

RECHERCHES EXPERIMENTALES SUR L'ELEVAGE DE L'ARTEMIA (ARTEMIA SALINA) : EFFET DE QUELQUES FACTEURS EXTERNES

KHALIL TRIGUI*, R. BEN SAID**, R. BACHA* et N. ALOUI*

*Laboratoire d'aquaculture

**Laboratoire de biodiversité et biotechnologie marines

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, 28, rue 2 mars 1934, Salammbô, 2025, Tunisie

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, Centre kheireddine

*khaliltrigui10@hotmail.fr

دراسة تأثير بعض العوامل الخارجية على حياة الأرتيميا : تمت دراسة تأثير بعض العوامل خارجية (درجة الملوحة و الأكسجين المذاب) على حياة الأرتيميا ولهذا تم اخذ عينات من الأرتيميا الموجودة في ملاحه الساحلين (ولاية المنستير) و جلبها المخبر و قد مكنتنا متابعة هذه العوامل الخارجية الثلاثة من معرفة مدى تأثيرها على حياة الأرتيميا .

و بينت النتائج التي تم الحصول عليها أن الأرتيميا تفضل العيش في درجة حرارة تتراوح بين 25 27 , 37 / , ولكن يمكن لهذا النوع من قشريات العيش في مستوى ملوحة تقدر ب 95 / . هذا وقد لاحظنا أن حيوان الأرتيميا كان قادرا على البقاء و العيش في المياه العذبة (0 /) 28 يوما () . أما بالنسبة لتركيز الأكسجين المذاب الأمثل لحيوان الأرتيميا فهي 7 / .

الكلمات المفاتيح : تربية الأرتيميا , , , الأكسجين .

RESUME

Artemia salina a été récoltée dans la saline de Sahline (Gouvernorat de Monastir) pour un élevage au laboratoire afin de tester l'effet de différents paramètres (température, salinité et oxygène dissous) sur la survie de ce crustacé. Les résultats enregistrés ont montré que le taux de survie de ce crustacé a été affecté par les différents facteurs étudiés. L'*Artemia* tolère les différentes valeurs de température testées et la fourchette de température optimale pour élever ce crustacé est comprise entre 25 et 27°C avec un taux de survie allant de 84 à 88%. La salinité optimale pour élever *Artemia salina* est de 37 psu avec un taux de survie égal à $62,22 \pm 0,23$ % après 28 jours d'expérience ; mais nous pouvons élever *Artemia* à une salinité de 95 psu et obtenir un taux de survie égal à $57,77 \pm 0,04$ %. Nous signalons aussi que *Artemia* a pu survivre et supporter la salinité de l'eau douce (0 psu) jusqu'à la fin de l'expérience avec un taux de survie égal à 8,88%. La concentration optimale d'oxygène dissous permettant l'élevage d'*Artemia* est de 7 mg/l, avec un taux de survie égal à $87,11 \pm 0,04$ % après 28 jours d'expérimentation.

Mots clés : élevage, *Artemia salina*, température, salinité, oxygène dissous.

ABSTRACT

Experimental research on the breeding of Artemia (*Artemia salina*): effect of some external factors; *Artemia salina* was collected from sahline salt lake (Tunisia) and bred in laboratory to test the effect of different parameters (temperature; salinity and dissolved oxygen) on the survival of this crustacean. The survival rates of this crustacean were affected by the different values of studied factors. The recorded results showed that *Artemia salina* tolerated different temperatures and the optimum ranged from 25 to 27°C with a survival rate ranging from 84,44 to 88,88%. The optimal salinity to breed *Artemia salina* was 37 psu ($62,22 \pm 0,23\%$) after 28 days of experiment but a salinity of 95psu can be chosen with a survival rate equal to $57,77 \pm 0,04\%$. Nevertheless,

Artemia salina was able to survive and withstand the salinity of 0 psu (freshwater) until the end of the experiment (8,88%). The optimum concentration of dissolved oxygen was 7mg/l with a survival rate of $87,11 \pm 0,04$ %.

Key words: breeding, *Artemia salina*, temperature, salinity, dissolved oxygen.

INTRODUCTION

Les lacs hyper salés sont concentrés dans les régions arides et semi-arides (William, 2000), caractérisés par des conditions physico-chimiques instables avec une variabilité interannuelle. Ces écosystèmes hébergent des invertébrés aquatiques spécifiques qui ont développé certains mécanismes d'adaptation (Persoone et Sorgeloos, 1980). Gauthier (1928) a décrit des invertébrés de certains sites en Algérie et en Tunisie et les a classés en fonction de leur tolérance à la salinité. En Algérie, des espèces du genre *Artemia* Leach, 1819 ont fait l'objet de quelques études biologiques et écologiques (Haddag, 1991 ; Kara et al., 2004 ; Amarouayache et al., 2009a, b, 2010). *Artemia salina* est un crustacé largement distribué (Triantaphyllidis et al., 1998) et très bien étudié de par le monde. Le grand succès de distribution de ce crustacé à travers une variété d'écosystèmes est la preuve de sa grande capacité d'adaptation et de tolérance environnementale (Barata, 1994). Toutefois, neuf espèces isolées de façon reproductive ont été décrites, et qui peuvent être divisées en espèces sexuées ou parthénogénétiques avec différents niveaux de ploïdie (Browne and Bowen, 1991). De ce fait, l'intérêt a été porté sur la recherche et l'exploitation d'*Artemia salina* dans les milieux naturels (salines, sebkhas..), et ce depuis la découverte de sa valeur nutritionnelle élevée (Aloui, 2013). En effet, les nauplii d'*Artemia* représentent un maillon trophique indispensable pour nourrir les larves de poissons et les post-larves des crustacés. Cette importance est due à la disponibilité, à la simplicité et à la valeur nutritionnelle des cystes d'*Artemia* par rapport à d'autres aliments (Ben Naceur et al., 2008). De nombreuses recherches ont été effectuées sur la nutrition des larves de poissons marins et d'eau douce en élevage (Girin et Person-Le-Ruet, 1977 ; Sorgeloos, 1978, 1980, 1981 a,b ; Barnabé, 1984 ; Divanach et Kentouri, 1984 ; Gatesoupe et al., 1984 ; Iizawa, 1984 ; Mani-Ponset et al., 1994 ; Zakes et Demska-Zakes, 1996 ; Schlumberger et Proteau, 1996 ; Mhetli, 2001 ; Kestemont et al., 2007 ; Szkudlarek et Zakes, 2007). Par ailleurs, les résultats des recherches relatives à l'exploitation des cystes d'*Artemia* dans les salines tunisiennes ont montré que les potentialités des cystes d'*Artemia* sont faibles devant les besoins des projets de pisciculture réalisés en Tunisie (Aloui, 2003). Pour cela, nous avons jugé utile de développer les

recherches sur l'*Artemia salina* selon l'axe élevage en vue de maîtriser son élevage et son cycle de reproduction. C'est dans ce contexte que nous nous sommes intéressés dans le présent travail, à l'étude de l'effet de différents facteurs abiotiques (température, salinité et oxygène dissous) en vue de déterminer les valeurs optimales de ces trois facteurs permettant de conduire un élevage d'*Artemia* au laboratoire.

MATERIEL ET METHODES

1 Origine des animaux (*Artemia salina*)

L'*Artemia* a été récoltée de la saline de Sahline (Figure1).

2- Récolte, transport et acclimatation des animaux

L'*Artemia* a été récoltée dans les bassins à *Artemia* puis transportée dans des bassines de 60 litres avec oxygénation soutenue jusqu'au laboratoire. A l'arrivée, les animaux sont mis dans deux grands bacs aérés de 500 litres chacun pour acclimatation qui dure généralement entre 3 et 5 jours. Au cours de cette phase et pendant toutes les expérimentations, les animaux sont nourris à l'aide de *Dunaliella salina* cultivée au laboratoire, à raison de deux fois par jour (matin et après-midi).

3- Protocole expérimental

Effet de la température

Le dispositif d'expérimentation est constitué de 12 aquariums de volume total de 30 litres chacun, mais le volume utilisé est de 15 litres d'eau de mer (37psu). Ces aquariums sont placés au laboratoire et montés en quatre séries. Quatre valeurs de la température ont été expérimentées avec 3 répliques chacune : 22°C ; 25°C ; 27°C et 32°C. Ces valeurs de températures ont été fixées grâce à des résistances chauffantes. La répartition des animaux dans les 12 aquariums a été effectuée avec une charge de 15 individus/l ; soit 225 individus/aquarium. Une aération continue pendant 24 h est assurée pour avoir une oxygénation satisfaisante durant la période de l'expérience. Tous les autres paramètres (salinité, O₂ dissous, pH..) ont été maintenus constants.

Effet de la salinité

Concernant la salinité, le même dispositif d'expérimentation a été utilisé, sauf que nous avons.

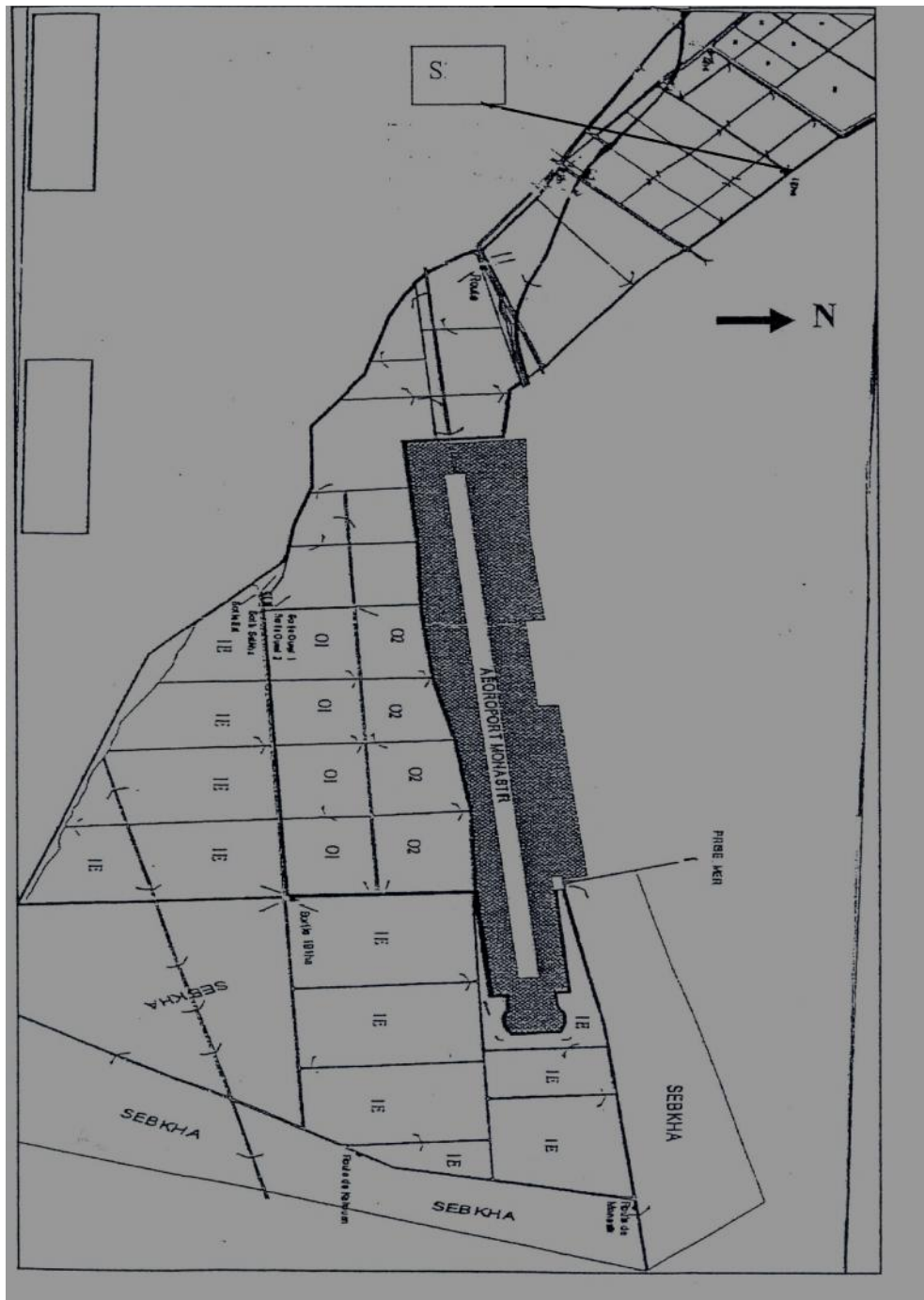


Figure 1: Site de collecte d'*Artemia salina* (saline de Sahline – Station S).

fixé la température à 27°C dans tous les aquariums et nous avons varié la salinité de l'eau dans ces aquariums. Quatre valeurs de la salinité ont été testées, tout en manipulant avec 3 répliques : 0 psu ; 37 psu ; 95 psu et 150 psu. Tous les autres paramètres (température, O_2 dissous, pH...) ont été maintenus constants

Effet de l'oxygène dissous

Nous avons étudié l'effet de l'oxygène dissous tout en fixant la température à 27°C et la salinité d'eau à 37 psu. Nous avons varié la concentration en oxygène dissous dans les aquariums d'expérimentation. Quatre valeurs ont été testées tout en travaillant comme pour les autres facteurs avec trois répliques. Les valeurs

testées sont : 2mg/l, 5mg/l, 7mg/l et 9mg/l. Nous avons travaillé avec une densité de 15 individus/litre ; soit 225 individus/aquarium.

4- Suivi de l'élevage

Les expériences ont été réalisées sur des *Artemia* adultes et la durée de chaque expérience est de 28 jours. Durant cette période, un suivi est effectué au niveau des élevages pour dénombrer quotidiennement le nombre de mort. La mortalité est estimée par un comptage quotidien des individus morts. La survie est rapportée au nombre d'animaux mis en élevage au début de chaque expérience.

Analyses statistiques

Nous avons effectué l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA). La comparaison multiple des moyennes a été réalisée avec le test Tukey et le seuil de signification retenu est 5%. L'homogénéité des

variances a été vérifiée par le test de Levene. Toutes les données ont été analysées avec le logiciel SPSS version 20.0.

RESULTATS

Effet de la température

Le suivi quotidien de l'élevage nous a permis de montrer que la survie d'*Artemia* est très influencée par la température. En effet, le nombre de survivants d'*Artemia* a considérablement varié selon la température depuis le début jusqu'à la fin de l'expérience (Tableau I).

La traduction de ces résultats en terme de pourcentages nous donne les valeurs portées sur le Tableau II.

Tableau I : Nombre de survivants d'*Artemia* en fonction de la température

Température	Moyenne des survivants après 7, 14, 21 et 28 jours d'élevage				
	T ₀	7jours	14 jours	21 jours	28jours
(22°C)	225	221(±3,21)	218 (±3,21)	210 (± 8,76)	150 (± 0,00)
(25°C)	225	225 (±0,00)	223 (± 1)	217 (± 0,58)	190 (±1,52)
(27°C)	225	224 (±0,58)	223 (±0,58)	216 (±1)	200 (± 1)
(32°C)	225	216 (± 2,52)	200 (±0,58)	170 (± 2)	30 (± 2)

Tableau II : Pourcentage des survivants après 7, 14, 21 et 28 jours d'élevage.

Jours Température	T ₀	7jours	14jours	21jours	28jours
(22°C)	100%	98,22 (±0,01)	96,88% (±0,01)	93,33% (±0,04)	66,66% (±0,00)
(25°C)	100%	100% (±0,00)	99,11% (± 0,00)	96,44% (± 0,00)	84,44% (±0,00)
(27°C)	100%	99,55% (±0,00)	99,11% (± 0,00)	96% (± 0,00)	88,88% (± 0,00)
(32°C)	100%	96% (±0,01)	88,88% (± 0,00)	75,55% (± 0,12)	13,33% (± 0,00)

Pour les animaux élevés à 22°C, nous avons obtenu un taux de survie égal à 66,66 % après 28 jours d'expérimentation. Au niveau de la deuxième série élevée à 25°C, nous avons obtenu un taux de survie égal à 84,44 %. Pour la troisième série des animaux élevés à 27°C, nous avons enregistré un taux de

survie égal à 88,88 %. Concernant la quatrième série d'animaux élevés à 32°C, nous avons obtenu un taux de survie faible à la fin de l'expérience, il est égal à 13,33 %. L'analyse statistique a montré un effet significatif de la température (Tableau III). Par ailleurs, il existe une corrélation négative entre le taux de survie et la température ($r_s = -0,637$, $p = 0,026$).

Tableau III : Tableau d'analyse de la variance Anova à 1 facteur (Température)

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification (P)
Inter-groupes	55016,000	3	18338,667	10002,909	,000
Intra-groupes	14,667	8	1,833		
Total	55030,667	11			

- **Effet de la salinité**

Le suivi des expériences d'élevage d'*Artemia* nous a permis de montrer que la survie d'*Artémia* est également très influencée par la salinité. En effet, le nombre de survivants d'*Artemia* a considérablement

varié selon les valeurs testées de ce paramètre (Tableau IV).

En exprimant ces résultats sous forme de pourcentage de survivants après 7,14, 21 et 28 jours d'expérimentation ; nous obtenons les valeurs consignées dans le Tableau V.

Tableau IV : Nombre de survivants d'*Artemia* en fonction de la salinité

	Moyenne des survivants après 7, 14, 21 et 28 jours d'élevage				
salinité	T ₀	7 jours	14 jours	21 jours	28 jours
0 psu	225	215 (± 0,58)	130 (± 0,58)	10 (± 0,58)	20 (±1)
37 psu	225	206 (± 4,72)	180 (± 35,80)	160 (± 52,91)	140 (± 52,91)
95 psu	225	188 (± 3,46)	176 (± 3,51)	156 (± 16,37)	130 (± 10)
150 psu	225	174 (± 65,02)	150 (± 78,10)	110 (± 69,28)	70 (± 51,96)

Tableau V : Pourcentage des survivants après 7,14, 21 et 28 jours d'élevage.

Jours Salinité	T ₀	7jours	14jours	21jours	28jours
0 psu	100%	95,55% (±0,00)	57,77% (±0,00)	44,44%, (±0,00)	8,88% (±0,00)
37 psu	100%	91,55% (±0,02)	80% (±0,16)	71,11% (± 0,23)	62,22% (±0,23)
95 psu	100%	83,55% (±0,01)	78,22% (± 0,01)	69,33% (± 0,07)	57,77% (±0,04)
150 psu	100%	77,33% (± 0,29)	66,66% (± 0,34)	48,88% (± 0,30)	31,11% (±0,23)

Le taux de survie d'*Artemia* en élevage à une salinité variant de 0 psu à 150 psu et à une température fixée à 27°C est porté dans le tableau V. Ainsi, au niveau de la première série élevée à 0 psu, le taux de survie est égal à 8,88% après 28 jours d'expérimentation. A une salinité de 37 psu, nous avons obtenu un taux de survie élevé égal à 62,22 ± 0,23% (série2). Pour la troisième série, élevée à 95 psu, nous avons enregistré

un taux de survie égal à 57,77 ± 0,04% à la fin de l'expérience. Pour la série 4, dont les animaux sont élevés à 150 psu; nous avons obtenu un taux de survie égal à 31,11 ± 0,23% à la fin de l'expérience. L'analyse statistique a montré qu'il existe un effet significatif de la salinité ($p < 0,05$) sur le taux de survie de l'*Artemia* en élevage (Tableau VI). La corrélation entre la salinité et le taux de survie est faible ($r = +0,224$, $p = 0,484$).

Tableau VI : Tableau d'analyse de la variance ANOVA à 1 facteur (Salinité)

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification (P)
Inter-groupes	28200,000	3	9400,000	6,713	,014
Intra-groupes	11202,000	8	1400,250		
Total	39402,000	11			

Effet de l'oxygène dissous

Le suivi journalier des animaux en élevage a montré que l'oxygène dissous a une grande importance sur la survie de ces derniers. En effet, le nombre de survivants d'*Artemia* a varié selon la quantité

d'oxygène dissous depuis le début jusqu'à la fin de l'expérience (Tableau VII).

Comme pour les deux paramètres précédents, et en traduisant les résultats obtenus en pourcentage, nous obtenons les valeurs portées sur le Tableau VIII.

Tableau VII : Nombre de survivants d'*Artemia* en fonction de l'oxygène dissous

	Moyenne des survivants après 7, 14, 21 et 28 jours d'élevage				
oxygène dissous	T ₀	7 jours	14 jours	21 jours	28 jours
2mg/l	225	160 (± 43,59)	110 (±37,86)	80 (±34,64)	46 (± 33,28)
5mg/l	225	204 (± 5,29)	188 (± 3,46)	160 (±17,32)	120 (± 10)
7mg/l	225	222 (± 1)	216 (± 2,51)	208 (± 7)	196 (± 9,64)
9mg/l	225	220 (± 3)	214 (± 4,58)	200 (± 8,72)	188 (± 10,58)

Tableau VIII : Pourcentage des survivants après 7, 14, 21 et 28 jours d'élevage

Jours O ₂ dissous	T ₀	7 jours	14 jours	21 jours	28 jours
2mg/l	100%	71,11% (±0,19)	48,88% (±0,17)	35,55% (± 0,15)	20,44% (± 0,14)
5mg/l	100%	90,66% (±0,02)	83,55% (± 0,01)	71,11% (± 0,07)	53,33% (± 0,04)
7mg/l	100%	98,66% (± 0,00)	96% (± 0,01)	92,44% (± 0,03)	87,11% (± 0,04)
9mg/l	100%	97,77% (± 0,01)	95,11% (± 0,02)	88,88% (±0,03)	83,55% (± 0,04)

L'analyse des résultats obtenus montre qu'au niveau de la première série (animaux élevés à 2 mg/l), le taux de survie est égal à $20,44 \pm 0,14\%$ après 28 jours d'expérimentation. Pour les animaux élevés à 5 mg/l (série 2), le taux de survie à la fin de l'expérience est plus élevé ; il est égal à $53,33 \pm 0,04\%$. Concernant les animaux élevés à 7 mg/l (série3), le taux de survie est égal à $87,11 \pm 0,04\%$ après 28 jours d'élevage. Pour la quatrième série, (animaux élevés à 9 mg/l), le

taux de survie est égal à $83,55 \pm 0,04\%$ à la fin de l'expérience. D'après ces résultats, nous pouvons dire qu'une oxygénation de 7 mg/l donne le meilleur taux de survie ($87,11 \pm 0,04\%$). L'analyse statistique a montré qu'il existe un effet hautement significatif de l'oxygène dissous sur le taux de survie de l'*Artemia* (Tableau IX). Une corrélation positive a été trouvée entre l'oxygène dissous et le taux de survie ($r=+0,870$, $p=0,000$).

Tableau IX : Tableau d'analyse de la variance ANOVA à 1 facteur (taux de l'oxygène dissous)

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification (P)
Inter-groupes	43953,000	3	14651,000	41,475	,000
Intra-groupes	2826,000	8	353,250		
Total	46779,000	11			

DISCUSSION

Des études antérieures ont montré l'influence des facteurs environnementaux sur le cycle de vie ou la survie des populations d'*Artemia* (Vanhaeche et al., 1984 ; Wear et al., 1986 ; Triantaphyllidis et al., 1995 ; Browne et al., 2002 ; Abatzopoulos et al., 2003). La plupart de ces études ont traité l'effet de la température et de la salinité qui constituent les plus importants paramètres physico-chimiques affectant la survie des populations d'*Artemia*. Dans le présent travail traitant l'effet des trois facteurs abiotiques (température, salinité et oxygène dissous) sur la survie des populations d'*Artemia* en élevage a montré que ces facteurs ont un effet significatif avec différents degrés de corrélation. En effet, la température a affecté la survie de la population d'*Artemia* de façon significative pendant la période d'élevage ($p < 0.05$) et nous avons enregistré un pourcentage de survie important (84 à 88%) à une fourchette de température allant de 25-27°C. Yasemin et al., (2002) ont noté que la fourchette de température optimale pour un élevage d'*Artemia* de Turquie (Lac du Tuz) se situe entre 22 et 26°C. Au dessus de cette fourchette, la population d'*Artemia* de ce lac salé devient moins résistante et des mortalités apparaissent dès que la température atteint les 30 et 32°C. Ces résultats concordent avec les observations de Basbug et Demirkap (1997) et Basbug (1999) sur des populations d'*Artemia salina* du lac de Tuz en Turquie. Par ailleurs, des études réalisées par Barata et al., (1996) analysant l'effet de la température sur la survie de trois espèces d'*Artemia* bisexuée diploïdes (*A. salina*); une population d'*Artemia* parthénogénétique diploïde et une population tétraploïde parthénogénétique, ont montré que le taux de survie diminue chez les trois populations quand la température augmente. La population bisexuée tolère moins les fortes valeurs de température par rapport aux autres populations parthénogénétiques. Ceci peut être expliqué par la résistance à la température et les différences génétiques entre les espèces, ce qui est confirmé avec nos résultats chez les populations d'*A. salina* bisexuée. Les observations de Vanhaeche et al., (1984) ont confirmé que les espèces parthénogénétiques ont une grande tolérance à des fortes températures. Par ailleurs, Vanhaeche et al.,

(1984) ont prouvé que les populations d'*Artemia salina* et les populations d'*Artemia* parthénogénétiques originaires de plusieurs sites géographiques ne peuvent pas survivre à des températures $> 30^{\circ}\text{C}$ telles que les populations d'*Artemia franciscana*. Pour toutes les espèces étudiées par Vanhaeche et al., (1984), la température optimale donnant un taux de survie élevé d'*Artemia* se situe entre 20 et 25°C. Des expériences réalisées par Liying et al., (2012) utilisant deux espèces d'*Artemia* bisexuée (*A. franciscana*) de Vietnam (VCSFB) et des USA (baie de San Francisco : SFB) et une espèce d'*Artemia* autochtone parthénogénétique de la Chine (baie de Bohai: BHB) ont montré un taux de survie important à 25°C chez les trois espèces et un taux de survie faible à 14°C sauf chez l'espèce parthénogénétique originaire de la Chine qui a donné un taux de survie faible à 33°C. Ces résultats sont conformes aux nôtres. En général, à des fortes températures (25 et 33°C), le classement de survie chez les trois espèces est le suivant: VCSFB > SFB > BHB. Le taux de survie élevé obtenu à 25 et 33°C chez les espèces bisexuées montre la bonne adaptation de ces espèces à des fortes et moyennes températures. Ceci est en concordance avec Browne et al., (1988) et Browne et Halanich (1989) qui ont observé une grande tolérance à des marges de températures importantes ($> 32^{\circ}\text{C}$) chez *A. franciscana* que chez *A. parthenogenetica* (Liying et al., 2012). La survie des populations d'*Artemia* diminue généralement avec l'augmentation de la température et un manque d'aliment (Pedro et al., 2013). Ces mêmes auteurs ont étudié l'effet de la température sur trois espèces d'*Artemia* du Portugal (deux populations parthénogénétique de Rio Maior (RM) et Aveiro (AV) et une population bisexuée). Les populations d'*A. parthenogenetica* (RM et AV) ont présenté un faible taux de survie à 29 et 34°C respectivement contrairement à la population d'*A. franciscana* (bisexuée) qui tolère ces fortes températures (maximum de survie à 29°C et quelques individus à 34°C).

La salinité est un facteur important pour la présence des populations d'*Artemia* dans les milieux salés (Van stappen, 2002). Dans la présente étude, nous avons obtenu un taux de survie maximum de $62,22 \pm 0,23\%$ à une salinité égale à 37 psu. L'étude

statistique a montré un effet significatif ($p < 0,05$) de la salinité sur la survie de l'*Artemia* dans nos élevages. Triantaphyllidis et al., (1995) ont montré que la survie est affectée par la salinité et ils ont enregistré de grands taux de mortalités lorsque les nauplii sont directement transférés à des grandes salinités. Toutefois, quand la salinité augmente graduellement, les populations d'*Artemia* bisexuées ont une bonne adaptation (Ben Naceur et al., 2009). D'autres travaux réalisés par Pedro et al., (2013) sur trois espèces d'*Artemia* du Portugal (deux populations parthénogénétique de Rio Maior (RM) et Aveiro (AV) et une population bisexuée) ont prouvé que l'espèce *A. franciscana* a le plus faible taux de survie que l'espèce parthénogénétique (RM) à une salinité de 70 et 150 psu mais elle a le plus fort taux de survie à 110 psu. L'espèce parthénogénétique (AV) ne peut pas survivre et résiste moins à des fortes salinités. Généralement, la survie des trois espèces étudiées diminue significativement avec l'augmentation de la salinité (Pedro et al., 2013). L'espèce parthénogénétique de Rio maior (RM) est plus résistante à des fortes salinités. Ceci peut être expliqué par l'adaptation à des conditions locales particulièrement à des caractéristiques de l'eau de la saline (Pedro et al., 2013). Des études effectuées par El Bermawi et al., (2004) portant sur l'effet de différentes salinités sur la survie de quatre espèces d'*Artemia* de l'Egypte (Une bisexuée et trois parthénogénétiques), ont montré que la population bisexuée a un maximum de survie à 80 psu et ne peut pas survivre à une salinité comprise entre 150 et 200 psu après 17 jours d'élevage. Par contre, les populations parthénogénétiques tolèrent les salinités élevées et ont un important taux de survie à 150 et 200 psu. Ceci est en accord avec nos résultats illustrant une chute de taux de survie chez les populations bisexuées d'*A. salina* à 150 psu. Les résultats de El Bermawi et al., (2004) sont en accord avec ceux de Browne et Wanigasekera (1991) qui ont constaté que la survie des populations d'*Artemia parthenogenetica* originaire de l'Italie (Margherita di savoia) augmente à des intervalles de salinités entre 60 et 180 psu. Abatzopoulos et al., (2003) ont évalué la qualité d'*Artemia urmiana* de l'Iran (Günther) et ils ont déduit que la survie de cette espèce est plus importante à des fortes salinités en comparaison avec les quatre espèces d'*Artemia* d'Egypte testées par El Bermawi et al., (2004). Des expériences effectuées au laboratoire sur des espèces d'*Artemia* ont montré que la marge optimale de la salinité se situe entre 60 et 150 psu (Browne et al., 1991 ; Triantaphyllidis et al., 1995 ; Baxevanis et al., 2004). Une autre étude effectuée par Triantaphyllidis et al., (1995) sur deux populations d'*Artemia* bisexuée (USA) et parthénogénétique (Chine) a montré qu'avec

l'élévation de la salinité et après 23 jours d'élevage, la population provenant des USA a donné un taux de survie égal à 69,44% par contre il est de 14,54% chez la population de la Chine. Les études de Triantaphyllidis et al., (1995) ont montré que l'espèce parthénogénétique a présenté un taux de survie relativement faible à une salinité de 35 psu ($< 50\%$ après 23 jours d'élevage), ce qui confirme les observations de Vanhaeche et al., (1984). Browne et Wanigasekera., (1991) ont étudié l'effet de la salinité sur la survie de quatre espèces d'*Artemia* parthénogénétiques. Les résultats obtenus par ces auteurs ont montré qu'il n'existe pas de relation linéaire entre la mortalité et l'augmentation de la salinité (mortalité égale à 47% ; 14% et 27% à des salinités respectives de 60 psu ; 120 psu et 180 psu). Triantaphyllidis et al., (1995) ont enregistré une salinité optimale chez des espèces d'*Artemia parthenogenetica* de la Chine (Tanggu) entre 60 et 100 psu par contre les espèces bisexuées de San Francisco (USA) sont euryhalines reflétant les résultats de Browne et Wanigasekera (1991). Mais à une salinité de 60 psu à 25°C ; Triantaphyllidis et al., (1995) ont noté un taux de survie égal à 70-80% chez la population de Sain Francisco tandis que les résultats de Browne et Wanigasekera (2000) ont montré un taux de survie égal à 16%. Vanahaechke et al., (1984) utilisant les mêmes conditions d'élevage avec une aération constante ont montré un grand taux de survie d'*A. sinica* et *A. salina* à 60 psu.

Concernant l'effet de l'oxygène dissous, peu d'informations sont disponibles dans la littérature. Varo et al., (1998) ont étudié l'effet de la tension d'oxygène sur le taux de consommation d'oxygène chez trois espèces d'*Artemia* autochtones d'Espagne (*A. salina* bisexuée d'Alicante (B); *A. parthenogenetica* tétraploïde de Tarragona (PT) et *A. parthenogenetica* diploïde d'Alicante (PD)). Leurs résultats ont montré que toutes les espèces testées sont capables de maintenir un taux de consommation d'oxygène constant dans un intervalle large de tension d'oxygène. Cette capacité diminue avec l'augmentation de la température. Une augmentation de la température de 15 à 35°C a un effet significatif sur le taux de consommation d'oxygène chez les adultes des trois espèces étudiés. Cet effet est moins significatif chez les espèces (PT) qui ont donné un taux de consommation d'oxygène faible à toutes les températures sauf à 30°C. Les différences de consommation d'oxygène entre les espèces diploïdes (B et PD) et parthénogénétiques tétraploïdes sont attribuées aux différences génétiques entre les espèces d'*Artemia* (Abreu- Gorbois 1987). Les populations parthénogénétiques polyploïdes ont une meilleure adaptation et survie aux conditions extrêmes par rapport aux populations bisexuées diploïdes

(Lynch 1984 ; Metalli et *al.*, 1972). Ceci confirme les résultats obtenus par Zhang et King (1993) qui ont trouvé une corrélation positive entre la ploïdie et la résistance au stress environnemental chez l'*Artemia*. La polyplôidie semble jouer un rôle de protection contre le stress provoqué par les conditions extrêmes (Zhang et King, 1993). En effet, les expériences effectuées au laboratoire traitant les populations d'*Artemia* ont montré un taux de survie important chez les populations d'*Artemia* polyplôïdes par contre il est faible chez les populations d'*Artemia* diploïdes après une courte exposition aux chocs environnementaux (Zhang et Lefcort, 1991).

Conclusion

En conclusion de la présente étude, nous pouvons dire que la fourchette thermique optimale se situe entre 25 et 27°C, que la salinité optimale permettant l'élevage de l'*Artemia* est de 37 psu. Aussi, pour conduire un élevage d'*Artemia* au laboratoire, une oxygénation de l'ordre de 7 mg/l est recommandée. D'autres études pourraient être effectuées notamment sur la qualité d'aliment et sur l'effet de la lumière afin d'avoir une idée plus claire sur leurs effets.

BIBLIOGRAPHIE

- Abatzopoulos, T.J., El- Bermawi N., Vasdekis C., Baxeavanis A.D et Sorgeloos P., 2003.- Effect of salinity and temperature on reproductive and life span characteristics of clonal *Artemia* (International study on *Artemia*. LXVI). *Hydrobiologia*. 492, 191-199 p.
- Abreu- Gorbois, F.A., 1987. - A review of the genetic of *Artemia*. *Artemia Research and its Applications*. Vol. 1. *Morphology, Genetics, Strain characterization, Toxicology*. Eds. Sorgeloos. P., D.A. Bengtson, W. Declair, E. Jaspers. Universa Press, Wetteren, (Belgium), 61-99.
- Abreu- Gorbois, F.A et Beardmore, J.A., 1982.- Genetic differentiation and speciation in the brine shrimp *Artemia*. In: C. Barigozzi and R. Alan. *Mechanisms of Speciation*. Liss New York, 345-376 p.
- Aloui N., 2003. - Bio-écologie de l'*Artémia* : *Artemia tunisiana* (Branchiopodes, Anostracés) et optimisation des conditions de sa production en Tunisie. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Tunis El Manar. Faculté des sciences de Tunis: 300 p.
- Aloui, N., 2013. - Etude comparative de la valeur nutritionnelle des cysts de deux souches d'*Artemia* sur des larves de *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) en élevage: Performance de croissance et survie. *Crustaceana* 86.1, 56-66 p.
- Amarouayache, M., Derbel, F et Kara, M.H., 2009a. - Biological data on *Artemia salina* (Branchiopoda, Anostraca) from chott merrouane (northeast Algeria). *Crustacean*. 82.8, 997-1005 p.
- Amarouayache, M., Derbel, F et Kara, M.H., 2009b. - The parasitism of *flamingolepis liguloides* (Gervais, 1847) (Cestoda, Hymenolepididae) in *Artemia salina* (crustacea, Branchiopoda) in two saline lakes in Algeria. *Acta Parasitologica*. 54.4, 330-334 p.
- Amarouayache, M., Derbel, F et Kara, M.H., 2010. - Caractéristiques écologiques et biologiques d'*Artemia* sp. de la sebkha Ez-zemoul, Algérie nord-est (Anostracé). *Rev.Ecol.terre vie*. 65, 13-22 p.
- Barata, C., 1994. - Caracterización ecológica de las poblaciones españolas de *Artemia*: Estrategias reproductivas y competencia. Instituto de Acuicultura de Tone de la sal. Consejo superior de Investigaciones científicas. Castellón. Valencia, Spain.
- Barata, C., Hontoria, F., Amat, F et Browne, R., 1996. - Competition between sexual and parthenogenetic *Artemia*: temperature and strain effects. *J.Exp.Mar.Biol.Ecol*. 196, 313-328 p.
- Barnabé, G., 1984. - Utilisation de plankton collecté pour l'élevage de masse de poissons marins. In: G. Barnabé et R. Billard. *L'aquaculture du bar et des sparidés*. INRA. Publ. Paris, 185-207p.
- Basbug, Y., 1999. - Some biological characteristics of *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) in Tuz lake. Turkish. *J. Zool*. 23.2, 617-624 p.
- Basbug, Y et Demirkalp, F.Y., 1997. - A note on the brine shrimp *Artemia* in Tuz Lake (Turkey). *Hydrobiologia*. 353, 45-51 p.
- Baxeavanis, A.D., El-Bermawi N., Abatzopoulos, T.J et Sorgeloos, P., 2004. - Salinity effects on maturation, reproductive and life span characteristics of four Egyptian *Artemia* populations (International Study on *Artemia*. LXVIII) *Hydrobiologia* .513, 87-100 p.
- Ben Naceur, H., Ben rejeb Jenhani, A et Romdhane, M.S., 2008. - Valorisation de l'*Artemia* (Crustacea ; Branchiopoda) de la saline de sahline (Sahel Tunisien). *Bull.Soc.zool.Fr*. 133.1-3, 185-192 p.
- Ben Naceur, H., Ben rejeb Jenhani, A et Romdhane, M.S., 2009. - Ecological survey of the brine shrimp *Artemia salina* from Sabkhet El Adhibet (South-east Tunisia). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 89.6, 1109-1116 p.
- Browne, R., 1988. - Ecological and genetic divergence of sexual and asexual brine shrimp

- (*Artemia*) from the Mediterranean basin. *Nat.Geo. Res.* 4, 548–554 p.
- Browne, R.A. et Bowen, S., 1991. - Taxonomy and population genetics of *Artemia*. In: R.A. Browne, P. Sorgeloos and C.N.A. Trotman. *Artemia biology*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 9, 221-235 p.
- Browne, R.A. et Halanych, K.M., 1989. Competition between sexual and parthenogenetic *Artemia*: a re-evaluation (Branchiopoda, Anostraca). *Crustaceana*. 57, 57-71 p.
- Browne, R.A., Davis, L.E. et Sallee, S.E., 1988. - Effects of temperature and relative fitness of sexual and asexual brine shrimp *Artemia*. *J.Exp.Mar.Biol.Ecol.* 124, 1-20 p.
- Browne, R.A., Li, M., Wanigasekera, G., Simonek, S., Brownlee, D., Eiband, G. et Cowan, J., 1991. - Ecological, physiological and genetic divergence of sexual and asexual (diploid and polyploid) brine shrimp (*Artemia*). Vol.1. *Advances in Ecology*. Ed. Menon, J. Council of Research Integration. Trivandrum, India, 41-52 p.
- Browne, R.A., Moller, V., Forbes, V.E. et Depledge, M.H., 2002. - Estimating genetic and environmental components of variance using sexual and clonal *Artemia*. *J.Exp.Mar.Biol., Ecol.* 267, 107-119 p.
- Divanach, P. et Kentouri, M., 1984. - Sur les possibilités de production de juvéniles de poissons marins par la filière extensive dans le Languedoc. Influence de l'époque et des conditions climatiques. In: G. Barnabe et R. Billard. *L'aquaculture du bar et des sparidés*. INRA. publ, Paris, 175-184 p.
- EI-Bermawi, N., Athanasios, D., Baxevanis, A.D., Theodore, J., Abatzopoulos, T.J., Van Stappen, G. et Sorgeloos, P., 2004. - Salinity effects on survival, growth and morphometry of four Egyptian *Artemia* populations (International Study on *Artemia*. LXVII). *Hydrobiologia*. 523, 175-188 p.
- Gatesoupe, F.J., Robin, J.H., Lemilinaire, C. et Lebeuge, E., 1984. - Amélioration de valeur nutritive des filtreurs- proies par leur alimentation composée. In: G. Barnabe et R. Billard. *L'aquaculture du bar et des sparidés*. INRA. publ, Paris, 209-222 p.
- Gauthier, H., 1928. - Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Alger: Imp. *Minerva*. 419p., 2pl. h. t., 1 carte dépl.
- Girin, M. et Person-le-Ruet, J., 1977. - L'élevage larvaire des poissons marins: chaînes alimentaires et aliments composés. *Bull.Fr.Pisc.* 264, 88-101 p.
- Haddag, M., 1991. - Contribution à l'étude d'une souche d'*Artemia (Artemia tunisiana)* endémique aux eaux de la saline d'Arzew, Algérie. Thèse de magister en sciences biologiques, option: aquaculture. Institut des sciences de la mer et de l'aménagement de littoral (ISMAL), Alger, Algérie. 68 p.
- Iizawa, M., 1984. - Corrélation entre la densité de proies et la quantité consommée par les larves du loup: *Dicentrarchus labrax* (L.). In: G. Barnabe et R. Billard. *L'aquaculture du bar et des sparidés*. INRA. publ, Paris, 161-173 p.
- Kara, M. H., Bengraïne, K.A., Derbel, F., Chaoui, L. et Amarouayache, M., 2004. - Quality evaluation of new strain of *Artemia* from chott merrouane. *Aquaculture*. 235, 361-369 p.
- Kestemont, P., Xueliang, X., Hamza, N., Maboudou, J. et Imorou, T. I., 2007. - Effect of weaning age and diet on pikeperch larviculture. *Aquaculture*. 264, 197-204 p.
- Liyang, S., Qiang, Z., Jing, W., Hua, H., Sorgeloos, P. et Gilbert, V., 2012. - High-temperature adapted *Artemia franciscana* (Kellogg, 1906) from Vietnam is a suitable strain for inoculation in temperature conditions of Bohai bay saltworks, China. *Crustaceana*. 85.14, 1709-1723 p.
- Lynch, M., 1984. - Destabilizing hybridization, general-purpose genotypes and geographic parthenogenesis. *Q. Rev. Biol.* 59, 257-290 p.
- Mani-Ponset, L., Diaz, J.P., Schlumberger, O. et Connes, R., 1994. - Development of yolk complex. Liver and anterior intestine in pikeperch larvae *Stizostedion lucioperca* (Percidae), according to the first diet during rearing. *Aquatic Living Resources*. 7, 191-202 p.
- Metalli, P. et Ballard, E., 1978. - Radiobiology of *Artemia*: radiation effects and ploidy. *Curr. Top. Rad. Res.Q.* 2, 181-240 p.
- Mhetli, M., 2001. Le sander *Stizostedion Lucioperca* (Linnaeus, 1758) (Téléostéen Percidae) poisson allochtone: étude biologique et essai d'optimisation des critères de l'élevage Thèse de Doctorat. Université de Tunis. Faculté des sciences de Tunis: 1-170 p.
- Pedro, M.P., Bio, A., Hontoria, F., Almeida, Vet Vieira, N., 2013. - Portuguese native *Artemia parthenogenetica* and *Artemia franciscana* survival under different abiotic conditions. *J.Exp.Mar.Biol., Ecol.* 440, 81-89 p.
- Persoone, G. et Sorgeloos, P., 1980. - General aspects of ecology and biogeography of *Artemia*. vol.3. *The brine shrimp Artemia: ecology, culturing, use in aquaculture*. Eds. Persoone, G., P. Sorgeloos, O.A. Roels, E. Jaspers. Universa Press, Wetteren, (Belgium), 3-24.

- Szkudlarek, M et Zakes, Z., 2007. - Effect of stocking density on survival and growth performance of pikeperch. *Sander Lucioperca* (L.), larvae under intensive culture conditions. *Aquaculture Research*. 27, 841-845 p.
- Schlumberger, O et Proteau, P., 1996. - Reproduction of pike-perch (*Stizostedion Lucioperca*) in captivity. *Journal of applied ichthyology*. 12, 149-152 p.
- Sorgeloos, P., 1978. - The culture and use of brine shrimp *Artemia salina* as food for hatchery raised larval prawns. Shrimp and fish in south East Asia. *FAO report THA/75/008/78/WP3*, 1-50 p.
- Sorgeloos, P., 1980. - The use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture. Vol.3. *The brine shrimp Artemia: ecology, culturing, use in aquaculture*. Eds. Persoone, G., P. Sorgeloos, O.A. Roels, E. Jaspers (eds). Universa Press, Wetteren, (Belgium), 1-456.
- Sorgeloos, P., 1981a. - Live animal food for larval rearing in aquaculture: the brine shrimp *Artemia*. (Review paper presented at the world conference *Artemia* cysts. *Aquaculture*, Venise Italy, 21-25 sept. 1981).
- Sorgeloos, P., 1981b. - Availability of reference *Artemia* cysts. *Aquaculture*. 23, 381-382 p.
- Theodore, J.A., Athanasios, D.B., Triantaphyllidis, G.V., Criel, G., Pador, L.E., Van Stappen, G et Sorgeloos, P., 2006. - Quality evaluation of *Artemia urmiana* Gunther (Urmia Lake, Iran) with special emphasis on its particular cyst characteristics (International Study on *Artemia* LXIX). *Aquaculture*. 254, 442-454 p.
- Triantaphyllidis, G., Pouloupoulou, K., Abatzopoulos, T.J., Pérez, C.A.P. et Sorgeloos, P., 1995. - Salinity effect on survival, maturity, growth, biometrics, reproductive and lifespan characteristics of a bisexual and parthenogenetic population of *Artemia* (International study on *Artemia* XLIX). *Hydrobiologia*. 302, 215- 227 p.
- Triantaphyllidis, G., Abatzopoulos, T et Sorgeloos, P., 1998. - Review of the biogeography of the genus *Artemia* (Crustacea ,Anostraca). *J. Biogeogr.* 25 (2), 213-226 p.
- Van Stappen, G., 2002. - Zoogeography. *Artemia*: basic and applied biology. In: T.J. Abatzopoulos, J.A. Beardmore, J.S. Clegg and P. Sorgeloos. Netherlands/Dordrecht: *Kluwer Academic publishing*. 171-215 p.
- Varo, I., Taylor, A.C., Navarro, J.C et Amat, F., 1991. - Effects of temperature and oxygen tension on oxygen consumption rates of nauplii of different *Artemia* starins. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 76, 25-31 p.
- Varo, I., Taylor, A.C et Amat, F., 1998. - The effects of temperature and oxygen tension (P_{O_2}) on the oxygen consumption rates of adults of different *Artemia* starins. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A* 120, 385-390 p.
- Varo, I., Taylor, A.C et Amat, F., 1993. - Comparative study of the effects of temperature, salinity and oxygen tension on the rates of oxygen consumption of nauplii of different strain of *Artemia*. *Mar. Biol.* 117, 623-628 p.
- Vanhaecke, P., Siddall, S.E et Sorgeloos, P., 1984. - Combined effects of temperature and salinity on the survival of *Artemia* of various geographical origin. (International study on *Artemia*, XXXII). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 80, 259-275 p.
- Wear, R.G., Haslett, S.J et Alexander, N.L., 1986. - Effect of temperature and salinity on the biology of *Artemia franciscana* (Kellogg) from lake Grassmere, New Zealand. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 98, 167-183 p.
- Wear, R et Haslett, S., 1986. - Effects of temperature and salinity on the biology of *Artemia franciscana* (Kellogg) from Lake Grassmere, New Zealand. 1. Growth and mortality. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 98, 153-166 p.
- Williams, D.W., 2000. - Dryland lakes. Lakes and reservoirs: *Research and management*. 5, 207-212 p.
- Yasemin, B.S et Demirkılap, F.Y., 2002. - Effects of temperature on survival and growth of *Artemia* from Tuz lake, Turkey. *The Israeli Journal of Aquaculture- Bamidgeh*. 54(3), 125-133 p.
- Zakes, Z et Demska-Zakes, K., 1996. - Effects of diet on growth and reproductive development of juvenile pikeperch, *Stizostedion Lucioperca* (L.), reared under intensive culture conditions. *Aquaculture Research*. 27.11, 841-845 p.
- Zhang, L et King, C. E., 1993. - Life history divergence of symmetric diploid and ploid populations of brine *Artemia parthenogenetica*. *Oecologia*. 93, 177-182 p.
- Zhang, L et Lefcort, H., 1991. - The effects of ploidy level on the thermal distributions of brine shrimp *Artemia* parthenogenetic and its ecological implications. *Heredity*. 66, 445-452 p.