

IMPACT D'UN LUBRIFIANT MINERAL SUR LA STRUCTURE TROPHIQUE DES PEUPELEMENTS DE NEMATODES LIBRES MARINS DE LA LAGUNE DE GHAR EL MELH: ETUDE MICROCOSMIQUE

Héla LOUATI*, A. SOLTANI, H. BEYREM, P. AÏSSA et E. MAHMOUDI

Laboratoire de Biosurveillance de l'Environnement, Unité d'Ecologie côtière et d'Ecotoxicologie.

Faculté des Sciences de Bizerte, Zarzouna 7021.Tunisie

Fax : 216 72 590 566.

* *hela.louati@yahoo.fr*

ملخص

تأثير زيت معدني على التركيبة الغذائية لتجمعات الديدان الخيطية الحرة ببحيرة غار الملح: دراسة في وسط تجريبي
أجرينا دراسة في وسط تجريبي لمعرفة تأثير زيت معدني قبل و بعد استعماله في محرك سيارة على التركيبة الغذائية لتجمعات الديدان الخيطية الحرة المتأتية من بحيرة غار الملح.
تم استعمال جرعة واحدة من الزيت المعدني (1مغ/ كغ) في الرواسب لتقييم تأثيرات هذا الملوث بعد 40 يوما من التعرض له. بينت النتائج المتحصل عليها أن المستهلكات غير المنتقبة للرواسب (1B) الأكثر كثافة في الوسط الشاهد كانت الاشد تأثرا حيث تراجعت تراجعا معبرا بعد تعرضها للزيت قبل و بعد استعماله.
أما المستهلكات المنتقبة للرواسب (1A) التي تزايدت كثافتها بطريقة معبرة في الأوساط المعالجة بالزيت المعدني فهي تعتبر مقاومة لهذا الملوث و انتهازية لتراجع المجموعات الغذائية الأخرى.
أما أكالات الأبيسترات (2A) فقد كانت أكثر كثافة في الأوساط المعالجة من الوسط الشاهد. بينت النتائج أن الديدان الخيطية الكالشة المفترسة (2B) كانت الأكثر تأثرا بالزيت المعدني قبل استعماله.
كما سجل تراجعا معبرا للمؤشر الغذائي ($\Sigma\theta^2$) و للكسر 1B/2A في كل الأوساط المعالجة بالزيت المعدني.
كلمات مفاتيح : الديدان الخيطية الحرة، التركيبة الغذائية، زيت معدني، وسط تجريبي ، تلوث الرواسب.

RESUME

Une étude microcosmique a été effectuée pour examiner l'influence d'un lubrifiant minéral avant et après son utilisation dans un moteur de véhicule sur la structure trophique de la communauté de nématodes libres originaire de la lagune de Ghar El Melh. Une concentration de 1mg kg^{-1} de sédiment a été testée pour évaluer l'effet du polluant après 40 jours d'exposition.

Les résultats de l'étude ont révélé que les consommateurs non sélectifs (1B), les plus abondants dans le microcosme témoin, ont été très affectés et leur dominance a diminué significativement sous l'effet de la contamination par le lubrifiant minéral avant ou après usage. Les détritivores sélectifs (1A) dont la dominance augmente significativement au niveau des microcosmes traités avec le lubrifiant minéral sont plus résistants au contaminant et profitent de la raréfaction des autres groupes trophiques. Les brouteurs d'épistates (2A) ont été plus abondants dans tous les microcosmes traités par rapport au témoin. Les omnivores-prédateurs (2B) ont été peu sensibles à cette contamination et paraissent plus perturbés par le lubrifiant non usagé (propre).

L'index trophique ($\Sigma\theta^2$) et le rapport 1B/2A ont été significativement réduits dans tous les microcosmes traités avec le lubrifiant minéral qu'il soit « propre » ou usagé.

Mots-clés : nématodes libres, structure trophique, lubrifiant minéral, microcosmes, contamination sédimentaire.

ABSTRACT

Impact of mineral lubricant on the trophic structure of free-living nematode communities: microcosm experimentation. A microcosm experimentation was carried out to evaluate the influence of mineral lubricant before and after its use on the trophic structure of a free-living nematode communities from a Tunisian lagoon (Ghar El Melh). A concentration of 1mg kg^{-1} of the pollutant was tested to evaluate its effects after 40 days of exposition.

The results obtained revealed that the not selective deposit feeders (1B), most abundant in control microcosm, were very affected and their abundance decreases significantly in response to mineral-oil contamination. Selective deposit feeders (1A) showed significantly increase in dominance before and after use of the lubricant and seemed more resistant to this contaminant. The diatom feeders (2A) were more abundant in treated microcosms. The omnivores-predators (2B) seemed to be not sensitive to the contaminant and were affected by the lubricant added before use.

The trophic index ($\Sigma\theta^2$) and the 1B/2A ratio have significantly decreased for all microcosms treated with mineral lubricant.

Key words: free-living nematodes, trophic structure, mineral lubricant, microcosm, sedimentary contamination.

INTRODUCTION

Les lubrifiants, de plus en plus utilisés dans diverses activités humaines, comptent de nos jours parmi les éléments les plus toxiques pour l'environnement marin. Leurs effets toxiques touchent tous les organismes vivants (Thompson *et al.*, 2007).

Les principaux lubrifiants utilisés dans les véhicules sont synthétiques et à base minérale et ont été à l'origine de nombreux problèmes écologiques (Korte et Boedefeld, 1978 ; Vazquez-Duhalt, 1989 ; ATSDR, 1997). En effet, ces produits contiennent des concentrations élevées en hydrocarbures aromatiques polycycliques (Clonfero *et al.*, 1996 ; Thompson *et al.*, 2006), en additifs, en produits de dégradation et en métaux lourds (Fontana *et al.*, 1996 ; Piyush et Mattiasson, 2007). Ils sont aussi connus pour être fortement mutagènes et toxiques aux organismes aquatiques (Warne et Halder, 1986 ; Vazquez-Duhalt, 1989).

Les travaux relatifs à l'étude de l'impact de la pollution sur les communautés benthiques sont de plus en plus nombreux (Warwick *et al.*, 1988 ; Beyrem, 1999 ; Rapport D. G. P. A., 2000 ; Millward *et al.*, 2004) mais sont rares les travaux consacrés à l'effet des huiles lubrifiantes sur ces communautés (Thompson *et al.*, 2006 ; Powell *et al.*, 2005). Ces études conduites en zones antarctiques alors qu'elles sont rares en zones méditerranéennes où les nématodes libres constituent le taxon prédominant de la méiofaune. Ces nématodes sont de bons indicateurs de perturbations anthropiques et de changements environnementaux (Boucher *et al.*, 1984 ; Danovaro *et al.*, 1995 ; Beyrem et Aïssa, 2000 ; Mahmoudi *et al.*, 2003).

La structure trophique des peuplements de nématodes libres a été étudiée en réponse (i) -à la nature du sédiment (Lorenzen, 1974 ; Juario, 1975 ; Tietjen, 1977 ; Boucher, 1979), (ii) - à l'enrichissement en matière organique (Platt, 1977 ; Schratzberger *et al.*, 2000), (iii) -au hydrocarbures (Boucher *et al.*, 1984 ; Danovaro *et al.*, 1995) ou (iv) - au particules alimentaires (Blome *et al.*, 1999). Cependant, l'impact des lubrifiants sur la structure trophique nématologique reste non étudié. Le présent travail constitue une étude préliminaire en vue d'évaluer les effets d'un lubrifiant minéral (Mobil 20W 50, « propre » ou usagé) sur la structure trophique d'un peuplement de nématodes libres marins en microcosmes.

MATERIEL ET METHODES

Du sédiment avec sa méiofaune naturelle a été prélevé dans la lagune de Ghar El Melh (Nord de la Tunisie) en octobre 2006 au niveau d'un site à faciès sableux. Les échantillons de sédiment destinés à l'étude faunistique ont été prélevés à l'aide de carottiers en plexiglas de 10 cm² de section (Vitiello et Aïssa, 1985, Beyrem et Aïssa, 1998). Le sédiment avec une médiane de 39 µm est composé principalement de silt (40%) et d'argile (21%). Sa teneur en carbone organique est de 1,32% (Mahmoudi *et al.*, 2007).

Au laboratoire, le sédiment destiné à être contaminé par le lubrifiant minéral a subi une série de congélation/décongélation (trois reprises) pour tuer sa méiofaune (Austen *et al.*, 1994), puis tamisé sur tamis de 63 µm. Dans les microcosmes témoins, 100 g de sédiment dépourvu de méiofaune et non contaminé ont été ajoutés à 200 g de sédiment naturel. Pour les microcosmes traités, des quantités de 100 g de sédiment sec ont été préalablement contaminées avec des doses appropriées du lubrifiant minéral (Mobil 20W 50, « propre » ou usagé) dans le but d'obtenir après mélange avec 200 g de sédiment lagunaire naturel des concentrations finales en ce lubrifiant correspondant à 1 mg kg⁻¹. Cette dose (1 mg kg⁻¹) a été déduite des travaux antérieurs sur la réponse de la nématofaune de la lagune de Ghar El Melh aux hydrocarbures (Mahmoudi *et al.*, 2005). Avant que les microcosmes ne soient installés, les quantités de 100 g de sédiment contaminé ont été conservées pendant une semaine à 5°C pour stabilisation avant le démarrage des expériences. Les microcosmes consistent en des flacons en verre de 2 l. Tous, sauf les témoins, ont été remplis, tout d'abord avec 300 g de sédiment [200 g de sédiment naturel + 100 g (poids sec) de sédiment contaminé] puis avec de l'eau lagunaire préalablement filtrée sur un tamis de 40 µm. Chaque microcosme fonctionne comme un système fermé avec une aération continue assurée par une pompe d'aquarium. La fiabilité des dispositifs expérimentaux comparables a été vérifiée par plusieurs auteurs (Austen *et al.*, 1994, Schratzberger et Warwick, 1998, Mahmoudi *et al.*, 2005). Il a été utilisé trois types de microcosmes dont un témoin et deux traités (un avec le lubrifiant « propre » et l'autre avec le lubrifiant usagé). Pour chaque type de microcosme, quatre replicats ont été considérés. Au bout d'un mois, les nématodes de chaque microcosme ont été extraits par lévigation-tamassage (Vitiello et Dinet, 1979), colorés au rose bengale et conservés dans du formol à 4 % jusqu'à numération sous la loupe binoculaire. Pour la détermination microscopique de la structure trophique en peuplements de nématodes, un nombre de 100 prélevés au hasard ou l'ensemble du peuplement (pour les microcosmes peu peuplés) ont été montés entre lames et lamelles (Vitiello et Aïssa, 1985 ; Beyrem, 1999).

Les catégories alimentaires des nématodes ont été déterminées en se basant sur la morphologie de leur cavité buccale (qui peut présenter différents aspects reflétant une grande variation de régime alimentaire) et en adoptant la classification de Wieser (1953) qui distingue 4 groupes trophiques:

- Les consommateurs sélectifs de dépôts (1A) à cavité buccale absente ou virtuelle, l'animal avale de petites particules par succion œsophagique ;
- Les consommateurs non sélectifs de dépôts (1B) à cavité buccale conique ou cylindrique, sans dents. Les individus peuvent avaler (cas échéant) des diatomées ;
- Les brouteurs d'épistrates (2A) à cavité buccale pourvue de petites dents. La nourriture est grattée ou sucée après perforation de l'aliment consommé ;
- Les omnivores-prédateurs (2B) ayant une large cavité buccale (plus souvent pourvue de grosses et puissantes

dents). La proie est entièrement aspirée ou perforée pour sucer son liquide nutritif.

Aussi, 2 indices de diversité trophique ont été considérés: 1- L'indice de diversité trophique $\Sigma\theta^2$ égal à la somme des carrés des proportions de chaque catégorie trophique, a été calculé pour chaque type de microcosme afin d'évaluer la diversité trophique (Heip *et al.*, 1985 ; Danovaro *et al.*, 1995).

2- le rapport des catégories trophiques 1B/2A largement utilisé peut déterminer la dominance en détritivores non sélectifs par rapport aux mangeurs d'épistrates (Warwick et Price, 1979 ; Lambhead, 1986).

Les analyses statistiques ont été faites selon les méthodes standard d'analyse des communautés décrites par Clarke (1993) et Clarke et Warwick (2001). Le test Anova à un critère de classification (Anova 1) ou test de Kruskal-Wallis (en cas de non homogénéité des variances) ont été utilisés pour mettre en évidence la différence significative globale entre microcosmes pour chaque indice considéré. Les différences significatives en indices par rapport aux témoins ont été identifiées par le test de différence significative de Tukey (Tukey HSD) utilisé pour des comparaisons multiples entre microcosme témoin et d'autres contaminés. Pour tous les traitements statistiques considérés, le seuil de signification est de 5%.

Les analyses multivariées ont été effectuées avec le logiciel PRIMER (Clarke et Gorley, 2001).

L'arrangement des différents types de microcosmes selon la méthode MDS (non-parametric multi-dimensional scaling), réalisé tenant compte des valeurs transformées (racine carrée) en dominances pour chaque catégorie alimentaire, a été utilisé pour évaluer les réponses des communautés en nématodes à l'exposition au lubrifiant minéral. Le coefficient de similarité de Bray-Curtis (Bray et Curtis, 1957) a été utilisé pour construire la matrice de similarité entre les différents microcosmes. Le test d'analyse de similarités (ANOSIM) (Clarke, 1993) a été employé pour la mise en évidence de différences significatives entre communautés de différents microcosmes traités. La procédure SIMPER (similarity percentages) (Clarke, 1993) a été utilisée pour évaluer la contribution des groupes trophiques à la dissimilarité de Bray-Curtis moyenne entre témoin et microcosmes traités.

La classification hiérarchique des microcosmes sur la base de la distance euclidienne (Legendre et Legendre, 1984) en fonction des proportions des catégories trophiques de leurs communautés nématologiques a permis d'associer ceux ayant les plus grandes affinités.

Dans le texte, les codes présentés dans le tableau I sont utilisés pour identifier les différents microcosmes.

RESULTATS

1/ Analyses univariées

La représentation graphique en proportions de catégories trophiques dans chacun des microcosmes considérés, indique que les groupes trophiques des assemblages

nématologiques sont différemment affectés par le lubrifiant minéral (Fig.1).

Tableau I. Codes utilisés pour identifier les différents microcosmes.

Traitement	Code
Sédiment non contaminé	C
Sédiment avec concentration finale en lubrifiant minéral « propre » égale à 1 mg kg ⁻¹	CML
Sédiment avec concentration finale en lubrifiant minéral usagé égale à 1 mg kg ⁻¹	UML

Ainsi, les consommateurs non sélectifs de dépôts (1B) (catégorie trophique la mieux représentée (65,65 %) du microcosme témoin) ne sont plus dominants pour les microcosmes exposés au lubrifiant usagé (15,48 %). Les omnivores-prédateurs (2B) (deuxième en dominance dans le microcosme témoin) ont diminué dans le microcosme (CML) (7,66 %). Ce groupe trophique a représenté 31,25 % du peuplement exposé au lubrifiant usagé pour 18,96 % dans le microcosme témoin. La dominance des brouteurs d'épistrates (2A) a significativement augmenté dans les microcosmes traités par le lubrifiant minéral « propre » ou usagé (respectivement 42,04 % et 16,84 %) par rapport au témoin (8,14 %). L'abondance relative en consommateurs sélectifs de dépôts (1A), moins fréquents dans le microcosme témoin (5,47 %), s'est aussi significativement accrue dans les microcosmes traités par deux catégories de lubrifiant minéral avant ou après usage [13,5 % (CML) et 36,42 % (UML)].

Les valeurs prises par les indices d'analyses univariées (Fig. 2) considérés pour décrire la structure trophique de chaque communauté nématologique, montrent une nette différence entre le microcosme témoin et ceux traités par le lubrifiant minéral notamment pour le rapport trophique.

L'indice de diversité trophique $\Sigma\theta^2$ a montré sa plus faible valeur pour le peuplement nématologique des microcosmes (UML). Son maximum (0,47) a été noté au niveau des microcosmes témoins (C), traduisant la prédominance d'une catégorie alimentaire, celle des détritivores non sélectifs de dépôt (1B).

Les valeurs du rapport trophique 1B/2A ont diminués pour les deux types de microcosmes contaminés par le lubrifiant avant (CML) ou après usage (UML) par rapport aux microcosmes témoins (C). Au niveau de ces microcosmes contaminés, les détritivores non sélectifs (1B) sont faiblement représentés par rapport aux mangeurs d'épistrates (2A).

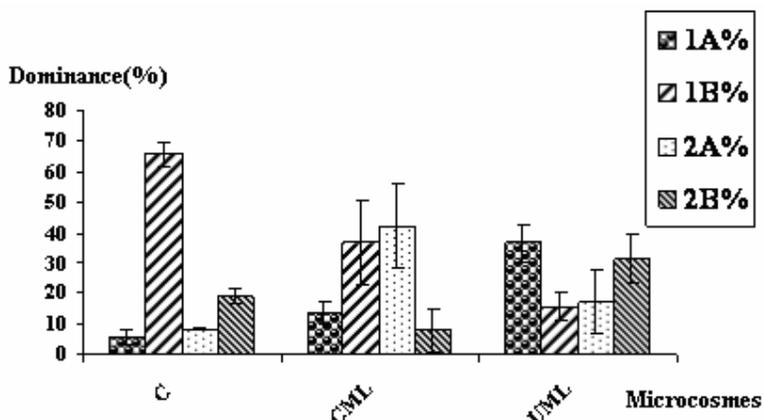


Figure 1 : Dominances moyennes des groupes trophiques en nématodes libres recensés dans le microcosme témoin (C) , microcosmes contaminés par le lubrifiant minéral « propre » (CML) et microcosmes contaminés par le lubrifiant minéral après usage (UML).

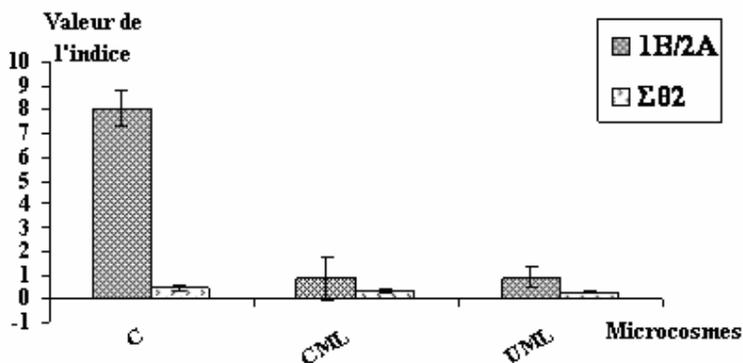


Figure 2 : Valeurs des indices des analyses univariées calculés pour la communauté des nématodes libres du microcosme témoin (C) et de celles des microcosmes contaminés par le lubrifiant minéral « propre » (CML) ou usagé (UML). 1B/2A = rapport des groupes trophiques 1B/2A, $\Sigma\theta^2$ = index trophique.

Les résultats d’analyses statistiques par le test Anova d’ordre 1 indiquent que la contamination par le lubrifiant minéral a engendré des modifications globales significatives de la structure trophique de la communauté en nématodes libres ($p < 0,05$). Le test de Tukey (Tukey HSD), utilisé pour des comparaisons multiples entre le témoin et les microcosmes traités, montrent des différences significatives pour la plupart des indices des microcosmes traités par rapport au microcosme témoin (Tableau II). Ainsi, l’index trophique ($\Sigma\theta^2$) a été significativement affecté par le lubrifiant minéral que ce soit « propre » ou usagé. Par ailleurs, la valeur du rapport 1B/2A a été significativement réduite dans tous les microcosmes traités avec le lubrifiant minéral. + : augmentation de la valeur de l’indice de l’analyse univariée; - : réduction de la valeur de l’indice de l’analyse univariée; ns: différence non significative à $p < 0,05$. 1A, 1B, 2A et 2B = abondances des principaux groupes trophiques, $\Sigma\theta^2$ = index trophique, 1B/2A = rapport des groupes trophiques. De plus, selon le test de Tukey (Tukey HSD) des différences significatives entre témoin et microcosmes contaminés par le lubrifiant

minéral « propre » ou usagé pour les groupes trophiques 1A (p respectivement égal à (0,0003 et 0,0001) et 1B

Tableau II. Résultats de l’analyse statistique par le test de la différence significative de Tukey (Tukey HSD).

Microcosme	Effets du traitement par le polluant sur les indices des analyses univariées de la structure trophique de la communauté nématologique
CML	1A : +, 1B : -, 2A : +, 2B : ns, $\Sigma\theta^2$: -, 1B/2A : -
UML	1A : +, 1B : -, 2A : ns, 2B : ns, $\Sigma\theta^2$: -, 1B/2A : -

(p respectivement égal à 0,0031 et 0,0002). L’augmentation des abondances en consommateurs d’épistrate (2A) est significative pour les microcosmes (CML) ($p = 0,0029$) et non significative dans les microcosmes (UML) alors que les omnivores-prédateurs

(2B), moins abondants au niveau des microcosmes (CML), ont été aussi omniprésents.

2/Analyses graphiques

Le regroupement des différents replicats considérés sur la base de la distance euclidienne en fonction de l'abondance des différentes catégories trophiques pour les communautés de nématodes permet de distinguer deux groupes de microcosmes (Fig. 3) :

1- Rassemble le peuplement témoin et celui contaminé par le lubrifiant « propre » qui se caractérisent par la dominance en consommateurs non sélectifs de dépôts (1B). Les brouteurs d'épistrates (2A) ont été moins abondants dans ces microcosmes. Les proportions des autres catégories alimentaires, plus faibles, varient entre 5,47 % et 18,96 %.

2- Groupe les microcosmes traités par le lubrifiant minéral usagé, dominé par les détritivores sélectifs de dépôts (1A) et les omnivores-prédateurs (2B) et montrant une chute remarquable des consommateurs non sélectifs de dépôts.

3/ Analyses multivariées

Les résultats d'arrangement pour différents types de microcosmes selon la méthode MDS (Fig. 4) montrent que la contamination par le lubrifiant minéral a modifié la structure trophique de la communauté nématologique. Les replicats de tous les microcosmes contaminés par de l'huile minérale non usagée ou usagée sont bien distincts du témoin.

Les résultats de l'analyse de similarité (ANOSIM) confirment ceux obtenus par la méthode MDS. Ainsi, dans tous les microcosmes contaminés par le lubrifiant minéral, la structure trophique a été modifiée significativement (p<0,05).

Les résultats de la procédure SIMPER (Similarity Percentages) montrent une dissimilarité moyenne par rapport au témoin plus élevée dans les replicats traités par le lubrifiant usagé (Tableau III).

Le microcosme témoin (C) a été dominé par les consommateurs non sélectifs de dépôt (1B) (65,65%), les

omnivores-prédateurs (2B) (18,96%) et les brouteurs d'épistrates (2A) (8,14 %). Dans ce microcosme, les 1B ont été essentiellement représentés par *Daptonema trabeculosum* (34,68%) et *Araeolaimus bioculatus* (27,43%) ; les 2B par trois espèces [*Bathylaimus australis* (10,58%), *Oncholaimus campylocercoïdes* (8,13%), *Viscosia franzii* (0,25%)] et les 2A par *Maryllynnia stekhoveni* (1,84%) et *Camacolaimus tardus* (1,07%).

Dans les replicats contaminés par le lubrifiant minéral « propre »(CML), les mangeurs d'épistrates (2A) (42,04%), les consommateurs non sélectifs de dépôt (1B) (36,79%) et les détritivores sélectifs (1A) (13,50%) ont été dominants. Dans ce microcosme, la catégorie trophique (1A) a été représentée seulement par trois espèces [*Spirinia gerlachi* (12,64%), *Nannolaimus fucus* (0,15%), *Terschellingia longicaudata* (0,71%)].

Les replicats UML ont été dominés par les détritivores sélectifs (1A) (36,42%) essentiellement représentés par *Spirinia gerlachi* (32,15%) et les omnivores-prédateurs (2B) représentés uniquement par l'espèce *Bathylaimus australis* (31,25%) (Tableau IV).

Les différences significatives relevées entre la structure trophique des communautés nématologiques des microcosmes traités par le lubrifiant minéral et celle du témoin sont le résultat de modifications de l'abondance des groupes trophiques dominants (Tableau IV). Ainsi, la réduction des abondances des consommateurs non sélectifs de dépôts (1B) et des omnivores-prédateurs (2B) et l'augmentation de celles des mangeurs d'épistrates (2A) ont été responsables de la différence significative observée entre les microcosmes (CML) et le témoin (C). Les traitements (UML) ont été caractérisés par l'augmentation des abondances des consommateurs sélectifs de dépôts (1A) et des omnivores-prédateurs (2B) et par la réduction de celle des consommateurs non sélectifs de dépôts (1B).

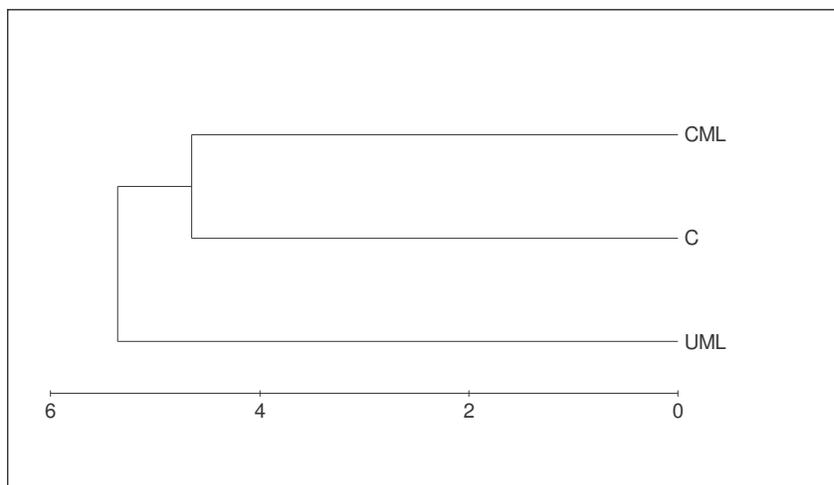


Figure 3 : Regroupement des microcosmes (témoin et contaminés) à la base de la distance euclidienne pour l'abondance en catégories trophiques des peuplements de nématodes.

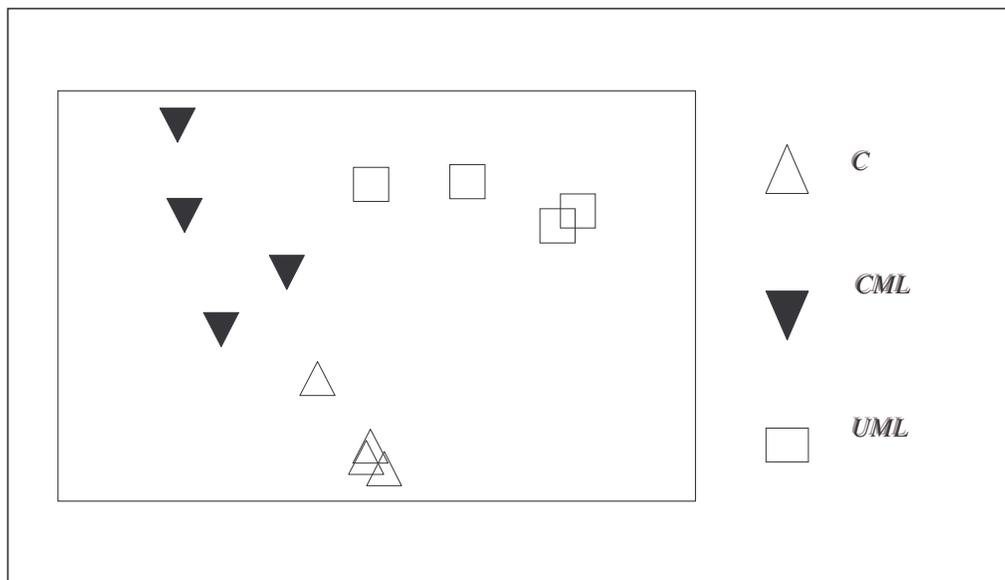


Figure 4 : Arrangement des différents types de microcosmes selon la méthode MDS (non-parametric Multi-Dimensional Scaling), réalisée en considérant les valeurs transformées (racine carrée) des abondances de chaque groupe trophique calculées pour les différents types de microcosmes témoins (C) et contaminés par le lubrifiant minéral non usagé (CML) ou usagé (UML).

Tableau III. Dissimilarité moyenne entre les différentes communautés de nématodes

Dissimilarité moyenne (%)	C	CML	UML
C			
CML	40,34		
UML	51,14	46,91	

C : microcosme témoin ; CML : microcosme contaminé par le lubrifiant non usagé ;
 UML : microcosme contaminé par le lubrifiant usagé

Tableau IV Contribution de chaque groupe trophique à la dissimilarité de Bray-Curtis moyenne entre les communautés traitées par le lubrifiant minéral « propre » (CML) ou usagé (UML) et celle du témoin (C) en se basant sur la procédure SIMPER (Similarity Percentages).

Microcosme	Groupes trophiques	Espèces nématologiques dominantes
C	1B (+)	<i>Daptonema trabeculosum</i>
		<i>Araeolaimus bioculatus</i>
	2B (+)	<i>Bathylaimus australis</i> <i>Oncholaimus campylocercoïdes</i>
CML	2A (+)	<i>Marylynnia stekhoveni</i>
	1B (-)	<i>Araeolaimus bioculatus</i>
	2B (-)	<i>Bathylaimus australis</i>
UML	1B (-)	<i>Metalinhomoeus numidicus</i>
	1A (+)	<i>Spirinia gerlachi</i>
	2B (+)	<i>Bathylaimus australis</i>

(+) : groupe plus abondant ; (-) : groupe moins abondant. Les groupes trophiques sont classés par ordre de contributions décroissantes à cette dissimilarité.

DISCUSSION

La structure trophique des communautés en nématodes libres de la lagune de Ghar El Melh semble être très affectée par la contamination par le lubrifiant minéral. En effet, les analyses multivariées, plus sensibles que les méthodes univariées dans la détection des perturbations environnementales (Gray *et al.*, 1990 ; Warwick et Clarke, 1991 ; Burton *et al.*, 2001), ont montré que la dose testée altère la structure trophique des peuplements de nématodes libres. Ainsi, pour tous les microcosmes traités par le lubrifiant, avant ou après usage, la structure trophique est différente du témoin. Les études antérieures ont rapporté les effets néfastes des huiles de lubrification sur les communautés benthiques méiofaunistiques. Selon Thompson *et al.* (2006), la contamination expérimentale par les huiles synthétiques a entraîné des modifications de la structure des communautés méiofaunistiques avec réduction de la reproduction et une mortalité importante des organismes benthiques. Cette toxicité peut être accentuée par mélange des huiles avec d'autres contaminants. En effet, Stark *et al.* (2003) ont montré que les communautés benthiques sont très altérées par le mélange diesel-lubrifiant synthétique ceci après 11 semaines d'exposition.

Avant usage, les huiles minérales sont composées principalement d'hydrocarbures mais contiennent également du soufre et des composés azotés avec des traces de métaux (Piyush et Mattiasson, 2007). D'autres auteurs ont montré que la structure trophique en peuplements nématologiques est surtout dépendante des taux sédimentaires en hydrocarbures (De Bovee, 1981 ; Beyrem, 1999 ; Beyrem *et al.*, 2002). En étudiant les peuplements nématologiques de la lagune de Ghar El Melh, Beyrem *et al.* (2002) ont constaté que ces communautés répondaient aux fortes teneurs sédimentaires en hydrocarbures par la réduction de leur diversité trophique.

Il semblerait que les lubrifiants usagés, s'enrichissent en métaux lourds et en hydrocarbures aromatiques polycycliques qui sont respectivement générés par le biais du fonctionnement du moteur et la combustion en carburant (Thompson *et al.*, 2006). Ces dérivés augmentent la toxicité des lubrifiants aux organismes aquatiques (Van Donkelaar, 1990 ; Kennish, 1992 ; Burton *et al.*, 2001 ; Mahmoudi *et al.*, 2002 ; Gabet, 2004 ; Gyedu-Ababio et Baird, 2006 ; Mahmoudi *et al.*, 2007).

En augmentant la mortalité des espèces les plus vulnérables aux effets toxiques, la contamination par les huiles lubrifiantes serait l'origine de la réduction en diversité trophique des nématodes. De tels changements dans la structure des peuplements résulteraient soit directement de la toxicité des contaminants, soit indirectement en favorisant l'enrichissement en matière organique et l'anoxie qui indirectement altèrent le méiobenthos (Elmgren *et al.*, 1983). Ainsi, des corrélations négatives significatives ont été révélées entre la charge sédimentaire en matière organique et les abondances de plusieurs taxa benthiques (Pearson et

Rosenberg, 1978 ; Spies *et al.*, 1988). D'autres effets indirects pourraient aussi résulter des huiles synthétiques qui altèrent la structure des communautés bactériennes sédimentaires (Powell *et al.*, 2005).

Les analyses multivariées de nos données ont révélé des différences significatives entre les témoins et les microcosmes contaminés par le lubrifiant minéral ainsi qu'entre différents types de microcosmes traités, indiquant que la réponse des communautés en nématodes libres marins dépendrait du type (non usagé ou usagé) du lubrifiant considéré. Aussi, par la méthode MDS, une différence est observée entre les différents microcosmes (Fig. 4) (dans les microcosmes (CML) une augmentation significative en abondances des groupes trophiques 1A et 2A et une réduction de celles des catégories alimentaires 1B et 2B alors que pour les replicats (UML) un accroissement en catégories (1A) et (2B) et réduction des (1B)).

Aussi, il a été démontré que les communautés méiobenthiques différentes répondent différemment au même contaminant aussi bien en intensité qu'en mode de réponse et que le seuil de sensibilité au polluant seraient variables (Austen et McEvoy, 1997 ; Austen et Somerfield, 1997).

CONCLUSION

La structure trophique des nématodes libres en milieu lagunaire pourrait constituer un outil en biosurveillance aquatique. La dominance des groupes trophiques au dépens d'autres serait un indicateur de conditions de stress dans un milieu bien déterminé. Ainsi, *Daptonema trabeculosum* (1B) et *Oncholaimus campylocercoides* (2B) ont été éliminées dans tous les replicats traités et seraient très sensibles au lubrifiant. Le consommateur sélectif de dépôt *Spirinia gerlachi* (1A) qui a augmenté en densité dans tous les replicats traités peut être considéré de type résistant à la concentration testée en lubrifiant. *Araeolaimus bioculatus* (1B) qui n'a été signalée dominante que dans le microcosme témoin et dans ceux contaminés par le lubrifiant minéral non usagé semble être à sensibilité partielle.

BIBLIOGRAPHIE

- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 1997. Toxicological profile for used mineral-based crankcase oil, ATSDR, Atlanta, GA. Available from: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp102.pdf>>.
- Austen M. C. et McEvoy A. J., 1997. The use of offshore meiobenthic communities in laboratory microcosm experiments: response to heavy metal contamination. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 211 : 247 - 261.
- Austen M. C. et Somerfield P. J., 1997. A community level sediment bioassay applied to an estuarine heavy metal gradient. *Mar. Environ. Res.*, 43 : 315 - 328

- Austen M. C., McEvoy A. J. et Warwick R. M., 1994. The Specificity of Meiobenthic Community Responses to Different Pollutants: Results from Microcosm Experiments. *Mar. Pollut. Bull.*, 28 : 557 - 563.
- 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., 1999. Ecologie des nématodes libres de deux milieux anthropiquement perturbés: la baie de Bizerte et le lac Ichkeul. *Thèse doct. Fac. Sci. Bizerte* : 297 p.
- 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.
- Beyrem, H., Mahmoudi, E. et Aïssa, P., 2002. Evolution spatiale de la structure trophique des peuplements de nématodes libres de la lagune de Ghar El Melh pendant l'hiver 2000. *Revue F. S. B.*, 1 : 104 - 117.
- Blome D., Schleider K. H. et Berman V., 1999. Analysis of the small-scale spatial patterns of free-living marine nematodes from tidal flats in the East Frisian Wadden Sea. *Mar. Biol.*, 133: 717 - 726.
- Boucher G., 1979. Les nématodes libres des sables fins infralittoraux: étude *in situ* et expérimentale de la communauté. *Thèse doct. d'Etat, Univ. Paris-sud, centre d'Orsay* : 236 p.
- 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.
- Bray J. B. et Curtis J. T., 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27 : 325 - 349.
- Burton S. M., Rundle S. D. et Jones M. B., 2001. The relationship between trace metal contamination and stream meiofauna. *Environ. Pollut.*, 111 : 159 - 167.
- Clarke K. R., 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.*, 18 : 117 - 143.
- Clarke K. R. et Gorley R. N., 2001. PRIMER v 5 : User manual/tutorial. PRIMER-E: Plymouth, UK, 91 p.
- Clarke K. R. et Warwick R. M., 2001. *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd edition.* PRIMER-E: Plymouth., UK, 164 p.
- Clonfero E., Nardini B., Maarchioro M., Bordin A. et Gabbani G., 1996. Mutagenicity and contents of polycyclic aromatic hydrocarbons in used and recycled motor oils. *Mutat. Res.*, 368 : 283 p.
- Danovaro R., Fabiano M. et Vincx M., 1995. Meiofauna response to the Agip Abruzzo oil spill in subtidal sediments of the Ligurian Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 39 (2) : 133 - 145.
- De Bovee F., 1981. Ecologie et dynamique des nématodes d'une vase sublittorale (Banyuls-Sur-Mer). *Thèse doct. d'Etat, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris* : 302 p.
- Elmgren R., Hansson S., Larsson U., Sundelin B. et Boehm P. D., 1983. The "Tsesis" oil spill: acute and long-term impact on the benthos. *Mar. Biol.*, 73 : 51 - 65.
- Fontana A., Braekman-Danheux C. et Jung C.G., 1996. Ultrasonic removal of heavy metals from waste oils. *Fuel Process. Technol.*, 48 : 107 p.
- Gabet S., 2004. Remobilisation d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) présents dans les sols contaminés à l'aide d'un tensioactif d'origine biologique. *Thèse de doctorat, Université de Limoges, Faculté des Sciences et Techniques. Laboratoire des Sciences de l'Eau et de l'Environnement*, 177 p.
- Gray J. S., Clarke K. R., Warwick R. M. et Hobbs G., 1990. Detection of initial effects of pollution on marine benthos: an example from the Ecofsk and Eldfisk oilfields, North Sea. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 66 : 285 - 299.
- Gyedu-Ababio, T. K. et Baird D., 2006. Response of meiofauna and nematode communities to increased levels of contaminants in a laboratory microcosm experiment. *Ecotoxicol. Environ. Safe.*, 63 : 443 - 450.
- Heip C., Vincx M. et Vranken G., 1985. The ecology of marine nematodes. *Oceanogra. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 23 : 399 - 489.
- Juario J. V., 1975. Nematode species composition and seasonal fluctuation of a sublittoral meiofauna community in the German Bight. *Veröff. Inst. Meersforsch. Bremerh.* 15 (4) : 283 - 337.
- Kennish M. J., 1992. Polynuclear aromatic hydrocarbons. In *Ecology of Estuaries: Anthropogenic Effects*, pp. 133-181. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Korte F. et Boedefeld E., 1978. Ecotoxicological review of global impact of petroleum industry and its products. *Ecotoxicol. Environ. Safe.*, 2 : 55 - 103.
- Lambshhead P. J. D., 1986. Sub-catastrophic sewage contamination as revealed by marine nematode faunal analysis. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 29 : 247 - 260.
- Legendre L. et Legendre P., 1984. *Ecologie numérique.* Masson Eds, 335 p.
- Lorenzen S., 1974. Die Nematodenfauna der sublittoralen region der Deutschen Bucht, insbesondere im Titan - Abwassergebiet bei Helgoland. *Veröff. Inst. Meersforsch. Bremerh.* 14 : 305 - 327.
- Mahmoudi E., Baccar L., Beyrem H. et Aïssa P., 2002. Response of free-living nematodes to the quality of waters and sediments at Bou Ghrara lagoon (Tunisia) during winter 2000. *Medit. Mar. Sci.*, 2 : 133 - 146.
- Mahmoudi E., Beyrem H., Aïssa P. et Vitiello P., 2003. Structure des peuplements de nématodes dans la lagune de Ghar El Melh (Tunisie) en hiver 2000. *Mar. Life*, 13 : 31 - 43.

- Mahmoudi E., Essid N., Beyrem H., Hedfi A., Boufahja F., Vitiello P. et Aissa P., 2005. Effects of hydrocarbon contamination on a free-living marine nematode community: Results from Microcosm Experiments. *Mar. Pollut. Bull.*, 50 : 1197 - 1204.
- Mahmoudi E., Essid N., Beyrem H., Hedfi A., Boufahja F., Vitiello P. et Aissa P., 2007. Individual and combined effects of lead and zinc on a free-living marine nematode community: results from microcosm experiments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 343 : 317 - 326.
- Millward R. N., Carman K. R., Fleeger J. W., Gambrell R. P. et Portier R., 2004. Mixtures of metals hydrocarbons elicit complex responses by a benthic invertebrate community. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 310 : 115 - 130.
- Pearson T. H. et Rosenberg R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 16 : 229 - 311.
- Piyush S. Lathi. et Mattiasson Bo., 2007. Green approach for the preparation of biodegradable lubricant base stock from epoxidized vegetable oil. *Applied Catalysis B: Environmental*, 69 : 207 - 212.
- Platt H., 1977. Ecology of free-living marine nematodes from an intertidal sandflat in Strangford Lough, Northern Ireland. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 5 : 685 - 693.
- Powell S. M., Snape I., Bowman J.P., Thompson B. A. W., Stark J. S., McCammon S.A. et Riddle M.J., 2005. A comparison of the short term effects of diesel fuel and lubricant oils on Antarctic benthic microbial communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 322 : 53 - 65.
- Rapport D. G. P. A., 2000. Etude de l'amélioration de la qualité des eaux de la lagune de Ghar El Melh, phase I - partie II : diagnostic de la situation actuelle. *Rapport Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture*, 310 p.
- Schratzberger M. et Warwick R. M. 1998. Effects of intensity and frequency of organic enrichment on two estuarine nematode communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 164 : 83 - 94.
- 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.
- Spies R. B., Hardin D. D. et Toal J. P., 1988. Organic enrichment or toxicity? A comparison of the effects of kelp and crude oil in sediments on the colonization and growth of benthic infauna. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 124 : 261 - 282.
- Stark J. S., Riddle M. J. et Simpson R. D., 2003. Human impacts in soft-sediment assemblages at Casey Station, East Antarctica: spatial variation, taxonomic resolution and data transformation. *Aust. Ecol.*, 28 : 287 - 304.
- Thompson B. A. W., Davies N., Goldsworthy P. M., Riddle M. J., Snape I. et Stark J. S., 2006. In situ lubricant degradation in Antarctic marine sediments 1. Short-term changes. *Environ. Toxicol. Chem.*, 25 (2) : 356-366.
- Thompson B. A. W., Goldsworthy P.M., Riddle M.J., Snape I. et Stark J.S., 2007. Contamination effects by a 'conventional' and a 'biodegradable' lubricant oil on infaunal recruitment to Antarctic sediments: A field experiment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 340 : 213 - 226.
- Tietjen J. H., 1977. Population distribution and structure of the free-living nematodes of long Island Sound. *Mar. Biol.*, 43 (2) : 123 - 136.
- Van Donkelaar P., 1990. Environmental effects of crankcase- and mixed-lubrication. *Sci. Total Environ.*, 92 : 165 - 179.
- Vazquez-Duhalt R., 1989. Environmental Impact of used motor oil. *Sci. Total Environ.*, 79 : 1-23.
- Vitiello P. et Dinet A., 1979. Définition et échantillonnage du méiobenthos. *Rapp. P. V. Comm. int. Explr. Scient. Mer Médit.*, 25 / 26 (4) : 279 - 283.
- Vitiello P. et Aissa P., 1985. Structure des peuplements de nématodes en milieu lagunaire pollué. *110^{ème} Congr. Natio. Socié. Savan., Montpellier, 1985. Sciences 2* : 115 - 126.
- Warne T.M. et Halder, C.A., 1986. Toxicity of lubricating oils. *J. Am. Soc. Lubr. Eng.*, 42 : 97-103.
- 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.
- Warwick R. M., Carr M. R., Clarke K. R., Gee J. M. et Green R. H., 1988. A mesocosm experiment on the effects of hydrocarbon and copper pollution on a sublittoral soft-sediment meiobenthic community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 46 : 181 - 191.
- Warwick R. M. et Clarke K. R., 1991. A comparison of some methods for analysing changes in benthic community structure. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 71 : 225 - 244.
- Wieser W., 1953. Die Beziehung zwischen Mundhchlen-gestalt, Ernährungsweise und. Vorkommen beifreilbenden marinen Nematoden. *Ark. Zool. Ser.*, 2 (4) : 439 - 484.