

LES PEUPELEMENTS DES COLÉOPTÈRES DU MARAIS SALÉ DE L'EMBOUCHURE DE LA TAFNA (ALGÉRIE)

Samira BOUKLI HACENE¹, Karima HASSAINE¹ & Philippe PONEL²

SUMMARY. — *Coleopteran communities of the salt marsh at the mouth of the Tafna River (Algeria).* — A study of Coleopteran communities was conducted between October 2009 and September 2010 in the salt marsh at the mouth of the Tafna River. Bimonthly trappings were carried out in five groups of vegetation and yielded 3833 specimens belonging to 140 species. This richness varies from one group to another (19 to 87 species). The high values are directly related to a shorter period of submersion, a lower salinity but also a greater floristic richness. Diversity indicators show that communities are diversified, regular and well structured with the exception of the samples from the lowest points where the highest salt concentrations are recorded. The highest richness and abundance are recorded mainly between early spring and early summer. Community composition is very different from one group to another ; the similarity index does not exceed 40 %. The spatial micro-distribution of grouping floristic species has been demonstrated through an ascending hierarchical analysis.

RÉSUMÉ. — Une étude des peuplements des Coléoptères a été réalisée entre octobre 2009 et septembre 2010 dans le marais salé de l'embouchure de la Tafna. Des piégeages bimensuels effectués dans cinq groupements de végétation ont fourni 3833 spécimens répartis en 140 espèces. Cette richesse spécifique varie d'un groupement à un autre (de 19 à 87 espèces). Les richesses élevées sont en relation directe avec une période de submersion moins longue, un taux de salinité moins élevé mais également une richesse floristique plus importante. Les indicateurs de diversité montrent que les peuplements sont diversifiés, réguliers et bien structurés dans l'ensemble à l'exception du groupement des points les plus bas où les plus fortes concentrations salines sont enregistrées. L'évolution temporelle fait ressortir des richesses et des abondances maximales essentiellement entre le début du printemps et le début de l'été. La composition des peuplements reste très différente d'un groupement à un autre, l'indice de similitude n'excède pas les 40 %. L'analyse biotypologique par classification ascendante hiérarchique des 140 espèces dégage six unités coenotiques définies en fonction de la dominance moyenne et de l'occurrence, mettant ainsi en évidence une microdistribution spatiale des espèces.

Les marais salés constituent des zones éponges très fréquentes en Afrique du Nord. Les conditions extrêmes régnant dans ce genre d'habitat font qu'ils sont peuplés par une faune spécialisée, riche en Coléoptères. Cet ordre, le plus riche sur terre, constitue l'élément majeur de la biodiversité (Hammond, 1992 ; Daly *et al.*, 1998 ; Odegaard, 2000). Par ailleurs, ces biotopes privilégiés constituent des refuges pour de nombreuses espèces rares (Williams, 2002) dont les populations sont hautement isolées et/ou fragmentées et présentent un grand intérêt biogéographique et de conservation (Gómez *et al.*, 2005 ; Abellán *et al.* 2007). Dans le même temps, ces biotopes constituent un enjeu de conservation majeur puisque de nombreuses mena-

¹ Laboratoire de valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique, Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen. BP119 13000 Algérie. E-mail : ecosante@hotmail.com

² Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie, Europôle de l'Arbois, Université Paul Cézanne Aix-Marseille III, BP 80, F-13545 Aix-en-Provence Cedex 04. E-mail : philippe.ponel@univ-cezanne.fr

ces pèsent sur ces milieux littoraux (pollution, comblement, urbanisation, etc.). La bioécologie des Coléoptères d'Algérie reste mal connue : beaucoup de travaux remontent au XIX^e siècle, comme ceux de Gaubil (1849), Chevrolat (1861) et Bedel (1895) ; les travaux récents sont rares (Pupier, 2005) et aucun n'est consacré à l'étude des milieux salés et humides. L'intérêt d'un inventaire et d'une analyse écologique des marais de l'embouchure de la Tafna est donc considérable, en raison de l'originalité de ces milieux sélectifs.

L'objectif du présent travail est d'analyser la composition taxinomique du peuplement, de relever l'originalité des espèces endémiques, d'évaluer la diversité des peuplements à travers une étude indicielle et enfin de comprendre l'organisation spatiale des espèces associées à des groupements définis en fonction des critères topographiques, hydrologiques, édaphiques et floristiques.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

SITE

Le travail a été réalisé dans la zone dépressionnaire d'environ 1 ha située sur la rive gauche de l'embouchure de la Tafna (Figure 1), principal cours d'eau des monts de Tlemcen. Elle s'intègre dans les dépressions salées littorales de l'Oranie. Elle est caractérisée par un relief plat, légèrement incliné vers le Sud, elle est limitée au Nord par les dunes de la plage de Rachgoun, à l'Est par les bourrelets alluviaux de la basse Tafna ; elle trouve ses limites Ouest et Sud dans les plaines de la Tafna. Ses coordonnées géographiques sont comprises entre 35°17' et 35°22' latitude Nord et 1°27' et 1°28' longitude Ouest ; son altitude varie entre 1 et 6 m. Elle est située en étage bioclimatique semi-aride à hiver chaud, la tranche pluviométrique est de 398 mm/an et la période sèche s'étale de juin à octobre. Les conditions climatiques qui ont régné pendant la période d'étude ne présentaient pas de caractères particuliers, on peut donc considérer que le créneau retenu pour l'étude est représentatif des conditions climatiques normales dans la région.

VÉGÉTATION

Cinq groupements végétaux sont définis (Boukli & Hassaine, 2009) à partir de l'espèce différentielle la plus représentative (Fig. 1) : (i) trois groupements hydrophiles halophiles se succèdent du Nord au Sud, selon un gradient décroissant d'hydromorphie et de salinité, depuis *Arthrocnemum glaucum* (G.I) jusqu'à *Suaeda fruticosa* (G.V), passant par *Salicornia fruticosa* (G.II) ; (ii) deux groupements végétaux hydrophiles non halophiles correspondant au groupement à *Juncus maritimus* (G.III) et au groupement à *Typha angustifolia* (G.IV).

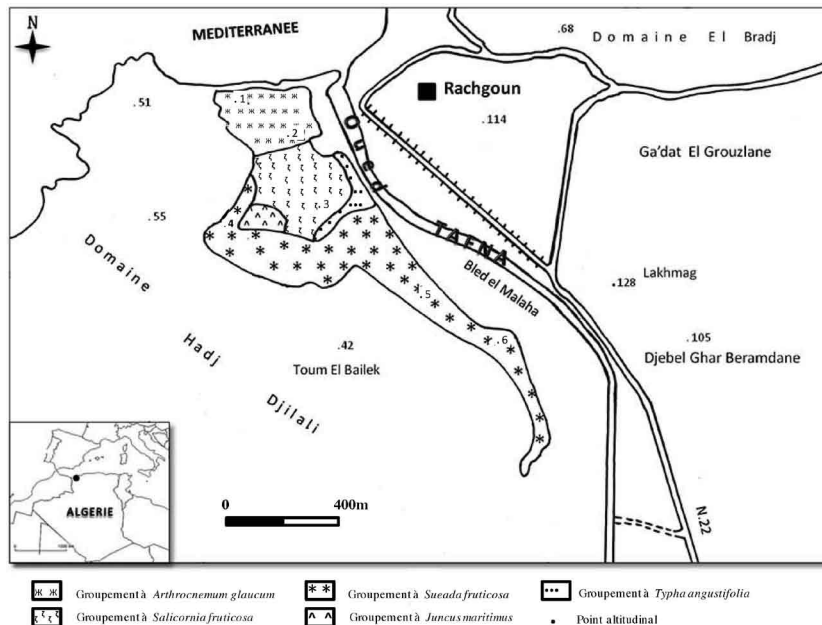


Figure 1. — Situation géographique du marais salé de l'embouchure de la Tafna.

ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET PROTOCOLE D'ÉCHANTILLONNAGE DE LA FAUNE

Nous avons procédé à un échantillonnage systématique linéaire le long de deux transects parallèles traversant ces cinq ceintures de végétation. Les vingt-six échantillons de sol correspondant aux dix centimètres superficiels (1dm³), ont fait l'objet de cinq analyses : texture, structure, rapport C/N, salinité et conductivité. Le nombre de relevés a été de 4 à 8, dépendant directement de la superficie du groupement. Le long de ces mêmes transects et à l'intérieur d'un carré de 4 m de côté la faune a été prélevée tous les quinze jours d'octobre 2009 à septembre 2010. Cinq points de prélèvements d'un même groupement ont été effectués. Les Coléoptères ont été échantillonnés soit directement au filet fauchoir et à la nappe montée, au moyen d'un aspirateur à bouche, soit indirectement par piégeage (Barber et piège à sucre). Le prélèvement de la partie superficielle du sol sur environ 4 dm² et le traitement au Berlese du sédiment ont été employés pour la capture des petits Coléoptères fouisseurs. La capture des espèces aquatiques a été faite au moyen d'un filet Langeron de 80 µm de maille.

TRAITEMENT DES DONNÉES

Cinq indices de diversité ont été utilisés pour la caractérisation de la structure du peuplement : la richesse spécifique S, l'indice H' de Shannon-Wiener, l'équitabilité de Pielou J', l'indice de Simpson 1/D, l'indice de Hill, combinés à une classification ascendante hiérarchique (CAH). Sur la base des distances euclidiennes et grâce au logiciel Minitab 16, l'analyse biotypologique a été réalisée à partir de la matrice de répartition spatiotemporelle d'abondance des espèces prenant en compte les cinq groupements x 12 mois d'étude.

RÉSULTATS

CONDITIONS ÉDAPHIQUES

L'hydromorphie dépend de la topographie, de la texture et de la structure des sols. L'humidité du sol est variable d'un point à un autre et répond à un gradient croissant du Nord au Sud. Deux secteurs sont définis : (i) les secteurs temporaires, situés aux points les plus bas, sont alimentés en grande partie par les eaux des crues des ravins ; ils se localisent également au niveau des zones soumises aux battements de la nappe phréatique peu profonde (0 à -60 cm) ; la durée de submersion peut atteindre huit mois. Ces secteurs correspondent aux sols où l'hydromorphie et la salinité sont les plus élevées ; (ii) les secteurs éphémères se mettent en eau suite aux fortes précipitations sur le bassin versant ; la durée de submersion enregistrée est brève, de l'ordre d'un mois.

Dans les secteurs à submersion temporaire, la texture est limono-argileuse à limoneuse et la structure est massive. La salinité, plus élevée, peut atteindre les 52,6 g/kg de terre sèche alors que le rapport C/N est nettement supérieur à 25. Dans les secteurs à submersion éphémère, le sol se caractérise par une structure grumeleuse due à une texture où les limons et les sables codominent, là où les valeurs de salinité ne dépassent pas les 15 g/kg. Le rapport C/N est supérieur à 25 sur plus de 92 % des échantillons. La vitesse de décomposition est très lente dans l'ensemble de l'aire d'étude, seuls les points les plus hauts, présentent une texture moins fine et un rapport C/N inférieur à 25.

COMPOSITION TAXINOMIQUE

Au total 140 espèces de Coléoptères ont été échantillonnées et identifiées (Tab. I). Ces espèces sont inégalement réparties parmi 31 familles : *Carabidae* (40 espèces), *Chrysomelidae* (13), *Dytiscidae* (11), *Staphylinidae* (9), *Curculionidae* (9), *Scarabaeidae* (7), *Tenebrionidae* (5), *Coccinellidae* (5), *Hydrophilidae*, *Meloidae* et *Oedemeridae* (4), *Gyrinidae*, *Histeridae*, *Heteroceridae*, *Buprestidae*, *Elateridae*, *Alleculidae*, *Dasytidae*, *Silphidae* et *Helophoridae* (2). Deux familles ne sont représentées que par une seule espèce. Comme on le voit, les *Carabidae* dominent de très loin en nombre d'espèces la communauté des Coléoptères de l'embouchure de la Tafna.

STRUCTURE INDICIELLE DES PEUPELEMENTS

Une grande variabilité dans l'abondance N et la richesse spécifique S est notée entre les groupements végétaux (Tab. II). Les valeurs de N et S sont faibles dans le groupement G.I situé dans les points les plus bas avec 19 espèces seulement. La valeur maximale de la richesse

TABLEAU I
Coléoptères de l'embouchure de la Tafna

Espèces /Groupements	G.I	G.II	G.III	G.IV	G.V
CARABIDAE					
<i>Nebria andalusiaca</i> Rambur, 1837					x
<i>Calomera lunulata</i> Fabricius 1781 ^{xx}		x			
<i>Calosoma inquisitor</i> Linné, 1758		x	x		
<i>Carabus morbillosus</i> Lucas, 1850 ^x		x	x		x
<i>Broscus politus</i> Dejean, 1828 ^{xx}		x	x	x	x
<i>Siagona jenissoni</i> Dejean, 1826 ^{xx}					x
<i>Dyschirius chalybeus</i> Putzeys, 1846	x	x			
<i>Dyschirius salinus</i> Putzeys, 1846	x	x			
<i>Distichus planus</i> Bonelli, 1813	x	x			x
<i>Bembidion fluviatile unctulum</i> Antoine, 1941 ^x		x			
<i>Emphanes axillare occidentale</i> Marggi & Huber, 2001	x	x	x		
<i>Emphanes normannum mediterraneum</i> Csiki, 1928		x		x	
<i>Tachys scutellaris</i> Stephens, 1828					x
<i>Tachys dimidiatus</i> Motschoulsky, 1849					x
<i>Tachyura lucasi</i> Jacquelin-Duval, 1852					x
<i>Pogonus chalceus</i> Dejean, 1828	x	x	x		
<i>Notaphus varius</i> Olivier, 1795	x	x	x		
<i>Dicheirotrechus obsoletus</i> Dejean, 1829		x			
<i>Philochthus vicinus</i> Lucas, 1846					x
<i>Chlaenius velutinus</i> Duftschmid, 1812		x			
<i>Amblystomus algerinus</i> Reitter, 1887	x	x	x	x	x
<i>Amblystomus metallescens</i> Dejean, 1829			x	x	
<i>Acinopus gutturosus</i> Buquet 1840		x			
<i>Daptus vittatus</i> Fischer, 1824					x
<i>Harpalus distinguendus</i> Duftschmid, 1812		x		x	
<i>Harpalus microthorax</i> Motschoulsky, 1849					x
<i>Harpalus oblitus patruelis</i> Dejean, 1829					x
<i>Stenolophus skrimshireanus</i> Stephens, 1828				x	
<i>Calathus fuscipes algericus</i> Gautier des Cottes, 1866 ^x		x	x	x	
<i>Calathus opacus</i> Lucas, 1846 ^x		x	x	x	
<i>Agonum marginatum</i> Linné, 1758			x	x	
<i>Orthomus abacoïdes</i> Lucas, 1846					x
<i>Poecilus purpurascens</i> Dejean, 1828					x
<i>Microlestes abeillei brisouti</i> Holdhaus, 1885	x	x	x	x	x
<i>Microlestes corticalis</i> Dufour, 1820	x	x	x	x	x
<i>Syntomus fuscomaculatus</i> Motschulsky, 1844	x	x	x	x	x
<i>Amara aenea</i> De Geer, 1774			x	x	
<i>Acorius metallescens</i> Zimmermann, 1831			x	x	
<i>Zabrus distinctus</i> Luca, 1842 ^x					x
<i>Laemostenus algerinus</i> Gory, 1833					
Gyrinidae					
<i>Aulonogyrus striatus</i> Fabricius, 1792		x			
* <i>Gyrinus dejeani</i> Brullé, 1832		x			
HALIPLIDAE					
* <i>Neohaliphus lineatocollis</i> Marsham, 1802		x			

Espèces /Groupements	G.I	G.II	G.III	G.IV	G.V
DYTISCIDAE					
* <i>Agabus nebulosus</i> Forster, 1771		x	x		
* <i>Colymbetes fuscus</i> Linné, 1758		x		x	
* <i>Rhanthus hispanicus</i> Sharp, 1822		x			
* <i>Hydroglyphus geminus</i> Fabricius, 1792		x			
* <i>Hygrotus (Coelambus) confluens</i> Fabricius, 1787		x	x	x	
* <i>Deronectes fairmairei</i> Leprieur, 1877		x			
* <i>Potamonectes clarkii</i> Wollaston, 1863		x			
* <i>Potamonectes cerisyi</i> Aubé, 1838		x			
* <i>Hyphydrus aubei</i> Ganglbauer, 1891		x			
* <i>Laccophilus hyalinus</i> Aubé, 1837	x	x	x	x	
* <i>Laccophilus minutus</i> Linné, 1758	x	x	x	x	
HELOPHORIDAE					
* <i>Helophorus</i> gr. <i>maritimus</i> Rey 1885		x			
* <i>Helophorus</i> sp.		x			
HYDROPHILIDAE					
* <i>Berosus hispanicus</i> Küster, 1847		x	x		
* <i>Enochrus bicolor</i> Fabricius, 1792	x	x	x	x	
* <i>Enochrus ater</i> Kuwert, 1888	x	x	x	x	
* <i>Helochares lividus</i> Forster, 1771		x			
HYDRAENIDAE					
* <i>Ochthebius</i> sp.		x	x		
HISTERIDAE					
<i>Saprinus</i> sp.					x
<i>Hister</i> sp.		x	x	x	x
SILPHIDAE					
<i>Silpha puncticollis</i> Lucas, 1846			x	x	x
<i>Silpha olivieri</i> Bedel, 1887				x	x
STAPHYLINIDAE					
<i>Quedius pallipes</i> Lucas, 1846					x
<i>Philonthus longicornis</i> Stephens, 1799					x
<i>Philonthus quisquiliarius</i> Gyllenhal, 1810					x
<i>Bledius opacus</i> Block, 1799		x	x	x	x
<i>Platysthetus cornutus</i> Gravenhorst, 1802					x
<i>Trogophlæus corticinus</i> Gravenhorst, 1806				x	x
<i>Stenus guttula</i> Linné, 1758				x	x
<i>Stenus melanopus</i> Marsham, 1802					x
<i>Tachyporus</i> sp.	x				
SCARABAEIDAE					
<i>Aphodius subterraneus</i> Linnaeus, 1758					x
<i>Onthophagus crocatus</i> Mulsant & Godart, 1873 ^{xx}					x
<i>Onthophagus similis</i> Scriba, 1790					x
<i>Scarabeus sacer</i> Linné, 1758				x	x
<i>Tropinota squalida pilosa</i> Brullé, 1832				x	x
<i>Oxythyrea funesta</i> Poda, 1761				x	x
<i>Aethiessa floralis</i> Erichson, 1841				x	x
BUPRESTIDAE					
<i>Trachys troglodytiformis</i> Obenberger, 1918					x
<i>Aphanisticus emarginatus</i> Olivier, 1790					x

Espèces /Groupements	G.I	G.II	G.III	G.IV	G.V
HETEROCERIDAE					
<i>Heterocerus</i> sp. 1					x
<i>Heterocerus</i> sp. 2					x
ELATERIDAE					
<i>Agriotes sordidus</i> Illiger, 1807				x	x
<i>Agriotes pilosellus</i> Schönherr, 1817				x	x
DRILIDAE					
<i>Malacogaster bassii</i> Lucas, 1870 ^x					x
CANTHARIDAE					
<i>Cantharis</i> sp.			x		
DERMESTIDAE					
<i>Dermestes sardous</i> Küster, 1846				x	x
DASYTIDAE					
<i>Dasytes virens</i> Marsham, 1802			x		
<i>Dasytes</i> sp.					x
MALACHIIDAE					
<i>Malachius abdominalis</i> Fabricius, 1798 ^x			x	x	
NITIDULIDAE					
<i>Urophorus humeralis</i> Fabricius, 1798			x		
ENDOMYCHIDAE					
<i>Dapsa pallescens</i> Marseul, 1868 ^x					x
COCCINELLIDAE					
<i>Coccinella septempunctata algerica</i> Kovar, 1977 ^{xx}					x
<i>Hippodamia variegata</i> Goeze, 1777					x
<i>Harmonia quadripunctata</i> Pontoppidan, 1763					x
<i>Hyperaspis</i> sp.	x	x			
<i>Scymnus rubromaculatus</i> Goeze, 1778		x			
MORDELLIDAE					
<i>Mordella</i> sp.	x				x
TENEBRIONIDAE					
<i>Pimelia</i> sp.			x		
<i>Pachychila</i> sp.				x	x
<i>Blaps</i> sp.					x
<i>Neopachypterus mauritanicus</i> Lucas, 1846		x			
<i>Phtora crenata</i> Germar, 1836		x			
OEDEMERIDAE					
<i>Oedemera crassipes</i> Ganglbauer, 1881					x
<i>Oedemera nobilis</i> Scopoli, 1763				x	x
<i>Oedemera marmorata</i> Erichson, 1841 ^{xx}					x
<i>Probosca virens</i> Schmidt, 1846 ^{xx}					x
MELOIDAE					
<i>Berberomeloe majalis</i> Linné, 1758			x	x	x
<i>Lagorina scutellata</i> Laporte, 1840 ^x				x	x
<i>Mylabris</i> sp.			x	x	x
<i>Meloe cavensis</i> Petagna, 1819					x
ANTHICIDAE					
<i>Cordicomus instabilis</i> Schmidt, 1842					x

Espèces /Groupements	G.I	G.II	G.III	G.IV	G.V
CHRYSOMELIDAE					
<i>Cassida rubiginosa</i> Mueller, 1776					x
<i>Cassida vittata</i> Villers, 1789					x
<i>Chrysolina bicolor</i> Fabricius, 1775				x	x
<i>Chrysolina bankii</i> Fabricius, 1775				x	x
<i>Chrysolina lucidicollis</i> Küster, 1845 ^{xx}				x	x
<i>Chrysolina numida</i> Reiche, 1864 ^x					x
<i>Timarcha rugosa</i> , Linnaeus, 1767 ^x			x	x	x
<i>Chaetocnema tibialis</i> Illiger, 1807	x	x	x	x	
<i>Podagrica malvae semirufa</i> Küster, 1847	x	x	x	x	x
<i>Labidostomus taxicornis</i> Fabricius, 1792				x	x
<i>Lachnaia variolosa</i> Linné, 1767 ^{xx}				x	x
<i>Cryptocephalus</i> sp.				x	x
<i>Cryptocephalus rugicollis</i> Olivier, 1791				x	x
CURCULIONIDAE					
<i>Sphenophorus</i> cf. <i>piceus</i> Pallas, 1776					x
<i>Bagous argillaceus</i> Gyllenhal, 1836				x	
<i>Baris</i> sp.				x	x
<i>Cleonus</i> sp.					x
<i>Larinus</i> sp.					x
<i>Lixus</i> sp.					x
<i>Pachytychius</i> sp.					x
<i>Sitona macularius</i> Marsham, 1802					x
<i>Perapion violaceum</i> Kirby, 1808					x
ALLECULIDAE					
<i>Heliotaurus ruficollis</i> Fabricius, 1781				x	x
<i>Heliotaurus distinctus</i> Castelnau, 1840				x	x
Melyridae					
<i>Psilothrix illustris</i> Wollaston, 1854 ^{xx}					x

^{xx} Endémique de la Méditerranée occidentale

^x Endémique d'Afrique du Nord

* Coléoptère aquatique

TABLEAU II

Les indicateurs de diversité des peuplements de Coléoptères des cinq groupements végétaux et du peuplement global du marais salé de l'embouchure de la Tafna

Indices de diversité	N	S	H'	Hmax	J'	1/D	ED	Hill
G. I	465	19	3,97	4,25	0,93	14,17	0,73	0,73
G. II	1213	51	5,23	5,67	0,92	30,91	0,60	0,83
G. III	539	37	4,67	5,20	0,89	20,22	0,53	0,81
G. IV	635	53	5,15	5,72	0,90	26,80	0,51	0,84
G. V	981	87	5,84	6,44	0,90	40,95	0,46	0,88
Global	3833	140	6,17	7,13	0,86	45,22	0,32	0,91

spécifique est observée au niveau du groupement G.V localisé dans les points les plus hauts à *Suaeda fruticosa* où elle atteint 87 espèces, cependant la valeur maximale d'abondance est notée dans le groupement halophile G.II à *Salicornia fruticosa* représentant 31,64 % du peuplement global du marais. Les groupements intermédiaires G.II et G.IV affichent des richesses spécifiques comparables respectives de 51 et 53 espèces. L'indice de Shannon-Wiener H' varie 3,97 bits (G.I) et 5,84 bits (G.V), les groupements halophiles G.I et le groupement hydrophile G.III marquent les valeurs de diversité au-dessus de la valeur moyenne générale de 4,97 bits. Les valeurs enregistrées au niveau des groupements végétaux sont importantes et témoignent de la codominance de plusieurs espèces. Sur l'ensemble du marais, l'indice H' atteint une valeur remarquable de 6,17 bits. L'évolution spatiale de l'équitabilité J' de Pielou varie très peu (Tab. II), elle oscille entre un minimum de 0,89 (G.III) et un maximum de 0,93 (G.I). Ces valeurs témoignent aussi d'une régularité des peuplements au niveau de tous les groupements et justifient la valeur de 0,86 atteinte pour l'ensemble du marais. L'équitabilité paraît peu sensible aux variations du nombre d'espèces. Les variations de l'indice de Simpson $1/D$ sont comparables aux variations de l'indice de diversité H' de Shannon-Wiener, puisque le groupement le plus halophile à *Arthrocnemum glaucum* G.I présente un minimum de 14,17 alors que les groupements moins halophiles G.II et G.V et les groupements plus hydrophiles G.III et G.IV affichent des valeurs nettement plus élevées. Ces deux indices sont corrélés significativement au seuil de 95 % ($r = 0,97$ et $p < 0,005$). L'équitabilité de Simpson à travers les différents groupements halophiles indique de façon claire l'augmentation de la régularité des peuplements de l'aval vers l'amont du marais. Le premier groupement G.I présente le peuplement le moins régulier. Cette régularité augmente considérablement pour le peuplement du groupement des points les plus hauts à *Suaeda fruticosa* avec une équitabilité ES qui tend vers 0. Les valeurs de l'indice de Hill sont proches de 0 et témoignent de la grande diversité et régularité des peuplements dans l'ensemble des groupements. Le classement des peuplements en fonction des valeurs obtenues est comparable à celui de l'indice H' , les peuplements des groupements hydrophiles G.III et G.IV et les groupements les moins halophiles G.II et G.V affichent des valeurs supérieures à 0,80, seul le groupement hyperhalophile G.I s'écarte avec un indice de 0,73. Estimé également pour le peuplement global du marais salé de l'embouchure de la Tafna, cet indice fait clairement apparaître la diversité et la régularité exceptionnelle avec une valeur de 0,91. Les indices instantanés intragroupement s'accordent donc pour montrer le caractère relativement régulier des peuplements de Coléoptères du marais de l'embouchure de la Tafna.

Nous avons tenté de mettre en évidence des relations entre les indices de diversité et les facteurs du milieu par une régression linéaire simple (Fig. 2). La richesse spécifique des peuplements de Coléoptères s'avère fortement corrélée à l'élévation ($r^2 = 0,91$ et $p = 0,027$), à la richesse floristique ($r^2 = 0,95$ et $p = 0,010$) mais pas au taux de recouvrement végétal. La diversité H' de Shannon-Wiener apparaît négativement corrélée à la durée de submersion et au taux moyen de salinité et positivement corrélée à l'élévation du terrain et à la richesse du tapis végétal. Aucune corrélation significative n'est mise en évidence entre l'équitabilité et les variables du milieu à l'exception du taux de salinité moyen qui est corrélé négativement ($r^2 = 0,91$ et $p = 0,030$). Parmi les cinq variables testées ($r^2 > 0,70$, p non significatif), seule la richesse floristique est positivement corrélée avec l'indice de diversité de Simpson ($r^2 = 0,91$ et $p = 0,029$).

Le nombre d'individus présente des variations saisonnières très nettes (Fig. 3). La saison printanière et en second lieu la saison estivale sont les plus riches en individus puisqu'elles renferment de 71 (G.III) à 82 % (G.V) de l'effectif total récolté dans chaque groupement. La variabilité saisonnière des effectifs est forte au niveau de tous les groupements comme le prouvent les coefficients de variation toujours supérieurs à 21 %. Les fluctuations saisonnières sont marquées par des minimums en période automnale (septembre-novembre) pour les groupements halophiles G.II, G.IV et G.V et des minimums en période hivernale pour les groupes G.III et G.I. Ce dernier présente le maximum d'abondance en saison estivale pouvant être expliqué par l'assèchement du plan d'eau.

Les courbes de richesses cumulées (Fig. 4) sur l'ensemble des groupements atteignent un palier à partir de juillet, ce qui suggère que notre échantillonnage est relativement exhaustif. La richesse dépasse 80 % dès les six premiers mois de l'étude dans la majorité des groupements,

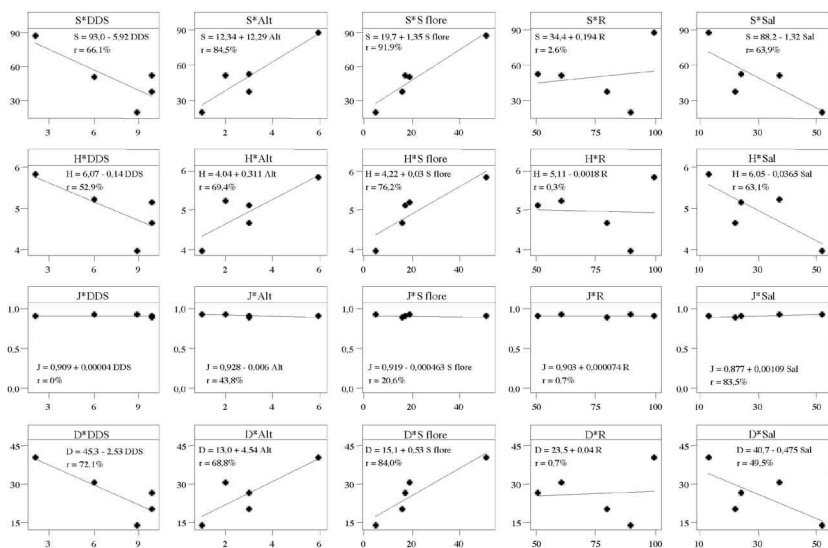


Figure 2. — Régression linéaire entre indicateurs de diversité des peuplements de Coléoptères et les paramètres du milieu (DDS = Durée de submersion en mois ; Alt = altitude moyenne en m ; S. Flore = nombre d'espèces floristiques inventoriées ; R = taux de recouvrement végétal en % ; Sal = taux moyen de salinité du sol en g/kg de terre sèche).

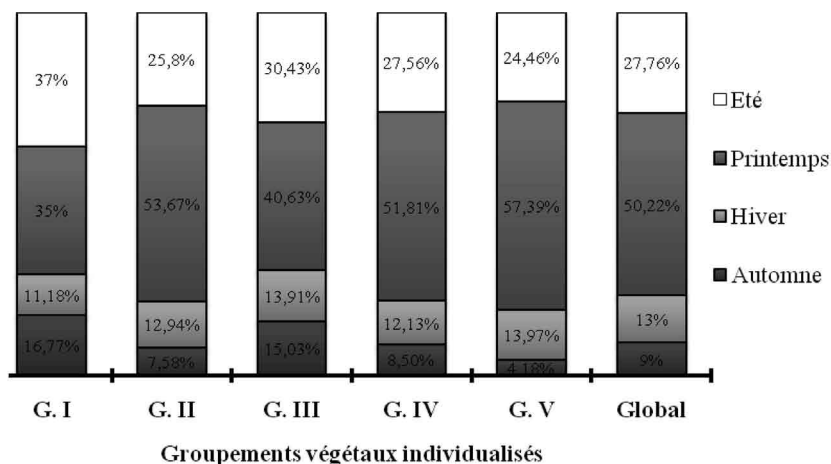


Figure 3. — Importance relative du nombre d'individus récoltés par saison dans les cinq groupements individualisés et dans l'ensemble du marais.

seul le groupement G.III présente une valeur de 63 %. Notons que les groupements G.IV (82 %) et G.II (84 %) ont des valeurs comparables atteintes dès le premier mois d'été.

Les peuplements des différents groupements sont très peu semblables entre eux (Tab. III), la valeur de l'indice de Jaccard la plus élevée enregistrée est de 39,06 % entre les groupements hydrophiles G.III et G.IV avec 25 espèces communes, 37,50 % entre les groupements G.II et G.III avec 24 espèces. A l'opposé, les plus basses valeurs de similitude sont entre le groupement G.V et les deux autres groupements halophiles G.I et G.II présentant respectivement une valeur de 7,07 % et 6,97 % d'une part et le groupement hydrophiles G.III avec un indice de 11,71 % seulement. Il y a très peu d'espèces communes entre ces peuplements (sept à treize espèces), contrairement au groupement G.IV où ce nombre atteint sa valeur maximale de 34.

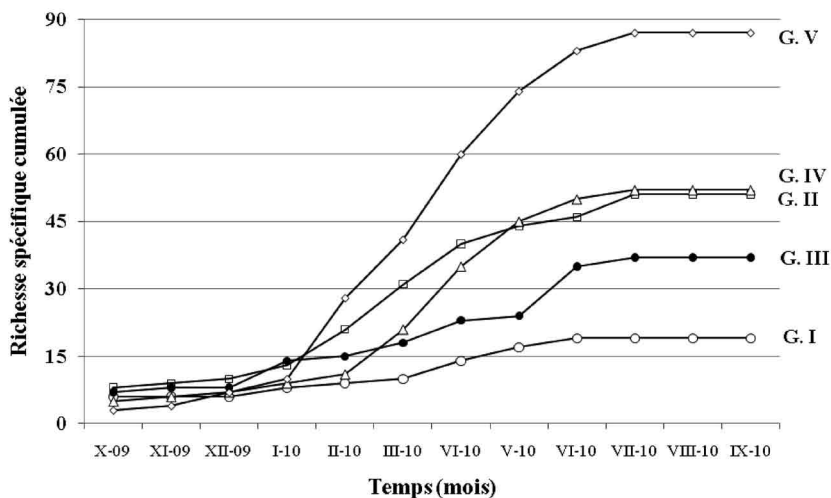


Figure 4. — Évolution temporelle de la richesse spécifique cumulée calculée sur la base des résultats obtenus par groupement végétal.

TABLEAU III

Indices de similitude de Jaccard et nombre d'espèces de Coléoptères en commun dans les cinq groupements végétaux individualisés

	Indice de similitude (Nombre d'espèces en commun)					Global
	G. I	G. II	G. III	G. IV	G. V	
G. I	1,0000					
G. II	0,3220 (17)	1,0000				
G. III	0,3023 (13)	0,3750 (24)	1,0000			
G. IV	0,1639 (10)	0,2261 (19)	0,3906 (25)	1,0000		
G. V	0,0707 (7)	0,0697 (9)	0,1171 (13)	0,3238 (34)	1,0000	
Global	0,1366	0,3669	0,2661	0,3741	0,6258	1,0000

Les indices calculés entre le peuplement global pour l'ensemble du marais et les peuplements de chaque groupement mettent en évidence l'importance relative du peuplement du groupement G.V dans composition du peuplement global avec plus de 62 %, suivie par la composition des peuplements des groupements G.IV (37,41 %) et G.II (36,69 %). Ces résultats indiquent également l'existence d'un nombre assez considérable d'espèces inféodées à un seul type de groupement, présentant ainsi une distribution limitée dans l'ensemble du marais.

DÉTERMINATION DES UNITÉS COENOTIQUES

Le dendrogramme de la figure 5, issu de la CAH réalisée met en évidence six unités coenotiques (notées UC1 à UC6) présentant un nombre d'espèces variant de 6 à 31 espèces. Les assemblages des espèces en groupes semblent être en relation avec la dominance des espèces tandis que les sous-groupes sont reliés à l'occurrence. Les espèces dominantes de chaque unité ou peuplement sont mises en évidence par l'indice FDM (Tab. IV). Ce facteur a été utilisé par de nombreux auteurs (Mora *et al.*, 1989 ; Afli & Glémarec, 2000 ; Chaouti & Bayed, 2005 ; Bazaïri *et al.*, 2003 ; Cherkaoui *et al.*, 2003).

La première unité UC1 à *Microlestes abeillei* et *Amblystomus algerinus* renferme seize espèces (Tab. III) fortement abondantes et communes à la majorité des groupements végétaux.

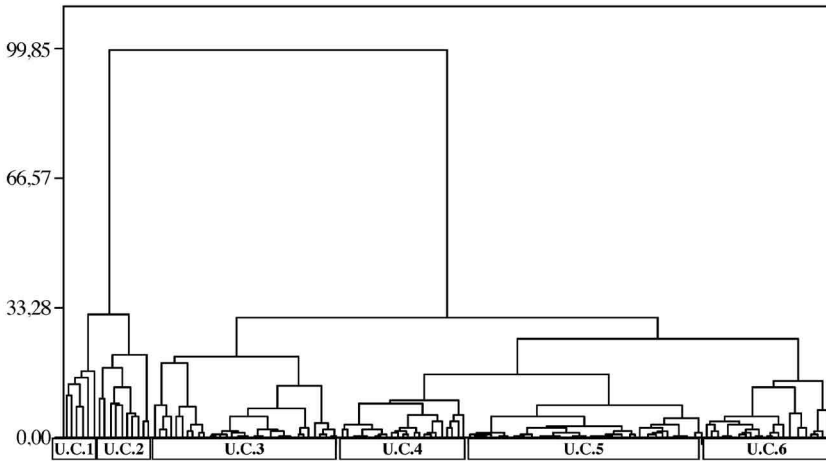


Figure 5. — Dendrogramme issu de la CAH de la matrice de répartition spatio-temporelle d'abondance des 140 espèces inventoriées dans le marais salé de l'embouchure de la Tafna.

Elles sont dominantes et fréquentes et affichent les valeurs de FDM les plus élevées comprises entre 9,14 et 2,25. Ces espèces plastiques, présentes dans 60 % des prélèvements réalisés, semblent être indifférentes aux diverses fluctuations des deux paramètres fondamentaux hydro-morphie et halophilie.

L'unité coenotique UC2 regroupe dix espèces halophiles et hydrophiles, principalement abondantes dans les quatre groupements salés et humides les plus bas et totalement absentes dans les niveaux les plus hauts à *Suaeda fruticosa* où la durée de submersion est courte. Les valeurs de FDM sont comprises entre 5,16 et 0,84. Cette unité fait ressortir, avec une contribution bionomique assez importante (Fig. 5), deux espèces : *Pogonus chalceus* et *Emphanes axillare occiduum*, spécifiques aux groupements les plus halophiles à *Arthrocnemum glaucum* et *Salicornia fruticosa*. Les huit espèces restantes, à plus large distribution, s'assemblent en un sous-peuplement où *Enochrus bicolor* à forte valeur de FDM (5,16) correspond à l'espèce pilote en compagnie de *Laccophilus minutus*, *Laccophilus hyalinus*, *Agabus nebulosus* et *Lagorina scutellata*.

La troisième unité coenotique englobe les espèces à dominance moyenne allant de 0,25 à 0,03 et à faible fréquence d'occurrence, comprise entre 16,7 et 1,67 ; elles sont essentiellement printanières. La valeur maximale de FDM est notée à 3,06 pour *Silpha puncticollis*. Sur les 34 espèces constituant cette unité, 26 espèces (76 %) sont essentiellement dominantes dans les points le plus haut du marais (groupement V). Les sept principales espèces (Tab. II) qui constituent ce peuplement résultent soit d'une plus faible fréquence mais une dominance plus élevée, cas de *Berberomeloe majalis*, *Philochthus vicinus*, *Heliotaurus distinctus*, soit d'une plus faible abondance mais avec une fréquence plus élevée, cas de *Lagorina scutellata*.

L'unité coenotique UC4 englobe les espèces les plus faiblement représentées (moins de 14 individus) et essentiellement récoltées en période printanière mais présentes dans deux à trois groupements. Ce peuplement à *Stenus guttula* renferme 23 espèces réparties entre les groupements hydrophiles G.III et G.IV et le groupement G.V.

Les plus faibles valeurs de FDM caractérisent l'unité coenotique UC5 où les espèces sont très rares, moins de cinq individus dans un seul groupement. Les 44 espèces se répartissent entre un sous-peuplement de 31 espèces retrouvées uniquement dans le groupement à *Suaeda fruticosa* et un sous-peuplement de 13 espèces spécifiques aux groupements G.II et IV. La présence particulière des Chrysomérides *Cassida vittata* et de représentants du genre *Chrysolina*, des Charançons *Sitona* sp., *Larinus* sp. et *Lixus* sp., dans le groupement G.V coïncide avec la présence de thérophytes, de plantes rudérales et halophiles.

TABLEAU IV

Les sept premières espèces de chaque assemblage (par ordre décroissant des valeurs de FDM)

Code	Espèces-pilotes	FDM
UC1	<i>Microlestes abeillei</i>	9,1418
	<i>Amblystomus algerinus</i>	8,7945
	<i>Syntomus fuscomaculatus</i>	7,8193
	<i>Chaetocnema tibialis</i>	5,3480
	<i>Podagrica malvae semirufa</i>	4,63552
	<i>Microlestes corticalis</i>	4,3316
UC2	<i>Enochrus bicolor</i>	5,1551
	<i>Pogonus chalceus</i>	4,8526
	<i>Emphanes axillare occiduuum</i>	4,7536
	<i>Laccophilus minutus</i>	4,3376
	<i>Laccophilus hyalinus</i>	2,4549
	<i>Hygrotus confluens</i>	2,2528
	<i>Agabus nebulosus</i>	1,9415
UC3	<i>Silpha puncticollis</i>	3,0667
	<i>Heliotaurus ruficollis</i>	2,9326
	<i>Cassida rubiginosa</i>	1,9067
	<i>Philochthus vicinus</i>	1,7471
	<i>Coccinella septempunctata</i>	1,6769
	<i>Berberomeloe majalis</i>	1,4665
	<i>Lagorina scutellata</i>	1,4280
UC4	<i>Stenus guttula</i>	0,8736
	<i>Tropinota squalida pilosa</i>	0,7265
	<i>Aethiessa floralis</i>	0,7223
	<i>Bagous argillaceus</i>	0,6417
	<i>Harpalus distinguendus</i>	0,5708
	<i>Mylabris</i> sp.	0,5169
	<i>Heliotaurus distinctus</i>	0,4219
UC5	<i>Orthomus abacoïdes</i>	1,1820
	<i>Zabrus distinctus</i>	1,0510
	<i>Philonthus quisquiliarius</i>	0,7556
	<i>Malacogaster bassii</i>	0,8454
	<i>Aphodius subterraneus</i>	0,5252
	<i>Trachys troglodytiformis</i>	0,5153
	<i>Sphenophorus piceus</i>	0,5000
UC6	<i>Notaphus varius</i>	1,7840
	<i>Dyschirius chalybeus</i>	1,1332
	<i>Dyschirius salinus</i>	0,5587
	<i>Tachyporus</i> sp.	0,4937
	<i>Potamonectes cerisyi</i>	0,4789
	<i>Enochrus ater</i>	0,4729
	<i>Emphanes normannus</i>	0,4366

Le peuplement à *Notaphus varius* et *Dyschirius chalybeus* caractérise l'unité UC6. La richesse spécifique est de 23 et les espèces dominantes sont *Dyschirius salinus*, *Tachyporus* sp., *Potamonectes cerisyi*, *Enochrus ater* et *Emphanes normannus*. Elles apparaissent particulièrement dans les secteurs les plus bas où la dominance d'*Arthrocnemum* et *Salicornia* témoigne d'une salinité et d'une hydromorphie élevées.

DISCUSSION

Ce travail est l'une des rares analyses à petite échelle de la microdistribution des Coléoptères. La majorité des travaux portant sur les peuplements de *Carabidae* à plus large échelle (Den Boer, 1970 ; Butterfield & Coulson, 1983 ; Eyre & Luff, 1990 ; Gardner, 1991 ; Chavanon & Mahboub, 1998) se sont limités à établir les différentes catégories d'habitat.

Les zones humides à submersion temporaire sont particulièrement attractives pour les Coléoptères terricoles. Ainsi, Soldati (2000) dénombre 32 espèces dans les marais du Rome-laère (Pas-de-Calais), dominées essentiellement par les *Carabidae* et les *Staphylinidae*. Les *Carabidae* sont les mieux connus taxinomiquement et écologiquement, et ils constituent généralement de bons bioindicateurs (Lovei & Sunderland, 1996). Dans l'aire d'étude, ces derniers sont également dominants, contrairement aux *Staphylinidae* qui restent peu abondants et beaucoup moins diversifiés. Jacquemin (2002) cite 19 formes aquatiques et 19 espèces terrestres dans les marais salés de Lorraine pour une période d'étude plus longue (1992 à 1999) ; la faune de la présente étude est nettement plus riche avec 21 espèces aquatiques et 119 espèces terrestres. 60 espèces ont été identifiées dans le marais de Frocourt au cours des mois de juin et de juillet 2005 par Borges & Meriguet (2005) contre 157 espèces identifiées dans l'embouchure de la Moulouya lors de nombreuses études fragmentaires menées par Chavanon & Mahboub (1998), cette richesse spécifique est la plus proche de celle du marais de l'embouchure de la Tafna. Boukli & Hassaine (2009) signalent 20 espèces terricoles et seulement deux Coléoptères aquatiques dans un marais salé de la Sebkhâ d'Oran lors d'une étude préliminaire menée entre janvier et juin 2004.

Du point de vue biogéographique, la faune du marais de l'embouchure de la Tafna appartient à la zone paléarctique (Löbl & Smetana, 2003, 2004, 2006, 2007, 2008, 2010) avec 8 % d'espèces endémiques à la Méditerranée occidentale, 9 % d'espèces endémiques d'Afrique du Nord dont une espèce non encore explicitement citée en Algérie, à notre connaissance, *Bembidion fluviatile unctulum*.

Parmi cette faune endémique exceptionnelle, une espèce remarquable mérite d'être mentionnée en raison de l'importance que revêt sa présence dans le marais. Il s'agit de *Dapsa pallescens*, une endémique des côtes méditerranéennes, présente uniquement au Maroc et en Algérie, toujours très localisée (Audisio & DeBiase, 1995). Les derniers spécimens récoltés par Bedel à Misserghin (Algérie) et à Berkane (Maroc) datent respectivement de 1935 et 1936. *Orthomus abacoïdes* est également une espèce endémique algérienne selon Löbl & Smetana (2003).

Seulement huit espèces en commun entre les points les plus bas et les points les plus hauts ont pu être observées. *Syntomus fuscomaculatus*, *Microlestes corticalis*, *Microlestes abeillei*, *Amblystomus algerinus*, *Podagrica malvae semirufa*, *Chaetocnema tibialis*, *Distichus planus* et *Mordella* sp. abondent principalement en période printanière et estivale, après assèchement progressif du marais. La grande majorité des espèces (84) est représentée par un petit nombre d'individus. Cette même constatation a été faite par Soldati (2000) et Menet (1996) sur des inventaires de Coléoptères terricoles. Les Scarabéides se rencontrent plus facilement dans le groupement à *Suaeda fruticosa* car la structure massive et compacte des secteurs les plus bas empêche l'installation des fouisseurs et des coprophages durant une bonne partie de l'année (Chavanon *et al.*, 1995).

Le facteur écologique majeur est le degré d'humidité du substrat, il explique la distribution des espèces entre les différents habitats. La présence de plans d'eau semi-permanents et temporaires provoque un changement de la dominance des espèces au profit des espèces aquatiques. Ce facteur écologique est aussi celui que Luff *et al.* (1989), Eyre & Luff (1990) reconnaissent dans les habitats ouverts. Ce facteur n'est pas le seul facteur écologique constituant un gradient de l'ensemble des données. La richesse spécifique est inversement proportionnelle au taux de salinité, aux biotopes les plus bas est affiliée une faune moins riche qui se caractérise par des espèces très bien adaptées au facteur limitant salinité (Ponel, 1993). Ce type de milieu ouvert attire spécialement les *Carabidae*, qui y trouvent luminosité et humidité nécessaires. En effet, ce sont des espèces dits photophiles, diurnes, capables de circuler sur la vase en plein soleil (Soldati, 2000). Les groupements hydrophiles à salinité décroissante mais à humidité importante (assurée par le canal d'irrigation) favorisent l'installation d'une faune particulière et bien diversifiée qui atteint une abondance maximale en début d'été, lorsque ces milieux commencent à s'assécher et lorsque l'abaissement du niveau de l'eau découvre des plages vaseuses riches en matière organique et en microorganismes. En période printanière, avant assèchement du marais, apparaît une faune abondante de Crustacés qui crée des conditions

trophiques favorables à l'installation de *Dytiscinae* : *Agabus nebulosus*, *Colymbetes fuscus*, *Laccophilus hyalinus* et *Laccophilus minutus* (El Alaoui, 1983).

La structure du peuplement du groupement le plus xérique à *Suaeda fruticosa* a peu de points communs avec les peuplements des autres groupements. Elle s'isole certes en raison des conditions hydrologiques et halines mais également en raison de la composition floristique riche en thérophytes et en plantes rudérales. L'étude de la distribution des Coléoptères Carabiques le long de toposéquences dans les prairies humides littorales établie par Georges (1999) a également démontré que les secteurs bas inondables et le secteur supérieur peu submergé sont caractérisés par des assemblages d'espèces distincts. Par ailleurs, les résultats de la richesse et la diversité élevée et la structure équilibrée des peuplements dans cette zone humide rejoignent les constatations et les hypothèses de Hammond (1974), de Heath (1974) et de Rasmont & Mersh (1988) pour d'autres groupes d'invertébrés.

Dans cette zone humide, bien que de petite taille, l'enjeu au niveau écologique est très important car elle garantit une fonction hydrologique (zone éponge assurant une régulation des crues) mais également des fonctions biologiques (diversité faunistique et floristique élevée). La biodiversité élevée et la présence d'espèces endémiques remarquables sont des arguments en faveur d'une protection de cette zone, très menacée par la mise en place d'une usine d'aquaculture. De plus le secteur le plus haut à *Suaeda* laisse graduellement la place aux cultures. Il faut souhaiter que ce travail puisse susciter une décision rapide en faveur de mesures de protection de cette zone humide. Le travail est loin d'être achevé, un suivi devrait être mis en place si l'on veut raisonnablement pouvoir parler de gestion d'espaces naturels ; notre perspective est donc d'élargir les recherches à un nombre supplémentaire de biotopes similaires dans le Nord de l'Algérie.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier particulièrement les spécialistes de Coléoptères Fabien Soldati (*Tenebrionidae*), Jacques Coulon (Carabidae) et Jean-Claude Bourdonné (*Chrysomelidae*), qui ont apporté leur concours pour la détermination de certaines espèces difficiles.

RÉFÉRENCES

- ABELLÁN, P.J., GOMEZ-ZURITA, A., MILLAN, D., SANCHEZ-FERNANDEZ, J., VELASCO, J., GALIAN, I. & RIBERA, I. (2007). — Conservation genetics in hypersaline inland waters : mitochondrial diversity and phylogeography of an endangered Iberian beetle (Coleoptera : Hydraenidae). *Cons. Genetics*, 81 : 79-88.
- AFLI, A. & GLEMAREC, M. (2000). — Fluctuation à long terme des peuplements macrobenthiques de la partie orientale du golfe du Morbihan (Bretagne, France). *Cah. Biol. Mar.*, 41 : 67-89.
- AUDISIO, P. & DE BIASE, A. (1996). — Taxonomic revision, phylogeny and biogeography of the beetle genus *Dapsa* Latreille (Coleoptera Endomychidae). *Mem. Soc. Entomol. Ital., Genova*, 74 : 65-130.
- BAZAÏRI, H., BAYED, A., HILY, C. & GLEMAREC, M. (2003). — Spatial organisation of macrozoobenthic communities as a response to environmental factors in a coastal lagoon of North West African coast (Merja Zerga, Morocco). *Oceanol. Acta*, 26 : 457-471.
- BEDÉL, L. (1895). — *Catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie, et Tripolitaine) avec notes sur la faune des îles Canaries et de Madère*. Société entomologique de France, Paris.
- BORGES, A & MÉRIGUET, B. (2005). — *Espace naturel sensible : Marais de Frocourt. Inventaire entomologique : Coléoptères*. OPIE-1, Paris.
- BOUKLI HACENE, S. & HASSAINE, K. (2009). — Bioécologie des peuplements de Coléoptères des milieux salés et humides de l'Ouest algérien. *Matériaux Orthoptériques et Entomocénotiques*, 14 : 103-109.
- BUTTERFIELD, J.E.L. & COULSON, J.C. (1983). — The carabid communities on peat and upland grasslands in northern England. *Holarctic Ecol.*, 6 : 163-174.
- CHAOUTI, A. & BAYED, A. (2005). — Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des substrats meubles de la lagune de Smir. *Trav. Instit. Scient., Rabat*, 4 : 33-42.
- CHAVANON, G. & MAHBOUB, M. (1998). — Études sur la Basse Moulouya (Maroc oriental) : 5. Les carabiques des berges du fleuve et de son affluent l'oued Za : corrections et additions. *L'Entomologiste*, 54 : 119-127.
- CHAVANON, G., RAHOU, I. & CHAVANON, L. (1995). — Études sur la Basse Moulouya (Maroc Oriental). 4 : Les carabiques des berges de l'oued Zeghzal. *Bull. Mens. Soc. Linn. Lyon*, 64 : 188-192.

- CHERKAOUI, E., BAYED, A. & HILY, C. (2003). — Organisation spatiale des peuplements macrozoobenthiques subtidaux d'un estuaire de la côte atlantique marocaine : l'estuaire du Bou Regreg. *Cah. Biol. Mar.*, 22 : 339-352.
- CHEVROLAT, L.A. (1861). — Descriptions des Coléoptères nouveaux de l'Algérie. *Rev. Mag. Zool.* (2) 13 : 118-126, 147-155, 205-208, 264-270, 306-312.
- DALY, H.V., DOYEN, J.T. & PURCELL, A.H. (1998). — *Introduction to insect biology and diversity*. Oxford : Oxford University Press.
- DEN BOER, P.J. (1970). — On the significance of dispersal power for populations of Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae). *Öcologia* (Berlin), 4 : 1-28.
- EL ALAOUI, A. (1983). — Contribution à l'étude des Coléoptères Hydrocanthares de la zone littorale entre Kénitra et Mohamedia. *Bull. Institut. Scient., Rabat*, 7 : 127-142.
- EYRE, M.D. & LUFF, M.L. (1990). — A preliminary classification of European grassland habitat using Carabid beetles. Pp 217-226 In : N.E. Stork (ed.). *The role of ground beetles in ecological and environmental studies*. Intercept, Andover.
- GARDNER, S.M. (1991). — Ground beetle (Coleoptera : Carabidae) communities on upland heath and their association with heathland flora. *J. Biogeogr.*, 18 : 281-289.
- GAUBIL, J. (1849). — *Catalogue synonymique des Coléoptères d'Europe et d'Algérie*. Volume 1. Paris.
- GEORGES, A. (1999). — Les peuplements de Coléoptères carabiques dans les prairies anciennes des marais littoraux : Assemblages d'espèces et espèces indicatrices (Coleoptera : Carabidae). *Bull. Soc. entom. France*, 35 : 255-258.
- GOMEZ, R., HURTADO, I., SUAREZ, M.L. & VIDAL-ABARCA, M.R. (2005). — Ramblas in south-east Spain : threatened and valuable ecosystems. *Aquat. Conserv.*, 15 : 387-402.
- HAMMOND, P.M. (1974). — Changes in the British Coleopterous fauna. Pp 323-369 In : D.L. Hawksworth (ed.). *The changing flora and fauna of Britain*. Academic Press, London & New York.
- HAMMOND, P.M. (1992). — Species inventory. Pp 17-39 In : B. Groombridge (ed.). *Global biodiversity : Status of the Earth's living resources*. Chapman & Hall, London.
- HEATH, J. (1974). — A century of change in the Lepidoptera. Pp 275-292 In : D.L. Hawksworth (ed.). *The changing flora and fauna of Britain*. Academic Press, London & New York.
- JACQUEMIN, G. (2002). — Les marais salés de Lorraine. Premier bilan entomologique. *Bull. Soc. Lorraine Entomol.*, 8 : 6-11.
- LÖBL, I. & SMETANA, A. (2003). — *Catalogue of Palaearctic Coleoptera 1. Archostemata – Myxophaga – Adephaga*. Apollo Books, Stenstrup.
- LÖBL, I. & SMETANA, A. (2004). — *Catalogue of Palaearctic Coleoptera 2. Hydrophiloidea – Histeroidea – Staphylinoidae*. Apollo Books, Stenstrup.
- LÖBL, I. & SMETANA, A. (2006). — *Catalogue of Palaearctic Coleoptera 3. Scarabaeoidea – Scirtoidea – Dascilloidea – Buprestoidae – Byrrhoidae*. Apollo Books, Stenstrup.
- LÖBL, I. & SMETANA, A. (2007). — *Catalogue of Palaearctic Coleoptera 4. Elateroidea – Derodontoidae – Bostrichoidea – Lymexyloidea – Cleroidea – Cucujoidea*. Apollo Books, Stenstrup.
- LÖBL, I. & SMETANA, A. (2008). — *Catalogue of Palaearctic Coleoptera 5. Tenebrionoidae*. Apollo Books, Stenstrup.
- LÖBL, I. & SMETANA, A. (2010). — *Catalogue of Palaearctic Coleoptera 6. Chrysomeloidea*. Apollo Books, Stenstrup.
- LOVEI, G.L. & SUNDERLAND, K.D. (1996). — Ecology and behaviour of ground beetles (Coleoptera : Carabidae). *Ann. Rev. Entomol.*, 41 : 231-256.
- LUFF, M.L., EYRE, M.D. & RUSHTON, S.P. (1989). — Classification and ordination of habitats of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in North-East England. *J. Biogeogr.*, 16 : 121-130.
- MENET, D. (1996). — *Contribution à l'inventaire entomologique du marais de Romelaëre. Coléoptères récoltés pendant les années 1995 et 1996*. OPIE, Société Entomologique du Nord de la France.
- MORA, J., PLANAS, M. & SILVA, R. (1989). — Impacto de la contaminación orgánica en la Ensenada de Lourizán (Proyecto ESCORP) : 1- El medio físico y la macrofauna bentónica. *Cah. Biol. Mar.*, 30 : 181-199.
- ODEGAARD, F. (2000). — How many species of arthropods ? Erwin's estimate revised. *Biol. J. Linn. Soc.*, 71 : 583-597.
- PONEL, P. (1993). — Coléoptères du Massif des Maures et de la dépression permienne périphérique. *Faune de Provence*, 14 : 5-23.
- PUPIER, R. (2005). — Contribution au catalogue des coléoptères carabiques d'Algérie. *Cah. Scient. Mus. Hist. Nat. Lyon*, 9 : 65-78.
- RASMONT, P. & MERSCH, P. (1988). — Première estimation de la dérive faunique chez les bourdons de la Belgique (Hymenoptera : Apidae). *Ann. Soc. Roy. Zool. Belgique*, 118 : 141-147.
- SOLDATI, F. (2000). — *Étude des peuplements de coléoptères terricoles de quatre formations naturelles du Nord de la France*. OPIE-LR, Paris.
- WILLIAMS, W.D. (2002). — Environmental threats to salts lakes and the likely status of inland saline ecosystems. *Envir. Conserv.*, 29 : 154-167.

