

Distribution quantitative de la meiofaune dans un milieu fortement anthropise : le vieux port de Bizerte (Tunisie)

Item Type	Journal Contribution
Authors	Essid, N.; Mahmoudi, E.; Beyrem, H.; Aissa, P.; Hedfi, A.
Citation	Bull. INSTM Salammbô, 30, p. 91-100
Publisher	INSTM
Download date	08/02/2023 10:28:30
Link to Item	http://hdl.handle.net/1834/1115

DISTRIBUTION QUANTITATIVE DE LA MEIOFAUNE DANS UN MILIEU FORTEMENT ANTHROPISE : LE VIEUX PORT DE BIZERTE (TUNISIE)

Amor Hedfi*, E. Mahmoudi, N. Essid, H. Beyrem et P. Aïssa

Laboratoire de Biosurveillance de l'Environnement, Faculté des Sciences de Bizerte, Zarzouna 7021 Bizerte,

Fax : 216 72 590 566.

ezzeddine.mahmoudi@laposte.net

*amor@prontomail.com.

ملخص

التوزيع الكمي للحيوانات القاعية المتوسطة الحجم في وسط بيئي شديد التلوث؛ المرسى القديم ببينزرت: أثبتت دراسة خصائص الماء و التربة في المرسى القديم ببينزرت أن هذا الموقع يخضع لدرجة تلوث كبيرة. إذ يشهد هذا الموقع البيئي نقصا حادا في الأوكسجين الذائب ، بالإضافة إلى التركيز المرتفع للمواد العضوية والبتترول في الرواسب. بينت هذه الدراسة نقصا كبيرا في عدد الديدان الخيطية الحرة وفي وزنها البيولوجي والهجرة العمودية للديدان الخيطية الحرة خاصة في المواقع الأكثر تلوثا. كلمات مفتاح : للديدان الخيطية الحرة، مؤشرات بيولوجية، البترول، ميناء، تلوث.

RESUME

L'étude des caractéristiques hydrologiques et sédimentologiques du vieux port de Bizerte a révélé que ce milieu est le siège d'une forte pression anthropique. En effet, dans cet écosystème perturbé, les eaux sont caractérisées par de faibles teneurs en oxygène dissous et les sédiments, riches en fraction fine, sont fortement chargés en hydrocarbures et en matière organique. Les nématodes libres, taxon prédominant, ont répondu à ces perturbations, au niveau des stations internes, par une baisse significative de leurs densités et de leurs biomasses par rapport au site situé du côté marin (VP6). Ces animaux ont eu tendance, notamment au niveau des stations portuaires les plus isolées, à s'enfoncer en profondeur pour fuir les sédiments de surface fortement chargés en hydrocarbures et en matière organique.

Mots-clés : nématodes libres, bio-indicateurs, hydrocarbures, port, pollution.

ABSTRACT

Quantitative distribution of meiofauna in an anthropogenic disturbed harbor: Bizerta's old harbor : The survey of sediment and hydrological parameters in the old harbor of Bizerte has revealed that this ecosystem knows a high anthropogenic pressure. In this area waters were characterized by weak contents in dissolved oxygen and sediments, rich in fine fraction, were loaded in hydrocarbons and in organic matter. The free-living nematodes, predominant taxa, responded to these disturbances by a significant decrease in their densities and their biomasses and had tendency, notably at the most isolated sites, to penetrate deeply to escape surface sediments highly loaded in hydrocarbons and in organic matter.

Key words : free-living nematodes, bio-indicators, Hydrocarbons, harbor, pollution.

INTRODUCTION

Le vieux port de Bizerte, destiné au pêche côtière, représente un plan d'eau d'environ 3,6 hectares, peu profond et aux eaux particulièrement stagnantes. Celui-ci, très enclavé dans l'ancienne ville, avec une forme caractéristique en L, est devenu l'exutoire d'eaux usées, de décharges solides et d'hydrocarbures.

Avant les travaux d'aménagement qui vont démarrer l'année prochaine dans cet écosystème, un intérêt particulier a été accordé à l'étude de la réponse de la nématofaune à la pollution des sédiments de surface de ce milieu.

Les nématodes libres marins, les plus abondants de la biosphère (Warwick et Price, 1979 ; Heip *et al.*, 1985), ont un corps filiforme, souvent effilé notamment dans les

biocénoses polluées et confinées (Jensen, 1987). Ces vers minuscules (le plus souvent moins de 3 mm de longueur) jouent plusieurs rôles dans les biocénoses.

C'est ainsi que ces organismes interviennent par leur grande densité dans le phénomène de bioturbation en se déplaçant activement dans leur milieu, et ce pour la recherche de la nourriture et/ou du partenaire sexuel (Aïssa, 1991). Ils contribuent largement à la minéralisation de la matière organique (Finlay et Tenores, 1982 ; Heip *et al.*, 1985 ; Schratzberger *et al.*, 2000) et occupent une position intermédiaire dans la chaîne alimentaire par leur diversité trophique. Ainsi, on trouve des nématodes bactériophages, phytophages, détritivores, carnivores ou aussi omnivores (Heip, 1983 ; Aïssa, 1992).

Les nématodes libres marins qui ont envahi tous les étages benthiques (Kern et Cary, 1983 ; Shirayama, 1983 ; Platt, 1984) ont été reconnus comme excellents bio-indicateurs des perturbations environnementales (Boucher *et al.*, 1984; Danovaro *et al.*, 1995; Beyrem et Aïssa, 2000 ; Mahmoudi, 2003). Ainsi, selon Lamshead (1986), les rejets domestiques et industriels se déversant dans un estuaire du Royaume-Uni, ont modifié les caractéristiques quantitatives, qualitatives et trophiques des peuplements nématologiques présents dans ce milieu. Mahmoudi *et al.* (2002 a) ont remarqué que ces derniers ont répondu aux perturbations de la lagune de Ghar El Melh (forte salinité, faibles teneurs en oxygène dissous et charge élevée en azote ammoniacal) par une décroissance significative de leurs densités, de leurs biomasses ainsi que de leur diversité.

Le présent travail se propose de fournir les premières données quantitatives sur les peuplements méiofaunistiques et en particulier les communautés nématologiques du vieux port de Bizerte et d'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 en novembre 2001 à partir de 6 stations (VP1 à VP6) afin d'analyser les paramètres physico-chimiques et les données méiofaunistiques du milieu. Les sites de prospection sont disposés selon un gradient port-mer pour suivre l'évolution spatiale des composantes hydrologiques, sédimentologiques et nématologiques (Fig. 1).

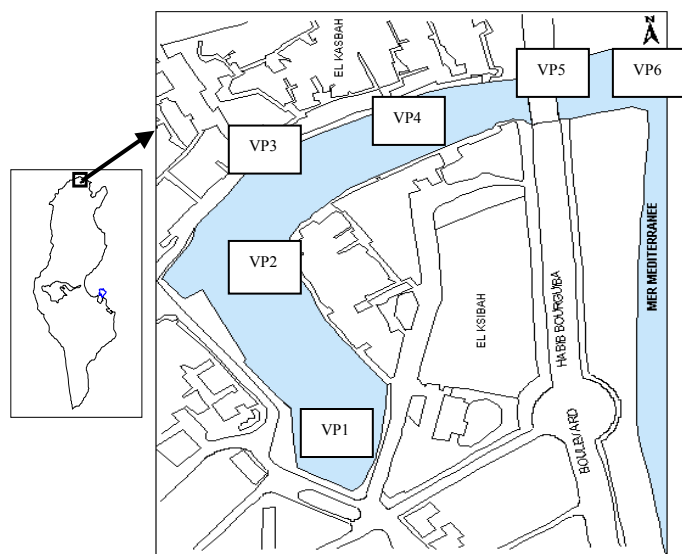


Figure 1 : Localisation géographique des stations prospectées dans le vieux port de Bizerte en novembre 2001.

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-tamisage (Vitiello et Dinét, 1979) et comptés sous la loupe binoculaire pour le calcul de la densité. Les individus recensés dans chacun des replicats ont été ensuite réunis pour disposer d'un lot faunistique homogène. La détermination de la biomasse individuelle moyenne a été estimée à partir d'un sous-échantillon représentatif de 100 individus (Willems *et al.*, 1982). Elle 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 (Juario, 1975).

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 tamis 63µm. La fraction grossière (>63µm) a été analysée par voie humide sur une colonne de tamis de 2 mm à 63µm 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 nitrates, réduits en nitrites par passage sur une colonne d'amalgame cadmium/ cuivre, ont été dosés selon la méthode de Strickland et Parsons (1965).

Les phosphates dissous dans l'eau de mer ont été titrés selon la méthode de Murphy et Riley (1962).

Le dosage de la matière organique totale a été réalisé par la méthode de perte au feu (Beyers *et al.*, 1978).

Les hydrocarbures ont été dosés par spectrophotométrie infrarouge (Beyrem et Aïssa, 1998).

4 - Méthodes statistiques utilisées

En raison de la répartition agrégative de la méiofaune (Dinet, 1979), toutes les données ont subi une transformation du type $y = \log(x+1)$ 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 STATISTICA.

RESULTATS ET DISCUSSION

1 - Paramètres abiotiques

La profondeur des stations prospectées a varié de 3 m (VP5) à 5 m (VP6). La température, la salinité et le pH des eaux du vieux port de Bizerte sont apparus assez stables mais les teneurs des eaux en chlorophylle a , en oxygène dissous, en nitrates et en phosphates ont montré d'importantes variations spatiales (Figs. 2 et 3).

Ainsi, la plus forte valeur pour la chlorophylle a a été enregistrée au niveau de VP1 (38 mg m^{-3}), le site le plus isolée du vieux port et les plus faibles teneurs ($12,8 \text{ mg m}^{-3}$) se situant au niveau de la station VP6, voisine du milieu marin (Fig. 2).

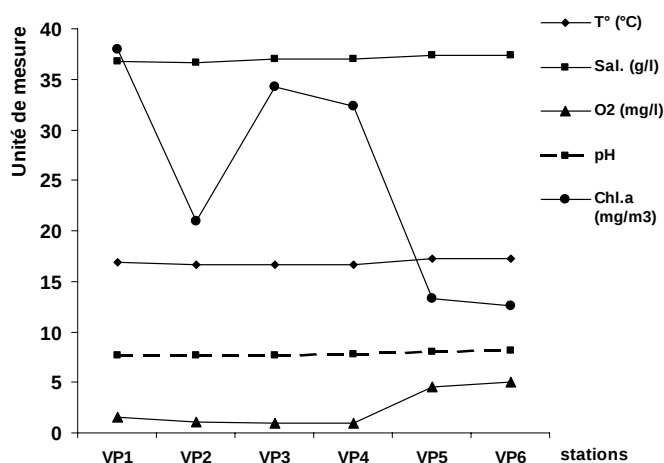


Figure 2 : Variation spatiale de certains facteurs hydrologiques dans le vieux port de Bizerte en novembre 2001. T° : Température de l'eau (°C), Sal. : Salinité (g l⁻¹), O₂ : Teneur des eaux en oxygène dissous (mg l⁻¹), pH des eaux, Chl. a : Teneur des eaux en Chlorophylle a (mg m⁻³).

L'analyse de la répartition spatiale des teneurs des eaux en oxygène dissous (Fig. 2) a révélé des valeurs variant entre 1 mg l^{-1} (stations VP3 et VP4) et $4,6 \text{ mg l}^{-1}$ (station VP5). Une nette amélioration de l'oxygénation des eaux a été notée des stations internes vers l'extérieur du port. Cependant, toutes ces teneurs en oxygène, y compris à la station située du côté marin (VP6), ont été nettement plus faibles que celles de l'eau de mer normale ($6,8 \text{ mg l}^{-1}$ d'après Frisoni *et al.*, 1986) et que celles mesurées le long de la radiale Sidi Salem- large proche du vieux port de Bizerte (valeurs comprises entre 8 et 11 mg l^{-1} selon Beyrem, 1993). Le vieux port représente donc un secteur fortement confiné et perturbé, les eaux polluées se

distinguant généralement par leur pauvreté en oxygène dissous (Ramade, 1982). Les très faibles concentrations en oxygène dissous, enregistrées dans le vieux port de Bizerte sont dues essentiellement à la stagnation des eaux et à l'apport excessif de matière en suspension provenant des émissaires d'eaux usées et pluviales de l'ancienne ville de Bizerte, à l'origine d'une importante activité biologique des micro-organismes. C'est ainsi qu'une forte charge en bactéries mésophiles et en *Vibrionaceae* a été signalée dans les eaux et les sédiments du vieux port (Essid *et al.*, sous presse). Il en résulte une importante demande biologique en oxygène susceptible d'accentuer le degré de confinement du milieu.

Les teneurs en ions nitrates ont montré de nettes fluctuations spatiales avec un gradient décroissant vers la mer (Fig. 3).

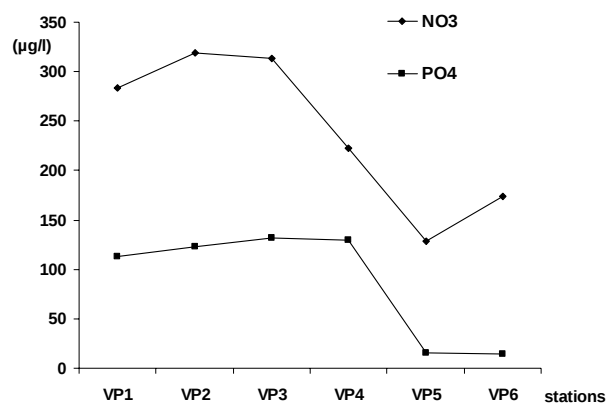


Figure 3 : Variation spatiale de la teneur des eaux en nitrates ($\mu\text{g l}^{-1}$) et en phosphates ($\mu\text{g l}^{-1}$) dans le vieux port de Bizerte en novembre 2001.

Le minimum a été enregistré à la station VP5 ($128 \mu\text{g l}^{-1}$) et la teneur maximale à la station VP2 ($319 \mu\text{g l}^{-1}$).

Les concentrations des eaux du vieux port en phosphates ont varié entre $16 \mu\text{g l}^{-1}$ (VP5) et $132 \mu\text{g l}^{-1}$ (VP3) ; les plus faibles teneurs enregistrées au niveau de la station marinisée VP6 ($14 \mu\text{g l}^{-1}$) ont révélé un net gradient décroissant vers le milieu marin (Fig. 3).

Sur le plan sédimentologique, les pourcentages de la fraction grossière ont oscillé entre 12,33 % à la station VP2 et 97,44% au niveau de VP6. Les sédiments des stations VP3, VP4, VP5 et VP6, ont montré une large prédominance de la fraction grossière (> 85%) contre celle de la fraction fine dans les sédiments des sites VP1 et VP2 (>81%). Ainsi, le vieux port de Bizerte a pu être divisé en fonction des teneurs sédimentaires en fraction fine en deux zones : le secteur interne (stations VP1 et VP2) à faciès vaseux (fraction fine supérieure à 80%) et le secteur externe, plus proche de la communication avec la mer (VP3, VP4 et VP5) ayant au contraire un faciès sablo-vaseux (fraction fine inférieure à 13 %). La station VP6, située à l'extérieur du port, a montré un sédiment grossier (pourcentage en fraction fine < 3 %). La

prédominance de la fraction fine au niveau des stations VP1 et VP2, situées à l'intérieur du port, pourrait être due essentiellement à l'apport de particules fines en suspension dans les eaux usées déversées dans ce milieu, leur sédimentation étant favorisée par la stagnation des eaux.

Les taux sédimentaires en matière organique totale (MOT) les plus élevés ont été enregistrés à l'intérieur du port, au niveau de la station VP2 (26,35 %) alors qu'un minimum de 6,92 % a caractérisé les sédiments de la station VP5, la plus proche du milieu marin voisin. La station VP6, située à l'extérieur du port, a montré une teneur en MOT encore plus faible (1,76 %). Il existe donc un net gradient décroissant en MOT selon une direction port-mer, avec un pic au niveau de la station VP2 (Fig. 4).

Les concentrations sédimentaires en hydrocarbures ont oscillé entre un minimum de 0,093 mg g⁻¹ de sédiment sec (VP6) et un pic de 7,6 mg g⁻¹ enregistré en (VP1) avec un net gradient décroissant des teneurs sédimentaires en hydrocarbures de l'intérieur du port vers la mer (Fig. 4). Ainsi, les sédiments des stations les plus isolées du port (VP1 et VP2), avec des teneurs supérieures à 6,5 mg g⁻¹, ont été les plus pollués par les hydrocarbures alors que ceux du site VP5, le plus proche du milieu marin voisin ont été au contraire les moins

contaminés par les hydrocarbures avec seulement 1,3 mg g⁻¹ de sédiment sec. Les teneurs ont été encore plus faibles (0,093 mg g⁻¹). Les teneurs en hydrocarbures enregistrées au niveau des stations portuaires sont apparues très élevées et se rapprochent de celles relevées dans des milieux très pollués (Tableau I).

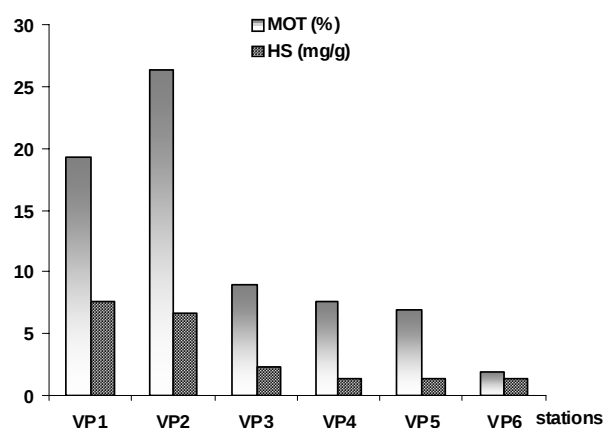


Figure 4 : Variation spatiale de la teneur des sédiments en hydrocarbures (HS) (mg/g) et en matière organique totale (MOT) (%) dans le vieux port de Bizerte en novembre 2001.

Tableau I : Comparaison des teneurs sédimentaires en hydrocarbures totaux enregistrées dans le vieux port de Bizerte avec les données de la littérature.

Milieu	Teneur des sédiments en hydrocarbures totaux (mg/g de sédiment sec)	Référence
Sédiments méditerranéens: (pleine mer)	Moyenne de 0,029	Anonyme (1975)
La pierre noire en baie de Morlaix (manche occidentale) à -19m, suite à l'accident de l'Amoco Cadiz	0,017 à 3,79	Boucher (1979)
Lagune de Bizerte : Chenal reliant la lagune à la mer	0,02 à 0,5	Soussi (1981)
Baie de Bizerte (1992) secteur proche de la raffinerie	0,07 - 7,61 mg/g	Beyrem (1999)
Littoral de Sfax	1,121-5,217	Louati <i>et al.</i> (2001)
Lagune de Bou Ghrara	0,05-6,4	Mahmoudi (2002 b)
Lagune de Ghar El Melh	0,47-8,47	Mahmoudi (2003)
Vieux port de Bizerte	0,093 à 7,6	Présent travail

Ces fortes teneurs sédimentaires en hydrocarbures sont dues essentiellement au déversement illégal des huiles de vidange des moteurs et aux pertes de gasoil par les embarcations de pêche. En outre, la sédimentation des produits pétroliers dans le port est accentuée par la faible bathymétrie et l'hydrodynamisme très faible. Une autre source de pollution non négligeable par les hydrocarbures est l'activité des pétroliers qui accostent dans le port pétrolier voisin non loin du vieux port et qui déversent accidentellement ou illégalement des quantités importantes d'hydrocarbures (Beyrem, 1999) pouvant atteindre le vieux port à travers les marées et les courants.

2- Données faunistiques quantitatives

Les figures 5 et 6 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 (MT) collectés dans le vieux port de Bizerte en novembre 2001.

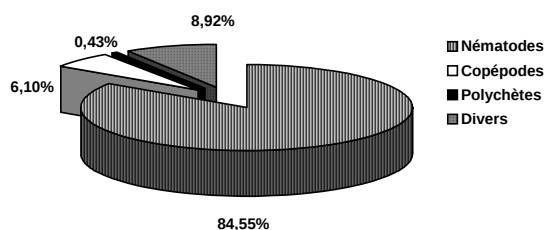


Figure 5 : Proportions moyennes des différents taxons méiofaunistiques recensés dans le vieux port de Bizerte en novembre 2001, toutes stations confondues.

Les taxons recensés ont été assez faibles ; il s'agit essentiellement des nématodes, des copépodes, des polychètes. Des taxons comme ceux des oligochètes, des mollusques, des turbellariés et des larves nauplii ont été très peu représentés (< 9 %).

Les nématodes libres constituant 84,54% de l'ensemble de la méiofaune étudiée ont représenté le groupe le plus abondant. Ils semblent de ce fait plus résistants à la pollution que les autres taxons. L'effectif moyen des nématodes a présenté une importante fluctuation spatiale (Fig. 6), ce groupe étant moins abondant au niveau des stations internes du port VP1 et VP2 avec respectivement

$176 \pm 2,30$ ind. /10cm² et $129 \pm 4,58$ ind. /10cm², et un pic de densité au niveau VP3 ($1377,33 \pm 5,69$ ind. /10cm²). Au niveau des stations externes (VP5 et VP6), les densités ont été plus importantes que le maximum noté à la station VP3 (Fig. 6).

Les effectifs des copépodes benthiques, très réduits aux stations VP2 et VP4, ont varié entre $15 \pm 2,45$ ind. /10cm² au site VP6 et une valeur moyenne de $200,66 \pm 10,89$ ind. /10cm² au niveau de VP1. Le maximum

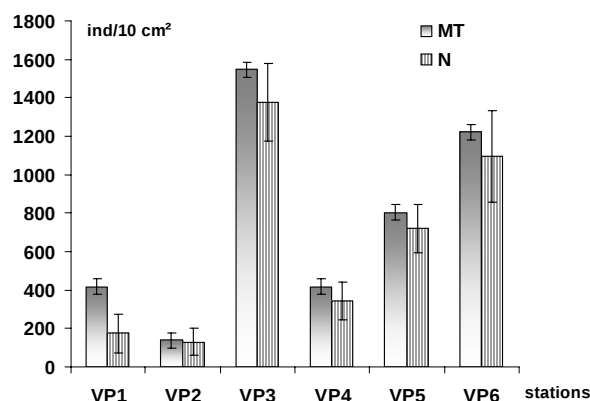


Figure 6 : Evolution spatiale des densités moyennes (individus /10 cm²) de nématodes (N) et de la méiofaune totale (MT) dans le vieux port de Bizerte en novembre 2001.

relevé peut s'expliquer par la pullulation d'une ou de quelques espèces résistant à la pollution organique, aux fortes teneurs sédimentaires en hydrocarbures et tolérant les faibles teneurs en oxygènes dissous. Cependant, selon Beyrem (1993), les copépodes benthiques à proximité de la raffinerie de Bizerte (STIR) sont apparus plus touchés par la pollution pétrolière. Il n'est pas impossible non plus que ce résultat soit la conséquence de l'absence de prédateurs plus sensibles aux perturbations physico-chimiques du vieux port.

L'étude de la répartition verticale des nématodes (Tableau II) montre que les nématodes libres ont réussi à s'enfoncer dans les sédiments de plusieurs stations jusqu'à 18 cm de profondeur. En effet, les nématodes se déplacent activement dans les sédiments en utilisant des mouvements très divers pour la recherche de la nourriture et du partenaire sexuel (Heip, 1980 ; Beyrem, 1993), et des conditions favorables pour leur survie (oxygène, salinité,...) ou pour échapper à un agent polluant de surface (Boucher, 1979).

Tableau II : Limites de pénétration des nématodes dans les quatre premiers centimètres du sédiment au niveau du vieux port de Bizerte en hiver 2001.

Station	VP1		VP2		VP3		VP4		VP5		VP6	
% (0 -4) cm	41,47		39,53		25,99		41,61		4,57		18,40	
Limite de pénétration (cm)	Max	50%	Max	50%	Max	50%	Max	50%	Max	50%	Max	50%
	18	8	12	4	18	8	14	4	14	10	16	6

Nos résultats laissent apparaître que la concentration nématologique au niveau des stations internes du port (VP1, VP2, VP3 et VP4), les plus polluées, a été maximale au niveau des deux horizons supérieurs (0-4 cm), plus riches en oxygène dissous et en matière organique. Cette observation s'accorde avec celle de Keller (1984) qui a relevé une très faible pénétration (4 cm au maximum) du peuplement nématologique au large de Cortiou (Prolongement de l'égout de Marseille – France) à faciès sableux.

La pénétration maximale de quelques individus (comme celle observée aux stations VP1 et VP4 jusqu'à 18 cm) ne signifie pas que l'ensemble du peuplement migre en profondeur. Aux stations VP1 et VP3 et aussi VP5, les nématodes ont eu tendance à migrer en profondeur comme le montre la concentration de 50% du peuplement ou centre de gravité de la communauté. Une telle migration a été signalée par Beyrem (1999) dans les sédiments de certaines stations dans la baie de Bizerte, pollués par des rejets accidentels d'hydrocarbures. L'étude de la répartition verticale des peuplements nématologiques pourraient ainsi témoigner de l'influence de la pollution des sédiments et de l'importance de la nature du substrat sur la distribution des nématodes. Les valeurs du rapport Nématodes / Copépodes (N/C) (Fig. 7) ont révélé d'importantes fluctuations spatiales.

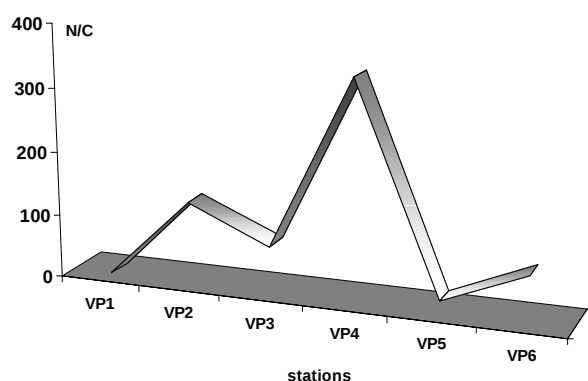


Figure 7 : Evolution spatiale du rapport Nématodes/Copépodes (N/C) dans le vieux port de Bizerte en novembre 2001.

Ce rapport mettant généralement en évidence une large abondance des nématodes par rapport aux copépodes, a été minimal à la station VP1 ($N/C = 0,87$) du fait de la prédominance de ces petits crustacés. La valeur maximale de N/C à la station VP4 (343,66) a montré au contraire leur raréfaction. Ce ratio largement discuté comme indicateur de pollution, serait d'autant moins élevé que le milieu d'étude est préservé (Amjad et Gray, 1983 ; Shiells et Anderson, 1985). D'autres auteurs pensent au contraire que ce rapport ne constitue pas un indice direct de pollution organique (Keller, 1984; Lamshead, 1984 et Lee *et al.*, 2001). Dans notre étude,

les valeurs du rapport N/C montrant à la plupart des stations une nette prédominance des nématodes n'ont effectivement pas révélé de gradient de pollution. De plus, la forte abondance des copépodes au niveau de la station polluée VP1, n'est pas sans rappeler les observations de Keller (1984) à proximité de l'égout de Cortiou (Marseille) ; ce qui peut signifier que le peuplement de copépodes tend à être monospécifique et fortement dominé par une espèce capable de supporter de hauts niveaux de pollution.

Les données pondérales (en poids sec) des communautés nématologiques ont varié au plan spatial comme les densités moyennes (Fig. 8).

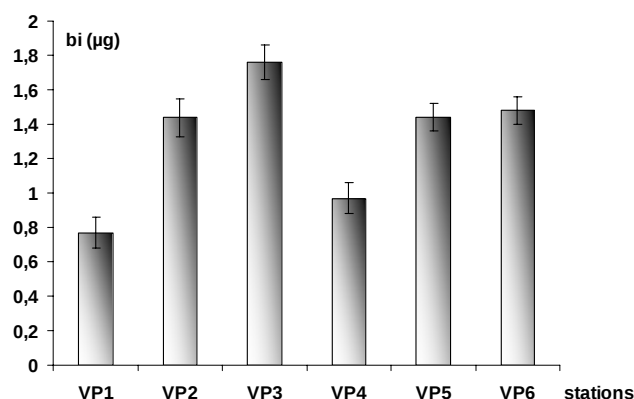


Figure 8 : Evolution spatiale du poids individuel moyen (bi) en poids sec (µg) des nématodes libres recensés dans le vieux port de Bizerte en novembre 2001.

Ainsi, selon les biomasses individuelles moyennes des nématodes libres du vieux port, les nématodes les plus corpulents se trouvent à la station VP3 (1,76 µg). Le minimum pondéral individuel (0,77 µg) a été enregistré à la station VP1 alors que les poids individuels aux sites externes (VP5 et VP6) ont été voisins de 1,40 µg. Le pic pondéral observé à la station VP3, semble en relation avec la richesse de ce site en matière organique, constituant une source trophique pour les nématodes libres détritivores (Aïssa, 1991).

Les nématodes libres, en raison de leur prédominance et de leur rôle capital dans l'écosystème benthique (Heip *et al.*, 1985 ; Alkemade *et al.*, 1993 ; Beyrem 1998 ; Mahmoudi *et al.*, 2002 b) ont fait l'objet d'une étude statistique visant à évaluer l'état de leurs peuplements.

En comparant par le test t de Student les effectifs stationnels moyens des nématodes libres après vérification de l'homogénéité des variances par le test F (Tableau III), la densité moyenne des nématodes est apparue à la station VP1 statistiquement différente de celles relevées aux stations VP3 et VP5 et très différente de celle de la station VP6. Par contre, une similitude des effectifs a été observée d'une part entre les peuplements de VP3 et VP6 et d'autre part entre ceux des stations VP1, VP2 et VP4. Ceci nous a permis d'individualiser dans le vieux port deux secteurs distincts:

Tableau III : Comparaison des densités nématologiques moyennes par le test t de Student après vérification de l'homogénéité des variances (valeurs transformées : $y = \log(x+1)$). ** : différence très significative à 1%, * : différence significative à 5%, NS : différence non significative.

Test F / Test t	VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6
VP1		0,69 NS	4,36 *	1,04 NS	3,60 *	5,31 **
VP2	1,00		2,08 NS	1,59 NS	4,37 *	6,18 **
VP3	1,16	1,15		2,52 NS	1,41 NS	0,38 NS
VP4	2,13	2,13	1,85		1,64 NS	2,66 NS
VP5	1,68	1,68	1,94	3,60		1,53 NS
VP6	3,90	3,91	4,51	8,33	2,32	

- une zone qui correspond aux stations internes du port VP1, VP2 et VP4,

- un secteur limité aux sites VP3, VP5 et VP6.

Le regroupement des stations sur la base de la distance euclidienne en fonction des densités moyennes de nématodes a révélé également l'existence de 2 secteurs portuaires plus ou moins étendus (Fig. 9) :

- Zone I regroupant les stations VP1, VP2 et VP4 aux densités les plus faibles

- Zone II regroupant les stations à l'extérieur du port (VP5, VP6) ainsi que la station VP3 de densités nettement plus élevées.

Cette zonation indique que la station VP3 (située dans un secteur relativement pollué) se caractérise par une densité

comparable à celles trouvées aux stations externes au port, moins polluées. Ce résultat pourrait être en rapport avec l'existence dans ce site d'espèces pollutolérantes pouvant être utilisées comme indicatrices de perturbation du milieu.

Dans le vieux port de Bizerte, les calculs de corrélations réalisés entre les divers paramètres abiotiques étudiés (teneurs sédimentaires en fraction fine, en hydrocarbures et en matière organique) d'une part et les données nématologiques d'autre part (densités, C/N et biomasses) ont montré que la granulométrie était déterminante (Tableau IV). Ainsi, une corrélation significative et négative a été enregistrée entre les densités

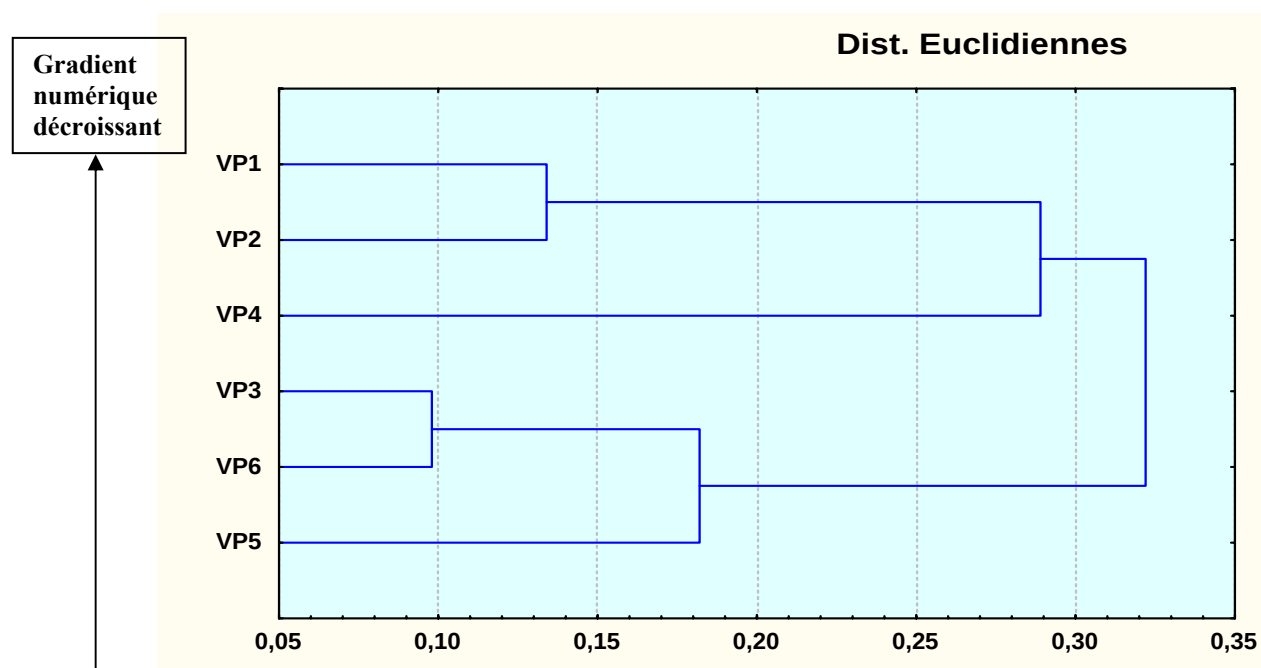


Figure 9 : Regroupement des stations prospectées dans le vieux port de Bizerte en novembre 2001 sur la base de la distance euclidienne en fonction de leurs densités nématologiques (individus / 10 cm²).

Tableau IV: Corrélations de Pearson entre les paramètres abiotiques et biotiques.

	FF	HS	MOT	DNM	bi	N/C
FF		0,99	0,98	-0,81	0,79	-0,38
HS	**		0,96	-0,74	-0,74	-0,48
MOT	**	**		-0,81	-0,74	-0,25
DNM	*	MS	*		0,95	0,14
bi	NS	NS	NS	NS		0,33
N/C	NS	NS	NS	NS	NS	

FF : Teneur sédimentaire en fraction fine.

HS : Teneur sédimentaire en hydrocarbures.

MOT : Teneur sédimentaire en matière organique totale.

DNM : Densité nématologique moyenne.

bi : Biomasse individuelle moyenne.

N/C : Rapport nématodes/copépodes.

NS : Corrélation non significative.

MS : Corrélation marginalement significative.

****** : Corrélation très significative au seuil de 1%.

***** : Corrélation significative au seuil de 5%.

nématologiques et le pourcentage de la fraction fine des sédiments du vieux port de Bizerte ($p < 0,05$). En effet, le diamètre minimal des pores capillaires dans lesquels se trouvent les substances minérales et organiques dissoutes constituent un facteur limitant pour la distribution de la plupart des espèces de nématodes (Platonova et Galtsova, 1976 ; Amjad et Gray, 1983).

Les corrélations négatives et significatives ($p < 0,05$) entre les données nématologiques quantitatives (densité et biomasse individuelle moyenne) et les teneurs des sédiments en matière organique indiquent que les taux sédimentaires en matière organique ont été déterminants pour la nématofaune.

Les valeurs du rapport N/C, n'ont été corrélées significativement à aucun paramètre sédimentologique ($P > 0,05$), l'utilisation de ce ratio et son application comme indice de pollution par les rejets domestiques (Aïssa, 1981 ; Coull *et al.*, 1981 ; Keller, 1984) ou pétroliers (Bodin et Boucher, 1981 ; Beyrem, 1993) paraît non évidente dans le cas du vieux port. Ce résultat rejoint les observations de Beyrem (1999) ; selon cet auteur, ce rapport ne représenterait pas un indice de pollution pétrolière dans la baie de Bizerte.

CONCLUSION

Le vieux port de Bizerte avec des eaux caractérisées par de faibles teneurs en oxygène dissous et des sédiments, riches en fraction fine, fortement chargés en hydrocarbures et en matière organique représente un écosystème très perturbé.

Toutes ces caractéristiques hydrologiques et sédimentologiques qui reflètent un état sérieux de

pollution ne sont pas sans effet sur la faune du milieu, et notamment sur le méiobenthos omniprésent.

Ainsi, les données quantitatives de la méiofaune totale, révèlent que celle-ci a été différemment affectée par la pollution selon les stations. En effet, les groupes méiofaunistiques les plus abondants (nématodes, copépodes et polychètes) ont répondu par une baisse significative de leurs densités au niveau des stations internes du port, les plus polluées. De plus, les nématodes libres, taxon prédominant, ont eu tendance à s'enfoncer en profondeur au niveau des stations portuaires les plus internes, probablement pour échapper aux fortes teneurs en hydrocarbures et en matière organique des sédiments de surface.

BIBLIOGRAPHIE

- Aïssa P. (1981). --- Ecologie de la nématofaune endogène de la lagune de Tunis – Impact de la pollution. *Thèse 3^{ème} cycle. Fac. Sc. Tunis* : 314 p.
- 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. Sci. Tunis*, 5 : 115 - 128.
- 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.
- Amjad S. H. et Gray J. (1983). Use of the nematode - copepod ratio as an index of organic pollution. *Mar. Poll. Bull.*, 14 (5) : 178 - 181.
- Andrassy I. (1956). --- Die Rauminshals-und Gewichtbestimmung der Fadenwürmer

- (Nematoden). *Acta Zoologica hungaria*. 2 (1/3): 1 - 15.
- Anonyme (1975).--- Petroleum in the marine environment. Washington. In *LACAZE (1980), Masson, Paris* : 118 p.
- Ben Rejeb-Jenhani A. (1989). --- Le lac Ichkeul : conditions du milieu, peuplements et biomasses phytoplanctoniques. *Thèse 3^{ème} cycle. Uni. Tunis* : 221p.
- Beyers S. C., Mills E. L et Stewart P. L. (1978). --- A comparaison of methods of determining organic carbon in marine sediments with suggestions for a standard method. *Hydrobiologia*, 58 (1): 43 - 47.
- 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 de Doctorat, 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 : 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.
- Bodin P. et Boucher D. (1981). --- Evolution temporelle du méiobenthos et du microphytobenthos sur quelques plages touchées par la marée noire de l'Amoco-Cadiz. *Actes du Colloque International: Amoco-Cadiz, Conséquences d'une pollution accidentelle par les hydrocarbures*. Centre Océanologique de Bretagne, Brest, Novembre 1979: 327 - 346. *Centre National pour l'Exploitation des Océans*, Paris.
- Boucher G. (1979). --- Effet à long terme des hydrocarbures de l'Amoco-Cadiz sur la structure des communautés de nématodes libres des sables fins sublittoraux. *Actes du coll. Intern., Cent. Océ. de Bretagne .Brest (France). Publié par le cent. Nat. pour l'Exp. Paris* 1981: 539 - 549.
- Boucher G., Chamroux S. et Riaux C. (1984).--- Modification des caractéristiques physico-chimiques et biologiques d'un sable sublittoral pollué par hydrocarbures. *Mar. Env. Res.* 12: 1 - 23.
- Coull B. C., Hicks G. R. F. et Wells J. B. J. (1981). --- Nematode / Copepod ratios for monitoring pollution: a rebuttal. *Mar. Poll. Bull.* 12 (11) : 378 - 381.
- Danovaro R. Fabiano M. et Vincx M. (1995). --- Meiofauna response to the Agip Abruzzo oil spill in subtidal sediment of the Ligurian Sea. *Mar. Pollut. Bull.*, 39 : 133 - 145.
- Dinet A. (1979). --- A quantitative survey of meiobenthos in the deep Norwegian sea. *Ambio, spec. Rep.*, 6 : 75 - 77.
- Essid N., Hedfi A., Mahmoudi E., Beyrem H., et Aïssa P. (sous presse). --- Impact de la pollution des sédiments du vieux port de Bizerte sur la microflore et la méiofaune. *Actes du Colloque International « Ecologie des populations et des communautés animales en Afrique du Nord ».* Université Paul Sabatier, Toulouse- France 24 - 27 Juin 2002.
- Findlay S. E. G. et Tenorek. (1982). --- Effect of a free-living marine nematode (*Diplolaimella chitwoodi*) on detrital carbon mineralization. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 8 : 161 - 166.
- 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: Regional Mediterranean Development of aquacultures. FAO*) : 41 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). --- Sample size and sampling frequency in relation to the quantitative sampling of sand meifauna. *Huling Ed. Smithsonian.contr.zool.*, 20: 266 - 268.
- Heip C. (1974). --- A rapid method to evaluate nematode density. *Nematologica* 20 : 266 - 268.
- Heip C. (1980). --- Meiobenthos as a tool in the assessment of marine environmental quality. *Rapp. P-V. Réun. Cons. int. Explo. Mer*, 179 : 182 - 187.
- Heip C. (1983). --- Le meiobenthos dans la chaîne alimentaire marine. *Conseil de l'Europe, AS/Science/Océan* 29 : 1 - 3.
- Heip C., Vincx M. et Vranken G. (1985). --- The ecology of marine nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* , 23 : 399 - 489.
- Jensen P. (1987). --- Difference in microhabitat, abundance, biomass and body size between oxybiotic and thiobiotic free-living marine nematodes. *Oecologia*, 108 : 201 - 217.
- Juario J. V. (1975). --- Nematode species composition and seasonal fluctuation of a sublittoral meiofauna 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^{ème} cycle, Uni. Aix-Marseille II* : 131p.
- Kern J. C. et Cary A.G. (1983). --- The faunal assemblage inhabiting seasonal sea ice in the Nearshore Arctic Ocean with emphasis on copepods. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 10 : 159 - 167.
- Lambshead P. J. D. (1984). --- The nematode/copepod ratio, some anomalous results from the Firth of Clyde. *Mar. Poll. Bull.*, 15 : 256 - 259.

- Lee .M. R., Correa J. A. et Castilla J. C. (2001). --- An assessment of the potential Use of the Nematod to Copepod Ratio in the Monitoring of Metals Pollution. The Chanaram Case. *Mar. Poll. Bull.* 42(8) : 696 - 701.
- Legendre L. et Legendre P. (1984). --- Ecologie numérique. *Masson Eds.* : 335 p.
- Louati A., Elleuch B., Kallel M., Saliot A., Dagaut J. et Oudot J. (2001). --- Hydrocarbon contamination of coastal sediments from the Sfax area (Tunisia), Mediterranean Sea. *Mar. Poll. Bull.*, 42 (6) : 445 - 452.
- Mahmoudi E., Beyrem H. et Aïssa P. (2002 a). --- 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.
- Mahmoudi E. Beyrem H. et Aïssa P. (2002 b). --- Response of free-living nematodes to the quality of waters and sediments at Bou Ghrara lagoon (Tunisia) during winter 2000. *Med. Mar. Sci.*, 3/2 : 133-146.
- Mahmoudi E. (2003). --- La méiofaune de deux lagunes perturbées : Ghar El Melh et Bou Ghrara, *Thèse de Doctorat, Fac. Sc. Bizerte* : 334 p.
- 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.
- Platonova T. A. et Gal'tsova V. V. (1976). --- Nematodes and their role in the meiobenthos. *Nauka publishers, Leningrad. Translated from russian. Publ; for the Smithsonian inst. libr. and the Nat. Sc. found. Washington, D. C., by Amerind publishing C O. pvt. Ltd, New delhi*, 1985 : 366 p.
- Platt H. (1984). --- Classify worms and spot pollution. *In New Scientist* : 28 -29.
- Ramade F. (1982). --- Elément d'écologie, écologie appliquée "Action de l'homme sur la biosphère". *Edition Mc Graw-Hill* : 452 p.
- Riviere A. (1977). --- Méthodes granulométriques, techniques et interprétations. *Masson, Paris, Newyork, Barcelone* : 170 p
- Schwartz D. (1983). --- Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. *Flammarion Médecine Science, Paris* : 318 p.
- Schratzberger M., Rees. H.L et Boyd S. E. (2000). --- Effects of simulated deposition of dredged material on structure of nematode assemblages – The role of burial. *Mar. Biol.*,136: 519 - 530.
- Shiells G. M. et Anderson K. J. (1985). --- Pollution monitoring using nematode/ copepod ratio : a pratical application. *Mar. Poll. Bull.*, 16 (2) : 62 - 68.
- Shirayama Y. (1983). ---- Size structure of deep-sea meio and macrobenthos in the Western pacific, *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 68 : 799 - 810.
- Soussi N. (1981). --- Mécanisme de la sédimentation et évolution paléogéographique de la lagune de Bizerte (Tunisie) durant le quaternaire récent. *Thèse 3^{ème} cycle, Univ.Paul Sabatier de Toulouse*: 229 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.
- Vitiello P. et Dinot A. (1979). --- Définition et échantillonnage du méiobenthos. *Rapp. P.V. Comm. int. Explr. Scient. Mer Méd.* , 25 / 26 (4) : 279 - 283.
- Warwick R. M. et Price R. (1979). --- Ecological and metabolic studies on free- living nematodes from an estuarine mud-flut. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 9: 257 - 271.
- 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.