

Étude taxonomique de la crevette des marais salants *Artemia* (Crustacea: Branchiopoda) de Tunisie basée sur la caractérisation morphologique

Taxonomical study of the brine shrimp *Artemia* populations (Crustacea: Branchiopoda) from Tunisia based on morphological characterization

Hachem Ben Naceur *, Amel Ben Rejeb Jenhani, Mohamed Salah Romdhane

Unité de Recherche Ecosystèmes et Ressources Aquatiques (URO3AGRO1), Université de Carthage, Institut National Agronomique de Tunisie, 43 Av. Charles Nicolle 1082 Tunis Mahrajène, Tunisie

*Corresponding author: hachem_b_naceur@yahoo.fr

Résumé

Ben Naceur H., A. Ben Rejeb Jenhani, M.S. Romdhane – Étude taxonomique de la crevette des marais salants *Artemia* (Crustacea: Branchiopoda) de Tunisie basée sur la caractérisation morphologique. *Mar. Life*, 17: 55-65.

Dans ce travail, des observations morphologiques sous loupe binoculaire et sous microscope électronique à balayage (MEB) de 13 populations tunisiennes d'*Artemia* ont été réalisées afin d'étudier leur statut taxonomique. Les résultats obtenus montrent que pour la morphologie de l'ovisac des femelles et du lobe frontal des mâles, deux formes au niveau des populations étudiées ont été observées, dont la population de Halk El Menzel qui semble différente de toutes les autres populations tunisiennes.

L'observation par le MEB de la partie basale du pénis des mâles, pour mettre en évidence la présence ou l'absence d'une épine microscopique, a révélé que toutes les populations d'*Artemia* étudiées montrent l'absence de cette épine à l'exception de la population de Halk El Menzel. Cette absence d'épine est une caractéristique des mâles de l'espèce *Artemia salina*. De ce fait, nous pouvons confirmer que toutes les populations tunisiennes étudiées à l'exception de Halk El Menzel, appartiennent à l'espèce *Artemia salina* alors que nous ne pouvons pas nous prononcer pour la population de Halk El Menzel : *Artemia franciscana* ou une espèce bisexuelle autre que *Artemia salina*.

MOTS CLÉS :

Artemia, morphologie, MEB, taxonomie, Tunisie.

Abstract

Ben Naceur H., A. Ben Rejeb Jenhani, M.S. Romdhane – [Taxonomical study of the brine shrimp *Artemia* populations (Crustacea: Branchiopoda) from Tunisia based on morphological characterization]. *Mar. Life*, 17: 55-65.

In this study, in order to clarify the taxonomic status of 13 *Artemia* populations from Tunisia, the ovisac morphology in females and the frontal knob morphology and ornamentation, as well as the basal part of the penis in males, were observed. Light microscopy was used to examine the shape of the ovisac and the frontal knob (lateral view), whereas SEM microscopy enabled detailed observation of the frontal knob surface and the basal part of the penis. The female ovisac morphology showed similarities among all the studied populations, with the exception of the Sabkhet Halk El Menzel population. Males from all but one of the studied populations exhibit sub-conical frontal knob shape and the absence of spines in the non-retractile basal part of the penis, which is characteristic of the *Artemia salina* species. Concerning the male specimens harvested from Sabkhet Halk El Menzel, the sub-spherical shape of the frontal knob, as well as the presence of spine-like projections observed in the non-retractile basal part of the penis, suggest that this population belongs to a species other than *Artemia salina*.

KEY WORDS:

Artemia, morphology, SEM observation, taxonomy, Tunisia.

Introduction

L'*Artemia* communément appelée crevette des marais salants est une espèce cosmopolite qui colonise les milieux aquatiques salés et hypersalés, caractérisés par une faible diversité spécifique et une structure trophique simple, comparée aux milieux d'eaux douces et à l'environnement marin (Por, 1980 ; Lenz, 1987). En se basant sur les critères morphométriques, l'isolement reproductif au laboratoire, la divergence des allozymes et aux différents marqueurs moléculaires de l'ADN, sept espèces bisexuelles et quatre formes parthénogénétiques sont actuellement reconnues dans le genre *Artemia* et présentent une forme presque semblable. Dans le Nouveau Monde, Amérique du Nord et du Sud, seules deux espèces bisexuelles sont présentes : *A. franciscana* et *A. persimilis*. Dans l'Ancien Monde, Afrique, Europe et Asie, cinq espèces bisexuelles sont décrites : *A. salina*, *A. urmiana*, *A. sinica*, *A. tibetiana* et *Artemia* sp., et quelques populations parthénogénétiques ont été rapportées.

L'étude de la distribution des populations d'*Artemia* dans l'ouest du bassin Méditerranéen, incluant l'Italie, la France, l'Espagne, le Portugal et les pays de l'Afrique du Nord, montre la présence de plusieurs populations d'*Artemia* bisexuelles autochtones (*Artemia salina*) ainsi que des souches parthénogénétiques (diploïde et tétraploïde) (Stella, 1933 ; Amat *et al.*, 1995 ; Triantaphyllidis *et al.*, 1997 b). Outre l'espèce autochtone, l'étude taxonomique de l'*Artemia* au niveau de la région ouest Méditerranéenne a révélé la présence de l'espèce *Artemia franciscana* originaire du continent américain. La présence de cette espèce qualifiée d'invasive par les chercheurs (Amat *et al.*, 2005 ; Green *et al.*, 2005 ; Amat *et al.*, 2007) a bouleversé l'état taxonomique de l'espèce *Artemia* dans cette région. Le premier rapport qui mentionne la distribution des différents sites d'*Artemia* date de 1915 lorsque Abonyi (In : Van Stappen, 2002) a publié une liste de 80 sites d'*Artemia* distribués sur 21 pays. Artom (1922) a signalé 18 autres sites. Plus tard, Stella (1933) et Barigozzi (1946) rapportent la présence de ce branchiopode dans respectivement 28 et 29 sites répartis sur les cinq continents. Néanmoins, le premier effort systématique pour les différents inventaires d'*Artemia* existants a été réalisé par Persoone et Sorgeloos (1980) : ils ont pu répertorier 244 sites et populations. Ces mêmes auteurs ont aussi évoqué la destruction de plusieurs sites d'*Artemia* en Allemagne et en Grande Bretagne. Vanhaecke *et al.* (1987), dans leur mise à jour de la distribution d'*Artemia* dans le monde, ont rapporté la présence de ce crustacé dans 360 sites. Les dernières

biogéographies du genre *Artemia* ont été publiées par Triantaphyllidis *et al.* (1998) et Van Stappen (2002) qui ont rapporté respectivement 505 et 598 sites d'*Artemia*. Cependant, ce nombre doit être revu à la hausse puisque plusieurs autres sites peuvent être répertoriés surtout en Afrique sub-saharienne et en Asie occidentale, zone mal explorée jusqu'à nos jours (Van Stappen, 2002).

En Tunisie, la présence d'*Artemia salina* (L., 1758) 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 Héni. Par la suite, Ben Abdelkader (1985), Sorgeloos *et al.* (1986) et Romdhane (1994) ont mentionné l'existence d'*Artemia* dans plusieurs autres sites. La dernière distribution zoogéographique d'*Artemia* en Tunisie a été réalisée par Ben Naceur *et al.* (2009, 2010) qui ont rapporté la présence de ce branchiopode dans 22 sites distribués à différents étages bioclimatiques (aride supérieur - saharien).

Plusieurs techniques ont été utilisées pour la caractérisation systématique des différentes espèces d'*Artemia*. On peut citer : la biométrie des cystes hydratés et décapsulés (Vanhaecke, Sorgeloos, 1980 ; Abatzopoulos *et al.*, 1998, 2006), la biométrie et les caractéristiques morphométriques des adultes (Hontoria, Amat, 1992 a, 1992 b ; Gajardo *et al.*, 1998 ; Amat *et al.*, 2005 ; Mura *et al.*, 2005), la caractérisation génétique (Zhang, King, 1992 ; Abatzopoulos *et al.*, 2002 b ; Van Stappen *et al.*, 2007 ; Tizol-Correa *et al.*, 2009 ; Muñoz *et al.*, 2008, 2010), le test de croisement (Gajardo *et al.*, 2001 ; Abatzopoulos *et al.*, 2002 a) et l'étude morphologique par microscopie électronique à balayage (Triantaphyllidis *et al.*, 1997 a ; Mura, Nagorskaya, 2005 ; Mura *et al.*, 2005).

Dans ce travail, des observations morphologiques sous loupe binoculaire et sous microscope électronique à balayage ont été réalisées pour treize populations tunisiennes d'*Artemia* afin d'étudier leur statut taxonomique.

Matériels et méthodes

Pour cette étude, treize sites caractérisés par une eau hypersalée ont été échantillonnés. Des cystes et des adultes (lorsqu'ils sont présents) ont été collectés sur les bords de chaque site au moyen d'un filet à plancton d'ouverture de maille de 150 µm. Dans le cas où nous n'avons pas pu collecter des adultes dans le milieu naturel, les spécimens mâles et femelles utilisés sont issus d'élevage : les nauplii obtenus après éclosion des cystes au laboratoire (Sorgeloos *et al.*, 1986) ont été

élevés dans des bouteilles en plastique d'une capacité de deux litres, remplies d'eau de mer filtrée et autoclavée additionnée de sel de mer brut pour une salinité de 90 ± 10 psu (Amat *et al.*, 2005). La température a été maintenue à 24 °C avec une photopériode de 16 heures lumière / 8 heures obscurité. Les spécimens en élevage, à une densité de culture de 50 individu.L⁻¹, ont été alimentés par une culture de *Chlorella* sp. Le milieu d'élevage est changé une fois par semaine pour assurer l'élimination des déchets et des microalgues agglomérés. L'âge adulte est obtenu à peu près au bout d'un mois. Le (Tableau I) présente l'origine des différentes populations d'*Artemia* utilisées dans ce travail.

Observation à la loupe binoculaire

Ces observations (n = 30 pour chaque population et chaque sexe) consistent à vérifier la morphologie de l'ovisac des femelles, plus précisément aux deux extrémités externes du sac ovigère, et de la forme du lobe frontal localisé au niveau de la partie basale intérieure des premières antennes chez les mâles.

Observation par microscopie électronique à balayage (MEB)

Nous avons photographié et comparé la morphologie de la partie basale du pénis et l'ornementation de la surface du lobe frontal (n = 10). Pour ces observations, les échantillons d'individus adultes, collectés *in situ* ou issus d'élevage en laboratoire, ont été fixés dans une solution d'éthanol à 30 % pendant 1 heure puis placés dans des solutions d'éthanol de concentrations croissantes (50, 70, 80, 90, 95 et 100%) avec un intervalle de 1 heure pour chaque étape. Une fois fixés, les échantillons ont été séchés par un courant de CO₂ puis montés sur des socles en cuivre pour être dorés. Le microscope électronique à balayage utilisé est de type JEOL-JSM-5400.

Résultat

L'observation de l'ovisac des femelles adultes sous loupe binoculaire montre bien la présence de deux formes différentes pour le profil de la terminaison latérale du sac ovigère (Figure 1). Dans le cas de la population de Halk El Menzel (HM), cette zone présente une forme plutôt pointue, tandis qu'elle présente un aspect plutôt arrondi pour les autres populations : AR, AJ, KOR, JAM, BJ, SFX, NOL, MEL, MNK, ADH, CG et CJ.

L'observation du lobe frontal des spécimens mâles (Figure 2) révèle la présence d'un profil sub-sphérique

pour la population de HM, tandis que pour toutes les autres populations étudiées la morphologie du lobe frontal présente une forme sub-conique (AR, AJ, KOR, JAM, BJ, SFX, NOL, MEL, MNK, ADH, CG et CJ).

L'observation au microscope électronique à balayage de l'ornementation de la surface du lobe frontal montre quelques différences entre les populations étudiées. Toutefois, il est très difficile de les quantifier, ce qui rend ce critère peu fiable pour son utilisation en tant que facteur discriminatoire entre les différentes populations (Figure 3).

L'observation par le MEB de la partie basale intérieure du pénis permet de révéler la présence ou l'absence d'une épine microscopique chez les mâles d'*Artemia*. Les mâles de toutes les populations d'*Artemia* étudiées montrent que cette épine est absente à l'exception de la population de Halk El Menzel (HM) (Figure 4).

Le Tableau II regroupe les caractéristiques morphologiques observées chez les différentes populations d'*Artemia* étudiées.

Discussion

En Tunisie, la présence des populations d'*Artemia* a été signalée dans différentes publications et certaines ont été utilisées comme référence par plusieurs auteurs tels que Léger *et al.* (1986), Bossier *et al.* (2004) et Muñoz *et al.* (2008). Cependant, toutes ces populations tunisiennes ont été considérées comme appartenant à l'espèce *Artemia salina* même suite à une identification taxonomique comme c'est le cas pour celles de Sfax et de Megrine (Mura, 1990) ou plus récemment pour les populations de Sijoumi, de Sahline et de El Adhibet (Romdhane *et al.*, 2004). Le taxon *Artemia salina* a parfois été attribué à certaines populations sans aucune étude taxonomique préalable : populations de Moknine, d'Ariana et de Bekalta (Sorgeloos *et al.*, 1986 ; Triantaphyllidis *et al.*, 1998 ; Van Stappen, 2002). Cette attribution taxonomique directe comme *Artemia salina* pour des populations tunisiennes, est due au fait qu'auparavant, toutes les souches d'*Artemia* du bassin méditerranéen étaient supposées autochtones et donc appartenant à l'espèce bisexuelle *Artemia salina* ou à des souches parthénogénétiques (*Artemia parthenogenetica*). D'autres espèces ont cependant été signalées dans cette région : *Artemia persimilis* dans la saline de San Bartolomeo, Sardaigne, Italie (Piccinelli, Prosdocimi, 1968), ou *Artemia franciscana* au Portugal (Hontoria *et al.*, 1987). Mais on a supposé que ces introductions étaient limitées dans le temps et dans l'espace : les études

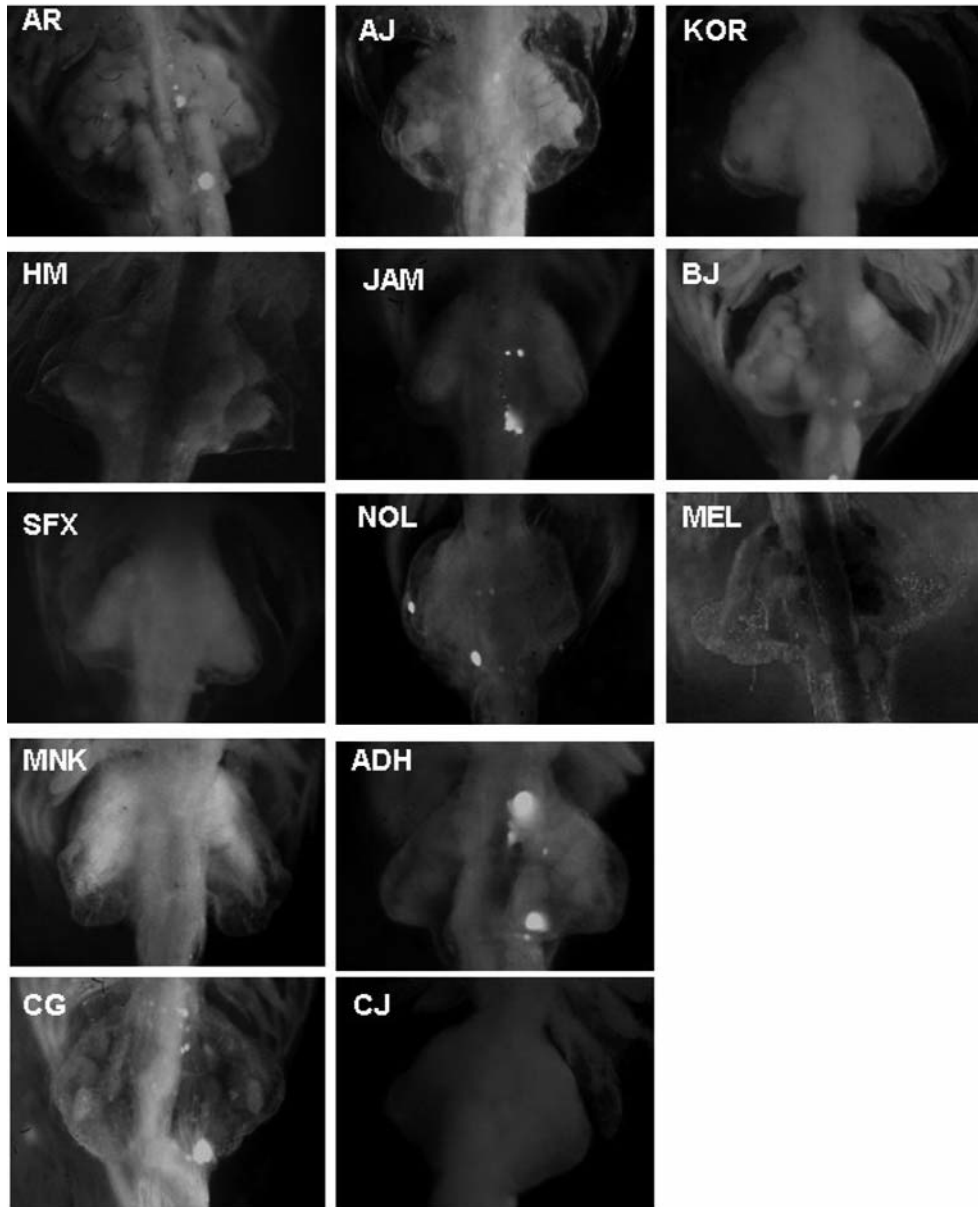


Figure 1
Morphologie de l'ovisac des populations tunisiennes étudiées. Pour les abréviations des populations voir Tableau I.

Light dissecting microscope photographs of the ovisac of Tunisian Artemia populations. Abbreviations in Table I.

Population	Abréviation	Coordonnées géographiques	Source	Date d'échantillonnage des cystes ou des adultes
Chott Arian	AR	36°55'38"N-10°15'22"E	<i>In situ</i>	Avril 2006
Sabkhet Assa Jriba	AJ	36°14'09"N-10°26'20"E	<i>In situ</i>	Décembre 2008
Sabkhet Korzia	KOR	36°24'47"N-09°47'10"E	<i>In situ</i>	Mars 2006
Sabkhet Halk El Melzel	HM	36°00'40"N-10°27'30"E	<i>In situ</i>	Juin 2009
Sabkhet El Jam	JAM	35°09'29"N-10°43'48"E	<i>In situ</i>	Décembre 2008
Sabkhet Boujmal	BJ	34°57'53"N-10°24'04"E	Culture en laboratoire	Mai 2008
Sfax Saltwork	SFX	35°45'00"N-10°43'00"E	Culture en laboratoire	Mars 2005
Sabkhet Noueil	NOL	34°27'28"N-09°54'51"E	<i>In situ</i>	Avril 2006
Sabkhet El Melah	MEL	32°21'34"N-10°55'22"E	<i>In situ</i>	Décembre 2006
Sabkhet Mnikhra	MNK	33°08'59"N-11°20'09"E	Culture en laboratoire	Avril 2007
Sabkhet El Adhibet	ADH	33°05'42"N-11°24'29"E	<i>In situ</i>	Janvier 2007
Chott El Gharsa	CG	34°09'07"N-08°04'07"E	<i>In situ</i>	Décembre 2006
Chott el Jerid	CJ	33°56'21"N-08°26'50"E	<i>In situ</i>	Décembre 2006

Tableau I
Populations tunisiennes d'*Artemia* étudiées : abréviations, localisations, sources et dates d'échantillonnage.
List of the populations studied, their abbreviations, locations, sources and sampling dates.

Figure 2

Morphologie du lobe frontal des populations tunisiennes étudiées. Pour les abréviations des populations voir Tableau I.
Light dissecting microscope photographs of the head of Tunisian Artemia populations showing differences in shape of frontal knobs. Abbreviations in Table I.

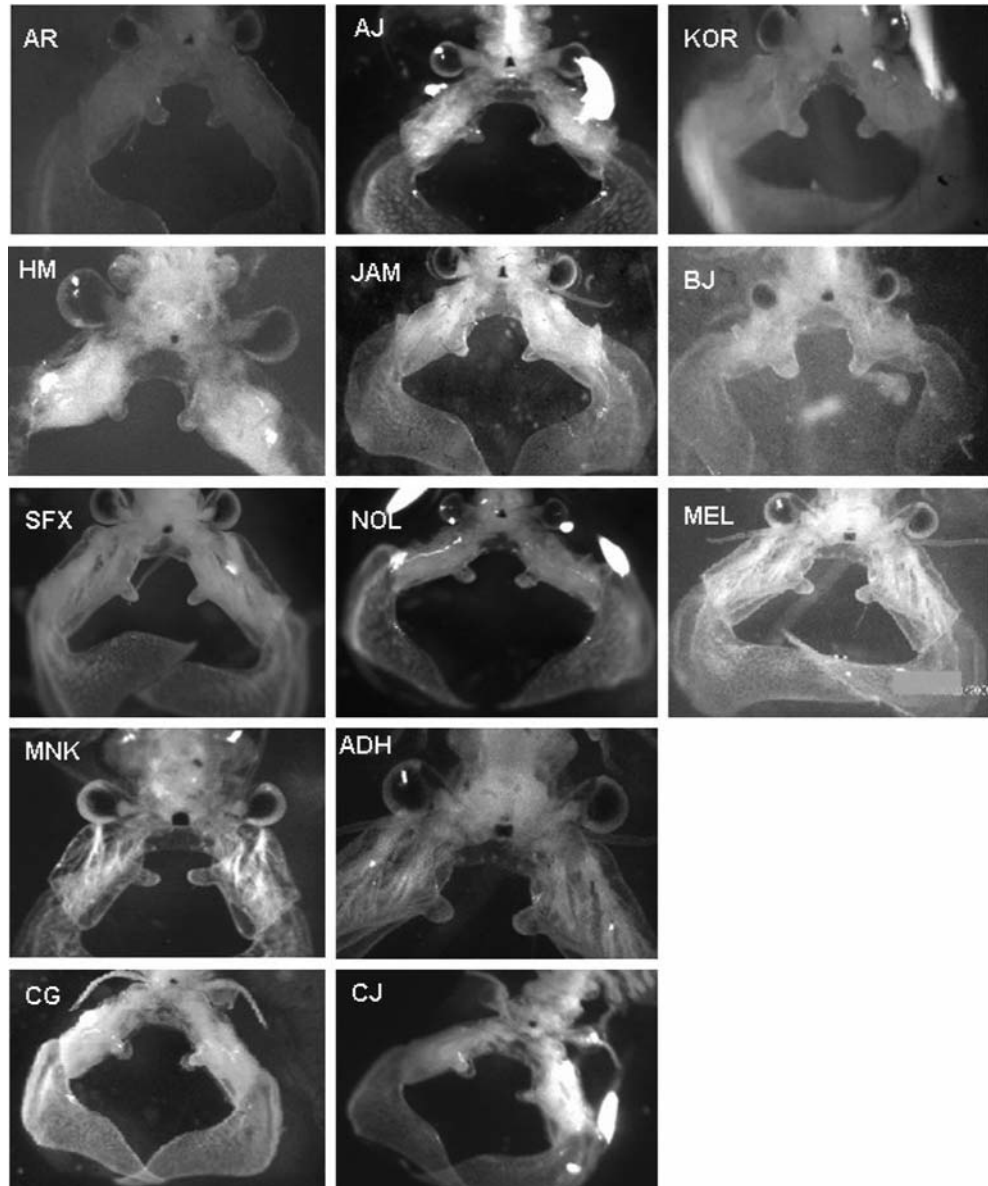


Tableau II

Caractéristiques morphologiques des populations d'*Artemia* examinées.
Morphological characteristics of Tunisian Artemia populations examined.

Site	Forme du profil latéral de l'ovisac	Forme du lobe frontal	Épine à la base du pénis
AR	Arrondie	sub-conique	Absence
AJ	Arrondie	sub-conique	Absence
KOR	Arrondie	sub-conique	Absence
HM	Pointue	sub-sphérique	Présence
JAM	Arrondie	sub-conique	Absence
BJ	Arrondie	sub-conique	Absence
SFX	Arrondie	sub-conique	Absence
NOL	Arrondie	sub-conique	Absence
MEL	Arrondie	sub-conique	Absence
MNK	Arrondie	sub-conique	Absence
ADH	Arrondie	sub-conique	Absence
CG	Arrondie	sub-conique	Absence
CJ	Arrondie	sub-conique	Absence

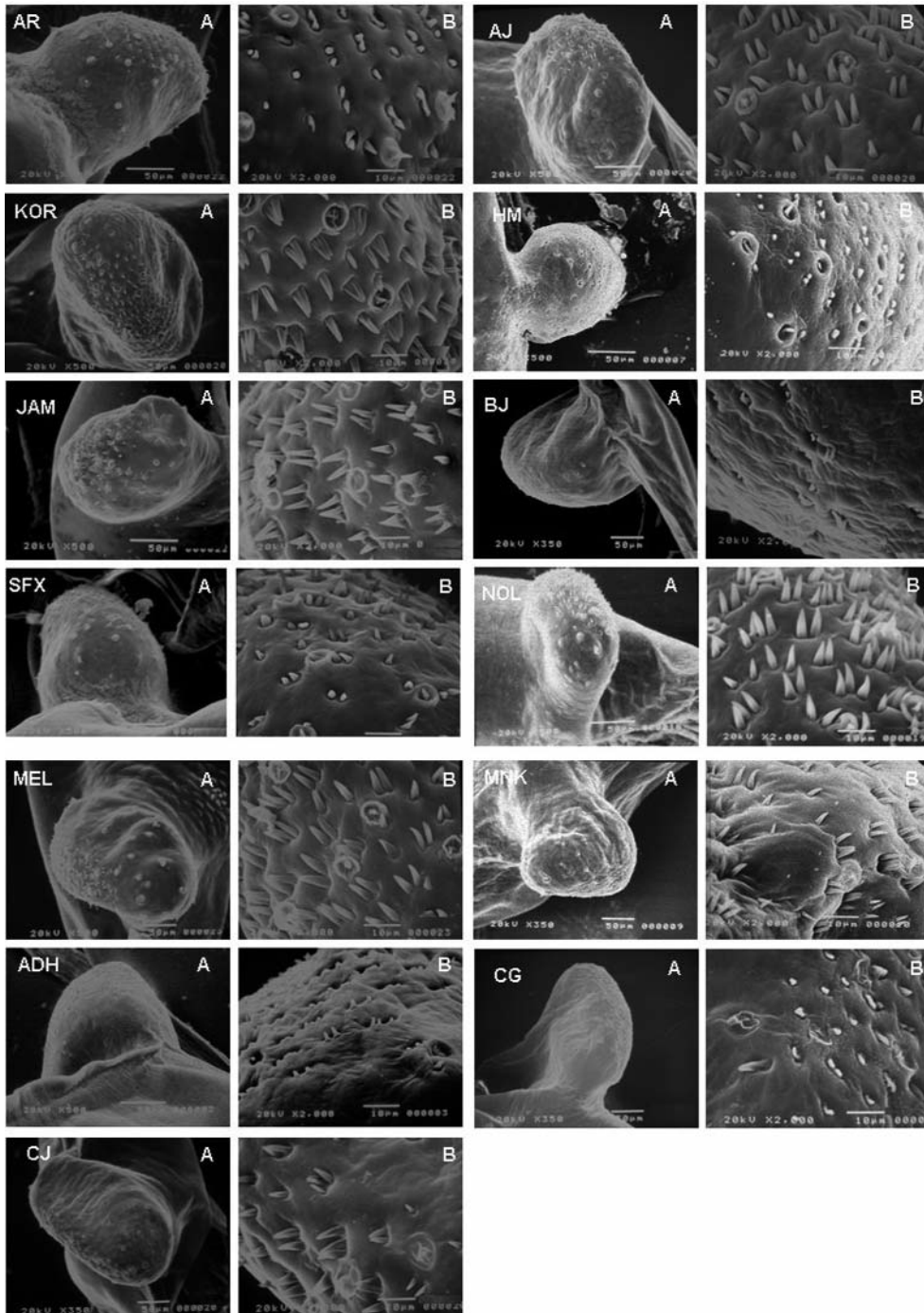


Figure 3

Observation par microscopie électronique à balayage (MEB) du lobe frontal des populations tunisiennes d'*Artemia* étudiées. (A) : vue générale, (B) : ornementation. Pour les abréviations des populations voir Tableau I.

SEM photographs of frontal knob surface showing pattern of ornamentation. (A) Frontal knob surface and (B) enlarged detail.

Abbreviations in Table I.

réalisées pour confirmer la présence de l'espèce *Artemia persimilis* en Italie ont échoué, aucun échantillon de cette espèce n'ayant pu être récolté dans cette zone, suggérant ainsi que l'espèce n'avait pas pu survivre dans ce milieu. Ce n'est toutefois pas le cas de l'espèce *Artemia franciscana* qui a pu s'adapter dans la région méditerranéenne, semant ainsi le doute sur la taxonomie des populations d'*Artemia* qui peuplent cette région.

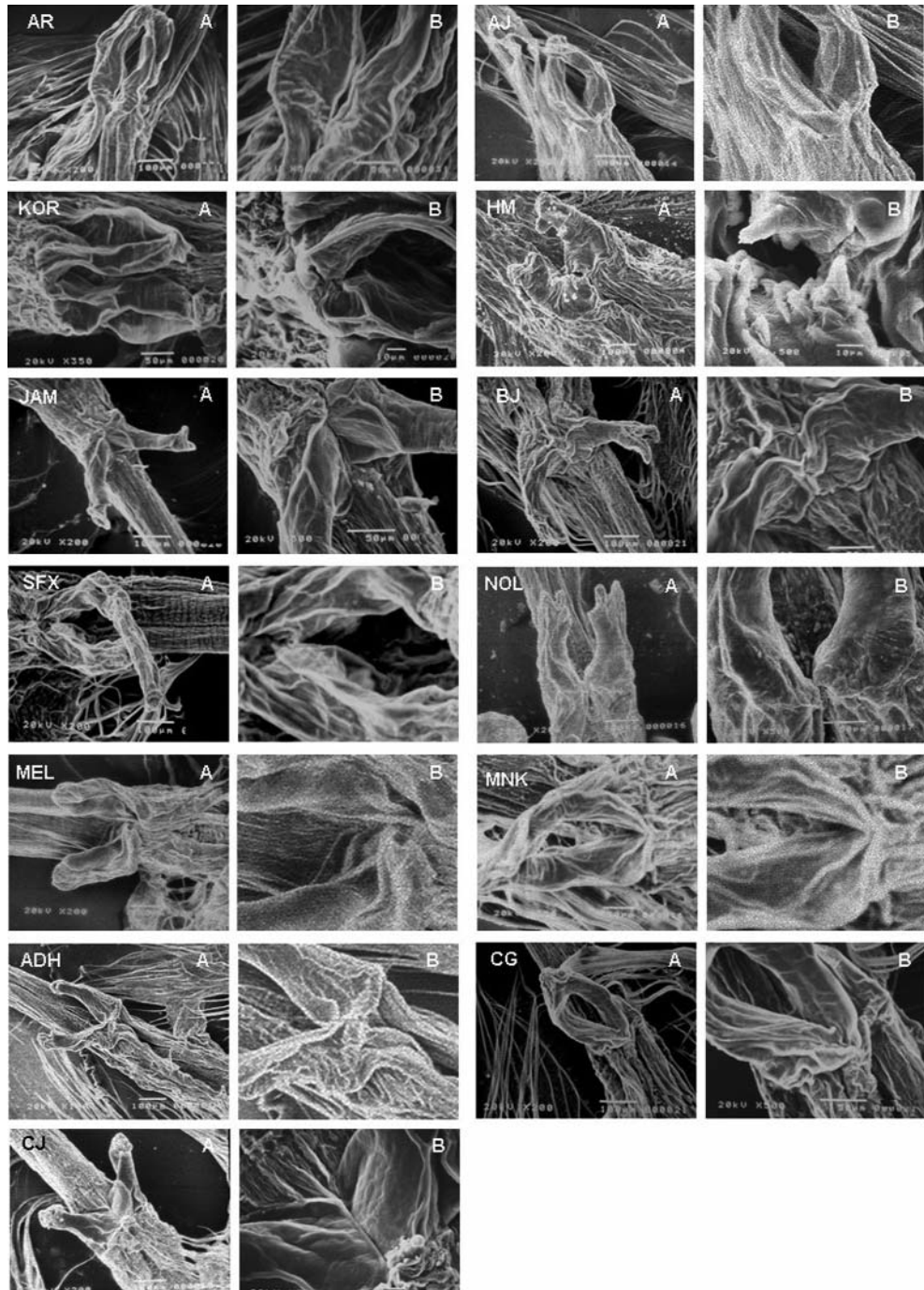
L'utilisation des caractères morphologiques semble être la méthode la plus simple et la plus immédiate pour l'identification taxonomique des différentes espèces du

genre *Artemia*, ainsi que pour la reconstruction phylogénétique entre les divers taxa, dont les plus récents ont été identifiés ces dernières décennies. L'observation sous loupe du profil latéral de l'ovisac a révélé l'existence de deux formes dans les populations tunisiennes étudiées : pointue pour la population de Sabkhet Halk El Manzel (HM) et arrondie pour toutes les autres populations. La comparaison de ce résultat avec celui de Amat (1980) révèle que la forme de l'ovisac de la population de HM ressemble à celle de l'*Artemia franciscana* native des salines de San Francisco Bay (Californie, USA). Cepen-

Figure 4

Observation par microscopie électronique à balayage (MEB). (A) : vue générale du pénis, (B) : base de la partie non rétractile du pénis (présence de l'épine pour l'échantillon de Sabkhet Halk El Menzel : HM). Pour les abréviations des populations voir Tableau I.

SEM photographs of male genital organs (basal part of penis) of Tunisian *Artemia* populations. (A) General aspect of male genital organ and (B) Morphology of the basal part of penis showing the presence (in Sabkhet Halk El Menzel 'HM') or the absence (all the other Tunisian populations) of the spine-like projections. Abbreviations in Table I.



dant, la forme de l'ovisac de toutes les autres souches tunisiennes est semblable à celle des populations d'*Artemia salina* d'Espagne rapportée par Amat (1980). Ce constat nous permet de supposer que les 13 populations d'*Artemia* étudiées appartiennent toutes à l'espèce *Artemia salina* à l'exception de la population de HM. Il est à noter qu'aucun autre travail considérant ce caractère (morphologie de l'ovisac) comme facteur discriminatoire n'a été effectué, ce qui explique la difficulté de comparer nos résultats avec ceux des autres espèces à part *Artemia franciscana*. De ce fait, ce critère semble

jusqu'à aujourd'hui insuffisant pour l'étude taxonomique des populations tunisiennes. La description des différentes espèces d'*Artemia* incluant le lobe frontal des mâles, a débuté dans les années 1750. Dans ces illustrations (Schlosser, 1756 ; Thompson, 1834 ; Baird, 1849 ; Barigozzi, 1974, in Mura, 1990), la forme sub-conique du lobe frontal est plus ou moins évidente. Toutefois, la forme du lobe frontal des spécimens collectés dans le lac de Lympington, disparu de nos jours, et rapportée par ces illustrations, ressemble beaucoup à celle des populations actuelles du bassin méditerranéen (Mura *et al.*, 1989 ;

Mura, 1990 ; Mura, Brecciaroli, 2004) et à toutes les populations tunisiennes étudiées, à l'exception de celle de HM. La comparaison de la forme du lobe frontal observée dans notre étude avec celle rapportée par Amat (1980) et Mura, Brecciaroli (2004), confirme la forme subconique de cet organe chez l'espèce *Artemia salina*. Par conséquent, toutes les populations tunisiennes à l'exception de celle de HM semblent appartenir à l'espèce *Artemia salina*. En effet, le lobe frontal de la population de Sabkhet Halk El Menzel présente une forme subsphérique similaire à celle de l'espèce *Artemia franciscana* (Mura, Brecciaroli, 2004). Il faut noter que cette forme n'est pas spécifique uniquement de l'espèce *Artemia franciscana*, elle l'est également pour *Artemia persimilis*, *A. urmiana*, *A. sinica* et *A. tibetiana* (Mura, Brecciaroli, 2004). Même si la forme spécifique subconique du lobe frontal nous permet d'identifier les populations d'*Artemia salina*, il nous est impossible d'identifier l'appartenance taxonomique de la population de HM en se basant seulement sur ce critère.

L'utilisation des caractères morphologiques observés par microscopie électronique à balayage comme critère discriminatoire a été approuvée par plusieurs chercheurs (Mura *et al.*, 1989 ; Mura, 1990 ; Thiery, Robert, 1992 ; Triantaphyllidis *et al.*, 1997 b ; Torrentera, Belk, 2002 ; Mura, Brecciaroli, 2004 ; Mura, Nagorskaya, 2005). L'apparence et l'ornementation du lobe frontal ont été utilisées comme critère d'identification taxonomique des différentes espèces d'*Artemia* par Mura (1990) pour comparer et régler la confusion qui existait à cette époque quand à l'appartenance taxonomique de la population du lac de Lymington (stockée au Muséum d'Histoire Naturelle de Londres) et des populations italiennes et nord africaines. Dans cette étude, il est clair que l'orientation de cet organe et/ou celle du faisceau électrique du microscope, lors de la photographie, peuvent affecter les résultats obtenus et engendrer une difficulté dans la comparaison des différents spécimens. Ce problème a déjà été mentionné par d'autres auteurs, et les conclusions tirées de l'observation de l'ornementation du lobe frontal dans plusieurs travaux (Triantaphyllidis *et al.*, 1997 b ; Mura, Brecciaroli, 2004 ; Mura, Nagorskaya, 2005), ont été sujettes à controverses : Mayer (2002) a expliqué que cette ambiguïté est due à la variation interpopulationnelle enregistrée, concernant l'abondance et la taille des épines et des soies sensorielles qui ornent le lobe frontal. Nous confirmons les remarques mentionnées par Triantaphyllidis *et al.* (1997 b) concernant l'impossibilité de l'utilisation des caractères ornementaux du lobe frontal comme facteur discriminatoire entre les différentes espèces d'*Artemia*.

L'importance de la structure génitale comme facteur discriminatoire entre les différents taxons des anostracés a été mentionnée à plusieurs reprises (Brendonck, 1997 ; Brendonck, Belk, 1997). Ce sont Piccinelli et Prosdocimi (1968) qui ont rapporté pour la première fois l'existence d'une épine au niveau de la partie basale du pénis chez *Artemia persimilis* et son absence chez *Artemia salina*. Cette observation a été confirmée par la suite par Triantaphyllidis *et al.* (1997 a, 1997 b) et Mura, Brecciaroli (2004). Toutefois, ce critère reste peu valable puisqu'il ne permet que la distinction entre l'espèce bisexuelle méditerranéenne *Artemia salina* et le reste des espèces bisexuelles (Triantaphyllidis *et al.*, 1997 a, 1997 b ; Mura, Brecciaroli, 2004). Ces auteurs ont remarqué la présence de cette épine chez toutes les espèces d'*Artemia* : *A. persimilis*, *A. urmiana*, *A. sinica*, *A. tibetiana*, *A. monica* et *A. sp.* du Kazakhstan. Dans notre étude, nous avons noté l'absence de cette épine pour 12 populations sur 13 : Ariana, Sijoumi, Assa Jriba, El Jam, Mcheguigue, Noueiel, Boujmal, Melah, Mnikhra, El Adhibet, El Jerid et El Gharsa. Alors que cette épine est présente chez la population d'*Artemia* de Sabkhet Halk El Menzel.

Conclusion

Suite aux différentes observations morphologiques (forme de l'ovisac, du lobe frontal et de la partie basale non rétractile du pénis), nous pouvons confirmer que toutes les populations tunisiennes étudiées à l'exception de HM, appartiennent à l'espèce *Artemia salina*, alors que nous ne pouvons pas nous prononcer pour la population de HM qui peut appartenir à l'espèce *Artemia franciscana* ou à une espèce bisexuelle autre que *Artemia salina*.

Bibliographie

- Abatzopoulos T.J., B. Zhang, P. Sorgeloos**, 1998 - International Study on *Artemia* LIX. *Artemia tibetiana*: preliminary characterization of a new *Artemia* species found in Tibet (People's Republic of China). *Int. J. Salt Lake Res.*, **7** : 41-44.
- Abatzopoulos T.J., J.A. Beardmore, J.S. Cleeg, P. Sorgeloos**, 2002 a - *Artemia: Basic and applied biology*. Kluwer Academic Pub., Dordrecht, 285 pp.
- Abatzopoulos T.J., I. Kappas, P. Bossier, P. Sorgeloos, J.A. Beardmore**, 2002 b - Genetic characterization of *Artemia tibetiana* (Crustacea: Anostraca). *Biol. J. Linn. Soc.*, **75** : 333-344.
- Abatzopoulos T.J., N. Agh, G. Van Stappen, S.M. Razavi Rouhani, P. Sorgeloos**, 2006 - *Artemia* sites in Iran. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **86** : 299-307.
- Amat F.**, 1980 - Differentiation in *Artemia* strains from Spain. In : *The brine shrimp Artemia. Vol. 1. Morphology, Genetics, Radiobiology, Toxicology*. G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels, E. Jaspers (eds), Universa Press, Wetteren, Belgium, pp : 19-39.
- Amat F., C. Barata, F. Hontoria, J.C. Navarro, I. Varo**, 1995 - Biogeography of the genus *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda, Anostraca) in Spain. *Int. J. Salt Lake Res.*, **3** : 175-190.
- Amat F., F. Hontoria, O. Ruiz, A.J. Green, M.I. Sanchez, J. Figuerola, F. Hortas**, 2005 - The American brine shrimp as an exotic invasive species in the western Mediterranean. *Biol. Invasions*, **7** : 37-47.
- Amat F., F. Hontoria, J.C. Navarro, N. Vieira, G. Mura**, 2007 - Biodiversity loss in the genus *Artemia* in the Western Mediterranean Region. *Limnetica*, **26** : 387-404.
- Artom C.**, 1922 - Nuovi dati sulla distribuzione geografica sulla biologia dell due specie (microperenica é macroperenica) del genere *Artemia*. *Atti Accad. naz. Lincei Rc.*, **31** : 529-532.
- Barigozzi C.**, 1946 - Uber die geographische Verbreitung der Mutanten von *Artemia salina* Leach. *Arch. Julius Klaus-Stiftung*, **21** : 479-482.
- Ben Abdelkader N.**, 1985 - L'*Artemia* dans les chotts, les sebkhas et les salines de Tunisie. *Bull. Inst. natl sci. tech. Océanogr. Pêche, Salammbô*, **12** : 87-95.
- Ben Naceur H., A. Ben Rejeb Jenhani, M.S. Romdhane**, 2009 - New distribution record of the brine shrimp *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda, Anostraca) in Tunisia. *Check List*, **5** : 281-288.
- Ben Naceur H., A. Ben Rejeb Jenhani, M.S. Romdhane**, 2010 - Biological characterization of the new invasive brine shrimp *Artemia franciscana* in Tunisia: Sabkhet Halk El-Menzel. *Int. J. biol. Life Sci.*, **6** : 131-137.
- Bossier P., W. Xiaomei, F. Catania, S. Doom, G. Van Stappen, E. Naessens, P. Sorgeloos**, 2004 - International study on *Artemia* LXX. An RFLP database for authentication of commercial cyst samples of the brine shrimp *Artemia* spp. *Aquaculture*, **231** : 93-112.
- Brendonck L.**, 1997 - The anostracan genus *Branchinella* (Crustacea: Branchiopoda), in need of a taxonomic revision; evidence from penile morphology. *Zool. J. Linn. Soc.*, **119** : 447-455.
- Brendonck L., D. Belk**, 1997 - On potentials and relevance of the use of copulatory structures in anostracan taxonomy. *Hydrobiologia*, **359** : 83-92.
- Gajardo G., N. Colihueque, M. Parraguez, P. Zorruelos**, 1998 - International study on *Artemia*. LVIII. Morphologic differentiation and reproductive isolation of *Artemia* populations from South America. *Int. J. Salt Lake Res.*, **7** : 133-151.
- Gajardo G., J.A. Beardmore, P. Sorgeloos**, 2001 - International study on *Artemia*. LXII. Genomic relationships between *Artemia franciscana* and *Artemia persimilis*, inferred from chromocentre numbers. *Heredity*, **87** : 172-177.
- Gauthier H.**, 1928 - *Recherche sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie*. Thèse de doctorat. Minerva, Alger, Algeria, 419 pp.
- Green A.J., M.I. Sanchez, F. Amat, J. Figuerola, F. Hontoria, O. Ruiz, F. Hortas**, 2005 - Dispersal of invasive and native brine shrimp *Artemia* (Anostraca) via waterbirds. *Limnol. Oceanogr.*, **50** : 737-742.
- Heldt H.**, 1926 - Sur la présence d'*Artemia* dans les anciens ports de Carthage. *Bull. Stn océanogr. Salammbô*, **4** : 1-10.
- Hontoria F., J.C. Navarro, I. Varo, A. Gozalbo, F. Amat, M.N. Vieira**, 1987 - *Ensayo de caracterización de cepas autóctonas de Artemia de Portugal*. Seminario Aquacultura, Instituto Ciências Biomédicas 'Abel Salazar', Porto, Portugal, 10 pp.
- Hontoria F., F. Amat**, 1992 a - Morphological characterization of adult *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda) from different geographical origin. Mediterranean populations. *J. Plankton Res.*, **14** : 949-959.
- Hontoria F., F. Amat**, 1992 b - Morphological characterization of adult *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda) from different geographical origin. American populations. *J. Plankton Res.*, **14** : 1461-1471.
- Léger P., D.A. Bengtson, K.L. Simpson, P. Sorgeloos**, 1986 - The use and nutritional value of *Artemia* as food source. *Oceanogr. mar. biol. a. Rev.*, **24** : 521-623.

- Lenz P.H.**, 1987 - Ecological studies on *Artemia*: a review. In : *Artemia research and its applications. Vol. 3. Ecology, culturing, Use in Aquaculture*. P. Sorgeloos, D.A. Bengtson, W. Declair, E. Jaspers (eds), Universa Press, Wetteren, Belgium, pp : 5-18.
- Mayer R.**, 2002 - Morphology and biometry of three populations of *Artemia* (Branchiopoda: Anostraca) from the Dominican Republic and Puerto Rico. *Hydrobiologia*, **486** : 29-38.
- Muñoz J., A. Gómez, A.J. Green, J. Figuerola, F. Amat, C. Rico**, 2008 - Phylogeography and local endemism of the native Mediterranean brine shrimp *Artemia salina* (Branchiopoda: Anostraca). *Mol. Ecol.*, **17** : 3160-3177.
- Muñoz J., A. Gómez, A.J. Green, J. Figuerola, F. Amat, C. Rico**, 2010 - Evolutionary origin and phylogeography of the diploid obligate parthenogen *Artemia parthenogenetica* (Branchiopoda: Anostraca). *PLoS One*, **5** (8): doi : 10.1371/journal.pone.0011932.
- Mura G.**, 1990 - *Artemia salina* (Linnaeus 1758) from Lymington, England: frontal knob morphology by scanning electron microscopy. *J. Crust. Biol.*, **10** : 364-368.
- Mura G., L. Del Caldo, A. Fanfani**, 1989 - Sibling species of *Artemia*: a light and electron microscopic survey on the morphology of frontal knobs. Part I. *J. Crust. Biol.*, **9** : 414-419.
- Mura G., B. Brecciaroli**, 2004 - Use of morphological characters for species separation within the genus *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda). *Hydrobiologia*, **520** : 179-188.
- Mura G., L. Nagorskaya**, 2005 - Note on the distribution of the genus *Artemia* in the former USSR countries (Russia and adjacent regions). *J. Biol. Res.*, **4** : 139-150.
- Mura G., A.D. Baxevanis, G. Medina, F. Hontoria, I. Kappas, S. Moscatello, G. Fancello, F. Amat, T.J. Abatzopoulos**, 2005 - The use of a multidisciplinary approach for the characterization of a diploid parthenogenetic *Artemia* population from Torre Colimena (Apulia, Italy). *J. Plankton Res.*, **27** : 895-907.
- Persoone G., P. Sorgeloos**, 1980 - General aspects of ecology and biogeography of *Artemia*. In : *The Brine Shrimp Artemia. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture*. G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels, E. Jaspers (eds), Universa Press, Wetteren, Belgium, pp : 3-24.
- Piccinelli M., T. Prosdocimi**, 1968 - Descrizione tassonomica delle due specie *Artemia salina* L.e. *Artemia persimilis* n. sp. *R. Inst. Lomb., B*, **102** : 113-118.
- Por F.D.**, 1980 - A classification of hypersaline waters, based on trophic criteria. *Mar. Ecol.-Prog. Ser.*, **1** : 121-131.
- Romdhane M.S.**, 1994 - Les salines, sebkhas, chotts et l'*Artemia* en Tunisie. In : *Mediterranean Artemia Training Course and Site Survey*. H. Akrouf, M. Belkhir, O. Beji, N. Kaffel (eds), Med. Reg. Aquaculture Project, FAO-UNDP, **33**.
- Romdhane M.S., H. Ben Naceur, S. Hamrouni, A. Ben Rejeb Jenhani, M. El Cafsi**, 2004 - Biological and biochemical characterisation of *Artemia* from Tunisian wetlands. In : *INCO-DEV Project on Artemia biodiversity*. N. Agh, P. Sorgeloos (eds), Iran International workshop - Sept. 21-25, Urmia, Iran, pp : 89-91.
- Seurat L.G.**, 1921 - *Faune des eaux continentales de la Berbérie*. Trav. Lab. Zool. Appl., Univ. Alger, 66 pp.
- Sorgeloos P., P. Lavens, P. Léger, W. Tackaert, D. Versichele**, 1986 - *Manual for the culture and use of brine shrimp Artemia in aquaculture*. Artemia Ref. Center, State Univ. Ghent, Belgium, 319 pp.
- Stella E.**, 1933 - Phenotypical characteristics and geographical distribution of several biotopes of *Artemia salina* L. *Z. induk. Abstramm. Vererb.*, **65** : 412-446.
- Thiéry R., F. Robert**, 1992 - Bisexual populations of the brine shrimp *Artemia* in Sète-Villeroi and Villeneuve saltworks (Languedoc, France). *Int. J. Salt Lake Res.*, **1** : 47-63.
- Tizol-Correa R., A.M. Maeda-Martínez, P.H.H. Weekers, L. Torrentera, G. Murugan**, 2009 - Biodiversity of the brine shrimp *Artemia* from tropical salterns in southern México and Cuba. *Curr. Sci.*, **96** : 81-87.
- Torrentera L., D. Belk**, 2002 - New penis characters to distinguish between two American *Artemia* species. *Hydrobiologia*, **470** : 149-156.
- Triantaphyllidis G.V., G.R.J. Criel, T.J. Abatzopoulos, P. Sorgeloos**, 1997 a - International Study on *Artemia*. LVII. Morphological study of *Artemia* with emphasis to Old World strains. I. Bisexual populations. *Hydrobiologia*, **357** : 139-153.
- Triantaphyllidis G.V., G.R.J. Criel, T.J. Abatzopoulos, K.M. Thomas, J. Peleman, J.A. Beardmore, P. Sorgeloos**, 1997 b - International Study on *Artemia*. LVII. Morphological and molecular characters suggest conspecificity of all bisexual European and North African *Artemia* populations. *Mar. Biol.*, **129** : 477-487.
- Triantaphyllidis G.V., T.J. Abatzopoulos, P. Sorgeloos**, 1998 - Review of the biogeography of the genus *Artemia* (Crustacea, Anostraca). *J. Biogeogr.*, **25** : 213-226.
- Van Stappen G.**, 2002 - Zoogeography. In : *Artemia Basic and Applied Biology*. T.J. Abatzopoulos, J.A. Beardmore, J.S. Clegg, P. Sorgeloos (eds), Kluwer Academic Pub., Dordrecht, The Netherlands, pp : 171-224.
- Van Stappen G., H. Yu, X. Wang, S. Hoffman, K. Cooreman, P. Bossier, P. Sorgeloos**, 2007 - Occurrence of allochthonous *Artemia* species in the Bohai Bay area, PR China, as confirmed by RFLP analysis and laboratory culture tests. *Fund. appl. Limnol.*, **170** : 21-28.

Vanhaecke P., P. Sorgeloos, 1980 - International Study on *Artemia*. IV. The biometrics of *Artemia* strains from different geographical origin: In : *The brine shrimp Artemia. Vol. 3. Ecology, culturing, use in aquaculture.* G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels, E. Jaspers (eds), Universa Press, Wetteren, Belgium, pp : 393-405.

Vanhaecke P., W. Tackaert, P. Sorgeloos, 1987 - The biogeography of *Artemia*: an updated review. In : *Artemia research and its applications. Vol. 1.* P. Sorgeloos, D.A. Bengtson, W. Declair, E. Jaspers (eds), Universa Press, Wetteren, Belgium, pp : 129-155.

Zhang L., C.E. King, 1992 - Genetic variation in sympatric populations of diploid and polyploid brine shrimp (*Artemia parthenogenetica*). *Genetica*, **85** : 211-221.

Received March 2011

Accepted November 2011

Published electronically December 2011

www.marinelife-revue.fr