

## MORPHOTYPES, STRUCTURE TROPHIQUE ET ÉTAT DE MATURITÉ DE LA NEMATOFANE DE LA LAGUNE DE BIZERTE

Fehmi BOUFAHJA\*, H. BEYREM, N. ESSID, A. HEDFI, E. MAHMOUDI et P. AÏSSA

Laboratoire de Biosurveillance de l'Environnement (L.B.E). Unité d'écologie côtière et d'écotoxicologie marine. Faculté des Sciences de Bizerte, Zarzouna 7021 (Tunisie). Fax : 216 72 590 566.

\* fehmi@zwallet.com

### ملخص

الأنواع الشكلية، التركيبية الغذائية والنضج للديدان الخيطية الحرة ببحيرة بنزرت: بينت الدراسة التي أجريت في بحيرة بنزرت أثناء شتاء سنة 2001 انطلاقاً من عشر محطات نجاعة استعمال الديدان الخيطية الحرة لمراقبة نوعية المياه و التربة إذ تبين أن نمو هذه الحيوانات مرتبط بنوعية الرواسب حيث يتم أساساً على مستوى العرض إن عاشت في رواسب دقيقة غنية بالمعادن، هذا بالتوازي مع تفرد أربعة أنواع شكلية. من جهة أخرى، تلازمت نسب الديدان 2A المستهلكة للدياتومي سلبي مع التوربيد تي فيما ارتبط توزيع الديدان 1A إيجابياً مع محتوى مياه العمق من النترات. بالإضافة إلى هذه النتائج اتضح أيضاً وجود تلازم سلبي بين التطور الحيزي للديدان غير الناضجة و تركيز الهيدروكربونات في الرواسب. **كلمات مفاتيح** : الديدان الخيطية الحرة، الأنواع الشكلية، التركيبية الغذائية، النضج، تلوث، بحيرة بنزرت.

### RESUME

Dix stations côtières ont été prospectées dans la lagune de Bizerte en hiver 2001 pour étudier l'impact des conditions environnementales sur les plans morphométrique, trophique et de maturité des nématodes méiobenthiques. Nos résultats montrent que la croissance en largeur des nématodes libres a été proportionnelle aux charges sédimentaires en fraction fine et en métaux et ce parallèlement à l'individualisation de quatre morphotypes nématologiques. D'autre part, la structure trophique de la nématofaune est liée à la turbidité et aux concentrations des eaux en nitrites. En effet, la proportion en détritivores sélectifs, principalement bactériophages, au sein des communautés nématologiques, est positivement corrélée à la concentration des eaux en nitrites et ainsi à l'activité des bactéries nitrifiantes. Les pourcentages des nématodes 2A, consommateurs de diatomées benthiques, sont inversement proportionnels à la turbidité. Par ailleurs, il a été noté une proportionnalité entre le rapport 1B/2A et la teneur sédimentaire en manganèse. L'enrichissement sédimentaire en hydrocarbures semble à l'origine de la prédominance des adultes par rapport aux juvéniles probablement plus sensibles vis-à-vis des produits pétroliers.

**Mots-clés** : nématodes libres, morphotypes, structure trophique, maturité, pollution, lagune de Bizerte.

### ABSTRACT

**Morphotypes, feeding structure and maturity state of nematode communities from Bizerte lagoon:** Ten samples of sediments and repository waters were taken from the coastal domain of Bizerte lagoon during winter 2001. Our results showed that proportionality exist between body width of nematodes and sedimentary loads of silt/clay and metals. In other side, the trophic structure of nematodes was associated with turbidity and water nitrites. Indeed, selective deposit-feeders, mainly bacterivorous, were positively correlated with concentration of water nitrites and then with bacteria's nitrification. The nematodes 2A, feeding benthic diatoms, were negatively related to turbidity. Positive correlation was recorded between sedimentary manganese and the ratio related non-selective deposit-feeders with epigrowth-feeders 1B/2A. In the other hand, juveniles seem probably more sensitive to the sedimentary hydrocarbons than adults.

**Key words:** free-living nematodes, morphotypes, feeding structure, maturity, pollution, Bizerte lagoon.

### INTRODUCTION

Au cours de la dernière décennie, le méiobenthos et particulièrement les nématodes libres, ont suscité un intérêt croissant en relation avec leurs qualités de bioindicateurs des conditions environnementales dans les écosystèmes aquatiques tunisiens (Beyrem & Aïssa, 1998 ; Beyrem & Aïssa, 2000 ; Mahmoudi *et al.*, 2003). La lagune de Bizerte avec une superficie de 15000 hectares constitue un des écosystèmes lagunaires les plus productifs sur les plans de la pêche et de la mytiliculture. Toutefois, il

a été notée une dégradation progressive des conditions ambiantes dans ce plan d'eau en raison de son utilisation depuis les années 1960 comme réceptacle des eaux usées tant domestiques qu'industrielles provenant des villes avoisinantes (Fig.1) (Dellali *et al.*, 2001). Afin d'évaluer l'efficacité des nématodes libres comme outils de biosurveillance de la lagune de Bizerte, il a été conduit une étude des morphotypes, de la structure trophique et de l'état de maturité de la nématofaune a été conduite en parallèle à la quantification de certains descripteurs de la qualité des eaux et des sédiments.

## MATERIEL ET METHODES

### 1 - Echantillonnage et traitement des eaux et des sédiments

L'échantillonnage a été réalisé en hiver 2001 à partir de dix sites lagunaires (C, BC, F, T, MB, OBH, OGA, OG, MJ et MA) (Tableau I, Fig.1). Les paramètres hydrologiques des eaux de fond (salinité « Sal », température « T », oxygène dissous « OD » et turbidité « Turb ») ont été mesurés *in situ* avec un multiparamètre portatif model WTW 340i/Set. De plus, des échantillons d'eau ont été collectés pour la mesure des teneurs en chlorophylle *a* (Chl *a*) par

fluorimétrie et pour les dosages des nutriments (nitrates « NO<sub>3</sub> », nitrites « NO<sub>2</sub> » et phosphates « PO<sub>4</sub> ») respectivement par les méthodes de Murphy et Riley (1962), Strickland & Parsons (1965) et Bendschneider & Robinson (1952). La proportion sédimentaire en fractions fine « FF » (<63 µm) et grossière « FGr » (>63 µm) ainsi que la médiane granulométrique (Q<sub>50</sub>) ont été déterminés selon les protocoles avancés par Walter *et al* (1997). Les teneurs en matière organique totale (MOT) et en hydrocarbures totaux (Hs) dans les sédiments ont été déterminées respectivement par les méthodes d'Espalialie *et al* (1986) et de Danovaro *et al* (1995).

Tableau I : Profondeur et coordonnées GPS des stations prospectées dans la lagune de Bizerte en Décembre 2001. C : Canal; BC : Baie des carrières ; F : Faroua ; T : Tinja ; MB : Menzel Bourguiba ; OBH : Oued Ben Hassine ; OGA : Oued Garek ; OG : Oued Gueniche ; MJ : Menzel Jemil ; MA : Menzel Abderrahmen.

Station	C	BC	F	T	MB	OBH	OGA	OG	MJ	MA
Profondeur (m)	3.10	3.10	3.20	2.90	3.20	2.80	2.70	2.80	2.90	3.30
Latitude Nord	37° 15' 314"	37° 14' 079"	37° 12' 310"	37° 11' 181"	37° 08' 348"	37° 08' 279"	37° 09' 049"	37° 10' 569"	37° 13' 156"	37° 13' 437"
Longitude Est	9° 52' 004"	9° 50' 152"	9° 48' 067"	9° 47' 230"	9° 49' 066"	9° 50' 095"	9° 53' 140"	9° 55' 207"	9° 54' 207"	9° 51' 457"

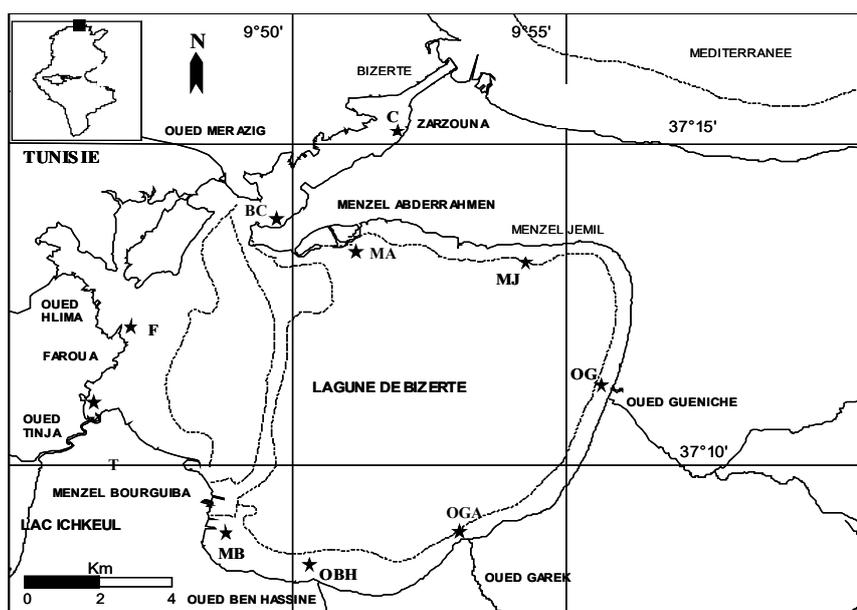


Figure 1 : Localisation des stations prospectées dans la lagune de Bizerte en Décembre 2001. Abréviations identiques au tableau I.

### 2 - Morphotypes, état de maturité et structure trophique de la nématofaune

A chaque site prospecté, cent nématodes extraits au hasard de trois carottes de sédiments ont été montés entre lame et lamelle dans une goutte de glycérine pure (Seinhorst, 1959) afin d'identifier pour chacune des communautés:

- Les morphotypes destinés à détecter une éventuelle adaptation de la nématofaune aux conditions et/ou stress ambiants. Dans ce but, il a été mesuré pour chaque spécimen le diamètre maximal (D) et

la longueur totale (L) pour calculer selon cette méthode le coefficient de corrélation de Pearson (r) (Ratsimbazafy *et al.*, 1994) et le rapport D/L (Tita *et al.*, 1999). Selon ce procédé, chaque morphotype nématologique est caractérisé par la constance des relations allométriques associant la longueur totale et le diamètre maximal.

- L'état de maturité en distinguant trois catégories : mâle « M », femelle « F » et juvénile « J ». Deux indices ont été calculés pour chacune des

communautés, à savoir, F/M et A/J où « A » représente le pourcentage communautaire en adultes. - La structure trophique du peuplement en suivant la classification fonctionnelle de Wieser, 1953 : détritivores sélectifs « 1A », détritivores non sélectifs « 1B », consommateurs d'épistrates « 2A » et omnivores-carnivores « 2B ». Pour chaque nématocénose, nous avons considéré l'indice de diversité trophique IT (Heip *et al.*, 1985) et l'indice 1B/2A.

### 3 - Analyses statistiques

L'analyse en composantes principales (ACP) permet d'illustrer sur deux ou trois axes factoriels les relations de régression entre un ensemble complexe de données tant biotiques qu'abiotiques et ceci avec perte minimale d'information (Chardy *et al.*, 1976). La recherche d'éventuelles corrélations entre les données faunistiques et certains facteurs abiotiques du milieu a été effectuée grâce au coefficient (r) de Bravais-Pearson (Schwartz, 1983).

## RESULTATS

### 1 - Caractéristiques hydrologiques et sédimentaires (Fig. 2, Tableau II)

Une relative stabilité spatiale a caractérisé la salinité et la teneur des eaux en phosphates (Fig. 2). Dans l'ensemble, les eaux des sites marinisés (C et BC) ont été peu oxygénées par rapport à celles collectées des sites purement lagunaires (7.9-13.3 mg.l<sup>-1</sup>) et moins chargées en chlorophylle *a* (14.44-32.30 mg.m<sup>-3</sup>). Contrairement aux phosphates, les concentrations des eaux en nitrates (1.7-6.44 µatg.l<sup>-1</sup>) et en nitrites (0.14-4.74 µatg.l<sup>-1</sup>) ont été assez variables (Fig. 2). Le tableau II présentant les données sédimentaires montre que les sables grossiers et fins ont prédominé dans les domaines côtiers Nord et Est alors que les faciès argileux et silto-argileux ont caractérisé les secteurs Ouest et Sud. La matière organique sédimentaire a fluctué entre 2.78 % (site OG) et des maxima de 28.61 % (site T) et 29.19 % (site F). Les charges sédimentaires maximales en hydrocarbures (0.28 et 0.45 mg.g<sup>-1</sup>) ont caractérisé les sédiments des sites MB et C sur le trajet des bateaux venant de la Méditerranée en direction de l'arsenal de Menzel Bourguiba. Les charges des sédiments en métaux (Fe, Mn et Zn) ont été les plus élevées au niveau des sites MB, T et F (Tableau II). Les teneurs en pesticides organochlorés ont fluctué entre 0.23 ng.g<sup>-1</sup> (site OGA) et 3.47 ng.g<sup>-1</sup> (site F).

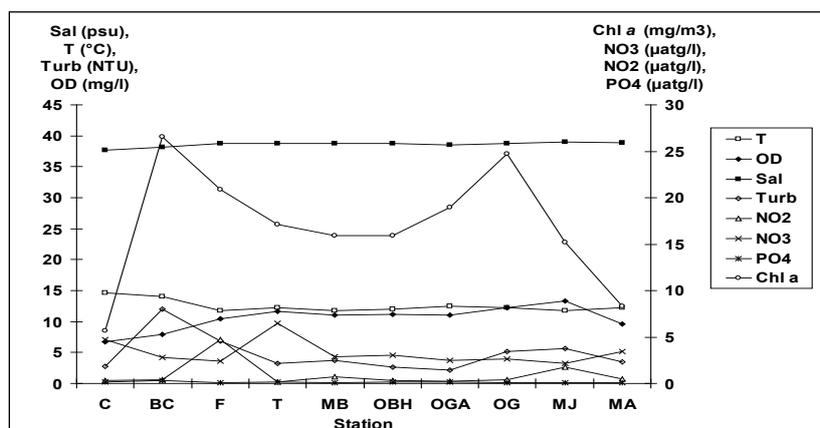


Figure 2: Evolution spatiale des paramètres hydrologiques dans la lagune de Bizerte en Décembre 2001. Sal : salinité ; T : température; Turb : turbidité ; O2 : oxygène dissous ; Chl *a* : chlorophylle *a* ; NO3 : nitrates ; NO2 : nitrites ; PO4 : phosphates.

Tableau II : Caractéristiques des sédiments au niveau des sites prospectés dans la lagune de Bizerte en hiver 2001. \* : Données de Cheikh (2003). FF : pourcentage en fraction fine ; FGGr : pourcentage en fraction grossière ; Q<sub>50</sub> : médiane sédimentaire ; MOT : matière organique totale ; Hs : hydrocarbures totaux ; Fe : fer ; Mn : Manganèse ; Zn : Zinc ; POC : pesticides organochlorés.

Stations	C	BC	F	T	MB	OBH	OGA	OG	MJ	MA
FF (%)	5.77	45.28	83.32	84.39	57.09	57.36	13.32	18.54	14.68	15.02
FGGr (%)	94.23	54.72	16.68	15.61	42.91	42.64	86.68	81.46	85.32	84.98
Q <sub>50</sub> (mm)	0.65	1.00	0.06	0.06	0.15	1.05	0.95	1.02	0.15	0.30
MOT (%)	3.15	11.09	29.19	28.61	13.21	8.08	5.25	2.78	5.77	7.71
Hs (mg.g <sup>-1</sup> )	280	0.128	0.030	0.045	0.450	0.104	0.043	0.018	0.018	0.015
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> ) *	33.02	21.04	192.64	185.08	520.52	103.18	30.20	33.55	53.38	49.64
Fe (mg.kg <sup>-1</sup> ) *	2633.10	2710.18	24900	27600	40800	12900	5395.94	4156.94	6473.18	6288.70
Mn (mg.kg <sup>-1</sup> ) *	43.04	41.50	156.61	216.21	766.40	165.05	131.53	125.92	101.36	114.36
POC (ng.g <sup>-1</sup> ) *	0.910	3.780	3.470	1.087	1.838	0.170	0.230	1.060	1.187	0.650

## 2 - Morphotypes

La variabilité spatiale des descripteurs morphométriques est présentée dans le tableau III et la Fig. 3. Les coefficients de corrélation (r) liant le diamètre maximal (D) et la longueur totale (L) des nématodes varie entre un minimum de 0.52 (MJ) et un maximum de 0.81 (C). Parallèlement, le rapport D/L fluctue entre  $0.030 \pm 0.006$  (C) et  $0.044 \pm 0.013$  (T).

Une analyse en composantes principales (ACP), a été utilisée afin d'identifier sur un plan factoriel F1-F2 la présence probable de morphotypes nématologiques (Fig. 4, Tableau IV). Les deux premiers axes factoriels de l'ACP extraient respectivement 59.06 % et 26.25 soit un pourcentage cumulé de 74.35 % de la variance totale. L'axe factoriel F1, unipolaire, est essentiellement déterminé par le coefficient de corrélation r (CTR = 0.85), se projetant au niveau du pôle négatif. Ainsi, la communauté MJ (CTR = 0.85), placée du côté positif de l'axe F1, s'est

séparée clairement du reste des nématocénoses, qui à leur tour se sont discriminées en deux groupes communautaires, MA, BC et OBH d'une part et T, F, OG, MB, OGA et C d'autre part (Fig. 4). Sur l'axe factoriel F2, une nette bipolarité des projections a été notée. En effet, le rapport D/L (CTR = 0.62) a été discriminé du côté négatif de cet axe à l'origine d'un double gradient, le premier traduisant une croissance par augmentation du diamètre du corps et le deuxième assimilé à une croissance par allongement corporel. Ainsi, l'axe F2 a ségrégué trois groupes de peuplements nématologiques, le premier, formé par les nématofaunes des sites T, F, OG, MB, OBH et OGA (Fig. 4) ayant été associées au rapport D/L du côté négatif de l'axe F2, le second, composé par MA (CTR = 0.27) et BC (CTR = 0.17) et le troisième groupe limité à la communauté C (CTR = 0.64) ont été au contraire projetés en opposition au rapport D/L du côté positif de l'axe F2.

Tableau III : Evolution spatiale du coefficient de corrélation entre le diamètre maximal (D) et la longueur totale des nématodes (L) et du rapport D/L relatifs à la nématofaune de la lagune de Bizerte (Décembre 2001).

Station	D/L	r
C	$0.029 \pm 0.006$	0.81
BC	$0.032 \pm 0.003$	0.64
F	$0.041 \pm 0.013$	0.69
T	$0.044 \pm 0.013$	0.75
MB	$0.037 \pm 0.010$	0.72
OBH	$0.038 \pm 0.010$	0.60
OGA	$0.039 \pm 0.010$	0.73
OG	$0.036 \pm 0.015$	0.61
MJ	$0.034 \pm 0.009$	0.52
MA	$0.033 \pm 0.009$	0.74

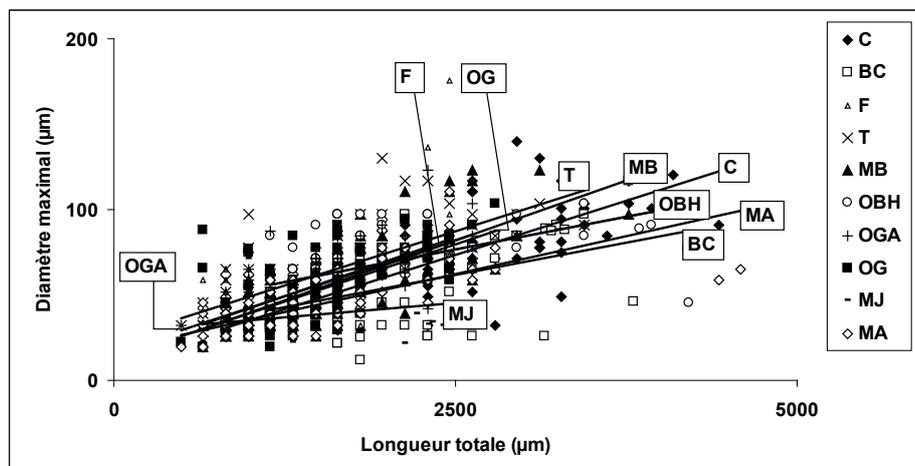


Figure 3 : Représentation morphotypique de la nématofaune de la lagune de Bizerte.

L'analyse en composantes principales (ACP) paraît suggérer l'existence, dans la lagune, de quatre morphotypes distincts (Fig. 4):

- le morphotype 1, limité à la station MJ peuplée d'individus ayant une variabilité disproportionnée de la croissance en longueur et en largeur, d'où une valeur minimale du coefficient de corrélation ( $r = 0.52$ ) entre la longueur individuelle des nématodes et leur diamètre maximal.

-Le morphotype 2 caractéristique des nématocénoses T, F, OG, MB, OBH et OGA correspondant à des rapports D/L ( $0.036 \leq D/L \leq 0.044$ ) plus élevés que ceux des communautés restantes. Dans l'ensemble, le volume corporel des individus croît par augmentation plus marquée en largeur.

-Le morphotype 3, présent au niveau des stations BC et MA, a été caractérisé par des rapports D/L assez faibles (respectivement  $0.032 \pm 0.003$  et  $0.033 \pm 0.009$ ). L'allongement corporel de ce

morphotype est nettement plus marqué par rapport au morphotype 2.

-Le dernier morphotype, le plus corpulent, existe au niveau de la station C. Ce morphotype est caractérisé par un rapport D/L minimal ( $D/L = 0.029 \pm 0.006$ ) et un coefficient de corrélation maximal et largement supérieur à ceux des morphotypes 1, 2 et 3 ( $r = 0.81$ ). Les dimensions corporelles du morphotype 4 croissent essentiellement par l'allongement du corps tout en conservant une proportionnalité parfaite entre la longueur totale de l'animal et son diamètre maximal.

Dans l'ensemble, les morphotypes 2, 3 et 4 gardent une proportionnalité relativement importante entre l'évolution du diamètre maximal et de la longueur totale ( $0.60 \leq r \leq 0.80$ ).

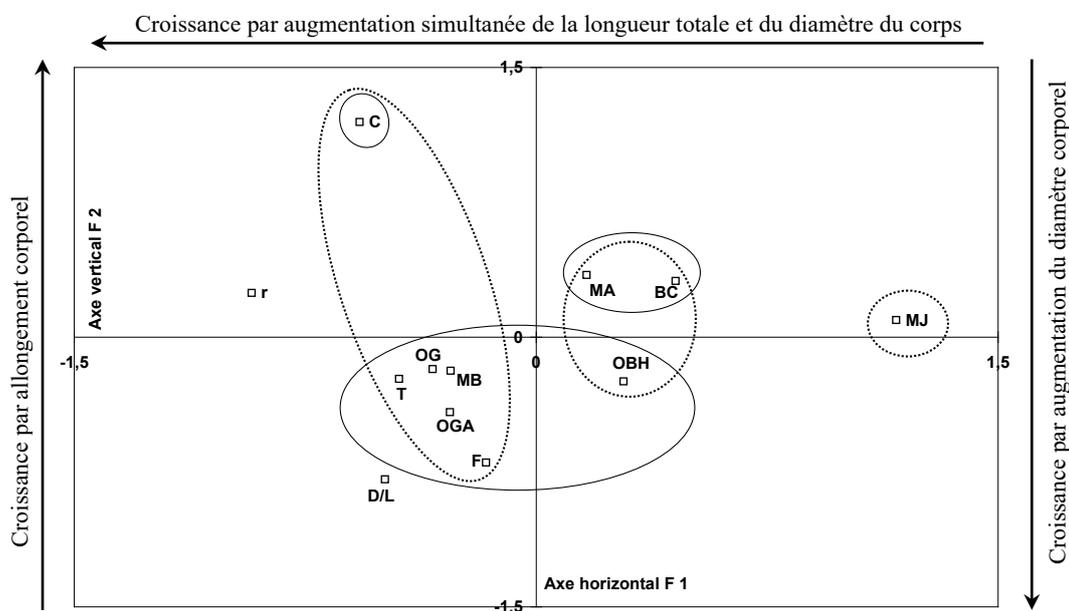


Figure 4: Analyse en composantes principales (ACP) appliquée aux données morphométriques de la nématofaune de la lagune de Bizerte. En traits discontinus : projections sur l'axe F1, en traits continus : projections sur l'axe F2.

Tableau IV : Analyse en composantes principales (ACP) appliquée aux données morphométriques de la nématofaune de la lagune de Bizerte (Décembre 2001).

Variables	CTR (F1)	CTR (F2)			
D/L	0.24	0.62			
r	0.85	0.06			
Stations	CTR (F1)	CTR (F2)	Stations	CTR (F1)	CTR (F2)
C	0.33	0.64	OBH	0.25	0.08
BC	0.80	0.17	OGA	0.48	0.47
F	0.10	0.84	OG	0.38	0.04
T	0.67	0.08	MJ	0.99	0.00
MB	0.81	0.16	MA	0.13	0.27

### 3 - Etat de maturité et indices correspondants (Fig. 5)

Les données relatives à l'état de maturité ont montré d'une part une assez faible variation spatiale du sex-ratio (F/M) associée à une prédominance des adultes (A) notée dans les communautés étudiées à l'exception de celle peuplant le site MJ (rapport

adultes/juveniles = 0.74). Le rapport A/J a montré ses valeurs maximales au niveau des communautés des sites C, BC et MB. En contrepartie, le sex-ratio (F/M) a fluctué entre un minimum de 0.62 (C) et des maxima de 1.84 (MA) et 1.64 (T).

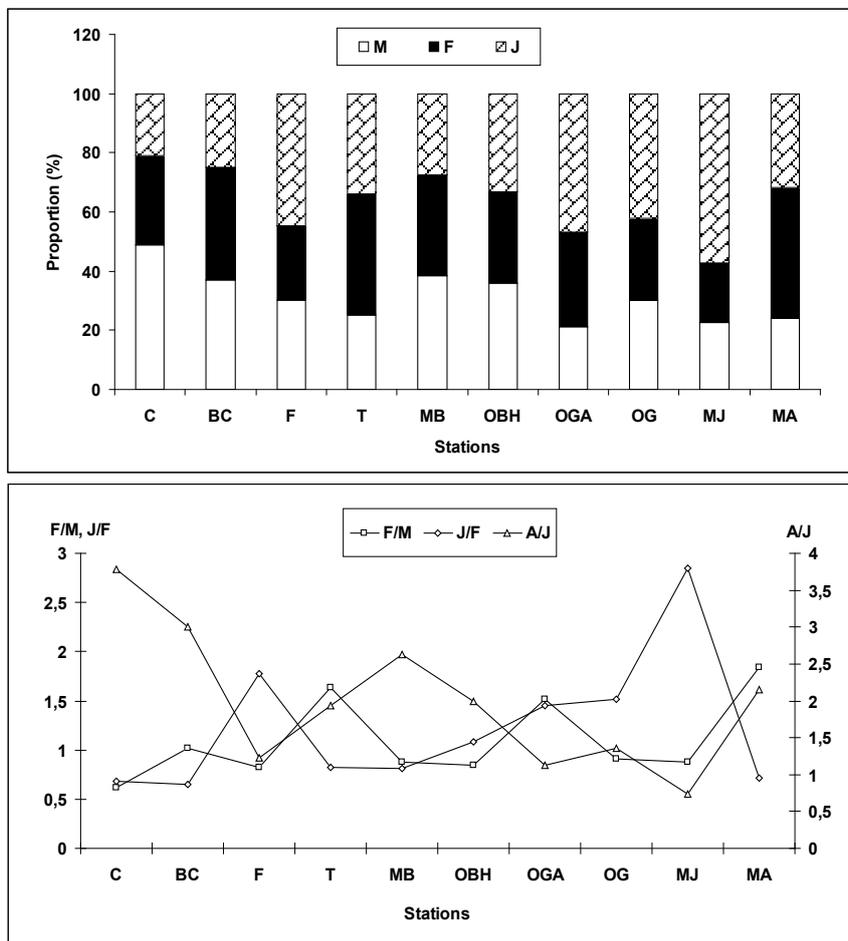


Figure 5 : Evolution spatiale des données nématologiques relatives à l'état de maturité et à la structure trophique. M : mâle ; F : femelle ; J : juvénile ; A : adulte.

### 4 - Structure trophique et indices correspondants (Fig. 6)

Les communautés nématologiques F, MJ et BC ont été caractérisées par une prédominance des nématodes 1A (39.16-43.55 %). D'autre part, les détritivores non sélectifs (1B) ont été largement représentés dans les nématocénoses OG, OGA, MB et T (43.97-56.02 %). En contrepartie, les abondances relatives des consommateurs d'épistrates (2A) et des omnivores-carnivores (2B) ont été peu fluctuantes à l'échelle spatiale. L'indice de diversité trophique a été minimal au niveau de la communauté F en raison de la prédominance des détritivores sélectifs (1A). Parallèlement, le maximum du rapport 1B/2A (0.43) a caractérisé les communautés des sites T et MB.

### 5 - Corrélations entre les variables nématologiques et facteurs abiotiques (Tableau V)

Aucune corrélation significative au seuil de 5% n'a été signalée entre le coefficient de Pearson liant le diamètre maximal et la longueur totale des nématodes. Parallèlement, le rapport D/L, s'est révélé positivement et significativement corrélé ( $p < 5\%$ ) aux charges sédimentaires en fraction fine ( $r = 0.64$ ), en fer ( $r = 0.70$ ) et en manganèse ( $r = 0.64$ ). Par ailleurs, des corrélations positives et significatives ( $p < 5\%$ ) ont été enregistrées entre le pourcentage des nématodes 1A et la concentration des eaux de fond en nitrites ( $r = 0.69$ ).

Les proportions des nématodes 2A ont été dépendantes de la turbidité des eaux de fond ( $r = -0.65$ ). Par ailleurs, une corrélation positive et significative au seuil de 5% ( $r = 0.63$ ) a été notée

entre le rapport 1B/2A et le taux sédimentaire en manganèse. Certains descripteurs de l'état de maturité de la nématofaune ont été liés à l'oxygénation des eaux et à la charge sédimentaire en hydrocarbures totaux. En effet, des corrélations

positives et significatives au seuil de 5% ont associé les effectifs des juvéniles aux concentrations des eaux de fond en oxygène dissous d'une part ( $r = 0.82$ ) et le rapport A/J avec les teneurs des sédiments en hydrocarbures d'autre part ( $r = 0.68$ ).

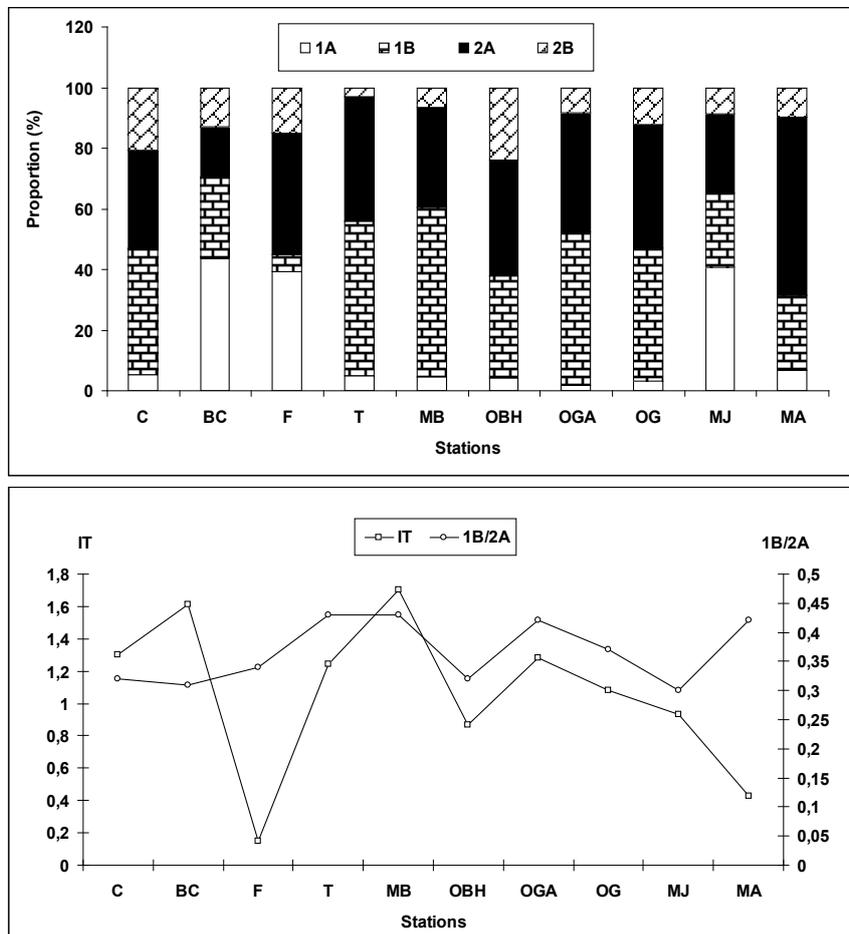


Figure 6 : Evolution spatiale des données nématologiques relatives à la structure trophique. 1A : détritivores sélectifs ; 1B : détritivores non sélectifs ; 2A : consommateurs d'épistrate ; 2B : omnivores-carnivores ; IT ; indice de diversité trophique.

## DISCUSSION

L'étude des caractéristiques hydrologiques de la lagune de Bizerte a permis de révéler une bonne oxygénation des eaux ( $6.7 - 13.3 \text{ mg.l}^{-1}$ ) ayant atteint le niveau de sursaturation ( $8.8 \text{ mg.l}^{-1}$  selon Frisoni *et al.*, 1986) dans la plupart des sites de prospection. De plus, de faibles teneurs en nutriments ont été enregistrées dans les eaux de fond sauf au niveau des stations C, F et T.

Sur le plan sédimentaire, la lagune de Bizerte a présenté une répartition des contaminants suivant de près la richesse des sédiments en particules fines. Ainsi les sédiments des secteurs Ouest (stations F et T) et Sud (station MB) de la lagune se sont montrés les plus riches en métaux et en matière organique. Cette répartition des contaminants est en relation avec la présence de l'usine sidérurgique « El Fouledh », de la décharge municipale et de l'arsenal

de Menzel Bourguiba sur le rivage d'une part et la richesse des sédiments des secteurs Ouest et Sud en particules fines d'autre part, en grande partie à cause des apports d'eau en provenance du « lac » Ichkeul par l'intermédiaire de l'oued Tinja.

L'absence de corrélation significative à 5% entre le coefficient de Pearson liant le diamètre maximal et la longueur totale et les paramètres du milieu semble être indicatif que cette variable est indépendante des conditions environnementales et pourra de ce fait être propre aux espèces et/ou encore de leur état de maturité. En effet, les nématodes de la communauté MJ, caractérisés par une nette disproportionnalité entre l'accroissement de leur volume en largeur et en longueur, ont pour une grande part des immatures. Ce résultat pourrait être dû aux variations brusques des dimensions corporelles en raison des mues permettant le passage entre les quatre stades juvéniles

caractéristiques des nématodes libres. En revanche, une nette proportionnalité a été notée entre le rapport D/L et les teneurs des sédiments en fraction fine, en fer et en manganèse. Par conséquent, des sédiments fins contaminés par du fer et/ou du manganèse semblent stimuler le développement volumétrique en largeur par rapport à l'allongement.

Le pourcentage des nématodes 1A, principalement bactériophages, s'est révélé positivement corrélé aux concentrations des eaux de fond en nitrites ( $r = 0.69$ ) et donc probablement à l'activité des bactéries nitrifiantes. Ce résultat semble à l'origine de la corrélation négative entre ce nutriment et l'indice de diversité trophique ( $r = -0.66$ ). Les proportions des consommateurs d'épistrates 2A ont été dépendantes

de la turbidité des eaux de fond, facteur contrôlant de loin l'activité photosynthétique des diatomées benthiques, principale source de nourriture pour ce groupe trophique. Par ailleurs, la tolérance des métaux par les nématodes 1B (Sommerfield *et al.*, 1994) pourrait expliquer aisément la corrélation positive entre le rapport 1B/2A et le manganèse.

Les effectifs des juvéniles ont été étroitement liés à l'oxygénation ( $r = 0.82$ ) probablement en raison de leur métabolisme en phase de croissance. Parallèlement, la corrélation positive entre le rapport A/J et la charge sédimentaire en hydrocarbures ( $r = 0.68$ ) semble confirmer l'élimination des juvéniles, plus sensibles, au profit des adultes (Beyrem & Aïssa, 2000).

Tableau V. Corrélations de Pearson ( $p < 5\%$ ) entre les données nématologiques et les paramètres hydrologiques et sédimentaires. - : corrélation non significative. (ddl) degré de liberté. Seuil de significativité égale à 0.63. r : coefficient de Pearson liant le diamètre maximal et la longueur totale ; D : diamètre maximal ; L : longueur totale ; M : mâle ; F : femelle ; J : juvénile ; A : adulte ; 1A : détritivores sélectifs ; 1B : détritivores non sélectifs ; 2A : consommateurs d'épistrates ; 2B : omnivores-carnivores ; IT : indice de diversité trophique. Abréviations identiques à celles de la figure 2 et du tableau II.

ddl = 8	r	D/L	1A	1B	2A	2B	TI
Prof	-	-	-	-	-	-	-
T	-	-	-	-	-	-	-
OD	-	-	-	-	-	-	-
Sal	-	-	-	-	-	-	-
Turb	-	-	0,83	-	-0,65	-	-
NO2	-	-	0,69	-0,87	-	-	-0,66
NO3	-	-	-	-	-	-	-
PO4	-	-	-	-	-	-	-
Chl <i>a</i>	-	-	-	-	-	-	-
FF	-	0,64	-	-	-	-	-
FGr	-	-0,68	-	-	-	-	-
Q <sub>50</sub>	-	-	-	-	-	-	-
Hs	-	-	-	-	-	-	-
MOT	-	-	-	-	-	-	-
POC	-	-	0,75	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-
Fe	-	0,70	-	-	-	-	-
Mn	-	0,64	-	-	-	-	-

ddl = 8	1B/2A	M	F	FG	J	A	F/M	A/J
Prof	-	-	-	-	-	-	-	-
T	-	-	-	-	-0,70	-	-	0,70
OD	-	-0,66	-	-	0,82	-0,74	-	-0,82
Sal	-	-0,70	-	-	0,71	-	-	-0,71
Turb	-	-	-	-	-	-	-	-
NO2	-	-	-	-	-	-	-	-
NO3	-	-	-	-	-	-	-	-
PO4	-	-	-	-	-	-	-	-
Chl <i>a</i>	-	-	-	-0,65	-	-	-	-
FF	-	-	-	-	-	-	-	-
FGr	-	-	-	-	-	-	-	-
Q <sub>50</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-
Hs	-	0,74	-	-	-0,68	-	-	0,68
MOT	-	-	-	-	-	-	-	-
POC	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	0,63	-	-	-	-	-	-	-

## CONCLUSION

Les réponses des nématodes libres sur les plans morphométrique, trophique et de maturité à l'état physico-chimique des eaux et des sédiments de la lagune de Bizerte pourraient efficacement soutenir l'utilisation de ces organismes méiobenthiques comme bioindicateurs dans la biosurveillance des écosystèmes aquatiques et ce notamment dans le cas d'une eutrophisation des eaux et d'une contamination sédimentaire par les métaux et les hydrocarbures.

## BIBLIOGRAPHIE

- Bendschneider K. et Robinson R. J. (1952). --- A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.*, 11 (1), 57-96.
- Beyrem H. et Aïssa P. (1998). --- Importance des nématodes libres dans le suivi écologique d'un milieu lagunaire perturbé : l'écosystème Ichkeul (Tunisie). *Rapport CIESM.*, 35 (2), 522-523.
- Beyrem H. et Aïssa P. (2000). --- Les nématodes libres, organismes-sentinelles de l'évolution des concentrations d'hydrocarbures dans la baie de Bizerte (Tunisie). *Cah. Biol. Mar.*, 41, 329-342.
- Chardy P., Glemarec M. et Laurec A. (1976). --- Application of Inertia methods to benthic marine ecology : Practical implication of the basic options. *Est. Coast. Mar. Sci.*, 4: 179 - 205.
- Cheikh M. (2003). --- Détermination des pesticides organochlorés et des métaux lourds dans les sédiments de la lagune de Bizerte. *D. E. A. Fac. Sc. Bizerte*, 84 p.
- Danovaro R., Fabiano M. et Vincx M. (1995). --- Meiofauna response to the Agip Abruzzo oil spill in subtidal sediments of the Ligurian Sea. *Mar. Pollut. Bull.*, 39 (2), 133-145.
- Dellali M., Elbour M. et Aïssa P. (2001). --- Evaluation de la pollution bactérienne dans la lagune de Bizerte : résultats préliminaires. *J. Rech. Oceanogr.*, 26, 18-28.
- Espitalie J., Deroo G. et Marquis F. (1986). --- La pyrolyse Rock-Eval et ses applications. Rapport Institut Français du pétrole (34190). 69p.
- Frisoni G. F., Guelorget O., Pertuisot J.P. et Fresi E. (1986). --- Diagnose écologique et zonation biologique du lac de Bizerte. Applications aquacoles. *Rapport du projet MEDRAP : régional Mediterranean developpement of aquaculture*. FAO : 41 p.
- Heip C., Vincx M. et Vranken G. (1985). --- The ecology of marine nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol.*, 23, 399- 485.
- Mahmoudi E., Beyrem H., Aïssa P. (2003). --- Les peuplements de nématodes libres, indicateurs du degré d'anthropisation de la lagune de Bou Ghrara (Tunisie). *Vie et Milieu.*, 53 (1), 47-59.
- Murphy J. et Riley J.P. (1962). --- A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. *Anal. Chim. Acta.*, 27, 31-36.
- Ratsimbazafy R., Boucher G. et Dauvin J.C. (1994). --- Mesures indirectes de la biomasse des nématodes du méiobenthos subtidal de la manche. *Cah. Biol. Mar.*, 35, 511-523.
- Schwartz D. (1983). --- Methodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. *Flammarion Medecine Science*, 318 pp.
- Seinhorst J.W. (1959). --- A rapid method for the transfert of nematodes from fixative to anhydrous glycerine. *Nematologica.*, 4: 67 - 69.
- Somerfield P.J., Dee J.M. et Warwick R.M. (1994). --- Soft sediment meiofaunal community structure in relation to a long-term heavy metal gradient in the Fal estuary system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 105: 79-88.
- Strickland J.D.H. et Parsons T.R. (1965). --- A manual of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada (2nd edn).*, 125, 1-203.
- Tita G., Vincx M. et Desrosiers G. (1999). --- Size spectra, body width and morphotypes of intertidal nematodes: an ecological interpretation. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 79: 1007 - 1015.
- Walter P., Hartmut H. et Bernhard M. (1997). --- Suspended particulate matter budget for the german bight. *Mar. Poll. Bull.*, 34 (6), 398-409.
- Wieser W. (1953). --- Die Beziehung zwischen Mundhöhlengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden marinen Nematoden. *Arkiv. Für. Zoologie.*, 2, 439-484.