

REPORT D'UNE NOUVELLE POPULATION D'ARTEMIA (BRANCHIOPODA, CRUSTACEA) EN TUNISIE : SABKHET HALK EL MENZEL

Hachem BEN NACEUR*, A. BEN REJEB JENHANI et M.S. ROMDHANE

Unité de Recherche Ecosystèmes et Ressources Aquatiques (UR03AGRO1), Université 7 novembre à Carthage, Institut National Agronomique de Tunisie, 43 Av. Charles Nicolle 1082 Tunis Mahrajène. Tunisie.

*E-mail : hachem_b_naceur@yahoo.fr.

ملخص

الإشعار عن وجود شعب جديد للآرتيميا بسبخة حلق المنزل بالبلاد التونسية: تعتبر الآرتيميا من أهم الكائنات الحية التي تعيش بالبيئات المالحة. أظهرت دراسة الآرتيميا في حوض البحر الأبيض المتوسط وجود عدة سلالات لهذه القشريات المتكونة من عدة شعوب لنوع الآرتيميا سلينا و أخرى من سلالة عزري التوالد (parthénogénétique). ولكن مؤخرا بينت العديد من الأبحاث التصنيفية للآرتيميا في منطقة غرب البحر الأبيض المتوسط، ونعني بذلك إيطاليا، فرنسا، أسبانيا، البرتغال والمغرب، عن وجود نوع آخر من الآرتيميا نعت بالنوع الغازي (ينتمي إلى القارة الأمريكية) ألي وهوى الآرتيميا فرنسيسكانا. قمنا في هذا العنصر، و لأول مرة، بالإشعار عن وجود سلالة جديدة من الآرتيميا وقع اكتشافها بسبخة حلق المنزل. حيث قمنا بدراسة أولية لهذه السلالة محاولة منا لتحديد نوعيتها وذلك من خلال دراسة شكل ovisac وبعض القياسات المورفولوجية لكبار الآرتيميا التي تم جمعها في الموقع ومقارنتها بخمسة سلالات تونسية أخرى ينتمون إلى نوع الآرتيميا سلينا. أظهرت النتائج المتحصص عليها أن السلالة التي تم جمعها من سبخة حلق المنزل لا تنتمي إلى النوع الأصلي لهذه المنطقة ألي وهوى الآرتيميا سلينا ولكن بالأحرى إلى الآرتيميا فرنسيسكانا. و يجدر بنا القول بأن هذه النتيجة ليست إلا نتيجة أولية يجب دعمها بعدة بحوث أخرى (بحوث مورفولوجية، جينية و بيوكيميائية) ينبغي أن تجرى للتأكد من نوع هذه السلالة. لا سيما وأن الظروف البيئية لسبخة حلق المنزل تسمح وتساعد على وجود هذا النوع الغازي من الآرتيميا، وذلك بالإضافة لوجود مفرخة للأسمك في جنوب شرق السبخة و التي يمكنها أن تمث مصدرًا لهذه السلالة الغازية. **كلمات مفتاحية:** آرتيميا، سلالة غازية، المورفولوجيا، تونس.

RESUME

Le branchiopode *Artemia* représente le principal organisme vivant colonisant les biotopes hypersalés. L'étude taxonomique de l'*Artemia* au niveau de la région ouest méditerranéenne, incluant l'Italie, la France, l'Espagne, le Portugal et le Maroc, a révélé la présence de l'espèce *Artemia franciscana* (qui a pour origine le continent Américain) comme étant une espèce invasive. Dans ce travail, une nouvelle population d'*Artemia* a été rapportée pour la première fois au niveau de Sabkhet Halk El Menzel. Une première identification taxonomique de cette population a été réalisée moyennant une étude morphologique et comparative de la forme de l'ovisac des femelles avec cinq autres populations tunisiennes appartenant à l'espèce *Artemia salina* et avec l'espèce américaine *Artemia franciscana* du Great Salt Lake. Par ailleurs, une Analyse en Composante Principale et une Analyse Discriminatoire des différents paramètres morphologiques des spécimens adultes collectés *in situ* à partir de cinq populations tunisiennes d'*Artemia salina* prélevés dans des salinités proches de celle de Halk El Menzel ont été effectuées. Les résultats obtenus révèlent que la souche de Sabkhet Halk El Menzel n'appartient pas à l'espèce autochtone *Artemia salina* mais probablement à l'espèce invasive *Artemia franciscana*.

Mots clés : *Artemia*, espèce invasive, caractéristiques morphologiques, Tunisie.

ABSTRACT

Report of new *Artemia* population from Tunisia (Sabkhet Halk El Menzel) : The brine shrimp *Artemia* is perhaps the most conspicuous inhabitant of hypersaline biotope. The taxonomical study of the genus *Artemia* in the western Mediterranean region, including Italy, southern France, the Iberian Peninsula and Morocco, revealed the presence of the genus *Artemia franciscana* as an invasive specie. In this work, a new population of *Artemia* is reported for the first time from Sabkhet Halk El Menzel. A preliminary taxonomic identification of this population was realized on the one hand by a comparative study of the shape of the ovisac of females with five other Tunisian populations belonging to the *Artemia salina* specie and with the American *Artemia franciscana* specie from Great Salt Lake and on the other hand, morphological characteristics between adult samples harvested *in situ* from Sabkhet Halk El Menzel and five other Tunisian *Artemia salina* collected from sites showing approximately the same salinity. Statistical analysis was carried out using Principal Component Analysis and by Discriminant Function Analysis. The results obtained show that *Artemia* from Sabkhet Halk El Menzel does not belong to the native *Artemia salina* specie but probably to the invasive *Artemia franciscana*.

specie. However, it is important to mention that these results must be confirmed using other methods (Morphological study, genetic identification, biochemical characterization) for confirming the taxonomy of this population.

Key Words: *Artemia*, invasive specie, morphological characteristics, Tunisia.

INTRODUCTION

Seuls certains microorganismes sont capables de peupler les milieux hyper salés, naturels ou artificiels. Au sein de la chaîne trophique de ces milieux, qualifiée plus simple que celle des milieux d'eau douce, le branchiopode *Artemia* représente le principal organisme vivant colonisant ces biotopes hostiles. Le genre *Artemia* est formé par sept espèces bisexuelles et plusieurs souches parthénogénétiques. Dans le nouveau monde (New World), seulement l'espèce bisexuelle est présente : *A. franciscana* (Kellogg, 1906) et *A. persimilis* (Piccinelli & Prosdocimi, 1968). Dans l'ancien monde (Old World), les deux populations (bisexuelle et parthénogénétique) sont présentes, cinq populations bisexuelles sont décrites : *A. salina* (Leach, 1819), *A. urmiana* (Günther, 1890), *A. sinica* (Cai, 1989), *A. sp* (Pilla & Beardmore, 1994) et *A. tibetiana* (Abatzopoulos *et al.*, 1998).

L' *Artemia* a été décrite pour la première fois par Schlösser en 1755 au niveau du lac salé de Lymington, Hampshire (England, UK) (Kuenen & Baas-Becking, 1938), et c'est Leach en 1819 qui lui a attribué l'appellation *A. salina* (Artom, 1931). Au début du vingtième siècle, plusieurs scientifiques italiens (Artom, Barigozzi, Halfer Cervini, Stefani, Stella et autres) ont utilisé la nomenclature d'*Artemia salina* pour se référer aux populations qui vivent en Europe (Barigozzi, 1974). Bowen & Sterling (1978), ont suggéré que la nomenclature d'*Artemia salina* doit être restreinte à la population qui a existé au lac Lymington et d'utiliser la nomenclature d'*A. tunisiana* pour décrire les populations bisexuelles de la région méditerranéenne. Browne (1988) a montré que toutes les souches d'*Artemia* collectées au niveau du bassin méditerranéen sont capables de se croiser entre elles, et peuvent être classées comme *Artemia salina*. Mura *et al.*, (1990) en utilisant la microscopie électronique à balayage et en se basant sur la morphologie du bouton frontal (Frontal Knob) ont pu démontré d'une part qu'il n'y a pas une différence entre la souche de Limington et celles de l'Afrique du nord, et d'autre part que les populations nord africaines ne doivent pas être séparées des populations italiennes. Plus tard, Barigozzi & Baratelli (1993) suggèrent la reprise de la nomenclature *A. salina* pour les populations italiennes, alors que les populations nord africaines peuvent garder le nom d'*Artemia tunisiana*. Cette confusion a continué jusqu'à ce que Triantaphyllidis *et al.*, (1997) en utilisant la technique de l'AFLP

(Amplified Fragment Length Polymorphism) suggèrent que toutes les populations du bassin méditerranéen doivent être nommées *A. salina*. De ce fait, d'après la nomenclature zoologique l'appellation *A. tunisiana* ne doit plus être utilisée et est remplacée par *A. salina*.

L'étude de la distribution des populations de l'*Artemia* dans le bassin méditerranéen montre la présence de plusieurs populations autochtones d'*Artemia* bisexuelles (*Artemia salina*) ainsi que plusieurs souches parthénogénétiques (Van Stappen, 2002). L'étude taxonomique de l'*Artemia* au niveau de la région ouest méditerranéenne, incluant l'Italie (Mura *et al.*, 2004), la France (Thiery & Robert, 1992), l'Espagne, le Portugal et le Maroc (Amat *et al.*, 2005 ; Green *et al.*, 2005 ; Amat *et al.*, 2007), a révélé la présence de l'espèce *Artemia franciscana* (qui a pour origine le continent Américain) comme étant une espèce invasive.

En Tunisie, la présence d'*Artemia salina* L. 1819 a été signalée par Seurat (1921) dans la Sabkhet Ariana, par Heldt (1926) dans les anciens ports de Carthage et par Gautier (1928) à Sabkhet Sidi El Hénî. Par la suite, Ben Abdelkader (1985) ainsi que Sorgeloos *et al.* (1986) ont mentionné l'existence de l'*Artemia* dans plusieurs autres sites. En 1994 Romdhane, a rapporté la présence de l'*Artemia* au niveau de Sabkhet El Melah et Chott El Gharsa. Plus récemment Romdhane *et al.* (2001) ont signalé le branchiopode *Artemia* au niveau de Sabkhet El Adhibet et de Sabkhet Sijoumi. La dernière liste établissant la répartition du crustacé *Artemia* en Tunisie a été réalisée par Ben Naceur *et al.* (2009) où 21 sites ont été répertoriés. Les études taxonomiques réalisées sur ces populations ont révélé que toutes les populations tunisiennes appartiennent à l'espèce *A. salina* (Ben Naceur *et al.* (en cours de publication)). Toutefois, en Juin 2009 une nouvelle souche d'*Artemia* a été observée au niveau de Sabkhet Halk El Menzel.

Dans ce travail, une première identification taxonomique de la nouvelle souche d'*Artemia* collectée au niveau de Sabkhet Halk El Menzel va être réalisée et comparée à cinq autres populations tunisiennes d'*Artemia*, identifiées comme étant *Artemia salina*. Cette identification taxonomique a été réalisée en tenant compte de la forme de l'ovisac ainsi que des mesures morphologiques des spécimens adultes collectés *in situ* au niveau des différents sites.

MATERIEL ET METHODES

Les études morphologiques réalisées au niveau de toutes les populations étudiées sont basées sur :

(1) La morphologie externe de l'ovisac. Cette méthode consiste en une simple observation sous loupe du sac ovigère des femelles ($n=30$) des six populations tunisiennes d'*Artemia* à savoir celles de Sabkhet Halk El Menzel (HM), Sabkhet Korzia (KOR), Sabkhet Mchiguigue (MCH), Saline Mhabel (MHB), Sabkhet El Meleh (MEL) et Saline de Zarzis (ZAR) (Figure 1), et à une comparaison avec une souche commerciale d'*Artemia franciscana* de Great Salt Lake (GSL, Utah, USA).

(2) L'étude bio-morphologique des adultes mâles et femelles collectés au niveau des différents sites tunisiens déjà mentionnés. Pour ce fait, vingt individus de chaque sexe et de chaque population ont été collectés *in situ* et formolés. Les mesures biométriques ont été effectuées moyennant une loupe à dissection équipée d'un micromètre gradué. Les mesures morphologiques réalisées sont: la longueur totale (lt), la longueur de l'abdomen (la), la largeur du troisième segment abdominal (lts), la longueur de la furca (lf), le nombre de soie inséré dans la branche gauche de la furca (ngf), le nombre de soie inséré dans la branche droite de la furca (ndf), la largeur de la tête ($l\ tête$), la distance maximale entre les yeux composé (dmy), le diamètre des yeux (dy), la

longueur de la première antenne (lpa), la largeur de l'ovisac (lov) (pour chaque femelle), la largeur du deuxième segment de l'abdomen (lds) et la largeur du frontal knob (fk) (pour chaque mâle), la relation entre la longueur de l'abdomen et la longueur totale (ra , %) a aussi été calculée (Amat *et al.*, 2005) (Figure 2).

Dans le tableau 1 sont présentés les populations et les espèces étudiées ainsi que les paramètres physicochimiques relevés lors de l'échantillonnage des adultes.

Les analyses statistiques des différentes données biométriques ont été réalisées moyennant une Analyse en Composante Principale (ACP) utilisant le logiciel XLSTAT-Pro 7.5 et une Analyse Discriminatoire utilisant le logiciel SPSS 11.0. Le résultat obtenu de cette dernière méthode, a été effectuée on utilisant le Le résultat de ces deux méthodes statistiques est présenté sous forme de deux scatterplot dans lesquels chaque population est représentée par un nuage de point.

RESULTATS

1. Morphologie de l'ovisac

L'observation de la morphologie de l'ovisac des adultes femelles sous loupe, montre bien la présence de deux formes au niveau des populations étudiées distinguant ainsi deux groupes (Fig 3):

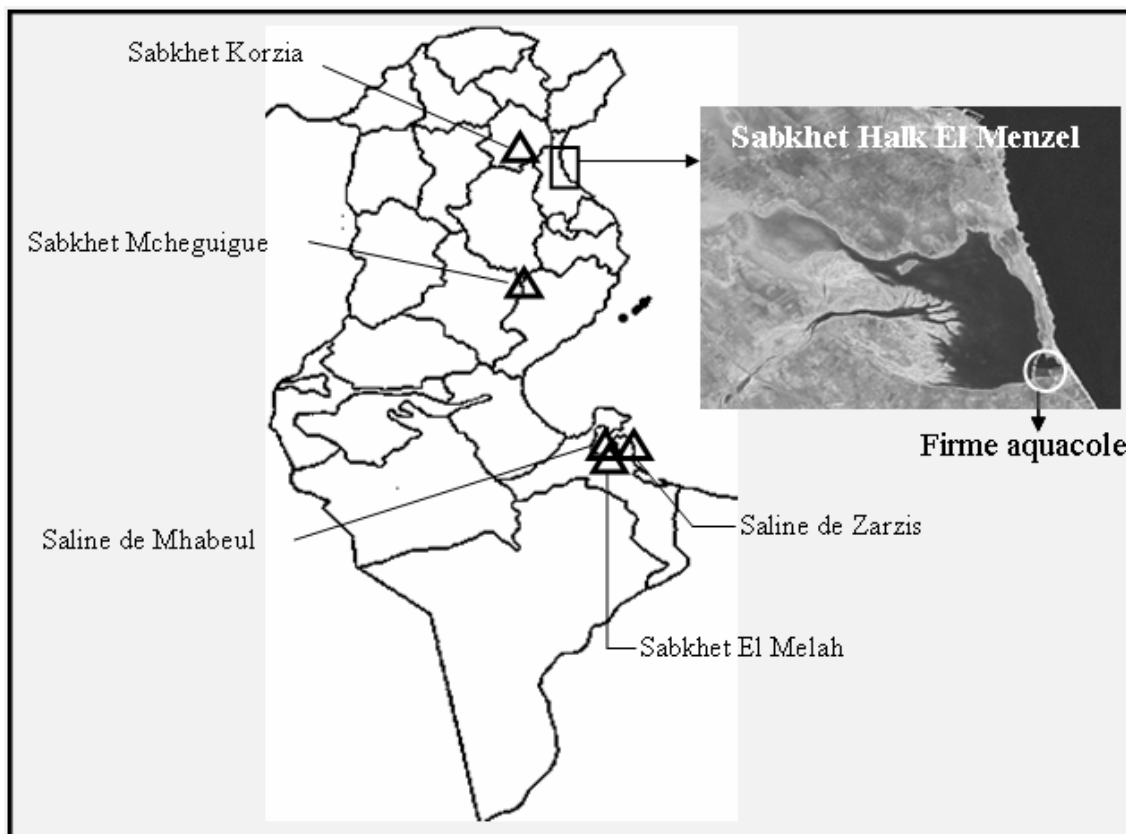


Figure 1 : localisation géographique des différents sites étudiés

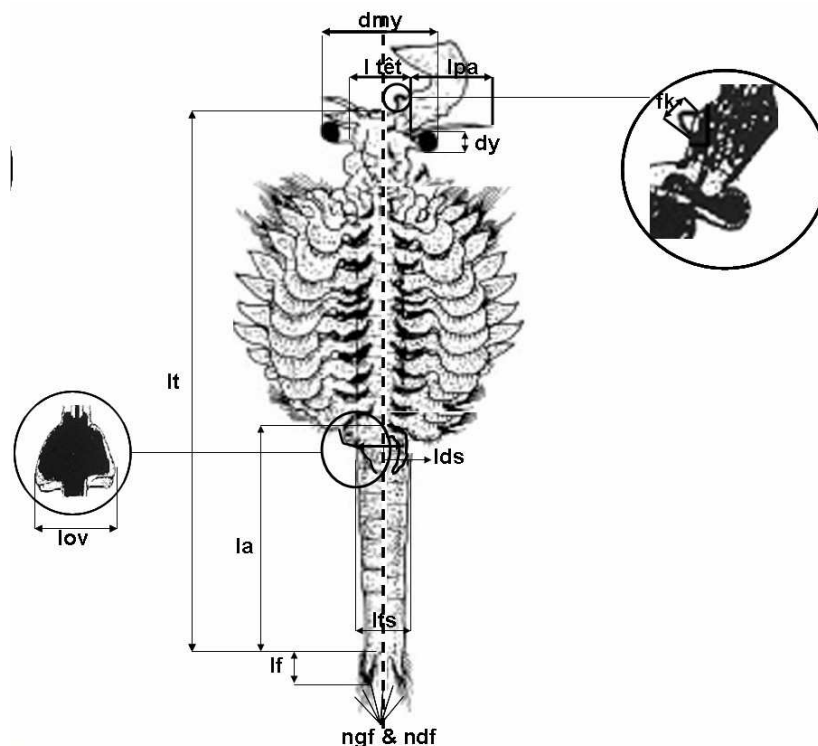


Figure 2 : Les mesures bio-morphologiques effectués des adultes mâles et femelles collectés.

Tableau I. Populations, espèces étudiées et conditions du milieu (S^{et} : Sebkhia, S^{ne} : Saline).

Populations	Abréviation	Espèce	Paramètres physicochimiques		
			Salinité (psu)	Température (°C)	pH
S ^{et} Halk El Menzel	HM	?	220	27	7.9
S ^{et} Korzia	KOR	A. salina	220	19.2	8.16
S ^{et} Mcheguigue	MCH	A. salina	260	25.2	7.83
S ^{et} El Maleh	MEL	A. salina	233	16.6	7.73
S ^{ne} Mhabel	MHB	A. salina	240	16	7.76
S ^{ne} de Zarzis	ZAR	A. salina	260	14.4	8.01

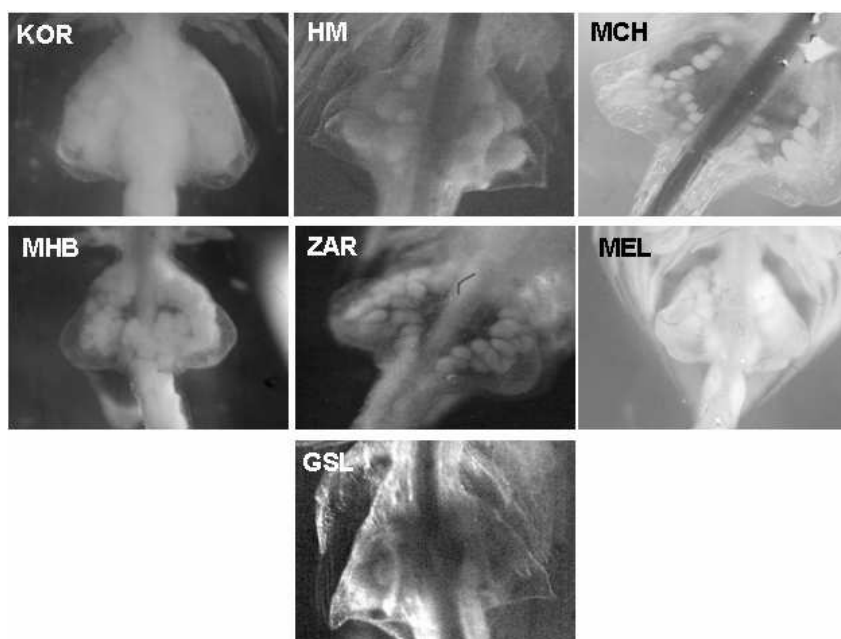


Figure 3 : morphologie de l'ovisac pour les populations tunisienne étudiées.

- Un premier groupe, formé par les populations de Zarzis, Sidi El Heni, Bkalta et Mcheguige, appartenant à l'espèce *Artemia salina*.

- Un deuxième groupe, formé par la population de Great Salt Lake (Utah, USA) appartenant à l'espèce *Artemia franciscana* ainsi que celle de Halk El Menzel.

Ces deux groupes se diffèrent entre eux par la forme de la terminaison de la partie basale de l'ovisac. Cette zone qui présente une forme arrondie pour les souches d' *A. salina*, présente un aspect plutôt pointu pour la population de Halk El Menzel et de Great Salt Lake.

2. Etude bio-morphologique

Différentiation entre les échantillons mâles.

L'Analyse en Composante Principale (ACP) obtenue montre que la largeur du troisième segment abdominal (*lts*), la distance maximale entre les yeux (*dmy*), la largeur de la tête (*l tête*), longueur totale (*lt*) et largeur du deuxième segment de l'abdomen (*lds*) sont les variables (caractères morphologiques) qui contribuent le plus à la discrimination des différentes populations étudiées par rapport à la première

fonction (F1) avec 58,79 %. Alors que pour la deuxième fonction (F2) ce sont la largeur du frontal knob (*fk*), le nombre de soie inséré dans la branche gauche de la furca (*ngf*), le nombre de soie inséré dans la branche droite de la furca (*ndf*) et la longueur de l'abdomen (*la*) qui contribuent à la dispersion des différentes populations avec 70,23% (Tableau 2). La contribution des deux premiers axes utilisés pour la discrimination des différents individus (nuage de point) est de 61,23% avec 44,44% pour l'axe F1 et 16,79% pour l'axe F2.

L'Analyse Discriminatoire (AD) qui utilise l'origine de chaque population comme facteur discriminant, nous permet de distinguer 5 fonctions discriminatoires. Les deux premières fonctions donnent un pourcentage de séparation cumulatif de 79,5% avec 57,4% pour la première fonction et 22,1% pour la deuxième fonction. Les caractères morphologiques qui sont corrélés avec la première et la deuxième fonction sont: la longueur totale (*lt*), longueur de l'abdomen (*la*) et la relation entre la longueur de l'abdomen et la longueur totale (*ra*, %) (Tableau 3).

Tableau II : Coordonnées et contributions de chaque variable mesurée, obtenues par l'Analyse en Composante Principale. Longueur totale (*lt*), longueur de l'abdomen (*la*), largeur du troisième segment abdominal (*lts*), longueur de la furca (*lf*), nombre de soie inséré dans la branche gauche de la furca (*ngf*), nombre de soie inséré dans la branche droite de la furca (*ndf*), largeur de la tête (*l tête*), distance maximale entre les yeux composé (*dmy*), diamètre des yeux (*dy*), longueur de la première antenne (*lpa*), largeur de l'ovisac (*lov*), largeur du deuxième segment de l'abdomen (*lds*), largeur du frontal knob (*fk*) et la relation entre la longueur de l'abdomen et la longueur totale (*ra*, %).

	Mâles				Femelles			
	Coordonnées des variables		Contributions des variables (%)		Coordonnées des variables		Contributions des variables (%)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
<i>lt</i>	0.784	0.425	10.650	8.274	0.814	0.464	12.530	9.654
<i>la</i>	0.542	0.570	5.080	14.902	0.481	0.778	4.380	27.088
<i>lds</i>	0.773	-0.073	10.332	0.245	-	-	-	-
<i>lov</i>	-	-	-	-	0.027	0.120	0.014	0.649
<i>lts</i>	0.904	-0.011	14.145	0.006	0.825	-0.028	12.881	0.034
<i>lf</i>	0.550	-0.384	5.239	6.773	0.576	-0.305	6.279	4.174
<i>ngf</i>	0.699	-0.603	8.460	16.655	0.660	-0.658	8.247	19.375
<i>ndf</i>	0.695	-0.632	8.369	18.282	0.657	-0.655	8.172	19.207
<i>l tête</i>	0.821	0.039	11.681	0.071	0.879	0.027	14.605	0.033
<i>dmy</i>	0.832	0.155	11.985	1.104	0.875	0.242	14.494	2.625
<i>dy</i>	0.705	0.030	8.595	0.040	0.604	0.091	6.893	0.372
<i>lpa</i>	0.489	0.442	4.144	8.971	0.654	0.352	8.084	5.560
<i>fk</i>	0.222	0.667	0.853	20.394	-	-	-	-
<i>ra</i>	-0.164	0.306	0.468	4.282	-0.425	0.501	3.421	11.228

Tableau III : coefficient standard des deux premières fonctions discriminatoires.
Abréviation au Tableau II.

Mâles	Fonction		Femelles	Fonction	
	1	2		1	2
<i>lt</i>	4.091	-1.583	<i>lt</i>	6.550	2.861
<i>la</i>	-5.306	3.054	<i>la</i>	-7.749	-4.462
<i>lds</i>	0.413	-0.306	<i>lts</i>	0.203	-0.165
<i>lts</i>	0.199	0.074	<i>lf</i>	-0.416	-0.145
<i>lf</i>	-0.322	0.684	<i>ngf</i>	0.512	-0.271
<i>ndf</i>	0.529	0.097	<i>ndf</i>	0.303	0.776
<i>l tête</i>	0.131	0.222	<i>dy</i>	-0.024	0.038
<i>dmy</i>	0.084	-0.393	<i>ra</i>	2.783	2.323
<i>lpa</i>	0.078	0.185			
<i>fk</i>	-0.574	0.170			
<i>ra</i>	3.286	-1.631			
% de la variance	57.4	22.1		70.5	18.1
% Cumulative	57.4	79.5		70.5	88.6
Corrélation conique	0.932	0.847		0.948	0.833

L'analyse des graphes (Scatterplot) des nuages de points obtenus, confirme l'existence de deux groupes distincts et ceci que ce soit pour l'ACP (figure 4) ou pour l'AD (figure 5). Un premier groupe formé seulement par la population de Sabkhet Halk El Menzel et un deuxième groupe composé par les populations de Sabkhet Korzia, Sabkhet Mcheguig, Sabkhet El Meleh, Saline de Mhabel et saline de Zarzis identifier comme étant des *Artemia salina*.

Différentiation entre les échantillons femelles.

Suite à l'Analyse en Composante Principale (ACP), les variables qui contribuent le plus à la discrimination des différentes populations étudiées sont la largeur de la tête (*l tête*), la distance maximale entre les yeux composé (*dmy*), la largeur du troisième segment abdominal (*lts*) et la longueur totale (*lt*) avec 54,51% pour la première fonction (F1) et la longueur de l'abdomen (*la*), le nombre de soie inséré dans la branche gauche de la furca (*ngf*), le nombre de soie inséré dans la branche droite de la furca (*ndf*) et la relation entre la longueur de l'abdomen et la longueur totale (*ra*, %) avec 76,89% (Tableau 2). La contribution des deux premiers axes utilisés pour la

discrimination des différents individus (nuage de point) est de 62,66% avec 44,06% pour l'axe F1 et 18,6% pour l'axe F2.

Comme il est le cas pour les mâles, le résultat obtenu suite à l'Analyse discriminatoire nous permet de distinguer 5 fonctions, dont les deux premières donnent un pourcentage de séparation cumulatif de 88,6 % avec 70,5% pour la première fonction et 18,1% pour la deuxième fonction. Les caractères morphologiques qui sont corrélés avec la première et la deuxième fonction sont: la longueur totale (*lt*), la longueur de l'abdomen (*la*) et la relation entre la longueur de l'abdomen et la longueur totale (*ra*, %) (Tableau 3).

L'analyse des graphes (Scatterplot) des nuages de points obtenus, réaffirme les résultats obtenus suite à l'analyse morphologique des spécimens mâles. En effet, les mêmes groupes de populations sont constatés, que ce soit pour l'Analyse en Composante Principale (Figure 4) ou pour l'Analyse Discriminatoire (figure 5).

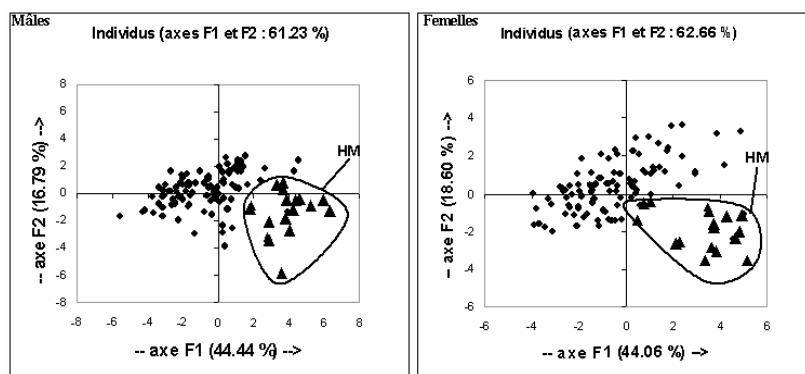


Figure 4 : Graphe de l'Analyse en Composante Principale (ACP) des différentes populations étudiées basées sur les mesures bio-morphologiques effectuées sur les différentes populations.

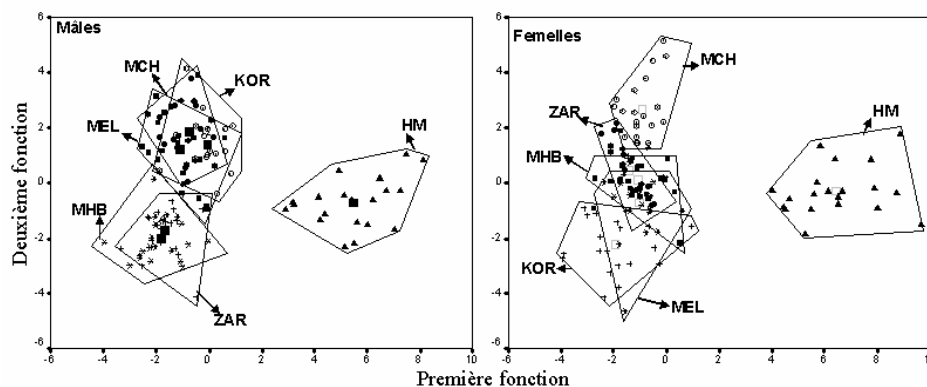


Figure 5 : Graphe de l'analyse discriminatoire des différentes populations étudiées basées sur l'origine de chaque population comme facteur discriminatoire.

DISCUSSION

C'est en 1980 au Portugal (district de Algarve) que le premier rapport sur la présence de l'espèce exotique *Artemia franciscana* dans la rive ouest du bassin méditerranéen a été établi. Toutefois, le lieu et le moment où cette invasion a eu lieu sont complètement inconnus. Deux phénomènes peuvent être à l'origine de la dispersion de ce branchiopode dans le monde:

- Ceux naturels effectués par les oiseaux d'eau et le vent, qui restent toutefois peu probable étant donné l'existence de la barrière géographique «Océan Atlantique» entre le continent américain et le bassin méditerranéen

- Ceux anthropiques générés soit par une inoculation involontaire par les effluents d'eau des écloseries, soit volontaire pour l'amélioration de la qualité du sel dans les salines et/ou pour la culture des cystes à des fins aquacoles.

L'utilisation des caractères morphologiques comme facteur discriminatoire des différentes espèces d'*Artemia* semble être la méthode la plus facile pour l'identification ou au moins la séparation taxonomique des différentes espèces connues à nos jours (Mura & Brecciaroli, 2004).

Dans ce présent travail, l'observation sous loupe de la partie basale de l'ovisac a révélé l'existence de deux formes: arrondie spécifique aux populations de Sabkhet Korzia (KOR), Sabkhet Mcheguigue (MCH), Sabkhet El Meleh (MEL), Saline de Zarziz (ZAR) et Saline de Mhabel (MHB) et plutôt pointue pour les populations de Sabkhet Halk El Manzel (HM) et de Great Salt Lake (GSL).

La comparaison de ce résultat avec celui de Amat (1980) confirme que les populations de KOR, MCH, MEL, ZAR et MHB appartiennent à l'espèce *Artemia salina* et que les spécimens collectés au niveau de Sabkhet Halk El Manzel peuvent appartenir à l'espèce *Artemia franciscana*.

L'étude taxonomique des différentes espèces d'*Artemia* basée sur l'analyse discriminatoire des

caractères morphologiques des adultes a été utilisée par plusieurs chercheurs (Amat *et al.*, 1995 ; Triantaphyllidis *et al.*, 1997 ; Gajardo *et al.*, 1998 ; Amat *et al.*, 2005 ; Mura *et al.*, 2005). Toutefois, il faut signaler que ces travaux ont utilisé des spécimens adultes obtenus suite à un élevage dans des conditions standards bien déterminées dans lesquelles les conditions du milieu (température, salinité, oxygène, alimentation) sont contrôlées et identiques pour toutes les populations. En partant du principe que la salinité représente le facteur qui influence le plus la morphologie des individus adultes de l'*Artemia* (Gaevskaia, 1916 ; Gilchrist, 1960 ; Amat, 1980 ; Amat, 1982 ; Amat *et al.*, 1991 ; Rodríguez-Almaraz *et al.*, 2006 ; Litvinenko *et al.*, 2007), et vu que toutes les populations étudiées dans ce travail ont été collectées dans des milieux présentant une haute salinité, variant entre 220 et 290 psu, nous pouvons supposer que l'impact de ce facteur sur la morphologie des spécimens adultes étudiés est le même pour toutes les populations et que la différence morphologique qui peut exister suite à la variabilité de la salinité est minime permettant ainsi l'utilisation des caractères morphologiques pour une analyse discriminatoire.

De ce fait, les résultats obtenues dans ce travail suite à l'étude discriminatoire effectuée sur des spécimens adultes mâles et femelles, par une Analyse en Composante Principale et par une Analyse Discriminatoire qui utilise l'origine de chaque population comme facteur discriminant, montrent l'existence de deux groupes distincts confirmant ainsi le résultat obtenu par l'observation de la forme de l'ovisac. En effet, les deux méthodes d'analyse présentent un premier groupe formé par les populations de KOR, MCH, MEL, ZAR et MHB, des populations reconnues comme appartenant à l'espèce *Artemia salina*. Un deuxième groupe qui est composé par la population de HM, confirmant ainsi que cette population n'appartient pas à l'espèce autochtone *Artemia salina* mais probablement à l'espèce invasive *Artemia franciscana*.

La présence d'une nouvelle espèce d'*Artemia* (probablement *Artemia franciscana*) au niveau de Sabkhet Halk El Manzel, peut-être expliquée par une nouvelle introduction de ce branchiopode à ce site qui peut être due comme signalé précédemment soit à une introduction naturelle ou suite à une activité humaine. En effet, Van Stappen (1996) a noté que l'espèce *Artemia* est incapable de se disperser par elle-même, et que ce sont surtout le vent et les oiseaux d'eau qui sont considérés comme les deux vecteurs naturels les plus importants pour sa dispersion.

Le site de Sabkhet Halk el Manzel offre un gîte essentiel à de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau dont les flamants roses «*Phoenicopterus sp.*». Ces derniers peuvent être à l'origine d'une contamination de ce biotope par l'*Artemia franciscana* suite à leur séjour au niveau des zones humides méditerranéennes déjà contaminées. De plus, Sabkhet Halk El Manzel présente dans sa partie sud-est une écloserie industrielle qui utilise les cystes d'*Artemia franciscana* comme aliment pour les larves des espèces aquatiques élevées, n'excluant pas ainsi une probable contamination involontaire; s'y ajoute la possibilité d'une contamination provoquée par certains commerçants et amateurs de l'aquariophilie. Par ailleurs, la prolifération de l'espèce invasive *Artemia franciscana* peut être favorisée par certains facteurs environnementaux comme la salinité, la température, l'oxygène et la disponibilité alimentaire qui présentent un impact direct sur le taux de survie de l'espèce ou indirecte en influençant sa vitesse de croissance ou de maturation ainsi que sa reproduction (Amat *et al.*, 2007). Elle est considérée comme l'espèce la plus thermophile (supportant des températures supérieures à 30°C (Vanhaecke *et al.* 1984) et halophile (supportant des salinités inférieures à 60 psu (Amat (1983), Browne & Wanigasekera (2000)) de toutes les autres espèces d'*Artemia*, y compris l'*Artemia salina*, ce qui a mené, certains auteurs, à la caractériser comme étant 'une super-espèce' distribuée tout au long du continent Américain et de l'Océanie et introduite avec succès en Asie, en Europe et en Afrique, en exhibant un niveau très élevé de plasticité phénotypique.

Le climat tunisien est caractérisé par un long été sec et un hiver court et pluvieux, ce qui rend les zones humides terrestres telles que les chotts et les sebkhas éphémères avec une colonne d'eau très variable. Vu le caractère temporaire de ces étangs, on peut supposer que la température de l'eau dépassera rarement les 30°C. Ceci s'explique par le fait qu'au moment où la température de l'air est supérieure à 30°C ces milieux sont généralement à secs. Ainsi, ces conditions (température inférieure à 30 °C et faibles précipitations), rendent la salinité de l'eau au niveau de ces lacs dans la plupart du temps supérieure à 60 psu. De ce fait, la réponse en terme de faculté d'adaptation biologique (plus longue durée de vie) est

en faveur de l'espèce autochtone *Artemia salina*. En effet, Browne & Wanigasekera (2000) confirment cette conclusion en indiquant que l'*Artemia salina* est très bien adapté aux conditions des milieux qui caractérisent les lacs salés éphémères et continentaux et dont l'eau n'existe que durant les mois d'hiver ou durant la saison pluviale. Toutefois, au niveau des salines et des lacs qui sont en contact direct avec la mer, comme c'est le cas de plusieurs sites en Tunisie (Sabkhet Halk El Manzel, Saline de Sahline, Saline de Sfax...) ces milieux sont presque permanents (sec au niveau de certaines zones et pour une courte durée) et peuvent ainsi présenter des sites adéquats à la prolifération de l'espèce invasive *Artemia franciscana*.

CONCLUSION

Dans ce travail, une nouvelle population d'*Artemia* a été rapportée pour la première fois au niveau de Sabkhet Halk El Manzel. L'observation sous loupe de la forme de l'ovisac ainsi que l'étude biomorphométrique des adultes collectés *in situ*, et leur comparaison à d'autres populations tunisiennes d'*Artemia* révèlent que la souche de Sabkhet Halk El Manzel n'appartient pas à l'espèce *Artemia salina* mais probablement à l'espèce invasive *Artemia franciscana*. Toutefois, plusieurs autres études (morphologique, génétique, biochimique) doivent être menées afin de confirmer le statut taxonomique de cette espèce, surtout que les conditions abiotiques et biotiques de ce milieu ainsi que la présence d'une écloserie industrielle dans la partie sud-est de ce site favorisent la présence et l'implantation de cette espèce invasive.

BIBLIOGRAPHIE

- Abatzopoulos, T.J., Zhang, B. & Sorgeloos, P., 1998. - International Study on *Artemia* LIX. *Artemia tibetiana*: preliminary characterization of a new *Artemia* species found in Tibet (People's Republic of China). *International Journal of Salt Lake Research*, 7: 41-44.
- Amat, F., 1980. - Differentiation in *Artemia* strains from Spain. In: Persoone, G. Sorgeloos, P. Roels, O. & Jaspers, E. (éds), *The Brine Shrimp Artemia*. Vol. 1. Morphology, Genetics, Radiobiology, Toxicology. Universa Press, Wetteren, Belgium, pp 19-39.
- Amat, F., 1982. - Diferenciación y distribución de las poblaciones de *Artemia* de España. III. Oviparismo y ovoviviparismo. Estudio cualitativo y cuantitativo. *Investigacion Pesquera*, 46: 3-13.
- Amat, F., 1983. - Diferenciación y distribución de las poblaciones de *Artemia* de España. VI.

- Biogeografía. *Investigación Pesquera*, 47: 231-240.
- Amat, F., Barata, C., Hontoria, F., Navarro, J.C. & Varo I., 1995. - Biogeography of the genus *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda, Anostraca) in Spain. *International Journal of Salt Lake Research*, 3, 175-190.
- Amat, F., Gozalbo, A., Navarro, J.C., Hontoria, F. & Varo, I., 1991. - Some aspects of *Artemia* biology affected by cestodes parasitism. *Hydrobiologia*, 212: 39-44.
- Amat, F., Hontoria, F., Navarro, J.C., Vieira, N. & Mura, G., 2007. - Biodiversity loss in the genus *Artemia* in the Western Mediterranean Region. *Limnetica*, 26: 387-404.
- Amat, F., Hontoria, F., Ruiz, O., Green, A.J., Sanchez, M.I., Figuerola, J. & Hortas, F., 2005. - The American brine shrimp as an exotic invasive species in the western Mediterranean. *Biological Invasions* 7: 37-47.
- Artom, C., 1931. - L'origine e l'evoluzione della partenogenesi attraverso I differenti di una specie collettiva (*A. salina*) con speciale riferimento al biotipo diploide partenogenetica di Sete. *Memorie Rendiconti Ital Class de Scienze Fisiche Matematiche e Naturali*, 2: 1-57.
- Barigozzi, C., 1974. - *Artemia*: A survey of its significance in genetic problems. *Journal of Evolutionary Biology*, 7: 221-252.
- Barigozzi C. & Baratelli L., 1993. - New data for defining the species *Artemia tunisiana*. *Rendiconti Fisiche Accademia Lincei*, 4: 39-42.
- Ben Abdelkader, N., 1985. - L'*Artemia* dans les chotts, les sebkhas et les salines de Tunisie. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies Océanographique, Pêche Salammbô*, 12: 87-95.
- Ben Naceur, H., Ben Rejeb Jenhani, A. & Romdhane, M.S., 2009. - New distribution record of the brine shrimp *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda, Anostraca) in Tunisia. *Check List*, 5: 281-288.
- Bowen, S.T. & Sterling, G., 1978. - Esterase and malate dehydrogenase isozyme polymorphisms in 15 *Artemia* populations. *Comparative Biochemistry and physiology*, 61: 593-595.
- Browne, R.A., 1988. - Ecological and genetic divergence of sexual and asexual brine shrimp *Artemia* populations from the Mediterranean basin. *National Geographical Research*, 4: 548-554.
- Browne, R.A. & Wanigasekera, G., 2000. - Combined effects of salinity and temperature on survival and reproduction of five species of *Artemia*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 244: 29-44.
- Cai, Y., 1989. - A redescription of the brine shrimp (*Artemia sinica*). *Wasmann Journal Biology* 47: 105-110.
- Gaevskaya, N.S., 1916. - Variability of *Artemia salina* (L.). *Russian Publication of Special Zoological Laboratory Academy of Sciences*, 2: 1-37.
- Gajardo, G., Colihueque, N., Parraguez, M. & Sorgeloos, P., 1998. - International Study on *Artemia* LVIII. Morphologic differentiation and reproductive isolation of *Artemia* population from South America. *International Journal of Salt Lake Research*, 7: 133-151.
- Gauthier, H. 1928. - Recherche sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. PhD thesis, Minerva, Alger, Algeria.
- Gilchrist, B.M., 1960. - Growth and form of the brine shrimp *Artemia salina* (L.). *Proceeding of the Zoological Society London*, 134: 221-235.
- Green, A.J., Sanchez, M.I., Amat, F., Figuerola, J., Hontoria, F., Ruiz, O., & Hortas, F., 2005. - Dispersal of invasive and native brine shrimp *Artemia* (Anostraca) Via Waterbirds. *Limnology and Oceanography*, 50: 737-742.
- Günther, R.T., 1890. - Contribution to the natural history of Lake Urmia, N.W. Persia and its neighbourhood. *Transcript of Linnean Society London*, 27: 345-453.
- Heldt, H., 1926. - Sur la présence d'*Artemia* dans les anciens ports de Carthage. Extrait du bulletin de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord. In : Turki, S. 1986. Etude des œufs d'*Artemia salina* (Leach 1819) dans les salines de Megrine- Tunisie. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies Océanographique, Pêche Salammbô*, 13: 25-32.
- Kellogg, V.L., 1906. - A new *Artemia* its life conditions. *Science* 24, 594-596.
- Kuenen, D.J. & Bass-Becking, L.G.M., 1938. - Historical notes on *Artemia salina*. *Zoologischer Mededeelingen*, 20: 222-230.
- Litvinenko, L.I., Kozlov, A.V., Kovalenko, A.I. & Bauer, D.S., 2007. - Salinity of water as a factor to determine the development of the brine shrimp *Artemia* population in Siberian lakes. *Hydrobiologia*, 576: 95-101.
- Mura, G., 1990. - *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) from Lymington, England: frontal knob morphology by scanning electron microscopy. *Journal of Crustacean Biology*, 10(2): 364-368.
- Mura, G., Amat, F., Abatzopoulos, T.J. & Moscatello, S., 2004. - First record of *Artemia franciscana* in an Italian saltwork. Fifth International Large Branchiopod Symposium (Book of abstracts). Toodyay, Western Australia, pp 35-36.

- Mura, G., Baxevanis, A.D., Medina, G., Hontoria, F., Kappas, I., Moscatello, S., Fancello, G., Amat, F. & Abatzopoulos, T.J., 2005. - The use of a multidisciplinary approach for the characterization of a diploid parthenogenetic *Artemia* population from Torre Colimena (Apulia, Italy). *Journal of Plankton Research*, 27: 895-907.
- Mura, G. & Brecciaroli, B., 2004. - Use of Morphological characters for species separation within the genus *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda). *Hydrobiologia*, 520: 179-188.
- Piccinelli, M., & Prosdocimi, T., 1968. - Descrizione tassonomica delle due specie *Artemia salina* L.e. *Artemia persimilis*. *Rendiconti Istituto Lombardo, Accademia Di Scienze e Lettere, Classe Scienze* 102, 113-118.
- Pilla, E.J.S., & Beardmore, J.A., 1994. - Genetic and morphometric differentiation in Old world bisexual species of the brine shrimp (*Artemia*). *Heredity* 72: 47-56.
- Rodríguez-Almaraz, G.A., Zavala, C., Mendoza, R. & Maeda-Martínez, A.M., 2006. - Ecological and biological notes on the brine shrimp *Artemia* (Crustacea: Branchiopoda: Anostraca) from Carmen Island, Baja California Sur, México. *Hydrobiologia*, 560: 417-423.
- Romdhane, M.S., 1994. - Les salines, sebkhas, chotts et l'*Artemia* en Tunisie; In Akrou, H. Belkhir, M. Beji O. & Kaffel N. (éds), Mediterranean *Artemia* Training Course and Site Survey. Mediterranean Regional Aquaculture project. FAO-UNDP. 33. Tunisia/Tunis: MEDRAP II Regional Center, pp 35.
- Romdhane, M.S., Ben Chikh, N., Ghlala, I. & Charfi, F., 2001. - La biodiversité de l'*Artemia* dans les salines et les Sabkha tunisienne. International Workshop sur la biodiversité marine. Alger.
- Seurat, L.G., 1921. - Faune des eaux continentales de la berbérie. *Publication de la Faculté des Sciences*, pp 1-66.
- Sorgeloos, P., Lavens, P., Léger, P., Tackaert, W. & Versichele, D., 1986. - Manual for the culture and use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture. The Belgian Administration for Development Cooperation. The Food and Agriculture Organization of the United Nations. State University of Ghent, Belgium-Faculty of Agriculture. Belgium.
- Thiery, A. & Robert, F., 1992. - Bisexual populations of the brine shrimp *Artemia* in Sète-Villeroy and Villeneuve saltworks (Languedoc, France). *International Journal of Salt Lake Research*, 1: 47-63.
- Triantaphyllidis, G.V., Criel, G.R.J., Abatzopoulos, T.J., Thomas, K.M., Peleman, J., Beardmore, J.A. & Sorgeloos, P., 1997. - International study on *Artemia* LVII. Morphology and molecular characters suggest conspecificity of all bisexual European and North African *Artemia* population. *Marine Biology*, 129: 477-487.
- Vanhaecke, P., Siddal, S.E., Sorgeloos, P., 1984. - International study on *Artemia*. XXXII. Combined effects of temperature and salinity on the survival of *Artemia* of various geographical origin. *Journal of experimental marine Biology and Ecology*, 80: 259-275
- Van Stappen, G., 1996. - *Artemia*. In: Lavens, P. Sorgeloos, P. (éds), Manual on the production and use of life food for the aquaculture. FAO Fishery Technical Paper 361, pp 79-163.
- Van Stappen, G., 2002. - Zoogeography. In: Abatzopoulos, T.J. Beardmore, J.A. Cleeg, J.S. Sorgeloos, P. (éds), *Artemia* Basic and Applied biology. Kluwer Academic Publishing, Dordrecht, Netherlands, pp 171-215.