

## Evaluation des réponses trophiques des nématodes libres de la baie de Bizerte (Tunisie) au stress pétrolier

Fehmi BOUFAHJA, Amor HEDFI, Jalila AMORRI, Patricia AÏSSA, Hamouda BEYREM & Ezzeddine MAHMOUDI

Faculté des Sciences de Bizerte, Laboratoire de Biosurveillance de l'Environnement (LBE), Unité d'écologie côtière et d'écotoxicologie marine, Zarzouna 7021, Tunisie. e-mail : fehmboufahja@yahoo.fr

**Résumé.** L'impact du stress pétrolier sur la structure et les descripteurs trophiques des nématodes libres [indice de diversité et rapports] a été étudié dans la baie de Bizerte (Tunisie). Les spécimens ont été prélevés de novembre 2004 à novembre 2005 au niveau de deux stations côtières situées respectivement à la plage Rimel (point de référence) et en face de l'émissaire d'une unité de raffinage. Nous avons proposé et testé quatre nouveaux rapports trophiques pour la biosurveillance du stress pétrolier. Il s'agit de 1A/2B, 1A/1B, 1B/2B et (1A+1B)/2B qui dépendent des proportions communautaires relatives des détritivores (1A et 1B) et/ou des omnivores-carnivores (2B). La présente étude indique que les trois derniers rapports ont été les plus appropriés pour mettre en évidence tout éventuel état de contamination pétrolière.

**Mots clés :** Nématodes libres, structure trophique, biosurveillance, stress pétrolier, baie de Bizerte.

### Evaluation of the feeding responses of free-living nematodes from Bizerte bay (Tunisia) to petroleum stress.

**Abstract.** The impact of the petroleum stress on the feeding structure and descriptors (diversity index and ratios) was investigated by using free-living nematodes from Bizerte bay. In this ecosystem, specimens were sampled from November 2004 till November 2005 at two coastal sites located in Rimel beach (reference) and in front of a refinery unit runoff. In this work, we proposed and tested four new ratios for biomonitoring, 1A/2B, 1A/1B, 1B/2B and (1A+1B)/2B, depending on percentages of detritivores (1A and 1B) and/or omnivores-carnivores (2B). Our study indicates that only the three last ratios seem to be considered as the most appropriate new indices to point out an eventual petroleum contamination state.

**Key words:** Free-living nematodes, feeding structure, biomonitoring, petroleum stress, Bizerte bay.

## INTRODUCTION

Les nématodes libres constituent le groupe le plus dominant parmi le méiobenthos. Ils sont largement représentés dans les sédiments des écosystèmes aquatiques où il est possible de dénombrer jusqu'à  $23.10^6$  individus.m<sup>-2</sup> (Warwick & Price 1979). Ces organismes, caractérisés par leur omniprésence, peuvent coloniser tous les environnements aquatiques (Vitiello & Dinert 1979).

Deux rôles trophiques capitaux sont attribués aux nématodes libres dans le domaine benthique. *Primo*, une participation active à plusieurs niveaux du réseau trophique aquatique car les régimes alimentaires des nématodes sont variés. Par ailleurs, les nématodes libres constituent l'aliment essentiel des formes juvéniles des Mugilidés (Albertini-Berhaut 1974), des polychètes macrobenthiques (Rivain 1984) et des jeunes crabes (Fitzhugh & Fleeger 1985). *Secundo*, un rôle indirect dans la minéralisation de la matière organique. En effet, les nématodes libres stimulent la prolifération des bactéries directement impliquées dans les processus de minéralisation (Riemann & Schrage 1978, Gerlach 1978, Koop & Griffiths 1982). Il paraît donc intéressant d'examiner si l'éthologie des assemblages nématologiques pourrait être perturbée en conditions de stress ; des conséquences pourront alors être attendues à des niveaux trophiques supérieurs et au niveau des cycles biogéochimiques.

Plusieurs études ont montré auparavant que les données trophiques peuvent refléter diverses perturbations environnementales (Heip *et al.* 1985, Lambshead 1986).

Toutefois, depuis 1986, aucun nouvel indice trophique n'a été conçu et toutes les explorations du volet trophique en biosurveillance ont été constamment axées sur deux outils connus, l'indice de diversité trophique et le rapport 1B/2A.

Le présent travail basé essentiellement sur une approche dynamique se fixe deux objectifs : le premier est de recenser le ou les groupes trophiques indicateurs du stress pétrolier. Le second est de déterminer le niveau d'efficacité des indices trophiques connus en biosurveillance et de proposer de nouveaux outils trophiques pouvant refléter la qualité environnementale.

## MATERIEL ET METHODES

### Choix des stations

La station 1 (37°15,18'N 9°55,34'E ; Fig. 1) a été considérée comme point de référence. Ce point de prélèvement sera comparé avec un deuxième point géographiquement voisin et situé à 3,7 km, la station 2 (37°16,07'N 9°53,58'E) qui a été choisie à environ 40 m de l'émissaire d'une unité de raffinage située à Bizerte (Fig. 1). Celle-ci déverse dans la baie de Bizerte des eaux de lavage et de refroidissement des installations de raffinage et de stockage des produits brutes et raffinés. La comparaison entre ces deux stations portera sur la granulométrie, les charges sédimentaires en polluants organiques et les descripteurs trophiques de la nématofaune. Ces deux stations ont été prospectées chaque deux semaines entre le 26 novembre 2004 et le 25 novembre 2005, soit un total de 27 prospections.

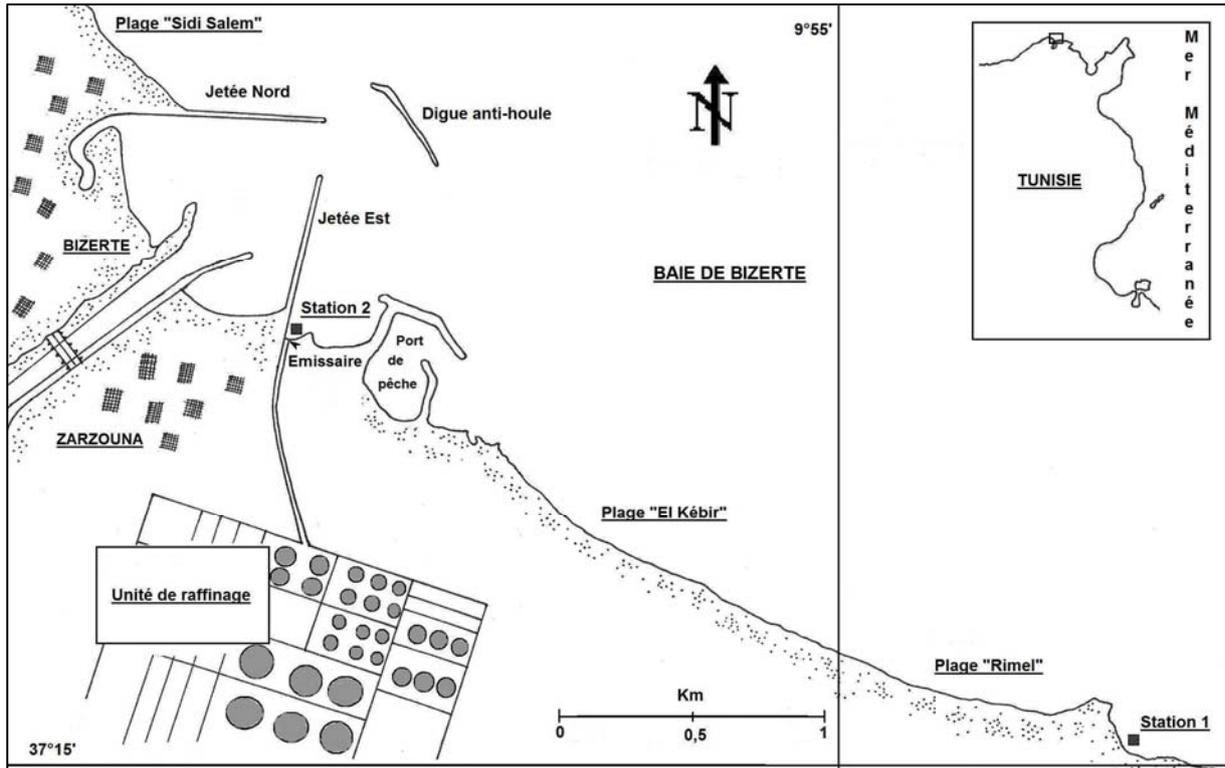


Figure 1. Localisation des stations prospectées de novembre 2004 à novembre 2005 dans la baie de Bizerte.

### Paramètres hydrologiques

L'étude a porté *in situ* sur les eaux de fond. La salinité et la température ont été mesurées en utilisant un thermomètre-salinomètre de type WTW LF 196 alors que la concentration en oxygène dissous a été déterminée par un oxymètre portatif de type WTW Oxi 330/SET. L'utilisation d'un turbidimètre de type 2100 P (HACH) a permis la mesure de la turbidité des eaux.

### Paramètres sédimentaires

Les paramètres sédimentaires ont été déterminés à partir de 3 réplicats pour chaque station et pour chaque campagne d'échantillonnage. Le contenu des sédiments en eau ( $\alpha$ ), exprimé en %, a été déterminé par la différence entre les poids du sédiment humide et celui desséché à 45°C pendant 96 heures.

La porosité ( $\Phi$ ), sans unité, a été déduite en considérant l'équation :

$$\Phi = (\alpha/\rho_e)/[(1 - \alpha)/\rho_s + \alpha/\rho_e] \text{ (Accornero *et al.* 2003)}$$

$\rho_e$  étant la densité des eaux interstitielles égale à 1,025 g.cm<sup>-3</sup> (Buchanan 1984) et  $\rho_s$  celle des sédiments sableux assimilée à la densité du quartz (2,65 g.cm<sup>-3</sup>) (Neira *et al.* 2001).

La technique de tamisage par voie sèche a été appliquée au sédiment essentiellement sableux. La prise de sédiment a été desséchée à 45°C puis passée sur un tamis de 63  $\mu$ m de maille afin d'éliminer la fraction fine de taille inférieure à 63  $\mu$ m. Le refus du tamis a été de nouveau déshydraté puis pesé afin de déterminer le pourcentage de la fraction grossière (> 63  $\mu$ m).

La détermination de la matière organique totale a été réalisée selon la méthode de la perte au feu (Fabiano & Danovaro 1994). Une incinération d'un sous-échantillon de sédiment permet de calciner la totalité de la matière organique qui y est présente. La différence de poids du sous-échantillon avant et après incinération, reportée en pourcentage par rapport au poids initial, permettra de déterminer sa teneur en matière organique.

L'extraction des hydrocarbures a été effectuée à l'aide d'un solvant organique (le tétrachlorure de carbone) (Danovaro *et al.* 1995). Le dosage est ensuite effectué par spectrophotométrie à infrarouge à l'aide d'un spectrophotomètre de type PERKIN-ELMER FT-IR spectrometer, spectrum 1000 (Danovaro *et al.* 1995).

### Echantillonnage et extraction des nématodes libres

Les prélèvements ont été effectués en utilisant trois carottiers en plexiglas de 3,6 cm de diamètre et de 20 cm de hauteur. Chaque échantillon a été conservé dans du formol à 4% et neutralisé à l'hexaméthylène tétramine. La méthode de lévigation-tamisage adoptée par Vitiello & Dinet (1979) a été utilisée pour l'extraction de la méiofaune sur des tamis de 1 mm et 40  $\mu$ m de vide de maille. Le contenu a été ensuite coloré au Rose Bengale (0,2 g.l<sup>-1</sup>) afin d'isoler les nématodes libres. Pour chaque campagne d'échantillonnage, un lot faunistique de 100 nématodes par station a été prélevé au hasard sous loupe binoculaire WILD-M3B puis montés entre lame et lamelle dans une goutte de glycérine anhydre. Ces nématodes ont été au préalable traités par la méthode rapide au glycéro-éthanol (Guo *et al.* 2001). Enfin, les observations microscopiques à l'aide d'un microscope Leitz Weltzlar. HM-lux.3 ont

permis de préciser pour chaque spécimen le groupe trophique auquel il appartient.

### Descripteurs trophiques de la nématofaune

La classification trophique de Wieser (1953), largement utilisée, a été adoptée dans cette étude. Quatre catégories trophiques de nématodes libres ont ainsi été distinguées :

– *Les détritivores sélectifs (1A)* : Nématodes sans armature buccale distincte qui avalent des bactéries et de la matière organique dissoute.

– *Les détritivores non-sélectifs (1B)* : Animaux sans armature buccale distincte. Leur nourriture est composée essentiellement de bactéries, de particules organiques, de protozoaires, de ciliés et de diatomées benthiques qui sont avalées entièrement et digérées partiellement durant leur passage dans l'intestin (Nehring 1992a).

– *Les brouteurs d'épistrates (2A)* : Nématodes possédant une armature buccale leur permettant de consommer, par craquage et par perçage (Nehring 1992b), les diatomées benthiques et à un moindre degré d'autres types de microalgues.

– *Les omnivores-carnivores (2B)* : ils ont une armature buccale très puissante. Ces organismes peuvent consommer des petits nématodes, des oligochètes et des cadavres de foraminifères (Moens & Vincx 1997).

Deux outils classiques ont été considérés pour évaluer l'impact du stress sur la diversité alimentaire de la nématofaune :

– L'indice de diversité trophique (IDT) de Heip *et al.* (1985) égal à la somme des carrés des proportions de chaque catégorie trophique

$$IDT = (1A)^2 + (1B)^2 + (2A)^2 + (2B)^2$$

sa valeur étant plus élevée quand prédomine un groupe alimentaire donné.

– Le rapport des catégories trophiques 1B et 2A (1B/2A) est utilisé pour identifier une surcharge organique (Lambshhead 1986).

Dans le cadre de la présente étude, quatre nouveaux rapports trophiques ont été proposés et utilisés pour la première fois en biosurveillance. Il s'agit de 1A/1B, 1A/2B, 1B/2B, (1A+1B)/2B. Nous avons pris en considération les proportions de trois catégories trophiques : les détritivores 1A et 1B et les omnivores-carnivores 2B. Les deux premières catégories prolifèrent dans les substrats riches en matière organique ; les représentants de la troisième catégorie occupent les maillons supérieures de la chaîne alimentaire et reflètent, à notre sens, une diversité des proies et ainsi un bon état du biotope.

### Analyses statistiques

Le coefficient de corrélation de Bravais-Pearson ( $r$ ) a permis d'illustrer les inter-dépendances entre les données biotiques et abiotiques. Les données brutes ont été intégrées après transformation de type  $\log(x+1)$  dans le but d'homogénéiser les variances (Burgess *et al.* 2005, Netto *et al.* 2005). Afin de comparer deux proportions, le test  $Z$  a été appliqué en utilisant le logiciel xlstat 1.6.

## RESULTATS

### Caractéristiques hydrologiques et sédimentaires du milieu

Pour les deux stations d'étude, les paramètres hydrologiques considérés incluent la température, la salinité, la concentration en oxygène dissous et la turbidité (Tab. I).

A la station 1, la température de l'eau a évolué d'un maximum de 31,1°C (JL15) à un minimum de 14,1°C (FV15) pour une moyenne annuelle de 21,71 ± 5,59°C. Cette valeur a été très proche de celle enregistrée à la station 2 (22,33 ± 5,72°C, 14,2 - 32,7°C).

La salinité a varié très faiblement autour d'une valeur moyenne de 38,5 psu pour les deux stations considérées, la station 1 (38,59 ± 0,86 psu) et la station 2 (38,67 ± 0,96 psu). Néanmoins, un plateau halin a été noté à partir de la campagne MA15 ; la salinité se stabilise puis rediminue à partir de SP15.

Les variations temporelles de la concentration en oxygène dissous (7,74 ± 2,78 mg.l<sup>-1</sup> à la station 1 et 7,84 ± 2,95 mg.l<sup>-1</sup> à la station 2) et de la turbidité (4,44 ± 1,94 NTU à la station 1 et 4,86 ± 1,95 NTU à la station 2) ont été relativement amples durant la période d'étude, avec des fluctuations de maxima hivernaux à des minima estivaux (Tabl. I).

Compte tenu de la configuration des stations prospectées dans la baie de Bizerte (Fig. 1), l'hydrologie a été tributaire des conditions météorologiques locales et a montré de ce fait des cycles saisonniers typiques de la zone infralittorale.

En ce qui concerne les variables sédimentaires, il a été difficile de mettre en évidence des cycles saisonniers (Tabl. I). Les porosités [moyennes annuelles égales à 0,33 ± 0,06 (station 1) et 0,32 ± 0,06 (station 2)] et les proportions en fraction grossière [moyennes annuelles égales à 99,65 ± 0,24 % (station 1) et 99,63 ± 0,19 % (station 2)] ont montré de faibles variations spatio-temporelles. Ceci a été également le cas des teneurs en matière organique totale et en hydrocarbures totaux pour lesquelles les moyennes annuelles relatives à la station 1 et à la station 2 ont été de loin en faveur de la deuxième station (respectivement 1,90 ± 0,33 % et 2,781 ± 0,446 mg.g<sup>-1</sup> à la station 2 contre 0,84 ± 0,22 % et 0,076 ± 0,008 mg.g<sup>-1</sup> à la station 1).

Les résultats des comparaisons par le test  $t$  de Student des porosités moyennes et des pourcentages moyens en fraction grossière ont montré des moyennes significativement similaires ( $p > 0,05$ ) à 25 occasions pour la première variable et à 24 occasions pour la seconde (Tabl. I). En ce qui concerne les charges moyennes des sédiments en matière organique totale et en hydrocarbures totaux, celles relatives à la station 2, exposée au stress pétrolier causé par les rejets de l'unité de raffinage, ont été constamment et significativement supérieures à celles relatives à la station 1. Les taux sédimentaires en hydrocarbures totaux et en matière organique ont été associés par une corrélation positive et significative (données en  $\log x$  :  $r = 0,53$  ;  $p = 0,047$ ) ce qui laisse supposer qu'en grande partie cette matière est d'origine pétrolière.

Tableau I. Suivi des paramètres environnementaux sur les stations 1 (St. 1) et 2 (St. 2) dans la baie de Bizerte entre novembre 2004 et novembre 2005. NV : Novembre ; DC : décembre ; JV : janvier ; FV : février ; MS : mars ; AV : avril ; MA : mai ; JN : juin ; JL : juillet ; AT : août ; SP : septembre ; OC : octobre ; 0 : prospection unique au cours du mois considéré ; 1 : campagne numéro 1 ; 2 : campagne numéro 2 ; 3 : campagne numéro 3 ; 4 : année 2004 ; 5 : année 2005 ; Prof : profondeur ; T : température ; OD : oxygène dissous ; Sal : salinité ; Turb : turbidité ; FG : fraction grossière ; MOT : matière organique totale ; Hs : hydrocarbures totaux. Les valeurs en gras et soulignées indiquent respectivement les maxima et les minima enregistrés.

Prospections	Variables hydrologiques										Variables sédimentaires							
	Prof (m)		T (°C)		OD (mg.l <sup>-1</sup> )		Sal (psu)		Turb (NTU)		Porosité		FG (%)		MOT (%)		Hs (mg.g <sup>-1</sup> )	
	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2
NV04	0,62	0,85	17,3	18,4	11,20	12,47	37,7	37,8	2,4	4,5	<b>0,45 ± 0,03</b>	0,42 ± 0,01	99,54 ± 0,10	99,69 ± 0,22	0,79 ± 0,05	1,83 ± 0,07	0,077 ± 0,008	2,771 ± 0,074
DC14	0,74	1,00	17,7	17,6	12,33	<b>13,22</b>	37,6	37,7	3,2	4,3	0,37 ± 0,03	0,38 ± 0,04	99,82 ± 0,07	99,68 ± 0,31	1,10 ± 0,10	2,13 ± 0,08	-	-
DC24	1,25	1,15	14,3	14,9	11,67	10,71	38,2	<u>37,2</u>	7,2	5,9	0,30 ± 0,01	0,32 ± 0,04	<u>99,31 ± 0,39</u>	99,63 ± 0,17	1,05 ± 0,07	2,37 ± 0,25	0,075 ± 0,014	3,037 ± 0,192
JV15	0,67	0,97	14,7	17,0	<b>12,80</b>	13,08	37,8	36,9	6,5	6,7	0,34 ± 0,03	0,32 ± 0,02	99,58 ± 0,43	99,72 ± 0,19	0,84 ± 0,02	2,27 ± 0,06	-	-
JV25	1,16	<b>1,47</b>	15,2	15,6	12,41	11,93	38,9	37,8	<b>11,0</b>	<b>12,2</b>	0,36 ± 0,02	0,38 ± 0,01	99,82 ± 0,12	99,49 ± 0,15	0,79 ± 0,16	1,64 ± 0,24	0,079 ± 0,005	2,801 ± 0,162
FV15	0,88	1,05	<u>14,1</u>	<u>14,2</u>	10,89	11,76	38,7	38,9	5,1	6,4	0,43 ± 0,01	0,40 ± 0,01	99,61 ± 0,32	99,64 ± 0,15	0,86 ± 0,15	1,52 ± 0,11	-	-
FV25	1,23	1,00	16,9	17,3	8,20	9,51	37,9	37,9	4,8	5,7	0,42 ± 0,02	<b>0,45 ± 0,01</b>	99,85 ± 0,07	99,54 ± 0,33	0,66 ± 0,04	1,89 ± 0,05	<u>0,073 ± 0,012</u>	2,649 ± 0,120
MS15	<b>1,54</b>	1,14	15,7	16,2	8,40	8,59	38,2	38,4	3,9	5,1	0,38 ± 0,06	0,41 ± 0,03	99,73 ± 0,16	99,65 ± 0,27	0,51 ± 0,05	1,67 ± 0,18	-	-
MS25	0,77	0,97	16,5	16,3	7,80	7,83	38,8	38,7	5,5	5,9	0,31 ± 0,01	0,30 ± 0,02	99,69 ± 0,13	99,67 ± 0,28	0,54 ± 0,06	2,03 ± 0,14	0,081 ± 0,008	<u>2,247 ± 0,069</u>
AV15	0,89	0,92	17,6	17,5	8,72	8,83	37,5	37,8	2,2	2,9	0,31 ± 0,01	0,32 ± 0,02	99,61 ± 0,28	99,62 ± 0,08	0,54 ± 0,06	1,64 ± 0,06	-	-
AV25	0,63	1,07	20,4	19,4	6,02	5,35	38,7	37,6	2,7	3,1	0,30 ± 0,01	0,30 ± 0,01	99,69 ± 0,18	99,65 ± 0,05	0,73 ± 0,05	1,79 ± 0,08	0,078 ± 0,005	3,177 ± 0,074
AV35	0,68	0,52	22,2	25,2	5,72	4,61	<u>37,1</u>	39,2	3,7	3,7	0,32 ± 0,03	0,30 ± 0,01	99,76 ± 0,19	99,78 ± 0,16	0,68 ± 0,17	<u>1,42 ± 0,11</u>	-	-
MA15	0,55	0,59	21,8	22,5	6,40	6,85	39,6	39,9	5,5	5,4	0,31 ± 0,02	0,32 ± 0,03	99,49 ± 0,30	99,69 ± 0,16	0,62 ± 0,07	1,86 ± 0,06	0,075 ± 0,012	2,740 ± 0,240
MA25	0,40	0,43	25,3	25,9	5,30	5,32	39,5	39,5	3,6	3,5	0,29 ± 0,02	0,27 ± 0,02	99,65 ± 0,17	99,70 ± 0,26	<u>0,44 ± 0,10</u>	1,96 ± 0,13	-	-
JN15	0,43	0,36	27,4	28,6	<u>3,90</u>	<u>3,91</u>	39,2	39,8	<u>2,1</u>	<u>2,1</u>	0,28 ± 0,03	0,25 ± 0,03	99,44 ± 0,25	99,66 ± 0,17	0,81 ± 0,02	1,53 ± 0,10	0,073 ± 0,004	2,508 ± 0,077
JN25	0,50	0,63	26,8	26,5	4,60	4,54	39,5	39,5	3,2	3,9	0,28 ± 0,03	0,29 ± 0,02	99,54 ± 0,20	99,59 ± 0,26	1,04 ± 0,09	1,66 ± 0,05	-	-
JL15	0,29	0,44	<b>31,1</b>	<b>32,7</b>	4,20	4,16	39,9	39,7	2,8	2,5	0,27 ± 0,01	0,25 ± 0,02	99,65 ± 0,16	99,53 ± 0,20	0,96 ± 0,08	1,90 ± 0,08	0,069 ± 0,009	2,735 ± 0,239
JL25	0,25	<u>0,33</u>	29,6	31,0	4,70	4,78	38,4	39,7	3,5	3,8	0,25 ± 0,00	0,24 ± 0,01	99,75 ± 0,12	99,65 ± 0,14	1,03 ± 0,11	1,73 ± 0,12	-	-
AT15	<u>0,20</u>	0,37	29,3	29,9	4,00	4,26	39,9	40,0	2,6	3,4	<u>0,21 ± 0,02</u>	<u>0,24 ± 0,02</u>	99,59 ± 0,23	99,66 ± 0,12	0,92 ± 0,12	<b>2,82 ± 0,13</b>	0,079 ± 0,012	<b>3,970 ± 0,288</b>
AT25	0,22	0,48	30,3	31,0	4,10	4,17	<b>40,1</b>	<b>40,3</b>	3,2	3,7	0,23 ± 0,01	0,25 ± 0,02	99,63 ± 0,29	<b>99,81 ± 0,17</b>	1,19 ± 0,08	2,51 ± 0,08	-	-
SP15	0,30	0,55	27,9	27,2	6,42	6,81	39,6	39,8	6,8	6,9	0,25 ± 0,02	0,27 ± 0,02	99,46 ± 0,11	99,48 ± 0,18	0,61 ± 0,09	1,63 ± 0,10	0,074 ± 0,012	2,479 ± 0,343
SP25	0,29	0,67	28,5	28,1	7,79	7,75	38,5	38,2	5,6	5,8	0,29 ± 0,04	0,27 ± 0,03	99,85 ± 0,12	99,73 ± 0,31	0,82 ± 0,14	1,75 ± 0,09	-	-
SP35	0,36	0,30	25,1	26,9	7,40	7,66	39,0	38,5	4,0	4,3	0,32 ± 0,01	0,31 ± 0,02	99,87 ± 0,11	99,68 ± 0,22	0,90 ± 0,05	1,70 ± 0,06	0,078 ± 0,005	2,914 ± 0,116
OC15	0,40	0,53	21,6	21,3	8,15	8,11	38,2	37,9	4,4	4,2	0,33 ± 0,01	0,32 ± 0,03	99,59 ± 0,27	99,55 ± 0,36	1,10 ± 0,07	2,19 ± 0,09	-	-
OC25	0,48	0,50	21,7	22,5	7,65	7,47	38,0	38,8	5,6	5,9	0,37 ± 0,01	0,36 ± 0,01	99,67 ± 0,15	99,45 ± 0,03	<b>1,13 ± 0,05</b>	2,12 ± 0,05	0,075 ± 0,007	2,347 ± 0,157
NV15	0,55	0,76	18,4	19,8	9,11	8,97	37,9	38,1	3,9	4,7	0,42 ± 0,02	0,42 ± 0,01	<b>99,92 ± 0,02</b>	99,66 ± 0,05	1,12 ± 0,04	1,93 ± 0,08	-	-
NV25	0,51	0,89	18,9	19,4	9,09	9,13	37,4	38,6	4,8	4,8	0,42 ± 0,01	0,39 ± 0,01	99,67 ± 0,27	<u>99,45 ± 0,15</u>	0,95 ± 0,07	1,78 ± 0,07	<b>0,083 ± 0,009</b>	2,558 ± 0,287

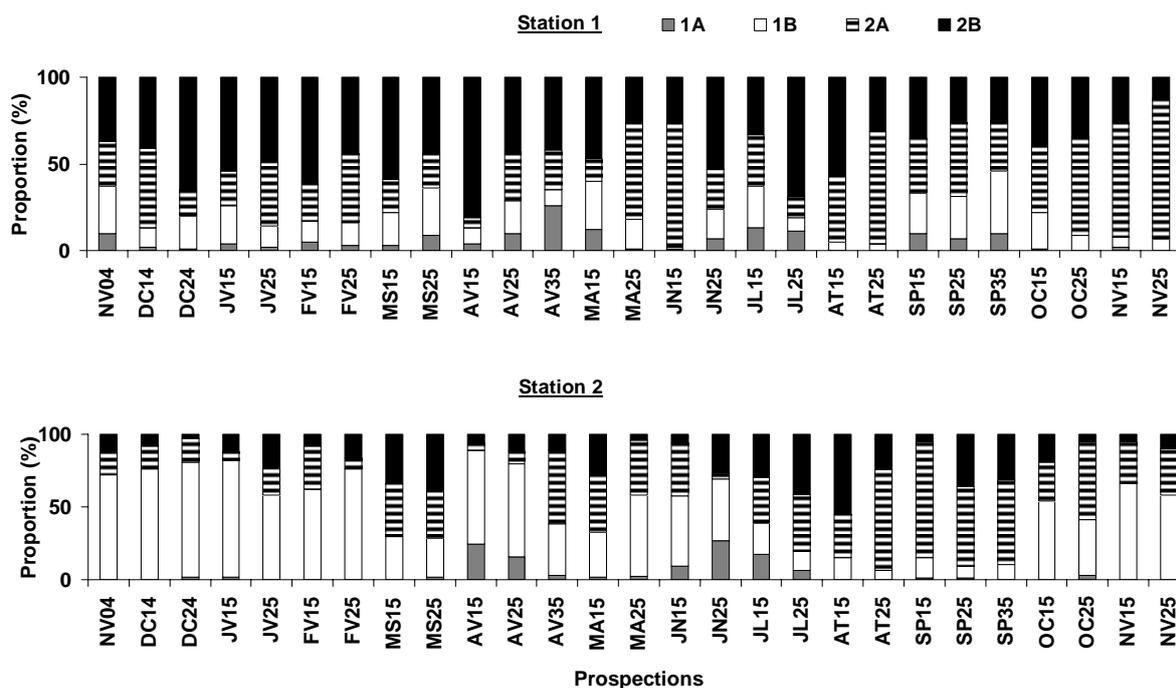


Figure 2. Évolutions spatio-temporelles des proportions des quatre groupes trophiques à chacune des deux nématocénoses prises en considération dans la baie de Bizerte.

L'analyse comparative des données abiotiques des stations 1 et 2 a permis de qualifier la première station de référence. En fait, la station 2, présentant clairement une évolution temporelle voisine de celle de la station 1 sur les plans de l'hydrologie, de la porosité sédimentaire et de la granulométrie, a montré des sédiments nettement plus contaminés par la matière organique et les hydrocarbures. Par conséquent, un éventuel stress trophique sera uniquement dû à ces polluants.

## Descripteurs trophiques

### Proportions des groupes trophiques

#### 1. Station 1

L'évolution temporelle des proportions respectives des différents groupes trophiques à la station 1 (Fig. 2) a montré une nette prédominance des omnivores-carnivores (2B) essentiellement représenté par le Thoracosthomopsidae *Mesacanthion monhystra* (Tab. II). Ce groupe trophique était suivi par celui des brouteurs d'épistrates (2A) chez lesquels *Ptycholaimellus ponticus* (Chromadoridae) a été majoritaire (Tab. II). La proportion des omnivores-carnivores a dépassé 50% du peuplement à huit prospections parmi les 27 effectuées (DC24, JV15, FV15, MS15, AV15, JN25, JL25 et AT15) ; les brouteurs d'épistrates (2A) ont été dominants (> 50%) à six occasions (MA25, JN15, AT25, OC25, NV15 et NV25). Des proportions comprises entre 40 et 50% étaient caractéristiques de huit prélèvements (DC14, JV25, FV25, MS25, AV25, MS25, AV25, AV35, MA15 et OC15) pour les nématodes 2B et de trois prélèvements (DC14, FV25 et SP25) pour les nématodes 2A.

Une seule corrélation positive et significative ( $p < 0,05$ ) a associé la proportion des omnivores-carnivores et la profondeur ( $r = 0,42$  ;  $p = 0,027$ ).

#### 2. Station 2

En termes de proportion, la variabilité temporelle des quatre groupes trophiques (Fig. 2) a été particulièrement en faveur d'une prédominance des détritivores non-sélectifs (1B) pour lesquels *Sabatieria punctata* (Comesomatidae) a été l'espèce principale. Les représentants de ce groupe ont été plus de 50% pour 13 prospections (NV04, DC14, DC24, JV15, JV25, FV15, FV25, AV15, AV25, MA25, OC15, NV15 et NV25). Leurs pourcentages ont été compris entre 40 et 50% à deux occasions, JN15 et JN25. Les brouteurs d'épistrates (2A), essentiellement représentés par *Ptycholaimellus ponticus* (Chromadoridae), occupaient la deuxième position du fait qu'ils ont formé plus que la moitié du peuplement à six reprises (AV35, AT25, SP15, SP25, SP35 et OC25).

Trois variables hydrologiques ont été significativement influentes ( $p < 0,05$ ) sur les évolutions temporelles des proportions des détritivores non-sélectifs (1B) et des brouteurs d'épistrates (2A), à savoir, la profondeur (respectivement  $r = 0,59$  ;  $p = 0,001$  et  $r = -0,52$  ;  $p = 0,005$ ), la température (respectivement  $r = -0,71$  ;  $p = 0,000$  et  $r = 0,47$  ;  $p = 0,012$ ) et la salinité (respectivement  $r = -0,61$  ;  $p = 0,001$  et  $r = 0,57$  ;  $p = 0,002$ ). Par ailleurs, des corrélations significatives ont été notées entre les concentrations des eaux en oxygène dissous et les proportions des détritivores sélectifs ( $r = -0,49$  ;  $p = 0,008$ ) ou non ( $r = 0,54$  ;  $p = 0,004$ ).

Tableau II. Liste des espèces de nématodes libres occupant les trois premiers rangs pour chaque campagne d'échantillonnage effectuée dans les stations 1 et 2 au niveau de la baie de Bizerte.

Stations	Station 1			Station 2		
Rang	1	2	3	1	2	3
NV04	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (28 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (17 %)	<i>Paramonohystera pilosa</i> 1B (13 %)	<i>Sabatieria punctata</i> 1B (48 %)	<i>Daptonema proprium</i> 1B (12 %) <i>Odontophora villosi</i> 2A (12 %)	<i>Oncholaimus campylocercoides</i> 2B (9 %)
DC14	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (40 %)	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (38 %)	<i>Paramonohystera pilosa</i> 1B (3 %) <i>Paramonohystera aff. buetschilii</i> 1B (3 %)	<i>Sabatieria punctata</i> 1B (50 %)	<i>Daptonema proprium</i> 1B (16 %)	<i>Chromaspirina pontica</i> 2A (7 %)
DC24	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (61 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (11 %)	<i>Paramonohystera proteus</i> 1B (6 %)	<i>Sabatieria punctata</i> 1B (68 %)	<i>Odontophora villosi</i> 2A (8 %)	<i>Neothonchus punctatus</i> 2A (4 %)
JV15	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (45 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (14 %)	<i>Paramonohystera pilosa</i> 1B (11 %)	<i>Sabatieria punctata</i> 1B (69 %)	<i>Viscosia cobbi</i> 2B (8 %)	<i>Odontophora villosi</i> 2A (5 %)
JV25	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (38 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (20 %)	<i>Mesacanthion hirsutum</i> 2B (7 %)	<i>Sabatieria punctata</i> 1B (41 %)	<i>Oncholaimus campylocercoides</i> 2B (20 %)	<i>Odontophora villosi</i> 2A (14 %)
FV15	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (54 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (15 %)	<i>Paramonohystera pilosa</i> 1B (5 %)	<i>Sabatieria punctata</i> 1B (51 %)	<i>Odontophora villosi</i> 2A (27 %)	<i>Oncholaimus campylocercoides</i> 2B (8 %)
FV25	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (27 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (22 %)	<i>Paracyatholamus pugettensis</i> 2A (7 %)	<i>Sabatieria punctata</i> 1B (49 %)	<i>Viscosia cobbi</i> 2B (8 %)	<i>Odontophora villosi</i> 2A (7 %) <i>Diplolaimella stagnosa</i> 1B (7 %) <i>Daptonema flevensis</i> 1B (7 %)
MS15	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (52 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (15 %)	<i>Paramonohystera pilosa</i> 1B (8 %)	<i>Odontophora villosi</i> 2A (26,44 %)	<i>Oncholaimus campylocercoides</i> 2B (23,53 %)	<i>Sabatieria punctata</i> 1B (16,18 %)
MS25	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (25 %)	<i>Paramonohystera pilosa</i> 1B (10 %) <i>Paramonohystera aff. buetschilii</i> 1B (10 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (8 %) <i>Enoploides spiculohamatus</i> 2B (8 %)	<i>Oncholaimus campylocercoides</i> 2B (38,32 %)	<i>Sabatieria punctata</i> 1B (15 %)	<i>Daptonema proprium</i> 1B (8,33 %)
AV15	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (53 %)	<i>Enoploides spiculohamatus</i> 2B (9 %)	<i>Viscosia cobbi</i> 2B (8 %)	<i>Daptonema proprium</i> 1B (22,64 %)	<i>Metalinhomoeus torosus</i> 1A (15,09 %) <i>Sabatieria punctata</i> 1B (15,09 %)	<i>Theristus denticulatus</i> 1B (9,43 %) <i>Cyartonema germanicum</i> 1B (9,43 %)
AV25	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (29 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (24 %)	<i>Spirinia gerlachi</i> 1A (10 %)	<i>Theristus denticulatus</i> 1B (18,18 %)	<i>Daptonema flevensis</i> 1B (11,36 %)	<i>Daptonema proprium</i> 1B (9,10 %) <i>Diplolaimella stagnosa</i> 1B (7 %)
AV35	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (25 %)	<i>Spirinia gerlachi</i> 1A (22 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (19 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (50,68 %)	<i>Stylotheristus mutilus</i> 1B (13,69 %)	<i>Daptonema proprium</i> 1B (8,21 %)
MA15	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (41 %)	<i>Paramonohystera pilosa</i> 1B (17 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (13 %)	<i>Oncholaimus campylocercoides</i> 2B (19,67 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (16,39 %)	<i>Daptonema flevensis</i> 1B (14,75 %) <i>Chromadorina metulata</i> 2A (14,75 %)
MA25	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (56 %)	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (21 %)	<i>Daptonema normandicum</i> 1B (3 %) <i>Paramonohystera pilosa</i> 1B (3 %) <i>Praecanthionchus punctatus</i> 2A (3 %) <i>Sabatieria pulchra</i> 1B (3 %) <i>Viscosia langrunensis</i> 2B (3 %)	<i>Daptonema flevensis</i> 1B (29,16 %)	<i>Chromadorina metulata</i> 2A (27,08 %)	<i>Stylotheristus mutilus</i> 1B (22,91 %)
JN15	<i>Paracyatholamus pugettensis</i> 2A (25 %)	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (19 %)	<i>Calomicrolaimus honestus</i> 2A (18 %)	<i>Calomicrolaimus honestus</i> 2A (14,81 %) <i>Daptonema flevensis</i> 1B (14,81 %)	<i>Cobbia truncate</i> 1B (12,96 %)	<i>Cyartonema germanicum</i> 1A (7,40 %)
JN25	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (47 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (15 %)	<i>Paramonohystera pilosa</i> 1B (7 %)	<i>Oncholaimus campylocercoides</i> 2B (26,66 %)	<i>Cyartonema germanicum</i> 1A (24,44 %)	<i>Cobbia truncate</i> 1B (22,22 %)
JL15	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (19 %)	<i>Paramonohystera pilosa</i> 1B (18 %)	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (17 %)	<i>Oncholaimus campylocercoides</i> 2B (25,49 %)	<i>Cyartonema germanicum</i> 1A (17,64 %)	<i>Cobbia truncate</i> 1B (11,76 %)
JL25	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (17 %)	<i>Oncholaimus campylocercoides</i> 2B (8 %)	<i>Spirinia sp.</i> 1A (9 %)	<i>Oncholaimus campylocercoides</i> 2B (41,31 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (13,04 %)	<i>Cobbia truncate</i> 1B (8,69 %)
AT15	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (47 %)	<i>Calomicrolaimus honestus</i> 2A (27 %)	<i>Metachromadora sp.</i> 2A (5 %)	<i>Oncholaimus campylocercoides</i> 2B (52,50 %)	<i>Odontophora villosi</i> 2A (17,50 %)	<i>Stylotheristus mutilus</i> 1B (7,50 %) <i>Theristus denticulatus</i> 1B (7,50 %)
AT25	<i>Calomicrolaimus honestus</i> 2A (52 %)	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (28 %)	<i>Metachromadora sp.</i> 2A (6 %)	<i>Odontophora villosi</i> 2A (39,36 %)	<i>Oncholaimus campylocercoides</i> 2B (22,95 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (19,67 %)
SP15	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (23 %)	<i>Paramonohystera pilosa</i> 1B (14 %) <i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (14 %)	<i>Spirinia sp.</i> 1A (8 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (68 %)	<i>Odontophora villosi</i> 2A (9 %)	<i>Sabatieria punctata</i> 1B (7 %)
SP25	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (17 %)	<i>Calomicrolaimus honestus</i> 2A (10 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (9 %)	<i>Oncholaimus campylocercoides</i> 2B (36 %)	<i>Odontophora villosi</i> 2A (33,34 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (12 %)
SP35	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (22 %)	<i>Daptonema normandicum</i> 1B (13 %)	<i>Ptycholaimellus punctatus</i> 2A (10 %) <i>Spirinia sp.</i> 1A (10 %)	<i>Oncholaimus campylocercoides</i> 2B (29,17 %)	<i>Odontophora villosi</i> 2A (22,91 %)	<i>Paracanthionchus heterodontus</i> 2A (16,66 %)
OC15	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (17 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (10 %)	<i>Oncholaimus campylocercoides</i> 2B (8 %)	<i>Sabatieria punctata</i> 1B (47 %)	<i>Oncholaimus campylocercoides</i> 2B (18 %)	<i>Odontophora villosi</i> 2A (11 %)
OC25	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (31 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (19 %)	<i>Metachromadora sp.</i> 2A (8 %)	<i>Sabatieria punctata</i> 1B (36 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (22 %)	<i>Odontophora villosi</i> 2A (17 %)
NV15	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (54 %)	<i>Mesacanthion monhystra</i> 2B (22 %)	<i>Leptolaimus sp.</i> 1B (4 %)	<i>Sabatieria punctata</i> 1B (53 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (16 %)	<i>Odontophora villosi</i> 2A (6 %) <i>Daptonema trabeculosum</i> 1B (6 %)
NV25	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (26 %) <i>Calomicrolaimus honestus</i> 2A (26 %)	<i>Paracyatholamus pugettensis</i> 2A (15 %)	<i>Metachromadora sp.</i> 2A (10 %)	<i>Sabatieria punctata</i> 1B (33 %)	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> 2A (15 %)	<i>Odontophora villosi</i> 2A (10 %)

Tableau III. Comparaisons inter-stations par le test Z des proportions de chacun des quatre groupes trophiques 1A, 1B, 2A et 2B relatifs aux deux nématocénoses prospectées dans la baie de Bizerte. Les différences significatives ( $p < 0,05$ ) sont en gras.

Prospections	Groupes trophiques			
	1A	1B	2A	2B
NV04	Z  = 3,244 ; p = 0,001	Z  = 6,364 ; p < 0,0001	Z  = 1,927 ; p = 0,054	Z  = 3,919 ; p < 0,0001
DC14	Z  = 1,421 ; p = 0,155	Z  = 9,271 ; p < 0,0001	Z  = 4,587 ; p < 0,0001	Z  = 5,426 ; p < 0,0001
DC24	Z  = 0,582 ; p = 0,561	Z  = 8,487 ; p < 0,0001	Z  = 0,195 ; p = 0,845	Z  = 9,255 ; p < 0,0001
JV15	Z  = 0,829 ; p = 0,407	Z  = 8,204 ; p < 0,0001	Z  = 2,944 ; p = 0,003	Z  = 6,316 ; p < 0,0001
JV25	Z  = 1,421 ; p = 0,155	Z  = 6,819 ; p < 0,0001	Z  = 2,835 ; p = 0,005	Z  = 3,830 ; p = 0,000
FV15	Z  = 2,265 ; p = 0,024	Z  = 7,323 ; p < 0,0001	Z  = 1,122 ; p = 0,262	Z  = 7,762 ; p < 0,0001
FV25	Z  = 1,745 ; p = 0,081	Z  = 8,964 ; p < 0,0001	Z  = 5,298 ; p < 0,0001	Z  = 4,320 ; p < 0,0001
MS15	Z  = 1,745 ; p = 0,081	Z  = 1,720 ; p = 0,085	Z  = 2,799 ; p = 0,005	Z  = 3,569 ; p = 0,000
MS25	Z  = 2,306 ; p = 0,021	Z  = 0,053 ; p = 0,958	Z  = 2,133 ; p = 0,033	Z  = 0,816 ; p = 0,414
AV15	Z  = 4,150 ; p < 0,0001	Z  = 8,097 ; p < 0,0001	Z  = 0,106 ; p = 0,916	Z  = 10,748 ; p < 0,0001
AV25	Z  = 1,244 ; p = 0,213	Z  = 6,412 ; p < 0,0001	Z  = 3,440 ; p = 0,001	Z  = 5,031 ; p < 0,0001
AV35	Z  = 4,683 ; p < 0,0001	Z  = 4,520 ; p < 0,0001	Z  = 4,058 ; p < 0,0001	Z  = 4,976 ; p < 0,0001
MA15	Z  = 2,910 ; p = 0,004	Z  = 0,480 ; p = 0,631	Z  = 4,233 ; p < 0,0001	Z  = 2,800 ; p = 0,005
MA25	Z  = 0,620 ; p = 0,535	Z  = 5,758 ; p < 0,0001	Z  = 2,620 ; p = 0,009	Z  = 4,310 ; p < 0,0001
JN15	Z  = 2,646 ; p = 0,008	Z  = 7,745 ; p < 0,0001	Z  = 4,818 ; p < 0,0001	Z  = 4,109 ; p < 0,0001
JN25	Z  = 3,716 ; p = 0,000	Z  = 3,909 ; p < 0,0001	Z  = 3,814 ; p = 0,000	Z  = 3,805 ; p = 0,000
JL15	Z  = 0,911 ; p = 0,362	Z  = 0,411 ; p = 0,681	Z  = 0,209 ; p = 0,835	Z  = 0,543 ; p = 0,587
JL25	Z  = 1,121 ; p = 0,262	Z  = 1,164 ; p = 0,245	Z  = 4,396 ; p < 0,0001	Z  = 3,937 ; p < 0,0001
AT15	Z  = 0,000 ; p = 1,000	Z  = 2,357 ; p = 0,018	Z  = 1,194 ; p = 0,232	Z  = 0,285 ; p = 0,776
AT25	Z  = 0,000 ; p = 1,000	Z  = 0,809 ; p = 0,0418	Z  = 0,579 ; p = 0,563	Z  = 1,012 ; p = 0,312
SP15	Z  = 2,791 ; p = 0,005	Z  = 1,639 ; p = 0,101	Z  = 6,838 ; p < 0,0001	Z  = 5,303 ; p < 0,0001
SP25	Z  = 2,007 ; p = 0,045	Z  = 3,086 ; p = 0,002	Z  = 1,651 ; p = 0,099	Z  = 1,529 ; p = 0,126
SP35	Z  = 2,910 ; p = 0,004	Z  = 4,284 ; p < 0,0001	Z  = 4,180 ; p < 0,0001	Z  = 0,984 ; p = 0,325
OC15	Z  = 1,003 ; p = 0,316	Z  = 4,820 ; p < 0,0001	Z  = 1,661 ; p = 0,097	Z  = 3,256 ; p = 0,001
OC25	Z  = 1,745 ; p = 0,081	Z  = 4,836 ; p < 0,0001	Z  = 0,427 ; p = 0,669	Z  = 5,176 ; p < 0,0001
NV15	Z  = 1,421 ; p = 0,155	Z  = 8,839 ; p < 0,0001	Z  = 5,239 ; p < 0,0001	Z  = 4,103 ; p < 0,0001
NV25	Z  = 0,000 ; p = 1,000	Z  = 7,699 ; p < 0,0001	Z  = 6,989 ; p < 0,0001	Z  = 0,452 ; p = 0,651

### 3. Comparaison entre les deux stations

Les deux suivis, sur les stations 1 et 2, ont montré des cinétiques différentes en terme de proportions des différents groupes trophiques. Les comparaisons inter-stations de ces proportions par le test Z à chacune des 27 campagnes effectuées ont révélé 11 différences significatives chez les détritivores sélectifs (1A), 21 chez les détritivores non-sélectifs (1B), 17 chez les brouteurs d'épistrates (2A) et 20 chez les omnivores-carnivores (2B) (Tab. III).

En tenant compte du nombre de différences significatives, seuls les nématodes 1B et 2B paraissent utilisables dans le but de rechercher de bons rapports trophiques pour la biosurveillance du stress pétrolier.

#### Indice de diversité et rapports trophiques

##### 1. Station 1

Les valeurs de l'indice de diversité trophique ont oscillé entre 0,27 (JL15) et 0,68 (NV25) (Fig. 3). Quatre parmi les cinq rapports trophiques pris en considération, à savoir, 1A/1B, 1A/2B, 1B/2B et (1A+1B)/2B, ont été de loin

indépendants des variables environnementales. Seul le rapport 1B/2A, variant de 0,01 (JN15) à 2,15 (MA15), a été significativement associé à la charge sédimentaire en matière organique totale ( $r = -0,41$  ;  $p = 0,032$ ).

##### 2. Station 2

L'indice de diversité trophique a évolué d'un minimum de 0,26 (JL15) à un maximum de 0,66 (JV15 et SP15) (Fig. 3). Cette variabilité semble périodique et calquée sur les cycles temporels de l'oxygénation ( $r = 0,55$  ;  $p = 0,003$ ) et de la salinité ( $r = -0,48$  ;  $p = 0,010$ ). Ceci a été également enregistré pour les rapports trophiques 1A/1B (température :  $r = 0,44$  ;  $p = 0,019$ , oxygène dissous :  $r = -0,51$  ;  $p = 0,006$ , turbidité :  $r = -0,48$  ;  $p = 0,010$ ), 1B/2A (profondeur :  $r = 0,59$  ;  $p = 0,001$ , température :  $r = -0,58$  ;  $p = 0,001$ , oxygène dissous :  $r = 0,46$  ;  $p = 0,015$ , salinité :  $r = -0,66$  ;  $p = 0,000$ ), 1B/2B (profondeur :  $r = 0,38$  ;  $p = 0,047$ , température :  $r = -0,52$  ;  $p = 0,005$ , oxygène dissous :  $r = 0,43$  ;  $p = 0,024$ , salinité :  $r = -0,49$  ;  $p = 0,009$ ), 1A/2B (turbidité :  $r = -0,51$  ;  $p = 0,006$ ) et (1A + 1B)/2B (température :  $r = -0,49$  ;  $p = 0,009$ , salinité :  $r = -0,46$  ;  $p = 0,014$ ).

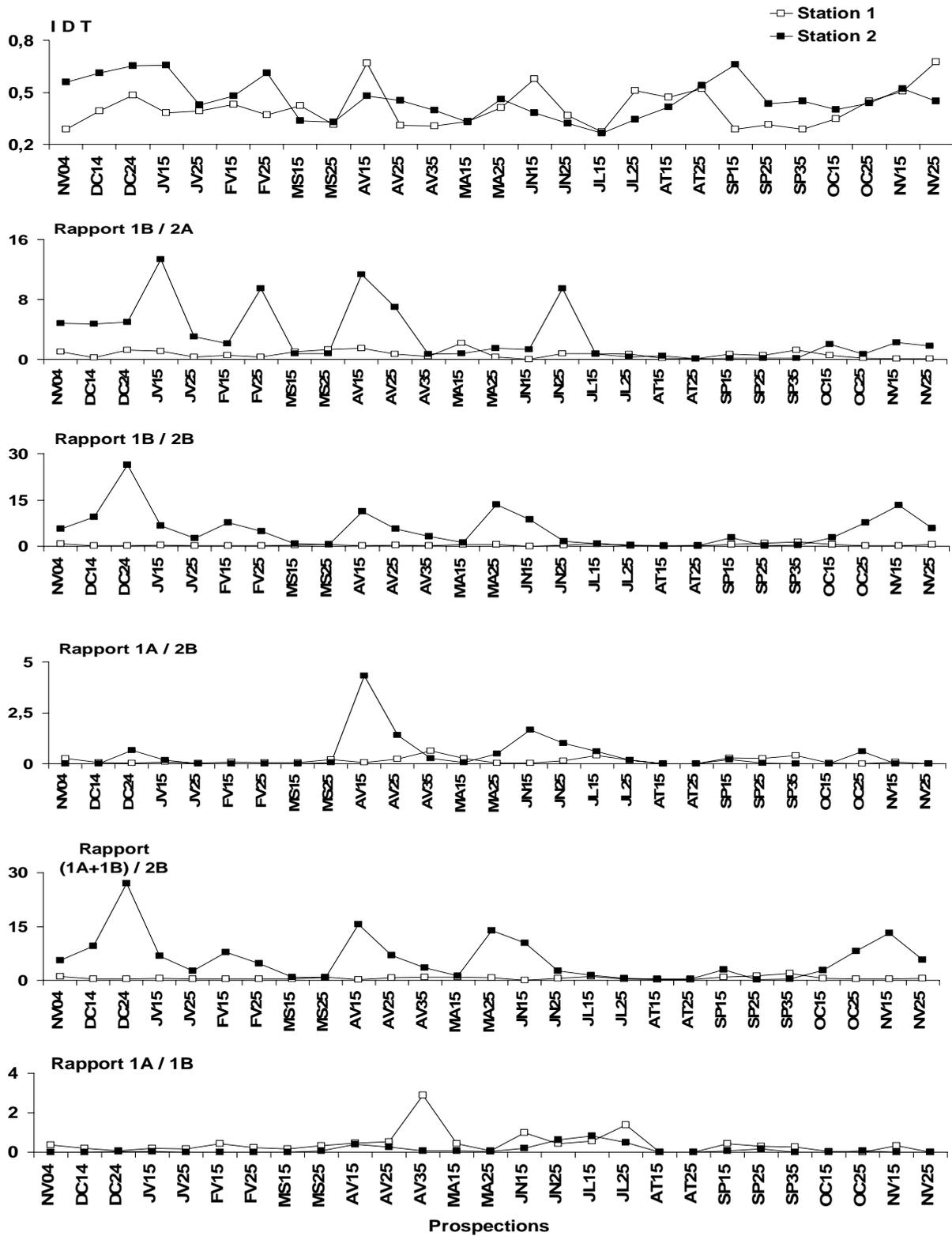


Figure 3. Evolutions spatio-temporelles des descripteurs trophiques chez les deux assemblages nématologiques prospectés dans la baie de Bizerte.

### 3. Comparaison des deux sites

Une absence d'un cycle saisonnier net semble être confirmée chez la nématofaune de la station 1 (Fig. 3). A la station 2, il a été plus facile de noter une périodicité saisonnière pour l'indice de diversité et les rapports

trophiques (Fig. 3). La nématocénose issue de la station 1 paraît être relativement plus diversifiée sur le plan trophique car l'indice de diversité trophique est plus élevé que la station 2 à 17 occasions. Le rapport 1B/2A a été en faveur des nématodes libres de la station 2 pendant 19 prospections.

## DISCUSSION

A la lumière des résultats obtenus sur le plan physico-chimique, une mauvaise qualité caractérise nettement les sédiments issus de la station 2 par rapport à ceux relatifs à la station 1. Par ailleurs, il a été noté une similarité spatio-temporelle dans les évolutions des paramètres hydrologiques, de la porosité des sédiments et de leur proportion en fraction grossière.

Sur le plan trophique, les omnivores-carnivores (2B), nématodes corpulents occupant le sommet des chaînes alimentaires, ont été abondants au niveau des sédiments de bonne qualité de la plage Rimel. En revanche, les sédiments de la station située en face de l'unité de raffinage, caractérisés par leur richesse en matière organique et en produits pétroliers, ont été plus peuplés par les détritivores non-sélectifs (1B).

En considérant les quatre rapports nouvellement proposés dans le présent travail, seul le rapport 1A/2B a été peu pertinent pour révéler que la nématofaune de la station 2 était plus stressée que celle de la station 1. Les trois autres rapports [1A/1B, 1B/2B et (1A+1B)/2B] ont été associés à des comparaisons généralement en faveur de la station 1 pour le premier rapport (22 occasions) et en faveur de la station 2 pour les deux autres (24 occasions). Nos résultats paraissent indiquer que, contrairement aux rapports trophiques 1A/1B, 1B/2B et (1A+1B)/2B, le rapport 1A/2B, l'indice de diversité trophique et le rapport 1B/2A ont été les moins efficaces en biosurveillance du stress organo-pétrolier. Trois réponses trophiques s'avèrent envisageables en fonction de la source de stress :

### *Matière organique dissoute :*

Il est connu que les détritivores sélectifs constituent les consommateurs de la matière organique dissoute ce qui impose leur intégration dans tout éventuel rapport trophique de biosurveillance pour ce type de stress organique. Nous optons dans ce cas pour les rapports 1A/2B et 1A/1B pour lesquels une augmentation est attendue en conditions de stress.

### *Matière organique particulaire :*

Ce type de matière organique est particulièrement consommé par les détritivores sélectifs. Nous avons ainsi proposé le rapport 1B/2B comme un éventuel indice qui évoluerait dans le même sens que la charge sédimentaire en particules organiques. En revanche, la surcharge organique dans les sédiments sera traduite par une réduction du rapport 1A/1B.

### *Source de stress organique inconnue ou mixte :*

Lorsqu'il est difficile de connaître la source du stress organique ou que la matière organique sédimentaire est mixte (à la fois dissoute et particulaire), nous suggérons de rassembler les deux catégories de détritivores ; la somme de leurs proportions respectives sera divisée par celle des omnivores-carnivores : (1A+1B)/2B.

## CONCLUSION

A la lumière des résultats obtenus sur le plan physico-chimique, une mauvaise qualité a été nettement caractérisée

les sédiments issus de la station 2 par rapport à ceux relatifs à la plage Rimel (Station 1). Par ailleurs, il a été noté une similarité spatio-temporelle dans les évolutions des paramètres hydrologiques, de la porosité des sédiments et de leur proportion en fraction grossière.

Sur le plan trophique, les omnivores-carnivores (2B), nématodes corpulents occupant le sommet des chaînes alimentaires, ont été abondants au niveau des sédiments de bonne qualité de la plage Rimel. En revanche, les sédiments de la station 2, caractérisés par leur richesse en matière organique et en produits pétroliers, ont été plus peuplés par les détritivores non-sélectifs (1B).

Dans ce travail, quatre nouveaux rapports trophiques ont été proposés et utilisés pour la première fois en biosurveillance [1A/2B ; 1A/1B ; 1B/2B et (1A + 1B)/2B]. Sous stress organo-pétrolier, seuls les trois derniers rapports se sont avérés assez efficaces pour décrire l'état du milieu.

**Remerciements.** Nous exprimons notre reconnaissance aux professeurs Guy Boucher et Pierre Vitiello pour leur aide et pour leurs conseils éclairés lors des identifications spécifiques de la nématofaune.

## Références

- Accornero A., Manno C., Arrigo K.R., Martini A. & Tucci S. 2003. The vertical flux of particulate matter in the polynya of Terra Nova Bay. Part I. *Chem. Antarct. Sci.*, 15, 119-132.
- Albertini-Berhaut J. 1974. Biologie des stades juvéniles des Téléostéens Mugilidae *Mugil auratus* R 1810 *Mugil capito* C 1829 et *Mugil saliens* R 1810. II. Modification du régime alimentaire en relation avec la taille. *Aquaculture*, 4, 13-27.
- Buchanan J.B. 1984. Sediment analysis. In: Holmes N.A. & McIntyre A.D. (eds) - *Methods for the study of marine benthos*, Blackwell, pp. 41-65.
- Burgess R., Sharma J., Carr R.S. & Montagna P. 2005. Assessment of storm water outfalls in Corpus Christi Bay, Texas, USA using meiofauna. *Meiofauna Marina*, 14, 157-169.
- Danovaro R., Fabiano M. & Vincx M. 1995. Meiofauna response to the Agip Abruzzo oil spill in subtidal sediments of the Ligurian Sea. *Mar. Poll. Bull.*, 39, 2, 133-145.
- Fabiano M. & Danovaro R. 1994. Composition of organic matter in sediment facing a river estuary (Tyrrhenian Sea): relationships with bacteria and microphytobenthic biomass. *Hydrobiologia*, 277, 71-84.
- Fitzhugh G.R. & Fleeger J.W. 1985. Goby (Pisces: Gobiidae) interactions with meiofauna and small macrofauna. *Bull. Mar. Sci.*, 36, 3, 436-444.
- Gerlach S.A. 1978. Food-chain relationships in subtidal silty sand marine sediments and the role of meiofauna in stimulating bacterial productivity. *Oecologia*, Berlin, 33, 55-69.
- Guo Y., Somerfield P.J., Warwick R.M. & Zhang Z. 2001. Large-scale patterns in the community structure and biodiversity of freeliving Nematodes in the Bohai Sea, China. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 81, 755-763.
- Heip C., Vincx M. & Vranken G., 1985. The ecology of marine nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 23, 79-81.
- Koop K. & Griffiths C.L. 1982. The relative significance of Bacteria, Meio and macrofauna on an exposed sandy beach. *Mar. Biol.*, 66, 295-300.
- Lambshhead P.D.J. 1986. Sub-catastrophic sewage contamination as revealed by marine nematode faunal analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 29, 247-260.
- Moens T. & Vincx M. 1997. Observations on the feeding ecology of estuarine nematodes. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 77, 211-227.

- Neira C., Sellanes J., Levin L. & Arntz W. 2001. Meiofaunal distributions on the Peru margin: relationship to oxygen and organic matter availability. *Deep-sea Res. I*, 48, 2453-2472.
- Nehring S. 1992a. Die Vegetarier unter den freilebenden Nematoden. 1. Die Aufwuchsfresser. *Mikrokosmos*, 81, 135-140.
- Nehring S. 1992b. Die Vegetarier unter den freilebenden Nematoden. 2. Die Depositfresser. *Mikrokosmos*, 81, 260-266.
- Riemann F. & Schrage M. 1978. The mucus-trap hypothesis on feeding of aquatic nematodes and implications for biodegradation and sediment texture. *Oecologia*, 34, 75-88.
- Rivain V. 1984. Etude expérimentale de l'action d'un prédateur endogé sur le méiobenthos temporaire. *Oceanis*, 10, 3, 259-277.
- Vitiello P. & Dinet A. 1979. Définition et échantillonnage du méiobenthos. *Rapp. P.V. Comm. int. Explr. Scient. Mer Méd.*, 25/26, 4, 279-283.
- Warwick R.M. & Price R. 1979. Ecological and metabolic studies on free-living nematodes from an estuarine sand flat. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 9, 257-271.
- Wieser W. 1953. Die Beziehung zwischen Mundhöhlengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden marinen Nematoden. *Arkiv für Zoologie*, 2, 439-484.

*Manuscrit reçu le 15 avril 2010*

*Version modifiée acceptée le 2 novembre 2010*