

DISTRIBUTION SAISONNIERE DES CRUSTACES ONISCIDAE ET TALITRIDAE AU NIVEAU DU LITTORAL DE LA REGION EL MAAMOURA (KELIBIA, CAP BON)

Hajer KHEMAISSIA ^(1*), R. JELASSI ⁽¹⁾, C. SOUTY-GROSSET ⁽²⁾ et K. NASRI-AMMAR ⁽¹⁾

(1) Université de Tunis El Manar, Faculté des Sciences de Tunis, Unité de recherche de Bio-Écologie et Systématique Évolutive UR11ES11, Tunisie

(2) Laboratory Ecology and Biology of Interactions, Ecology Evolution Symbiosis Team, UMR CNRS 7267, University of Poitiers, 40 avenue du Recteur Pineau. F-86022 Poitiers Cedex, France

* hajer_kh@yahoo.fr

ملخص

التوزيع المكاني والزمني للمفصليات على مستوى سبخة المعمورة: إن دراسة التوزيع المكاني والزمني للمفصليات (القشريات متساوية الأرجل و مزدوجة الأرجل) تمت على طول قطاع يقع بين شاطئ وسبخة المعمورة. أخذ العينات تم باستعمال مربعا بقياس 50×50 سم الواحد تلو الآخر على طول المقطع العمودي على الشاطئ. تمكنا من التعرف على نوعان من القشريات متساوية الأرجل ونوع واحد من القشريات مزدوجة الأرجل. مهما كان الموسم، القشريات مزدوجة الأرجل هي أكثر وفرة من القشريات متساوية الأرجل ; وفرتها النسبية تراوحت من 53% (الخريف) إلى 79.6% (في الشتاء). أظهرت الأنواع التي نعرفنا عليها تباينا موسميا في التوزيع المكاني. عموما، هي تقترب من خط الشاطئ خلال مواسم الربيع والصيف والخريف وتتحرك بعيدا عنه خلال موسم الشتاء لتجنب جرفها مع الماء. أظهرت التحاليل الفيزيائية والكيميائية أن درجة الحرارة ونسبة الرطوبة في التربة تؤثر على توزيع المفصليات. كلمات مفتاح: التوزيع المكاني والزمني , المفصليات , المقطع , المعمورة.

RÉSUMÉ

L'étude de la distribution saisonnière des Crustacés (Oniscidae et Talitridae) est réalisée le long d'un transect situé au niveau du littoral de la région El Maamoura. L'échantillonnage consiste à placer un quadra de 50 x 50 cm l'un à côté de l'autre le long du transect perpendiculaire à la ligne du rivage. Deux espèces d'Oniscoides et une espèce de Talitridés ont été identifiées. Quelle que soit la saison, les Talitridés sont plus abondants que les Oniscoides ; leur abondance relative varie de 53 % (automne) à 79,6 % (hiver). Les espèces identifiées ont montré une variabilité saisonnière de leur distribution spatiale. Globalement, elles se rapprochent de la ligne du rivage pendant les saisons printanière, estivale et automnale, alors qu'elles s'en éloignent pendant la saison hivernale pour éviter d'être emportées par l'eau. Les analyses physico-chimiques du sol ont montré que seules la température et l'humidité du sol influent sur la répartition de ces espèces.

Mots clés : Distribution spatio-temporelle, Crustacés, transect, El Maamoura.

ABSTRACT

Spatio-temporal distribution of Crustaceans at Maamoura: The study of the spatio-temporal distribution of Crustaceans (Oniscidae and Talitridae) is carried out along a transect located at the littoral of Maamoura region. Sampling consisted in carrying a quadrat of 50 x 50 cm next to each other along the transect perpendicular to the shoreline. Two species of Oniscoids and one species of Talitridae were identified. Whatever the season, the Talitridae are more abundant than the Oniscidae; their relative abundance varies from 53% (autumn) to 79.6% (winter). We noticed that the identified species were characterized by a seasonal variability in their spatial distribution. Overall, they approached to the shore line during the spring, summer and autumn, and they move away during the winter. Physico-chemical parameters were focalized in temperature and the humidity of the soil which were impacting their distribution.

Keywords : Spatio-temporal distribution, Crustacean, transect, El Maamoura.

INTRODUCTION

Les zones humides méditerranéennes sont d'une grande importance tant sur les plans écologique, hydrologique, biochimique, que socio-économique. Sur le plan écologique, ce sont des écosystèmes très diversifiés et des plus productifs (Perennou et al., 2012). Toutefois, elles sont particulièrement sensibles et vulnérables aux impacts potentiels des changements climatiques et aux actions anthropiques.

De plus, les sédiments des zones humides sont considérés comme des réservoirs de nombreux polluants chimiques, en particulier des métaux lourds, qui représentent les agents de pollution marine les plus importants (Phillips et Rainbow, 1994). En raison de leur toxicité, leur persistance et leur non-dégradabilité dans l'environnement, la pollution par les métaux lourds dans les écosystèmes aquatiques est l'une des menaces les plus importantes, ce qui affecte directement la flore, la faune et la santé humaine

(Vesali-Naseh et *al.*, 2012). En conséquence, les zones humides méditerranéennes sont menacées par une forte altération physique, par des modifications drastiques des régimes hydrologiques (Zalidis et *al.*, 2002) et par une régression constante de leur superficie. En Tunisie, il est estimé que 28 % des zones humides ont disparu entre 1887 et 1987 (Maamouri et Hughes, 1992). Il en résulte que la biodiversité est aujourd'hui menacée par la dégradation, la destruction et même la disparition des habitats (Handrinos, 1992 ; Bifani et *al.*, 1992), y compris la biodiversité du sol dont la majorité de la faune est formée par les Arthropodes (Wolter, 2001). Parmi ces Arthropodes, les Oniscoïdes, tiennent une place particulière au sein de la classe des Crustacés formant ainsi un des acteurs importants dans l'écologie du sol. Ces espèces, outre leur rôle important dans les réseaux trophiques et leur contribution au maintien de l'équilibre des écosystèmes, sont considérées comme espèces "clés" ou comme bio-indicateurs dans l'évaluation de la qualité des milieux. Elles sont dotées de mécanismes physiologiques de régulation de la teneur en métaux lourds qui leur permettent de survivre à des teneurs élevées dans la litière et dans le sol (Hopkin et *al.*, 1993 ; Hussein et *al.*, 2006 ; Godet et *al.*, 2011).

A ce groupe de Crustacés s'ajoutent les Amphipodes, qui constituent un des groupes dominants de la macrofaune des plages sableuses et des zones littorales (Mclachlan et Jaramillo, 1995). Ayant une large répartition géographique (Dahl, 1946), ils sont dotés d'une plasticité écologique et contribuent à l'équilibre dynamique dans un environnement instable (Marques et *al.*, 2003). Ils sont également utilisés comme "modèle clé" dans les études écotoxicologiques des milieux aquatiques. Ce sont également des accumulateurs de métaux traces dérivés à la fois de sources dissoutes (Weeks et Rainbow, 1991) et de nourriture (Rainbow, 1992). Jelassi et *al.* (2013) ont montré que l'abondance des Amphipodes dans trois complexes lagunaires en Tunisie est corrélée positivement à la concentration de métaux lourds dans le sol ; la diversité en Amphipodes la plus élevée est enregistrée au niveau du complexe lagunaire d'Ichkeul caractérisé par de fortes concentrations de plomb, de nickel et de matière organique dans le sol.

Cependant, en raison de la variabilité de l'hétérogénéité de ces milieux selon les saisons, et étant donné que ces espèces de Crustacés sont pour la plupart hygrophiles, elles devraient adopter des stratégies adaptatives leur permettant de faire face à cette variabilité saisonnière des facteurs du milieu. La méthode de transect que nous avons choisie devrait nous permettre de vérifier l'existence d'une migration saisonnière suivant un gradient croissant d'humidité comparable à celle observée chez certains groupes

d'Arthropodes tels que les Coléoptères (Chelazzi et Colombini, 1989 ; Chelazzi et *al.*, 1990 ; Colombini et *al.*, 1994, 1998, 2002 ; Colombini et Chelazzi, 1996) et les Amphipodes peuplant les plages sableuses (Fallaci et *al.*, 1994 ; Deidun et *al.*, 2003 ; Colombini et *al.*, 2005 ; Jelassi et *al.*, 2012, 2013). Les résultats obtenus seront également discutés avec ceux obtenus lors des études similaires réalisées aux complexes lagunaires d'Ichkeul et de Ghar El Melh (Khemaissia et *al.*, 2012, 2017 ; Jelassi et *al.*, 2013, 2017).

Ce travail a pour objectifs (i) de déterminer les caractéristiques écologiques des peuplements de Crustacés, (ii) d'étudier leurs distributions spatio-temporelles et (iii) d'analyser leurs répartitions en fonction des facteurs environnementaux.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

Le transect est choisi au niveau de la zone supralittorale de sebkha El Maamoura (N36°28'2" E 010°48'21"). Sa longueur varie de 48 m (hiver) à 77,5 m (automne) ; il se situe entre la sebkha d'un côté et la ligne du rivage de plage El Maamoura de l'autre côté (Figure 1). En allant de la sebkha vers la plage, nous avons subdivisé 04 zones selon la nature de la végétation :

- Zone 1 : formée par des algues en décomposition principalement des Cymodocées, elle apparaît en hiver (2,5 m de large) et au printemps (2 m de large).
- Zone 2 : couverte par du sable, sa largeur est comprise entre 2 m (automne) et 12,5 m (été). Elle est absente en hiver.
- Zone 3 : elle est peuplée par l'espèce *Sarcocornia arabica* (L.), quelle que soit la saison ; sa largeur varie entre 9 et 26,5 m respectivement au printemps et en automne.
- Zone 4 : recouverte de sable, elle représente la zone supralittorale de la plage El Mâamoura ; sa largeur varie de 35 m (hiver) à 49,5 m (printemps).

Méthode d'échantillonnage

Les campagnes de terrain ont été réalisées au printemps (12 mai 2012), en été (17 juin 2012), en automne (09 novembre 2012) et en hiver (20 février 2013). La méthode d'échantillonnage consiste à placer un quadra de 50*50 cm, l'un à côté de l'autre, le long du transect choisi. La collecte, faite à la main ou à l'aide d'une pince molle, a intéressé les 7 premiers centimètres par rapport à la surface du sol. Au total, 92, 139, 127 et 155 quadrats ont été échantillonnés en hiver, printemps, été et automne respectivement. La collecte a été effectuée en respectant à chaque fois le même effort d'échantillonnage fixé à 10 mn par quadra.

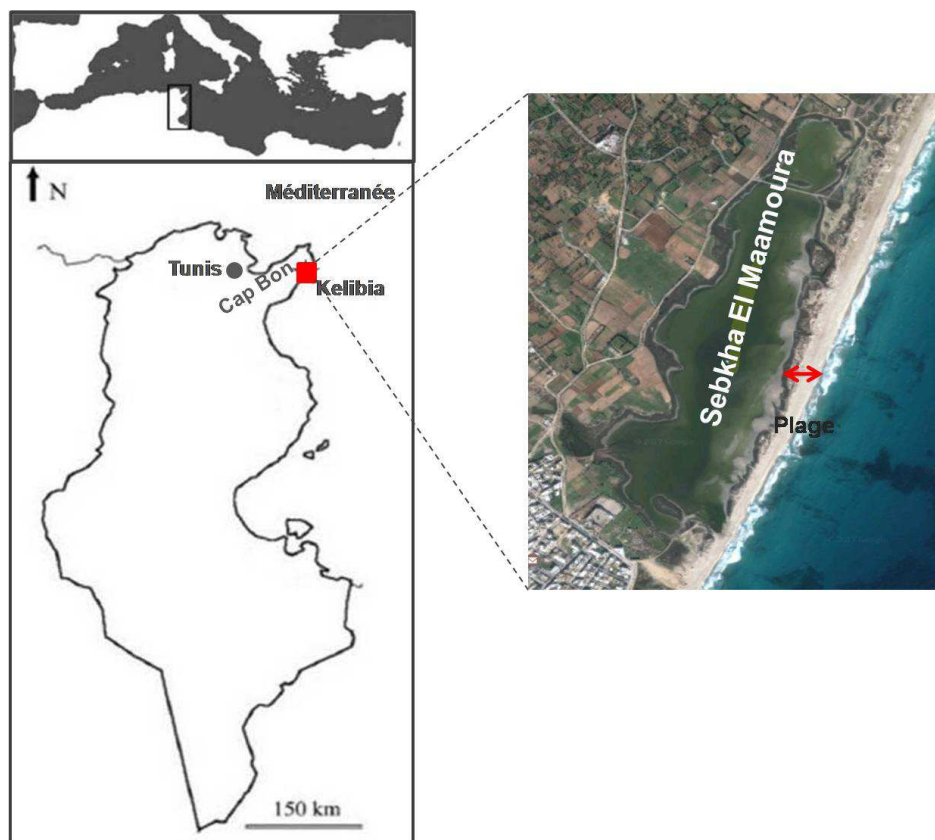


Figure 1 : Localisation de la station d'étude (■) ; ↔ transect étudié.

La faune collectée dans chaque quadra a été placée séparément dans des boîtes en plastique.

Au laboratoire, les Crustacés ont été fixés dans l'alcool 70 %, puis identifiés à l'aide d'un stéréomicroscope Leica MS 5 (Meyer instruments, Houston, USA), en se basant sur les clés de détermination de Ruffo (1993) et Vandel (1962, 1964).

Analyse des facteurs environnementaux

Sur terrain

La température et humidité du sol ont été mesurées à l'aide d'un thermo-hygromètre. Un échantillon de sol a été prélevé pour une analyse physico-chimique et granulométrique. Pour ce faire, trois échantillons de sol ont été prélevés sur une profondeur allant de 0 à 10 cm. Ces trois échantillons ont été relevés à trois points différents du transect séparés par 5 m environ, les uns des autres, et ont été rassemblés afin de former un prélèvement composite.

Au laboratoire

- Les concentrations en métaux lourds du sol ont été déterminées par la méthode de Spectrométrie de Masse Couplée à un Plasma inductif (ICP-MS) à l'Institut de Géoscience de l'Université de Kiel en Allemagne. Le dosage effectué sur la fraction fine (< 250 µm) a été réalisé sur les métaux suivants : le lithium (Li), le vanadium (V), le chrome (Cr), le manganèse (Mn), le cobalt (Co), le nickel (Ni), le

cuivre (Cu), le zinc (Zn), l'arsenic (As), le rubidium (Rb), le strontium (Sr), le cadmium (Cd), l'étain (Sn), le thallium (Tl) et le plomb (Pb).

- Le pourcentage de la matière organique a été calculé selon la formule :

$Pi - Pf / Pi \times 100$; avec (Pi) : échantillon tamisé et pesé et (Pf) échantillon séché dans une étuve à 450°C durant 3 heures puis pesé au moyen d'une balance à précision (± 0.001 g) .

Analyse des données

Afin de comparer les densités des espèces en fonction des saisons et des associations végétales, nous avons eu recours au test ANOVA. La distribution des espèces en fonction des paramètres environnementaux a été déterminée par une analyse canonique des correspondances (ACC). Ces analyses ont été effectuées en utilisant la version gratuite du logiciel XLSTAT 2011.5.01 (<http://www.xlstat.com>).

RESULTATS

Richesse spécifique et abondance relative des espèces de Crustacés (Oniscidae et Talitridae) dans la région littorale d'El Maamoura

Une seule espèce d'Amphipode ; *Talitrus saltator*, et deux espèces d'Oniscoïdes : *Chaetophiloscia elongata* et *Porcellionides sexfasciatus*, ont été

inventoriées. Un total de 1376 individus dont 882 Talitridés (soit 64,1 %) et 494 Oniscoïdes (soit 35,9 %) ont été collectés durant les campagnes saisonnières.

Quelle que soit la saison, les Amphipodes ont été les plus abondants ; avec une abondance relative variant entre 53 et 79,6 % en automne et en hiver respectivement. Concernant les isopodes terrestres, *Porcellionides sexfasciatus* a été l'espèce dominante quelle que soit la saison ; ayant une abondance relative de l'ordre de 56 à 63,3 %, en été et en hiver, respectivement.

Variation spatiale et temporelle de la densité des Crustacés dans la région littorale d'El Maamoura

Les valeurs moyennes de la densité maximale ont été relevées pendant la saison printanière : $6,2 \pm 22,1$ ind.m⁻² et $9,3 \pm 32,9$ ind.m⁻², respectivement pour les Oniscoïdes et les Talitridés. Concernant la variation des densités par rapport à la ligne de rivage, nous avons remarqué que les Oniscoïdes ont été à proximité des berges pendant l'été (à 5 m), l'automne (à 7 m) et le printemps (à 7,5 m) alors qu'ils se sont éloignés en hiver (à 35,5 m). Cependant, les Talitridés ont été toujours présents au niveau des premiers mètres de la zone supralittorale de la sebkha, mais également au niveau des premiers mètres du côté de la plage sableuse (Figure 2).

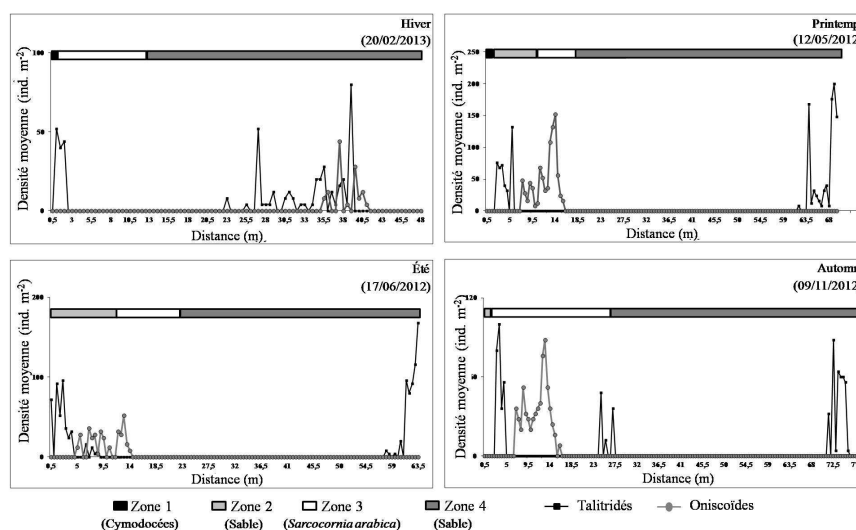


Figure 2 : Distribution spatio-temporelle du peuplement de Crustacés en tenant compte des densités moyennes et des associations végétales au niveau de la zone supralittorale de la sebkha-plage El Maamoura.

L'analyse des densités moyennes des espèces de Crustacés par quadra, en fonction des associations végétales, a montré que la densité moyenne maximale de *Talitrus saltator* ($23,3 \pm 39$ ind/m²) est notée au printemps dans la zone sableuse (Z2). Dans le reste des saisons, et quelle que soit la zone concernée, la densité moyenne n'a pas dépassé $17,7 \pm 29,6$ ind/m². Le test Anova montre que la densité de *Talitrus saltator* est hautement corrélée avec la zone 2 ($p = 0,002$; $F = 4,97$; $ddl = 3$). En revanche, la densité moyenne maximale des Oniscoïdes ($33,8 \pm 48,9$ ind/m²) est notée au niveau de la zone 3 formée par *Sarcocornia arabica*. Le test Anova test montre

également une différence hautement significative entre les zones ayant été délimitées, plus précisément entre les zones 2 et 3 d'une part, et les zones 1 et 4 d'autre part ($p < 0,0001$; $F = 25,59$; $ddl = 3$).

Distribution spatio-temporelle des espèces de Crustacés (Oniscidae et Talitridae) en fonction des facteurs environnementaux

La température du sol enregistrée a été comprise respectivement entre 16,9 et 32,1°C, en automne et au printemps, alors que l'humidité a varié entre 54 % (été) et 75 % (automne) (Tableau I).

Tableau I : Variations saisonnières des valeurs majeures de la température du sol, l'humidité, la matière organique et les métaux lourds des sédiments du littoral d'El Maamoura.

	Hiver	Printemps	Été	Automne
Température sol (°C)	$20,3 \pm 1,3$	$32,1 \pm 2,7$	$31,2 \pm 0,4$	$16,9 \pm 1,9$
Humidité sol (%)	58 ± 5	62 ± 2	54 ± 5	75 ± 8
Matière organique (%)	0,68	0,68	0,69	0,44

Métaux lourds (ppm)				Valeur maximale tolérée (Henin, 1983)	
Vanadium (V)	0,928	2,1	1,8	9,032	200
Chrome (Cr)	< 1	1,4	1,1	5,235	150
Manganèse (Mn)	22,312	24	18	58,750	2000
Cobalt (Co)	< 0,05	0,3	0,2	0,503	30
Nickel (Ni)	< 0,2	0,8	0,6	3,049	80
Cuivre (Cu)	< 0,2	3,1	2,8	6,769	100
Zinc (Zn)	3,582	4,4	2,4	26,785	300
Arsenic (As)	1,434	2,14	2,54	3,823	40
Rubidium (Rb)	0,396	0,69	0,40	3,670	-
Strontium (Sr)	74,617	111	109	516,712	-
Cadmium (Cd)	< 0,01	0,011	0,018	0,111	0,7
Tin (Sn)	< 0,2	0,047	0,046	1,156	10
Thallium (Tl)	0,006	0,009	0,009	0,028	-
Plomb (Pb)	0,870	1,3	0,9	18,183	100

Les concentrations des 14 éléments de métaux lourds analysés ont été les plus élevées durant la saison automnale (Tableau I), restant toutefois au dessous des valeurs maximales tolérées (Henin, 1983).

Le pourcentage de la matière organique a été relativement faible ; il varie entre 0,44 % (automne) et 0,69 % (été) au niveau du substrat sableux.

L'analyse canonique de correspondance (CCA) a été réalisée afin de déterminer les facteurs environnementaux ayant une influence sur la répartition des espèces présentes. Les deux premiers axes factoriels (F1 et F2) ont montré respectivement une variabilité de l'ordre de 54,6 % et 16,3 % ; soit un pourcentage cumulatif de 70,9 % (Figure 3). Sur l'axe (F1) ont été projeté négativement la matière organique, et positivement la majorité des métaux lourds à savoir le lithium, vanadium, chrome, nickel, rubidium, strontium, cadmium, étain, thallium et le plomb. L'axe (F2) a été représenté par les espèces *Talitrus saltator*, *Chaetophiloscia elongata* et *Porcellionides sexfasciatus* qui ont été attribuées positivement avec la température et l'humidité du sol ainsi que la teneur en cobalt et en cuivre.

DISCUSSION

Les espèces d'Oniscoïdes (*Chaetophiloscia elongata* et *Porcellionides sexfasciatus*) et de Talitridés (*Talitrus saltator*) ont été identifiées lors du présent travail. Cette richesse spécifique est faible, comparativement à celle des berges de la lagune de Ghar El Melh avec 7 espèces d'Oniscoïdes et 8 espèces de Talitridés (Khemaissia et al., 2012), ainsi que celle enregistrée au niveau du complexe lagunaire d'Ichkeul où 7 espèces d'Oniscoïdes (Khemaissia et al., 2017) et 4 espèces de Talitridés ont été inventoriées (Jelassi et al., 2017). En dépit de la méthode d'échantillonnage appliquée (par quadrat ou par piège), la richesse spécifique en Oniscoïdes a été faible par rapport à celle obtenue dans les zones

humides côtières de la réserve naturelle de Vendicari (Sud-est de la Sicile), ainsi que la saline de Trapani et Paceco (Nord-ouest de la Sicile), où 23 et 24 espèces ont été inventoriées respectivement (Messina et al., 2011 ; 2012). Concernant le peuplement d'Amphipodes, Ayari (2012) a identifié 5 espèces de talitridés (*Talitrus saltator*, *Deshayesorchestia deshayesii*, *Orchestia gammarellus*, *Orchestia montagui* et *Orchestia mediterranea*), au niveau de la plage de Bizerte Corniche. Par contre, au niveau de la plage de Zouaraa, seules deux espèces vivant en sympatrie ont été signalées, à savoir *Talitrus saltator* et *Orchestia brito* (Charfi-Cheikhrouha et al., 2001).

Une fluctuation saisonnière de l'abondance relative et de la densité des espèces en fonction des saisons a été relevée, confirmant les observations de Hornung et Warburg (1995) sur les populations d'Arthropodes terrestres des zones côtières du Sud de la Méditerranée. S'intéressant au peuplement d'Oniscoïdes, on remarque que *Porcellionides sexfasciatus* est l'espèce la plus abondante au cours de la période d'étude. Une étude similaire réalisée par Khemaissia et al. (2012) au niveau de 3 stations du complexe lagunaire de Ghar El Melh, a mis en évidence que *Chaetophiloscia elongata* est l'espèce la plus fréquente mais aussi la plus dense quelles que soient la saison et la station. Les différences observées dans la composition des Crustacés entre la zone supralittorale de la lagune de Ghar El Melh et celle de la plage sableuse d'El Maamoura seraient probablement dues aux différences de la texture granulométrique du sol ou alors au profil dunaire des plages permettant ainsi une diminution du risque d'exposition des espèces les plus vulnérables.

Quelle que soit la saison, les Talitridés sont plus abondants que les Oniscoïdes et leur densité la plus importante a été enregistrée au printemps. Ce résultat est en accord avec celui de Ayari (2012) obtenu aussi bien au niveau de la plage de Bizerte Corniche que celle de Gabès. Selon Marsden (1991) ; Cardoso et

Veloso (1996), les fluctuations fréquentes de la densité des Talitridés indiqueraient des périodes d'intense reproduction. Ces auteurs ont montré des profils similaires pour *Talorchestia quoyana* et *Pseudorchestoidea brasiliensis* avec des densités importantes enregistrées respectivement en été et à la fin de l'hiver. Au niveau des plages d'Ouderef, de Gabès et de Zarrat, *Talitrus saltator* a été l'espèce dominante au niveau des trois plages avec des densités élevées à la plage d'Ouderef (Pérez-Domingo et al., 2008). Cette différence de la structure faunistique pourrait être expliquée par les différences des caractéristiques géomorphologiques de ces trois plages.

Les espèces identifiées nous ont permis de mettre en évidence une variabilité saisonnière de leur distribution spatio-temporelle. Pendant les saisons printanière, estivale et automnale, les Oniscoïdes sont collectés près de la ligne d'eau (du côté de la sebkha) alors qu'ils s'en éloignent pendant la saison hivernale pour éviter l'immersion. De même, les Talitridés s'éloignent davantage de la ligne du rivage durant la saison hivernale alors qu'ils sont collectés à proximité de la ligne du rivage en été. Cette espèce présente nettement un modèle saisonnier de zonation ; ceci pourrait être expliqué par le fait que ces animaux se réfugient dans les dunes en hiver pour échapper aux inondations provoquées par les fortes vagues et les tempêtes (Charfi-Cheikhrouha et al., 2001 ; Bouslama et al., 2009).

Quelle que soit le groupe étudié, le comportement migratoire, mettant en évidence la grande sensibilité de ces animaux à la dessiccation dans des conditions associées à des températures élevées et de faibles humidités, témoigne de la plasticité comportementale de ces espèces afin de permettre de faire face aux contraintes environnementales. Ces stratégies ont été observées non seulement chez les Amphipodes (Charfi-Cheikhrouha et al., 2001 ; Colombini et al., 2003 ; Marques et al., 2003, Jelassi et al., 2012) et les Oniscoïdes (Fallaci et al., 1994 ; Deidun et al., 2003 ; Colombini et al., 2005 ; Khemaissia et al., 2012, 2017), mais également chez les Coléoptères (Chelazzi et Colombini, 1989 ; Chelazzi et al., 1990 ; Colombini et al., 1994, 1998, 2002 ; Colombini et Chelazzi, 1996). Ainsi, le nombre d'espèces présentes dans un milieu, leur taille, leur abondance, leur densité et leur aire de distribution sont variables en fonction des saisons. Zimmer (2004) a attribué ces modifications au fait que les périodes de sécheresse (pendant l'été) provoquent une mortalité importante chez de nombreuses espèces d'Isopodes (Sutton, 1968 ; Kheirallah, 1979), et en particulier les stades juvéniles (Al Dabbagh et Block, 1981). En plus, la survie individuelle et la densité de la population naturelle d'*Armadillidium vulgare* par exemple, sont négativement corrélées avec les précipitations en

raison de l'excès d'humidité du sol (Hassal et Dangerfield, 1997). Ces variations dépendent également de la nature du couvert végétal. Une telle corrélation a été également mise en évidence le long du transect étudié aux berges de la lagune de Ghar El Melh (Khemaissia et al., 2012).

Les résultats de la présente étude nous ont permis de révéler que l'abondance des Crustacés serait étroitement liée à la température et à l'humidité du sol. Hornung (2011) a montré que la recherche des conditions du milieu optimales relatives à une température et une humidité du sol expliquerait la migration des Oniscoïdes vers les couches les plus profondes du sol pendant la journée. De même, Bouslama et al. (2009) ont montré que la température est le facteur le plus important déterminant la zonation et dont l'augmentation induit le déplacement ou la migration de la population depuis l'avant vers le bas de la plage. Ce résultat est similaire à celui trouvé par Fallaci et al. (2003) qui ont indiqué que la zonation moyenne de *Talitrus saltator* est exclusivement influencée par la température durant sa période d'activité. Cependant, nous n'avons pas pu trouver une corrélation entre la distribution des espèces de Crustacés et les métaux lourds dans le sol. Par contre, Jelassi et al. (2013) ont montré que la diversité des Amphipodes la plus élevée a été enregistrée au niveau du complexe lagunaire d'Ichkeul caractérisé par de fortes concentrations de plomb, de nickel et de matière organique dans le sol.

Remerciements

Ce travail a été financé par l'Unité de recherche de Bio-écologie et Systématique Evolutive (UR11US11), Faculté des Sciences de Tunis, Université de Tunis El Manar.

BIBLIOGRAPHIE

- Al Dabbagh K.Y., Block W., 1981. - Population ecology of a terrestrial isopod in two Breckland grass heaths. *J. Anim. Ecol.*, 50 : 61-77.
- Ayari A., 2012. - Eco-éthologie de deux espèces sympatriques *Talitrus saltator* et *Deshayesorchestia deshayesi* (Crustacés, Amphipodes) au niveau de deux plages tunisiennes. Thèse de Doctorat de la Faculté des Sciences de Tunis. pp. 210.
- Bifani P., Montes C., Casado S., 1992. - Economic pressures and wetland loss and degradation in Spain. In: M. Finlayson, T. Hollis and T. Davis (Eds). *Managing Mediterranean Wetlands and their Birds*. Special Publication 20, Slimbridge, UK. pp. 118-121.
- Bouslama M.F., El Gtari M., Charfi-Cheikhrouha F., 2009. - Impact of environmental factors on zonation, abundance, and other biological parameters of two Tunisian populations of

- Talitrus saltator* (Amphipoda, Talitridae). *Crustaceana* 82 : 141-157.
- Cardoso R.S., Veloso V.G., 1996. - Population biology and secondary production of the sandhopper *Pseudorchestoidea brasiliensis* (Amphipoda: Talitridae) at Prainha Beach, Brazil. *Mar. Ecol. Prog.* 142 : 111-119.
- Charfi-Cheikhrouha F., Bouslama M.F., El Gtari M., 2001. - Migration et zonation de *Talitrus saltator* (Crustacé Amphipode) de la plage de Zouara. *Bull. Inst. Nat. Sci. Tech. Mer.* 5 : 85-88.
- Chelazzi L., Colombini I., 1989. - Zonation and activity patterns of two species of the genus *Phaleria* Latreille (Coleoptera Tenebrionidae) inhabiting an equatorial and a Mediterranean sandy beach. *Ethol. Ecol. Evol.* 1: 313-321.
- Chelazzi L., Colombini I., Bertin G., Cianfanelli A., Fallaci M., Lucarelli E., Mascagni A., 1990. - Gli artropodi del tombolo antistante la laguna di Burano (GR): ambiente, microclima e popolamento animale. *Redia* 73 : 307-345.
- Colombini I., Chelazzi L., Fallaci M., Palesse L., 1994. - Zonation and surface activity of some tenebrionid beetles living on a Mediterranean sandy beach. *J. Arid. Environ.* 28 : 215-230.
- Colombini I., Chelazzi L. 1996. - Environmental factors influencing the surface activity of *Eurynebria complanata* (Linnaeus, 1767) (Coleoptera, Carabidae). *Rev. Chil. Hist. Nat.* 69 : 511-537.
- Colombini I., Aloia A., Fallaci M., Pezzoli G., Chelazzi L., 1998. - Spatial use of an equatorial coastal system (East Africa) by an arthropod community in relation to periodically varying environmental conditions. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.* 47 : 633-647.
- Colombini I., Aloia A., Bouslama M.F., El Gtari M., Fallaci M., Ronconi L., Scapini F., Chelazzi L., 2002. - Small-scale spatial and seasonal differences in the distribution of beach arthropods on the northern Tunisian coasts. Are species evenly distributed along the shore? *Mar. Biol.* 140 : 1001-1012.
- Colombini I., Fallaci M., Milanesi F., Scapini F., Chelazzi L., 2003. - Comparative diversity analysis in sandy littoral ecosystems of the western Mediterranean. *Estuar. Coast. Shelf. S.* 58 : 93-104.
- Colombini I., Fallaci M., Chelazzi L., 2005. - Micro-scale distribution of some arthropods inhabiting a Mediterranean sandy beach in relation to environmental parameters. *Acta Oecol.* 28 : 249-265.
- Dahl E., 1946. - The Amphipoda of the sound. Part 1. Terrestrial Amphipoda. *Acta Univ. Lund.* 2 : 1-13.
- Deidun A., Azzopardi M., Saliba S., Schembri, P.J., 2003. - Low faunal diversity on Maltese sandy beaches: fact or artefact? *Estuar. Coast. Shelf. Sci.* 58 : 83-92.
- Fallaci M., Colombini I., Chelazzi L., 1994. - An analysis of the Coleoptera living along a Tyrrhenian beach-dune system: abundances, zonation and ecological indices. *Vie Milieu.* 44: 243-256.
- Fallaci M., Colombini I., Lagar M., Scapini F., Chelazzi L., 2003. - Distribution patterns of different age classes and sexes in a Tyrrhenian population of *Talitrus saltator* (Montagu). *Mar. Biol.* 142 : 101-110.
- Godet J.P., Demuynck S., Waterlot C., Lemiere S., Souty-Grosset C., Scheifler R., Douay F., Lepretre A., Pruvot C., 2011. - Growth and metal accumulation in *Porcellio scaber* exposed to poplar litter from Cd, Pb and Zn contaminated sites. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 74: 451-458.
- Handrinos G.I., 1992. - Wetland loss and wintering waterfowl in Greece during the 21st century: A first approach. In : M. Finlayson, T. Hollis and T. Davis (Eds). *Managing Mediterranean Wetlands and their Birds*. Special Publication 20, Slimbridge, UK. pp. 183-187.
- Hassall M., Dangerfield J.M., 1997. - The population dynamics of a woodlouse, *Armadillidium vulgare*: an example of biotic compensatory mechanisms amongst terrestrial macrodecomposers? *Pedobiologia* 41: 342-360.
- Henin S., 1983. Les éléments traces dans les sols. *Sciences du sol* 2 : 67-71.
- Hopkin S.P, Jones D.T., Dietrich D. 1993. The isopod *Porcellio scaber* as a monitor of the bioavailability of metals in terrestrial ecosystems: towards a global 'woodlouse watch' scheme. *Sci. Total Environ.* 134 : 357-365.
- Hornung E., Warburg M.R., 1995. - Seasonal changes in the distribution and abundance of isopod species in different habitats within the Mediterranean region of northern Israel. *Acta Oecol.* 16 : 431-445.
- Hornung E., 2011. - Evolutionary adaptation of oniscidean isopods to terrestrial life: structure, physiology and behaviour. *Terr. Arthropod Rev.* 4 : 95-130.
- Hussein M.A., Obuid-Allah A.H., Mohammad A.H., Scott-Fordsmand J.J., Abd El Wakeil K.F., 2006. - Seasonal variation in heavy metal accumulation in subtropical population of the terrestrial isopod, *Porcellio laevis*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 63 : 168-174.
- Jelassi R., Khemaissia H., Nasri-Ammar K., 2012. -

- Intra-annual variation of the spatiotemporal distribution and abundance of Talitridae and Oniscidea (Crustacea, Peracarida) at Bizerte lagoon (northern Tunisia). *Afr. J. Ecol.* 50 : 381-392.
- Jelassi R., Zimmer M., Khemaissia H., Garbe-Schonberg D., Nasri-Ammar K., 2013. - Amphipod diversity at three Tunisian lagoon complexes in relation to environmental conditions. *J. Nat. Hist.* 47 : 2849-2868.
- Jelassi R., Khemaissia H., Zimmer M., Garbe-Schonberg D., Nasri-Ammar K., 2017. Influence of environmental conditions on the distribution of Amphipoda, Talitridae, in the lagoon complex of Ghar El Melh (north-east of Tunisia). *Afr.J.Ecol.* doi: 10.1111/aje.12375.
- Kheirallah A.M., 1979. - The ecology of the isopods *Periscyphis granai* (Arcangeli) on the western highlands of Saudi Arabia. *J. Arid Environ.* 2 : 51-59.
- Khemaissia H., Jelassi R., Souty-Grosset C., Nasri-Ammar K., 2012. - Diversity of terrestrial isopods in the supralittoral zone of Ghar El Melh lagoon (Tunisia). *Afr. J. Ecol.* 51: 348-357.
- Khemaissia H., Jelassi R., Souty-Grosset C., Nasri-Ammar K., 2017. - Terrestrial isopod diversity along three transects at the lagoon complex of ichkeul (tunisia) in relation to environmental conditions. *Vie et Milieu* 67 : 33-42.
- Maamouri F., Hughes J., 1992. - Prospects for wetlands and water fowl in Tunisia. In : C.M. Finlayson, G.E. Hollis, T.J. Davis (Eds). *Managing Mediterranean wetlands and their birds*. Special Publication 20, Slimbridge, UK, pp. 47-52.
- Marsden I.D., 1991. - Kelp-sandhopper interactions on a sand beach in New Island. II. Population dynamics of *Talorchestia quoyana* (Milne-Edwards). *J. Exper. Mar. Biol. Ecol.* 152 : 75-90.
- Mclachlan A., Jaramillo E., 1995. - Zonation on sandy beaches. *Oceanogr. Mar. Biol. Annual Review* 33 : 305-335.
- Marques J.C., Goncalves S.C., Pardal M.A., Chelazzi L., Colombini I., Fallaci M., Bouslama M.F., El Gtari M., Charfi-Cheikhrouha F., Scapini F., 2003. - Comparaison of *Talitrus saltator* (Amphipoda, Talitridae) biology, dynamics, and secondary production in Atlantic (Portugal) and Mediterranean (Italy and Tunisia) populations. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.* 58 : 127-148.
- Messina G., Montesanto G., Pezzino E., Caruso D., Lombardo B.M., 2011. - Diversity of terrestrial isopods in a protected area characterized by salty coastal ponds (Vendicari, Sicily). *J. Nat. Hist.* 45 : 2145-2158.
- Messina G., Pezzino E., Montesanto G., Caruso D., Lombardo B.M., 2012. - The diversity of terrestrial isopods in the natural reserve "Saline di Trapani e Paceco" (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) in northwestern Sicily. *Zookeys* 176 : 215-230.
- Perennou C., Beltrame C., Guelmami A., Tomas-Vives P., Caessteker P., 2012. - Existing areas and past changes of wetland extent in the Mediterranean region: an overview. *Ecol. mediter.* 38 : 53-66.
- Pérez-Domingo S., Castellanos C., Junoy J., 2008. - The sandy beach macrofauna of Gulf of Gabès (Tunisia). *Mar. Ecol.* 29 : 51-59.
- Phillips D.J.H., Rainbow P.S., 1994. - Biomonitoring of trace aquatic contaminants. Environmental Management Series, Chapman and Hall, London. pp. 371.
- Rainbow P.S., 1992. - The talitrid amphipod *Platorchestia platensis* as a potential biomonitor of copper and zinc in Hong Kong: laboratory and field studies. In : Morton B. (Ed): *Proceedings of the 4th International Marine Biological Workshop. The marine flora & fauna of Hong Kong and S. China*, Hong Kong (University Press), pp. 599-610.
- Sutton S.L., 1968. - The population dynamics of *Trichoniscus pusillus* and *Philoscia muscorum* (Crustacea, Oniscoidea) in limestone grassland. *J. Anim. Ecol.* 37 : 425-444.
- Vandel A., 1960. - Isopodes terrestres. Faune de France 64. Paris, Lechevalier. 416 p.
- Vandel A., 1962. - Isopodes terrestres. Faune de France 66. Paris, Lechevalier. pp. 417-931.
- Vesali-Naseh M.R., Karbassi A., Hazaban F., Baghvand A., 2012. - Evaluation of Heavy Metal Pollution in Anzali Wetland, Guilan, Iran. *Iranian Journal of Toxicology* 15 : 565-576.
- Weeks J., Rainbow P.S., 1991. The uptake and accumulation of zinc and copper from solution by two species of talitrid amphipods. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.* 71 : 811-826.
- Wolter V., 2001. - Biodiversity of animals and its function. *Eur. J. Soil. Biol.* 37 : 21-227.
- Zalidis G.C., Crisman T.L., Gerakis P.A., 2002. Restoration of Mediterranean Wetlands. Hellenic Ministry of the Environment, Physical Planning and Public Works, Athens and Greek Biotope/Wetland Centre, Thermi, Greece.
- Zimmer M., 2004. - Effects of temperature and precipitation on a flood plain isopod community: a field study. *Eur. J. Soil. Biol.* 40 : 139-146.