

# Structure des peuplements de nématodes dans la lagune de Ghar El Melh (Tunisie) en hiver 2000

*Nematode community structure in Ghar El Melh Lagoon (Tunisia) in Winter 2000*

E. Mahmoudi\* , H. Beyrem\* , P. Aïssa\* , P. Vitiello\*\*

\*Laboratoire de biosurveillance de l'environnement, Faculté des Sciences de Bizerte, Zarzouna 7021 Bizerte, Tunisie.  
ezzeddine.mahmoudi@laposte.net

\*\*Centre d'océanologie de Marseille, Case 901, 13288 Marseille cedex 9, France.

**Mots clés :** nématodes libres, bio-indicateurs, diversité, lagune.

**Key-words:** free-living nematodes, bio-indicators, diversity, lagoon.

## RÉSUMÉ

Mahmoudi E., H. Beyrem, P. Aïssa, P. Vitiello - Structure des peuplements de nématodes dans la lagune de Ghar El Melh (Tunisie) en hiver 2000. Mar. Life, **13** (1-2) : 31-43.

L'étude de la structure des peuplements de nématodes libres de la lagune de Ghar El Melh a révélé une hétérogénéité spatiale de la qualité des eaux et des sédiments de ce milieu. La teneur des eaux en oxygène dissous et les concentrations sédimentaires en hydrocarbures et en carbone organique total sont apparues les facteurs les plus limitants. Les nématodes libres ont répondu aux perturbations lagunaires (faible teneur des eaux en oxygène, sédiment chargé en hydrocarbures et en matière organique) par une modification spatiale de leur composition spécifique et par une décroissance significative de leurs indices de diversité au niveau des stations les plus perturbées.

## ABSTRACT

Mahmoudi E., H. Beyrem, P. Aïssa, P. Vitiello - [Nematode community structure in Ghar El Melh Lagoon (Tunisia) in Winter 2000]. Mar. Life, **13** (1-2): 31-43.

The survey of the nematode assemblages in Ghar El Melh Lagoon has revealed a spatial heterogeneity of the water and sediment quality in this area. The dissolved oxygen and concentration of hydrocarbons and total organic carbon deposited in sediments are key factors for the nematofauna. The free-living nematodes have responded to disturbances in the lagoon (poorly oxygenated water, sediment loaded in hydrocarbons and in organic matter) by spatial changes in their species composition and by a significant decrease in the specific index in the most disturbed stations.

## INTRODUCTION

Depuis quelques années, la lagune de Ghar El Melh, un plan d'eau de la Tunisie septentrionale, est le siège d'une forte pression anthropique (rejets domestiques, industriels, agricoles et portuaires) à l'origine d'une régression considérable de sa diversité biologique (Rapport D.G.P.A., 1999). Dans le cadre d'un projet visant à diagnostiquer l'état de dégradation des eaux et des sédiments de cet écosystème, il a été entrepris une étude multidisciplinaire

comprenant la méiofaune. En effet, les organismes méiobenthiques, premiers maillons de la chaîne trophique benthique (Albertini-Berhaut, 1974 ; Castel, 1992), constituent un matériel biologique de plus en plus utilisé depuis les années 1980 dans la détection des perturbations des milieux marins (Boucher, 1981 ; Keller, 1985 ; Beyrem, Aïssa, 1998 a ; Carman *et al.*, 2000 ; Burton *et al.*, 2001). Plusieurs auteurs ont reconnu à certaines espèces du taxon prédominant, celui des nématodes libres, le rôle d'indicateurs de pollution. Ainsi, Boucher *et al.* (1984) ont

constaté après l'accident de l'*Amoco Cadiz* une réduction durable des densités de nématodes dans un sable sublittoral, contaminé massivement par des hydrocarbures. Selon Lamshead (1986), les caractéristiques quantitatives, qualitatives et trophiques des peuplements de nématodes ont été nettement modifiées par les rejets domestiques et industriels se déversant dans un estuaire du Royaume-Uni. De même, Beyrem et Aïssa (2000) ont observé dans la baie de Bizerte, soumise à une pollution pétrolière permanente, une nette réduction des effectifs de nématodes, de leurs biomasses et de leurs indices de diversité spécifique. D'autres études de suivi se sont accordées à constater une diminution de la diversité de la méiofaune parallèlement à un fort accroissement du niveau d'eutrophisation des eaux (Vitiello, Aïssa, 1985 ; Hermi, Aïssa, 2002).

La méiofaune, en dépit de son importance, a été relativement moins étudiée en milieux lagunaires. Ce manque d'intérêt est d'autant plus surprenant que les lagunes constituent 13% du littoral mondial (Castel, 1992). Parmi les travaux récents consacrés à la méiofaune et en particulier aux nématodes libres des milieux aquatiques tunisiens -(Aïssa, Vitiello (1993) ; Beyrem, Aïssa (1998 a, 2000) ; Hermi, Aïssa, (2002)-, aucun ne concerne la lagune de Ghar El Melh. Le présent travail se propose de combler cette lacune et de

fournir les premières données sur l'impact de certains facteurs abiotiques sur la structure spécifique des communautés nématologiques de la lagune de Ghar El Melh, écosystème très instable au plan saisonnier.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Choix des stations

Dix stations de la lagune de Ghar El Melh ont fait l'objet, en février 2000, de prélèvements d'eau et de sédiment afin de préciser l'état de plusieurs sites correspondant à des situations différentes :

- un secteur purement lagunaire, regroupant les stations GM1, GM2, GM3, GM4 et GM6 ;
- un secteur proche de l'unique communication avec la mer : stations GM7, GM8 et GM9 ;
- une zone réceptrice d'eaux usées domestiques et portuaires : site GM5, le plus proche du village de Ghar El Melh ;
- la zone de la Sebkhha El Ouafi, relativement isolée du reste de la lagune : site GM10 (figure 1).

### Techniques d'étude de la méiofaune

Trois carottes de sédiments de 10 cm<sup>2</sup> de section et de 18 cm de hauteur ont été extraites et conservées dans du formol à 4% en vue d'étudier la

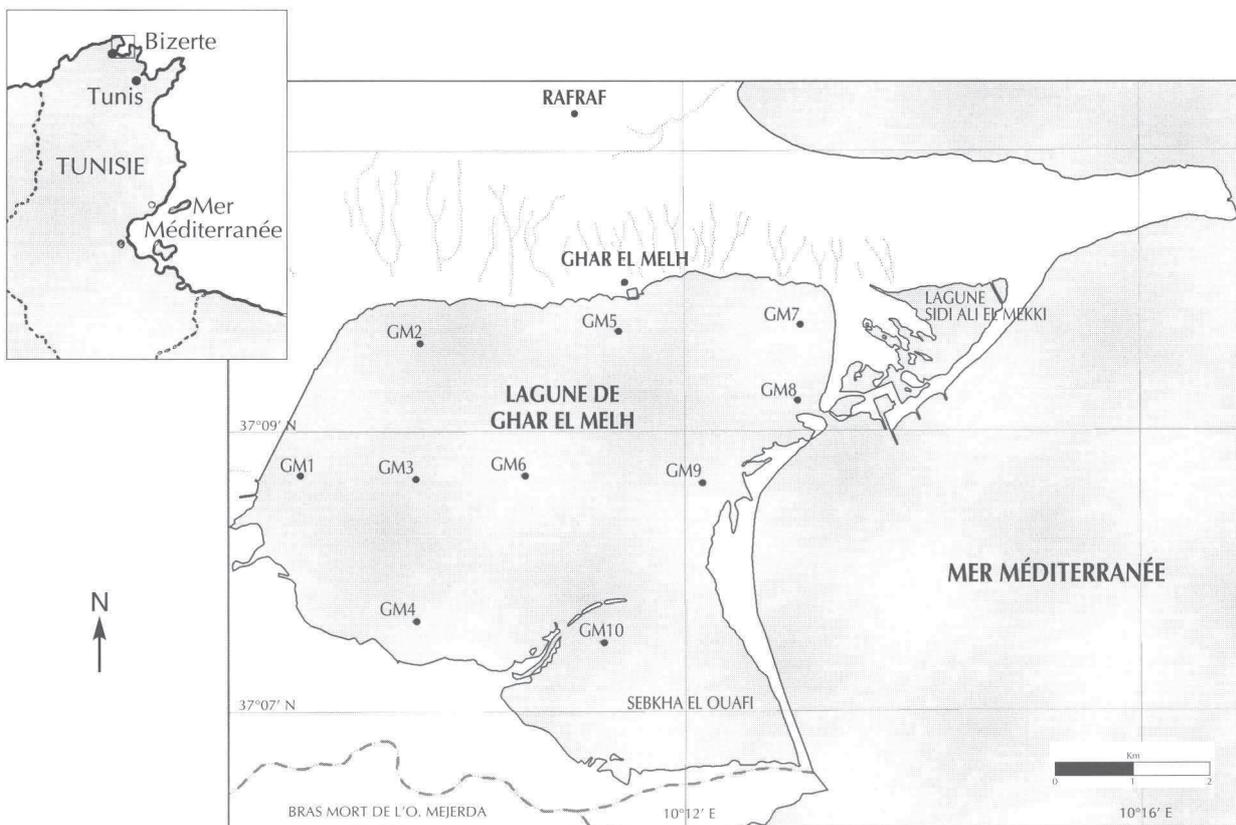


Figure 1 - Localisation des stations prospectées dans la lagune de Ghar El Melh (hiver 2000). / Geographical location of the stations sampled in Ghar El Melh lagoon (winter 2000).

méiofaune. Les nématodes, colorés au rose bengale, ont été séparés par la méthode de lévigation-tamissage et dénombrés sous binoculaire. Les individus recensés dans chacun des réplicats ont été ensuite réunis pour disposer d'un lot faunistique homogène. La détermination de la structure spécifique des peuplements de nématodes a été estimée, à partir d'un sous-échantillon représentatif de 100 individus (Kotta, Boucher, 2001), en se basant sur les clés de Platt et Warwick (1983, 1988) et Aïssa et Hermi (1997).

#### Mesure des paramètres abiotiques

La température, la salinité, le pH, la teneur en oxygène et la profondeur ont été mesurés *in situ*.

Pour la détermination des caractéristiques granulométriques, les échantillons prélevés ont été séchés à l'étuve à 50°C jusqu'à poids constant. Après élimination des débris végétaux, un fractionnement par voie humide a été effectué sur le tamis 63 µm. La fraction grossière (>63 µm) a été analysée sur une colonne de tamis de 2 mm à 63 µm selon les normes AFNOR (*In* Rivière, 1977). Les pourcentages des fractions fines et grossières ont été calculés par rapport au poids initial du sédiment.

Les teneurs des eaux en chlorophylle *a* ont été déterminées selon la technique de Strickland et Parsons (1965).

Les hydrocarbures ont été dosés par spectrophotométrie infrarouge (Beyrem, Aïssa, 1998 a) et le carbone organique total par la méthode coulométrique (Coulomat 702).

#### Méthodes statistiques utilisées

Afin d'homogénéiser les variances, toutes les données ont subi une transformation du type :

$$y = \log(x+1).$$

Pour chaque site d'échantillonnage, les paramètres suivants ont été calculés :

- Dominance (D%) =  $100 \times \frac{ESE}{DNS}$

avec *ESE* = effectif stationnel d'une espèce donnée et *DNS* = densité nématologique moyenne stationnelle. Cet indice a été également estimé pour les ordres et les familles mais en considérant l'effectif stationnel des espèces concernées.

- Dominance générale moyenne :

$$DGM = \frac{ELE}{DNL} \text{ avec } ELE = \sum_{i=1}^{10} ESE \text{ et } DNL = \sum_{i=1}^{10} DNS.$$

Ce paramètre a été aussi calculé pour les ordres et les familles nématologiques mais en retenant l'effectif stationnel de toutes les espèces les constituant.

- La fréquence *F*, définie par le rapport du nombre de stations présentant un ordre, une famille ou une espèce au nombre total de stations prospectées.

- L'indice de présence (DGMxF), comparable au produit *DxP* adopté pour la macrofaune (Afli, Glémarec, 2000)

- l'indice de diversité spécifique

$$H' = - \sum \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \text{ (Shannon, Weaver, 1963)}$$

- la régularité ou équitabilité,  $E = \frac{H'}{\log_2 S}$

avec *S* le nombre d'espèces (Pielou, 1966).

Le coefficient de corrélation *r'* de Spearman (Schwartz, 1983) a été calculé pour chercher d'éventuelles relations entre les données faunistiques et certains facteurs du milieu. Le regroupement des stations sur la base de la distance euclidienne (Legendre, Legendre, 1998) a été effectué par le logiciel Systat W 5.

Les courbes de *k*-dominance de Lamshead *et al.* (1983) ont été utilisées pour fournir des renseignements sur la diversité des peuplements étudiés et les indices d'affinité faunistique de Sanders (1960) utilisés pour évaluer la similarité faunistique entre les peuplements nématologiques des différentes stations prises deux à deux.

## RÉSULTATS

#### Caractéristiques abiotiques

Si la profondeur des stations prospectées a varié de 0,42 m (GM1) à 2,40 m (GM8), le faciès granulométrique de la plupart des sites prospectés a été sensiblement le même, les sédiments étant fins, silto-argileux, avec un pourcentage de la fraction fine supérieur à 60% (tableau I). Cependant, dans la partie ouest de la lagune, en face de l'ancienne passe (GM9), le matériel sédimentaire était sableux (fraction grossière > 96%).

La température, la salinité et le pH des eaux de la lagune sont apparus stables mais les teneurs des eaux en chlorophylle *a* et en oxygène ont montré une importante variation spatiale. Ainsi, la plus forte valeur pour la chlorophylle *a* a été enregistrée à l'extrême ouest de la lagune, au niveau de la station GM1 (7,70 µg.L<sup>-1</sup>), les plus faibles teneurs (0 µg.L<sup>-1</sup>) se situant au niveau des stations GM2 (nord-ouest), GM4 (sud-ouest), GM9 (proche de la passe) et GM10 (Sebkha El Ouafi). L'analyse de la répartition spatiale des teneurs des eaux en oxygène dissous a révélé que les plus faibles valeurs se trouvaient au niveau des stations GM5 (3,84 mg.L<sup>-1</sup>) et GM6 (4,24 mg.L<sup>-1</sup>) et les plus fortes aux stations GM7, GM8 et GM9 (> 9 mg.L<sup>-1</sup>) (figure 2). Les taux en carbone organique des sédiments ont varié entre 0,05% (GM2) et 9,66% (station GM4). Les concentrations sédimentaires en hydrocarbures ont oscillé entre 0,14 mg.g<sup>-1</sup>(GM2) et un pic de 8,47 mg.g<sup>-1</sup> enregistré en (GM4) (figure 3).

Tableau I - Valeurs des paramètres abiotiques dans lagune de Ghar El Melh (hiver 2000). / *Abiotic parameter values in Ghar El Melh Lagoon (Winter 2000).*

Station Paramètres	GM1	GM2	GM3	GM4	GM5	GM6	GM7	GM8	GM9	GM10
Profondeur (m)	0,42	0,45	0,90	0,75	0,75	1,30	1,30	2,40	1,10	0,45
Température des eaux du fond (°C)	16,2	15,9	16	16	15,7	16,2	15,4	16,1	16,5	17,1
Salinité des eaux du fond (g.L <sup>-1</sup> )	35,30	37,80	38,20	37,90	40,20	39,10	41,00	41,70	39,50	38,30
pH des eaux du fond	8,14	7,81	8,09	7,83	7,79	7,84	7,83	7,87	7,97	7,85
Teneur des eaux du fond en oxygène dissous (mg.L <sup>-1</sup> )	6,88	4,48	4,80	5,28	3,84	4,24	8,48	9,12	9,60	7,76
Teneur des eaux en chlorophylle $\alpha$ ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	7,7	0	1,97	0	2,66	2,76	4,59	3,95	0	0
Teneur sédimentaire en fraction fine (< 63 $\mu\text{m}$ , en %)	89,00	93,70	85,00	76,00	95,40	92,00	99,30	62,88	3,20	98,96
Teneur sédimentaire en carbone organique (%)	2,96	0,05	3,44	9,66	4,7	6,2	1,32	3,17	0,45	5,63
Teneur des sédiments en hydrocarbures (mg.g <sup>-1</sup> )	1,60	0,14	1,70	8,47	2,78	3,75	0,47	1,70	0,47	3,43

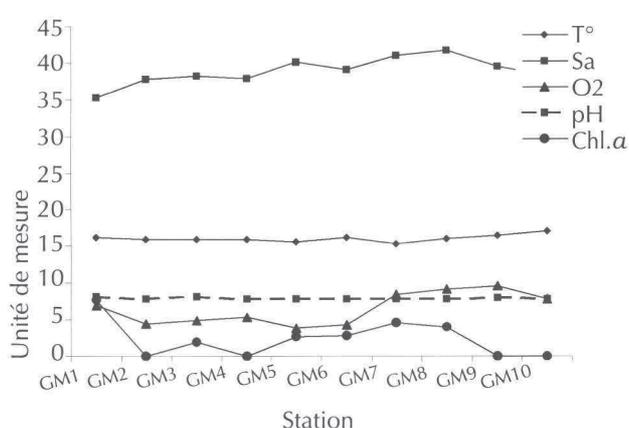


Figure 2 - Variation spatiale de certains facteurs hydrologiques dans la lagune de Ghar El Melh (hiver 2000). T : température de l'eau (°C), Sa : salinité (g.L<sup>-1</sup>), O<sub>2</sub> : teneur des eaux en oxygène dissous (mg.L<sup>-1</sup>), pH des eaux, Chl.  $\alpha$  : teneur des eaux en Chlorophylle  $\alpha$  ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ). / *Spatial variation of some hydrological parameter values in Ghar El Melh Lagoon (Winter 2000). T: water temperature (°C), Sa: salinity (g.L<sup>-1</sup>), O<sub>2</sub>: water dissolved oxygen content (mg.L<sup>-1</sup>), water pH, Chl.  $\alpha$ : water chlorophyll  $\alpha$  content ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ).*

### Composition faunistique de la nématofaune (tableau II)

Répartition spatiale des ordres et des familles  
 Les nématodes libres prélevés dans la lagune de Ghar El Melh durant l'hiver 2000 se sont répartis, tous prélèvements confondus, en 3 ordres, 14

familles, 33 genres et 43 espèces. L'ordre des Monhysterida qui représente 41% de l'ensemble de la nématofaune recensée avec 15 espèces nématologiques a été prédominant. Il a été suivi de l'ordre des Enoplida avec 11 espèces constituant 34% de l'effectif total des nématodes. Au troisième rang, l'ordre des Chromadorida avec 17 espèces, de dominance plus faible, n'a atteint que 25% de la nématofaune totale. Les familles des Xyalidae, des Chromadoridae et des Linhomoeidae (partout présentes) et les Oncholaimidae (partout présentes) ont montré le plus fort indice de présence (DGMxF) respectivement égal à 17%, 16% et 16% et 12%.

En hiver 2000, la structure des peuplements nématologiques a été très hétérogène dans la lagune de Ghar El Melh. En effet, la famille des Monhysteridae a dominé les sites GM1, GM4, GM6 et GM10 (D>67%), celle des Xyalidae a prédominé aux stations GM2, GM3 et GM5 (D>60%). Par contre, GM7 a été surtout occupée par les Linhomoeidae (D=50%) et les stations situées du côté de la passe de communication avec la mer (GM8 et GM9) par les Oncholaimidae (D>20%).

### Liste faunistique et espèces dominantes

Sur les 43 espèces de nématodes libres inventoriées (tableau II), seule *Terschellingia longicaudata* (De Man, 1907) a été rencontrée à toutes les stations de prospection ; 12 d'entre elles uniquement ont été communes car dénombrées dans au moins la moitié

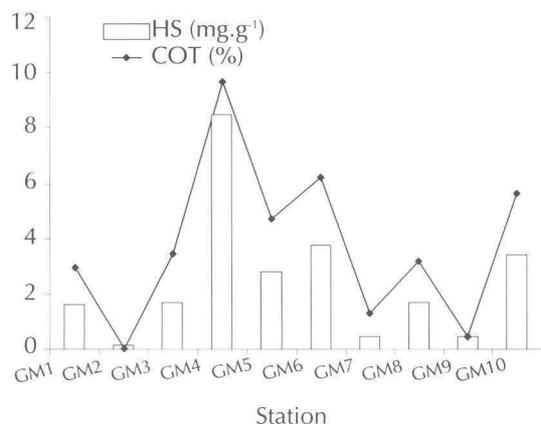


Figure 3 - Variation spatiale de la teneur des sédiments en hydrocarbures (HS) (mg.g<sup>-1</sup>) et en carbone organique total (COT) (%) dans la lagune de Ghar El Melh (hiver 2000). / Spatial variation of sediment hydrocarbon (HS) (mg.g<sup>-1</sup>) and organic matter content (COT) (%) in Ghar El Melh Lagoon (Winter 2000).

des prélèvements avec une dominance supérieure à 1% (Vitiello, 1974). *Daptonema fallax* (Lorenzen, 1971), *Daptonema trabeculosum* (Vitiello, 1967), *Prochromadorella longicaudata* (Lorenzen, 1972), *Prochromadorella neapolitana* (De Man, 1876), *Theristus flevensis* (Stekhoven, 1935) et *Terschellingia communis* (De Man, 1888), les plus fréquentes, ont montré une fréquence (F) au moins égale à 7/10. *Chromadorita tenuis* (Schneider, 1906) et *Monhystera parva* (Bastian, 1865) ont été recensées au niveau de six stations. *Diplolaimella stagnosa* (Lorenzen, 1966), *Oncholaimus campylocercoïdes* (De Coninck et Stekhoven, 1933) et *Viscosia glabra* (Bastian, 1865) ont eu une fréquence de 5/10. L'aire de répartition des espèces étant très limitée, 19 espèces n'ont été collectées qu'en un seul site.

*Diplolaimella stagnosa* a occupé le premier rang avec une forte dominance ( $D > 61\%$ ) en GM1, GM4 et GM6 et la deuxième position en GM10, après *Monhystera parva* ( $D > 67\%$ ), avec une dominance plus faible ( $D = 12,75\%$ ).

*Theristus flevensis* a dominé les associations nématologiques des sites GM2 (47,54%), GM3 (60,75%) et GM5 (77,78%).

La station GM7 a abrité une association nématologique à *Terschellingia longicaudata* ( $D = 32,11\%$ ) alors que *Oncholaimus campylocercoïdes* a prédominé aux sites GM8 et GM9 ( $D > 18\%$ ).

Après identification spécifique des peuplements nématologiques (tableau II), les indices de similarité faunistique de Sanders (IS) (1960) ont permis d'individualiser, dans la lagune de Ghar El Melh, cinq zones biotiques de superficies inégales (tableau III) :

- la première, caractérisée par une association à *Diplolaimella stagnosa*, a regroupé les stations GM1, GM4 et GM6 à forte affinité cénotique ( $> 76\%$ ) ;

- la seconde couvrant la plus grande partie du

secteur nord-ouest de la lagune (GM2, GM3 et GM5) a abrité une communauté à *Theristus flevensis* avec un maximum d'affinité entre GM2 et GM3 (75%) ;

- la troisième zone, limitée à GM10, a été dominée par *Monhystera parva* ;

- le quatrième secteur, également limité à un seul site (GM7), a été caractérisé par *Terschellingia longicaudata* ;

- dans la dernière zone, réunissant les sites GM8 et GM9, relativement proches de la passe de communication avec la mer, se sont développées deux communautés nématologiques différentes avec pourtant la même espèce dominante, *Oncholaimus campylocercoïdes*.

### Diversité spécifique des peuplements

Les indices de Shannon (figure 4) ont permis de mettre en évidence un gradient croissant de richesse spécifique des peuplements de nématodes, de la station GM5 jusque vers la passe. La diversité a atteint un maximum de 3,78 bits.ind.<sup>-1</sup> à la station GM8, la plus proche de la mer.

D'après les valeurs de l'équitabilité (E) (Cancela Da Fonseca, 1968), le peuplement de nématodes de la station GM5 est apparu en fort déséquilibre ( $E < 0,5$ ), les communautés nématologiques peuplant GM6, GM10, GM4, GM1 et GM3 ont été déséquilibrées ( $0,5 < E < 0,65$ ), celle de la station GM2 a été légèrement plus équilibrée ( $0,65 < E < 0,8$ ) et seule les stations GM7, GM8 et GM9 ont abrité un peuplement en équilibre ( $E > 0,8$ ) (figure 4).

Les courbes de k-dominance ont permis de conforter les observations précédentes (figure 5). C'est ainsi que les stations lagunaires GM5, GM6, GM10, GM4, GM1, GM3 ont hébergé les communautés nématologiques les plus pauvres, le peuplement de nématodes a été plus riche en GM2 et la diversité a été maximale en GM7, GM8 et GM9, le profil de leurs courbes de k-dominance étant le plus proche de l'axe des abscisses.

Le regroupement des stations sur la base de la distance euclidienne en fonction de l'indice de diversité de Shannon (figure 6) a révélé l'existence de trois secteurs lagunaires plus au moins étendus :

- le premier (stations GM5, GM6, GM4, GM10, GM3 et GM1) abritant des peuplements nématologiques de diversité minimale ( $H' < 2,1$  bits) ;

- le second, restreint à la station GM2, avec une communauté de nématodes moyennement diversifiée ( $2,1 < H' < 3$  bits) ;

- le dernier (sites GM7, GM8 et GM9) aux peuplements de nématodes les plus diversifiés ( $3 < H' < 4$  bits).

## DISCUSSION

En comparaison avec d'autres milieux déjà prospectés, les valeurs des indices de diversité de Shannon ( $H'$ ) sont apparues faibles pour les commu-

Tableau II - Espèces de nématodes identifiées dans la lagune de Char El Melh (hiver 2000). Cette liste ne comporte que les espèces dont la dominance (D%) est supérieure à 1% dans au moins l'un des prélèvements. S\*\* : nombre d'espèces dominantes (D>1%), S : nombre total d'espèces par station. En gras sont indiquées les dominances des deux espèces caractéristiques de chaque station. (DGM) : dominance générale moyenne. F : Fréquence de l'espèce. DGMxF : indice de présence. / List of nematode species from Char El Melh Lagoon (Winter 2000). The list includes only species whose dominance (D%) is higher than 1% at least in one of the samples. S\*\* : number of dominant species (D>1%). S : total number of species by station. The dominance of two characteristic species from each station is indicated in bold. (D.G.M): general mean dominance. F: Frequency of the species. DGMxF: de presence index.

Station	Dominance (D %)										DGM	F	DGMxF
	GM1	GM2	GM3	GM4	GM5	GM6	GM7	GM8	GM9	GM10			
<b>CHROMADORIDA</b>	11	19	21	6	8	9,5	32	14	34	4	25	1	25
<b>Chromadoridae</b>	10	14	20	5	6	7,5	22	5	24	3	16	1	16
<i>Chromadorina germanica</i> (Bütschli, 1874)	-	-	-	-	-	-	-	-	3,06	-	0,82	0,1	0,08
<i>Chromadorina metulata</i> Aïssa et Vitiello, 1977	-	-	-	-	-	-	-	-	2,04	-	0,54	0,1	0,05
<i>Chromadora nudicapitata</i> Bastian, 1865	-	-	-	-	-	-	9,17	1,83	-	-	2,95	0,2	0,59
<i>Chromadorita tenuis</i> (Schneider, 1906)	7,42	4,10	8,41	-	-	-	-	1,83	2,04	1,96	1,99	0,6	1,19
<i>Euchromadora striata</i> Eberth, 1863	-	-	-	-	-	-	6,42	-	-	-	1,72	0,1	0,17
<i>Neochromadora poecilosomoides</i> (Filipjev, 1918)	-	-	-	-	2,78	-	-	0,92	7,14	-	2,16	0,3	0,65
<i>Prochromadorella longicaudata</i> Lorenzen, 1972	1,03	4,10	1,87	3,45	-	-	0,92	-	2,04	0,98	1,29	0,7	0,90
<i>Prochromadorella neapolitana</i> (De Man, 1876)	1,03	5,74	<b>10,28</b>	1,15	2,78	7,49	5,50	-	5,64	-	3,82	0,8	3,05
<i>Spilophorella paradoxa</i> De Man, 1888	-	-	-	-	-	-	-	-	2,04	-	0,54	0,1	0,05
<b>Desmodoridae</b>	-	-	-	-	-	-	3	9	-	-	3	0,2	0,60
<i>Chromaspirina renaudae</i> Boucher, 1975	-	-	-	-	-	-	2,75	0,92	-	-	0,99	0,2	0,20
<i>Sigmophoranema littorale</i> Schulz, 1975	-	-	-	-	-	-	-	7,34	-	-	1,99	0,1	0,20
<b>Comesomatidae</b>	1	5	1	-	-	2	-	-	4	1	2	0,6	1,2
<i>Paracomosoma dubium</i> (Filipjev, 1918)	-	0,82	-	-	-	-	-	-	2,04	-	0,61	0,2	0,12
<i>Sabatieria granifer</i> Wieser, 1954	-	1,64	0,93	-	-	1,04	-	-	-	0,98	0,20	0,4	0,08
<i>Sabatieria pulchra</i> Riemann, 1970	1,03	2,46	-	-	-	1,04	-	-	2,04	-	0,80	0,4	0,32
<b>Cyatholaimidae</b>	-	-	-	1	2	-	7	-	2	-	2	0,4	0,80
<i>Cyatholaimus prinzi</i> (Marion, 1870)	-	-	-	1,15	2,08	-	6,82	-	2,04	-	2,29	0,4	0,91
<b>Microlaimidae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	0,1	0,10
<i>Microlaimus cyatholaimoides</i> De Man, 1922	-	-	-	-	-	-	-	-	2,04	-	0,54	0,1	0,05
<b>Paramicrolaimidae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	0,1	0,10
<i>Paramicrolaimus spirulifer</i> Wieser, 1959	-	-	-	-	-	-	-	-	2,04	-	0,54	0,1	0,05

<b>ENOPLIDA</b>	0	0	0	6	2	3,5	14	65	48	0	<b>34</b>	0,6	20,40
<b>Oncholaimidae</b>	-	-	-	6	2	3,5	14	20	46	-	20	0,6	12
<i>Oncholaimus campylocercoïdes</i> (De Coninck et Stekhoven, 1933)	-	-	-	-	2	2,08	1,83	<b>18,35</b>	<b>32,65</b>	-	<b>14,20</b>	0,5	<b>7,10</b>
<i>Prooncholaimus megastoma</i> (Eberth, 1863)	-	-	-	-	-	-	9,17	-	5,10	-	3,81	0,2	0,76
<i>Viscosia cobbi</i> Filipjev, 1918	-	-	-	-	-	-	-	-	1,02	-	0,27	0,1	0,03
<i>Viscosia glabra</i> Bastian, 1865	-	-	-	5,75	-	1,04	2,75	0,92	7,14	-	2,97	0,5	1,48
<b>Thoracostomopsidae</b>	-	-	-	-	-	-	-	41	-	-	12	0,1	1,2
<i>Enoploides thyrrenicus</i> Brunetti, 1949	-	-	-	-	-	-	-	2,75	-	-	0,75	0,1	0,07
<i>Enoploides spiculohamatus</i> Schulz, 1932	-	-	-	-	-	-	-	2,75	-	-	0,75	0,1	0,07
<i>Enoplolaimus denticulatus</i> Warwick, 1970	-	-	-	-	-	-	-	12,84	-	-	1,74	0,1	0,17
<i>Enoplolaimus longicaudatus</i> Southern, 1914	-	-	-	-	-	-	-	7,06	-	-	1,74	0,1	0,17
<i>Mesacanthion hirsutum</i> Gerlach, 1952	-	-	-	-	-	-	-	<b>15,60</b>	-	-	4,23	0,1	0,42
<b>Encheliidae</b>	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	1	0,2	0,2
<i>Eurystomina ornata</i> (Eberth, 1863)	-	-	-	-	-	-	-	1,83	2,04	-	1,04	0,2	0,21
<b>Ironidae</b>	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	0,1	0,1
<i>Syringolaimus striatocaudatus</i> De Man, 1888	-	-	-	-	-	-	-	1,83	-	-	0,50	0,1	0,05
<b>MONHYSTERIDA</b>	89	81	79	88	90	87	54	21	18	96	<b>41</b>	1	41
<b>Xyalidae</b>	18	61	69	10	84	7	1	15	16	12	17	1	17
<i>Daptonema fallax</i> Lorenzen, 1971	3,09	4,10	0,93	1,15	2,78	1,04	-	8,26	-	0,98	1,78	0,8	1,42
<i>Daptonema normanicum</i> De Man, 1890	-	1,64	-	1,15	-	1,04	-	1,83	-	-	0,66	0,4	0,27
<i>Daptonema trabeculosum</i> (Schneider, 1906)	4,12	8,20	7,48	-	2,78	-	0,92	-	<b>14,29</b>	9,80	4,28	0,7	2,30
<i>Paramonhystera pilosa</i> (Boucher, 1972)	-	-	-	-	-	-	1,83	4,59	2,04	-	2,28	0,3	0,68
<i>Steineria pilosa</i> Cobb, 1914	-	-	-	-	-	-	-	1,83	-	-	0,50	0,1	0,05
<i>Theristus flevensis</i> Stekhoven, 1935	<b>10,31</b>	<b>47,54</b>	<b>60,75</b>	8,05	<b>77,78</b>	5,21	-	-	-	0,98	6,99	0,7	4,89
<i>Xyala</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	0,92	-	-	0,25	0,1	0,02
<b>Linhomoeidae</b>	4	8	7	1	6	2	50	4	2	5	16	1	16
<i>Euleutherolaimus stenosoma</i> Filipjev, 1922	-	-	-	-	2,78	-	<b>12,84</b>	-	-	-	3,45	0,2	0,69
<i>Metalinhomoeus numidicus</i> Aïssa et Vitiello, 1977	-	-	-	-	-	-	2,75	-	-	-	0,74	0,1	0,07
<i>Terschellingia longicaudata</i> De Man, 1907	3,09	4,10	4,67	1,15	2,78	1,04	<b>32,11</b>	1,83	2,04	2,94	<b>10,32</b>	1	<b>10,32</b>
<i>Terschellingia communis</i> De Man, 1888	1,03	3,28	1,87	-	-	1,04	1,83	1,83	-	0,98	1,39	0,7	0,97
<i>Terschellingia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,98	0,01	0,1	0,001
<b>Monhysteridae</b>	67	12	3	77	-	78	3	-	-	79	7	0,7	4,90
<i>Diplolaimella stagnosa</i> Lorenzen, 1966	<b>61,86</b>	-	2,80	<b>67,82</b>	-	<b>67,71</b>	-	-	-	<b>12,75</b>	4,02	0,5	2,01
<i>Monhystera parva</i> (Bastian, 1865)	5,15	<b>12,30</b>	-	<b>9,20</b>	-	10,42	2,75	-	-	<b>66,67</b>	3,05	0,6	1,83
<b>Axonolaimidae</b>	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	0,1	0,1
<i>Odontophora villoti</i> Luc et de Coninck, 1959	-	-	-	-	-	-	-	1,83	-	-	0,50	0,1	0,05
Nombre d'espèces dominantes (S**)	11	12	10	10	9	12	15	18	19	11			
Nombre total d'espèces (S)	11	13	10	10	9	12	16	22	20	11			
Nombre de familles	5	5	5	6	5	6	7	9	9	5			

nautés de la lagune de Ghar El Melh, comparables à celles concernant des biotopes méditerranéens perturbés (tableau IV).

Bien que la profondeur et les caractéristiques granulométriques contribuent pour l'essentiel à la variabilité des associations de nématodes libres dans plusieurs milieux (Kotta, Boucher, 2001), la teneur des eaux en oxygène et les concentrations des sédiments en hydrocarbures et en carbone organique total (COT) ont constitué les paramètres les plus limitants pour la diversité de la nématofaune dans l'écosystème de Ghar El Melh (tableau V). Ainsi, la teneur des eaux en oxygène dissous en relation directe avec l'oxygénation du sédiment a été déterminante pour les données nématologiques qualitatives, comme l'indiquent les corrélations positives et significatives relevées entre ce facteur abiotique et les valeurs de l'indice de diversité de Shannon ( $r'=0,699$ ). Ceci pourrait être dû à la sélection, au niveau des stations lagunaires les plus confinées, d'espèces de nématodes peu exigeantes en oxygène. En effet, d'après Heip (1995), il se produit une extinction de la plupart des formes méiofaunistiques dans les sédiments où les conditions d'anoxie sont prolongées et où dominent les microorganismes sulfuro-réducteurs. Dans un milieu marin perturbé par des rejets d'hydrocarbures, l'appauvrissement des sédiments en oxygène se répercute sur le métabolisme des nématodes et entraîne la sélection d'espèces nématologiques sténoxybiontes (Beyrem, Aïssa, 2000).

Par ailleurs, c'est aux stations les plus riches en hydrocarbures (GM4, GM5, GM6 et GM10) qu'ont été enregistrées les plus faibles diversités spécifiques (figure 4), corrélées négativement et significativement aux teneurs des sédiments en ces polluants organiques ( $r'=-0,716$ ), lesquels augmentent la mortalité des espèces les plus sensibles (Carman *et al.*, 2000). En plus de leur effet direct sur les com-

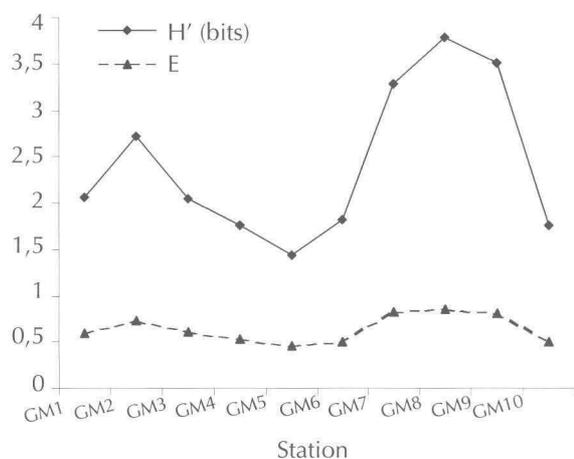


Figure 4 - Évolution spatiale des indices de diversité ( $H'$  en bits et  $E$ ) dans la lagune de Ghar El Melh (hiver 2000). / Spatial variation of diversity indexes ( $H'$  in bits and  $E$ ) in Ghar El Melh Lagoon (Winter 2000).

munités nématologiques, les hydrocarbures semblent agir indirectement sur les nématodes libres. Ainsi, la concentration de ces polluants dans la colonne d'eau entraîne une réduction des teneurs en chlorophylle (Boucher *et al.*, 1984), une diminution de l'activité photosynthétique (Lacaze, 1993) et secondairement une déplétion de l'oxygène dissous, facteur déterminant pour les peuplements de nématodes (Jensen, 1987 ; Heip, 1995 ; Beyrem, Aïssa, 1998 c).

Bien que la matière organique (sous forme carbonatée ou azotée) constitue une source trophique pour les nématodes libres détritivores, des corrélations négatives et significatives ( $P<0,05$ ) ont été relevées entre  $H'$  et les teneurs en carbone organique total (COT). Même si l'importance de la matière organique en général et du COT en particulier sur la nématofaune n'est pas encore totalement élucidée, des études récentes menées en laboratoire ont signalé une réduction de l'abondance, de la diversité et de la richesse spécifique des communautés nématologiques en réponse à l'enrichissement des sédiments en matière organique (Schratzberger, Warwick, 1998). D'autres travaux *in situ* ont noté une altération de la structure des peuplements de nématodes en réponse à une augmentation de la teneur des sédiments marins en débris végétaux (Zhou, 2001). Les corrélations notées peuvent être également en relation avec la grande contribution des hydrocarbures à l'augmentation des teneurs en COT, ce qui démontre un autre effet indirect de ces contaminants sur les communautés nématologiques. Cette hypothèse est confortée par la corrélation hautement significative ( $r'=0,994$ ) relevée entre les teneurs des sédiments en hydrocarbures et en carbone organique total.

D'après la liste spécifique des nématodes libres identifiés dans la lagune de Ghar El Melh

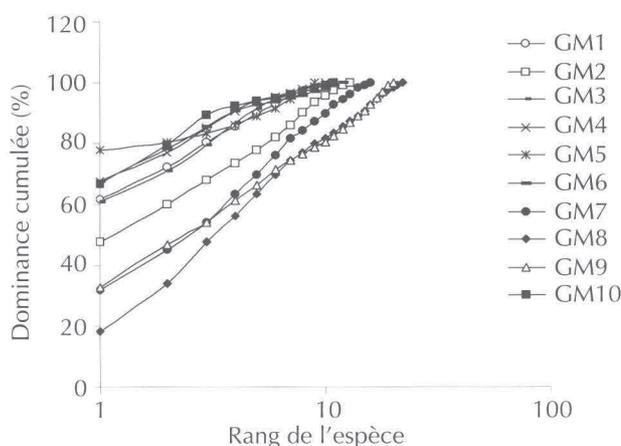


Figure 5 - Évolution spatiale des courbes de k-dominance dans la lagune de Ghar El Melh (hiver 2000). / Spatial variation of k-dominance curves in Ghar El Melh Lagoon (Winter 2000).

Tableau III - Indices d'affinité faunistique de Sanders (IS) entre les peuplements de nématodes de la lagune de Ghar El Melh (hiver 2000). S : associations semblables, A : association apparentées, \* : associations différentes, \*\* : associations très différentes, \*\*\* : associations hautement différentes. / *The Sanders index of faunistic affinity (IS) between nematode communities of Ghar El Melh Lagoon (Winter 2000). S: identical associations, A: similar associations, \*: different associations, \*\*: very different associations, \*\*\*: highly different associations.*

Station	GM1	GM2	GM3	GM4	GM5	GM6	GM7	GM8	GM9	GM10
GM1				SD		SD				
GM2	34 *		ST		A					
GM3	32 *	75 S			ST					
GM4	79 S	25 **	21 **			SD				
GM5	14 **	59 A	70 S	13 **						
GM6	77 S	22 **	17 **	87 S	9 ***					
GM7	10 **	12 **	14 **	10 **	14 **	13 **				
GM8	9 ***	11 **	10 **	4 ***	8 ***	7 ***	11 **			
GM9	11 **	19 **	18 **	11 **	16 **	10 **	11 **	28 **		
GM10	31 *	30 *	20 **	26 **	8 ***	28 **	4 ***	5 ***	15 **	

SD : associations semblables à *Diplolaimella stagnosa*

ST : associations semblables à *Theristus flevensis*

A : associations apparentées à *Theristus flevensis*

associations différentes

associations très différentes

associations hautement différentes

Tableau IV - Comparaison des indices de diversité de Shannon ( $H'$  en bits) des nématodes libres de certains biotopes méditerranéens. / *Comparison of Shannon diversity index ( $H'$ , in bits) of free-living nematodes in some mediterranean biotopes.*

Biotope	Nature du substrat	( $H'$ en bits)	Référence
Aire d'épandage de l'égout de Marseille	Sables fins, pollués.	0,7 - 7,34	Keller, 1984
Lac Nord de Tunis avant assainissement	Sables peu envasés, secteur pollué.	0,31 - 2,73	Vitiello, Aïssa, (1985)
Lagune Ichkeul	Vase sableuse, milieu à salinité très fluctuante.	0,74 - 2,7	Beyrem, Aïssa (1998 b)
Baie de Bizerte	Sables peu envasés, pollué par des hydrocarbures.	0,72 - 5,06	Beyrem, Aïssa (2000)
Lac Sud de Tunis	Faciès sableux, argileux et sablo-argileux pollués.	0,24 - 2,23	Hermi, Aïssa (2002)
Lagune de Ghar El Melh	Sédiments silto-argileux.	1,43 - 3,78	Mahmoudi <i>et al.</i> (présent travail)

(tableau II), ce plan d'eau n'a hébergé que 43 espèces nématologiques. Bien qu'il soit le plus souvent difficile de confronter nos données qualitatives à celles de la littérature, en raison de l'hétérogénéité des techniques d'échantillonnage et surtout de la variation de la nature des sédiments prospectés, ce nombre paraît limité. À titre de comparaison, 101 espèces ont été signalées dans la baie de Bizerte, un milieu voisin, moins confiné (Beyrem, Aïssa, 1998 c). Le faible effectif global dans la lagune de Ghar El Melh est cependant comparable à celui établi (23

espèces) dans la lagune Nord de Tunis avant son assainissement (Vitiello, Aïssa, 1985) et à celui (28 espèces) du lac Ichkeul, milieu à salinité très variable (Beyrem, Aïssa, 1998 b).

Sur les 43 espèces de nématodes libres inventoriées, seule *Terschellingia longicaudata* est apparue constante. En se basant sur son indice de présence DG xF (10,32%), cette espèce a présenté la plus large répartition, *Terschellingia longicaudata* étant douée d'une grande capacité d'adaptation. De fait, son eurytopie est bien connue (Vitiello, 1974 ; Juario,

Tableau V - Corrélations de rang de Spearman entre les facteurs abiotiques considérés dans la lagune de Ghar El Melh en hiver 2000 et les données quantitatives et qualitatives de la nématofaune. En caractère gras : corrélation significative à  $P < 0,05$  ; en italique : corrélation non significative à  $P < 0,05$ . DN : densités moyennes de nématodes libres (individus.10 cm<sup>2</sup>), BT : biomasses totales (µg.10 cm<sup>2</sup>, poids sec), bi : biomasses individuelles moyennes (µg, poids sec), H' : indice de diversité de Shannon (bits/individu), Pr : profondeur (m), T° : température (°C), Sal. : salinité (g.L<sup>-1</sup>), pH : pH des eaux, Chl. : teneur des eaux en chlorophylle α (µg.L<sup>-1</sup>), O<sub>2</sub> : teneur des eaux du fond en oxygène dissous (mg.L<sup>-1</sup>), COT : teneur des sédiments en carbone organique total (%), Hs : teneur des sédiments en hydrocarbures (mg.g<sup>-1</sup>), FF : teneur des sédiments en fraction fine (<63µm en %). / Spearman rank correlations between the abiotic factors considered in Ghar El Melh Lagoon during Winter 2000 and the nematofauna quantitative and qualitative data. In bold: significant difference at  $P < 0.05$ , in italic: no significant difference at  $P < 0.05$ . DN: free-living nematode mean densities (individuals.10 cm<sup>2</sup>), BT: total biomasses (µg.10 cm<sup>2</sup>, dry weight), bi: mean individual biomasses (µg, dry weight), H': shannon diversity indice (bits/individual), Pr: profondeur (depth), T: water temperature (°C), Sal: salinity (g.L<sup>-1</sup>), pH: water pH, Chl.: water chlorophyll α content (µg.L<sup>-1</sup>), O<sub>2</sub>: water dissolved oxygen content (mg.L<sup>-1</sup>), COT: sediment total organic carbon content in % dry weight, Hs: sediment hydrocarbon content in mg/g dry weight, FF: sediment fine fraction content (<63µm in %).

	DN	BT	bi	H'
Pr	<i>0,390</i>	<i>0,463</i>	<i>0,452</i>	<i>0,466</i>
T	<i>-0,051</i>	<i>-0,076</i>	<i>-0,145</i>	<i>-0,067</i>
Sal.	<i>0,406</i>	<i>0,437</i>	<i>0,428</i>	<i>0,428</i>
pH	<i>0,166</i>	<i>0,166</i>	<i>0,168</i>	<i>0,166</i>
Chl.	<i>0,248</i>	<i>0,304</i>	<i>0,220</i>	<i>0,263</i>
O <sub>2</sub>	<b>0,760</b>	<b>0,699</b>	<b>0,735</b>	<b>0,699</b>
COT	<b>-0,740</b>	<b>-0,728</b>	<b>-0,717</b>	<b>-0,716</b>
Hs	<b>-0,766</b>	<b>-0,754</b>	<b>-0,741</b>	<b>-0,748</b>
FF	<i>-0,260</i>	<i>-0,303</i>	<i>-0,351</i>	<i>-0,394</i>

1975 ; Vitiello, Aïssa, 1985 ; Beyrem, Aïssa, 2000). Ainsi, Vitiello (1974) l'a définie comme caractéristique de sédiments vaseux de mode calme à tendance sableuse ; Juario (1975) l'a signalée comme dominante dans une vase sublittorale du German Bight ; Beyrem et Aïssa (2000) l'ont aussi trouvée dominante dans les sédiments de la baie de Bizerte (Tunisie), riches en hydrocarbures. De plus, la faible exigence en oxygène de *Terschellingia longicaudata* (Warwick, Price, 1979) lui permet de prospérer dans des sédiments lagunaires, souvent très riches en matière organique. Parmi les espèces qui ont présenté une fréquence (F) au moins égale à 7/10, *Daptonema fallax*, *Daptonema trabeculosum*, *Prochromadorella longicaudata*, *Prochromadorella neapolitana* et *Terschellingia communis* semblent également être des formes cosmopolites vue leur distribution lagunaire homogène. Quant à l'espèce *Theristus flevensis* très bien représentée en GM1 (D=10,31%), GM2 (47,54%), GM3 (60,75%) et GM5 (77,78%) et au contraire absente des sites situés du côté de la passe (GM7, GM8 et GM9), celle-ci apparaît être une espèce opportuniste proliférant dans des milieux à salinité fluctuante. En effet, la lagune de Ghar El Melh connaît de fortes salinités estivales déterminantes pour les données nématologiques quantitatives et qualitatives (Mahmoudi *et al*, 2002). D'ailleurs, l'extrême euryhalinité de *Theristus flevensis* a été mise en évidence dès 1955 par Paetzold (1955) qui a signalé cette espèce à une salinité de 123 g.L<sup>-1</sup>. La présence de cette

espèce détritivore dans la lagune où les eaux sont stagnantes peut être aussi imputée au fait que *Theristus flevensis* recherche des sédiments riches en matière organique. L'espèce *Chromadorita tenuis* qui, selon Gerlach (1953) et Jensen (1984), préférerait des milieux peu salés, s'est révélée plutôt euryhaline dans la lagune de Ghar El Melh, vu sa fréquence (F=6/10) et sa dominance relativement importante en GM3 (D= 8,41%), un site où a été enregistrée une salinité de 38,20 g.L<sup>-1</sup> (tableau I). *Monhystera parva* a été fortement dominante (D=66,67%) en GM10, un site situé dans la zone de la Sebkhah El Ouafi, relativement isolée du reste de la lagune, ce qui marquerait sa préférence pour les milieux purement lagunaires. *Diplolaimella stagnosa* a été recensée au niveau de 6 stations mais sa dominance n'a été remarquable qu'au niveau de GM1, GM4 et GM6, trois sites lagunaires où on été enregistrées des concentrations sédimentaires en hydrocarbures très élevées (tableau I). Cette espèce tolérerait donc, comme l'ont signalée Beyrem et Aïssa (2000), de fortes teneurs en ces contaminants. Si *Viscosia glabra* et *Oncholaimus campylocercoïdes* ont présenté la même fréquence (5/10), ces deux Oncholaimidae de taille et donc de besoins énergétiques différents ne semblent pas avoir les mêmes capacités d'adaptation. En effet, la première espèce, relevée dans un autre milieu lagunaire comme la lagune Nord de Tunis avant son assainissement (Vitiello, Aïssa, 1985) paraît tolérer des conditions plus drastiques que la seconde.

Ainsi, *Oncholaimus campylocercoïdes* n'a été très bien représentée qu'aux stations marinisées GM8 (18,35%) et surtout GM9 (32,65%).

La composition spécifique des peuplements nématologiques, les indices de diversité et les méthodes d'analyse utilisées (courbes de k-dominance, regroupement des stations sur la base de la distance euclidienne en fonction de l'indice de diversité de Shannon) ont démontré l'hétérogénéité spatiale de la lagune de Ghar El Melh. Ainsi, les communautés de nématodes ont été les plus diversifiées au niveau de GM7, GM8 et GM9, sites proches de la passe, où ont été enregistrées les plus fortes teneurs en oxygène dissous et des concentrations sédimentaires en hydrocarbures, ainsi que des concentrations en COT relativement faibles (tableau I). La station lagunaire, GM2, avec des teneurs sédimentaires en hydrocarbures ( $0,14 \text{ mg.g}^{-1}$ ) et en COT (0,05%) également relativement faibles a hébergé une communauté de diversité intermédiaire. Les sédiments des stations GM1, GM3, GM4, GM5, GM6 et GM10 fortement chargés en hydrocarbures et en COT ont abrité des peuplements très peu diversifiés. D'après ces résultats et les corrélations significatives entre la diversité ( $H'$ ) et la teneur des eaux en oxygène d'une part et entre  $H'$  et les concentrations sédimentaires en hydrocarbures ou en carbone organique total (COT) d'autre part, la lagune de Ghar El Melh est le siège d'un important confinement lié essentiellement à sa faible communication avec la mer.

## CONCLUSION

Les données qualitatives de la nématofaune ont permis, à elles seules, de mettre en évidence dans la lagune de Ghar El Melh, pour l'hiver 2000, une zonation révélatrice d'une nette hétérogénéité spatiale de sa physico-chimie. Les nématodes libres ont répondu aux perturbations lagunaires (faibles teneurs des eaux en oxygène, sédiments chargés en hydrocarbures et en matière organique) par une modification spatiale de leur composition spécifique et par une décroissance significative de leurs indices de diversité au niveau des stations les plus perturbées. Ces réponses communautaires démontrent l'intérêt de l'utilisation de ces organismes comme outils de biosurveillance en milieu lagunaire.

## BIBLIOGRAPHIE

- Afli A., M. Glémarec, 2000 - Fluctuations à long terme des peuplements macrobenthiques dans le golfe du Morbihan (Bretagne, France). *Cah. Biol. mar.*, **41** : 67-89.
- Aïssa P., P. Vitiello, 1993 - Distribution quantitative des nématodes dans la lagune de Bizerte. *Bull. Inst. natl sci. tech. Océanogr. Pêche, Salammbô*, **20** : 74-94.
- Aïssa P., M. Hermi, 1997 - Clé de détermination des familles de nématodes libres marins. *Bull. Inst. natl Sci. Tech. Mer*, **24** (1) : 110-128.

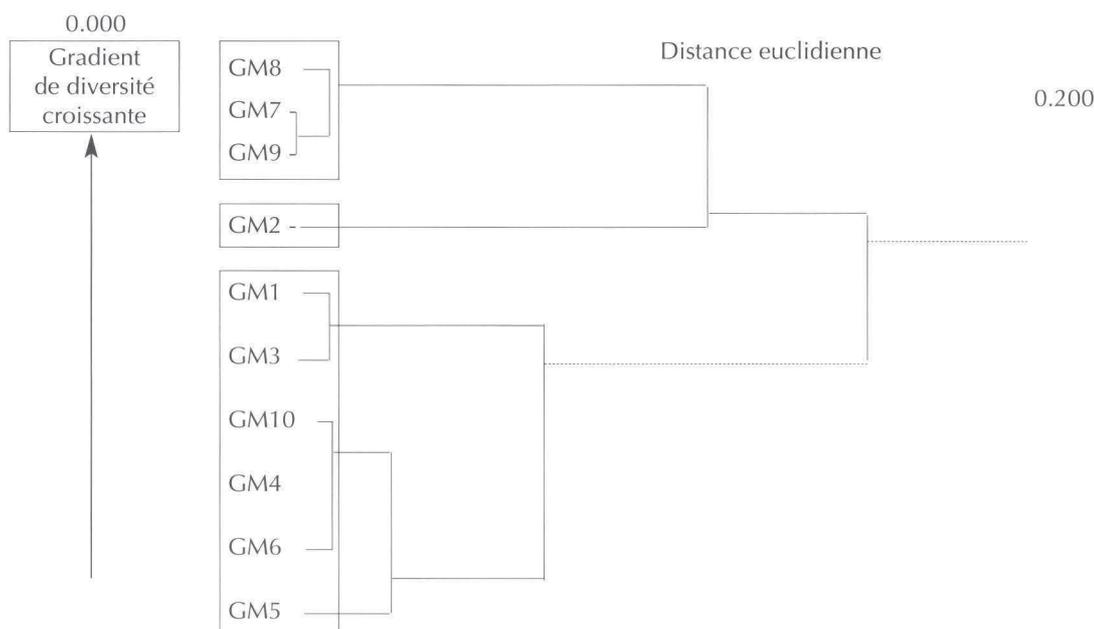


Figure 6 - Regroupement des stations prospectées dans la lagune de Ghar El Melh sur la base de la distance euclidienne en fonction de leur indice de diversité de Shannon ( $H'$  en bits). / Regrouping of the stations sampled in Ghar El Melh Lagoon on the basis of Euclidean distance according to their Shannon diversity index ( $H'$  in bits).

- Albertini-Berhaut J., 1974 - Biologie des stades juvéniles de téléostéens mugilidae *Mugil auratus* Risso, 1810, *Mugil capito* Risso, 1829 et *Mugil saliens* Risso, 1810. Modification du régime alimentaire en relation avec la taille. *Aquaculture*, **4** : 13-27.
- Beyrem H., P. Aïssa, 1998 a - Impact de la pollution pétrolière sur les densités de la méiofaune du littoral de Bizerte (Tunisie). *Vie Milieu*, **48** (3) : 183-190.
- Beyrem H., P. Aïssa, 1998 b - Importance des nématodes libres dans le suivi écologique d'un milieu lagunaire perturbé : l'écosystème Ichkeul (Tunisie). *Rapp. P.-v. Réun. CIESM*, **35** (2) : 522-523.
- Beyrem H., P. Aïssa, 1998 c - Evolution spatio-temporelle de la composition des peuplements de nématodes libres en réponse à la pollution pétrolière sévissant dans la baie de Bizerte. *Bull. Inst. natl Sci. Tech. Mer*, **25** : 81-100.
- Beyrem H., P. Aïssa, 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.
- Boucher G., 1981 - Effets à long terme des hydrocarbures de l'*Amoco Cadiz* sur la structure des communautés de nématodes libres des sables fins sublittoraux. In: *Amoco Cadiz, conséquences d'une pollution accidentelle par les hydrocarbures*. Proceedings of the Int. Symp., November 19 - 22, 1979, at Brest, France, pp : 539-549.
- Boucher G., S. Chamroux, C. Riaux, 1984 - Modification des caractéristiques physico-chimiques et biologiques d'un sable sublittoral pollué par les hydrocarbures. *Mar. environ. Res.*, **12** : 1-23.
- Burton S.M., S.D. Rundle, M.B. Jones, 2001 - The relationship between trace metal contamination and stream méiofauna. *Environ. Pollut.*, **111**: 159-167.
- Cancela Da Fonseca J.P., 1968 - L'outil statistique en biologie du sol. IV. Corrélations de rang et affinités écologiques. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, **5** (1) : 41-54.
- Carman K.R., J.W. Fleeger, S.M. Pomarico, 2000 - Does historical exposure to hydrocarbon contamination alter the response of benthic communities to diesel contamination? *Mar. environ. Res.*, **49** (3): 255-278.
- Castel J., 1992. The méiofauna of coastal lagoon ecosystems and their importance in the food web. *Vie Milieu*, **42** (2): 125-135.
- Gerlach S.A., 1953 - Die biozönotische Gliederung der Nematodenbesiedlung an den deutschen Küsten. *Z. Morph. Ökol. Tiere*, **41**: 411-512.
- Heip C., 1995 - Eutrophisation and zoobenthos dynamics. *Ophelia*, **41**: 113-136.
- Hermi M., P. Aïssa, 2002 - Structure printanière des peuplements nématologiques du lac Sud de Tunis (Tunisie). *Mar. Life*, **12** (1-2) : 27-36.
- Jensen P., 1984 - Ecology of benthic and epiphytic nematodes in brackish waters. *Hydrobiologica*, **108** (3): 201-217.
- Jensen P., 1987 - Difference in microhabitat, abundance, biomass and body size between oxybiotic and thio-biotic free-living marine nematodes. *Oecologia*, **71**: 564-567.
- Juario J.V., 1975 - Nematode species composition and seasonal fluctuation of a sublittoral méiofauna community in the German Bight. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.*, **15**: 283-337.
- Keller M., 1984 - *Influence du rejet en mer de l'égout de Marseille sur les peuplements du méiobenthos*. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Aix-Marseille II, 131 pp.
- Keller M., 1985 - Distribution quantitative de la méiofaune dans l'aire d'épandage de l'égout de Marseille. *Mar. Biol.*, **89** : 293-302.
- Kotta J., G. Boucher, 2001 - Interregional variation of free-living nematode assemblages in tropical coral sands. *Cah. Biol. mar.*, **42**: 315-326.
- Lacaze J.C., 1993 - *La dégradation de l'environnement côtier – Conséquences écologiques*. Masson, Paris, 149 pp.
- Lamshead P.J.D., 1986 - Sub-catastrophic sewage contamination as revealed by marine nematode faunal analysis. *Mar. Ecol. - Prog. Ser.*, **29**: 247-260.
- Lamshead P.J.D., H.M. Platt, K.M. Shaw, 1983 - The detection of difference among assemblages of marine benthic species based on assessment of dominance and diversity. *J. nat. Hist.*, **17**: 859-874.
- Legendre L., P. Legendre, 1998. *Numerical Ecology, Developments in Environmental modelling*. Elsevier, Amsterdam, 853 pp.
- Mahmoudi E., H. Beyrem, P. Aïssa, 2002 - Réponse des nématodes libres à la qualité des eaux et des sédiments de la lagune de Ghar El Melh (Tunisie) en été 1999. *Cah. Biol. mar.*, **43** : 83-93.
- Paetzold D., 1955 - Untersuchungen an freiliebenden nematoden der Salzwiese bei Asllben. Ein Beitrag zur Kenntnis der nematoden fauna binnenländischer salzbiotope. *Wiss. Z. Martin- Luther-Univ. Halle-Wittenb. Math-Nat.*, **4**: 1057-1090.
- Pielou E.C., 1966 - The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. theor. Biol.*, **13**: 131-144.
- Platt H.M., R.M. Warwick, 1983 - Free-living marine nematodes. Part I. British enoploids. Synopses of the British Fauna. Cambridge University Press, Cambridge, 314 pp.
- Platt H.M., R.M. Warwick, 1988 - *Free-living marine nematodes. Part II. British chromadorids. Synopses of the British Fauna*. Cambridge University Press, Cambridge, 510 pp.
- Rapport D. G. P. A. (Direction générale de la Pêche et de l'Aquaculture), 1999 - *Etude de l'amélioration de la qualité des eaux de la lagune de Ghar El Melh, phase I - partie II : collecte et synthèse des études antérieures*. SCET- Tunisie, Eco-ressources International, 105 pp.

- Riviere A., 1977 - *Méthodes granulométriques, techniques et interprétations*. Masson, Paris, 170 pp.
- Sanders H., 1960 - Benthic studies in Buzzard bay - The structure of the bottom community. *Limnol. Oceanogr.*, **5**: 138-153.
- Schratzberger M., R.M. Warwick, 1998 - Effects of intensity and frequency of organic enrichment on two estuarine nematodes communities. *Mar. Ecol. - Prog. Ser.*, **164**: 83-94.
- Schwartz D., 1983 - *Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes*. Flammarion Médecine Science, Paris, 318 pp.
- Shannon C.E., W. Weaver, 1963 - *The mathematical theory of communication*. Illinois University Press, Urbana, 117 pp.
- Strickland J.D.H., T.R. Parsons, 1965 - A manual of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, **125**: 203 pp.
- Vitiello P., 1974 - Nouvelles espèces de Desmodorida (nematoda) des côtes de Provence. *Téthys*, **5** : 137-146.
- Vitiello P., P. Aïssa, 1985 - Structure des peuplements de nématodes en milieu lagunaire pollué. *110<sup>e</sup> Congrès National des Sociétés Savantes, Montpellier. Sciences, fasci. II* : 115-126.
- Warwick R.M., R. Price, 1979 - Ecological and metabolic studies on free-living marine nematodes from an estuarine mud-flat. *Estuar. coast. mar. Sci.*, **9**: 257-271.
- Zhou H., 2001 - Effect of leaf litter addition on meiofaunal colonization of azoic sédiments in a subtropical mangrove in Hong Kong. *J. expl mar. Biol. Ecol.*, **256**: 99-121.

Reçu en juillet 2001 ; accepté en décembre 2002.  
Received July 2001; December 2002.