

Distribution quantitative de la meiofaune dans la lagune de Ghar El Melh (Tunisie) en hiver 2000.

E. MAHMOUDI, H. BEYREM ET P. AISSA

Laboratoire d'Ecobiologie animale, Faculté des Sciences de Bizerte, Zarzouna 7021 Bizerte, Tunisie.

Fax : 216 2 590 566. E-Mail : Hamouda.Beyrem@fsb.rnu.tn

ملخص

دراسة المعطيات الكمية للحيوانات المتوسطة الحرة ببحيرة غار الملح (الجمهورية التونسية) : برزت دراسة المعطيات الكمية للحيوانات المتوسطة الحجم وخاصة تلك التي تهم الديدان الخيطية الحرة ببحيرة غار الملح وجود عدم تجانس حيزي لنوعية المياه والرواسب بالبحيرة، حيث ان نسبة الاكسجين الذائب في الماء وكذلك نسب الهيدروكربونات والكربون العضوي بالرواسب برزت كعوامل محددة بالنسبة الديدان الخيطية الحرة التي اظهرت تراجعاً معبراً لكثافتها وكتلتها الحية بالمحطات الاكثر اضطراباً.

المفاتيح : الحيوانات المتوسطة الحرة، بحيرة غار الملح، الديدان الخيطية

RESUME

L'étude des données quantitatives de la méiofaune et en particulier de la nématofaune 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 la teneur des sédiments en hydrocarbures et en carbone organique total sont apparues les plus limitantes pour les nématodes libres montrant une décroissance significative de leurs densités et de leurs biomasses aux stations les plus perturbées.

Mot-clés : méiofaune, nématodes, bio-indicateurs, lagune.

ABSTRACT

The survey of the quantitative data of the meiofauna and in particular the nematofauna in Ghar El Melh lagoon (Tunisia) : The survey of the quantitative data of the meiofauna and in particular the nematofauna 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 the lagoon disruption (poorly oxygenated water, loaded sediment in hydrocarbons and in organic matter) by a significant decrease in densities and biomasses.

Key words : meiofauna, nematodes, bio-indicators, lagoon.

INTRODUCTION

Le terme de méiofaune, introduit par Mare (1942) pour décrire la faune intermédiaire entre le macrobenthos et le microbenthos, regroupe tous les métazoaires de petite taille qui passent au travers d'un tamis de 1 mm et sont retenus par la maille de 40 µm (Vitiello et Diné, 1979 ; Lamshead, 1986 ; Aïssa, 1991).

Dans les sédiments aquatiques, les organismes méiobenthiques jouent un rôle capital dans l'aération du substrat et la minéralisation de la matière organique (Gerlach, 1978 ; Aïssa, 1992 ; Castel, 1992). Ces animaux interviennent également dans l'alimentation des stades juvéniles

de plusieurs espèces de poissons et notamment des muges (Vallet *et al.*, 1970 ; Albertini-Berhaut, 1974 ; Castel, 1992) qui présentent un grand intérêt commercial pour les pêcheurs en milieux lagunaires. La méiofaune, l'un des premiers maillons de la chaîne trophique benthique, est aussi un matériel biologique de plus en plus utilisé dans les études d'impact (Keller, 1985 ; Boucher, 1986 ; Beyrem et Aïssa, 1998 ; Beyrem et Aïssa, 2000).

Bien que l'importance de la méiofaune a été reconnue depuis les années 1970, les études sur ces organismes en milieux lagunaires sont beaucoup moins importantes que celles effectuées en milieux marins. Ce manque d'intérêt est d'autant plus

surprenant que les lagunes constituent 13 % du littoral mondial (Castel, 1992). Parmi les études récentes consacrées à la méiofaune et en particulier aux nématodes libres des milieux aquatiques tunisiens (Aïssa, 1991 ; Aïssa et Vitiello 1993 ; Hermi, 1995 ; Essid, 1999 ; Beyrem, 1993 et 1999 ; Beyrem et Aïssa, 1998 ; Beyrem et Aïssa, 2000), aucune ne se rapporte à la lagune de Ghar El Melh. Le présent travail se propose d'essayer de combler cette lacune et d'atteindre deux objectifs majeurs :

- fournir les premières données quantitatives sur les peuplements méiofaunistiques et en particulier les communautés nématologiques de la lagune de Ghar El Melh.
- étudier l'impact de certains facteurs abiotiques sur les densités et les biomasses des nématodes, taxon méiofaunistique prédominant.

MATERIEL ET METHODES

1 - Stratégie d'échantillonnage

Des échantillons d'eau et de sédiments ont été prélevés au mois de février 2000 à partir de dix stations de prospection afin de fournir des renseignements sur l'état du :

- secteur purement lagunaire regroupant les stations GM1, GM2, GM3, GM4 et GM6,
- site GM5, le plus proche du village de Ghar El Melh, recevant les eaux usées de cette agglomération et les rejets du port de pêche,
- secteur proche de la seule passe de communication avec la mer qui rassemble les stations GM7, GM8 et GM9,
- site GM10, situé dans la zone de la Sebkha El Ouafi, relativement isolée du reste de la lagune (Fig. 1).

Les stations d'échantillonnage sont disposées le long de radiales pour suivre l'évolution spatiale des

composantes hydrologiques et nématologiques et tenter de mettre en évidence d'éventuels gradients

constant. Après élimination des débris végétaux, un fractionnement par voie humide a été effectué sur le

2 - Techniques d'étude de la méiofaune

Trois carottes de sédiments de 10 cm² de section (Gray, 1971) et de 18 cm de hauteur ont été extraites et conservées dans du formol à 5% en vue d'étudier la méiofaune. Les nématodes, taxon méiofaunistique prédominant, ont été colorés au rose bengale et séparés par la méthode de lévigation-tamassage (Vitiello et Dinot, 1979) et comptés sous la loupe binoculaire. Les individus recensés dans chacun des replicats ont été ensuite réunis pour disposer d'un lot faunistique homogène. La détermination des biomasses totales a été estimée à partir d'un sous-échantillon représentatif de 100 individus (Dinet et Vivier, 1979 ; Willems *et al.*, 1982). La biomasse individuelle a d'abord été calculée en poids frais selon la méthode volumétrique d'Andrassy (1956) en retenant une densité volumétrique moyenne de 1,08 (Heip, 1974) puis en poids sec, égal au quart du poids frais (Juário, 1975). La biomasse totale a été calculée pour chaque communauté nématologique d'abord à partir du poids moyen individuel estimé pour la fraction aliquote puis en fonction de la densité moyenne préalablement calculée.

3 - 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

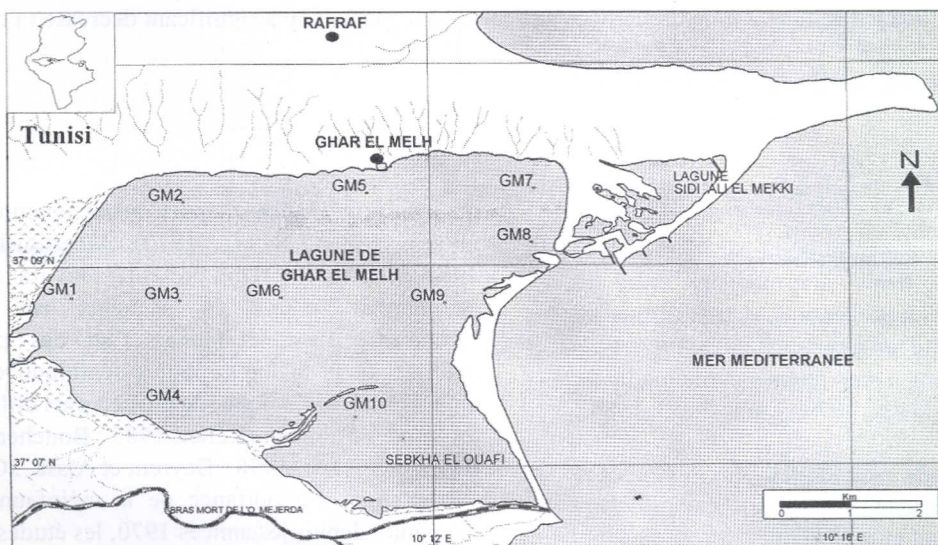


Figure 1 : Localisation géographique des stations prospectées dans la lagune de Ghar El Melh en hiver 2000.

tamis 63 μ m. La fraction grossière (>63 μ m) a été analysée par voie humide sur une colonne de tamis de 2 mm à 63 μ m selon les normes AFNOR (*In RIVIERE*, 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) modifiée par Golterman (1969) après mesure de la densité optique à 665 et 750 nm d'un extrait acétonique de pigments chlorophylliens, avant et après acidification, pour séparer cette chlorophylle des phéopigments (Ben Rejeb-Jenhani, 1989). Les hydrocarbures ont été dosés par spectrophotométrie infrarouge (Beyrem et Aïssa, 1998).

Les dosages du carbone organique total ont été effectués par la méthode coulométrique (Coulomat 702) et par pyrolyse Rock-Eval.

4 - Méthodes statistiques utilisées

En raison de la répartition contagieuse de la méiofaune (Dinet, 1979), toutes les données ont subi une transformation du type $y = \text{Log}(x+1)$ pour homogénéiser les variances.

Le test *t* de Student (Schwartz, 1983) a été utilisé afin de comparer les effectifs moyens de nématodes des stations prises deux à deux.

Le coefficient de corrélation *r* de Bravais-Pearson (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 et Legendre, 1984) a été effectué par le logiciel systat W 5.

RESULTATS ET DISCUSSION

1- 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, le matériel sédimentaire dans la partie ouest de la lagune, en face de l'ancienne passe (GM9), a été plutôt 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 $\mu\text{g l}^{-1}$), les plus faibles teneurs (0 $\mu\text{g l}^{-1}$) se situant au niveau des stations GM2 (nord-ouest), GM4 (sud-ouest), GM9 (proche de la passe) et GM10 (La Sebkhia El Ouafi).

L'analyse de la répartition spatiale des teneurs des eaux en oxygène a révélé que les plus faibles valeurs se trouvaient au niveau des stations GM5 (3,84 mg l^{-1}) et GM6 (4,24 mg l^{-1}) et les plus fortes aux stations GM7, GM8 et GM9 (> 9 mg l^{-1}) (Fig. 2).

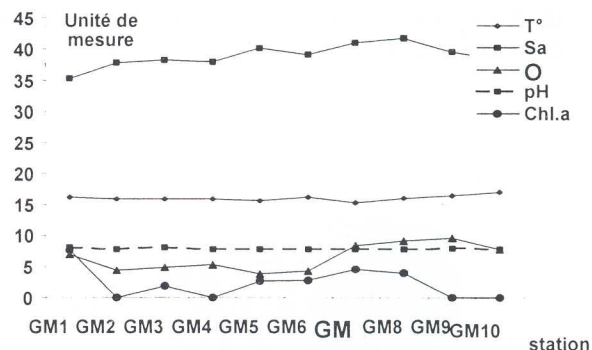


Figure 2 : Variation spatiale de certains facteurs hydrologiques dans la lagune de Ghar El Melh (hiver 2000). T° : température de l'eau (°C), Sa : Salinité (g l⁻¹), O₂ : Teneur des eaux en oxygène dissous (mg l⁻¹), pH des eaux, Chl.a : Teneur des eaux en chlorophylle *a* ($\mu\text{g l}^{-1}$)

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 (GM2) et un pic de 8,47 mg /g enregistré en (GM4) (Fig. 3). Les fortes teneurs sédimentaires en hydrocarbures sont dues essentiellement à l'importante activité de pêche que connaît le milieu. C'est ainsi que l'étude menée par Hamouda (1996) avait montré l'origine autochtone des hydrocarbures.

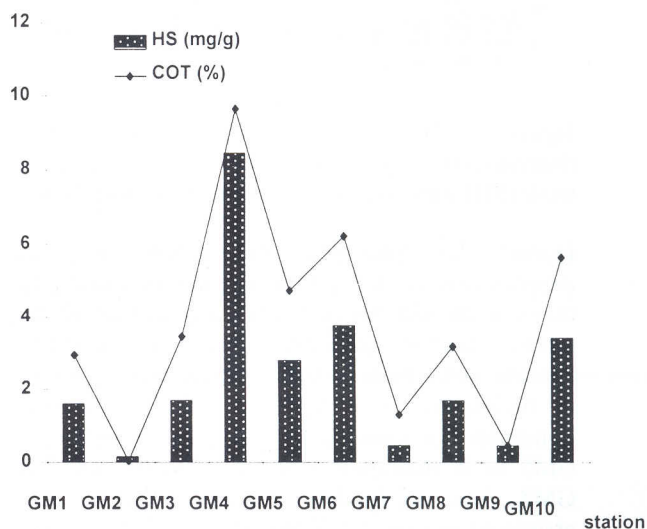


Figure 3 : Variation spatiale de la teneur des sédiments en hydrocarbures (HS) (mg/g) et en carbone organique total (COT) (%) dans la lagune de Ghar El Melh (hiver 2000).

2- Données faunistiques quantitatives

Les Figures 4 et 5 illustrent respectivement les proportions des différents taxons méiofaunistiques recensés (toutes stations confondues) et la variation spatiale des effectifs moyens de nématodes (N) et de la méiofaune totale collectés dans la lagune de Ghar El Melh en février 2000.



Figure 4 : Proportions moyennes des différents taxons méiofaunistiques recensés dans la lagune de Ghar El Melh (hiver 2000), toutes stations confondues.

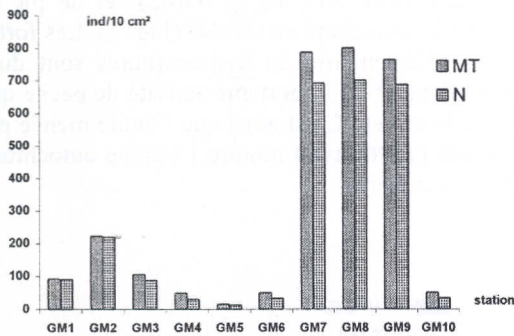


Figure 5 : Evolution spatiale des densités moyennes (individus /10 cm²) de nématodes (N) et de la méiofaune totale (MT) dans la lagune de Ghar El Melh (hiver 2000).

Durant la campagne de prospection, les peuplements de méiofaune ont été constitués en majorité de nématodes libres (moyenne de 88 %, toutes stations confondues), ce qui explique l'étroite corrélation entre leurs densités et celles de la méiofaune ($r = 0,99$). L'effectif stationnel minimum (12 individus/10 cm²) a été observé en GM5 et le maximum (700 individus/10 cm²) en GM8. Les copépodes, toujours présents, sont arrivés en seconde position (moyenne de 9 %) avec des densités fluctuant entre 0 individus/10 cm² (GM5) et 56,67 individus/10 cm² (GM9). Des taxons comme ceux des oligochètes, des polychètes ont été très peu représentés (< 2 %). Les larves nauplii et les formes indéterminées regroupées

sous la rubrique divers ont été plus rarement recensées (< 1 %).

Les données pondérales (en poids sec) des communautés nématologiques ont varié au plan spatial comme les densités moyennes (Fig. 6, 7). Ainsi, les biomasses totales qui ont oscillé entre un minimum de 0,75 µg/10 cm² (station GM5) et un maximum de 624,75 µg/10 cm² (GM8) ont permis de mettre en évidence un gradient croissant de la station la plus pauvre numériquement (GM5) vers les stations marinisées GM9, GM7 et GM8, les plus peuplées (Fig. 6).

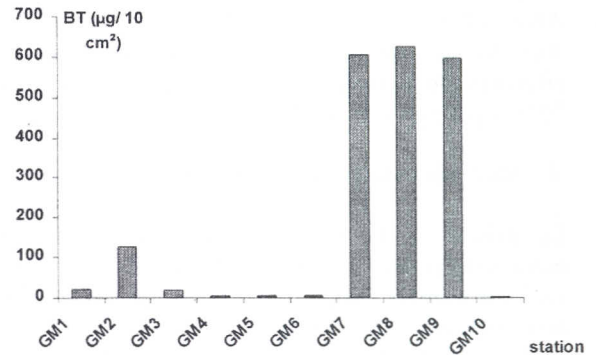


Figure 6 : Evolution spatiale de la biomasse totale (BT en poids sec, µg/10 cm²) des nématodes libres recensés dans la lagune de Ghar El Melh (hiver 2000).

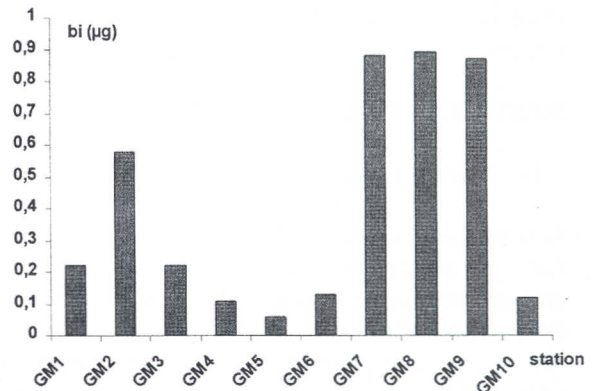


Figure 7 : Evolution spatiale du poids individuel moyen (bi en poids sec, µg) des nématodes libres recensés dans la lagune de Ghar El Melh (hiver 2000).

Tableau I : Valeurs des paramètres abiotiques relevées dans lagune de Ghar El Melh (hiver 2000).

Station	GM1	GM2	GM3	GM4	GM5	GM6	GM7	GM8	GM9	GM10
Paramètres										
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	35,30	37,80	38,20	37,90	40,20	39,10	41,00	41,70	39,50	38,30
du fond (g l⁻¹)										
pH des eaux	8,14	7,81	8,09	7,83	7,79	7,84	7,83	7,87	7,97	7,85
du fond (g l⁻¹)										
Teneur des eaux du fond	6,88	4,48	4,80	5,28	3,84	4,24	8,48	9,12	9,60	7,76
en oxygène dissous (mg l⁻¹)										
Teneur des eaux	7,7	0	1,97	0	2,66	2,76	4,59	3,95	0	0
en chlorophylle a (µg l⁻¹)										
Teneur sédimentaire	89,00	93,70	85,00	76,00	95,40	92,00	99,30	62,88	3,20	98,96
en fraction fine (< 63µm, en %)										
Teneur sédimentaire en	2,96	0,05	3,44	9,66	4,7	6,2	1,32	3,17	0,45	5,63
Carbone organique (%)										
Teneur des sédiments en	1,60	0,14	1,70	8,47	2,78	3,75	0,47	1,70	0,47	3,43
hydrocarbures (mg g⁻¹)										

Les poids moyens individuels qui ont fluctué entre 0,06 μg (GM5) et 0,89 μg (GM8) ont révélé que les nématodes les plus corpulents se trouvaient aux stations proches de la passe de communication avec la mer (Fig. 7).

Les nématodes, en raison de leur prédominance et de leur rôle capital dans l'écosystème benthique (Heip, 1983 ; Heip *et al.*, 1985 ; Aïssa, 1992 ; Alkemade. *et al.* 1993; Beyrem., 1998) ont fait l'objet d'une étude plus poussée visant à évaluer l'état de leurs peuplements.

En comparant par le test t de Student les densités stationnelles moyennes des nématodes libres (Tableau II), il apparaît un gradient croissant de richesse numérique de la station GM5, la plus pauvre en nématodes aux stations les plus peuplées (GM9, GM7 et GM8), l'effectif intermédiaire de GM2 s'individualisant de ceux rencontrés en GM4, GM6 et GM10 statistiquement plus faibles que ceux des stations GM1 et GM3.

Le regroupement des stations sur la base de la distance euclidienne en fonction des densités moyennes de nématodes et de leurs biomasses totales et individuelles a révélé également l'existence de 5 secteurs lagunaires plus ou moins étendus (Fig. 8):

- le premier, nettement individualisé par son extrême pauvreté nématologique aussi bien numérique que pondérale, est restreint à la station GM5 ($N < 15$ individus /10 cm^2 ; $BT < 0,75 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ et $bi < 0,06 \mu\text{g}$).
- le second, plus étendu, rassemble les stations GM4, GM6 et GM10 peuplés par des communautés de faibles densités et biomasses ($15 < N < 35$ individus /10 cm^2 ; $3 < BT < 5 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$; $0,10 < bi < 0,2 \mu\text{g}$).
- le troisième, groupant les sites GM1 et GM3 où les densités et les biomasses sont légèrement plus élevées ($35 < N < 100$ individus /10 cm^2 ; $15 < BT < 25 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$; $bi = 0,22 \mu\text{g}$ par station).
- le quatrième limité à une seule station (GM2) de densités et de biomasses moins faibles ($N = 220$ individus /10 cm^2 ; $BT = 126,50 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$; $bi = 0,58 \mu\text{g}$).
- le dernier, limité aux stations GM7, GM8 et GM9 où les valeurs plus importantes des densités et des biomasses totales et individuelles ($N > 650$ individus /10 cm^2 ; $BT > 590 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$; $bi > 0,8 \mu\text{g}$) se distinguent très nettement de celles relevées dans tous les autres sites prospectés ($p < 0,1\%$).

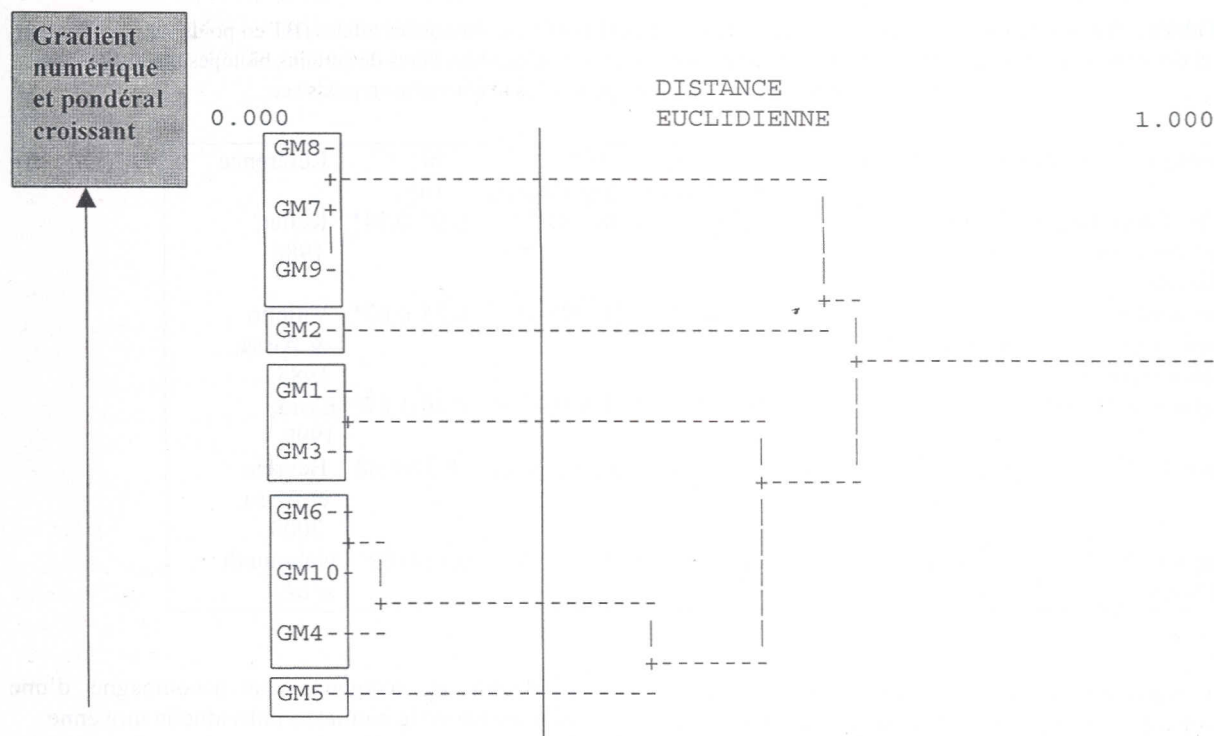


Figure 8 : Regroupement des stations prospectées dans la lagune de Ghar El Melh en hiver 2000 sur la base de la distance euclidienne en fonction de leurs densités (individus / 10 cm²), de leurs biomasses nématologiques totales (BT) en poids sec (µg / 10 cm²) et de leurs biomasses individuelles moyennes (bi) en poids sec (µg).

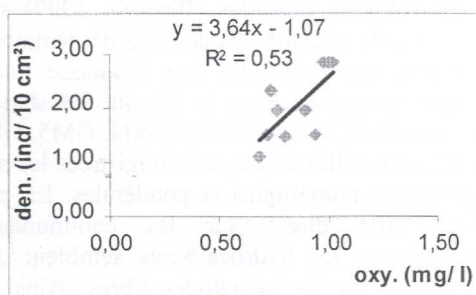


Figure 9 : Corrélation de Pearson entre les densités de nématodes (ind / 10 cm²) et la teneur des eaux en oxygène dissous (mg / l), données transformées, $y = \log(x+1)$.

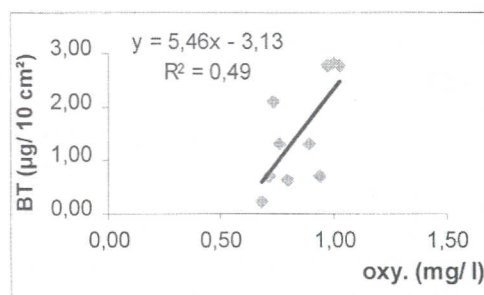


Figure 10: Corrélation de Pearson entre les biomasses totales (BT) de nématodes (en poids sec, µg / 10 cm²) et la teneur des eaux en oxygène dissous (mg / l), données transformées, $y = \log(x+1)$

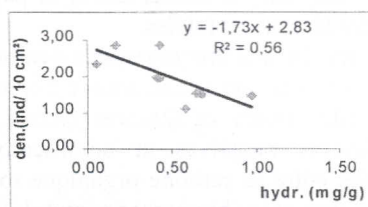


Figure 11: Corrélation de Pearson entre les densités de nématodes (ind / 10 cm²) et la teneur des sédiments en hydrocarbures (mg / g), données transformées, $y = \log(x+1)$.

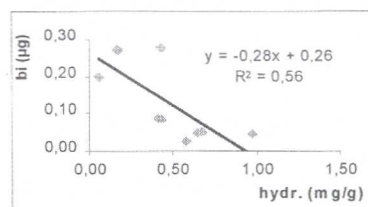


Figure 12: Corrélation de Pearson entre les poids moyens individuels (bi) de nématodes (en poids sec, µg) et la teneur des sédiments en hydrocarbures (mg / g), données transformées, $y = \log(x+1)$.

Tableau III : Comparaison bibliographique des densités (ind/10 cm²), des biomasses totales (BT en poids sec, µg/ 10 cm²) et des biomasses individuelles moyennes (bi en poids sec, µg) des nématodes libres de certains biotopes méditerranéens.

* Biomasse signalée par l'auteur en poids frais et convertie en poids sec.

Biotope	Nature du substrat	Den. de néma. (BT)		bi (µg)	Référence
		(ind/10 cm ²)	(µg/10 cm ²)		
Aire d'épandage de l'égout de Marseille	Sables fins, pollués.	2-4218	0,28-844,5*	0,07-0,24*	Keller, 1986
Lac nord de Tunis avant assainissement	Sables peu envasés, secteur pollué.	2-1285	0,50-785,5*	0,25-0,67*	Vitiello & Aïssa, 1985
Lagune de Bizerte	Sables vaseux	107-913	122,3-1197,5*	0,46-1,87*	Essid, 1999
Baie de Bizerte	Sables peu envasés, pollués par des hydrocarbures.	14-1239	15,25-729,25	0,27-1,08	Beyrem et Aïssa, 2000
Lagune de Ghar El Melh	Sédiments silto-argileux	12-700	0,75-624,75	0,11-0,89	Mahmoudi <i>et al.</i> ,

En comparaison avec d'autres milieux déjà prospectés (Tableau III), les valeurs des densités, des biomasses totales (BT) et des biomasses individuelles moyennes de nématofaune sont apparues faibles pour les communautés de la lagune de Ghar El Melh ; celles-ci n'ont été comparables qu'à celles concernant des biotopes méditerranéens perturbés.

Dans la lagune de Ghar El Melh, la teneur des eaux en oxygène et les teneurs des sédiments en hydrocarbures et en carbone organique total (COT) semblent constituer les paramètres les plus limitants pour les données quantitatives de la nématofaune. (Fig. 9, 10, 11, 12).

Ainsi, la teneur des eaux en oxygène dissous, primordiale pour l'oxygénation du sédiment, a semblé déterminante pour les diverses données nématologiques quantitatives considérées, à en juger par les corrélations positives et significatives relevées entre ce facteur abiotique et les densités de nématodes et leurs biomasses (BT et bi) ($p < 0,05$)

(Fig. 9, 10). Ceci pourrait être dû à la sélection, au niveau des stations lagunaires, les plus confinées, d'espèces de nématodes peu exigeantes en oxygène. Plusieurs travaux qui se sont intéressés à l'effet de la teneur en oxygène sur le poids individuel moyen de la nématofaune sont arrivés aux mêmes conclusions. Ainsi, d'après Jensen (1987), les espèces de nématodes seraient plus effilées lorsqu'elles sont inféodées à des sédiments pauvres en oxygène. Pour Heip (1995), les communautés benthiques vivant dans des sédiments où la disponibilité de l'oxygène est limitée seraient largement dominées par des espèces opportunistes tendant à être plus petites. Dans un milieu marin perturbé par des rejets d'hydrocarbures, Beyrem & Aïssa (2000) ont signalé que l'appauvrissement des

sédiments en oxygène était accompagné d'une diminution de la biomasse individuelle moyenne.

Par ailleurs, les densités de nématodes et leurs biomasses (BT et bi) ont été corrélées négativement et significativement à la teneur des sédiments en hydrocarbures (Fig. 11, 12). Ces polluants organiques, en augmentant la mortalité des individus les plus sensibles (Beyrem, 1999) sont responsables de la chute des densités de nématodes qui entraîne une baisse de leur biomasse totale. Cette idée est confortée par le fait que les stations les plus riches en hydrocarbures (GM4, GM5, GM6 et GM10) sont celles où ont été enregistrées les plus faibles valeurs numériques et pondérales. En plus de leur effet direct sur les communautés 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, un facteur déterminant pour les biomasses individuelles moyennes, (Jensen, 1987 ; Heip, 1995 ; Beyrem et Aïssa, 2000) et par conséquent pour les biomasses totales.

Bien que la matière organique (carbone et azote organiques) constitue une source trophique pour les nématodes libres détritivores (Aïssa, 1991), des corrélations négatives et significatives ont été relevées entre le carbone organique total (COT) et les densités et les biomasses nématologiques (BT et bi). Même si les effets de la matière organique en général et du COT en particulier sur la nématofaune n'ont pas encore été totalement élucidés, 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 et Warwick, 1998). Les corrélations que nous avons notées peuvent être également en relation avec la grande contribution des hydrocarbures dans l'augmentation des teneurs en COT, ce qui démontre un autre effet indirect de ces polluants sur les peuplements de nématodes. Cette hypothèse est confortée par la corrélation hautement significative ($r = 0,96$) relevée entre les teneurs sédimentaires en hydrocarbures et les charges des sédiments en carbone organique total.

CONCLUSION

En conclusion, les données quantitatives 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 hétérogénéité spatiale de la physico-chimie dans cet écosystème. Les nématodes libres ont répondu aux perturbations lagunaires (faibles teneurs des eaux en oxygène, sédiments chargés en hydrocarbures et en matière organique) par une décroissance significative de leurs densités et de leurs biomasses. Ces réponses communautaires justifient l'utilisation de ces organismes en tant qu'indicateurs biologiques des variations des conditions ambiantes.

BIBLIOGRAPHIE

- Aïssa P. (1991). --- Ecologie des nématodes libres de la lagune de Bizerte : dynamique et biocénotique. *Thèse Doct. d'Etat, Fac. Sc. Tunis* : 370 p.
- Aïssa P. (1992). --- Importance des nématodes libres dans le milieu aquatique. *Rev. Fac. Sc. Tunis* : 5 : 115 - 128.
- Aïssa P. et Vitiello P. (1993). --- Distribution quantitative des nématodes dans la lagune de Bizerte. *Bull. Inst. Nat. Sci. Tech. Océan. P. Salammbô* : 20 : 74 - 79.
- 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.
- Alkemade R., Wielmaker A. et Hemminga M.A. (1993). --- Correlation between nematode abundance and decomposition rate of *Spartina anglica* leaves. *Mar. Ecol. prog. Ser.* 99 : 293 - 300.
- Andrassy I. (1956). --- Die Rauminshals-und Gewichtbestimmung der Fadenwürmer (Nematoden). *Acta zoologica hungaria*. 2 (1/3): 1-15.
- Ben Rejeb-Jenhani A. (1989). --- Le lac Ichkeul : conditions du milieu, peuplements et biomasses phytoplanctoniques. *Thèse 3^{ème} cycle. Uni. Tunis* : 221 p.
- Beyrem H. (1993). --- Impact sur la méiofaune du déversement d'eaux de refroidissement et de lavage par la raffinerie de Bizerte : Résultats préliminaires. *D. E. A. Fac. Sc. Tunis* : 144 p.
- Beyrem H. (1999). --- Ecologie des nématodes libres de deux milieux anthropiquement perturbés : la baie de Bizerte et le lac Ichkeul. *Thèse doct, Fac. Sc. Bizerte* : 297 p.
- Beyrem H., et Aïssa P. (1998). --- Impact de la pollution pétrolière sur les densités de la méiofaune du littoral de Bizerte (Tunisie). *Vie et milieu*. 48 (3): 183 - 190.
- 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.
- Boucher G., Chamroux S. et Riaux C. (1984). --- Modification des caractéristiques physico-chimiques et biologiques d'un sable sublittoral pollué par les hydrocarbures. *Mar. Env. Res.* 12 : 1- 23.
- Boucher G. (1986). --- Réponse à long terme du méiobenthos après une perturbation de l'environnement. *Actes Collq. CNEXO*.
- Castel J. (1992). --- The meiofauna of coastal lagoon ecosystems and their importance in the food web. *Vie et milieu*. 1 (1) : 23 - 37.
- Dinet A. (1979). --- A quantitative survey of meiobenthos in the deep Norwegian sea. *Ambio, spec. Rep.* 6 : 75 - 77.
- Dinet A. et Vivier M. H. (1979). --- Le méiobenthos abyssal du golfe de Gascogne. II. Les peuplements de nématodes et leurs diversité spécifique. *Cah. Biol. Mar.* 20 : 109 - 123.
- Essid N. (1999). --- Contribution à l'étude de la pollution organo-minérale de la lagune de Bizerte : caractérisation géochimique, sédimentologique et impact sur les nématodes libres marins. *D. E. A. Fac Sc. Bizerte* : 189 p.
- Golterman H. L. (1969). --- Methods for chemical analysis of freshwaters. *IPB Handbook N° 8 Blackwell Sci. Publ. ; Oxford* : 166 p.
- Gray J. S. (1971). --- Samples size and sampling frequency in relation to the quantitative sampling of sand meiofauna. *In Hulings Ed. Smithson. Contr. Zool.* 76 : 191 - 197.
- Hamouda R. (1996). --- Etude des hydrocarbures des sédiments superficiels de la lagune de Ghar El Melh et de la lagune de Bizerte. *D.E.A. Fac. Sc. Tunis* : 125 p.

- Heip C. (1974). --- A rapid method to evaluate nematode density. *Nematologica* 20 : 266 - 268.
- Heip C. (1983). --- Le méiobenthos dans la chaîne alimentaire marine. *Conseil de l'Europe, AS/Sci./ Océan.* (35) 29 : 1 - 3.
- Heip C. (1995). --- Eutrophisation and zoobenthos dynamics. *Ophelia*, 41: 113 - 136.
- Heip C., Vincx M. et Vranken G. (1985). --- The ecology of marine nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol. : Annu. Rev.* 23 : 399 - 489.
- Hermi M. (1995). --- Les nématodes libres : bio-indicateurs des conditions physico-chimiques de deux lagunes tunisiennes (lagune de Bizerte et lagune de Tunis). *D. E. A. Fac. Sc. Tunis* : 134 p.
- Jensen P. (1987). --- Difference in microhabitat, abundance, biomass and body size between oxybiotic and thiobiotic free-living marine nematodes. *Oecologia*. 71 : 564 - 567.
- Juario J. V. (1975). --- Nematode species composition and seasonal fluctuation of a sublittoral meiofauna community in the German Bight. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.* 14 : 275 -303.
- Keller M. (1986). --- Distribution quantitative de la méiofaune dans l'aire d'épandage de l'égout de Marseille. *Mar. Biol.* 89: 293 - 302.
- Lacaze J. C. (1993). --- La dégradation de l'environnement côtier - Conséquences écologiques. *Masson : Paris, Milan, Barcelone, Bonn* : 149 p.
- Lambhead P. J. D. (1986). --- Sub-catastrophic sewage contamination as revealed by marine nematode faunal analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 29 : 247 - 260.
- Legendre L. et Legendre P. (1984). --- Ecologie numérique. *Masson Eds.* : 335 p.
- Mare M.F. (1942). --- A study of the marine benthic community with special reference to the micro-organisms. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 25 : 517 - 554.
- Riviere A. (1977). --- Méthodes granulométriques, techniques et interprétations. *Masson, Paris, Newyork, Barcelone* : 170 p.
- Schratzberger M. et Warwick R. M. (1998). --- Effects of intensity and frequency of organic enrichment on two estuarine nematodes communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 16 : 83 - 94.
- Schwartz D. (1983). --- Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. *Flammarion Médecine Science, Paris* : 318 p.
- Strickland J. D. H. et Parsons T. R. (1965). --- A manual of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada, sec. ed.* 125: 203 p
- Vallet F., Berhaut J., Leray C., Bonnet B. et Pic P. (1970). --- Preliminary experiments of the artificial feeding of Mugilidae. *Helgolander wiss. Meeresunters.*, 20 : 610 - 619.
- Vitiello P. et Dinet A. (1979). --- Définition et échantillonnage du méiobenthos. *Rapp. P.V. Comm. int. Explr. Scient. Mer Méd.* , 25 / 26 (4) : 279 - 283.
- Willems K. A., Vincx M., Claves D. Vanosmael C. et Heip C. (1982). --- Meiobenthos of a sublittoral sandbank in the southern Bight of the North sea. *J. Mar. Biol. Ass. UK.* 62 : 535 -548.