEHRADEK, J. (1935). *Temperature and living matter*. Protoplasma Monogr. n° 8, Berlin, Borntraeger, 277 p.
- BLAKE, C. D. (1961). Root-rot of bananas caused by *Radopholus similis* (Cobb) and its control in New South Wales. *Nematologica*, 6 : 295-310.
- BRUN, J. L. (1966). *L'adaptation aux températures élevées chez un nématode : Caenorhabditis elegans Maupas, 1900*. Thèse, Univ. Claude-Bernard, Lyon.
- CAIRNS, E. J. (1953). Moisture conditions and control by heat of mushroom spawn nematode *Ditylenchus* sp. *Phytopathology*, 43 : 404-405.
- CAYROL, J. C. (1970). *Contribution à l'étude de la biologie du nématode mycophage Ditylenchus myceliophagus, J. B. Goodey (1958) (Nematoda : Tylenchidae)*. Thèse, Fac. des Sci., Nice. 177 p.
- CAYROL, J. C. (1975). Comment se maintiennent les nématodes dans les sols ? *Pépinieristes, Horticulture et Maraîchers*, 155 : 31-35.
- COURTNEY, W. D. & LATA (1934). Some experiments concerning the revival of quiescent *Anguillulina dipsaci*. *Proc. helminth. Soc. Wash.*, 1 : 20-21.
- DEMEURE, Y. (1975). Résistance à la sécheresse, en zone sahélienne, du nématode phytoparasite *Scutellonema cavenessi* Sher, 1963. *Cah. ORSTOM, Sér. Biol.*, 10 : 283-292.
- DEMEURE, Y. (1977). Persistance de l'infestation d'un sol par *Meloidogyne* sp. en saison sèche au Sénégal. *Cah. ORSTOM, Sér. Biol.*, 11 (1976) : 167-172.
- FASSULIOTIS, G. (1971). Tolerance of *Hoplolaimus columbus* to high osmotic pressures, desiccation and high soil temperatures (Abstr.) *J. Nematol.*, 3 : 309-310.
- HEILBRUNN, L. V. (1950). *An outline of general phytiology*. 2nd ed. Philadelphia, W. B. Saunders, 748 p.
- HINTON, H. E. (1968). Reversible suspension of metabolism and the origin of life. *Proc. Roy. Soc., B* 171 : 43-46.
- MADIN, K. A. C. & CROWE, J. H. (1975). Anhydrobiosis in nematodes : carbohydrate and lipid metabolism during dehydration. *J. exp. Zool.*, 193 : 335-342.
- MARSHALL, K. C. (1964). Survival of root nodule bacteria in dry soil exposed to high temperature. *Aust. J. agric. Res.*, 15 : 273-281.
- MERNY, G. & LUC, M. (1969). Les techniques d'échantillonnage des peuplements des nématodes dans le sol. In : Lamotte, M. & Bourlière, F. (Eds) *Problèmes d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres* ; Paris, Masson & Cie, 303 p.
- OVERGAARD NIELSEN, C. (1949). Studies on the soil microfauna. II. The soil inhabiting nematodes. *Natura Jutlandica*, 2 : 1-131.

- PIERRE, F. (1958). Ecologie et peuplement entomologique des sables vifs du Sahara Nord-Occidental CNRS, *Publ. Centre Rech. Sahar., Sér. Biol.*, 1 : 333 p.
- RITTER, M. (1965). Action des traitements du sol contre les nématodes. *C. r. Journ. Flor., Antibes* : 1-8.
- SCHEIE, P. O. (1970). Environmental limits of cellular existence. *J. theoret. Biol.*, 28 : 315-325.
- SEINHORST, J. W. (1956). The quantitative extraction of nematodes from soil. *Nematologica*, 1 : 249-267.
- SEINHORST, J. W. (1962). Modifications of the elutriation method for extracting nematodes from soil. *Nematologica*, 8 : 117-128.
- TRIFFITT, M. J. & HURST, R. H. (1935). On the thermal death point of *Heterodera schachtii*. *J. Helminth.*, 13 : 219-223.
- WALLACE, H. R. (1963). *The biology of plant parasitic nematodes*. London, Edward Arnold, 280 p.

Accepté pour publication le 30 août 1977.