

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire.
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.



THESE DE DOCTORAT

Domaine : Science de la nature et de la vie

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Exploitation des ressources ichthyologiques

Option : Aquaculture et Biotechnologie marine

Réalisée par

CHABET DIS Chalabia

Evaluation des ressources d'artémie (Branchiopode) dans la partie ouest et sud-ouest de l'Algérie, une ressource alimentaire pour les poissons d'élevage.

Soutenu devant le jury composé de :

BOULAHIDID Mostefa	Professeur	ENSSMAL	Président
AMAROUAYACHE Mounia	Professeur	Université BM Annaba	Examinatrice
ARAB Abdeslam	Professeur	USTHB	Examineur
KACHER Mohammed	Professeur	ENSSMAL	Examineur
SEMROUD Rachid	Professeur	ENSSMAL	Examineur
LOURGUIOUI Hichem	MCB	ENSSMAL	Invité
REFES Wahid	Professeur	ENSSMAL	Directeur de thèse

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire.
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.



THESE DE DOCTORAT

Domaine : Science de la nature et de la vie

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Exploitation des ressources ichthyologiques

Option : Aquaculture et Biotechnologie marine

Réalisée par

CHABET DIS Chalabia

Evaluation des ressources d'artémie (Branchiopode) dans la partie ouest et sud-ouest de l'Algérie, une ressource alimentaire pour les poissons d'élevage.

Soutenu devant le jury composé de :

BOULAHDID Mostefa	Professeur	ENSSMAL	Président
AMAROUAYACHE Mounia	Professeur	Université BM Annaba	Examinatrice
ARAB Abdeslam	Professeur	USTHB	Examinateur
KACHER Mohammed	Professeur	ENSSMAL	Examinateur
SEMROUD Rachid	Professeur	ENSSMAL	Examinateur
LOURGUIOUI Hichem	MCB	ENSSMAL	Invité
REFES Wahid	Professeur	ENSSMAL	Directeur de thèse

REMERCIEMENTS

« Tout seul, on va plus vite. Ensemble, on va plus loin » - Proverbe Africain

En recherche, je suis convaincue que l'on a toujours besoin des autres pour mieux avancer. A l'issue de la rédaction de ce travail, lorsque je me retourne sur ces années de doctorat, je réalise alors à quel point celles-ci auraient été différentes sans la présence d'un grand nombre de personnes. Ces personnes m'ont permis de progresser dans cette période d'apprentissage, tant sur le plan scientifique que personnel.

En premier lieu, je tiens à remercier mon Directeur de thèse Refes Wahid pour la confiance qu'il m'a accordée en me permettant de travailler de ne m'avoir jamais bridé dans mes travaux. J'ai apprécié sa grande disponibilité, que ce soit dans le cadre de sortie sur terrains, travail au laboratoire, discussions scientifiques étayées ou par le biais de son efficacité lors de la relecture des documents écrits. Merci Monsieur Refes pour votre rigueur de travail et votre accompagnement tout au long de ma thèse.

Je remercie vivement MM. Amarouayache Mounia, M. Kacher Mohammed, M. Arab Abdeslam, M. Semroud Rachid et M. Lourguioui Hichem, et qui ont accepté de juger ce travail. Ce fut non seulement un honneur mais aussi une joie pour moi de les avoir dans le jury. Je remercie également chaleureusement Boulahdid Mostefa d'avoir accepté de se joindre à eux pour présider mon jury de thèse. Merci pour vos conseils, vos critiques et vos nombreux encouragements.

J'ai eu la chance, durant ma thèse, d'effectuer un séjour de 45 jours en Espagne, à l'institut de l'aquaculture Torre de la Sal (IATS) qui a été l'occasion pour moi de travailler sur la dynamique des populations et le profil des acides gras avec l'aide de Juan Carlos Navarro que je voudrais remercier régalement. Thank you for your advices, your kindness and your great availability.

De nombreux collaborateurs ont participé à la réalisation de ce travail. Ces quelques mots sont là pour leur exprimer ma gratitude.

A l'institut de l'aquaculture Torre de la Sal (IATS), j'ai travaillé avec Inmaculada Varó, Francisco Hontoria et Francisco Amat. Ces collaborations ont non seulement été fructueuses mais agréables et sous le signe de la bonne humeur et du sourire. Merci à vous tous.

J'adresse également un grand merci à Messieurs Ghazali Mohamed, avec qui j'ai commencé à travailler au CNRDPA, Flitti Khaled, Kacher Mohamed avec qui j'ai partagé des discussions scientifiques très enrichissantes. Merci pour vos soutiens et vos conseils avisés. Un grand merci de m'avoir appris que la volonté est la seule condition indispensable à la réalisation d'un travail.

Parce qu'un chercheur n'est rien sans son environnement de travail, matériel mais surtout humain, je veux également remercier les très nombreuses personnes qui, en faisant partie de mon environnement professionnel, ont participé de près ou de loin à ma thèse Nadia Refes, Bahri Nabila, Youcef Matouk. Merci aux collègues du CNRDPA : Mennad Moussa, Chebaani Nadjwa, Boukaleche Boualam, Guenachi Belkacem, Boucena Mohamed Amine, Dilmi Amar et Ferhane Djamila pour votre bonne humeur et la bonne ambiance qui règne au quotidien au CNRDPA. A Madame Meslem, Madame Aissou, Madame Refes Nadia, Mustapha, l'équipe du laboratoire et l'équipe de la bibliothèque de l'ENSSMAL pour leur aide, leur soutien et la bonne humeur. Merci aussi à l'équipe de production de l'ENASEL de Béthioua (Kamal, ...). Et à tous les autres ...

Je désire également remercier des personnages hauts en couleur sans qui rien n'aurait pu réellement vivre : Fatiha et Naima, mes sœurs pour m'avoir permis de vivre l'aventure. Je pense également à mon frère Mellah Badre Eddine et mes neveux Mohamed Abed El-illah, Abd El-moumen, Abd El-raheman, Mojib Erahman et Meriem qui m'accueillent toujours aussi gentiment et qui manifestent beaucoup de curiosité à l'égard de mes cystes d'Artémia ... je vous dois à tous beaucoup.

Merci à ma belle famille pour tout ce qu'ils sont et font. Mon beau Papa : Ali, l'homme sage, calme et digne, ma belle Maman : Dalila, mes beaux frères : Chakib, Rami, Anis, ma belle sœur Amina et sa fille Meriem, toujours disponibles.

Je remercie particulièrement Itchir Rachida, Lounas Rayhane, Didani Amira, Ben Smail Samia et Ferehani Khadra mes amies qui m'ont été d'une aide et d'un soutien inestimable et sans la quelle cette thèse ne serait pas ce qu'elle est aujourd'hui. Je les souhaite bonne chance et bonne courage pour les études et le travail.

A mes meilleures amies du monde, mes filles Tasnim Maram Mokkedem et Miral Mokkedem : un grand merci de m'avoir fait rire, d'avoir partagé des moments forts, d'avoir été d'accord avec moi, de ne pas avoir été d'accord avec moi, d'avoir fait la fête, d'avoir insisté pour avoir de mes sourires, de m'avoir fait découvrir vos passions, d'avoir partagé les miennes, d'avoir mis de la couleur, de m'avoir donné de l'énergie, de m'avoir supportée dans les bons comme dans les pires moments, d'avoir partagé mon quotidien.

Cette thèse est dédiée spécialement à la mémoire de mes parents qui m'ont inoculé la passion de suivre mes rêves et mes souhaits et qui m'ont toujours soutenu et encouragé dans mes choix, pour leurs encouragements et leur soutien infailible tout au long de ma vie. Merci d'avoir toujours eu confiance en moi et de m'avoir offert tout ce qui faut pour réussir dans la vie.

Enfin, ma pensée va vers mon mari Ibrahim, qui partage mon quotidien depuis l'année 2006, et qui a financé mon stage à l'Espagne, qui m'a soutenu, encouragé, rassuré et supporté le long de cette thèse. Je vais avoir toute une vie pour te montrer ma gratitude...

Liste des figures

Figure 1. Schéma des adultes : mâles et femelles de l'Artémia.	08
Figure 2. Tête d'un mâle d' <i>Artemia</i> adulte.	09
Figure 3. Tête d'une femelle d' <i>Artemia</i> adulte	09
Figure 4. Antenne et antennule.	09
Figure 5. Femelle adulte vue latérale.	10
Figure 6. Thoracopode vue dorsale.	10
Figure 7. Variabilité de la morphologie de la furca en relation avec la salinité de l'habitat.	11
Figure 8. Nauplius d' <i>Artemia</i> Instar I après éclosion et Embryon au stade «parapluie».	12
Figure 9. Forme de cyste.	13
Figure 10. <i>Artemia</i> sp. Différents aspects des hémipénis.	14
Figure 11. Appareil reproducteur de la femelle et du mâle.	15
Figure 12. Couple d'Artémia en position d'accouplement.	16
Figure 13. Processus de l'ovogenèse.	17
Figure 14. Répartition géographique de l'Artémia en Europe, en Afrique, en Asie et en Australie.	18
Figure 15. Répartition géographique de l'Artémia en Amérique.	19
Figure 16. Diagramme schématique du mouvement des thoracopodes.	22
Figure 17. Influence du pH du milieu d'incubation sur l'activité enzymatique des embryons d'Artémia.	26
Figure 18. Cycle biologique de l'Artémia.	28
Figure 19. Déroulement de l'éclosion.	28
Figure 20. Phases de développement du nauplii d'Artémia et schéma de la morphologie du pré-nauplius et du nauplius.	30
Figure 21. Structure d'un acide gras.	31
Figure 22. Prélèvements au niveau de la sebkha de Béthioua.	41
Figure 23. Prélèvements au niveau du Chott Ech chergui (partie 1).	42
Figure 24. Prélèvements au niveau du chott Ech chergui (partie 2).	42
Figure 25. Prélèvements au niveau de la sebkha de Kenadsa.	43
Figure 26. Prélèvements au niveau de la sebkha d'El Melah.	43
Figure 27. Prélèvements au niveau de la sebkha de Tamantit.	44

Figure 28. Prélèvements au niveau de la sebkha de Timimoune.	44
Figure 29. Les biotopes étudiés.	45
Figure 30. Localisation des zones d'échantillonnage des populations d'Artémia étudiées.	56
Figure 31. Cystes non traités.	58
Figure 32. Cystes décapsulés.	59
Figure 33. Cystes hydratés.	59
Figure 34. Elevage du phytoplancton au niveau de l'IATS /CSIC.	61
Figure 35. Incubation des cystes d'Artémia au niveau de l'IATS /CSIC.	63
Figure 36. Séparation des nauplii des cystes à l'aide de la lumière.	63
Figure 37. Elevage d'Artémia u niveau de l'IATS /CSIC.	64
Figure 38. Nauplius d'Artémia.	65
Figure 39. Courbe d'étalonnage des nitrites.	66
Figure 40. Courbe d'étalonnage de l'ammonium.	66
Figure 41. Courbe d'étalonnage des orthophosphates.	68
Figure 42. Morphologie de l'utérus.	71
Figure 43. Morphologie de la tête.	71
Figure 44. Morphologie de la fourche caudale.	72
Figure 45. Tête du male d'Artémia montrant les différences entre les lobes frontaux chez différentes espèces.	72
Figure 46. Les différentes mensurations étudiées.	74
Figure 47. Concentrations de nitrite dans l'eau d'élevage chez les trois populations d'Artémia étudiées.	84
Figure 48. Concentrations de phosphate dans l'eau d'élevage chez les trois populations d'Artémia étudiées.	85
Figure 49. Concentrations d'ammonium dans l'eau d'élevage chez les trois populations d'Artémia étudiées.	85
Figure 50. Morphologie de l'utérus chez les populations de Timimoune et d'El Melah.	86
Figure 51 . Morphologie de l'utérus chez la population de Béthioua	86
Figure 52. Morphologie de la fourche caudale chez la population d'El Melah	87
Figure 53. Morphologie de la fourche caudale chez la population de Timimoune	87
Figure 54. Morphologie de la fourche caudale chez la population de Béthioua	88

Figure 55. Morphologie de la tête des mâles et des femelles des populations bisexuelles étudiées	88
Figure 56. Morphologie de la tête de la femelle de la population de Béthioua	89
Figure 57. Moyennes des paramètres morphométriques des individus mâles et femelles des populations d'Artémia étudiées	89
Figure 58. Moyennes des paramètres morphométriques des individus mâles et femelles de la population d'Artemia de Timimoune.	90
Figure 59. Diagramme des valeurs propres des variables morphométriques de la population de Timimoune.	91
Figure 60. Cercle de corrélation des variables morphométriques de la population de Timimoune issue de l'ACP.	93
Figure 61. Variations du coefficient d'allométrie chez la population de Timimoune.	95
Figure 62. Moyennes des variables morphométriques des individus mâles et femelles de la population d'Artémia d'El Melah.	96
Figure 63. Diagramme des valeurs propres de paramètres morphométriques de la population d'El Melah.	97
Figure 64. Cercle de corrélation des variables morphométriques de la population d'El Melah issue de l'ACP.	99
Figure 65. Variations du coefficient d'allométrie chez la population d'El Melah.	101
Figure 66. Les moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les femelles adultes de la population d'Artémia de Béthioua (élevage).	102
Figure 67. Diagramme des valeurs propres des paramètres morphométriques des femelles de la population parthénogénétique de Béthioua (élevage).	103
Figure 68. Cercle de corrélation des variables morphométriques de la population parthénogénétique d'élevage de Béthioua issue de l'ACP.	105
Figure 69. Variations du coefficient d'allométrie chez la population d'élevage de Béthioua.	107
Figure 70. Les moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les femelles adultes de population sauvage d'Artemia de Béthioua.	107
Figure 71. Diagramme des valeurs propres des paramètres morphométriques des femelles de la population sauvage de Béthioua.	108
Figure 72. Cercle de corrélation des variables morphométriques de la population sauvage de Béthioua issue de l'ACP.	109

Figure 73. Variations du coefficient d'allométrie chez la population de Béthioua (sauvage).	111
Figure 74. Diagramme des valeurs propres des paramètres morphométriques des populations bisexuelles.	112
Figure 75. Cercle de corrélation des variables morphométriques des populations bisexuelles (Timimoune et El Melah) issues de l'ACP.	114
Figure 76. Plan factoriel de l'ACP des individus mâles et femelles des populations de Timimoune et d'El Melah.	115
Figure 77. Diagramme des valeurs propres des paramètres morphométriques des populations d'élevage et sauvage de Béthioua.	116
Figure 78. Cercle de corrélation des variables morphométriques des populations parthénogénétiques de Béthioua (élevage et sauvage) issues de l'ACP.	118
Figure 79. Plan factoriel de l'ACP des individus femelles des populations parthénogénétiques de Béthioua (élevage et sauvage).	119
Figure 80. Courbes de survie (en %) des individus d'Artémia des trois populations étudiées en fonction de salinité.	120
Figure 81. Croissance exprimée en longueur totale des populations d'Artémia algériennes étudiées.	121
Figure 82. Diagramme des valeurs propres des caractéristiques de reproduction des trois populations étudiées.	124
Figure 83. Cercle de corrélation des variables de reproduction des trois populations étudiées issues de l'ACP.	125
Figure 84. Plan factoriel de l'ACP des caractéristiques de reproduction des trois populations étudiées.	126
Figure 85. Lipides totaux contenus (mg/g du poids sec) dans les échantillons de cystes d' <i>Artemia</i> .	127
Figure 86. Diagramme des valeurs propres pour les acides gras.	130
Figure 87. Cercle de corrélation des acides gras des différentes populations algériennes issues de l'ACP.	131
Figure 88. Plan factoriel de l'ACP des acides gras des différentes populations d'artémies algériennes étudiées comparées aux populations étudiées par Ghomari (2013).	132
Figure 89. Concentrations des paramètres physico-chimiques de l'eau de la sebkha de	

Béthioua pour la période humide (Février, Mars et Avril 2018).	134
Figure 90. Concentrations des pigments de l'eau de la sebkha de Béthioua pour la période humide (Février, Mars et Avril 2018).	134
Figure 91. Sebkha de Béthioua en mois d'Avril 2018.	135
Figure 92. Abondance des différents groupes de phytoplancton.	135
Figure 93. Diagramme des valeurs propres pour les paramètres du milieu sauvage de la saline de Béthioua.	136
Figure 94. Plan factoriel de l'ACP pour les paramètres environnementaux, les groupes de phytoplancton et le mois de prélèvement.	138
Figure 95. Histogramme représentatif des épaisseurs du chorion des différentes populations algériennes d'Artémia.	141
Figure 96. Histogramme représentatif des efficacités d'éclosion des différentes populations d'Artémia.	145
Figure 97. Dendrogramme des similarités des caractères morphométriques entre les populations algériennes d'Artémia basées sur la méthode de Ward.	149
Figure 98. Dendrogramme des similarités des caractères morphométriques entre les populations d'Artémia du bassin méditerranéen basées sur la méthode de Ward.	150
Figure 99. Température et précipitation moyenne de la région de Béthioua durant 30 ans (du 1990 au 2020).	154
Figure 100. Température et précipitation moyenne de la région de Timimoune durant 30 ans (du 1990 au 2020).	154
Figure 101. Température et précipitation moyenne de la région de Kerzaz durant 30 ans (du 1990 au 2020).	155
Figure 102. Taux de survie des différentes populations d'Artémia.	157
Figure 103. Histogramme représentatif des paramètres de reproductions des différentes populations d'Artémia.	159
Figure 104. Lipides totaux contenus (% du poids sec) dans différentes populations d'Artémia.	161
Figure-A-1-105. Droites de régression de la longueur totale, la longueur de l'abdomen, la largeur de l'utérus, la largeur du 3 ^{ème} segment de l'abdomen, la largeur de la tête, la longueur de la fourche caudale, la distance entre les yeux, le diamètre de l'œil et la longueur de l'antennule de la population femelle d'Artémia de Timimoune.	Annexe 1

- Figure-A-1-106. Droites de régression de la longueur totale, la longueur de l'abdomen, la largeur du segment génital, la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen, la largeur de la tête, la longueur de la fourche caudale, la distance entre les yeux, le diamètre de l'œil et la longueur de l'antennule de la population mâle d'Artémia de Timimoune. Annexe 1
- Figure-A-1-107. Droites de régression de la longueur totale, la longueur de l'abdomen, la largeur de l'utérus, la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen, la largeur de la tête, la longueur de la fourche caudale, la distance entre les yeux, le diamètre de l'œil et la longueur de l'antennule de la population femelle d'El Melah. Annexe 1
- Figure-A-1-108. Droites de régression de la longueur totale, la longueur de l'abdomen, la largeur du segment génital, la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen, la largeur de la tête, la longueur de la fourche caudale, la distance entre les yeux, le diamètre de l'œil et la longueur de l'antennule de la population mâle d'El Melah. Annexe 1
- Figure-A-1-109. Droites de régression de la longueur totale, la longueur de l'abdomen, la largeur de l'utérus, la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen, la largeur de la tête, la longueur de la fourche caudale, la distance entre les yeux, le diamètre de l'œil et la longueur de l'antennule de la population d'élevage d'Artémia de Béthioua. Annexe 1
- Figure-A-1-110. Droites de régression de la longueur totale, la longueur de l'abdomen, la largeur de l'utérus, la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen, la largeur de la tête, la longueur de la fourche caudale, la distance entre les yeux, le diamètre de l'œil et la longueur de l'antennule de la population d'élevage d'Artémia de Béthioua. Annexe 1
- Figure -A 1-111. Les chromatogrammes de la population d'Artémia de Béthioua. Annexe 1
- Figure -A 1-112. Les chromatogrammes de la population d'Artémia de Timimoune. Annexe 1
- Figure -A 1-113. Les chromatogrammes de la population d'Artémia d'El Melah. Annexe 1

Liste des tableaux

Tableau 1. Nombre de zones pour les espèces d'Artémia non décrites dans le monde entier.	20
Tableau 2. Les sites potentiels d'Artémia connus en Algérie.	21
Tableau 3. Liste de quelques aliments vivants et inertes connues pour assurer une bonne croissance de l'Artémia.	23
Tableau 4. Les acides gras saturés.	33
Tableau 5. Exemple de quelques acides gras mono insaturés.	34
Tableau 6. Exemple de quelques acides gras poly insaturés	35
Tableau 7. Caractéristiques écologiques des sites d'échantillonnage.	46-52
Tableau 8. Caractéristiques biométriques des cystes des trois populations algériennes étudiées.	82
Tableau 9. Résultats des paramètres d'éclosion des cystes étudiés.	83
Tableau 10. Caractéristiques biométriques des nauplii des trois populations algériennes étudiées.	84
Tableau 11. Variables morphométriques mesurées chez les individus adultes d'Artémia de la population de Timimoune.	91
Tableau 12. Corrélation entre les moyennes des différentes variables morphologiques mesurées chez les adultes d'Artémia de la population de Timimoune (Coefficient de corrélation r).	92
Tableau 13. Contribution des moyennes de chaque variable morphologique mesurée, obtenues par l'Analyse en Composante Principale pour les individus de la population de Timimoune.	94
Tableau 14. Variables morphométriques mesurées chez les individus mâles et femelles d'Artémia de population d'El Melah.	97
Tableau 15. Corrélation entre les différentes variables morphologiques mesurées chez les adultes d'Artémia de la population d'El Melah.	98
Tableau 16. Contribution des moyennes de chaque variable morphologique mesurée, obtenues par l'Analyse en Composante Principale pour les individus de la population d'El Melah.	100
Tableau 17. Corrélation entre les moyennes des différentes variables morphologiques mesurées chez les adultes d'Artémia de la population d'élevage de Béthioua (Coefficient de corrélation r).	104

Tableau 18. Contribution de chaque variable morphologique mesurée (moyenne), obtenues par l'Analyse en Composante Principale pour les individus femelle de la population parthénogénétique de Béthioua (élevage).	106
Tableau 19. Corrélation entre les moyennes des différentes variables morphologiques mesurées chez les adultes d' <i>Artemia</i> de la population sauvage de Béthioua (Coefficient de corrélation r).	109
Tableau 20. Contribution de chaque variable morphologique mesurée (moyenne), obtenues par l'Analyse en Composante Principale pour les individus femelles de la population parthénogénétique de Béthioua (milieu sauvage).	110
Tableau 21. Corrélation entre les moyennes des différentes variables morphologiques mesurées chez les adultes d' <i>Artémia</i> des populations bisexuelles (Timimoune et El Melah) (Coefficient de corrélation r).	113
Tableau 22. Corrélation entre les moyennes des différentes variables morphologiques mesurées chez les femelles adultes d' <i>Artémia</i> des populations parthénogénétiques de Béthioua (élevage et sauvage) (Coefficient de corrélation r).	117
Tableau 23. La longueur totale et le taux de croissance absolu des populations d' <i>Artémia</i> étudiées.	120
Tableau 24. Représentation des résultats de la clé âge-longueur obtenue par le suivi d'élevage.	122
Tableau 25. Performance de reproduction des populations d' <i>Artémia</i> étudiées.	123
Tableau 26. Composition en acides gras (% des acides gras totaux) des lipides totaux des cystes d' <i>Artémia</i> et les esters méthyliques d'acides gras.	127-128
Tableau 27. Contribution de chaque moyenne d'acide gras sur la première et la deuxième composante F1 et F2.	131
Tableau 28. Contribution de chaque paramètre physico-chimique et biologique sur la première et la deuxième composante F1 et F2.	137
Tableau 29. Diamètres des cystes des différentes populations d' <i>Artémia</i> .	140
Tableau 30. Synchronisation du temps d'éclosion des différents cystes d' <i>Artémia</i> .	143
Tableau 31. Le rapport 16:0/16:1 pour les populations algériennes.	164
Tableau-A 2-32. Composition du milieu de culture.	Annexe 2
Tableau-A 2-33. Equation des droites de régression, coefficients de corrélation et types d'allométrie de croissance des différents caractères mesurés chez la population femelle de Timimoune.	Annexe 2

- Tableau-A 2-34. Equation des droites de régression, coefficients de corrélation et types d'allométrie de croissance des différents caractères mesurés chez la population mâle de Timimoune. Annexe 2
- Tableau-A 2-35. Equation des droites de régression, coefficients de corrélation et types d'allométrie de croissance des différents caractères mesurés chez la population femelle d'El Melah. Annexe 2
- Tableau-A 2-36. Equation des droites de régression, coefficients de corrélation et types d'allométrie de croissance des différents caractères mesurés chez la population mâle d'El Melah. Annexe 2
- Tableau-A 2-37. Equation des droites de régression, coefficients de corrélation et types d'allométrie de croissance des différents caractères mesurés chez la population d'Artémia de Béthioua. Annexe 2
- Tableau-A 2-38. Equation des droites de régression, coefficients de corrélation et types d'allométrie de croissance des différents caractères mesurés chez la population d'*Artemia* de Béthioua. Annexe 2

Abréviation

°C : Degré Celsius

AAA : Association algérienne des aquaculteurs.

ACP : Analyse en composantes principales.

AGMI : Acides gras mono insaturés.

AGPI : Acides gras poly insaturés.

AGS : Acides gras saturés.

ANDP : Agence Nationale pour le Développement des Pêches.

BHT : Butyl-hydroxy-toluène.

BNEDER : Bureau National d'Études pour le Développement Rural.

CAH : Classification Ascendance Hiérarchique.

CERP : Centre de Recherche Appliqué et de Documentation pour la pêche et l'Aquaculture.

CROP : Centre de Recherche Océanographique et de Pêche.

DESC : Nombre total de descendants par femelle.

DESCJ : Nombre de descendants produits par jour durant la période reproductive.

DESCP : Nombre de descendance par ponte.

DHA : Acide docosahexaénoïque.

DiY : Distance entre les yeux.

DO : Diamètre de l'œil.

ENASEL : Entreprise Nationale des Sels.

EPA : Acide eicosapentaénoïque.

FAME : Esters méthyliques d'acides gras.

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

h : Heure.

HUFA: Acides gras hautement insaturés.

IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen.

IATS/ CSIC : Institut d'aquaculture Torre de la Sal.

IDPE : Institut de Développement des Petits Elevages.

IO : Largeur de l'utérus.

ISMAL : Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.

ITe : Largeur de la tête.

j : Jours

KCL : Chlorure de potassium.

KHCO₃ : Bicarbonate de potassium.

L : Litre.

La : Longueur de l'abdomen.

Lant : Longueur de l'antennule.

LF : Longueur de la fourche caudale.

LNA : Acide linoléique.

LT : Longueur totale.

m : Milli

MES : Matières en suspension.

nm : Nanomètre

NP : Nombre de ponte.

ONDPA : Office National de Développement et de Production Aquacole.

ONM : Office National de la Météorologie.

OVI : Pourcentage de descendance en nauplii.

OVO : Pourcentage de descendants en cystes.

pH : Potentiel hydrogène.

PPR : Période pré-reproductive en jour.

PPTR : Période post-reproductive en jour.

PR : Période reproductive en jour.

PSU : Practical salinity unit

r : Coefficient de corrélation.

R : Réactif

S : Salinité

T : Température

TP : Intervalle de temps entre pontes en jour.

VM : Durée de vie moyenne des femelles en jour.

SCOR : Comité scientifique de la recherche océanique.

UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture

U.S.A : États-Unis d'Amérique (United States of America)

ε : Ecart réduit

ملخص

تمت دراسة مجموعات الأرتيميا في الجزء الغربي والجنوب الغربي من الجزائر من أجل تقييم مواردها لاستخدامها في تربية المائيات و من أجل استكمال البيانات البيولوجية الخاصة بموارد الأرتيميا في الجزائر فقط الأرتيميا الموجودة ببطوية (ولاية وهران) وتيميمون (ولاية تيميمون) والملاح (ولاية بشار) كانت موضوع الدراسة، لأنها تحتوي على كمية كبيرة من البيوض لإجراء دراسة تجريبية. ستة جوانب تمت دراستها: قياس البيض، خصائص الفقس، قياس اليرقات، التحديد المورفولوجي والمورفومتري لأنواع الأرتيميا، ديناميكيات التجمعات وتقييم موارد الأرتيميا بناءً على تركيبة الأحماض الدهنية.

الأرتيميا المدروسة تنتج بيوض كبيرة. بيوض الأرتيميا عذرية التكاثر الموجودة ببطوية أكبر بشكل ملحوظ من بيوض الأرتيميا ثنائية الجنس (الملاح وتيميمون). غير أنه، يمكن استخدام بيوض الأرتيميا المدروسة في تربية المائيات و هي ذات قيمة اقتصادية وطاقة مفيدة. تظهر نتائج سمك قشر بيوض أن جميع المجموعات الثلاثة لها قشرة كثيفة وأن الأرتيميا عذرية التكاثر ببطوية لديهم قشرة أكبر بشكل ملحوظ مقارنةً بالأرتيميا ثنائية الجنس. تمثل القشرة التي تمت دراستها خاصية مثيرة للاهتمام في تربية المائيات و بالنظر إلى المراجع البيولوجية، فإنه يوفر حماية أفضل للبيوض. بالنسبة لخصائص الفقس، أدت عملية إزالة قشر البيض إلى تحسين جودة الفقس فيم يخص الكفاءة لجميع الأرتيميا المدروسة و أفضل النتائج لهذه الخصائص وجدت لدى أرتيميا بطوية، والتي تتميز بجودة عالية في الفقس.

تنتمي مجموعات الجنوب (الملاح وتيميمون) إلى نوع أرتيميا سالينا (لينايس، 1785)، إلا أن مجموعة بطوية تنتمي إلى المجموعة ثنائية الصبغية ورباعية الصبغيات عذرية التكاثر.

تنخفض نسبة البقاء على قيد الحياة للمجموعات الثلاثة التي تمت دراستها مع زيادة الملوحة، كما أن معدل البقاء على قيد الحياة لدى أرتيميا ثنائية الجنس بالملاح مرتفع (85.5%) مقارنةً بالمجموعات الأخرى. بعد 21 يومًا من التربية، أبرزت مجموعة بطوية طولًا إجماليًا مهمًا (8.62 ± 0.02 مم) مقارنةً بمجموعات ثنائية الجنس الآخرين مع معدل نمو مطلق أعلى لمرحلة اليرقات (0.21 مم / اليوم) ومرحلة ما بعد اليرقات (0.49 مم / اليوم). غير أنه، بالنسبة لمرحلة البلوغ، تم الحصول على أعلى معدل نمو مطلق لدى مجموعة الملاح (0.68 مم / اليوم).

تتبنى مجموعة تيميمون استراتيجية أفضل بين المجموعات الثلاثة التي تمت دراستها بناءً على نقطتين رئيسيتين و هما: الوصول إلى مرحلة النضج متأخرة و ضمان المزيد من اليرقات مع العمر الطويل. البيوض من المجموعات الثلاثة غنية بحمض اللينوليك (18:2 ن-6) وحمض ألفا لينولينيك (18:3 ن-3) مخصصة لتربية المائيات في المياه العذبة وتغيير نوع الأحماض الدهنية في مجموعة بطوية يفسر بكثرة مجموعة العوالق النباتية الخضراء الغنية بهذه الأحماض الدهنية.

الكلمات المفتاحية: الأرتيميا، البيوض، قشرة، الفقس، الأحماض الدهنية.

Résumé

Les populations d'Artémia de la partie Ouest et Sud-Ouest de l'Algérie ont été étudiées afin d'évaluer ces ressources dans le but d'une utilisation en aquaculture en complétant les données bibliographiques sur les ressources d'Artémia en Algérie. Seulement, les populations d'Artémia de Béthioua (Wilaya d'Oran), de Timimoune (Wilaya de Timimoune) et d'El Melah (Wilaya de Béchar) ont fait l'objet d'étude car elles présentent une quantité importante en cystes pour réaliser une étude expérimentale. Six aspects ont été abordés : biométrie des cystes, paramètres d'éclosion, biométrie des nauplii, identification morphologique, l'étude morphométrique de l'espèce d'Artémia, dynamique des populations et valorisation des ressources d'Artémia sur la base de leur profil en acides gras.

Les populations étudiées produisent de gros cystes. Les cystes de la population parthénogénétique de Béthioua sont significativement plus grands que les cystes des populations bisexuelles (El Melah et Timimoune). Cependant, les cystes des différentes populations peuvent être utilisés en aquaculture et ils présentent une valeur bénéfique à la fois économique et énergétique. Les résultats de l'épaisseur du chorion montrent que les trois populations possèdent un chorion épais et la population parthénogénétique de Béthioua possède un chorion plus grand par rapport aux populations bisexuelles. Le chorion des populations étudiées présente une caractéristique intéressante en aquaculture car il offre une meilleure protection des cystes. Pour les paramètres d'éclosion, la décapsulation a permis d'améliorer la qualité d'éclosion en matière d'efficacité d'éclosion pour les trois populations. Les meilleurs résultats pour ces paramètres sont obtenus chez la population de Béthioua qui possède une qualité d'éclosion importante.

Les populations du Sud (El Melah et Timimoune) appartiennent à l'espèce *Artemia salina* (Linnaeus, 1758), cependant la population de Béthioua appartient à la population parthénogénétique diploïde et tétraploïde.

La survie des trois populations étudiées régresse avec l'augmentation de la salinité et la population bisexuelle d'El Melah présente un taux de survie (85.5%) important par rapport aux autres populations. Après 21 jours d'élevage, la population de Béthioua présente une longueur totale importante (8.62 ± 0.02 mm) par rapport aux autres populations bisexuelles avec un taux de croissance absolu plus élevé pour le stade nauplius (0.21 mm/J) et le stade métanauplii (0.49 mm/J). Cependant, pour le stade adulte le taux de croissance absolu le plus élevé est obtenu chez la population d'El Melah (0.68 mm/J).

La population de Timimoune adopte une meilleure stratégie parmi les trois populations étudiées basée sur deux points principaux, elle atteint une maturité tard et assure plus de descendants avec une forte longévité. Les cystes des trois populations sont riches en acide linoléique (18:2n-6) et acide α -linoléique (18:3n-3) qui sont destinés à l'aquaculture d'eau douce et le changement du type du profil d'acide gras chez la population de Béthioua est expliqué par l'abondance du groupe des chlorophycées qui sont riches en ces acides gras.

Mots clés : Artémia, cystes, chorion, éclosion, acide gras.

Abstract

Artemia populations of the western and southwestern part of Algeria were studied in order to assess their resources for aquaculture use and to complete the bibliographic data on *Artemia* resources in Algeria. Only the populations of Bethioua (Wilaya of Oran), Timimoune (Wilaya of Timimoune) and El Melah (Wilaya of Béchar) were the subject of the study because they present a sufficient quantity to achieve the research. Six aspects were studied: cyst biometry, hatching parameters, nauplii biometry, identification of *Artemia* species, population dynamics and valuation of *Artemia* resources in terms of fatty acid profile.

The populations studied produce large cysts. The cysts of the parthenogenetic population Bethioua are significantly larger than the cysts of the bisexual populations (El Melah and Timimoune). However, *Artemia* cysts can be used in aquaculture and are beneficial when it comes to economy and energy. The chorion thickness evaluation shows that all three populations have a thick chorion and the parthenogenetic population of Bethioua has a larger chorion compared to the bisexual populations. The chorion of the studied cysts presents an interesting characteristic in aquaculture, and according to the bibliographical references, it offers a better protection. For hatching parameters, decapsulation improved hatching quality in hatching efficiency for all three populations. The best results for these parameters are obtained in the Bethioua population, which has a high hatching quality.

The species were characteristics using morphological and morphometric characteristics. The populations of the South (El Melah and Timimoune) belong to *Artemia salina* (Linnaeus, 1758), however the population of Bethioua belongs to the diploid and tetraploid parthenogenetic population.

The survival of the three populations studied declines due to increasing salinity, however, the bisexual population of El Melah has a higher survival rate (85.5%). After 21 days of breeding, the population of Bethioua presents a significantly higher total length (8.62 ± 0.02 mm) compared to the other bisexual populations with a higher Absolute growth rates for the nauplius stage (0.21 mm/D) and the metanauplii stage (0.49 mm/D). However, for the adult stage the highest Absolute growth rates is obtained in the population of El Melah (0.68 mm/D).

The population of Timimoune has a better strategy than the three studied populations, which is based on two main points: time and sexual effort (production of offspring), it is

more efficient, it reaches maturity late thus with a longer life it has more descendants. The cysts of the three populations are rich in linoleic acid (18: 2n-6) and α -linolenic acid (18: 3n-3) and they are intended for freshwater aquaculture. The alteration of the population of Bethioua's fatty acid is explained by the abundance of the group of chlorophyceae which are rich with these fatty acids.

Keywords: Artemia, cysts, chorion, hatching, fatty acids.

Sommaire

Introduction	01
Chapitre 1 : Synthèse bibliographique	04
1. Systématique et taxonomie de l'Artémia	04
2. Morphologie de l'Artémia	07
2.1. Adulte	07
2.2. Nauplius	11
2.3. Cyste	12
3. Reproduction	13
4. Ecologie	17
4.1. Répartitions géographiques	17
4.2. Alimentation	22
4.3. Caractéristiques écologiques	24
4.3.1. Salinité	24
4.3.2. Température	25
4.3.3. Oxygène	25
4.3.4. pH	25
5. Compétition, prédation et parasitisme	26
6. Cycle de vie	27
7. Valeur nutritionnelle de l'Artémia (Profil des acides gras)	30
7.1. Définition	30
7.2. Classification et nomenclature	31
7.3 Types d'acides gras	32
7.3.1. Les acides gras saturés AGS	32
7.3.2. Les acides gras mono insaturés AGMI	34
7.3.3. Les acides gras poly insaturés AGPI	34
7.4. Rôle des acides gras	35
7.5. Facteurs affectant la composition en acide gras chez l'Artémia	36
8. Elevage de l'Artémia	37
8.1. Elevage extensif	37
8.2. Elevage semi-intensif	37
8.3. Elevage intensif	38

9. Intérêt économique de l'Artémia	38
Chapitre 2 : Matériel et méthodes	41
1. Site d'étude et échantillonnage	41
1.1. Sebkha de Béthioua	53
1.2. Sebkha d'El Melah	55
1.3. Sebkha de Timimoune	55
2. Biométrie des cystes	57
3. Elevage du phytoplancton	59
4. Paramètres d'éclosion	61
5. Elevage d'Artémia	62
6. Biométrie des nauplii	64
7. Qualité de l'eau d'élevage ou du milieu sauvage	65
7.1. Sels nutritifs	65
7.2. Matières en suspension	68
7.3. Pigments chlorophylliens	68
7.4. Etude de la population phytoplanctonique	70
8. Morphologie et morphométrie	70
9. Survie et croissance	74
10. Reproduction	75
11. Qualité nutritionnelle des cystes (Analyse des acides gras)	76
12. Traitement statistique des données	78
Chapitre 3 : Résultats et discussions	79
I. Résultats	82
1. Biométrie des cystes	82
2. Caractéristiques d'éclosion	83
3. Biométrie des nauplii	84
4. Qualité du milieu d'élevage	84
5. Morphologie et Morphométrie de l'espèce	86
5.1. Morphologie	86
5.2. Morphométrie	89
6. Survie et Croissance	119

7. Reproduction	122
8. Evaluation de la qualité de l'Artémia (Profil acide gras)	126
I. Discussion	139
1. Biométrie des cystes	139
2. Caractéristiques d'éclosion	142
3. Biométrie des nauplii	145
4. Qualité du milieu d'élevage	147
5. Morphologie et Morphométrie de l'espèce	148
6. Survie et Croissance	155
7. Reproduction	158
8. Evaluation de la qualité de l'Artémia (Profil acide gras)	160
Conclusion et perspectives	167
Références bibliographiques	171
Annexe 1 : Figures	
Annexe 2 : Tableaux	
Annexe 3 : Travaux scientifiques.	

INTRODUCTION

Introduction

L'utilisation d'Artémia en aquaculture devient une activité nécessaire et importante. En effet, l'approvisionnement quotidien en nourriture adéquate en qualité et en quantité est, en règle générale, un aspect primordial et indispensable pour l'alimentation des larves des différentes espèces aquacoles d'intérêt commercial. Ces dernières présentent un élément clé et de base pour fonder une production, aussi c'est le principal facteur limitant cette production à grande échelle.

L'élevage larvaire, dans un groupe zoologique donné, est en règle générale d'autant plus délicat que la larve concernée occupe un niveau trophique plus élevé et son nourrissage avec de l'aliment vivant lors des premières semaines de vie est une contrainte, car la larve, après la résorption du sac vitellin contenant des besoins protéiques pour sa croissance et son développement, elle commence une alimentation exogène (Rodríguez-Canché et al., 2006).

Lors de la première alimentation, le système digestif des larves de poisson est encore rudimentaire, sans estomac. Une grande partie de la digestion des protéines a lieu dans les cellules épithéliales de l'intestin postérieur (Govoni et al., 1986). Un tel système digestif est dans la plupart des cas incapable de traiter les régimes alimentaires formulés d'une manière qui permet une survie et une croissance des larves comparables à celles nourries avec des aliments vivants (Akodogbo et al., 2015).

La faible capacité digestive des larves n'est peut-être pas le seul aspect responsable de leur besoin d'aliments vivants. Les proies vivantes sont capables de nager dans la colonne d'eau et sont ainsi constamment à la disposition des larves. La plupart des régimes alimentaires formulés ont tendance à s'agréger à la surface de l'eau ou à couler en quelques minutes au fond, et ils sont donc moins disponibles pour les larves que les aliments vivants (Mandal et al., 2009; Conceição et al., 2010).

En outre, étant donné que les larves sont considérées comme des «mangeoires visuelles», adaptées pour attaquer les proies en mouvement dans la nature. Le mouvement des aliments vivants dans l'eau est susceptible de stimuler les réponses alimentaires des larves à travers leur instinct de chasse (Mandal et al., 2009; Conceicao et al., 2010).

L'Artémia est un crustacé avec une valeur nutritionnelle intéressante et une petite taille parfaitement convenable pour la bouche de la larve (Lavens & Sorgeloos, 1996), capable de produire des cystes quand les conditions du milieu sont défavorables (Lavens &

Sorgeloos, 2000). La facilité de stockage des cystes et la qualité nutritionnelle des nauplii ont fait en particulier une nourriture de choix pour la majorité des écloséries des poissons et des crustacés (Trigui, 2017).

Cette thèse se positionne clairement dans le champ de l'évaluation des ressources d'Artémia, en particulier dans la partie Ouest et Sud Ouest du territoire national. L'objectif n'est pas seulement dans le but de trouver de nouvelles sources d'Artémia pour l'exploitation future mais aussi d'identifier, de caractériser, de compléter et de contribuer aux différents travaux réalisés et en cours de réalisation par les différents chercheurs sur les différentes populations en Algérie dont on peut citer : Sorgeloos et al., 1986; Vanhaecke et al., 1987; Zemmouri, 1991; Haddag, 1991; Beladjal et al., 1995; Kara, 1998; Gagneur & Kara, 2001; Amarouayache et al., 2004 ; Kara et al., 2004; Kaiser et al., 2006 ; Samraoui et al., 2006; Amarouayache et al., 2007 ; Amarouayache, 2009; Amarouayache et al., 2009a,b; Amarouayache et al., 2010; Amarouayache & Kara, 2010; Derbal et al., 2010; Muñoz & Pacios 2010 ; Ghomari et al., 2011; Amarouayache et al., 2012 ; Kara & Amarouayache, 2012 ; Ghomari, 2013; Eimanifar et al., 2014 ; Amarouayache & Kara, 2015. Bennabi et al., 2015 ; De Los Rios-Escalante & Amarouayache, 2016 ; Amarouayache et al., 2017 Amarouayache & Kara, 2017 ; Kherraz-Chemlal et al., 2017. Cela permettra d'obtenir une banque de données nécessaires pour la valorisation économique de cette ressource en Algérie. Cinq aspects ont été étudiés dans cette étude.

- Le premier concerne la caractérisation des souches locales d'*Artemia* à l'aide de la morphologie et des caractères morphométriques, en identifiant les différentes espèces et souches de chaque population, aussi en évaluant l'état actuel des populations d'Artémia et la possibilité d'invasion par *Artemia franciscana* (une espèce importée et introduite en Algérie comme aliment vivant pour l'aquaculture) dans les sebkhas algériennes.
- Le deuxième est consacré à l'étude de la biométrie des cystes et des nauplii comme possible caractère d'identification et de caractérisation en déterminant le type de larve qui peut être nourri avec ces derniers.
- Le troisième est réservé à l'étude de quelques paramètres d'éclosion. Une évaluation qualitative de chaque population en déterminant la meilleure souche pour une meilleure exploitation aquacole.

INTRODUCTION

- Le quatrième est dédiée à l'étude de la dynamique des populations (survie, croissance et reproduction) en déterminant la souche la plus efficace en matière de résistance et de stratégie pour un meilleur approvisionnement.
- Le dernier aspect se focalise sur l'étude des caractéristiques biochimiques de chaque population en identifiant la qualité nutritionnelle en matière d'acides gras. Ces données sont indispensables pour une éventuelle exploitation aquacole.

Cette étude est composée d'un premier chapitre qui expose la recherche bibliographique dans lequel s'inscrit ce travail. La biologie et la morphologie de l'Artémia seront examinées. L'écologie de l'Artémia sera également détaillée.

Le second chapitre est consacré à la présentation des sites d'étude, du matériel et des différentes méthodes utilisés pour l'échantillonnage, la biométrie, les caractéristiques d'éclosion, l'identification des espèces d'*Artemia*, la survie, la croissance, la reproduction et le profil des acides gras.

Dans le dernier chapitre, les résultats obtenus de chaque élément étudié sont exposés, discutés et comparés aux différents travaux réalisés soit en Algérie ou dans le monde. Aussi, chaque élément étudié est utilisé comme outil de caractérisation de chaque population et outil déterminant une éventuelle exploitation aquacole.

SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

En aquaculture, durant les premiers stades larvaires, la larve se nourrit de proies vivantes avant de pouvoir se nourrir de l'aliment artificiel. Selon les espèces élevées, il y a des séquences d'alimentation différentes. Ces proies vivantes sont disponibles sous différentes formes dont on distingue l'Artémia.

Bien que ce crustacé a été connu par l'homme depuis des siècles, son utilisation comme nourriture pour l'aquaculture larvaire n'a probablement commencé que dans les années 1930 et 1940 (Van Stappen, 1996). Plusieurs scientifiques ont constaté qu'il constituait une excellente nourriture pour les larves des poissons (Seale, 1933) et les larves de crevettes (Hudinaga, 1942). Avec le développement de l'aquaculture dans les années 1960 et 1970, l'utilisation de l'Artémia est également de plus en plus répandue suite à sa disponibilité, sa simplicité et sa valeur nutritionnelle et aussi le stockage des cystes pendant plusieurs années où ces derniers après une incubation de 24h dans l'eau de mer, libèrent des nauplii qui peuvent être directement servi aux larves comme une source de nourriture (Van Stappen, 1996). Ces éléments clés font de l'Artémia un aliment vivant le plus utilisé et le moins exigeant en main-d'œuvre pour l'aquaculture larvaire (Léger et al., 1986).

1. Systématique et taxonomie de l'Artémia

L'utilisation de l'Artémia en aquaculture a permis de découvrir de nombreuses souches où plusieurs études ont confirmé l'existence d'importantes différences entre ces souches.

Les branchiopodes appartiennent au sous embranchement des crustacés, ils sont relativement primitifs et ils se caractérisent par un faible degré de différenciation en matière d'appendices thoraciques du type phyllopodial, aplatis et foliacés, locomoteurs garnis de soies et contribuent à la nutrition par filtration. La classe Branchiopoda (Latereille, 1817) englobe trois sous classes : Diplostraca (Gerstaecker, 1866), Calmanostraca (Tasch, 1969) et Sarsostraca (Tasch, 1969), cette dernière, elle ne comporte qu'un seul ordre, celui des Anostraca (Sars, 1867).

Les anostracés ont un corps allongé et cylindriques, dépourvu de carapace avec des yeux pédonculés. Ils possèdent une rame furcale non articulée et des appendices thoraciques qui se composent de plusieurs lobes : endites et endopodite en position interne par rapport au

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

plan sagittal de l'animal, exopodite, épipodite et pré-épipodite en situation externe. Les cinq endites portent deux types de soies insérées sur la crête des endites. L'endopodite est très large et il porte aussi des soies mais avec une seule catégorie. L'exopodite est aussi dépourvu de soies et il est petit d'une forme ovale attachée par sa base, au bord externe de l'endopodite. Chaque segment thoracique porte une paire de pattes foliacées, assez peu différentes les unes des autres et dont la taille décroît d'avant en arrière (Nourisson & Thiéry, 1988).

Les Anostraca (Sars, 1867) englobent plusieurs espèces appartenant à 22 genres répartis en 8 familles : *Streptocephalidae*, *Branchinectidae*, *Linderiellidae*, *Thamnocephalidae*, *Chirocephalidae*, *Branchipodidae*, *Polyartermiidae* et *Artémiidae* (Nourisson & Thiéry, 1988).

Le genre *Artemia* est inclus dans la famille des Artémiidae et la position systématique est comme suit :

Règne : *Animalia* (Linnaeus, 1758)

Embranchement : *Arthropoda* (Latreille, 1829)

Sous embranchement : *Crustacea* (Brünnich, 1771)

Classe : *Branchiopoda* (Latreille, 1817)

Sous Classe : *Sarsostraca* (Tasch, 1969)

Ordre : *Anostraca* (Sars, 1867)

Sous Ordre : *Artemiina* (Weekers et al., 2002)

Famille : *Artemiidae* (Grochowski, 1896)

Genre : *Artemia* (Leach, 1819)

Cet anostracé a été décrit pour la première fois par un géographe iranien en 982 qui a signalé son apparition au lac Urmia, en Iran dans le livre de géographie perse «Les limites du monde de l'est à l'ouest» (Asem, 2008). Puis, Schlosser en 1756 a étudié les populations occupant les salines de Lymington (sud Angleterre) en croyant que ce genre est formé par une seule espèce, après il a été décrit primitivement par Linnaeus (1758) sous le nom de *Cancer salinus*, et il a été dénommé par la suite *Artemia* par Leach en 1819. C'est sous ce terme que ce branchiopode, très cosmopolite, est généralement désigné. Or, il existe de

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

profondes différences génétiques entre les diverses populations dans le monde. Aussi, lors du symposium d'Août, 1979 sur l'Artémia au Corpus Christi à Texas (U.S.A), il a été recommandé, en attendant que le problème de la spéciation de ce branchiopode soit éclairci, de désigner cet organisme sous son nom de genre (Nourisson & Thiéry, 1988).

Ensuite, plusieurs variétés ont été décrites dont la classification est basée sur le caractère morphologique induit par les différentes conditions de l'habitat en particulier la salinité et non pas les facteurs héréditaires. Amat (1979 ; 1980a et b) a montré qu'une même population exposée à divers types de milieux, acquiert une morphologie distincte, ce qui a pu aider à trouver de véritables différences génétiques.

En 1991, Browne et Bowen ont affecté au genre *Artemia*, six espèces sexuées, séparées par des expériences de reproduction dont quatre entre elles se retrouvent dans l'écozone Paléarctique et Afrotropicale : *Artemia salina* (*Artemia tunisiana*) (Leach, 1819) se localise dans la région méditerranéenne et d'Afrique du Sud, *Artemia urmiana* (Günther, 1890) du lac Urmia (Iran), *Artemia senica* (Cai, 1989) endémique de Chine et *Artemia tibetiana* (Abatzopoulos et al., 1998) localisée dans les lacs salés du plateau Tibétin et deux espèces sexuées se retrouvent dans le continent américain *Artemia persimilis* (Piccinelli & Prosdicini, 1968) et *Artemia franciscana* (Kellogg, 1906).

Ensuite, Van Stappen (2002) a signalé que le genre cosmopolite *Artemia* comprend sept espèces bisexuelles. Deux de ces espèces bisexuelles sont originaires d'Amérique: *Artemia franciscana* (Kellogg 1906), qui s'est répandue sur tout le continent américain et en Amérique du Sud, et *Artemia persimilis* (Piccinelli & Prosdocimi 1968), qui est presque exclusive aux États-Unis (Amat et al., 2004). De plus, la biogéographie des espèces montre la dominance des espèces bisexuelles. *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) habite le bassin méditerranéen, tandis que *Artemia urmiana* (Günther, 1900) est présente en Iran et en Crimée (Clark & Bowen, 1976 ; Abatzopoulos et al., 2009), *Artemia sinica* (Cai, 1989) se trouve en Chine et dans les provinces voisines, *Artemia tibetiana* (Abatzopoulos et al., 1998) est présent dans les lacs salés du plateau tibétain et une population non décrite d'*Artemia sp.*, a été signalé au Kazakhstan (Pilla & Beardmore, 1994).

Récemment, deux nouvelles espèces, *Artemia frameshiffta* et *Artemia murae* ont été décrites en Mongolie par Naganawa et Mura en 2017, en utilisant l'ADN mitochondrial sans confirmation par une analyse morphométrique (Eimanifar et al., 2020).

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Cependant il existe des populations endémiques d'Europe, Asie et Afrique dont la reproduction est parthénogénétique, nommées sous le terme *Artemia parthenogénétique* (Artom, 1931).

Les populations parthénogénétiques prédominent dans les conditions de vie défavorables, de stress du point de vue température, salinité et alimentation (Browne & Bowen, 1991), généralement ces populations sont géographiquement isolées des populations sexuées en habitant dans les régions de basses et de hautes latitudes (25° N et >40° N) (Barata et al., 1996).

Selon Abatzopoulos et al., 1986, les populations parthénogénétiques présentent des différents niveaux de ploïdies : di-, tri, tétra et pentaploïdes. Elles sont groupées sous la dénomination *Artemia parthenogenetica* par convenance taxonomique (Barigozzi, 1980).

Néanmoins, le groupe des études internationales sur *Artemia* recommande de ne pas adopter la dénomination *Artemia parthenogenetica* suivant les stricts principes taxonomiques car une espèce qui se reproduit par parthénogenèse ne peut être définie comme une espèce, bien que les populations parthénogénétiques di- et tétraploïdes méditerranéennes produisent rarement des mâles stériles (Artom, 1931, Stefani, 1964).

2. Morphologie de l'Artémia

2.1. Adulte

L'Artémia est un arthropode primitif typique avec un corps étroit, allongé et segmenté auquel sont attachées de larges paires d'appendices. La longueur totale est généralement d'environ 8 à 10 mm pour le mâle adulte et de 10 à 12 mm pour la femelle, mais la largeur des deux sexes est d'environ 4 mm (Criel & Macrae, 2002).

Toutefois, il faut signaler que la longueur et la forme morphologique peuvent être très variables selon l'espèce sexuée ou l'espèce parthénogénétique diploïde ou polyploïde, aussi selon les conditions et les caractéristiques physico-chimiques du milieu, essentiellement la salinité et non pas les facteurs héréditaires (Ghomari, 2013).

Le corps est divisé en trois parties bien différenciées: tête, thorax et abdomen (Figure 1).

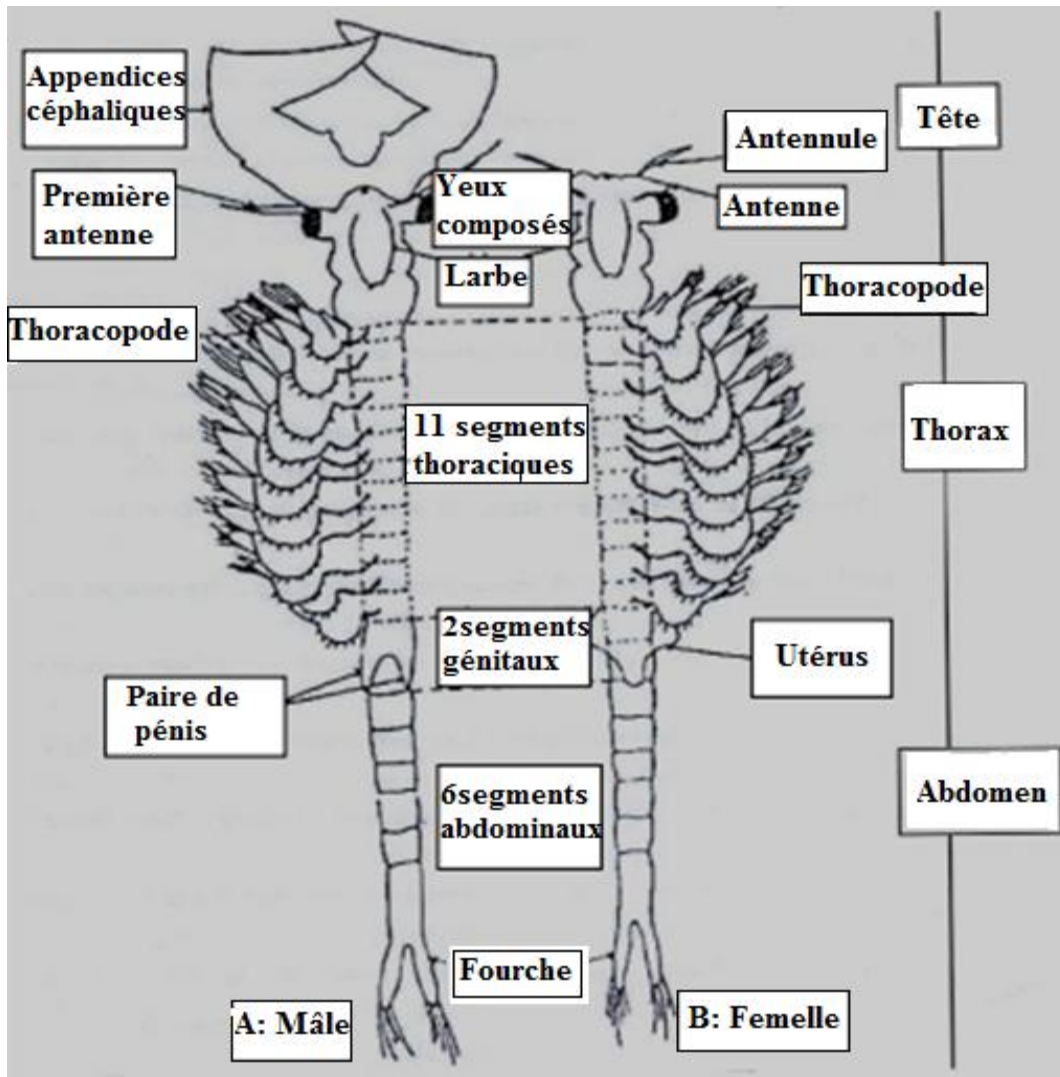


Figure 1. Schéma des adultes : mâles et femelles de l'Artémia. A : mâle ; B : femelle (Khemakhem, 1988).

La tête : elle se compose d'un segment prostomial et de cinq segments métamériques, reconnus par le type d'appendices (une paire de mandibules, une paire de maxillules, une paire de maxilles) et les organes qu'ils portent et chaque appendice est constitué de trois articles (l'endopodite assure la locomotion ; le télépodite assure la nutrition, situé à la base de l'appendice, porte de nombreuses soies qui ont pour but la capture des particules nutritives et débris organiques et enfin, l'exopodite, qui est une pièce membraneuse, assure la fonction respiratoire). Un œil nauplien médian formé de trois ocelles de couleur rouge durant le premier stade nauplien, obscure chez l'adulte, deux pédoncules oculaires de longueurs qui diffèrent selon les espèces ou chez les mâles des espèces sexuées, ils sont longs par rapport à ceux des femelles sexuées (Figure 2 et 3). Une paire des yeux latéraux avec un diamètre

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

important chez le mâle que chez la femelle. En position dorsale, à la base des pédoncules oculaires, apparaissent les antennules et en position ventrale, les antennes courbées présentant deux proportions plus ou moins différenciées: protopodite et exopodite et portant à leur extrémité 3 petites soies, caractérisant le dimorphisme sexuel (Figure 4); chez le mâle les antennes prennent la forme d'une grosse pince qui sert à saisir la femelle lors de l'accouplement chez cette dernière la paire d'antennes est beaucoup plus petite (Cassel, 1937).

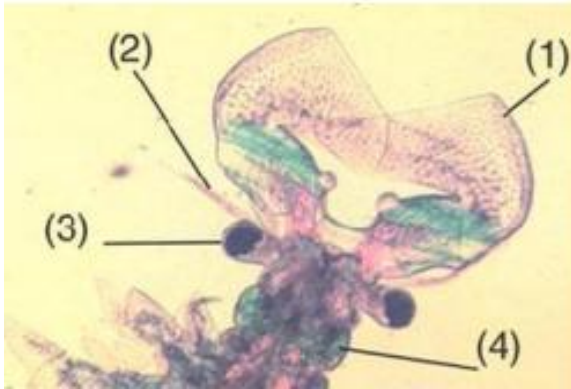


Figure 2. Tête d'un mâle d'*Artemia* adulte. (1) antenne ; (2) antennule ; (3) œil complexe ; (4) mandibule. (Lavens & Sorgeloos, 1996).

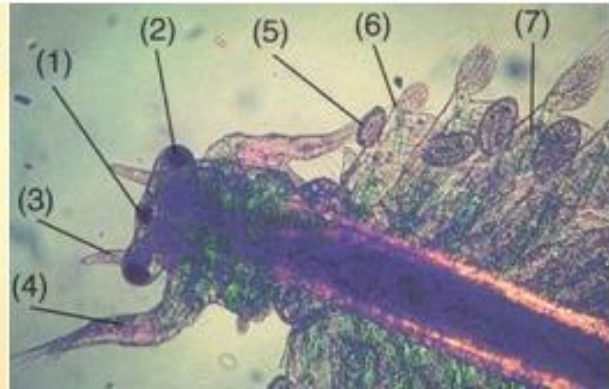


Figure 3. Tête d'une femelle d'*Artemia* adulte. (1) œil nauplien ; (2) œil complexe ; (3) antennule ; (4) antenne ; (5) exopodite ; (6) telopodite ; (7) endopodite. (Lavens & Sorgeloos, 1996).

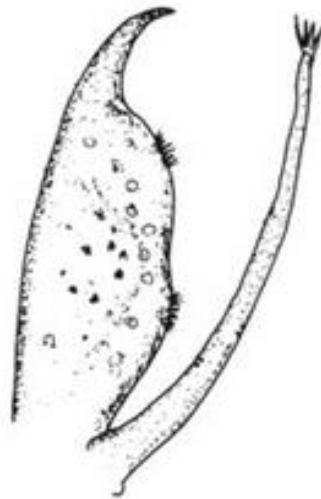


Figure 4. Antenne et antennule (Botnariuc & Orghidan, 1953).

Le thorax : il est composé de 11 segments chaque segment porte une paire d'appendices foliacés, les phyllopoies ou thoracopodes, des structures morphologiques identiques avec une

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

dimension variable grande au niveau de la partie centrale et étroite au niveau des extrêmes qui jouent un rôle pour la respiration, la natation et la filtration des particules alimentaires, présentant deux types de structuration les exopodites qui sont des sacs formés par un tégument fin agissant en mode de branchies et les endopodites en nombre de cinq de forme foliacée pourvue de longs et fins cils ayant un rôle natatoire (Figure 5). Le télopodite est l'endopodite le plus proche de l'insertion du thoracopode, il est pour but de filtrer les particules alimentaires du milieu et les transférer vers le canal ventral qui s'étend le long du corps (Brisset, 1984) (Figure 6).

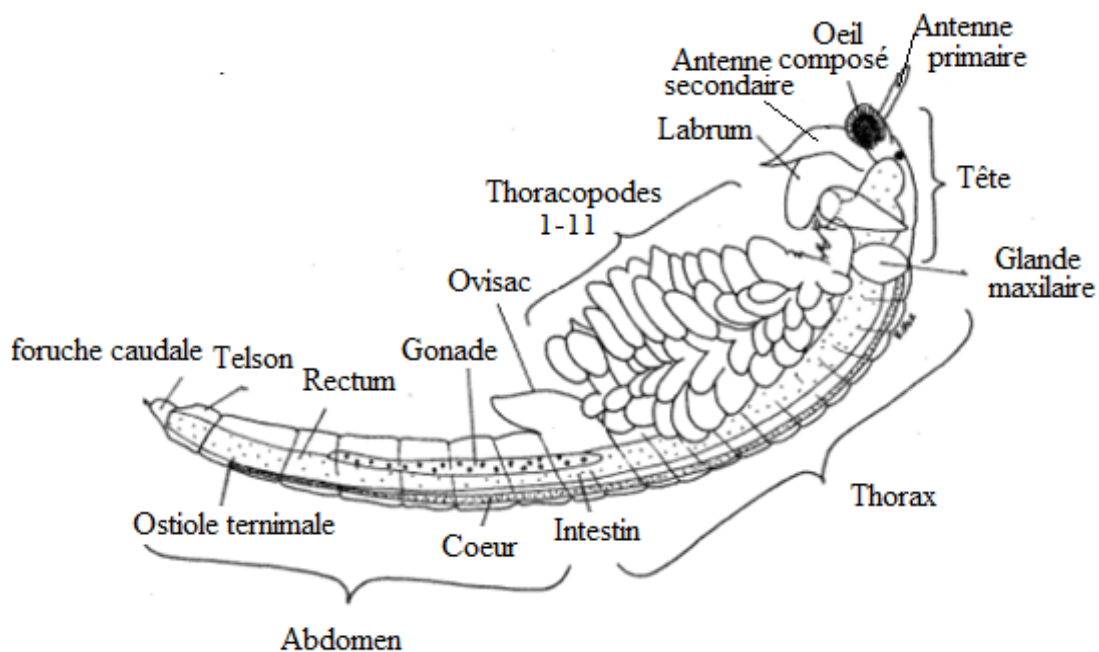


Figure 5. Femelle adulte vue latérale (Ghomari, 2013).

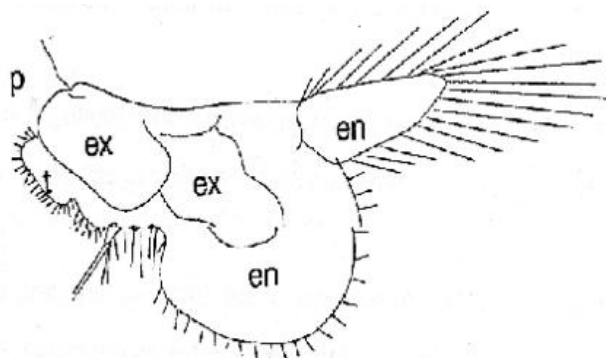


Figure 6. Thoracopode vue dorsale.

ex : exopodite ; en : endopodite ; t : télopodite ; p : protopodite (Hontoria, 1990).

L'abdomen : il est composé de huit segments. Les deux segments abdominaux antérieurs sont souvent appelés les segments génitaux et de ceux-ci, le premier porte les gonopodes, soit le sac ovigère de la femelle, soit la vésicule séminale et le pénis du mâle. Les segments abdominaux de deux à sept manquent d'appendices. Le huitième ou dernier segment abdominal possède les cercopodes, également appelés telsons pourvus d'une fourche caudale présentant au bord de longs cils, et entre ces lobes s'ouvre l'orifice anal (Cassel, 1937).

La fourche caudale est une structure morphologique d'un aspect variable d'une race à l'autre et parfois pour la même race en fonction des conditions du milieu essentiellement la salinité ou à de fortes salinités (Figure 7), elle peut disparaître ou ne présente pas de soies et à des salinités proches à l'eau de mer, elle est bien développée avec plus de 20 soies par lobe (Botnariuc & Orghidan, 1953).

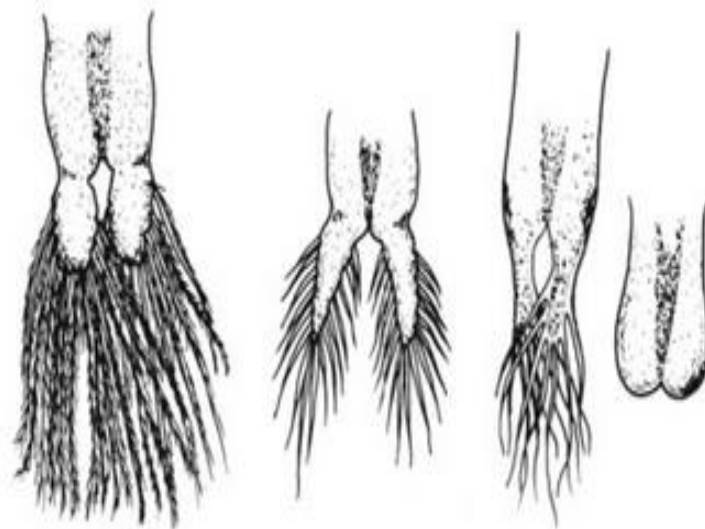


Figure 7. Variabilité de la morphologie de la fourche en relation avec la salinité de l'habitat (Botnariuc & Orghidan, 1953).

2.2. Nauplius

Selon Abatzopoulos et al., (2006), le nauplius d'Artémia (stade larvaire I) mesure entre 400 et 550 μm et le nauplius d'une femelle ovipare sont plus petits que ceux d'une femelle ovovivipare. Suite à la présence de caroténoïdes et du vitellus, le nauplius a une couleur orange et il possède trois paires d'appendices qui comprennent : des antennes larges qui servent à la locomotion, des antennules et des mandibules (Figure 8).

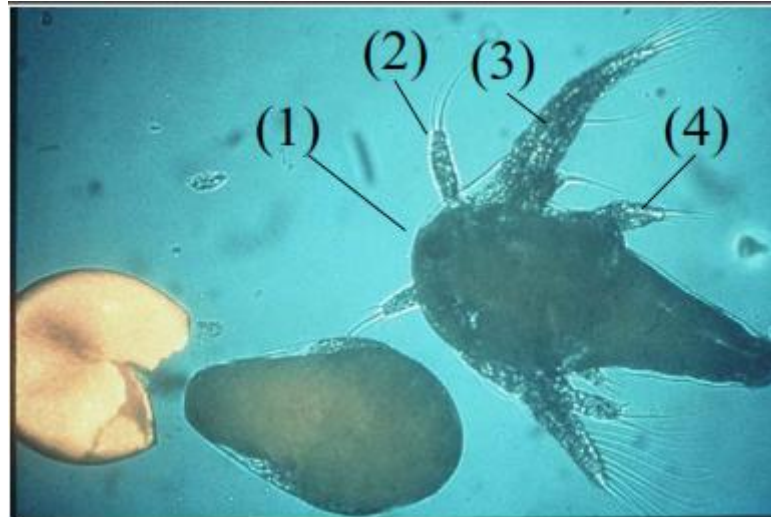


Figure 8. Nauplius d'*Artemia* Instar I après éclosion (côté adroite) et embryon au stade «parapluie» (côté gauche).

1 : œil nauplien ; 2 : antennule ; 3 : antenne. 4 : mandibule ;

(Lavens & Sorgeloos, 1996).

2.3. Cyste

Lorsque les conditions de vie du milieu ne sont plus favorables (une haute salinité, un manque de nourriture, un manque d'oxygène, un stress, ...etc.), la femelle mature d'*Artémia* produit des cystes en stade de cryptobiose (métabolisme ralenti), de forme biconcave et de couleur brunâtre parfois pâle grâce à la présence d'hématine dans la composition de la coquille. Ils sont libérés et abandonnés à la surface des saumures en finissant sur les berges des salines où ils sont contrôlés par des facteurs endogènes et ils peuvent séjourner plusieurs années sans que leur état ne soit altéré (en diapause) (Lavens & Sorgeloos, 1987).

Ces cystes ont la faculté de pouvoir donner naissance à une larve appelée nauplius quand les conditions du milieu sont favorables permettant la reprise de leur activité métabolique. La résistance des cystes aux changements de milieu, en état de cryptobiose, leur permet de survivre à des températures extrêmes de 0°C à plus de 100°C ; les fortes radiations ; et le manque d'oxygène (Treece, 2000).

Le cyste dispose d'un embryon en phase de blastula ou gastrula protégée par le chorion, une paroi externe rigide et résistante. Selon Amat (1982), le diamètre des cystes varie entre 200 et 270 micromètres selon les espèces et la ploïdie des souches.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Selon Van Stappen (1996), au moment de la ponte, le cyste a une forme sphérique mais dans les conditions de sécheresse et de déshydratation, il présente une forme biconcave avec un diamètre de 200 à 300 μm (Figure 9).

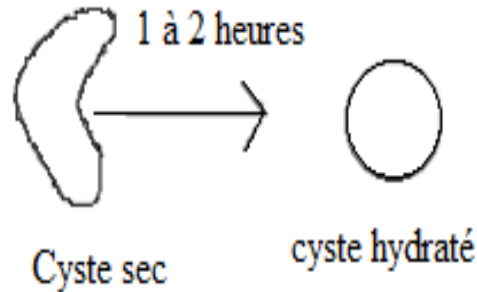


Figure 9. Forme de cyste (Lavens & Sorgeloos, 1996).

Selon Abatzopoulos et al., (2006), le cyste a une mince couche cuticuleuse appelé membrane chorionique avec un diamètre de 3 à 16 μm , composée de trois couches successives (Couche alvéolaire, membrane cuticulaire et cuticule embryonnaire) (Sorgeloos et al., 1977 et Van Stappen, 1996).

Couche alvéolaire: elle est composée de lipoprotéines imbibées de chitine et d'hématine où la concentration de cette dernière détermine la couleur du cyste allant de pale au brun foncé avec une épaisseur de 1.2 μm . Le rôle principal de cette couche est de protéger l'embryon contre les contraintes mécaniques et les rayons UV. Cependant, elle peut être complètement écartée par un traitement d'oxydation par de l'hypochlorite de sodium (Wheeler et al., 1979).

Membrane cuticulaire : c'est une multicouche, elle est de 4.7 μm d'épaisseur. La fonction principale est de protéger l'embryon contre la pénétration des molécules les plus grandes que celles de CO_2 . Aussi elle joue la fonction de filtre, c'est un barrage de perméabilité (Wheeler et al., 1979).

Cuticule embryonnaire: Elle est transparente et très élastique avec une épaisseur de 1.8 μm . Elle joue le rôle de séparation de l'embryon de la membrane cuticuleuse intérieure (Wheeler et al., 1979).

3. Reproduction

La femelle possède des ovaires où l'oviducte conduit les ovocytes à un utérus moyen unique, dans ce dernier, les œufs après la fécondation commencent leur division et terminent leur développement comme embryon jusqu'à la formation du nauplius ovovivipare ou au

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

moment de la phase embryonnaire gastrula, se couvre d'un chorion et sera libéré au milieu sous forme d'œuf cystique ou de durée (Figure 10 et 11). Le chorion est formé d'une substance provient de la glande coquillière, constituée de quatre formations granulaires visibles dans l'utérus avec une couleur marron rougeâtre foncée particulièrement lorsque la femelle prévoit de produire l'œuf de durée (Amat, 1985).

Le mâle a des testicules où les produits séminaux parcourent les vésicules séminales en forme de U de chaque côté et sortent à l'extérieur par les vaisseaux efférents (Figure 10 et 11). Le pénis a une capacité rétractile ou au moment de la fécondation, il peut accroître doublement sa longueur habituelle pour jeter le liquide séminal dans l'utérus de la femelle (Amat, 1985).

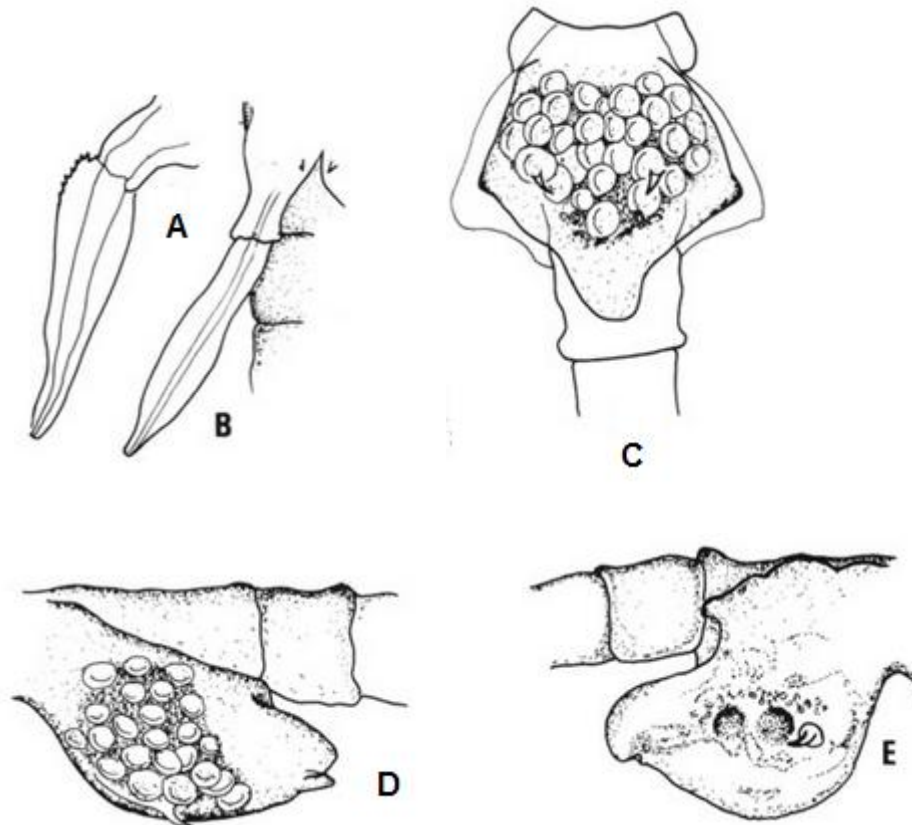


Figure 10. *Artemia sp.* Différents aspects des hémipénis. (A et B), Sac ovigère, vue ventrale (C), idem, vue latérale gauche (D), idem, vue latérale droite (E). (Botnariuc & Orghidan, 1953).

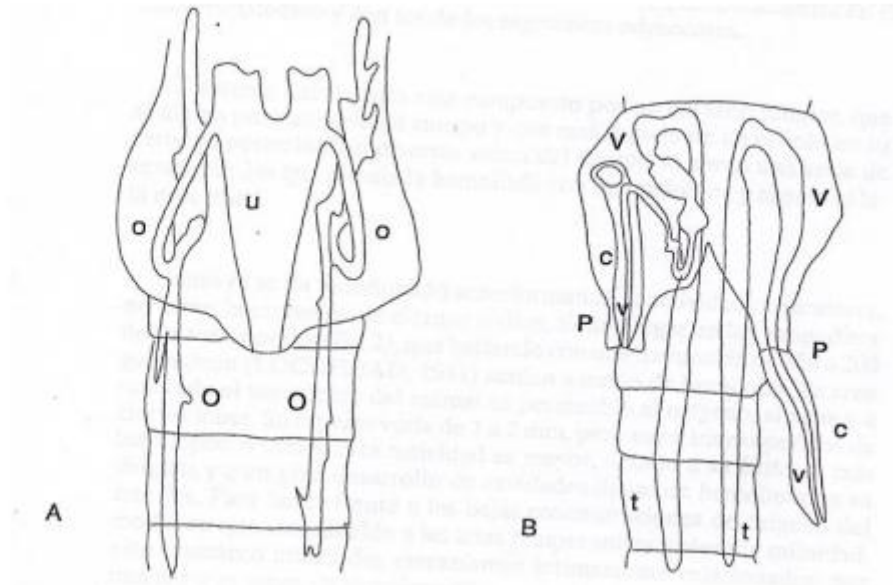


Figure 11. Appareil reproducteur de la femelle et du mâle. A : femelle ; vue ventrale ; B : mâle, vue ventrale ; O : ovaires ; o : oviductes ; u : uterus ; C : cirre ; P : pénis ; t : testicules ; V : vésicules séminales ; v : vaisseaux efférents. (Hontoria, 1990).

La reproduction de l'Artémia a fait l'objet de plusieurs travaux comme celle de Goldschmidt (1952), Dutrieu (1960) et Fautrez & Fautrez-Firlefyn (1971). Les populations d'Artémia peuvent être soit bisexuées soit parthénogénétiques avec la présence particulière de la femelle qui est capable de se reproduire pendant plusieurs générations sans être fécondée (Sorgeloos et al., 1986), aussi les femelles des deux souches donnent deux types de descendance en se reproduisant soit par ovoviviparité soit par oviparité selon les conditions du milieu, un embryon qui réalise son développement embryonnaire à l'intérieur de l'utérus de la femelle en donnant naissance à un nauplius bien formé, libéré dans le milieu et prêt à nager ou un embryon une fois arrivé au stade blastula avancé ou au début de la gastrula, il entre en diapause, se recouvre avec une enveloppe tertiaire résistante sécrétée par une glande coquillière (Barata et al., 1995).

Brisset (1984) a observé dans les milieux à des salinités auxquelles l'Artémia ne peut pas survivre suite à l'importance de la prédation, sa reproduction peut être qualifiée d'ovovivipare afin d'assurer une rapide colonisation du milieu. Selon Versichele et Sorgeloos (1980), c'est un phénomène réversible, l'activité des glandes coquillères contrôlera le passage de l'oviparité à l'ovoviviparité, où on obtiendra des nauplii directement si les sécrétions sont faibles, et si

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

ces dernières sont importantes on aura des cystes mais si elles sont moyennes, les femelles pondront des cystes qui écloront rapidement.

Selon Sorgeloos (1980), chez les souches bisexuées, le mâle s'accroche à la femelle entre l'utérus et la dernière paire de thoracopodes (position d'accouplement ou d'équitation) à l'aide de ses appendices céphaliques (antennes) tout en fléchissant son abdomen et en introduisant l'un de ses deux pénis dans l'appareil génital femelle pour pouvoir libérer son sperme. Ils peuvent aussi nager pour une longue période dans position d'accouplement (Figure 12).

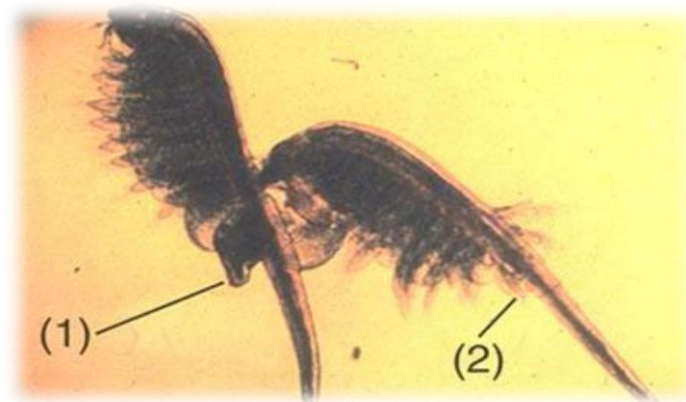


Figure 12. Couple d'Artemia en position d'accouplement (position d'équitation). 1 : utérus; 2 : pénis. (Lavens & Sorgeloos, 1996).

Il faut signaler que, l'ovogenèse chez la femelle est visible suite à la transparence de son corps (Figure 13). Selon l'Amat (1985), le processus de l'ovogenèse est comme suit :

- Stade A : avant le processus de l'ovogenèse, on observe seulement l'allure du tube digestif au niveau de l'abdomen.
- Stade B et C : on observe l'apparition des petites tâches opaques de couleur rosâtre le long des ovaires (début de formation des oocytes dans les ovaires), ces dernières vont se développer en accumulant dans leur cytoplasme, le vitellus. Durant ces phases les oocytes croissent. Il faut noter que la phase C est très courte.
- Stade D : les oocytes migrent vers les sacs latéraux des oviductes, ensuite vers l'utérus en forme d'ovules.

- Stade E : les oocytes fécondés, passent à l'utérus, où s'effectuera le reste du développement embryonnaire.

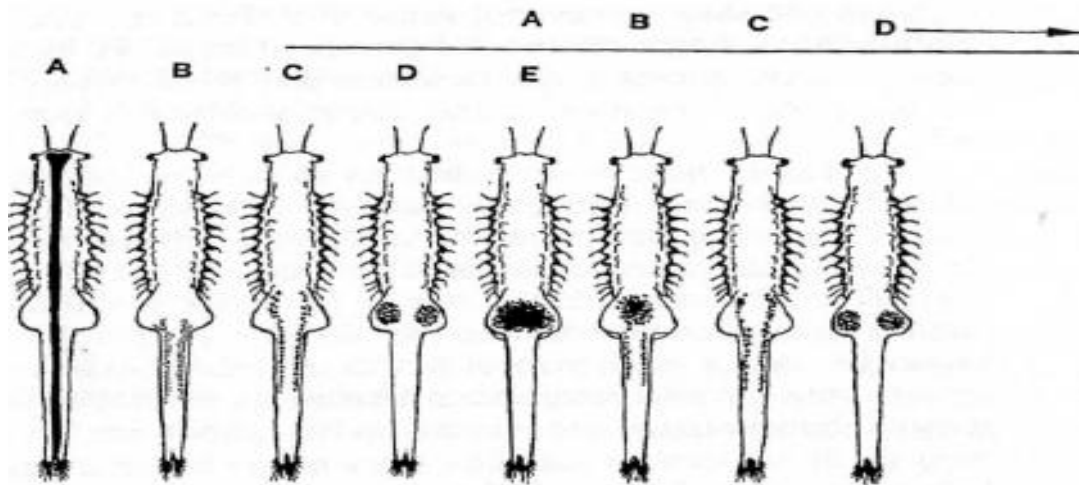


Figure 13. Processus de l'ovogenèse. A : état de repos ; B : activité des ovaires; C : migration des oocytes; D : accumulation des oocytes dans les oviductes; E : accumulation des oocytes dans l'utérus pour la fécondation. (Amat, 1985).

Dans des conditions sèches ou anaérobiques ou si la salinité du milieu est supérieure à 85 PSU (le seuil d'éclosion), le métabolisme embryonnaire est bloqué en métaphase et les cystes restent en diapause pendant plusieurs années consécutives sans perdre leur faculté germinative. Cette caractéristique a généralisé l'utilisation de l'Artémia comme source de nourriture en aquaculture (Sorgeloos et al., 1986).

4. Ecologie

4.1. Répartitions géographiques

Selon Lavens et Sorgeloos (2000), l'Artémia est presque ubiquiste, elle vit dans des biotopes à climat tropical, subtropical ou tempéré. Van Stappen et Sorgeloos ont signalé en 1993, l'existence de plus de 350 populations suite à la flexibilité génétique de l'Artémia et à l'écologie des habitats isolés sur un chiffre de 500 lacs salés naturels et artificiels appelés chott, sebka ou saline, réparties dans les cinq continents à l'exception de l'Antarctique. En 2002, Van Stappen a répertorié 598 sites d'*Artemia*.

En 2010, Muñoz1 & Pacios ont signalé que la connaissance de la biodiversité à l'échelle mondiale, en nombre d'espèces, représente l'un des principaux défis pour les

biologistes surtout les espèces habitent les lacs salins, hypersalins et les zones humides. En grande partie ces sites sont liées aux activités humaines depuis plusieurs millénaires, donc la répartition des différentes espèces d'Artémia pourrait provenir d'une introduction délibérée ou accidentelle (Muñoz1 & Pacios, 2010).

Sur le total de zones géo-référencées listées où l'Artémia peut être trouvée, Muñoz1 & Pacios (2010) on noté un nombre de 499 où 78 sites se trouvent en Amérique du Nord, 92 en Afrique, 153 en Asie, 124 dans les Caraïbes, Amérique centrale et du Sud, 172 en Europe et 14 en Australie et Nouvelle-Zélande (Figure 14, 15).

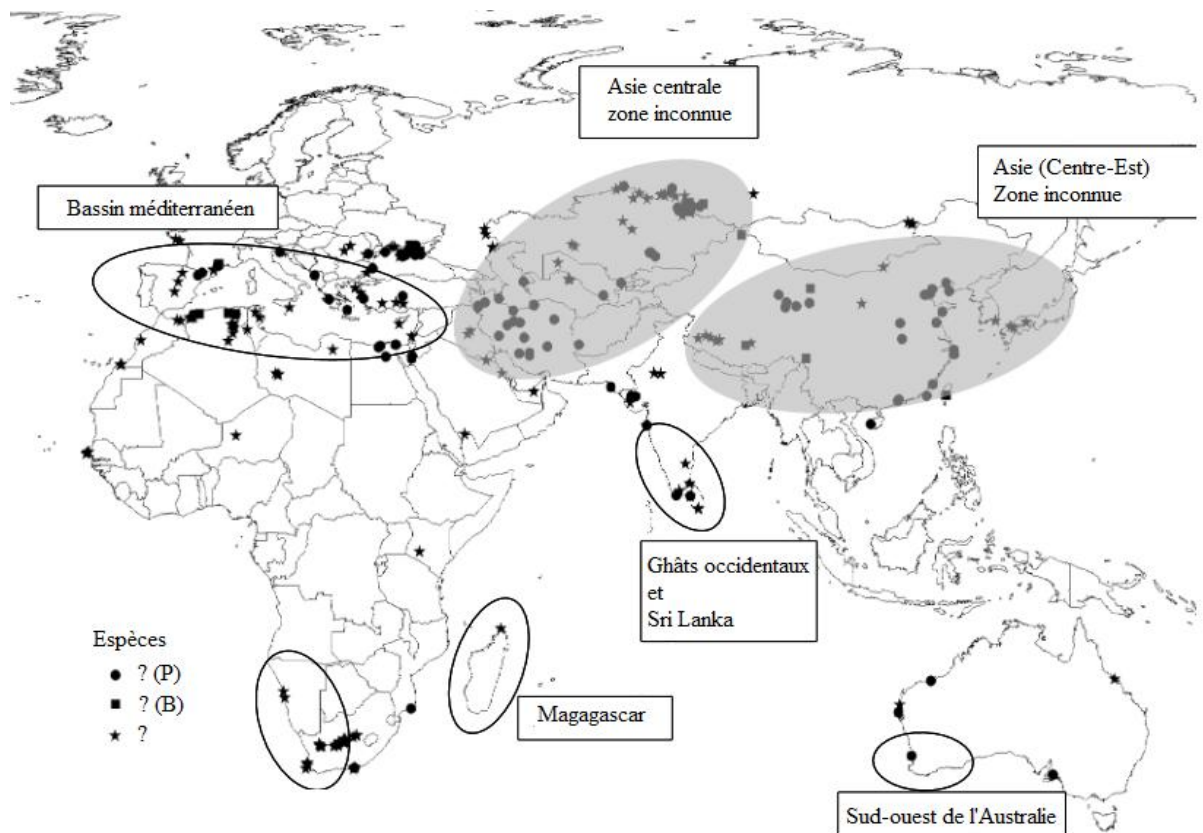


Figure 14. Répartition géographique de l'Artémia en Europe, en Afrique, en Asie et en Australie. les étoiles correspondent aux zones abritant l'Artémia avec un mode de reproduction inconnu (?) ; les carrés correspondent aux sites abritant des populations sexuelles d'Artémia (?B) ; les points noirs correspondent aux sites contenant l'Artémia parthénogénétique (?P); les cercles vides correspondent aux points chauds décrits par Myers et al. (2000) où l'Artémia non décrit a été enregistré; les cercles gris correspondent aux grandes régions où il existe un manque substantiel d'informations sur la biodiversité des artémies (Muñoz1 & Pacios, 2010).



Figure 15. Répartition géographique de l'Artémia en Amérique. Les étoiles correspondent aux zones abritant l'Artémia avec un mode de reproduction inconnu (?); les points noirs correspondent aux zones abritant des populations sexuelles d'Artémia (? (B)) (Muñoz1 & Pacios, 2010).

De plus, le nombre de sites qui abritent des espèces non décrites varie de 6 à 111 (Tableau 1). L'Asie englobe 111 zones, tandis que la région de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande possède 6 sites (Muñoz1 & Pacios, 2010).

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau 1. Nombre de zones pour les espèces d'Artémia non décrites dans le monde entier. ?(B) : population sexuelle non décrite ; ?(P) : population parthénogénétique non décrite ; ?: Artémia non décrite et mode de reproduction inconnu. Les valeurs en pourcentage des zones avec des espèces non décrites ont été calculées en tenant compte du nombre total de zones (Muñoz1 & Pacios, 2010).

Zone	?(B)	?(P)	?	Zones(Total)	Zones avec des espèces non décrites (%)
Amérique du nord	58	0	0	78	78.4
Afrique	5	8	57	92	76
Asie	5	59	47	153	72.5
Caraïbes, Amérique centrale et du Sud	59	0	3	124	50
Eaurope	9	35	35	172	46
Australie et Nouvelle-Zélande	0	4	2	14	42.9

En Algérie, la présence d'Artémia dans les lacs salés a été signalée pour la première fois par Blanchard et Richard (1890), puis en 1928 par Gauthier et en 1931 par Seurat. Par la suite, Sorgeloos et al., (1986) ont mentionné l'existence de ce branchiopode Artémia dans neuf sites, dont certains sont exploités pour la production du sel (Ez-zemoul (wilaya d'Oum-El-Bouaghi), Guergour El-Amri (Wilaya de Sétif), Marouane (Wilaya d'El- Oued), Bethioua (Wilaya d'Oran), Sidi Bouziane (wilaya de Relizane)). En 1991, Zemmouri a signalé cinq sites: Sebkhia Arzew (Wilaya d'Oran), Sebkhia N'Zouri (wilaya d'Oum-El-Bouaghi), Sebkhia Sidi Bouziane (wilaya de Relizane), Chott Marouane (Wilaya d'El- Oued), Mellaha Guergour El-Amri (Wilaya de Sétif). Cependant, l'approche géographique montre que 4 d'entre elles ont déjà été citées mais avec des noms différents : Sebkhia Arzew qui est sebkhia de Bethioua, sebkhia N'zouri qui est la sebkhia d'Ez-Zemoul, sebkhia Sidi Bouziane qui est le lac Djemaa et chott Marouane qui est le chott Djeloud (Sorgeloos et al., 1986).

Pour le même objectif, quatre autres sites ont été étudiés par Kara (1998) (El Ghaba, Ed-dar, Melha, Magtaa) aux alentours du chott Marouane (Wilaya d'El- Oued) appelé Chott Djeloud par Morgan (1982) et Sorgeloos et al., (1986). Ceux-ci sont dépourvus d'Artémia (Kara, 1998), ainsi que Sebkhia Djendli (Wilaya de Batna) où *Branchinecta media* (Schmankewitsch, 1873) a été identifié comme *Artemia salina* par Blanchard et Richard (1890) (Samraoui et al., 2006; Amarouayache, 2009). Ghomari et al., (2011) ont étudié huit sites (Béthioua (Wilaya d'Oran), Oran (Wilaya d'Oran), Sidi Bouziane (Wilaya de Relizane), Guergour El Amri (wilaya de Sétif), Ezzamoule (wilaya d'Oum-El-Bouaghi), Goléa (Wilaya de Ghardaia), Garaet et-Tarf (wilaya d'Oum-El-Bouaghi) et Melghir (wilaya d'El Oued)). Kara et Amarouayache ont recensé en 2012, 24 sites d'*Artemia* connus en Algérie avec les

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

coordonnées géographiques, les zones, la superficie, le mode de reproduction (parthénogénétique ou bisexuel) et le niveau de ploïdie des populations parthénogénétiques (Tableau 2). Cependant, actuellement aucun site algérien ne fait l'objet d'une exploitation.

Tableau 2. Les sites potentiels d'Artémia connus en Algérie

Région	Superficie (ha)	Coordonnées géographiques	Mode De reproduction	Espèce	Références
Sebkhat Oran	43000	35°43'N 00°08'W	P(2n)	-	Sorgeloos et al., (1986) ; Ghomari et al., (2011).
Chott Ouargla	6853	31°57'N 05°20'E	?	-	Sorgeloos et al., (1986).
Chott Marouane (Djeloud)	36000	34°03'N 06'20'E	B	<i>A. Salina</i>	Sorgeloos et al., (1986); Zemmouri, 1991 ; Kara et al., (2004) ; Samraoui et al., (2006); Amarouayache et al.,(2009a); Amarouayache & Kara, 2010 ; Amarouayache & Kara, 2017.
Sebkhat Ez-Zemoul (Oum El Bouagui)	6100	35°53'N- 06°33'E	B, P(2n)	<i>A. Salina</i>	Sorgeloos et al., (1986); Zemmouri, 1991; Kara,1998; Samraoui et al.,(2006); Amarouayache & Kara (2010); Amarouayache et al., (2010); Amarouayache et al., (2012).
Saline d'Arzew (Bethioua, Oran)	2900	35°41'N- 00°17'W	P(4n), P(2n)		Zemmouri, 1991; Haddag, 1991; Samraoui et al., (2006); Ghomari et al., (2011) ; Akkouda & Nader (2017); Bezzi & Houhech (2015); Maddi & Mahloul (2018); Bensaid & Toubouache (2018).
Garaet El Tarf (Oum El Bouagui)	33460	35°42'N 07°07'E	B	<i>A. Salina</i>	Kara,1998; Haddag, 1991; Gagneur & Kara (2001); Ghomari et al., (2011)
Chott Melghir (Biskra)	48000	34°10'N 06°17'E	B, P(2n)	<i>A. Salina</i>	Samraoui et al., (2006); Ghomari et al., (2011)
Sebkha de Sidi Bouziane (Relizane)	1740	35°50'N 00°39'W	P(2n)	-	Zemmouri,1991; Ghomari et al., (2011)
Lac d'El-Bahira (Sétif)	10	35°50'N 05°15'E	P	-	Sorgeloos et al., (1986); Derbal et al., 2010); Ghomari et al., (2011) ; Amarouayache & Belakri (2015).
Lac salé de Goléa (Ghardaia)	18,947	30°28'N 02°55'E	P(4n)	-	Ghomari et al., (2011)
Dayet Morseli (Oran)	150	35°30'N 00°46'W		Inconnue	Sorgeloos et al., (1986)

4.2. Alimentation

Selon Provasoli et Shiraishi, (1959), l'Artémia est un branchiopode filtreur typiquement phagotrophe qui s'alimente en se déplaçant perpétuellement suite aux battements des thoracopodes, en produisant des courants d'eau en sens opposés, une part vers l'extrémité postérieure du corps et d'autre part le long du canal ventral de la région thoracique (Figure 16). Un deuxième type de courant transporte les particules captées par les télodites vers la cavité buccale où elles vont être entourées par une sécrétion visqueuse avant que les maxillaires et les mandibules les envoient à l'œsophage (Tobias et al., 1979). Cependant le processus d'alimentation est différent chez le nauplius suite à l'absence d'appendices bien développés. En effet pendant les premières heures après l'éclosion, il se nourrit des réserves vitellines au niveau de l'organe nucal, jusqu'au stade II (Heath, 1924). Une fois les réserves épuisées, il capture l'aliment à l'aide des cils insérés au bord des antennes secondaires à mesure que les télodites se développent.

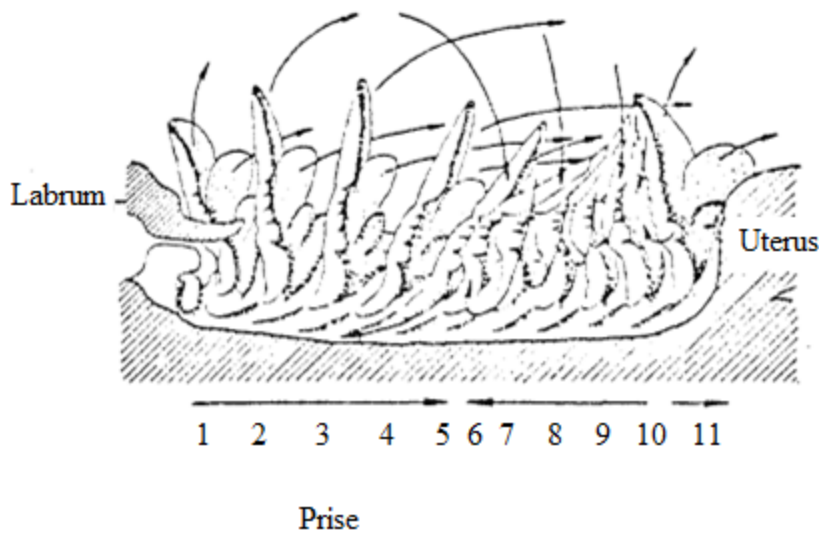


Figure 16. Diagramme schématique du mouvement des thoracopodes (Vollmer, 1952).

Kellog a signalé en 1906 que la croissance de l'Artémia sera retardée et lente avec une mortalité remarquable dans un milieu pauvre en nourriture.

L'Artémia n'ingère les particules en suspension quelques soit leurs nature que si elles sont d'une taille acceptable. Selon Reeve (1963), Seki (1966) et Takano (1967) ont signalé que l'Artémia est capable d'absorber des particules de quelques microns comme les bactéries jusqu'à des tailles de 25 microns.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Aussi Dobbeleir et al., (1980) ont déterminé la taille optimale des particules alimentaires pour le nauplius qui est de l'ordre de 25 à 30 microns et pour l'adulte qui est entre 40 à 50 microns.

La non-sélectivité de la nourriture chez l'Artémia présente un avantage important en agrandissant la gamme des aliments sur lesquels l'Artémia peut se développer. Selon Brisset (1984), quelle que soit la nature de l'aliment vivante ou inerte elle devra toutefois présenter deux caractéristiques essentielles pour être ingérée par l'Artémia :

- Insolubilité
- Taille inférieure à 50 microns.

La liste des produits, vivants ou inertes, connus pour avoir été utilisés avec succès est représentée dans le Tableau 3.

Tableau 3. Liste de quelques aliments vivants et inertes connues pour assurer une bonne croissance de l'Artémia. 1 : Braun, 1980; 2 : Tobias et al., 1979; 3 : Czczuga, 1980; 4 : D'agostino, 1980; 5 : De Los Santos et al., 1980; 6 : Dobbeleir et al., 1980; 7 : Dutrieu, 1960; 8 : Dwivedi et al., 1980; 9 : Johnson, 1979; 10 : Teramoto & Kinoshita, 1961; 11 : Pavillon, 1980; 12 : Person Le Ruyet, 1976; 13 : Samain et al., 1980; 14 : Sorgeloos, 1978, 1979, 1980.

Nourriture vivante	Algues	Diatomées (1,4, 5, 12, 2)
		Chlorophycées (3, 4, 7, 9)
		Chrysochycée (4)
		Crytophycées (4)
		Cyanophycées(4, 5)
	Levures (3,9)	
	Bactéries (10)	
Nourriture inerte	Algues (7, 9, 11, 12,14)	
	Produit agro-alimentaires	Son de riz (5, 6, 14)
		Son de blé (6)
		Soja (6, 14)
		Lactosérum (6, 14)
		Amidon (4)
Albumine (4)		

Toute fois, il faut signaler que le phytoplancton, particulièrement les chlorophycées *Dunaliella salina* et *Chlamydomonas sp.*, reste l'aliment préférée pour l'Artémia en raison de leur haute valeur nutritive en protéines, mais lorsque le phytoplancton devient rare, ce branchiopode se positionne sur les fonds vaseux et agite les microparticules organiques sédimentées afin de les mettre en suspension pour les filtrer et les ingurgiter (Ayadi et al., 2004).

4.3. Caractéristiques écologiques

4.3.1. Salinité

Selon Hedgpeth (1959), en milieu naturel, l'Artémia peuple les milieux hypersalés à une salinité supérieure à 100 PSU dont on trouve:

- Milieux athalassohalins : ces biotopes possèdent une composition ionique différente de celle de l'eau de mer, ils se caractérisent par une dominance des ions de potassium et de magnésium (Demergasso, 2004, Ventosa et al., 2008). La nature des ions dominants dans les lacs hypersalés dépend de la topographie du milieu, de la géologie et des conditions climatiques (Oren, 2011)
- Milieux thalassohalins : ces milieux possèdent une composition ionique reflétant celle de l'eau de mer, avec des proportions d'anions et de cations similaires et une prédominance du NaCl (Ventosa & Arahal, 2009). Ces biotopes peuvent être d'origine naturelle, comme les sebkhas ou d'origine anthropique, comme les marais salants (Menasria, 2020).

Milieu thalassohalin d'origine anthropique : la plupart des milieux hypersalés ont une prédominance de chlorure de sodium de sel suite à l'évaporation de l'eau de mer (Oren, 2006).

Milieu thalassohalin d'origine naturelle : Ces biotopes se caractérisent par un climat sec (semi-désertique, steppique, tropical sec), un climat aride en bordure des dépressions salées subdésertiques comme les Sebkhas et les Chotts en Afrique du Nord et un climat humide en bordure de mer (Oren, 2007; Edbeib et al., 2016). Aussi, ils sont soit dépourvus de végétation lorsque la salinité est très élevée, soit colonisés par une végétation spécialisée et de nombreuses plantes halophytes adaptées à de telles conditions (Menasria, 2020).

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

L'*Artemia* est une espèce euryhaline grâce à son aptitude de tolérer des valeurs très élevées de salinité. En effet, elle a développé un système de défense écologique en supportant des compositions ioniques et des salinités critiques pour la majorité des autres espèces aquatiques. Selon Cole et Brown (1967), l'*Artémia* est la meilleure espèce des métazoaires aquatiques en terme de résistance à la salinité grâce à son système d'osmorégulation, elle peut vivre dans des salinités allant de 9 PSU (Brisset, 1984) à 340 PSU (Post & Youssef, 1977). Cependant il faut signaler, que la salinité a un effet très important sur la production des cystes. Sorgeloos a signalé en 1980, que la femelle californienne de la baie de San Francisco ne peut pas émettre des cystes qu'à partir d'une salinité de 85 PSU.

4.3.2. Température

Selon Vos & Transutapanit (1979), l'*Artémia* est une espèce eurytherme, elle peut vivre dans des biotopes à des températures allant de 6°C à 37°C et survit à une température de 40 °C pendant quelques jours. Cependant son optimum de croissance est variable selon les espèces, il est compris entre 25°C et 30°C. Aussi, la tolérance à la température est en fonction des stades du développement où les cystes peuvent tolérer à des températures élevées et les nauplii peuvent tolérer des températures comprises entre 6°C et 40°C (Skoultchi & Morowitz, 1964).

4.3.3. Oxygène

L'*Artémia* peut vivre dans des milieux à des valeurs très larges d'oxygène dissous, en proliférant dans des biotopes avec des taux de saturation d'oxygène de 150% (cas de «bloom» algal) aussi dans des biotopes pauvres en oxygène avec des taux de saturation de 1% (Trigui, 2017).

Aussi, les cystes peuvent éclore jusqu'à des concentrations en oxygène de 1mg/l (Sorgeloos & Persoone, 1975). Dans les écloséries une agitation par bullage par le fond est nécessaire afin d'éviter le dépôt des cystes au fond et la création des zones anaérobiques (Lavens & Sorgeloos, 1987).

4.3.4. pH

L'*Artémia* peut vivre que dans des milieux à des pH neutre ou à des pH alcalin. Sato a signalé en 1967 que le pH joue un rôle important au cours de l'éclosion où l'optimum est de 8 à 9, niveau auquel une enzyme active durant l'émergence de l'embryon présente une activité

maximale (Figure 17). Cependant à des gammes inférieures à 6, il devient létal pour l'Artémia (Brisset, 1984).

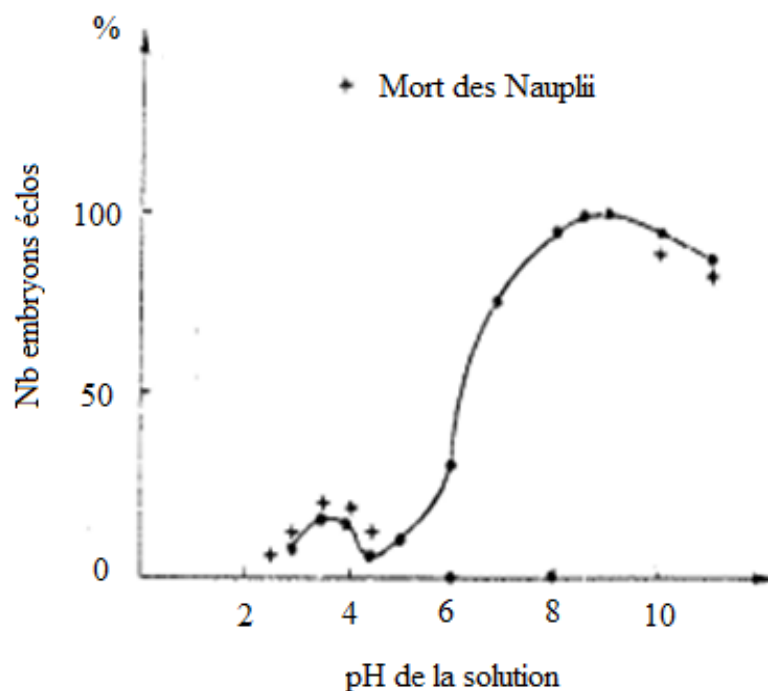


Figure 17. Influence du pH du milieu d'incubation sur l'activité enzymatique des embryons d'Artémia (Sato, 1967).

5. Compétition, prédation et parasitisme

Dans les milieux hypersalés, l'*Artemia* constitue, en outre, la proie préférentielle des oiseaux vivants (Thiery & Puente, 2002) tels que les flamants roses (Torretera & Dodson, 2004). A des salinités inférieures à 70 g/kg, quelques groupes d'invertébrés peuvent entrer en compétition avec elle comme les rotifères, les ciliés et plus rarement divers crustacés comme les anostracés et les copépodes. Le nombre de prédateurs augmente lorsque la salinité est proche de celle de l'eau de mer, où toutes les espèces zooplanctonophages trouveront dans l'Artémia un aliment de choix et facile à capturer par sa lenteur dans ses déplacements en pleine eau en position renversée (Brisset, 1984).

Aussi, l'Artémia est un hôte intermédiaire de parasites et d'agents pathogènes, comprenant des helminthes avec des cycles de vie complexes via un hôte final aviaire

(Georgiev et al., 2005; Vasileva et al., 2009), des microsporidies à transmission horizontale (Martinez et al., 1992; Rode et al., 2013), des virus et des bactéries (Crab et al., 2010; Soto-Rodriguez et al., 2003).

Dans le bassin occidental méditerranéen, les espèces autochtones d'Artémia sont des hôtes intermédiaires de 12 espèces de cestodes parasitant les flamants roses, les grèbes, les échassiers, les tadornes et les goélands (Georgiev et al., 2005; Vasileva et al., 2009; Redón et al., 2015). Les infections par les cestodes sont associées à des altérations physiologiques, reproductives et comportementales ayant un impact négatif sur les populations autochtones d'Artémia (Amat et al., 1991; Sánchez et al., 2006; Redón et al., 2015).

Ces dernières années, les biologistes s'intéressent beaucoup plus au rôle des parasites dans les invasions biologiques (Torchin et al., 2003; Prenter et al., 2004; Redón et al. 2015). Neuf cestodes ainsi qu'une espèce de nématode ont été enregistrés dans des populations introduites d'*Artemia franciscana* (Kellog, 1906) en Méditerranée occidentale (Georgiev et al., 2007; Vasileva et al., 2009; Sánchez et al. 2012). Aussi, le taux d'infection est plus faible chez l'espèce invasive *Artemia franciscana* (Kellog, 1906) que chez l'*Artemia parthenogenetica* (population autochtone diploïde) et l'*Artemia salina* (Linnaeus, 1758) ce qui explique en partie le succès compétitif et l'invasion rapide de cette espèce endémique des Amériques (Georgiev et al. 2007, 2014).

6. Cycle de vie

Whitaker a noté en 1940, que les femelles peuvent se reproduire en donnant directement des nauplii ou bien des cystes résistants selon les conditions du milieu (Figure 18). Ces derniers flottent à la surface de l'eau et ils sont transportés par le vent vers les berges.

Suite à une série de dix-sept mues, la larve se croît et se différencie dont on mentionne : un stade nauplien, quatre stades de méta-nauplien, sept stades de poste- méta-nauplien et cinq stades de poste-larvaire (Hentschel, 1968 et Schrehardt, 1987).

Selon Dhont & Van Stappen (2003), après l'hydratation, la coquille se déchire et l'embryon apparaît partiellement où il reste toujours entouré par la cuticule embryonnaire, avec l'apparition d'un œil sous forme de point noir bien visible émergé à travers la fissure de la coquille (Figure 19).

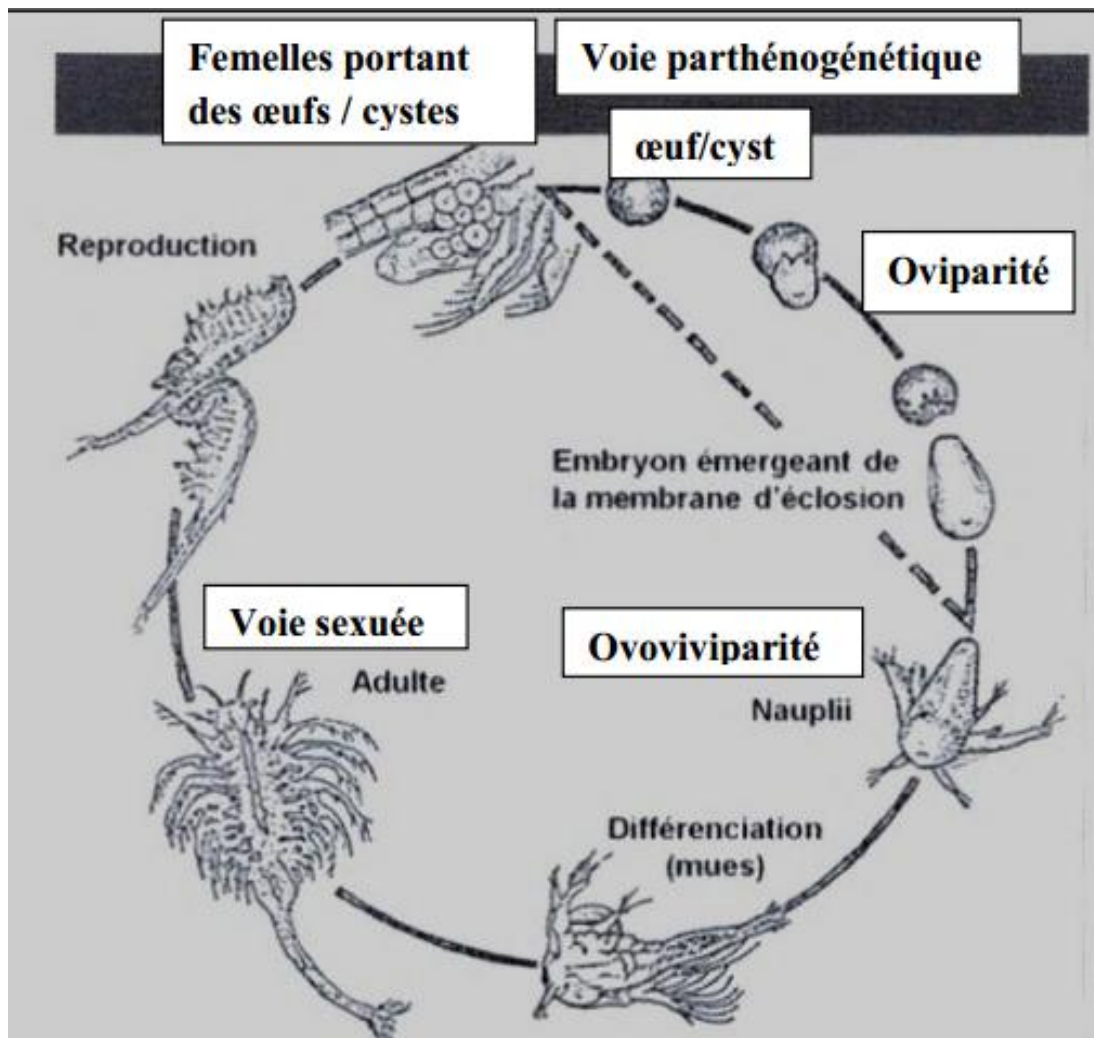


Figure 18 .Cycle biologique de l'Artémia (Defaye et al., 1998).

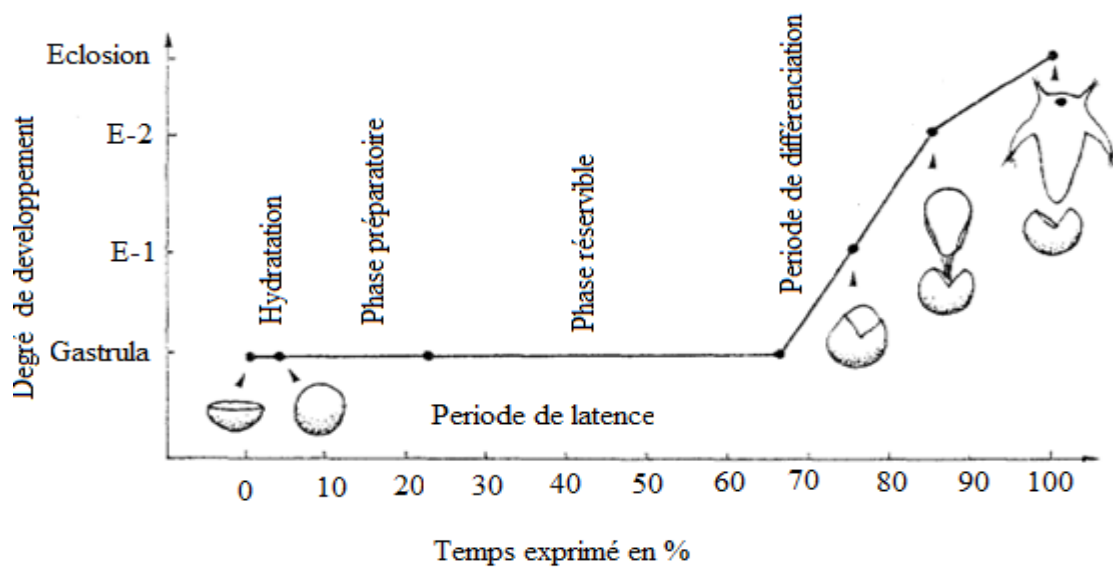


Figure 19. Déroulement de l'éclosion (Morris, 1971).

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Le pré-nauplius se libère entièrement de la cuticule membranaire (stade Umbrela) après quelques heures, en remarquant les mouvements des premiers appendices (Figure 20). Quelques minutes après, l'embryon se sépare complètement de la membrane et le nauplius commence à nager instantanément (Dhont & Van Stappen, 2003).

Après une durée environ 8 heures, le nauplius subit une première mue en se transformant en méta-nauplius où le tube digestif commence à fonctionner, la bouche et l'anus sont aussi ouverts, en commençant à s'alimenter avec des petites particules alimentaires dont la taille est inférieure à 50 μ m (Dhont & Van Stappen, 2003).

Cependant, il faut signaler que la température influe directement sur la durée séparant deux mues successives où à une température de 20°C, la période entre deux mues successives est de 24 heures, alors que celle-ci est réduite à 6 heures à une température de 30°C (Hentschel, 1968).

Des transformations morphologiques et fonctionnelles importantes se mettent en place à partir du dixième stade. L'élancement et la segmentation du corps de la larve sont remarqués, les huit premières paires de pattes thoraciques sont formés et les yeux complexes sont pigmentés. A ce stade, la larve atteint environ une taille de 1.4 mm (Dhont & Van Stappen, 2003).

À la quinzième mue, la segmentation abdominale s'accomplit, les 11 paires de thoracopodes sont entièrement formées et les antennes perdent leur fonction de locomotion en subissant une différenciation sexuelle (Dhont & Van Stappen, 2003).

Selon Van Stappen (1996), à cette étape, l'Artémia devient adulte et elle atteint la maturité sexuelle, en se caractérisant par la présence d'une paire de protubérances qui apparaît à la base des antennes chez le mâle avec la présence d'une paire de pénis à la partie inférieure du corps. Cependant chez la femelle, l'utérus se distingue en une poche utérine, pendant que le premier cycle ovarien se d'éclanche. A ce moment on peut remarquer le couple en position de pré-accouplement.

Dans des conditions optimales, le nauplius de l'Artémia peut atteindre le stade adulte seulement au bout de 8 jours (Lavens & Sorgeloos 1996).

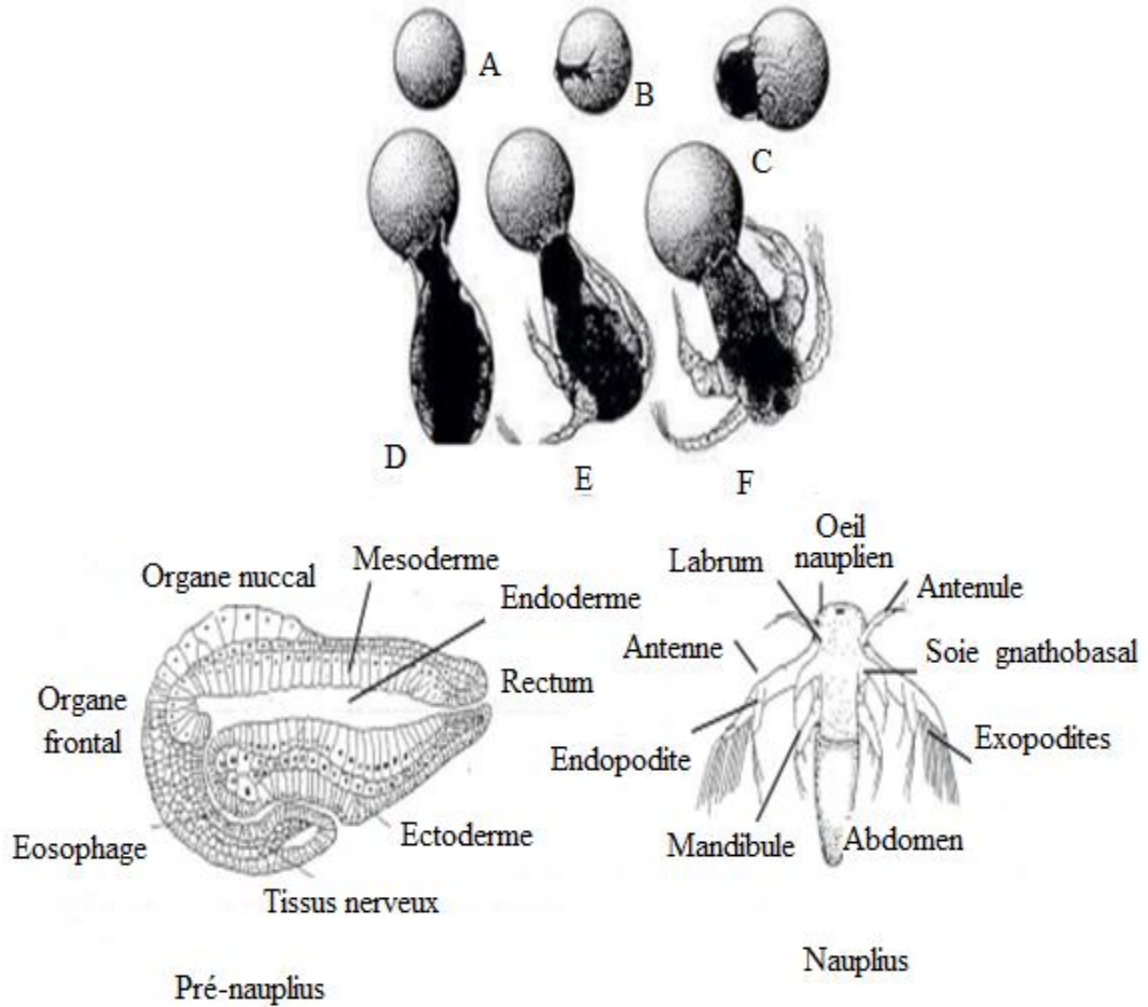


Figure 20. Phases de développement du nauplii d'Artémia et schéma de la morphologie du pré-nauplius et du nauplius. A : cyste ; B et C : phases d'éclosion ; D : pré-nauplii ; E et F : nauplii (Amat, 1985).

7. Valeur nutritionnelle de l'Artémia (Profil des acides gras)

Watanabe et al., 1978, Léger et al., 1986; Lavens et al., 1989 ; Navarro et al., 1992; Tizol-Correa et al., 2006 ont signalé que le facteur clé qui détermine la valeur nutritive des nauplii d'*Artemia* en tant qu'aliment larvaire est sa composition en acides gras.

7.1. Définition

Les acides gras sont les composants élémentaires des lipides. Ils sont composés d'une chaîne hydrocarbonée comportant à une extrémité un groupement méthyle CH₃ et à l'autre extrémité un groupement carboxyle COOH. Ils se définissent par leur nombre de carbone, leur

degré d'insaturation (nombre de doubles liaisons) et la position des doubles liaisons (Cuvelier et al., 2004) (Figure 21).

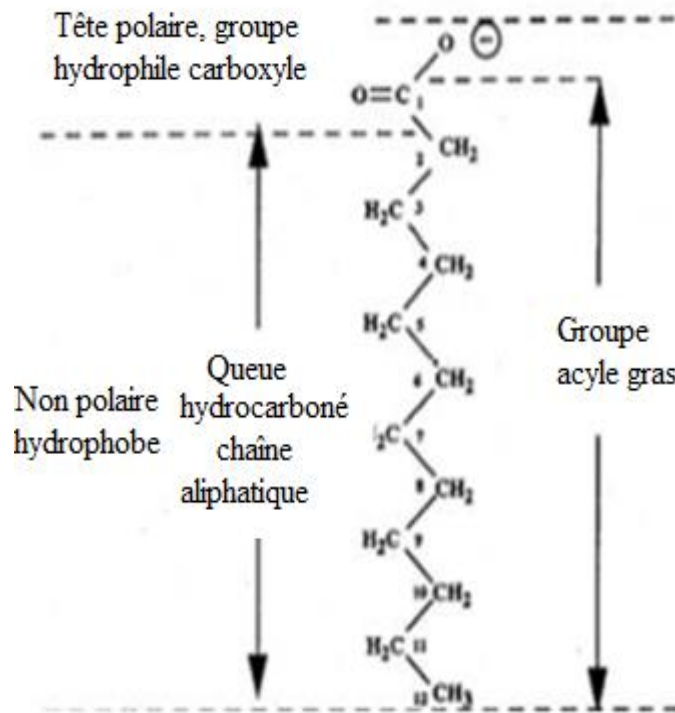


Figure 21. Structure d'un acide gras (AG) (Cuvelier et al., 2004).

Ainsi 14:0 et 16:0 désignent un acide gras à respectivement 14 et 16 atomes de carbone et sans double liaison. 18:1n-9 et 18:1n-7 désignent un acide gras à 18 carbones et une double liaison. Pour ces deux acides gras, les doubles liaisons sont situées respectivement au 9^{ème} et au 7^{ème} carbone en partant de l'extrémité méthyle de la chaîne carbonée. Ceci est également noté 18:19 ou 18:1ω9 ou 18:1n-9. Les acides gras insaturés sont généralement sous la forme cis (= « du même côté » c'est-à-dire que leurs deux atomes d'hydrogène se trouvent du même côté du plan formé par la double liaison carbone). Les acides gras ont également un nom commun comme l'acide palmitique 16:0, l'acide oléique 18:1n-9, et l'acide linoléique 18:3n3, leur nom dérivant de leur origine. Il existe également des noms dérivant de la nomenclature gréco-romaine comme l'acide eicosapentaénoïque (EPA) 20:5n-3 et l'acide docosahexaénoïque (DHA) 22:6n-3 (Cuvelier et al., 2004).

7.2. Classification et nomenclature

Les acides gras sont des acides carboxyliques à chaîne aliphatique hydrophobe, saturés ou non saturés selon qu'ils contiennent ou pas des doubles liaisons. Ils sont notés $n:m$, où n

indique le nombre d'atomes de carbone et m représente le nombre de doubles liaisons. Les acides gras diffèrent donc entre eux non seulement par la longueur de la chaîne carbonée, mais aussi par la position, le nombre et la structure spatiale (*cis*, *trans*) des doubles liaisons (Cuvelier et al., 2004).

La commission sur la nomenclature biochimique a établi des règles sur la nomenclature des acides gras (International Union of Pure and Applied Chemistry and International Union of Biochemistry Commission on Biochemical Nomenclature, 1968; 1978). Suite à cette nomenclature internationale normalisée et après avoir déterminé le nombre d'atomes de carbone de la molécule, les acides gras sont identifiés et le carbone du groupement carboxyle est toujours noté 1. Les autres carbones maintiennent leur numéro d'ordre. Une méthode d'identification alternative comporte à attribuer aux atomes de carbone adjacents au carbone 1 les lettres de l'alphabet grec. Le carbone 2 est ainsi le carbone α , le carbone 3 est le carbone β , etc. La lettre ω indique toujours le dernier carbone de la chaîne aliphatique, soit le carbone du groupement méthyle terminal, CH₃.

Dans la présente étude, nous avons utilisé la nomenclature suivante:

X:Yn-Z avec :

X = nombre d'atomes de carbone.

Y = nombre de doubles liaisons.

n = le dernier carbone de la chaîne aliphatique (le carbone du groupement méthyle terminal, CH₃).

Z = localisation de la première liaison double à compter de l'extrémité méthyle.

7.3 Types d'acides gras

7.3.1. Les acides gras saturés AGS

Les acides gras saturés sont présents dans le règne animal y compris chez les poissons sous forme de chaîne carbonée allant de 14 à 24 carbones (Tableau 4). Cependant les acides gras les plus abondants sont le 16:0 et 18:0, et dans une moindre mesure le 20:0 (Peter, 2008).

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau 4. Les acides gras saturés (International Union of Pure and Applied Chemistry and International Union of Biochemistry Commission on Biochemical Nomenclature, 1978; Kramer et al.,1998).

Acide gras	Nom d'usage	Nom systématique
1:0	acide formique	acide méthanoïque
2:0	acide acétique	acide éthanoïque
3:0	acide propionique	acide propanoïque
4:0	acide butyrique	acide butanoïque
5:0	acide valérique	acide pentanoïque
6:0	acide caproïque	acide hexanoïque
7:0	acide énanthique	acide heptanoïque
8:0	acide caprylique	acide octanoïque
9:0	acide pélargonique	acide nonanoïque
10:0	acide caprique	acide décanoïque
11:0	acide undécylique	acide undécanoïque
12:0	acide laurique	acide dodécanoïque
13:0	acide tridécylique	acide tridécanoïque
14:0	acide myristique	acide tétradécanoïque
15:0	acide pentadécylique	acide pentadécanoïque
16:0	acide palmitique	acide hexadécanoïque
17:0	acide margarique	acide heptadécanoïque
18:0	acide stéarique	acide octodécanoïque
19:0	acide nonadécylique	acide nonadécanoïque
20:0	acide arachidique	acide icosanoïque
21:0	acide hénéicosylique	acide hénéicosanoïque
22:0	acide béhénique	acide docosanoïque
23:0	acide tricosylique	acide tricosanoïque
24:0	acide lignocérique	acide tétracosanoïque
25:0	acide hyénique	acide pentacosanoïque
26:0	acide cérotique	acide hexacosanoïque
27:0	acide carbocérique	acide heptacosanoïque
28:0	acide montanique	acide octacosanoïque
29:0	acide nonacosylique	acide nonacosanoïque
30:0	acide mélistique	acide triacontanoïque
31:0	acide hentriacontylique	acide hentriacontanoïque
32:0	acide lacéroïque	acide dotriacontanoïque
33:0	acide psyllique	acide tritriacontanoïque
34:0	acide geddique	acide tétratriacontanoïque
35:0	acide céroplastique	acide pentatriacontanoïque
36:0	acide hexatriacontylique	acide hexatriacontanoïque
37:0	acide heptatriacontylique	acide heptatriacontanoïque
38:0	acide octatriacontylique	acide octatriacontanoïque

7.3.2. Les acides gras mono insaturés AGMI

Parmi les acides gras mono insaturés (Tableau 5), le 18:1n-9 et le 16:1n-7 sont les plus répandus dans la plupart des lipides du poisson. Cependant, le 20:1n-9 et le 22:1n-11 sont souvent retrouvés dans les lipides neutres. Ces derniers dérivent des acides gras présents dans le zooplancton (Ackman, 1989).

Tableau 5. Exemple de quelques acides gras mono insaturés (International Union of Pure and Applied Chemistry and International Union of Biochemistry Commission on Biochemical Nomenclature, 1978; Kramer et al., 1998).

Acide gras	Nom d'usage	Nom systématique
16:1n-7	acide palmitoléique	acide 9Z-hexadécénoïque
18:1n-9	acide oléique	acide 9Z-octadécénoïque
20:1n-9	acide 11-eicosénoïque	acide 11Z-eicosénoïque
22:1n-9	acide érucique	acide 13Z-docosaénoïque
24:1n-9	acide nervonique	acide 15Z-tétracosaoénoïque

7.3. 3. Les acides gras poly insaturés AGPI

Dans le milieu naturel, la richesse en AGPI n-3 est liée à la composition du phytoplancton où ces acides gras représentent plus de 40% des lipides totaux. Ces AGPI n-3 sont conservés dans les niveaux trophiques supérieurs : 15 à 20% dans le zooplancton et 20% chez le poisson (Sargent et al., 1989). Cependant, dans les écosystèmes d'eau douce, c'est le 18:3n-3 qui est majoritaire (9 à 15% des acides gras totaux) alors que dans les écosystèmes marins ce sont les AGPI à longue chaîne (20 carbones et plus) qui prédominent (25 à 38%) (Sargent et al., 1989). Cette différence a des répercussions sur les besoins et la synthèse des acides gras chez le poisson. En général, les poissons marins ont des teneurs plus élevées en AGPI longs que les poissons d'eau douce. Le tableau 6 présente quelques acides gras poly insaturés.

Tableau 6. Exemple de quelques acides gras poly insaturés (International Union of Pure and Applied Chemistry and International Union of Biochemistry Commission on Biochemical Nomenclature, 1978; Kramer et al., 1998).

Acide gras	Nom d'usage	Nom systématique
18:2n-6	acide linoléique	acide 9Z,12Z-octadécadiénoïque
18:3n-3	acide α -linoléique	acide 9Z,12Z,15Z-octadécatriénoïque
18:3n-6	acide γ -linoléique	acide 6Z,9Z,12Z-octadécatriénoïque
20:3n-6	acide dihomogamma-linoléique	acide 8Z,11Z,14Z-eicosatriénoïque
20:4n-6	acide arachidonique	acide 5Z,8Z,11Z,14Z-eicosatétraénoïque
20:5n-3	acide eicosapentaénoïque	acide 5Z,8Z,11Z,14Z,17Z-eicosapentaénoïque
22:6n-3	acide docosahexaénoïque	acide 4Z,7Z,10Z,13Z,16Z,19Z-docosahexaénoïque

7.4. Rôle des acides gras

Les acides gras sont présents chez la plupart des procaryotes et eucaryotes à l'exception des Archae, certains également sont des indicateurs de la qualité nutritionnelle d'un compartiment trophique spécifique comme le zooplancton (Dalsgaard et al., 2003), les poissons (Piché et al., 2010) et les mammifères marins (Budge et al., 2008).

Arendt et al., (2005) et Boëchat & Adrian (2006), ont signalé que les acides gras essentiels présentent des composants essentiels et importants durant la période de reproduction, d'embryogenèse et de croissance du zooplancton marin et d'eau douce comme les acides gras hautement insaturés l'acide eicosapentaénoïque 20:5 n-3 (EPA), l'acide docosahexaénoïque 22:6 n-3 (DHA) et l'acide arachidonique 20:4n-6 (ARA) qui interviennent dans la croissance, la reproduction et le développement neural du zooplancton et des poissons (Brett et al., 2009).

Les AGPI à longue chaîne carbonée ont un rôle structuro-modulateur au sein des membranes cellulaires en permettant à ces membranes de maintenir leur fluidité en particulier dans des conditions de basses températures, aussi, leurs propriétés de perméabilité, d'élasticité, de transport latéral et absorption de vésicules sous une large gamme de conditions externes grâce à la longueur de leur chaîne carbonée ainsi que leur degré d'insaturation élevé (Eldho et al., 2003, Wassall et al., 2004, Guschina & Harwood, 2009).

Aussi, certains acides gras comme l'EPA et l'ARA constituent les précurseurs des eicosanoïdes, une famille de molécules ayant des fonctions analogues aux hormones (Schmitz

& Ecker 2008). Ces molécules sont des médiateurs qui agissent sur la régulation hydrominérale, l'inflammation, l'immunité et le métabolisme énergétique (Schmitz & Ecker 2008, Arts & Kohler 2009).

7.5. Facteurs affectant la composition en acide gras chez l'Artémia

Navarro et Amat ont signalé en 1992 que la composition de l'aliment disponible dans le milieu de vie des femelles ovipares influence considérablement la quantité et la qualité des acides gras de ces cystes.

D'une manière générale, les populations qui se développent dans les écosystèmes côtiers hypersalins ont des teneurs élevées en EPA, alors que celles des écosystèmes continentaux hypersalins ont des teneurs élevées en LNA.

Selon Thompson (1973), le profil d'acides gras de l'Artémia est plus proche d'insectes terrestres que de crustacés comme les copépodes marin, qui sont l'aliment vivant des larves de poissons marins (Witt et al., 1984). En effet, le genre *Artemia* est phylogénétiquement attaché à l'environnement d'eau douce, comme en affirmant, entre autres, les arguments liés à son osmorégulation (Croghan, 1958).

Cole et Browne ont noté en 1967, que les milieux hypersalins fermés et complexe comprennent des saumures de différentes compositions, chlorées, sulfatées et carbonatées. Les caractéristiques écologiques de chaque milieu favorisent le développement et la présence de certains groupes phytoplanctoniques et zooplanctoniques. En résultat, l'abondance d'acides gras polyinsaturés (n-6) montre l'existence de protozoaires et organismes benthiques dans le régime alimentaire. Les C16 :0, C16 :1(n-7), C18 :1(n-3) et C20 :5(n-3) révèlent l'influence d'un régime à base phytoplanctonique (Desvillettes et al., 1994).

L'Artémia de type eau douce, adapté aux conditions de salinité extrême, montre une certaine capacité à biosynthétiser les HUFA tels que l'acide eicosapentaénoïque (EPA, 20: 5n-3) (Watanabe et al., 1978 Schauer & Simpson, 1985, Navarro et al., 1991, Ito et Simpson, 1996).

Les lipides contenus dans les cystes ou dans les nauplii d'Artémia proviennent de ses réserves, qui viennent des femelles ovipares, qui synthétisent, transforment et catabolisent les acides gras qu'elles obtiennent de l'alimentation. En fonction des facteurs génétiques de l'espèce ou de la population, ainsi que des conditions environnementales dans lesquelles il vit,

ce branchiopode présente une certaine composition en acides gras. Les individus adultes d'une population, ainsi que les cystes qu'ils produisent, reflètent la composition de la nourriture (Navarro et al., 1991).

8. Elevage de l'Artémia

8.1. Elevage extensif

Selon Brisset (1984), l'élevage extensif de l'Artémia peut être réalisé en milieu naturel dans les étangs ou les lagunes en produisant des quantités allant de 1 à 5 Kg de cystes/ha/an où la récolte des cystes se fait le long des berges. L'ensemencement des milieux naturels se fait par des nauplii, juvéniles et adultes, cependant le moyen le plus simple et la plus pratique est avec l'ensemencement des nauplii dont le transport et les manipulations nécessitent de moindres volumes d'eau et puisque les nauplii supportent les chocs de salinité. Par ailleurs, l'ensemencement avec les cystes peut favoriser la présence des prédateurs puisqu'il est nécessaire de travailler à des faibles salinités.

Pour l'ensemencement avec les nauplii, les individus sont transportés dans l'eau de la saline réfrigérée à une température de 6°C et avec des densités ne dépassent pas 1 million/l en compagnie d'une agitation mécanique ou d'un bullage dans le fond pour éviter toute accumulation (Brisset, 1984).

Selon Brisset (1984), l'aquaculture extensive de l'Artémia est réalisée dans trois types de biotopes : lac salés, lagunes côtières et marais salants. Le site d'élevage extensif doit être sélectionné, car certains sites sont des sujets à de diverses attaques physiques ou chimiques qui peuvent provoquer la disparition ou la modification définitive de leur biocénose.

8.2. Elevage semi-intensif

L'aquaculture semi-intensive de l'Artémia consiste à effectuer l'ensemencement avec les nauplii dans des bassins en terre aménagés dans des salines. La profondeur du bassin est entre 50 et 100 cm et la salinité est comprise entre 100 à 200 PSU (Trigui, 2017). Cette pratique est fondée sur un apport d'aliment en plus de l'aliment naturel existant dans le bassin. Les conditions d'élevage environnementales comme la température, la salinité et l'oxygène dissous sont contrôlées et corrélées avec la biomasse d'Artémia. Ce type d'élevage peut produire des quantités entre 10 et 20 Kg de poids sec de cystes/ha/mois et 100 à 375 Kg de poids frais de biomasse/ha/mois (Tackaert & Sorgeloos, 1991).

8.3. Elevage intensif

Ce type d'élevage est réalisé avec l'ensemencement des nauplii dans des structures d'élevage comme les bacs en polyesters ou bassins en béton, de faible volume (1 m^3) à une densité élevée comprise entre 10 000 et 12 000 nauplii/l (Trigui, 2017). Le milieu d'élevage est constitué de l'eau de la saline diluée avec de l'eau douce pour avoir une salinité de 45 g/Kg à une température de 25°C maintenue constante à l'aide des thermostats (Trigui, 2017). Pour ce type d'élevage, l'alimentation est assurée par des micro-algues, cellules de levure, son de blé, son de riz ou lactosérum (Dobbeleir et al., 1980 ; Sorgeloos et al., 1980). Cette pratique est réalisée dans des bassins appelés (air-water-lift) sans renouvellement d'eau, du stade nauplius jusqu'au stade adulte (Bossuyt & sorgeloos, 1980). Ce système de culture permet de récolter de façon régulière 5 à 7 Kg d'Artémia adulte/ m^3 après une période de culture de 14 jours en utilisant du son de riz (Sorgeloos et al., 1983).

9. intérêt économique de l'Artémia

La composition biochimique de l'Artémia a fait l'objet de plusieurs études. Ce crustacé est hautement assimilable en remplissant les besoins nutritionnelles des larves de poissons marins, d'eau douce et des larves de crustacés. Depuis la découverte de la valeur nutritionnelle des nauplii pour l'aquaculture larvaire par Seale en 1933 et ensuite par Rollefson en 1939, l'Artémia a fait l'objet de nombreux travaux de recherches en vue d'exploiter les cystes. En 1948, l'exploitation et la commercialisation de l'Artémia ont débuté aux Etats-Unis (Baie de San Francisco et Grand Lac Salé) suite à la nécessité de cette espèce au niveau des écloséries (Trigui, 2017). Cependant, la demande de cystes d'Artémia a augmenté de façon exponentielle suite au développement de l'aquaculture dans le monde, 2000 tonnes environ de cystes d'Artémia sont commercialisés annuellement dans le monde, à raison de 200 à 500 €/Kg de cystes (Sorgeloos et al., 2001).

Economiquement, les cystes d'Artémia présentent un intérêt économique important en raison de la forte demande de cette ressource en aquaculture où elle est utilisée en routine dans les écloséries. Son prix sur le marché dépend essentiellement de la qualité nutritionnelle des souches. Bengtson et al., (1991) ont signalé la variation de la composition biochimique des nauplii qui est de 37 à 71% pour les protéines, 12 à 30% pour les lipides, 11 à 23% pour les glucides et 4 à 21% pour les cendres, cependant pour les adultes ces valeurs varient entre 50 à 69% pour les protéines, 2 à 19% pour les lipides, 9 à 17% pour les glucides, 9 à 29% pour les cendres.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Plusieurs souches (Baie de San Francisco, USA; Macau, Brazil; Baie de Shark, Australie; Lavalduc, France; Tientsin, Chine; Lac Chaplin, Canada) ont été évaluées pour être exploitées pour la nourriture de nombreux prédateurs (*Rhithpanopeus harrissi*, *Cancer irroratus*, *Mysidopsis bahia*, *Menidia menidia*, *pseudopleuronectes americanus*, *Cyprinodon varigatus*, *Cyprinus carpio*) (Sorgeloos, 1980). Sorgeloos et al., (1986) ont confirmé des différences considérables dans la valeur nutritionnelle des différentes souches et pour différents prédateurs.

En effet, le Grand Lac Salé ('Utah), aux États-Unis (GSL) se compose de deux parties séparées par une chaussée Est-Ouest, créant une partie sud et une partie nord. Ce lac a été la principale source de cystes d'Artémia sur le marché mondial de l'aquaculture au cours des 25 dernières années (Léger, 1999). Cependant, depuis plusieurs années, la salinité est en baisse constante en affectant l'écologie du lac, y compris l'Artémia (Léger, 1999).

Les problèmes de production d'Artémia ont commencé après le phénomène d'El Niño (de 1982 à 1984), lorsque l'accumulation de neige et les précipitations ont élevé le niveau du lac de 12 pieds (une altitude record de 4212 pieds) ce qui a provoqué une baisse de salinité. En raison de la baisse de salinité, les récoltes d'Artémia ont eu lieu principalement sur la partie Nord du lac (Léger, 1999).

En 1999, la salinité de la partie sud du lac se situait entre 70 et 80 PSU, tandis que la partie nord était à saturation (Léger, 1999). La salinité optimale pour la production d'Artémia au niveau du lac est d'environ 150 PSU (Léger, 1999). Puisque la salinité continuait à baisser, l'industrie de l'Artémia confrontait à une baisse drastique des chiffres de récolte (Léger, 1999). De plus, un pourcentage beaucoup plus élevé de cystes vides d'Artémia s'est accumulé, ce qui a réduit les rendements de collecte à moitié et jusqu'à un tiers (Léger, 1999).

La situation du Grand Lac Salé a affecté l'industrie de l'Artémia. Avant cette crise, 40 entreprises collectent les cystes sur le lac avec une flotte de plus de 200 bateaux (Léger, 1999). Plusieurs entreprises de récolte ont cessé leurs activités et elles ont formé des associations dans le but de réduire les coûts de récolte. Une association principale comprend les groupes suivants : INVE Aquaculture Inc., Inland Sea, Golden West, Prime, Avocet, Sanders, Diversified Technologies, Bonneville Artemia, et Artemia of Utah (Léger, 1999).

Depuis 1994, le Groupe INVE Aquaculture Inc s'est fortement investi dans un programme de développement visant à diversifier les ressources d'Artémia, en explorant et en

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

implantant de nouvelles zones d'exploitation d'Artémia en Chine et dans plusieurs pays d'Asie centrale (Léger, 1999).

Selon Aloui (2003), peu de pays produisent les cystes d'Artémia. Ce sont : Etats unis d'Amérique (Souche de Grand Lac Salé et Baie San Francisco), Argentine (Souche Argentine), Brésil (Souche Macau), Chine (Souche chinoise), France (Souche Lavalduc) et Espagne (Souche Espagnole). Par conséquent, le développement de l'aquaculture dans de nombreux pays du monde a mis en valeur les cystes d'Artémia dont leur coût d'importation devient de plus en plus important.

La Chine est un pays clé en ce qui concerne la biodiversité, l'exploitation et l'utilisation d'Artémia (FAO, 2017). La Chine possède de nombreux lacs salés intérieurs et de vastes salines côtières dont la majorité sont exploités pour la production de sel, faisant de la Chine le plus grand producteur de sel dans le monde (FAO, 2017). En conséquence, la Chine abrite également une biodiversité d'Artémia exceptionnellement riche, probablement plus qu'une autre ressource d'Artémia dans le monde (FAO, 2017). Plusieurs des ressources chinoises d'Artémia sont exploitées, mais certaines d'entre elles sont surexploitées, entraînant le risque d'extinction de souches chinoises (FAO, 2017). Côté marché, la Chine est le premier consommateur de cystes d'Artémia pour l'aquaculture dans le monde, et la pression sur les ressources d'Artémia devrait encore s'accroître dans les années à venir (FAO, 2017).

Egalement, la Chine est un important fournisseur de cystes d'Artémia par le biais de différents systèmes de production (FAO, 2017). Les fluctuations de la demande et de l'offre sur les ressources d'Artémia en Chine ont donc tendance à avoir un effet important sur le marché mondial des cystes d'Artémia (FAO, 2017).

En plus de son intérêt fondamental dans le développement de l'industrie aquacole, l'Artémia joue un rôle très important indirectement dans l'amélioration qualitative et quantitative de sel alimentaire (Silas, 1984 ; Sorgeloos et al., 1986). Récemment, l'emploi de ce crustacé s'est élargi jusqu'au domaine de la médication (Chair et al., 1991).

MATERIEL
ET
METHODES

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

1. Site d'étude et échantillonnage

On a réalisé 60 prélèvements durant les périodes : humide (Février 2016, Février 2017 et du Février au Avril 2018 (uniquement pour la sebkha de Béthioua)) et sèche (Septembre 2016), au niveau de la partie Ouest et Sud Ouest de l'Algérie (sebkha de Béthioua (Figure 22, 29), chott Ech chergui (Figure 23, 24, 29), sebkha de Kenadsa (Figure 25, 29), sebkha d'El Melah (Figure 26, 29), sebkha de Tamantit (Figure 27, 29), sebkha de Timimoune (Figure 28, 29)).

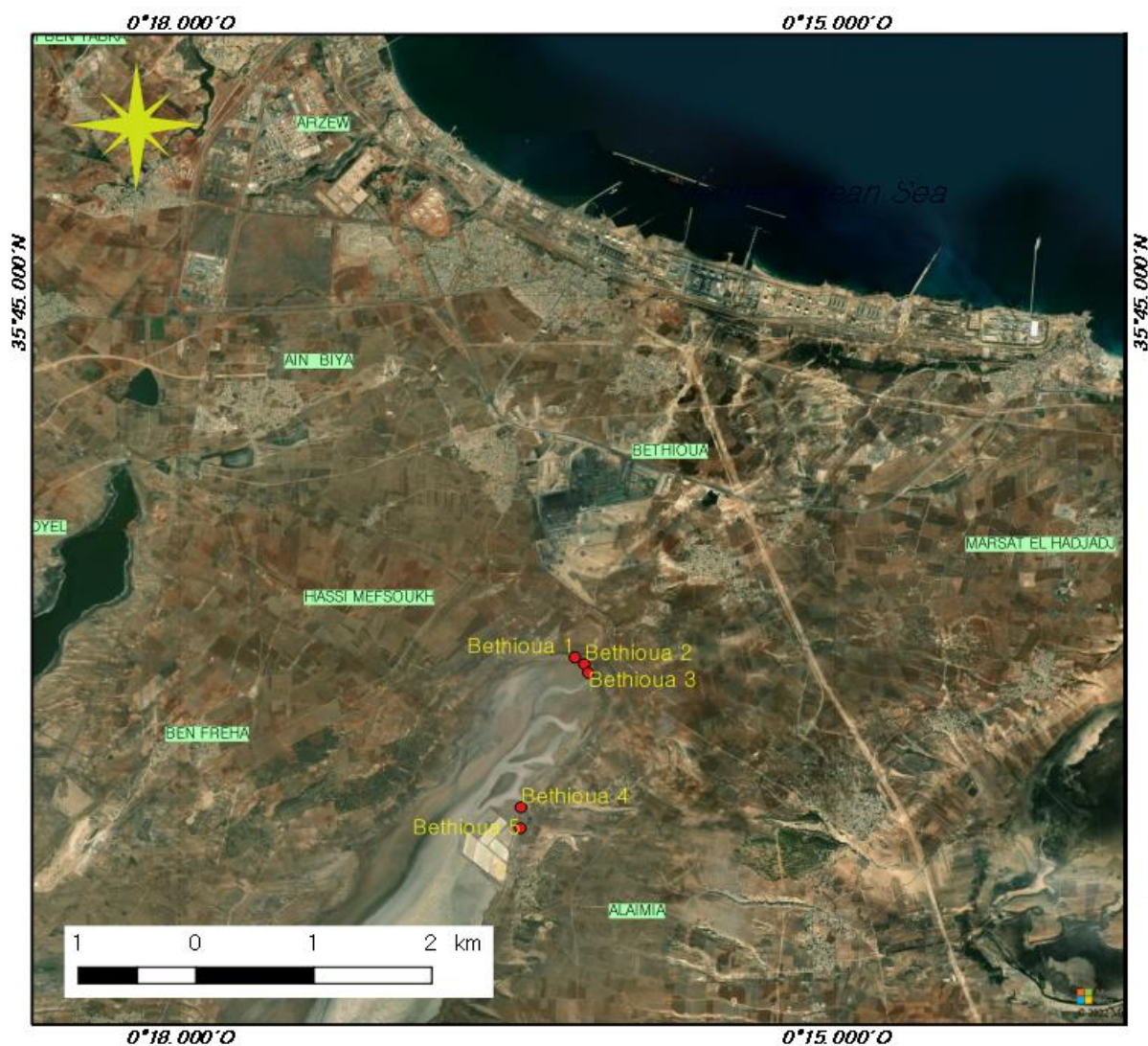


Figure 22. Prélèvements au niveau de la sebkha de Béthioua.

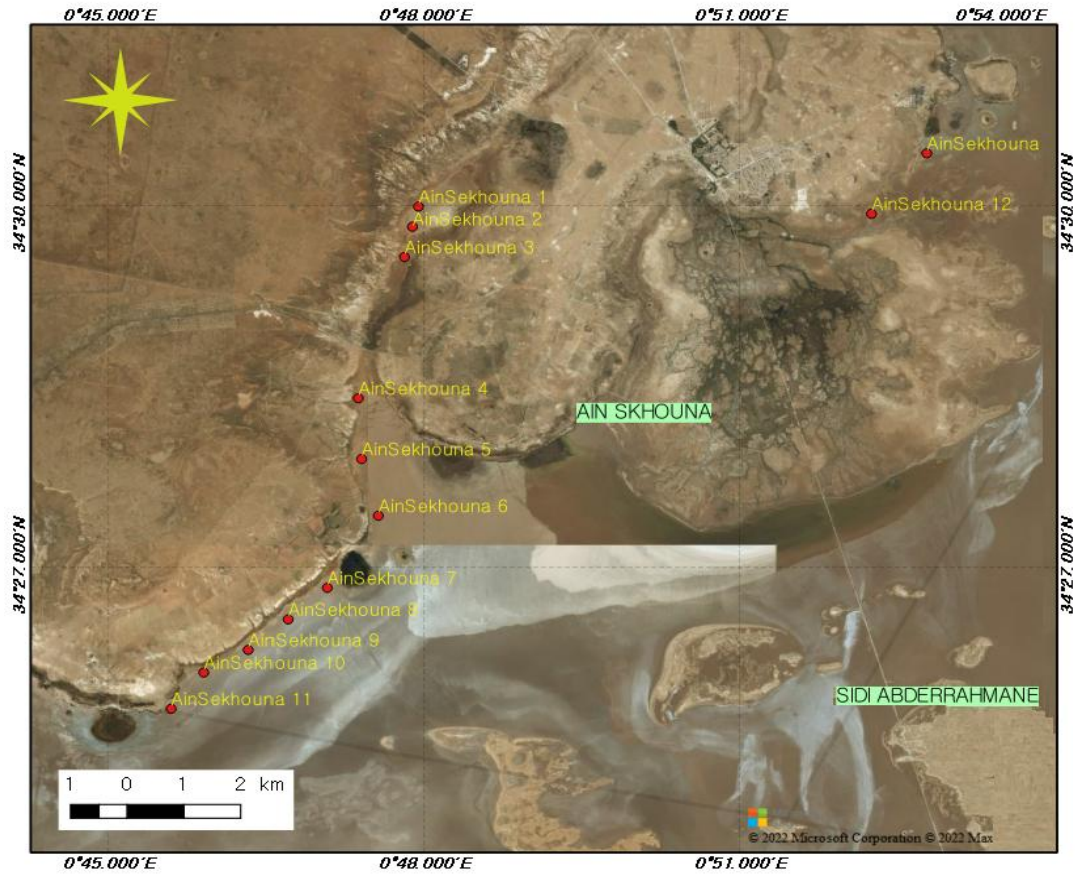


Figure 23. Prélèvements au niveau du Chott Ech chergui (partie 1).

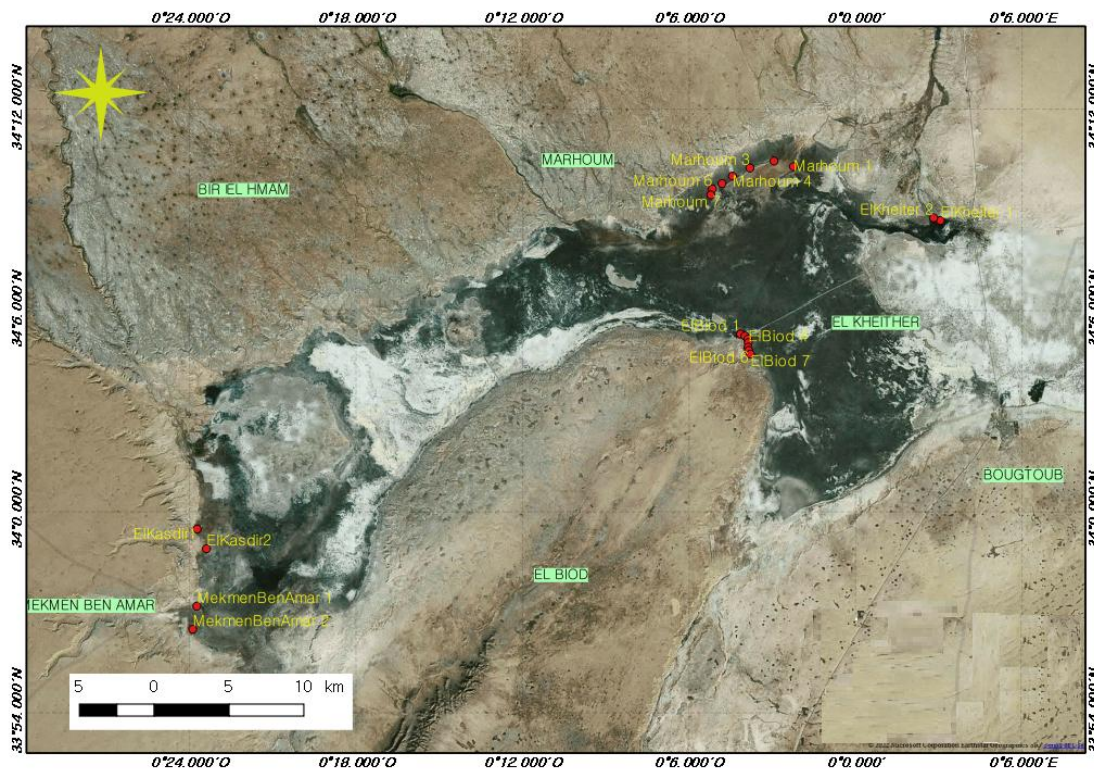


Figure 24. Prélèvements au niveau du chott Ech chergui (partie 2).

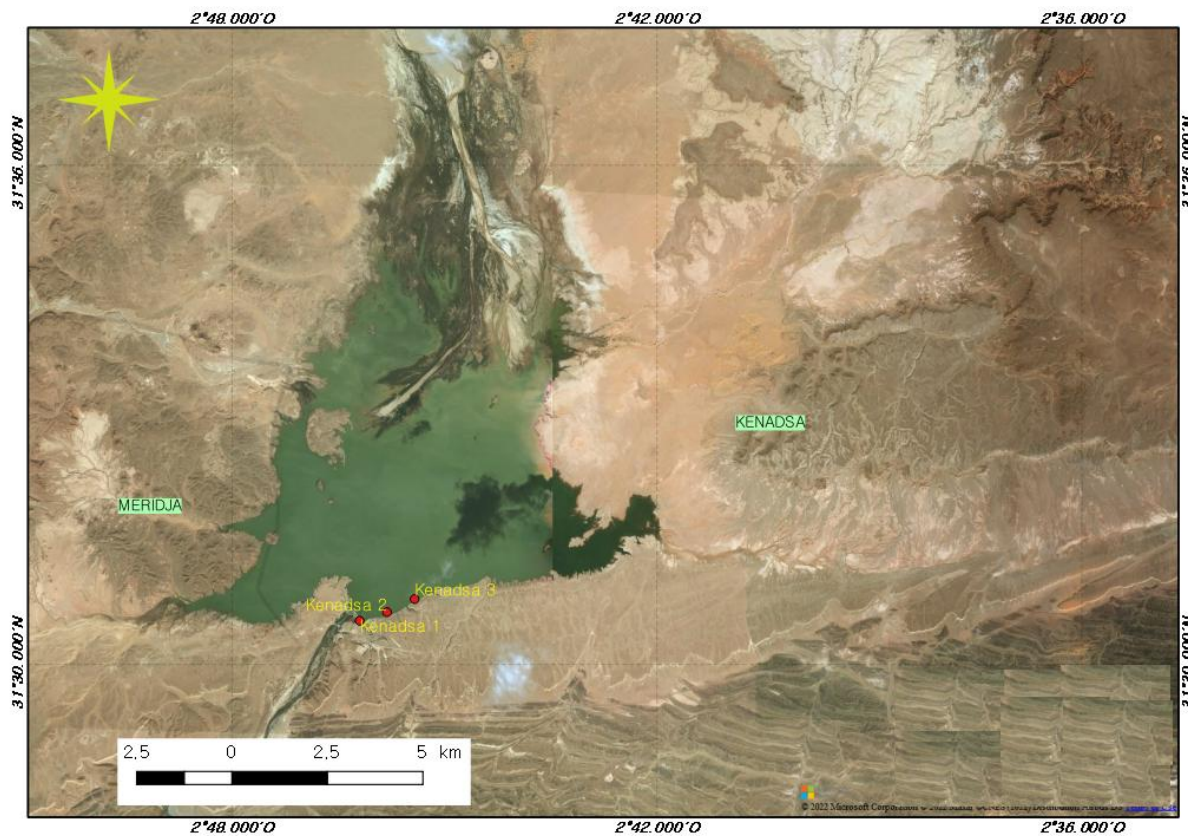


Figure 25. Prélèvements au niveau de la sebkha de Kenadsa.

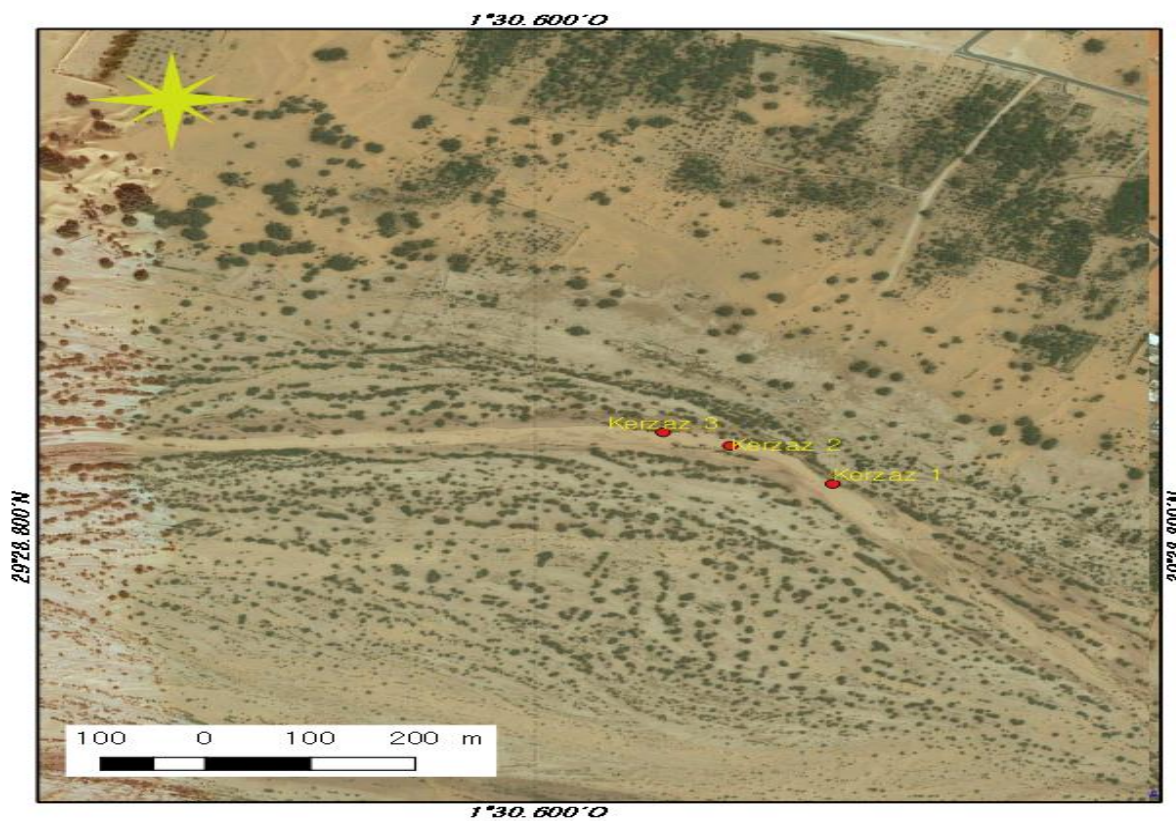


Figure 26. Prélèvements au niveau de la sebkha d'El Melah.

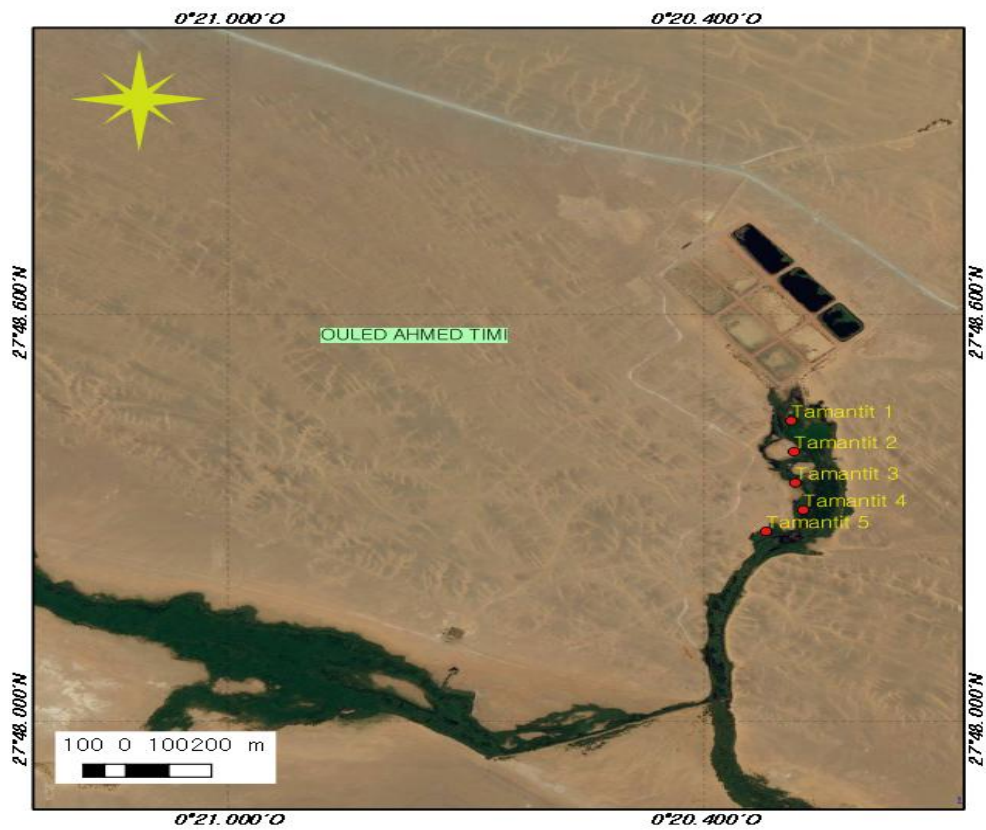


Figure 27. Prélèvements au niveau de la sebkha de Tamantit.

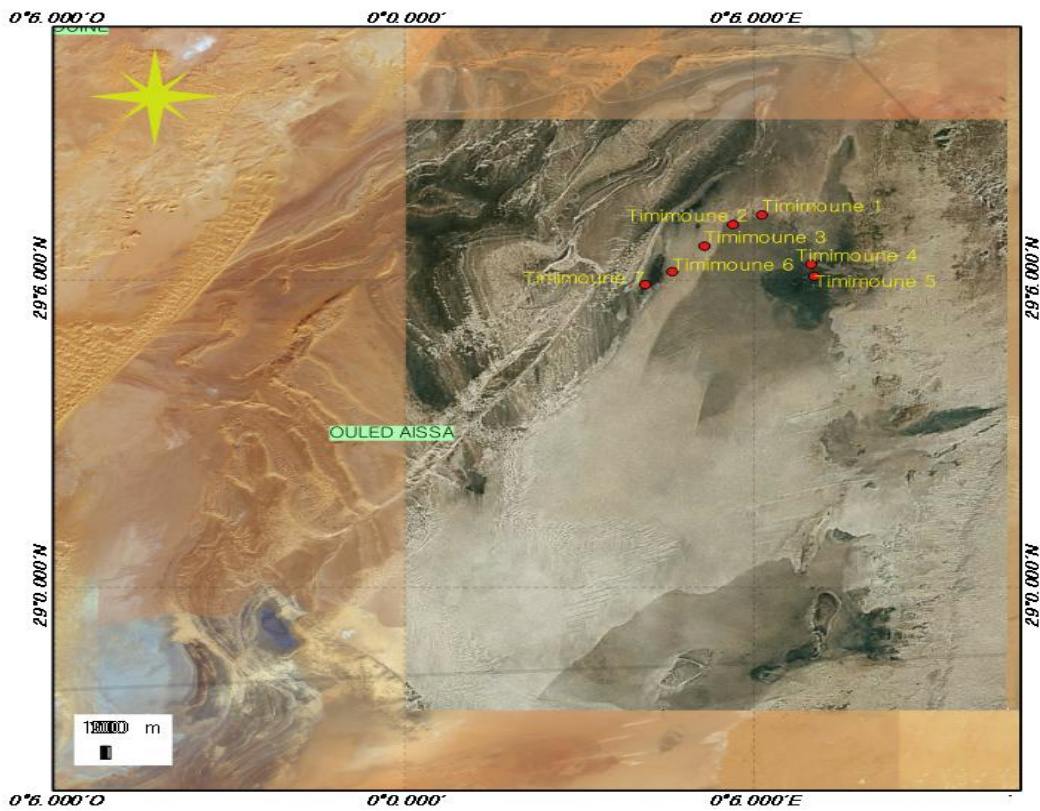


Figure 28. Prélèvements au niveau de la sebkha de Timimoune.

MATERIEL ET METHODES



Figure 29. Les biotopes étudiés. a : Béthioua (Oran); b : Saida (chott Ech chergui) ; c : El Melah (Béchar) ; d : Kenadsa (Béchar); e : Tamantit (Adrar); f : Timimoune (Timimoune).

MATERIEL ET METHODES

La localisation des prélèvements a été réalisée grâce à un GPS de type Garmin Edge 530. Les caractéristiques écologiques des sites de prélèvements (sebkha de Béthioua, chott Ech Chergui, sebkha de Tamantit, sebkha de Kenadsa, sebkha d'El Melah et sebkha de Timimoune) sont représentées dans le tableau 7.

Tableau 7. Caractéristiques écologiques des sites d'échantillonnage.

Station	Wilaya	Caractéristique du site	Coordonnées géographiques	Altitude (m)	S (PSU)	T °C	pH	O2 (mg/l)
1	Saida (Ain Sekhouna)	Sable argileux	34.5244°N 000.8260°W	1108	-	-	-	-
2	Saida (Ain Sekhouna)	Sable argileux Présence des touffes de salicorne	34.5266°N 000.8272°W	1102	-	-	-	-
3	Saida (Ain Sekhouna)	Eau	34.5309°N 000.8330°W	1088	63.8	10.4	8.35	-
4	Saida (Ain Sekhouna)	Sol Présence de la salicorne	34.475870°N 000.79068°E	992.12	-	-	-	-
5	Saida (Ain Sekhouna)	Sol Présence de la salicorne	34.47462°N 000.78927°E	993.65	-	-	-	-
6	Saida (Ain Sekhouna)	Sol Absence de la salicorne	34.47388°N 000.79257°E	989.07	-	-	-	-
7	Saida (Ain Sekhouna)	Sol Absence de la salicorne	34.47065°N 000.78958°E	992.12	-	-	-	-

MATERIEL ET METHODES

Tableau 7. Caractéristiques écologiques des sites d'échantillonnage (suite).

Station	Wilaya	Caractéristique du site	Coordonnées géographiques	Altitude (m)	S (PSU)	T °C	pH	O2 (mg/l)
8	Saida (Ain Sekhouna)	Sol Absence de la salicorne	34.4990°N 000.8326°E	994.87	-	-	-	-
9	Saida (Ain Sekhouna)	Sol Absence de la salicorne	34.4605°N 000.78902°E	992.12	-	-	-	-
10	Saida (Ain Sekhouna)	Sol Absence de la salicorne	34.47566°N 000.787678°E	988	-	-	-	-
11	Naâma (Commune d'El Kasdir)	Eau Prairie de salicorne	34.11685°N 001.20675° W	1253.34	11.9	7.2	8.61	-
12	Naâma (Commune d'El Kasdir)	Sol Absence de salicorne	34.11685°N 001.20675° W	1253.34	-	-	-	-
13	Wilaya Sidi Bel Abbès, Ras El Ma	Sable vaseux Absence de salicorne	34.5335°N 000.8378° W	1253.34	-	-	-	-
14	Wilaya Sidi Bel Abbès, Oued Taourira	Sol Absence de salicorne	34.6817°N 000.3750°W	1253.34	-	-	-	-
15	Wilaya Sidi Bel Abbès, Oued Taourira	Sol Absence de salicorne	34.6667°N 000.3750°W	1243.58	-	-	-	-
16	Wilaya Sidi Bel Abbès, Ras El Ma	Sol Absence de salicorne	34. 5516°N 000.8725°W	1068	-	-	-	-

MATERIEL ET METHODES

Tableau 7. Caractéristiques écologiques des sites d'échantillonnage (suite).

Station	Wilaya	Caractéristique du site	Coordonnées géographiques	Altitude (m)	S (PSU)	T (°C)	pH	O2 (mg/l)
17	Wilaya Sidi Bel Abbès, Ras El Ma	Sol Absence de salicorne	34.5535°N 000.8489°W	1044	-	-	-	-
18	Wilaya Sidi Bel Abbès, Ras El Ma	Sol Absence de salicorne	34.5661°N 000.8667°W	1078	-	-	-	-
19	Tlemcen, El Aricha	Sable fin	34.5221°N 001.2250°W	1089	-	-	-	-
20	Naâma (Commune de Mekmen Ben Amar)	Sable très argileux	34.2028°N 001.0365°W	1250	-	-	-	-
21	Naâma (Commune de Mekmen Ben Amar)	Sol hyper oxydé et très argileux	34.2026°N 001.0429°W	1257	-	-	-	-
22	Naâma (Commune d'El Biod)	Sable vaseux sulfureux	34.0612°N 000.0872°W	983.59	-	-	-	-
23	Naâma (Commune d'El Biod)	Vase	34.0611°N 000.0851°W	983.59	-	-	-	-
24	Naâma (Commune d'El Biod)	Sable vaseux sulfureux. Présence de la salicorne	34.0617°N 000.0826°W	983.59	-	-	-	-
25	Naâma (Commune d'El Biod)	Sable vaseux Absence de la salicorne	34.0639°N 000.0819°W	983.59	-	-	-	-
26	Naâma (Commune d'El Biod)	Sable vaseux sulfureux.	34.0647°N 000.0848°W	983.59	-	-	-	-

MATERIEL ET METHODES

Tableau 7. Caractéristiques écologiques des sites d'échantillonnage (suite).

Station	Wilaya	Caractéristique du site	Coordonnées géographiques	Altitude (m)	S (PSU)	T °C	pH	O2 (mg/l)
27	Naâma (Commune d'El Biod)	Sol	34.0677°N 000.0882° W	983.59	-	-	-	-
28	Naâma (Commune d'El Biod)	Vase Présence de la salicorne	34.0712°N 000.0925°W	983.59	-	-	-	-
29	Bayadh (comme d'El Kheiter) Sidi Bel Abbes (Marhoum)	Eau Prés de la forêt	34.1470°N 000.1470°W	988	41.9	12	8.36	-
30	Bayadh (commune d'El Kheiter) Sidi Bel Abbes (Marhoum)	vase Prés de la forêt	34.1473°N 000.0455°W	984.5	-	-	-	-
31	Oran (commune de Béthioua)	Vase	35.73835°N 000.26504°W	61	-	-	-	-
32	Oran (commune de Béthioua)	Vase	35.73833°N 000.26480°W	56	-	-	-	-
33	Oran (commune de Béthioua)	Vase	35.73837°N 000.264457°W	56	-	-	-	-
34	Oran (commune de Béthioua)	Eau	35.7067°N 000.2811°W	56	-	17. 2	-	-

MATERIEL ET METHODES

Tableau 7. Caractéristiques écologiques des sites d'échantillonnage (suite).

Station	Wilaya	Caractéristique du site	Coordonnées géographiques	Altitude (m)	S (PSU)	T (°C)	pH	O2 (mg/l)
35	Oran (commune de Béthioua)	Eau	35.7067°N 000.2811°W	56	-	17.5	-	-
36	Oran (commune de Béthioua)	Eau	35.7067°N 000.2811°W	56	-	19.7	-	-
37	Oran (commune de Béthioua)	Eau	35.7082° N 000.283°W	56	-	17.8	-	-
38	Oran (commune de Béthioua)	Eau	35.7082° N 000.283°W	56	-	18.1	-	-
39	Oran (commune de Béthioua)	Eau	35.7082° N 000.283°W	56	-	19.4	-	-
40	Saida (commune d'Ain Sekhouna)	Sol Présence de la Salicorne	34.53350°N 000.83319°E	987	-	-	-	-
41	Saida (commune d'Ain Sekhouna)	Vase sulfureuse Présence de la Salicorne	34.53559°N 000.83426°E	987	-	-	-	-
42	Saida (commune d'Ain Sekhouna)	Sol Présence de la Salicorne	34.53948°N 000.84038°E	987	-	-	-	-
43	Béchar (commune de Kenadsa)	Eau	31.54249°N 002.46131°W	727	36.6	37.7	8.6 1	2.55

MATERIEL ET METHODES

Tableau 7. Caractéristiques écologiques des sites d'échantillonnage (suite).

Station	Wilaya	Caractéristique du site	Coordonnées géographiques	Altitude (m)	S (PSU)	T (°C)	pH	O2 (mg/l)
44	Béchar (commune de Kenadsa)	Sable Présence de la Salicorne	31.54193°N 002.46074°W	721	-	-	-	-
45	Béchar (commune de Kenadsa)	Sable Présence de la Salicorne	31.54209°N 002.46128°W	722	-	-	-	-
46	Béchar (commune de Kerzaz)	Sable	29.05601°N 001.02925°W	309.37	-	-	-	-
47	Béchar (commune de Kerzaz)	Sable	29.05629°N 001.03004°W	306	-	-	-	-
48	Béchar (commune de Kerzaz)	Sable	29.05716°N 001.03044°W	307.54	-	-	-	-
49	Adrar (Commune de Tamantit)	Sol	27.80421°N 000.27764°W	226	-	-	-	-
50	Adrar (Commune de Tamantit)	Sol	27.80394°N 000.27729°W	227	-	-	-	-
51	Adrar (Commune de Tamantit)	Sol	27.80396°N 000.27793°W	227	-	-	-	-
52	Adrar (Commune de Tamantit)	Sol	27.80362°N 000.27814°W	228	-	-	-	-
53	Adrar (Commune de Tamantit)	Sol	27.881106°N 000.28101°W	260	-	-	-	-

MATERIEL ET METHODES

Tableau 7. Caractéristiques écologiques des sites d'échantillonnage (suite).

Station	Wilaya	Caractéristique du site	Coordonnées géographiques	Altitude (m)	S (PSU)	T °C	pH	O2 (mg/l)
54	Timimoune (Commune de Timimoune)	Sable	29.26001°N 000.17354°E	205	-	-	-	-
55	Timimoune (Commune de Timimoune)	Sable	29.26109°N 000.18836°E	205	-	-	-	-
56	Timimoune (Commune de Timimoune)	Eau verte riche en larves de moustiques	29.2626117°N 000.18832°E	205	0	27.7	7.63	3.63
57	Timimoune (Commune de Timimoune)	Sol Absence de la salicorne	29.26078°N 000.18924°E	206	-	-	-	-
58	Timimoune (Commune de Timimoune)	Sol Absence de la salicorne	29.26034°N 000.19084°E	207	-	-	-	-
59	Timimoune (Commune de Timimoune)	Sol Absence de la salicorne	29.25813°N 000.20240°E	210	-	-	-	-
60	Timimoune (Commune de Timimoune)	Sol Absence de la salicorne	28.9957°N 000.02953°E	190	-	-	-	-

Les résultats d'échantillonnage obtenus sont les suivants :

- Malgré la vaste superficie du chott Ech Chergui, son importance écologique et la biodiversité qu'il héberge, on constate qu'il est très pauvre en *Artemia* à l'exception de la région d'Ain Sekhouna. Aussi la sebkha de Tamantit héberge de très faibles quantités d'*Artemia*.
- De plus, nous avons constaté une absence totale des ressources d'*Artemia* dans la sebkha de Béchar (commune de Kenadsa) durant notre échantillonnage.
- Les sites qui abritent les ressources d'Artémia et qui ont fait l'objet de l'étude sont : sebkha de Béthioua (Wilaya d'Oran), sebkha d'El Melah (Wilaya de Béchar), sebkha de Timimoune (Wilaya de Timimoune).

Seulement la sebkha de Béthioua a fait l'objet d'une étude de la qualité physico-chimique et biologique de l'eau afin de comprendre et d'expliquer le type d'Artémia mis en évidence.

Les échantillons qui ont présenté une quantité suffisante en cystes sont les suivants :

Sebkha de Béthioua (Wilaya d'Oran): 35.73833°N 000.26480°W ;

Sebkha d'El Melah (Wilaya de Béchar): 29.05601°N 001.02925°W ;

Sebkha de Timimoune (Wilaya de Timimoune): 29.25813°N 000.20240°E.

1.1. Sebkha de Béthioua

La sebkha de Béthioua se trouve en totalité dans la commune de Béthioua, wilaya d'Oran, à son extrémité sud-ouest, elle est classée depuis le 12 décembre 2004 en site «Ramsar», zone humide d'importance internationale pour l'avifaune (Figure 30). Cette saline a été exploitée depuis 1870 par la société française NOBEL-BOZEL et sa filiale BOZEL MALTERA. Elle fut nationalisée en Février 1970 et elle est actuellement placée sous la direction de l'ENASEL (Entreprise Nationale de Sel). Depuis 2002, une attention accrue fut accordée à la gestion et aux installations techniques : construction de hangars pour le stockage, création de laboratoire, ainsi l'acquisition de certains équipements (ENASEL, 2013).

La saline de Béthioua est établi sur la rive sud de la dépression appelée «lac salé d'Arzew» d'une superficie de 2900 hectares (Kara & Amarouyache, 2012). Elle est

alimentée par les eaux de pluies et les eaux de ruissèlement avec une profondeur moyenne maximale d'environ 1.2 m. Dans ces dépressions s'accumulent des dépôts continentaux transportés par l'eau avec notamment d'importances accumulation de sel par lessivage des terrains salifères superficiels du miocène et du trias. Vers la fin du mois d'avril, et quand l'eau atteint la concentration voulue, elle est envoyée par pompage sur six tables salantes d'une superficie d'environ 60 hectares chacune où elle dépose son sel et la récolte se fait en automne (Sarmouk, 2009).

Cadre physique

La saline de Béthioua est éloignée d'une distance de 15 km de la côte Oranaise. Elle se situe à 20 Km au Sud-Ouest de la ville d'Arzew et à 50 Km du chef lieu de la wilaya d'Oran avec une altitude de 54.9 m par rapport la mer, soit une latitude de 35°43.570' Nord et une longitude de 00°16.140' Ouest (Sarmouk, 2009).

Caractères hydrologiques

Du point de vue ressource hydrique au niveau de la zone d'étude, la particularité du bassin versant de la sebkha de Béthioua, il s'agit d'un bassin endoréique où il n'existe pas de grand oued le traversant en longueur. Le bassin versant a une superficie de 372 hectares (Sarmouk, 2009).

Les conditions naturelles influencent le réseau hydrographique qui s'est trouvé désorganisé sous l'effet combiné de la tectonique récente et de l'assèchement du climat. Dans la région, en général, presque tous les cours d'eau ne présentent qu'un écoulement intermittent au régime très instable, ils ne connaissent guère d'autre alternative que celle du lit à sec et des flots de crues (Sarmouk, 2009).

Caractéristiques écologiques

La sebkha de Béthioua constitue un site important d'hivernage de quelques espèces comme le Flamant rose (*Phoenicopterus ruber*), Tadorne de Belon (*Tadorna tadorna*), Tadorne casarca (*Tadorna ferruginea*) et Sarcelle marbrée (*Marmaronetta angustirostris*) (Sarmouk, 2009).

Les oiseaux de la sebkha de Béthioua se répartissent en 3 catégories, les nicheurs, les hivernants et les passagers. 37 espèces se reproduisent principalement sur les rives. Pendant

l'hivernage et au cours des haltes de passage, les oiseaux se répartissent en fonction de leurs exigences écologiques occupant ainsi le plan d'eau et les rives sablonneuses (Sarmouk, 2009).

Pour la flore, la végétation naturelle halophile, presque absente, elle est composée de touffes de *chamaerops humilis* sur les talus, de *Juncus sp.*, *Sueda sp.* et de quelques sujets de *Tamarix sp.* sur les bords (Sarmouk, 2009). Le plan d'eau est entouré par des cultures sur la majeure partie de son périmètre. Dans les endroits où débouchent les ruisseaux ou les rejets d'eaux usées du village voisin, se forment des vasières entourées d'une végétation herbacée. Sur les berges sèches on rencontre des sansouires, végétation salée inondée au gré des précipitations et couvertes de salicornes (*Salicornia sp.* et *Arthrocnemum sp.*) qui colonisent les terres immergées dès le retrait de l'eau (Sarmouk, 2009).

1.2. Sebkhah d'El Melah

Sebkhah d'El Melah se trouve au niveau de la daïra de Kerzaz (W. Béchar) à 293.95 km de la ville de Béchar (31.6166°N, 2.2166° W), au Nord-Ouest de Foug El Khag à la limite des frontières de la wilaya d'Adrar environ 20 Km, entre les grandes dunes de Erg Raoui et les montagnes de Kerzaz. Elle aussi connue sous le nom de Cheniha ou Nechiha (Figure 30).

Suite aux déclarations de la direction des forêts et la Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques de la wilaya de Béchar, la sebkhah d'El Melah n'a fait l'objet d'aucun travail (à l'exception de deux opérations d'ensemencement des alevins du tilapia (1000 alevins de tilapia du Nil et du tilapia rougeensemencés le 28 /07/ 2015) où ils ont enregistré une mortalité massive de ces derniers) en signalant l'absence de la littérature sur ce site.

1.3. Sebkhah de Timimoune

Timimoune est la capitale historique du Gourara, située à 200 km au Nord-Est de la ville d'Adrar, elle se trouve au niveau de la wilaya de Timimoune (Figure 30). En situation centrale dans le Gourara, à la limite est du Grand erg occidental, Timimoune a été historiquement un pôle d'animation des oasis environnantes structurées le long de la sebkhah. L'urbanisation la plus récente s'est étendue sur 600 ha environ, en poussant la palmeraie vers la sebkhah (Otmah & Kouzmine, 2011).

Les besoins de la ville de Timimoune en eau potable ont augmenté ainsi que leur corollaire, les eaux usées. Un volume de 24 736 m³/j est rejeté quotidiennement dans la sebkhah de Timimoune et ses effets se font sentir de manière prégnante. Les eaux usées de la ville,

rejetées dans la sebkha augmentent en volume et gagnent progressivement les jardins de palmiers qui entourent la sebkha (Otmane & Kouzmine, 2011).

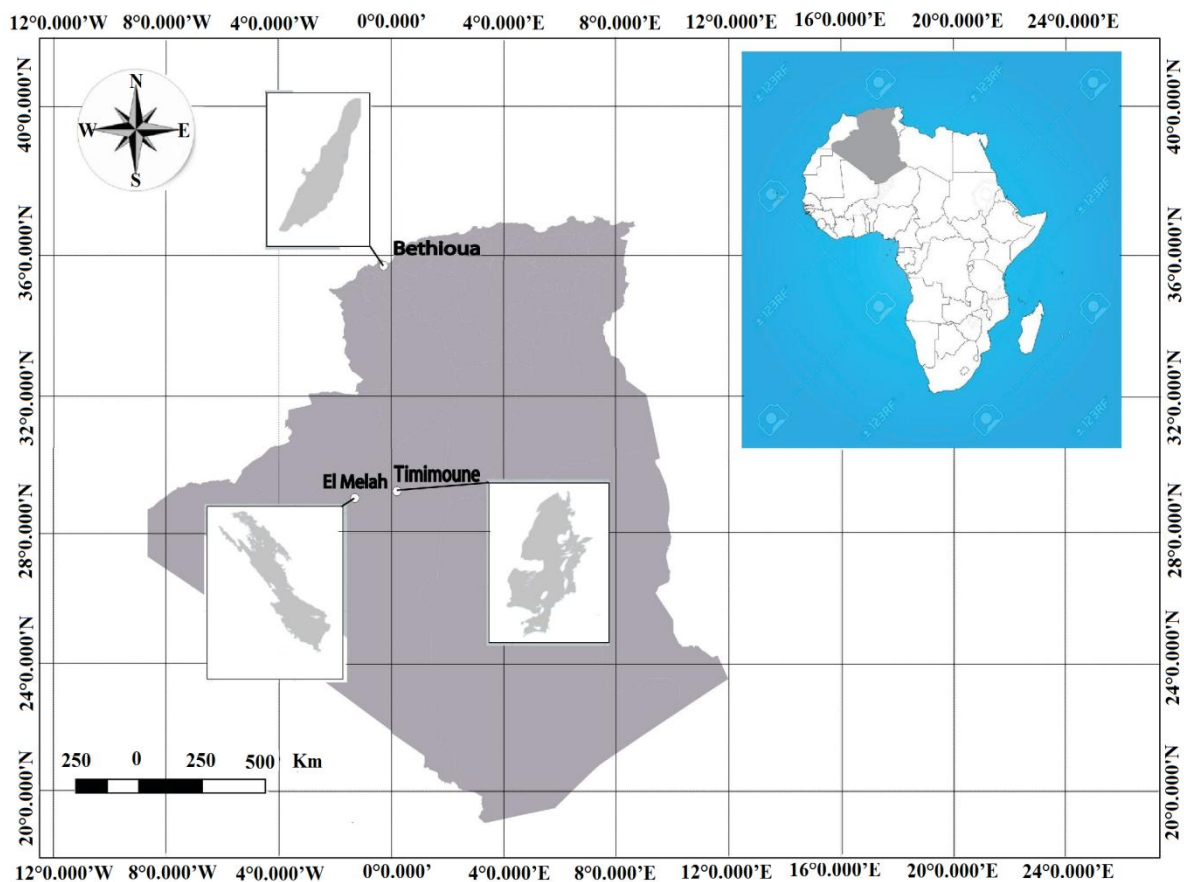


Figure 30. Localisation des zones d'échantillonnage des populations d'Artémia étudiées.

Echantillonnage

On a prélevé des échantillons sur la couche superficielle au niveau des berges des sebkhas (les cystes sont accumulés et transportés par les vents dominants aux niveaux des berges après avoir été libérés par les femelles et abandonnés à la surface des saumures) en évitant le maximum de ramasser les autres matériaux associés aux cystes comme le pollen, le sable, les débris, les plumes etc. Les accumulations des cystes peuvent s'exposer en couches d'épaisseurs variables ou éparpillées en films alternés.

Les prélèvements ont été conservés dans des sacs en plastique remplis du sel et transportés au laboratoire pour un processus complet de traitement.

Traitement des cystes

Suivant la méthode d'Amat (1980a), l'échantillon est mélangé à une saumure concentrée afin d'inhiber le métabolisme embryonnaire et favoriser la déshydratation, avec une intense agitation pendant plusieurs heures à l'aide d'un aérateur pour séparer les cystes des autres matériaux adhérents. Une fois l'aération est stoppée et le mélange est décanté, la couche du fond qui présente les matériaux adhérents est siphonnée et éliminée (les cystes et les autres particules légères flottent à la surface en formant une couche compacte).

La couche superficielle (cystes mélangés aux autres particules) est triée à travers une série de tamis d'un maillage décroissant de 1000 micromètres à 80 micromètres respectivement afin de retirer le matériel dont le diamètre est supérieur à celui des cystes et de laisser passer le matériel le plus fin.

Ensuite, les cystes sont versés dans l'eau distillée avec une forte aération dans le but de séparer les cystes des autres particules dont la taille est similaire ou inférieure. L'aération est stoppée après un laps de temps (le mélange devient homogène dans la colonne d'eau). Toutefois il faut signaler que le travail est réalisé à basse température afin de ralentir le métabolisme embryonnaire et le temps de séjour des cystes en eau distillée n'a pas dépassé les 05 minutes, cela a été signalé par Sorgeloos en 1978 dans le but d'éviter les effets d'hydratation.

Après la décantation, les cystes sont déposés au fond. Ils sont siphonnés et immédiatement déshydratés le plus rapidement possible en premier à l'aide d'un papier absorbant puis dans une étuve à 39°C, jusqu'à que les cystes deviennent secs.

Une fois les cystes sont séchés, ils sont conservés à une température inférieure à 4°C.

2. Biométrie des cystes

Une quantité des cystes purifiés (Figure 31) est décapsulée (Figure 32) et une autre quantité est hydratée (Figure 33) afin de calculer le diamètre de ces derniers et l'épaisseur du chorion.

Le diamètre des cystes hydratés est mesuré à l'aide d'un microscope équipé d'un micromètre après une hydratation dans l'eau douce durant une durée de deux heures, à

température ambiante. Durant leur hydratation, les cystes sont maintenus en suspension à l'aide d'une légère agitation par simple aération à partir du fond du récipient.

Pour le diamètre des cystes décapsulés, la technique de décapsulation des cystes d'*Artémia* (qui consiste à enlever la couche extérieure de la coque du cyste) avec l'hypochlorite de soude (eau de javel), elle a été décrite par plusieurs auteurs Sorgeloos et al., (1977), Bruggeman et al., (1979) et Lavens et Sorgeloos (1996). Les cystes sont plongés dans une solution composée de 0.71 g de l'Hypochlorite de calcium $\text{Ca}(\text{ClO})$, 0.67 g de Carbonate de sodium (Na_2CO_3) et 14 ml d'eau de mer avec une aération modérée. Après 15 min, les cystes présentent une couleur orange, ils sont rincés abondamment à l'eau douce sur un tamis de 125 μm d'ouverture de maille.

Après la décapsulation, les restes des débris de chorion sont séparés des cystes entiers par un processus de flottaison différentielle en eau distillée. Les cystes décapsulés se déposent au fond tandis que les éléments légers restent en surface. Les cystes décapsulés propres et entiers sont soumis au même processus d'hydratation décrit précédemment. Les cystes prennent une forme sphérique après l'hydratation, et le diamètre des cystes hydratés non décapsulés et le diamètre des cystes décapsulés (nombre $n=100$) sont mesurés. Toutes les mesures sont réalisées à l'aide d'un microscope optique muni d'un micromètre oculaire. Pour chacune de ces deux catégories de cystes, le diamètre moyen est calculé. L'épaisseur du chorion a été mesurée selon Vanhaecke et Sorgeloos (1980) ou la différence entre les deux diamètres moyens, divisée par deux permet de déterminer l'épaisseur du chorion du cyste.



Figure 31. Cystes non traités. (X 10) (Présente étude).

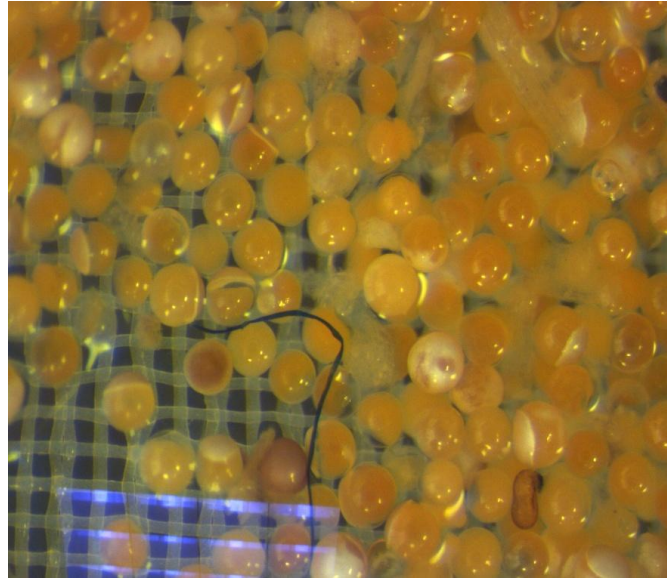


Figure 32. Cystes décapsulés. (X 30) (Présente étude).

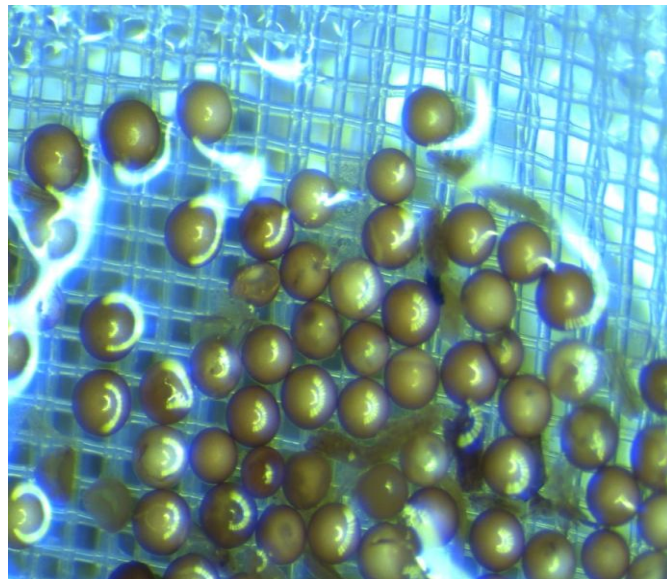


Figure 33. Cystes hydratés. (X 30) (Présente étude).

3. Elevage du phytoplancton

Afin de réussir les expériences de dynamique des populations d'Artémia, on a cultivé en parallèle une micro-algue unicellulaire marine *Tetraselmis suecica* (Stein, 1878) qui servira comme source d'aliment pour les populations d'Artémia (souche isolée et cultivée par l'Institut d'Aquaculture Torre de la Sal (IATS/ CSIC)). Afin d'éviter toute contamination, le matériel d'entretien est stérilisé.

Les méthodes de culture sont aussi nombreuses que variées, elles ont toutes pour objectif l'induction d'un bloom algal dans un milieu de culture favorisant la multiplication des micro-

algues, nécessitent essentiellement de la lumière, des sels nutritifs et du CO₂ afin de réussir la photosynthèse selon Le Borgne (1986). En cultures, le développement algal passe par quatre phases :

- Une phase de latence relative à l'adaptation aux nouvelles conditions de culture.
- Une phase de croissance exponentielle où la multiplication cellulaire est la plus active (La phase où les cultures sont exploitées).
- Une phase stationnaire où la concentration cellulaire ne varie presque plus ; cette phase pouvant durer plusieurs semaines s'il n'y a pas contamination.
- Une phase létale ou de déclin.

Selon la valeur nutritive, la facilité de culture et la vitesse de croissance, plusieurs espèces de micro-algues sont utilisées à des fins d'aquaculture (Le Borgne, 1986) et selon les conditions de cultures disponibles et des exigences des espèces élevées vis-à-vis de la valeur nutritive, nous avons choisi l'espèce de micro-algue *Tetraselmis suecica* pour la nourriture des individus d'Artémia. *Tetraselmis suecica* est une souche riche en lipides et en protéines. Pereira et al., (2019) ont signalé que cette souche contient un taux de protéines de 31.20 ±0.48 % et un taux de lipides de 7.04±0.42%, riche en β-carotène (8.4±0.7%).

La systématique de *Tetraselmis* est la suivante :

Embranchement : Chlorophytes

Classe : Prasinophycées

Ordre : Chlorodendrales

Famille : Chlorodendraceae

Genre : *Tetraselmis*

Espèce : *Tetraselmis suecica* (Stein, 1878).

Pour le milieu de culture, nous avons utilisé le milieu de Conway, dont la composition et la préparation sont représentées dans le tableau 32 en annexe 2.

Un repiquage a été réalisé chaque 15 jours afin de maintenir la *Tetraselmis suecica* en bonnes conditions et permettre aux jeunes cellules de garder un bon potentiel de multiplication. Le repiquage consiste à dédoubler la souche mère pour obtenir deux souches

filles. Au bout de 15 jours, une de ces souches filles fera une souche mère et l'autre permettra une éventuelle mise en route d'une culture (Figure 34).

La culture de *Tetraselmis suecica* a été réalisée dans des erlenmeyers de 500 ml de volume contenant 200 ml d'eau de mer (filtrée sur le papier filtre de 0.45 μm de diamètre des pores) et un inoculum de 100 ml de la microalgue. Le volume d'eau de mer doit être le double de celui de la micro-algue. La régulation de la température se fait par l'air conditionnée ($T=20^{\circ}\text{C}$). L'éclairage est assuré à l'aide des tubes Néon de 110 lux et l'aération est assurée à l'aide de pompe à air afin d'apporter le CO_2 à la culture et d'éviter la sédimentation et la stratification de la culture en exposant la population algale à la lumière (Trigui, 2017).



Figure 34. Elevage du phytoplancton au niveau de l'IATS/CSIC (Présente étude).

4. Paramètres d'éclosion

Afin d'évaluer la qualité de l'éclosion de chaque population, une quantité de 1g de cystes est incubée dans de l'eau de mer à une salinité de 35 PSU, une température de 28°C et un pH de 8, sous un éclairage de 2000 lux (mesuré à l'aide d'un luxmètre) et une aération continu. Plusieurs paramètres existent pour évaluer la qualité de l'éclosion dont on peut citer le pourcentage d'éclosion et l'efficacité. Ces derniers ont été calculés en utilisant les formules suivantes:

Pourcentage d'éclosion = (Nombre total de cystes éclos / nombre total de cystes)* 100.

Le pourcentage d'éclosion a été définie par Bruggeman et al., (1980), il représente le nombre de nauplii obtenu pour 100 cystes sans prendre en compte le degré de pureté du produit. La pureté des cystes d'Artémia peut être augmentée avec un lavage approfondi à l'eau douce afin d'éliminer les sels après une activation thermique dans des récipients cellulaires d'un maillage de 70 à 120 microns, ainsi qu'un tamisage des inclusions organiques et minérales des échantillons des cystes d'Artémia après le séchage (Zhuravlev, 2021). Aussi, le conditionnement des cystes avec un support solide d'hydrogène atomique comme le peroxyde de calcium permet de réduire le temps d'éclosion de cystes d'Artémia de 24 à 28 heures, et l'indice d'éclosion lors du processus d'incubation des cystes augmente jusqu'à 85-90% (Zhuravlev, 2021).

Efficacité d'éclosion = Nombre total de nauplii / gramme de cystes.

Sorgeloos et al., (1978) ont défini l'efficacité d'éclosion comme étant le nombre de nauplii obtenu dans un gramme de cystes déshydratés ou bien le poids des cystes nécessaire pour obtenir un million de nauplii.

De plus, la synchronie d'éclosion ou temps d'éclosion T_s est calculée. Le temps (en heures) passé depuis le début de l'incubation jusqu'à l'apparition des premiers nauplii est donné comme T_0 , par contre pour l'éclosion de 10% de cystes est donné comme T_{10} et pour l'éclosion de 90% de cystes est donné comme T_{90} .

Temps de synchronie (T_s) = $T_{90} - T_{10}$.

5. Elevage d'Artémia

Les cystes purifiés (suite au processus décrit précédemment) sont incubés dans des bouteilles en plastique de 1500 ml, remplies d'eau de mer d'une salinité de 35 PSU et introduites dans des aquariums de 50 l avec une densité égale ou inférieure à 5g/l, bien que selon Sorgeloos (1980), il est possible d'utiliser des densités jusqu'à 10 g/l.

L'incubation est réalisée dans des conditions standard jusqu'à l'éclosion où la température est conditionnée à l'aide d'un thermostat RS Electrical 068 de 300w à 24°C, l'aération et l'agitation sont réalisées à l'aide des pompes à air munies des diffuseurs dans le but de maintenir les cystes en suspension et l'illumination est assurée à l'aide des tubes à

Néon à 1000 lux (Figure 35). Sorgeloos a signalé en 1973 que l'illumination déclenche l'éclosion (24 à 48 h après incubation dans l'eau de mer et exposition à la lumière).

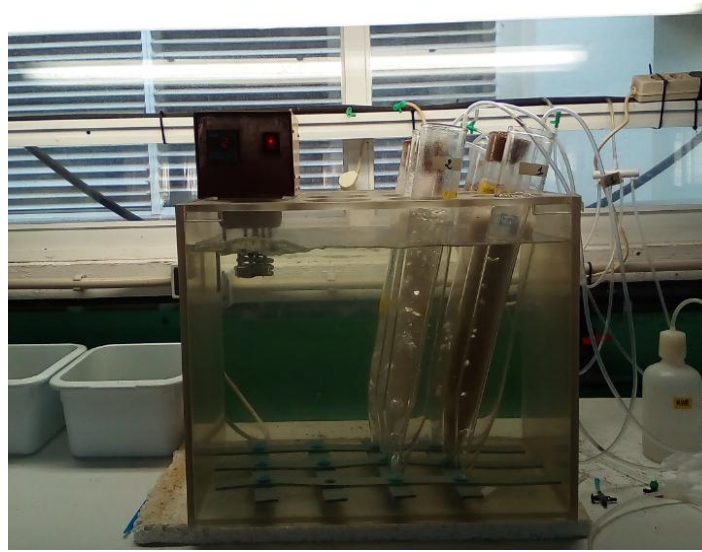


Figure 35. Incubation des cystes d'Artémia au niveau de l'IATS/CSIC (présente étude).

Après l'éclosion, les bouteilles sont exposées à une source lumineuse et couvertes à moitié à l'aide d'un sachet noir pour empêcher la pénétration de la lumière et attirer les nauplii à cette dernière (Figure 36). Pour séparer les nauplii des coquilles vides ou non éclore, le mélange est laissé décanter où les nauplii nagent librement le long de la colonne d'eau éclairée, ces derniers sont siphonnés à l'aide d'un tuyau et utilisés en élevage.



Figure 36. Séparation des nauplii des cystes à l'aide de la lumière (présente étude).

MATERIEL ET METHODES

L'élevage est réalisé dans des bocaux de verre d'une capacité de 1.5 à 2 L avec une aération continue, une température de 24°C, une photopériode de 12h lumière : 12h obscurité et une alimentation avec *Tetraselmis suecica*, selon le protocole de Hontoria et Amat, 1992a afin de standardiser les conditions pour l'étude morphométrique. Durant les cinq premiers jours, les individus sont élevés dans un milieu d'une salinité de 35 PSU, une densité individuelle de 01 individu/ml et une densité algale de $1.2 \cdot 10^5$ cellules/ml, ensuite ils sont transférés dans un milieu d'une salinité de 60 PSU avec une densité de 0.1 individu/ml et une densité algale de $5 \cdot 10^4$ cellules/ml pour une durée de 5 jours et après ils sont cultivés dans un milieu de salinité de 80 PSU pour 5 jours à une densité de 01 individu/ml et une densité algale de 5 à $6 \cdot 10^4$ cellules/ml (Figure 37). La salinité est contrôlée à l'aide d'un réfractomètre de type ATAGO S/Millz 392962.



Figure 37. Elevage d'Artémia u niveau de l'IATS/CSIC (présente étude).

6. Biométrie des nauplii

Une quantité de cystes de chaque population est incubée jusqu'à éclosion. Deux heures avant d'atteindre le T_{90} temps nécessaire pour que 90% de cystes éclosent, les nauplii encore maintenus dans la membrane embryonnaire, sont isolés et mis dans des boîtes de pétrie sous une source lumineuse. Une fois, les embryons se libèrent de leur membrane ils sont fixés par une solution de lugol (Figure 38). La longueur de ces nauplii (Instar I) est mesurée à l'aide d'un microscope équipé d'un micromètre optique (Sorgeloos et al., 1986).

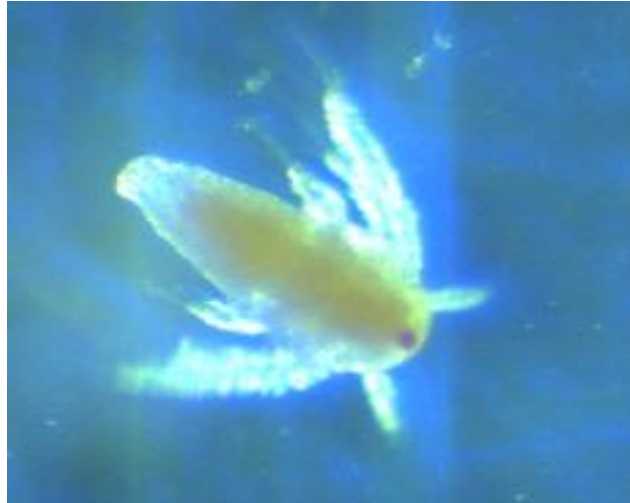


Figure 38. Nauplius d'Artémia. (X 40) (Présente étude).

7. Qualité de l'eau d'élevage ou du milieu sauvage

Le suivi des principaux paramètres physicochimiques de l'eau d'élevage d'Artémia au niveau des bacs est réalisé à l'aide d'un thermomètre pour la température et un réfractomètre de type ATAGO S/Millz pour la salinité.

7.1. Sels nutritifs

Les dosages des sels nutritifs (les nitrites, l'ammoniaque et le phosphore total) de l'eau d'élevage ou de la sebkha de Béthioua sont réalisés au niveau du laboratoire de recherche du CNRDPA par la méthode spectrale selon le protocole d'Aminot et Chaussepied (1983), à l'aide d'un spectrophotomètre de type : 6405 UV/Vis. Marque : Jenway.

Dosage des nitrites

Nous procédons au mélange de 50 ml de l'échantillon avec 1 ml de réactif R1 (solution de sulfamide) dans une fiole. Deux à huit minutes après, nous ajoutons 1ml de réactif R2 (solution de Dichlorohydrate de N-(1-naphtyl) – éthylène diamine). Il faut attendre au moins 10 minutes et ne pas dépasser 2 heures pour obtenir une coloration rose.

Nous mesurons l'absorbance à 543 nm et la concentration est obtenue à partir de la courbe d'étalonnage (Figure 39) tracée selon le protocole d'Aminot et Chaussepied (1983).

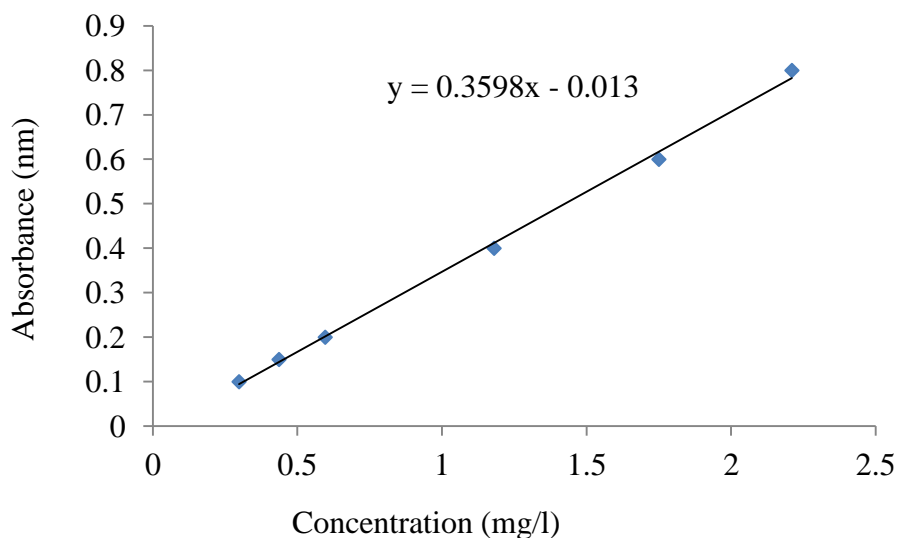


Figure 39. Courbe d'étalonnage des nitrites.

Dosage de l'ammonium

Nous procédons au mélange de 100 ml de l'échantillon d'eau avec 3 ml de réactif R1 (solution de phénol-Nitroprussiaste de sodium) dans une bouteille puis nous l'agitons pour homogénéiser la solution, ensuite nous ajoutons sans attendre 3 ml de réactif R2 (solution d'alcaline d'hypochlorite). La bouteille fermée doit être placée à l'abri de la lumière pendant une nuit.

Nous mesurons l'absorbance à 630 nm et la concentration est obtenue à partir de la courbe d'étalonnage (Figure 40) tracée selon le protocole d'Aminot et Chaussepied (1983).

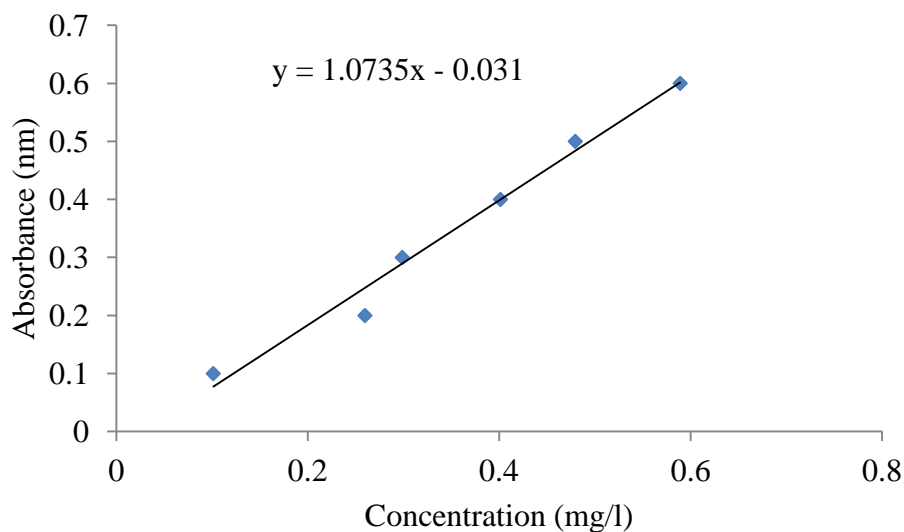


Figure 40. Courbe d'étalonnage de l'ammonium.

Dosage des orthophosphates

Pour le dosage des orthophosphates, nous avons utilisé les réactifs suivants:

- Réactif R1 : Solution de molybdate d'ammonium (Dissoudre 15 g de paramolybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dans 500 ml d'eau distillée).
- Réactif R2: (H_2SO_4) d'acide sulfurique à 2.5 mol/l (Ajouter avec précaution 140ml d'acide sulfurique à 900 ml d'eau distillée).
- Réactif R3 : Solution d'acide ascorbique (Dissoudre 54 g d'acide ascorbique $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ dans 500 ml d'eau distillée. Cette solution se conserve dans un flacon en plastique plusieurs mois au congélateur et quelques semaines au réfrigérateur dans un flacon protégé de la lumière).
- Réactifs R4 : Solution d'oxotartrate de potassium et d'antimoine (Dissoudre 0.34 g d'oxotartrate de potassium et d'antimoine $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ dans 250 ml d'eau distillée).
- Mélange des réactifs 1, 2, 3 et 4. Pour un échantillon, nous avons mélangé les réactifs ci-dessus dans les proportions suivantes (le mélange est préparé juste avant l'analyse):
 - 2 ml de solution de molybdate d'ammonium.
 - 5ml d'acide sulfurique à 2.5 mol/l.
 - 2ml de solution d'acide ascorbique.
 - 1ml de solution d'oxotartrate de potassium et d'antimoine.
- Solution étalon primaire de phosphate. Dissoudre 0.6805 g de dihydrogénophosphate de potassium anhydre (KH_2PO_4) séché à 100°C dans 1l d'eau distillée et ajouter 1ml de chloroforme. 1ml de cette solution contient $5\mu\text{mol}$ de PO_4^{3-} .
- Solution étalon secondaire de phosphate. Diluer 100 fois la solution étalon primaire (R6) puis prendre 10 ml de cette solution et la compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée. Conserver la solution dans un flacon brun avec 1ml de chloroforme. 1ml de cette solution contient $0.05\mu\text{mol}$ de PO_4^{3-} .

Pour l'analyse, nous avons mis 100 ml de l'échantillon et ajouté 10 ± 0.5 ml de réactifs R5 dans une fiole. Nous avons mélangé et laissé reposer 5 minutes. L'absorbance est mesurée à 885 nm et la concentration est obtenue à partir de la courbe d'étalonnage (Figure 41) tracée selon le protocole d'Aminot et Chaussepied (1983).

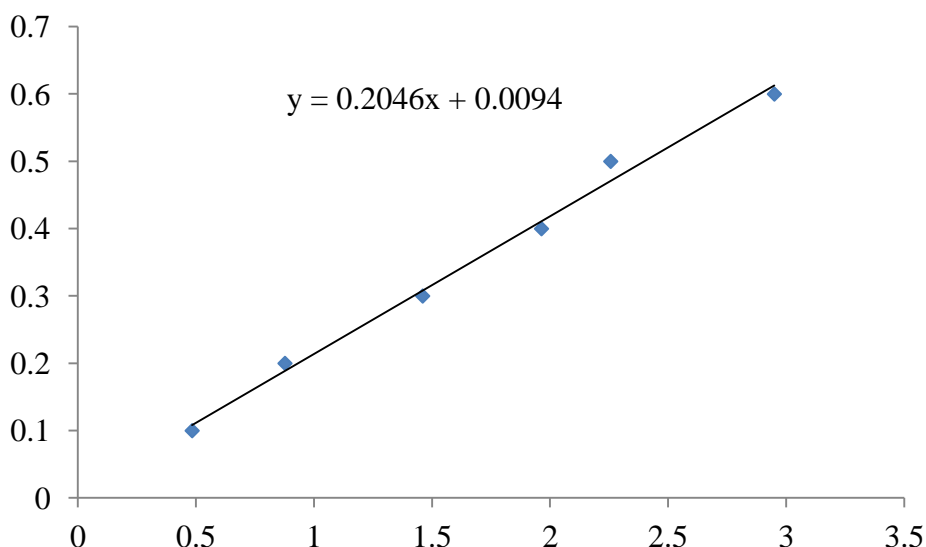


Figure 41. Courbe d'étalonnage des orthophosphates.

7.2. Matières en suspension

L'estimation des matières en suspension (MES) est faite pour les prélèvements d'eau au niveau du sebka de Béthioua et par la pesée de la matière retenue sur un filtre GF/C de porosité 0.45 μm et séchée à l'étuve (jusqu'à un poids constant à une température de 100°C) après filtration sous vide d'un volume d'eau défini (200 ml). Les MES sont calculées suivant la formule suivante :

$$\text{MES} = [(m_1 - m_0) / V] * 1000.$$

m_0 : masse initiale du filtre GF/C (mg).

m_1 : masse finale (filtre GF/C + matières retenues) après filtration et séchage (mg).

V : volume d'eau filtrée (200 ml).

7.3. Pigments chlorophylliens

Le dosage de ces pigments est fait uniquement pour la sebka de Béthioua. L'échantillon est stocké dans un flacon stérile, à usage unique, et conservé à l'abri de la lumière. La filtration est réalisée sur un filtre GF/C de 0.45 μm de porosité, en filtrant un volume d'eau, avec une addition d'une pincée de carbonate de magnésium (MgCO_3) pour fixer les pigments (Millerioux, 1974). Le filtre est peut être conservé à -20°C jusqu'à l'extraction (Abaychi & Riley, 1979).

MATERIEL ET METHODES

L'extraction des pigments est faite dans 10 ml d'acétone 90 % pendant 24 heures à l'obscurité et à 4°C. Après centrifugation, le surnageant est récupéré et son absorbance est mesurée à l'aide d'un spectromètre aux longueurs d'onde suivantes : 480, 630, 645, 663 et 750 nm (Lorenzen, 1967).

Les teneurs sont exprimées pour : la concentration en chlorophylle a [Cha] et la concentration en chlorophylle c [Chc] et la concentration en caroténoïdes [Caroténoïdes]

Les concentrations en chlorophylle a [Cha] et chlorophylle c [Chc] sont calculées à partir des équations proposées dans le rapport du groupe de travail Scor-Unesco (1966).

$$[Cha] = [(11.64 DO_{663nm} - 2.16 DO_{645nm} - 0.1 DO_{630nm}) * v] / (V * L).$$

$$[Chc] = [(54.22 DO_{630nm} - 5.53 DO_{663nm} - 14.81 DO_{645nm}) * v] / (V * L).$$

[Cha] : Concentration en chlorophylle a

[Chc] : Concentration en chlorophylle c

V : volume de l'échantillon filtré (250 ml).

v : volume de l'extrait acétonique (10 ml).

L : longueur du trajet optique (1 cm).

DO : absorbance.

Les concentrations en caroténoïdes [Caroténoïdes] sont calculées suivant l'équation proposée par Parsons et Strickland (1963).

$$[Caroténoïdes] = [10(DO_{480nm} - 3DO_{750nm}) * v] / (V * L).$$

[Caroténoïdes]: Concentration en caroténoïdes

V : volume de l'échantillon filtré (250ml).

v : volume de l'extrait acétonique (10 ml).

L : longueur du trajet optique (1 cm).

DO : absorbance.

7.4. Etude de la population phytoplanctonique

L'étude de la population phytoplanctonique est réalisée uniquement pour la sebkha de Béthioua. Un échantillonnage qualitatif a été effectué en utilisant un filet de 20 μm à forme conique muni d'un collecteur, après filtration d'un volume d'eau de 1l.

L'échantillon filtré de phytoplancton est fixé sur le terrain à l'aide d'une solution de Lugol afin d'obtenir une concentration finale d'environ 0.5 % dans l'échantillon, soit environ 8 gouttes pour 100 ml ou 2.5 ml pour un flacon de 500 ml (Laplace-Treyture et al., 2010).

L'étude qualitative est réalisée à l'aide d'un microscope inversé du type Optika (BS EN 15204) et des chambres de sédimentation de 10 ml.

8. Morphologie et morphométrie

L'étude morphométrique d'Amat (1980b) sur la comparaison de 22 populations méditerranéennes à la population de San Francisco (Californie, États-Unis d'Amérique) a mis en place les différents caractères permettant de différencier les populations et qui sont la longueur totale et la largeur de l'abdomen, la morphologie et la longueur de la fourche caudale, l'insertion des soies et enfin la structure des appendices de la tête et l'œil composé ou pédonculé.

Aussi, les travaux d'Amat en 1985 sur la morphologie de l'utérus chez les femelles sexuellement actives, la tête, la fourche caudale, le nombre et la forme d'insertion des soies ont permis de différencier diverses espèces d'*Artemia*. La distinction morphologique de ces dernières est représentée dans les figures 42, 43 et 44.

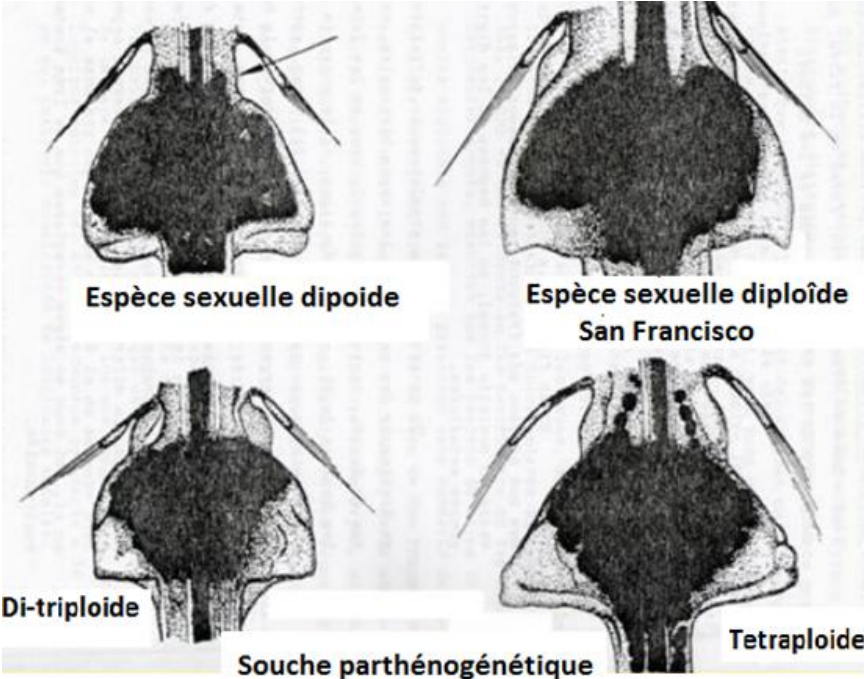


Figure 42. Morphologie de l'utérus (Amat, 1985)

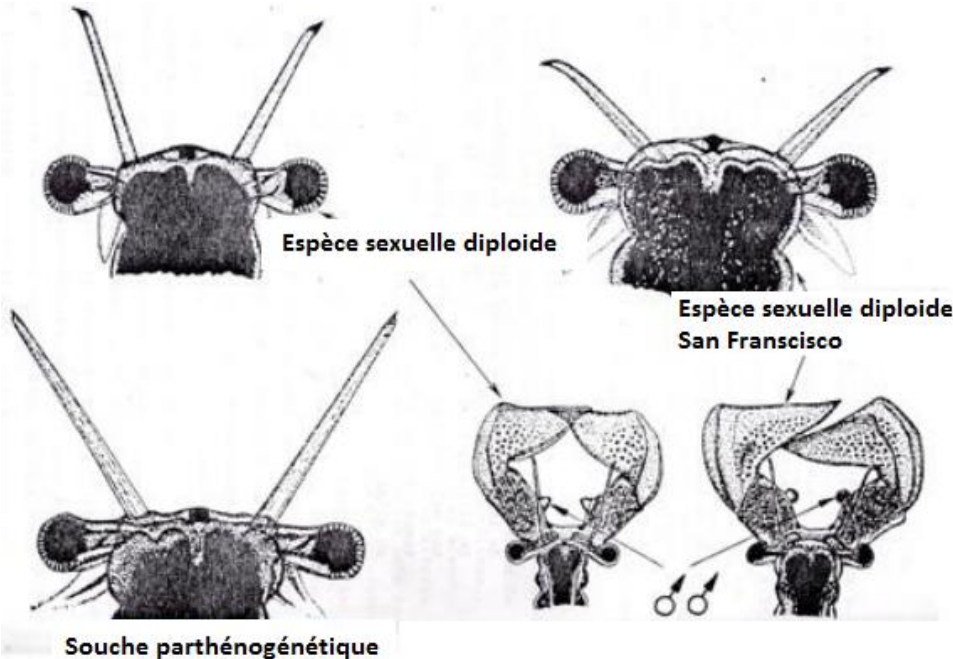


Figure 43. Morphologie de la tête (Amat, 1985)

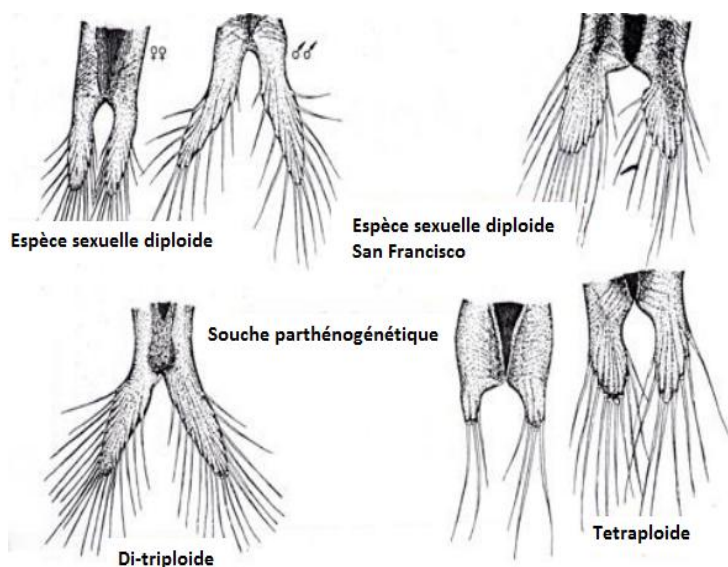


Figure 44. Morphologie de la fourche caudale (Amat, 1985)

Mura & Brecciaroli (2004) ont étudié les caractères morphologiques comme outil de séparation entre les différentes espèces d'*Artemia*, parmi ces caractères on trouve la morphologie des lobes frontaux qui ont été examinés à l'aide d'un microscope photonique. L'*Artemia salina* possède un lobe frontal de forme sub-conique, cependant les autres espèces bisexuelles asiatiques avec les espèces du nouveau monde présentent des lobes frontaux de forme sub-sphérique (Figure 45).

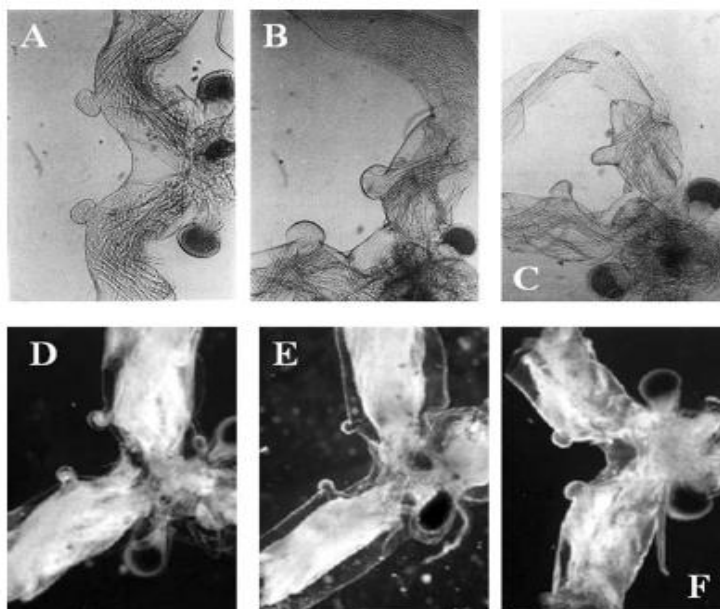


Figure 45. Tête du male d'Artemia montrant les différences entre les lobes frontaux chez différentes espèces A. *Artemia monica* ; b. *Artemia persimilis* ; c. *Artemia salina* ; d. *Artemia urmiana* ; e. *Artemia sinica*; f. *Artemia tibetiana*(Mura & Brecciaroli 2004).

MATERIEL ET METHODES

Pour la caractérisation morphologique, chaque individu est prélevé à l'aide d'une pipette puis placé sur une lame, sous une loupe binoculaire équipée d'une caméra et d'un système informatique : Optika version Pro.

Pour l'étude morphométrique, les mesures doivent être prises sur des individus élevés dans des conditions standard d'élevage. Selon Hontoria and Amat (1992b), les paramètres environnementaux peuvent affecter la morphométrie des individus d'*Artemia*. Les nauplii (éclosion dans une salinité de 35 PSU et une température de $28 \pm 1^\circ\text{C}$, lumière et aération constantes) sont élevés jusqu'à l'apparition des premiers signes adultes.

Un échantillonnage aléatoire simple a été réalisé, pour chaque population sur des adultes où les individus prélevés ont été anesthésiés dans une boîte de pétrie pendant quelques minutes, remplie d'eau de mer à laquelle un volume de 5ml d'eau douce saturée de chloroforme a été ajouté.

À l'aide d'une pipette, chaque individu est prélevé et ensuite placé sur une lame et à l'aide d'un microscope optique équipé d'un micromètre oculaire, la lecture biométrique a été réalisée.

Les mesures morphologiques sont les suivantes (Figure 46) :

- Longueur totale (LT) ;
- Longueur de l'abdomen (LA) ;
- Longueur de la fourche caudale (LF) ;
- Largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle (IO ou lSge) ;
- Largeur du troisième segment de l'abdomen (lA) ;
- Largeur de la tête (lte) ;
- Longueur de l'antennule LAnt) ;
- Diamètre de l'œil (DO) ;
- Distance entre les yeux (DiY).

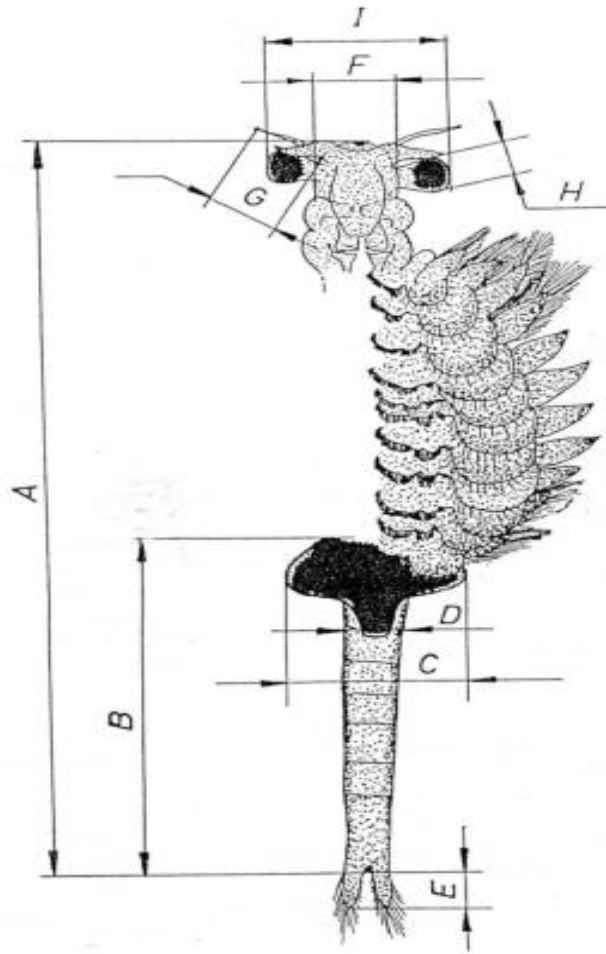


Figure 46. Les différentes mensurations étudiées. (A) longueur totale (LT) ; (B) longueur abdominal (LA); (C) largeur de l'utérus de la femelle, segment genital du mâle (IO, ISge); (D) largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen (IA); (E) longueur de la fourche(LF); (F) largeur de la tête (Ite); (G) longueur de l'antennule (LAnt); (H) diamètre de l'œil (DO); (I) distance entre les yeux (DiY) (Hontoria et Amat, 1992a).

9. Survie et croissance

Les expériences ont été réalisées sur les individus d'Artémia et la durée de chaque expérience est de 21 jours. Durant cette période, un suivi est effectué au niveau des élevages pour dénombrer quotidiennement le nombre de morts et les individus morts ont été enlevés lors de chaque observation. Le pourcentage net de survie a été calculé toutes les 24 h.

Au début de l'expérience, la longueur totale des 30 nauplii nouvellement éclos échantillonnés au hasard a été mesurée avec un microscope équipé d'un micromètre oculaire. Les mesures de la longueur totale ont été effectuées chaque semaine sur des individus

légèrement anesthésiés au chloroforme selon le protocole de Dana et Lenz (1986). La longueur totale au 21^{ème} jour de la période d'élevage a été considérée comme la longueur maximale. Le taux de croissance absolu (AGR) a été calculé en utilisant la formule suivante (Wootton 1991):

$$\text{AGR} = (\text{longueur moyenne de la population finale} - \text{longueur moyenne de la population initiale}) / \text{Temps d'élevage en jours.}$$

10. Reproduction

Une fois que les femelles présentent les premiers signes d'ovulation et les mâles présentent aussi des antennes bien développées, trente femelles de la population de Béthioua et trente couples d'Artémia pour les deux autres populations (Timimoune et El Melah) sont isolés dans des tubes à essai en plastique de 50ml, à une température de 24°C, une salinité de 80 PSU et alimentés avec la microalgue *Tetraselmis suecica* (Stein, 1878).

Durant l'expérience, les tubes d'élevage sont contrôlés et vérifiés chaque jour. Seuls les mâles faibles ou morts sont remplacés et les femelles mortes sont éliminées. La présence de cystes ou de nauplii est vérifiée quotidiennement et comptabilisé, l'eau est renouvelée après leur comptage ou lorsque le milieu d'élevage est composé de déchets de mues et de micro-algue morte.

Les caractéristiques de reproduction ont été déterminées pour chaque population selon Browne et al., (1984) et utilisées comme variables pour l'étude statistique. Elles sont les suivantes :

- Le nombre de descendance par ponte (DESC/P) ;
- Le nombre de ponte (NP) ;
- Le nombre total de descendants par femelle (DESC) ;
- Le nombre de descendants produits par jour durant la période reproductive ou taux journalier de reproduction. (DESC/J) ;
- Le temps moyen ou intervalle de temps entre pontes. (TP) ;
- Le pourcentage de descendants en cystes. (OVO %) ;
- Le pourcentage de descendance en nauplii (OVI %) ;
- La longévité des femelles ou la durée de vie moyenne (VM) est considérée comme étant le temps (jours) passé entre la naissance jusqu'à la mort ;

- La période pré-reproductive (PPR) ou temps de maturations sexuelles depuis l'éclosion jusqu'à la première ponte ;
- La période reproductive (PR) des femelles est considérée depuis la première jusqu'à la dernière ponte ;
- La période post-reproductive (PPTR) est définie à partir de la dernière ponte jusqu'à la mort.

11. Qualité nutritionnelle des cystes (Analyse des acides gras)

Afin de déterminer et d'évaluer la qualité nutritionnelle des cystes des trois populations d'Artémia (Béthioua, El Melah et Timimoune), les acides gras ont été dosés selon la méthode de Folch et al., (1957) modifié par Bligh et Dyer (1959).

Il faut signaler que, la teneur en acides gras est exprimée en pourcentage de l'ensemble des acides gras.

Extraction des lipides totaux

Avant d'extraire les lipides totaux, les cystes sont en premier hydratés en eau distillée pendant une période de 2 heures en acquérant une forme sphérique et en facilitant l'action du décapsulateur puis ils sont décapsulés par un traitement avec de l'hypochlorite de sodium selon la méthodologie décrite dans les travaux de Bruggeman et al., en 1979. Ces derniers sont recueillis sur une maille de 150 µm après la décapsulation et ils sont rincés à l'eau douce en éliminant les résidus décapsulant.

Le taux d'humidité et le poids sec des cystes décapsulés sont déterminés à partir de 03 répliques. Ils sont conservés durant 24h à 100°C homogénéisés mécaniquement dans un homogénéiseur avec un mélange de chloroforme : méthanol (2:1, v/v) contenant l'antioxydant BHT (Butyl Hydroxy Toluène) à une concentration de 0.01% (p/v).

On ajoute $\frac{1}{4}$ du volume d'une solution de chlorure de potassium KCl (0,88%) (p/v) au volume total homogénéisé, puis on procède à une agitation et une centrifugation durant 2 min à 600g, ensuite on enlève le surnageant et on filtre la phase organique à l'aide d'un papier filtre Wattman de 0.45µm de porosité. Cette étape est refaite une deuxième fois. La phase organique filtrée est séchée sous un flux d'azote (N₂) et ensuite elle est transférée dans un petit flacon de verre pesé afin de sécher l'azote complètement.

MATERIEL ET METHODES

Les extraits de lipides sont conservés dissouts dans une concentration déterminée d'un mélange de chloroforme : méthanol (2 :1, v/v) contenant 0,01 % (p/v) de BHT (Butyl Hydroxy Toluène). Afin de minimiser l'oxydation des extraits lipidiques durant la conservation, l'air présent dans les petits flacons est chassé à l'aide de l'azote sec.

L'analyse des acides gras est effectuée par chromatographie en phase gazeuse à partir des esters méthyliques des acides gras, obtenus par transméthylation des échantillons lipidiques.

Transméthylation, purification et chromatographie

Selon le processus décrit par Christie en 1982, une quantité déterminée d'un extrait lipidique est ajoutée à 1ml de toluène et 2ml d'une solution d'acide sulfurique H_2SO_4 à 1% en méthanol, et la soumettre à une température de 50°C pour une durée de 16h. L'extraction des esters méthyliques des acides se fait en deux fois successives ou la première est réalisée en ajoutant 5ml d'eau distillée et 5ml d'une solution de l'héxane : éther di éthylique (1 :1, v/v). Le surnageant est récupéré après une agitation et une centrifugation du mélange pendant 2 min à 600 g. La seconde extraction est réalisée en ajoutant 1.5 ml d'une solution de bicarbonate de potassium $KHCO_3$ à 2% (p/v), et le surnageant est récupéré dans un autre tube séché à sec après une agitation et centrifugation durant 2 min à 600g. A la fin l'extrait est transféré dans un flacon en verre dans un volume de 140 μ l d'hexane-éthers di éthylique.

La purification est faite par chromatographie en couche fine de plaques de gel de silice G 60 imbibé d'un solvant composé de l'héxane : éther di éthylique : acide acétique glacial (85 :15 :1,5, v/v/v). La fraction de chaque échantillon est récupérée par grattage du gel de silice correspondant à l'aire où se trouve la fraction des esters méthyliques.

Les esters méthyliques des acides gras présents dans le gel de silice sont arrosés d'hexane : éther di éthylique, après agitation et centrifugation durant 2 min à 600g la fraction liquide est transférée dans un autre tube qui sera séché complètement à l'azote sec. Dans le gel de silice. Les esters méthyliques sont récupérés dans des petits flacons de verre avec une solution d'hexane contenant du BHT (0.01% p/v). Sous un gradient thermique de 50 à 220°C, les échantillons injectés en colonne subissent une élution avec l'hélium.

Dans le système informatique équipé de l'application Chrom-Card for Windows (CE Instruments, Milan, Italie), les données du détecteur de la flamme pendant les 40 min de l'élution des échantillons sont récupérées.

Les résultats obtenus sont sous forme de chromatogramme et les différents acides gras sont identifiés par comparaison des temps de rétention avec celui d'un acide gras standard connu utilisé comme étalon interne. Le temps de rétention caractérise qualitativement les acides gras alors que la concentration de ces derniers est déterminée par la surface des pics.

12. Traitement statistique des données

Les moyennes et les écarts types ont été calculés pour chaque variable et pour chaque étude (Biométrie des cystes et des nauplii, caractéristiques d'éclosion, morphométrie, croissance, reproduction et profil des acides gras). Aussi l'analyse de la variance ANOVA ($p < 0.05$), a été utilisée afin de déterminer si les moyennes de trois populations sont différentes.

Le diagramme des valeurs propres est tracé où la valeur propre associée à un axe correspond à la fraction d'inertie qu'il retranscrit. Plus elle est élevée, plus le facteur est important dans la lecture des résultats.

Une analyse en composantes principales (ACP) normalisée a été exécutée sur les données obtenues ou sur l'ensemble des données obtenues et des données bibliographiques pour l'étude morphométrique, l'étude de reproduction, le profil des acides (pour la comparaison entre les différentes populations algériennes, nous avons utilisé les données de Ghomari (2013) car il présente 15 acides gras en commun analysé dans le même laboratoire avec le même protocole d'analyse). Aussi, pour l'étude de la sebkha de Béthioua durant la période humide entre les paramètres environnementaux, les groupes de phytoplancton et le mois de prélèvement.

L'objectif de cette analyse est de condenser l'information et les données obtenues par une analyse des corrélations entre les variables (morphométrique, paramètre de reproduction, acide gras, paramètre environnemental et biologique) et une visualisation graphique des distances entre les différentes populations. Elle nous a permis de dégager les liaisons entre différentes variables et les ressemblances entre les différentes populations.

Pour cette étude, seulement les deux premiers axes sont représentés, ces axes expliquent la majeure partie de la variance et ils sont considérés comme statistiquement significatifs dans le plan factoriel.

De plus, pour l'identification de l'espèce d'Artémia, le coefficient de corrélation « r » est recherché entre chaque deux variables (Il est égal au rapport entre la covariance entre ces

deux variables et le produit de leurs écart-types respectifs). Il permet de mesurer le sens et l'intensité de la relation entre ces deux variables. Si sa valeur est positive, cela signifie que les deux variables augmentent et diminuent ensemble. A l'inverse, si la valeur est négative, cela signifie que quand la valeur de la première variable augmente, celle de la deuxième diminue, et vice-versa. La valeur absolue du coefficient permet de mesurer l'intensité de la relation entre les deux variables : plus elle est proche de 1, plus la relation est forte, plus elle s'approche de 0, la relation n'a pas de signification. On ne considère comme significatifs que les coefficients ayant une valeur absolue supérieure à 0.5 et on considère une forte corrélation lorsque la valeur absolue est comprise entre 0.7 et 1.

Pour caractériser au mieux les changements éventuels de la morphologie au cours de la croissance de chaque population étudiée, les différentes parties mesurées du corps sont exprimées en fonction de la longueur totale (LT) et nous avons utilisé une équation de régression de type axe majeur réduit, préconisé par Teissier (1948) : $Y = aX^b$

X : Longueur totale (LT)

Y : paramètre mesuré

a : ordonné à l'origine

b : pente

Pour déterminer le type de croissance liant 2 paramètres mesurés sur un même individu, nous avons appliqué le test de conformité du coefficient d'allométrie en posant l'hypothèse suivante : la valeur de $b=1$ (ou pas ?) ($H_0 : b=1$), soit on accepte l'hypothèse ou on rejette. La confirmation de l'allométrie est obtenue par le test de Student selon Dagnelie (1998) :

$$t_{obs} = (|b^2 - b_0^2| \cdot \sqrt{(n-2)}) / (2 \cdot b_0 \cdot b \cdot \sqrt{(1-r^2)}) \text{ avec } n-2 \text{ degrés de liberté}$$

n : effectif

b : pente

r : coefficient de corrélation

b_0 : pente théorique (=1)

t_{obs} est comparée à celle théorique : $t_{1-\alpha/2}$ (contenue dans la table de Student) avec $\alpha=0.05$.

Deux cas peuvent se présenter :

- Si $t_{obs} \leq t_{1-\alpha/2}$: on accepte l'hypothèse. La différence n'est pas significative et $b=1$. Il ya donc une isométrie entre les 2 paramètres étudiés.
- Si $t_{obs} > t_{1-\alpha/2}$: on rejette l'hypothèse La différence est significative entre la pente et la valeur théorique. Il ya donc une allométrie minorante (ou négative) si $b < 1$, ou une allométrie majorante (ou positive) si $b > 1$.

Pour la confirmation et la comparaison morphométrique entre les populations étudiées et les populations algériennes étudiées par Ghomari (2013) ou entre les populations étudiées et les populations méditerranéennes étudiées par Ghomari (2013) qui a travaillé avec les mêmes paramètres morphométriques étudiés dans le présent travail, nous avons réalisé une classification par hiérarchie. En effet, la classification par hiérarchie peut se faire de façon ascendante ou descendante. Dans ce travail nous avons travaillé avec la Classification Ascendance Hiérarchique (CAH (Ward, 1963)). La CAH appartient au groupe des méthodes issues de l'agrégation. Le principe est le suivant. Initialement, on suppose que chaque population représente une classe, ensuite on regroupe les populations entre eux en fonction de l'indice de dissimilarité choisi jusqu'à former le nombre de classes souhaité. Cette méthode permet, grâce à la lecture de l'arbre (dendrogramme), de déterminer le nombre optimal de classes. Le nombre optimal de classes est le nombre de classes qui permet statistiquement de mieux différencier les populations d'Artémia de classes différentes et de mieux regrouper les populations d'une même classe. Le choix du nombre de classes est fait visuellement à partir du dendrogramme.

Parmi les méthodes de regroupement de classes utilisées en classification hiérarchique, nous avons utilisé la méthode de Ward (Ward, 1963). Dans cette étude on désire obtenir une classification basée sur la similitude des populations et non sur leur proximité. Donc, la méthode de Ward apparaît comme celle la mieux adaptée pour notre étude.

De plus, pour la survie et la croissance, le coefficient de corrélation « r » a été déterminé afin de quantifier la force de la relation linéaire entre chaque deux variables (le pourcentage de survie et la salinité pour la survie, et la longueur totale et l'âge pour la croissance) d'une analyse de corrélation.

Le coefficient de corrélation linéaire de deux caractères X et Y est égal à la covariance de X et Y divisée par le produit des écarts-types de X et Y.

MATERIEL ET METHODES

X : salinité (pour l'étude de la survie) ou âge (pour l'étude de croissance)

Y : taux de survie (pour l'étude de la survie) ou la longueur totale (pour l'étude de croissance).

L'analyse statistique a été réalisée par le logiciel statistique R version 3.6.1 (Team, R. C. 2014) en utilisant les packages suivants : le Vegan (Oksanen et al., 2013), ade4 (Dray & Dufour, 2007), Mass (Venables & Ripley, 2002 et Ripley, 1996) et factoextra (Kassambara et Mundt, 2016).

RESULTATS
ET
DISCUSSIONS

Chapitre 3 : Résultats et discussions

I. Résultats

1. Biométrie des cystes

Le diamètre moyen des cystes hydratés et décapsulés des populations étudiées est représenté dans le tableau 8. Les diamètres moyens des cystes hydratés variaient entre les trois populations. Le grand diamètre est observé chez la population de Béthioua ($268.08 \pm 0.01 \mu\text{m}$) et le petit diamètre est enregistré chez la population d'El Melah ($247.81 \pm 0.02 \mu\text{m}$). Les cystes décapsulés d'El Melah et de Timimoune possèdent un diamètre plus petit et une mince enveloppe tertiaire ($10.5 - 12.99 \mu\text{m}$), par rapport à ceux de la population de Béthioua ($13.28 \mu\text{m}$).

Tableau 8. Caractéristiques biométriques des cystes des trois populations algériennes étudiées. a : population de Béthioua; b : population d'El Melah; c : Population de Timimoune ; n : nombre de cystes.

		Population de Béthioua ^a	Population d'El Melah ^b	Population de Timimoune ^c
Diamètre moyen des cystes (μm) n=100 (03 répliques)	Cystes hydratés	$268.08 \pm 0.01^{b,c}$	$247.81 \pm 0.02^{a,c}$	$255.38 \pm 0.01^{a,b}$
	Cystes décapsulés	$241.52 \pm 0.02^{b,c}$	226.81 ± 0.01^a	229.45 ± 0.01^a
Epaisseur du chorion (μm)		13.28	10.5	12.99

La comparaison entre les moyennes des diamètres de cystes hydratés présente une différence significative entre les trois populations étudiées ($P < 0.05$). Aussi, la comparaison entre les moyennes des diamètres de cystes décapsulés révèle une différence significative entre la population de Béthioua et la population d'El Melah, et entre la population de Béthioua et la population de Timimoune ($P < 0.05$). Aucune différence significative n'a été observé entre les deux populations du Sud (El Melah et Timimoune) en comparant les moyennes des diamètres des cystes décapsulés ($P > 0.05$).

2. Caractéristiques d'éclosion

Les résultats de la qualité d'éclosion obtenus pour les trois populations étudiées montrent que la population de Béthioua présente les valeurs les plus importantes pour le taux d'éclosion qui varie entre 64.2% pour les cystes normaux et 83.7% pour les cystes décapsulés, l'efficacité d'éclosion qui oscille entre 101069.33 ± 10058.33 nauplii.g⁻¹ pour les cystes normaux et 136978 ± 16123.9411 nauplii.g⁻¹ pour les cystes décapsulés et la synchronie d'éclosion (7.5 heures). La population de Timimoune présente les valeurs les plus faibles en matière de qualité d'éclosion (Tableau 9).

Une différence significative est observée seulement entre les moyennes d'efficacité d'éclosion de la population de Timimoune avec les deux autres populations (Béthioua et 'El Melah) pour les cystes non décapsulés et décapsulés (P<0.05).

Tableau 9. Résultats des paramètres d'éclosion des cystes étudiés. a : population de Béthioua; b : population d'El Melah; c: Population de Timimoune; Ts : temps de synchronie; T₁₀: temps d'éclosion de 10% de cystes; T₉₀: temps d'éclosion de 90% de cystes.

		Population de Béthioua ^a	Population d'El Melah ^b	Population de Timimoune ^c
Pourcentage d'éclosion (%)	Cystes non décapsulés	64.2	53.2	33.2
	Cystes décapsulés	83.7	70	40.5
Efficacité d'éclosion (nauplii.g ⁻¹) (03 répliquas)	Cystes non décapsulés	101069.33 ± 10058.33^c	94650.66 ± 9190.270^c	$58912 \pm 1526.97^{a,b}$
	Cystes décapsulés	136978 ± 16123.9411^c	136623 ± 16634.91^c	$77517.66 \pm 17980.98^{a,b}$
Temps de synchronie T _s (Heure) (T _s =T ₉₀ -T ₁₀)	T ₀	16.5	17.5	19
	T ₁₀	21	27	25
	T ₉₀	28.5	37	5151
	T _s	7.5	10	26

3. Biométrie des nauplii

La longueur totale du nauplius de chaque population obtenue est représentée dans le tableau 10. Les nauplii des populations d'El Melah et de Timimoune sont plus petits que les nauplii de la population de Béthioua.

Tableau 10. Caractéristiques biométriques des nauplii des trois populations algériennes étudiées. a : population de Béthioua; b : population d'El Melah; c: Population de Timimoune.

Population	Béthioua ^a	El Melah ^b	Timimoune ^c
Longueur total du nauplius en µm (n=30) (3 réplicas)	478.73±0.02 ^{b,c}	466.46±0.02 ^a	453.26±0.03 ^a

Une différence significative est observée entre la population de Béthioua et les deux populations d'El Melah et de Timimoune (P<0.05).

4. Qualité du milieu d'élevage

Les valeurs des paramètres de qualité de l'eau de chaque population pendant 21 jours de culture (à une température de 24°C et une salinité croissante de 35, 60 et 80 PSU) sont illustrées sur les figures 47, 48 et 49.

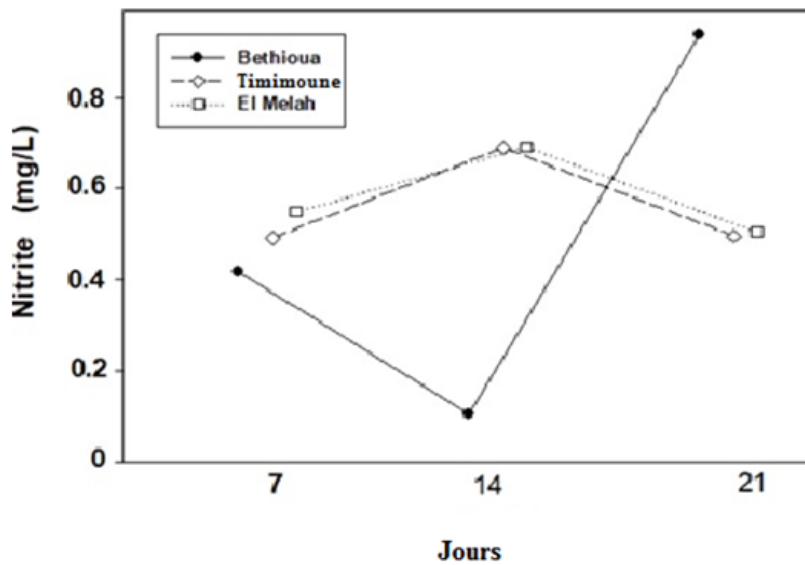


Figure 47. Concentrations de nitrite dans l'eau d'élevage chez les trois populations d'Artémia étudiées.

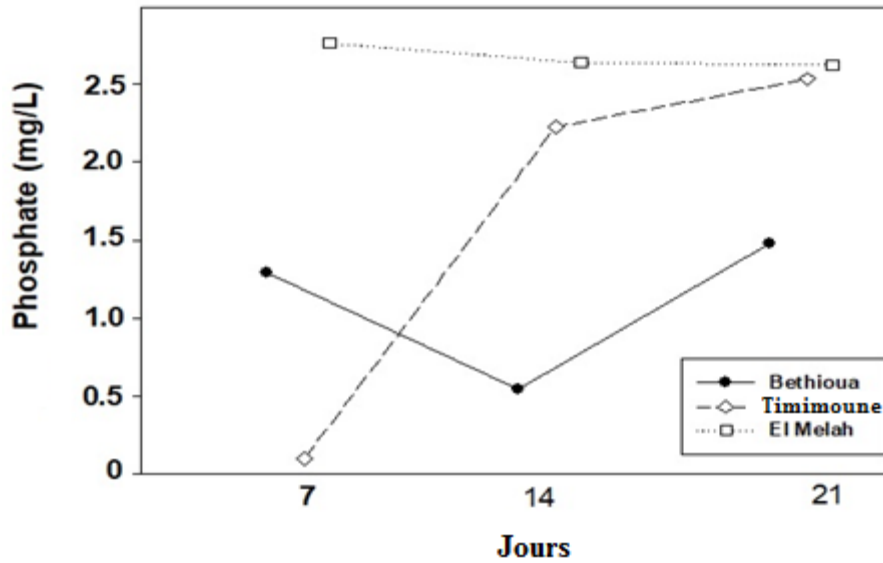


Figure 48. Concentrations de phosphate dans l'eau d'élevage chez les trois populations d'Artémia étudiées.

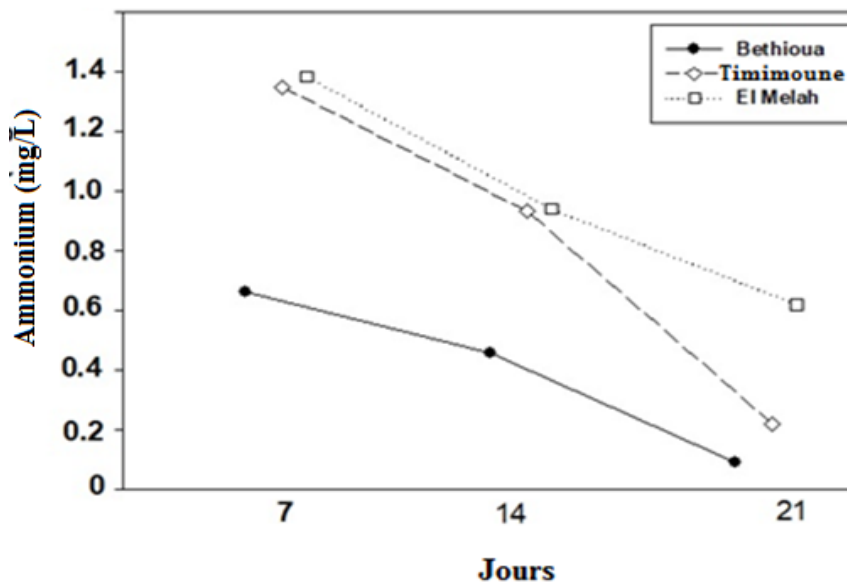


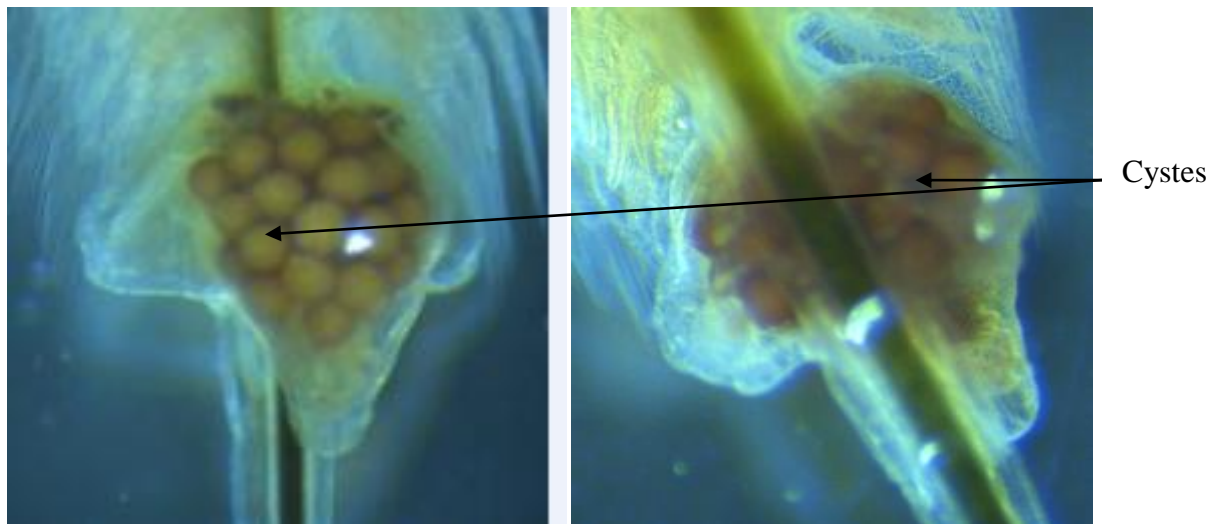
Figure 49. Concentrations d'ammonium dans l'eau d'élevage chez les trois populations d'Artémia étudiées.

La valeur des nitrites du milieu des trois populations d'Artémia étudiées varie entre 0.48 ± 0.41 et 0.58 ± 0.09 mg/l pour la population de Béhioua et El Melah, respectivement et la valeur de l'ammonium oscille entre 0.40 ± 0.28 mg/l pour la population de Béthioua et 0.98 ± 0.38 mg/l pour la population d'El Melah. De plus, la valeur des phosphates a montré une valeur minimale pour la population de Béthioua (1.10 ± 0.49 mg/l) et une valeur maximale pour la population d'El Melah (2.67 ± 0.07 mg/l).

5. Morphologie et Morphométrie de l'espèce

5.1. Morphologie

Dans la présente étude, et suite à l'observation de la morphologie des individus adultes des trois populations, les populations du Sud (El Melah et Timimoune) appartiennent à l'espèce *Artemia salina* (Linnaeus, 1758), avec un dimorphisme sexuel bien marqué composées des mâles distingués par deux grosses pinces au niveau de la tête et une paire de pénis au niveau de l'abdomen et des femelles avec un sac ovigère. Cependant la population de Béthioua appartient à la population parthénogénétique diploïde et tétraploïde. En effet, des protubérances distinctes sont présentes au niveau des deux côtés du thorax, juste entre l'insertion de la marge antérieure du sac ovigère et la base de la 11ème paire de phyllopodes chez la population de Béthioua (Figure 50). Ces protubérances sont absentes chez les deux autres populations d'Artémia (Timimoune et El Melah) (Figure 51).



a : Population de Timimoune.

b : Population d'El Melah.

Figure 50. Morphologie de l'utérus chez les populations de Timimoune et d'El Melah (X35).

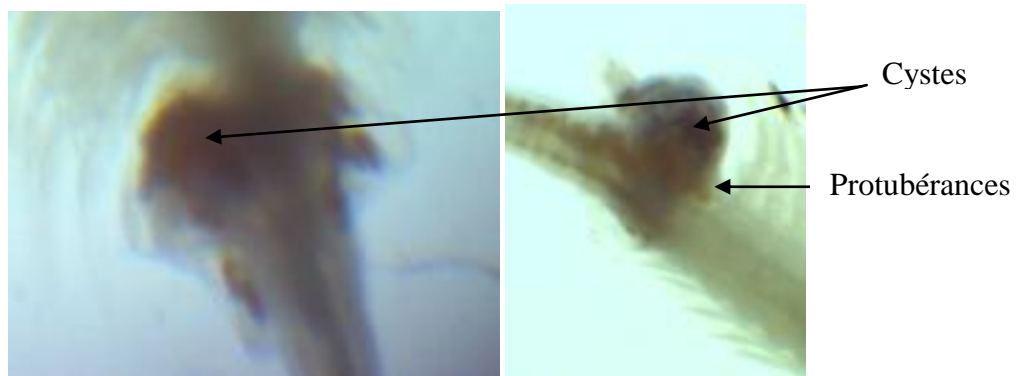


Figure 51 . Morphologie de l'utérus chez la population de Béthioua (X 35).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Pour les deux populations de Timimoune et d'El Melah, la fourche est bilobée et elle ne présente pas de constriction à sa base. Aussi la fourche est différente entre les femelles et les mâles, où ces derniers présentent une fourche plus longue avec un nombre élevé de soies (Figure 52 et 53). Par contre chez la population de Béthioua, la fourche est fuselée (Figure 54).

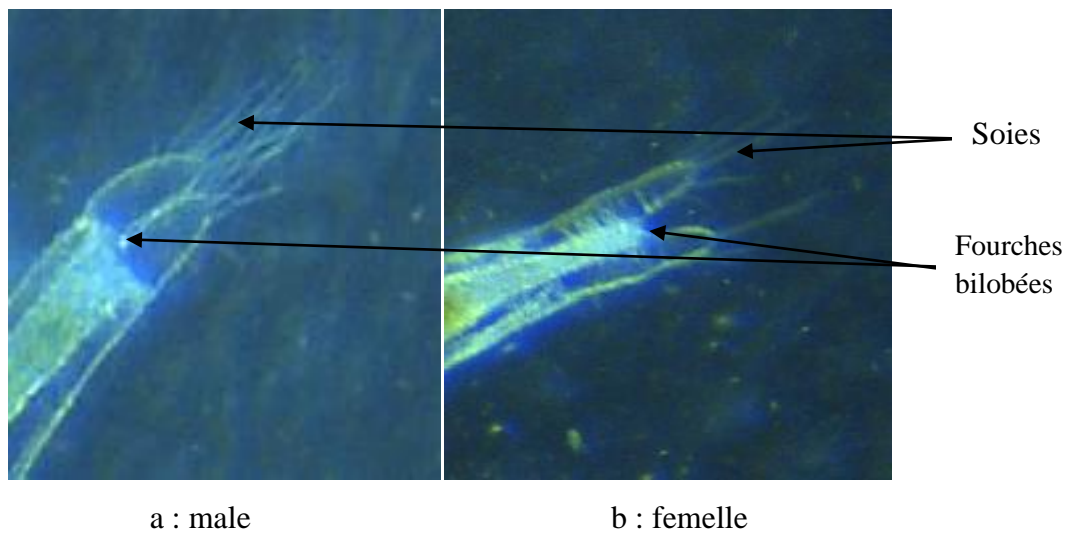


Figure 52. Morphologie de la fourche caudale chez la population d'El Melah (X 40).

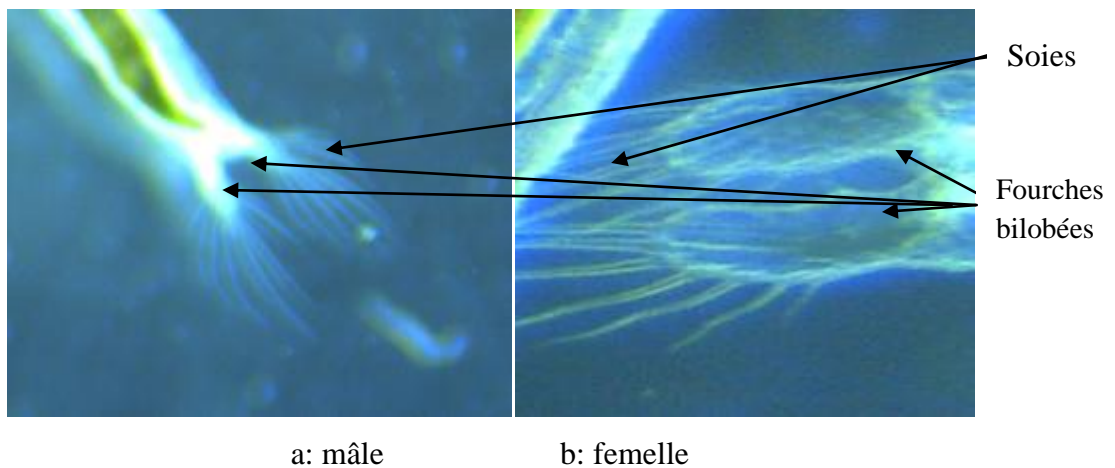


Figure 53. Morphologie de la fourche caudale chez la population de Timimoune (X 40).

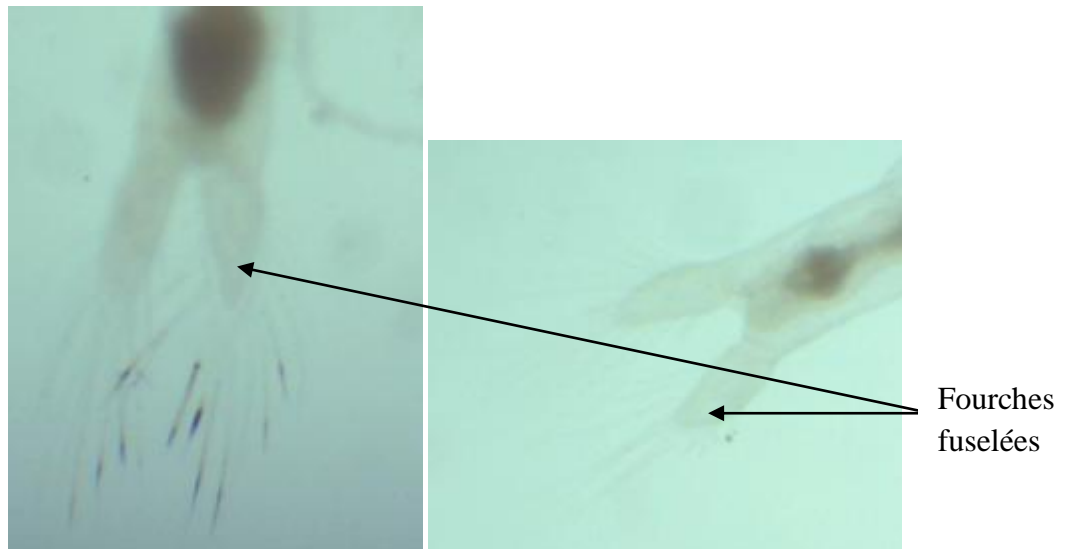


Figure 54. Morphologie de la fourche caudale chez la population de Béthioua (X 40).

Pour la morphologie de la tête, les individus adultes des deux populations de Timimoune et d'El Melah ont une largeur céphalique plus réduite (Figure 55).

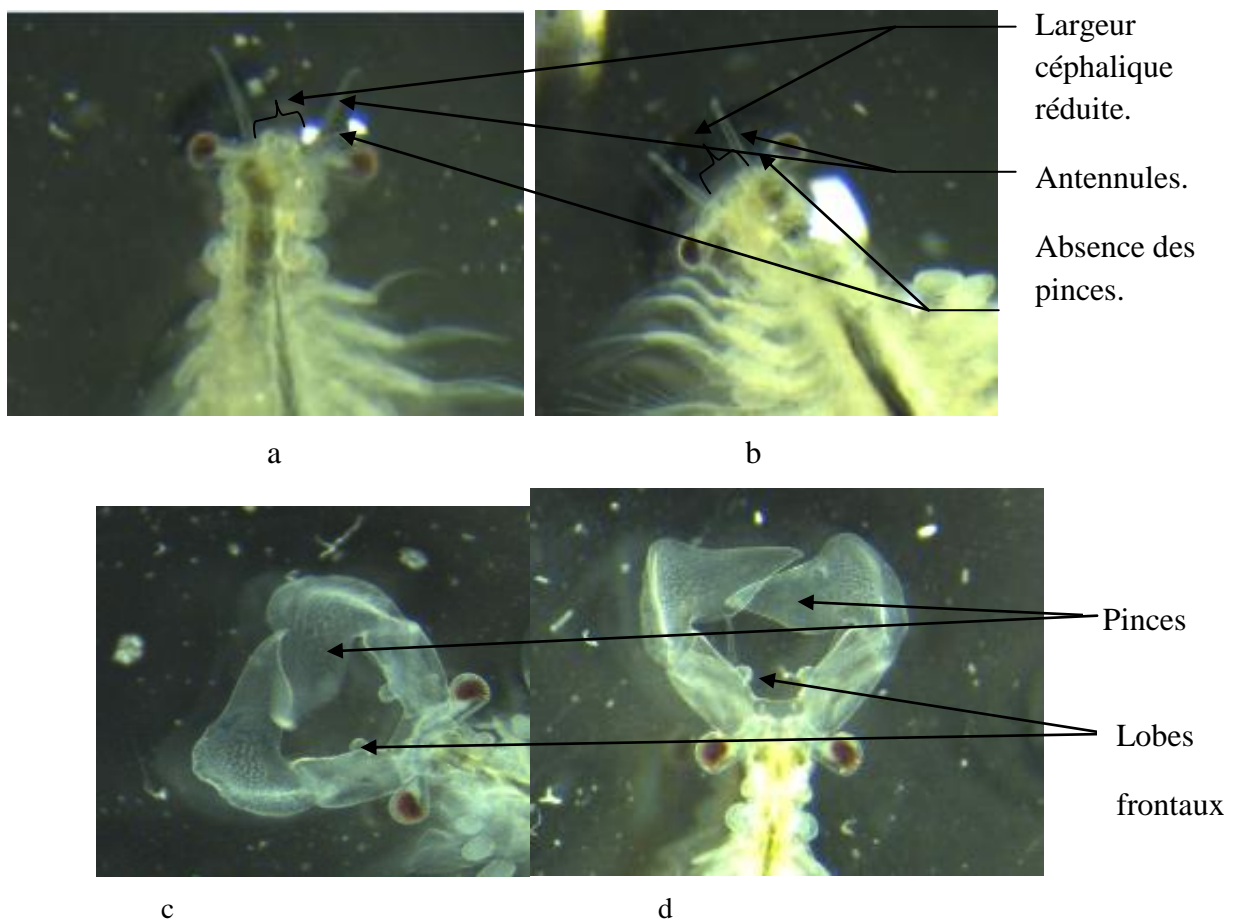


Figure 55. Morphologie de la tête des mâles et des femelles des populations bisexuelles étudiées (X 40). a: femelle de la population de Timimoune; b: femelle de la population d'El Melah; c : mâle de la population de Timimoune; d : mâle de la population d'El Melah.

Chez la population de Béthioua, le profil céphalique présente des irrégularités (Figure 56).

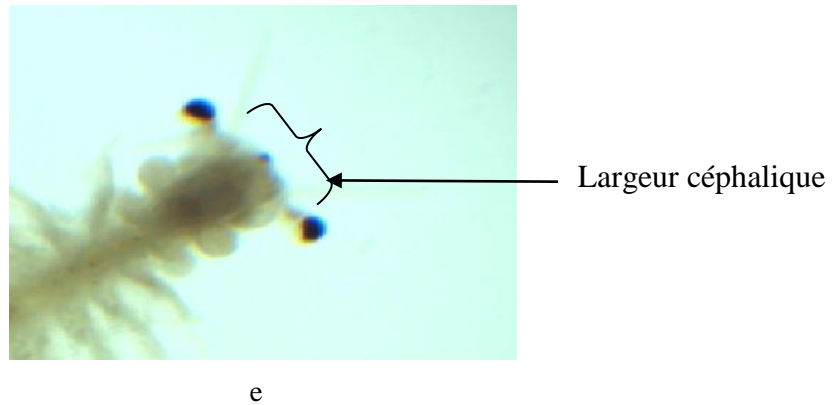


Figure 56. Morphologie de la tête de la femelle de la population de Béthioua (X 40).

Les lobes frontaux des antennes des mâles des deux populations de Timimoune et d'El Melah ont une forme subcônique.

5.2. Morphométrie

Les valeurs moyennes des caractères numériques de chaque population composée de 30 individus échantillonnés au hasard sont illustrées dans la figure 57.

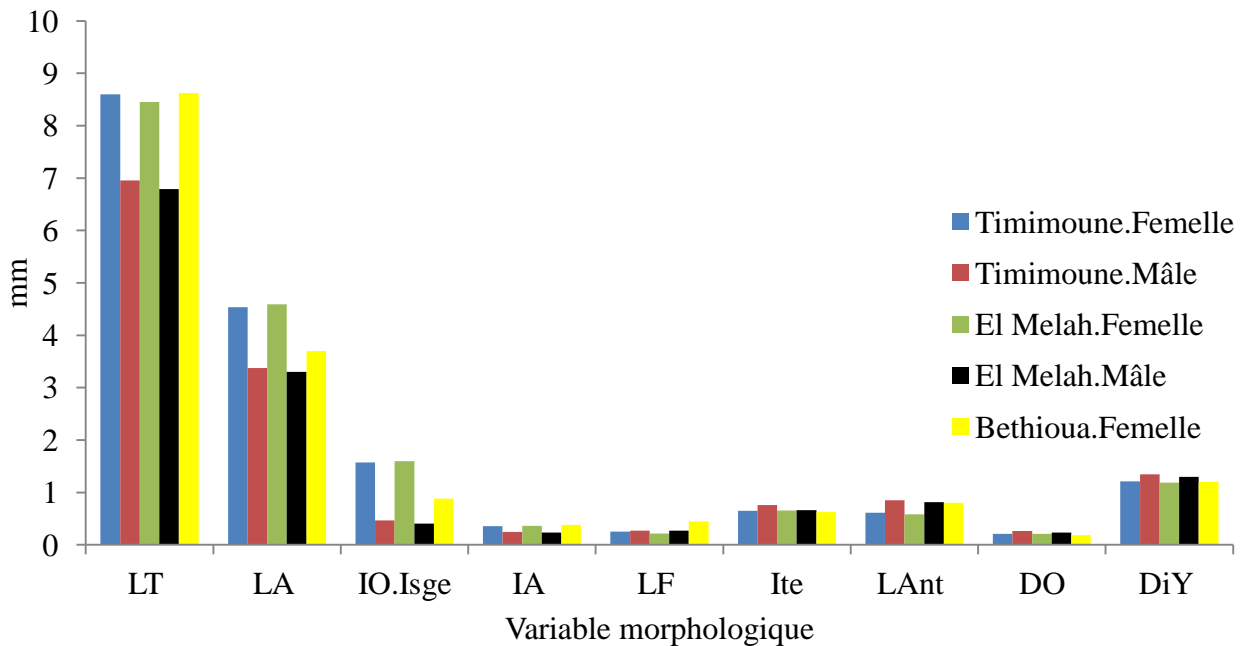


Figure 57. Moyennes des paramètres morphométriques des individus mâles et femelles des populations d'Artémia étudiées. LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO.Isge : Largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ité : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les valeurs moyennes des paramètres morphométriques d'*Artémia* des trois populations étudiées varient d'une population à une autre et aussi par rapport au sexe. Pour cela chaque population est étudiée séparément avec une comparaison des moyennes entre les mâles et les femelles en utilisant le test t à un risque de 5 %.

Population de Timimoune

Les moyennes de chaque paramètre morphométrique des adultes femelles et mâles d'*Artémia* de la population de Timimoune sont représentées dans la figure 58 et le tableau 11.

Les moyennes de la longueur totale, la longueur de l'abdomen et la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen des femelles sont significativement plus grandes que celles des mâles. Aussi l'utérus des femelles est significativement plus large que le segment génital des mâles ($P < 0.05$). Cependant, les mâles possèdent une tête significativement plus large, des antennules significativement plus longues, aussi un diamètre moyen d'œil et une distance moyenne entre les yeux significativement plus grands que les femelles ($P < 0.05$). Aucune différence significative n'a été observée entre les mâles et les femelles pour la longueur moyenne de la fourche caudale.

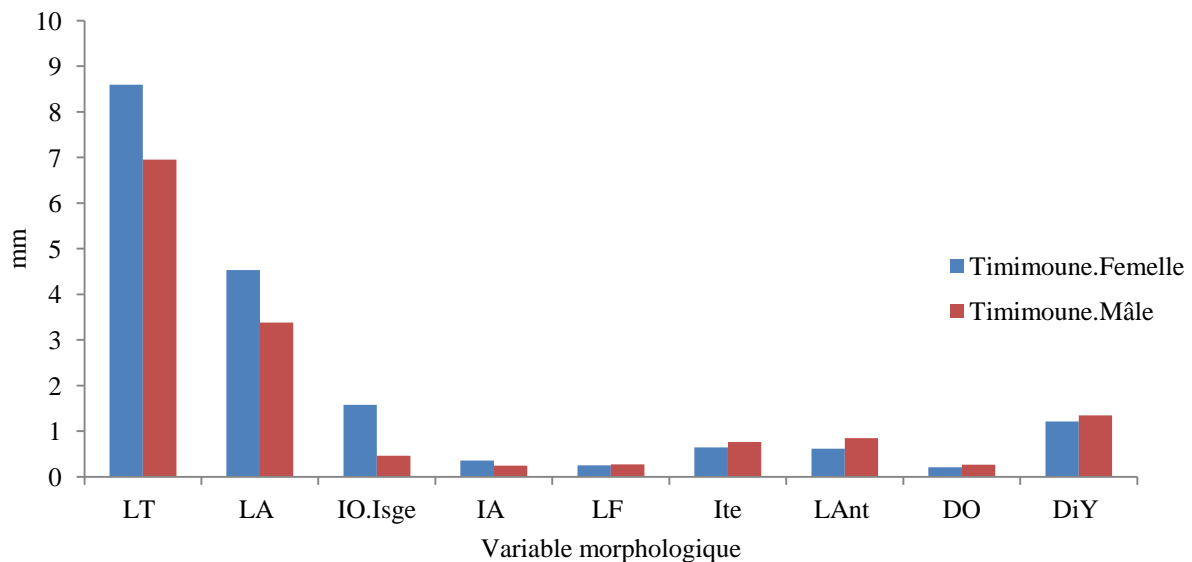


Figure 58. Moyennes des paramètres morphométriques des individus mâles et femelles de la population d'*Artemia* de Timimoune. LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen;

LF : Longueur de la fourche caudale; IO.Isge: Largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; It : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 11. Variables morphométriques mesurées chez les individus adultes d'Artémia de la population de Timimoune. LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen ; LF : Longueur de la fourche caudale; IO.Isge : Largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ité : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux. Résultat exprimé en moyenne \pm écart type à un risque de 5 % (n=30).

	LT (mm)	LA (mm)	IO.Isge (mm)	IA (mm)	LF (mm)	Ité (mm)	LAnt (mm)	DO (mm)	DiY (mm)
Femelles de Timimoune	8.59 ± 0.59	4.53 ± 0.38	1.57 ± 0.24	0.35 ± 0.06	0.25 ± 0.05	0.64 ± 0.07	0.61 ± 0.10	0.21 ± 0.03	1.21 ± 0.08
Mâles de Timimoune	6.95 ± 0.59	3.37 ± 0.34	0.46 ± 0.09	0.24 ± 0.08	0.27 ± 0.05	0.76 ± 0.19	0.84 ± 0.11	0.26 ± 0.04	1.34 ± 0.17
P	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	>0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

La corrélation des variables morphométriques a été recherchée grâce à une ACP (Analyse en Composantes Principales) et réalisée sur la matrice 60 individus x 9 variables morphométriques. Les deux premières composantes constituent respectivement 48.32 % et 22.25% de l'information totale soit 70.57% de la variabilité totale (Figure 59).

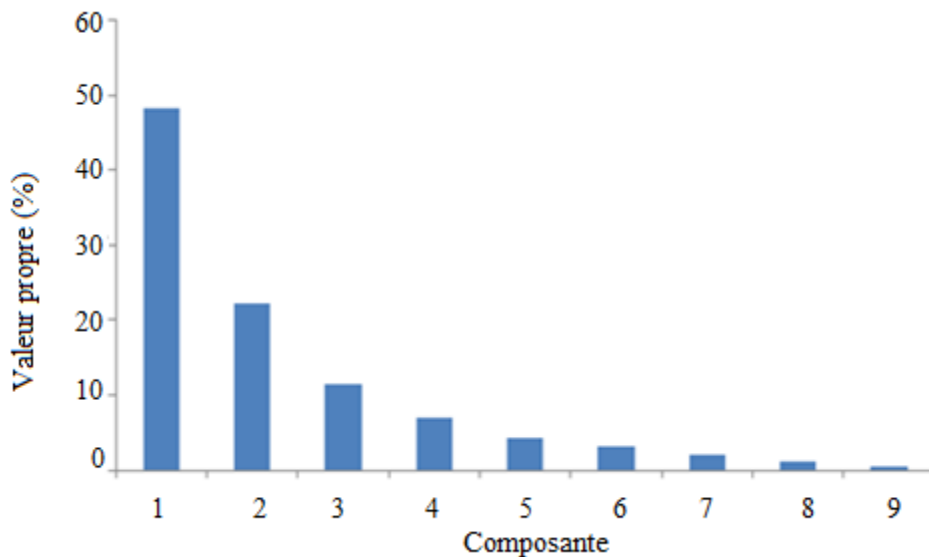


Figure 59. Diagramme des valeurs propres des variables morphométriques de la population de Timimoune.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Une forte corrélation positive est observée entre la longueur totale et les variables morphologiques suivantes : la longueur de l'abdomen, la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen et la largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle. Aussi entre la largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital et la longueur de l'abdomen et entre la longueur de l'antennule et les variables suivantes : le diamètre de l'œil et la distance entre les yeux. Une corrélation négative est notée entre : la longueur de l'antennule et la longueur de l'abdomen, la longueur de l'antennule et la largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle, le diamètre de l'œil et la largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle (Tableau 12).

Tableau 12. Corrélation entre les moyennes des différentes variables morphologiques mesurées chez les adultes d'Artémia de la population de Timimoune (Coefficient de corrélation r). LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO.Isge : Largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Itc : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

	LT (mm)	LA (mm)	IO.Isge (mm)	IA (mm)	LF (mm)	Ite (mm)	LAnt (mm)	DO (mm)
LA (mm)	0.94	1						
IO.Isge (mm)	0.86	0.89	1					
IA (mm)	0.7	0.69	0.66	1				
LF (mm)	-0.004	-0.009	-0.11	-0.007	1			
Ite (mm)	-0.05	-0.19	-0.29	-0.13	0.007	1		
LAnt (mm)	-0.43	-0.58	-0.65	-0.35	0.2	0.5	1	
DO (mm)	-0.33	-0.38	-0.5	-0.11	0.31	0.25	0.62	1
DiY (mm)	-0.05	-0.14	-0.3	-0.07	0.3	0.55	0.7	0.61

Le cercle de corrélation (Figure 60) résume l'information sur le plan factoriel formé par les deux composantes.

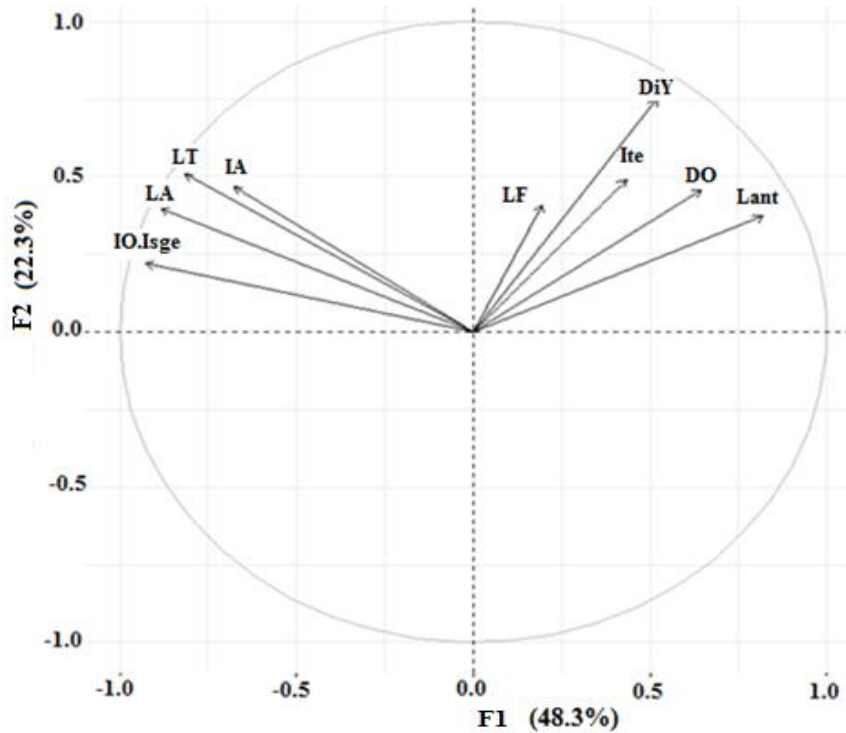


Figure 60. Cercle de corrélation des variables morphométriques de la population de Timimoune issue de l'ACP. LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO.Isge: Largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ite : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

Sur la composante 1, les variables suivantes : longueur de la fourche caudale, distance entre les yeux, largeur de la tête, diamètre de l'œil et longueur de l'antennule sont fortement corrélées positivement. Ces paramètres s'opposent aux variables relatives à la longueur totale, la longueur de l'abdomen, la largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle et la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen, situées de l'autre côté de la composante (abscisses négatives). Ce sont les paramètres relatifs au tronc. Aussi, dans le côté positif de la composante 2, ces variables correspondant au tronc sont distinguées et se regroupent avec les variables correspondant à la longueur de la fourche caudale, la distance entre les yeux, la largeur de la tête, le diamètre de l'œil et la longueur de l'antennule.

Le tableau 13 montre les contributions des variables morphologiques sur la première et la deuxième composante. La longueur totale (LT), LA, IO.Isge, IA, LAnt, expliquent la plupart de la variance, étant les variables les plus informatives dans la représentation bidimensionnelle.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 13. Contribution des moyennes de chaque variable morphologique mesurée, obtenues par l'Analyse en Composante Principale pour les individus de la population de Timimoune. LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO.Isge: Largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ite : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

	F1	F2
LT	-0.81	0.50
LA	-0.88	0.4
IO.Isge	-0.92	0.21
IA	-0.67	0.46
LF	0.2	0.4
Ite	0.43	0.49
LAnt	0.81	0.37
DO	0.64	0.45
Diy	0.52	0.75

La caractérisation des changements éventuels de la morphologie de la population femelle d'Artémia de Timimoune au cours de la croissance par rapport à la longueur totale (LT) est représentée dans la figure 61.

Parmi les paramètres étudiés de la population femelle d'Artémia de Timimoune, la longueur de l'abdomen (LA), la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen (IA), la largeur de la tête (Ite) et la distance entre les yeux (DiY) présentent une isométrie, tandis que la longueur de la fourche caudale (LF), le diamètre de l'œil (DO) et la longueur de l'antennule (LAnt) présentent une allométrie minorante, par contre la largeur de l'utérus (IO) présente une allométrie majorante. Les détails des équations de régression des différents caractères

RESULTATS ET DISCUSSIONS

morphométriques en fonction de la longueur totale (LT) sont représentés dans les annexes 1 et 2.

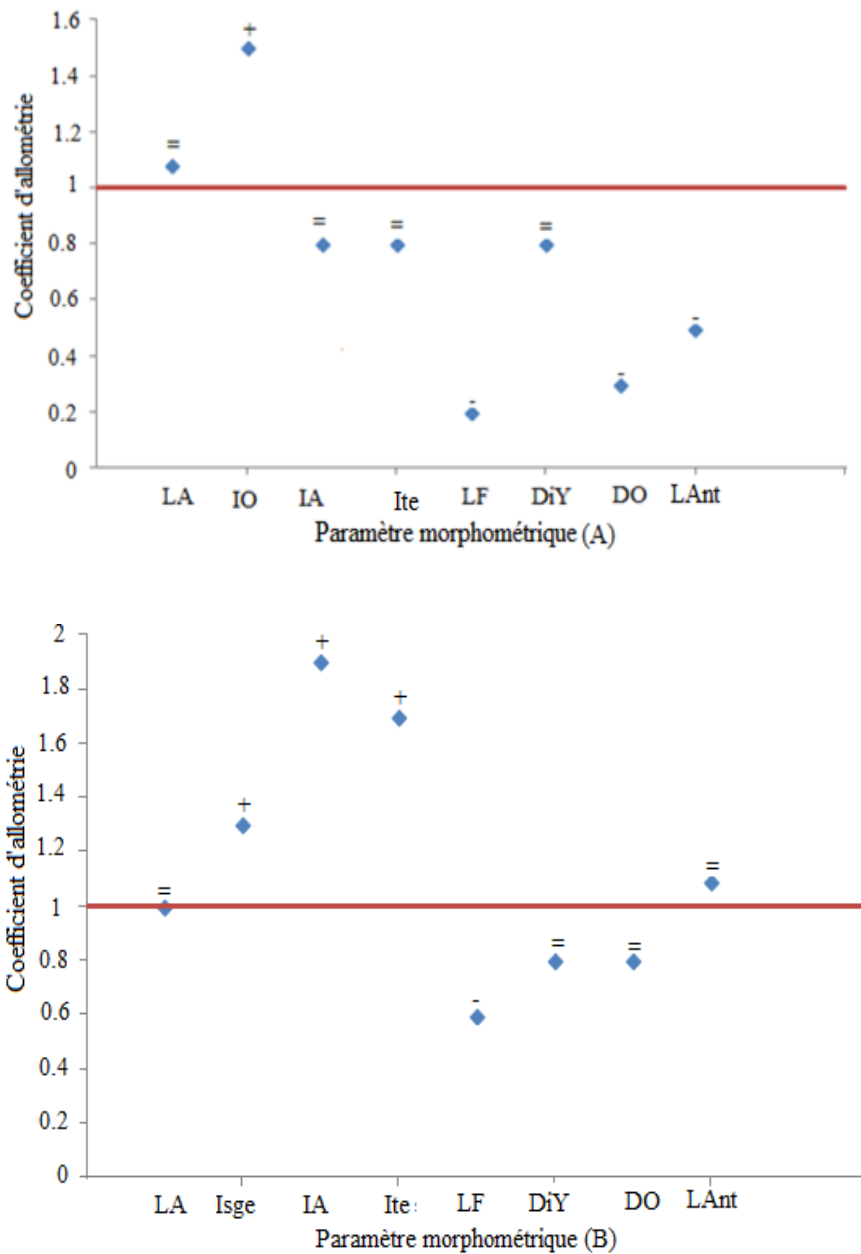


Figure 61. Variations du coefficient d'allométrie chez la population de Timimoune. A : Population femelle; B : Population mâle; - : Allométrie minorante; + : Allométrie majorante; = : Isométrie; LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO: Largeur de l'utérus chez la femelle ; Isge : Largeur du segment génital chez le mâle; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ite : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Pour la population mâle d'Artémia de Timimoune, quatre caractères métriques présentent une isométrie de croissance : la longueur de l'abdomen (LA), la distance entre les yeux (DiY), le diamètre de l'œil (DO) et la longueur de l'antennule (LAnt). Trois caractères métriques présentent une allométrie majorante : la largeur du segment génital (Isge), la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen (IA) et la largeur de la tête (Ite). La longueur de la fourche caudale (LF) présente une allométrie minorante (les annexes 1 et 2).

Population d'El Melah

La figure 62 présente les moyennes des variables morphométriques mesurées sur les femelles et les mâles d'Artémia de la population d'El Melah.

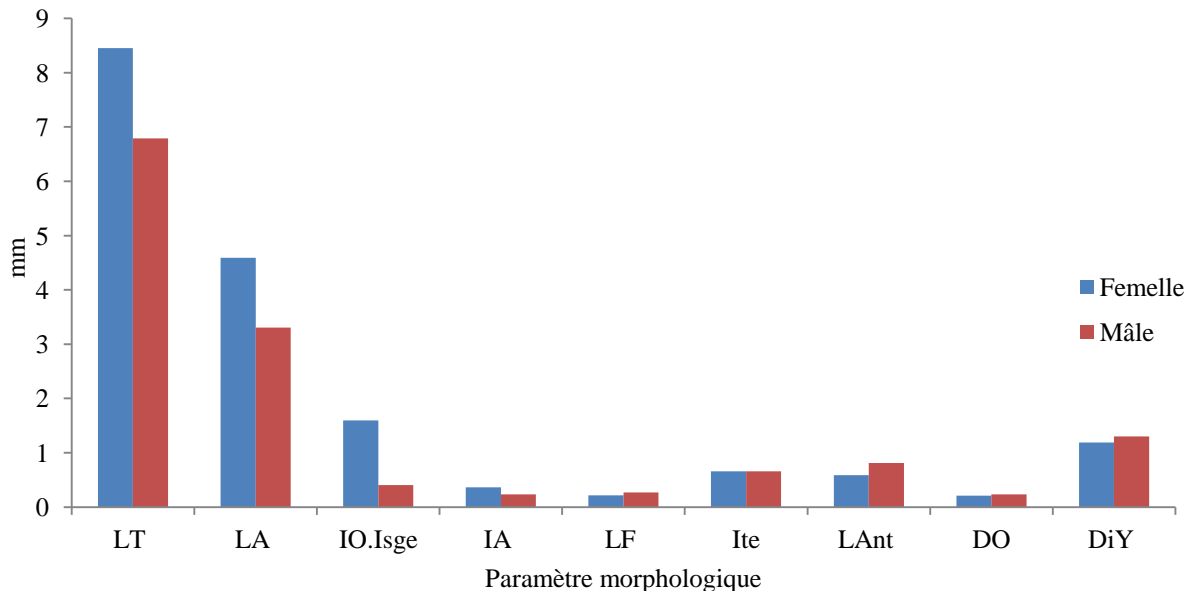


Figure 62. Moyennes des variables morphométriques des individus mâles et femelles de la population d'Artémia d'El Melah. LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO.Isge: Largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ite : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

Pour la longueur totale moyenne, la longueur moyenne de l'abdomen, la largeur moyenne du 3^{ème} segment de l'abdomen et la longueur moyenne de la fourche caudale, les femelles possèdent des valeurs significativement plus grandes que mâles. Aussi, la largeur moyenne de l'utérus des femelles est significativement plus grande que la largeur moyenne du segment génital des mâles. Cependant, les mâles possèdent des antennules significativement

RESULTATS ET DISCUSSIONS

plus longues et une distance entre les yeux significativement plus grande que les femelles. Aucune différence significative n'a été observée entre les mâles et les femelles pour la largeur de la tête et le diamètre de l'œil (Tableau 14).

Tableau 14. Variables morphométriques mesurées chez les individus mâles et femelles d'Artémia de population d'El Melah. LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO.Isge : Largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Itc : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux. Résultat exprimé en moyenne \pm écart type (n=30).

	LT (mm)	LA (mm)	IO.Isge (mm)	IA (mm)	LF (mm)	Ite (mm)	LAnt (mm)	DO (mm)	DiY (mm)
Femelles d' El Melah	8.45 ± 0.88	4.58 ± 0.57	1.59 ± 0.32	0.36 ± 0.07	0.21 ± 0.04	0.65 ± 0.10	0.58 ± 0.11	0.20 ± 0.03	1.18 ± 0.14
Mâles d'El Melah	6.79 ± 0.43	3.30 ± 0.24	0.4 ± 0.08	0.23 ± 0.06	0.26 ± 0.06	0.66 ± 0.14	0.81 ± 0.08	0.23 ± 0.03	1.29 ± 0.11
P	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	>0.05	<0.05	>0.05	<0.05

La corrélation de variables morphométriques a été étudiée grâce à une ACP (Analyse en Composantes Principales) et réalisée sur la matrice 60 individus x 9 variables morphométriques. Les deux premières composantes constituent respectivement 45.6 % et 27.3% de l'information totale soit 72.9% de la variabilité totale (Figure 63).

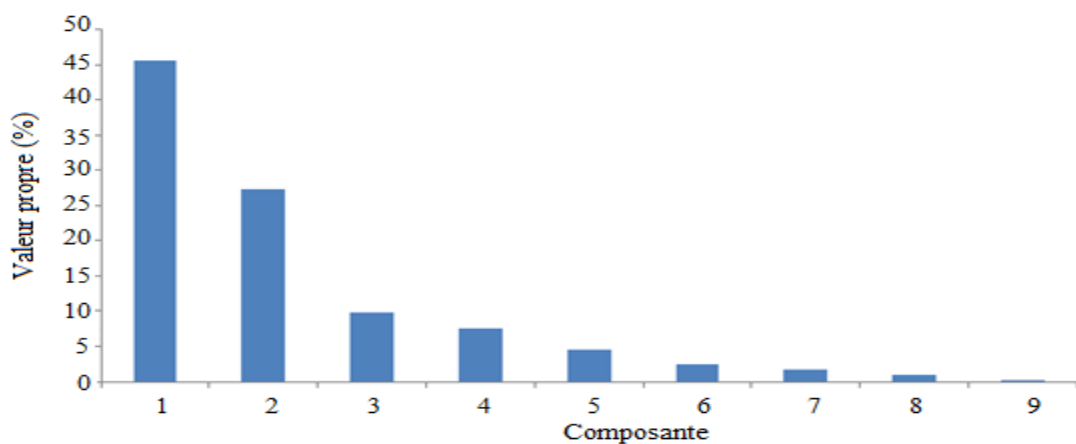


Figure 63. Diagramme des valeurs propres de paramètres morphométriques de la population d'El Melah.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Une forte corrélation positive est observée entre la longueur totale et la longueur de l'abdomen, la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen et la largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle. Aussi entre la largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital et la longueur de l'abdomen et, entre la largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital et la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen, et entre la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen et la longueur de l'abdomen. Une corrélation négative est notée entre : la longueur de l'antennule et la longueur de l'abdomen, et entre la longueur de l'antennule et la largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle (Tableau 15).

Tableau 15. Corrélation entre les différentes variables morphologiques mesurées chez les adultes d'Artémia de la population d'El Melah. LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO.Isge : Largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Itc : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

	LT (mm)	LA (mm)	IO.Isge (mm)	IA (mm)	LF (mm)	Ite (mm)	LAnt (mm)	DO (mm)
LA (mm)	0.96	1						
IO.Isge (mm)	0.89	0.9	1					
IA (mm)	0.79	0.8	0.73	1				
LF (mm)	-0.13	-0.19	-0.34	-0.1	1			
Ite (mm)	0.34	0.29	0.17	0.1	0.26	1		
LAnt (mm)	-0.44	-0.54	-0.6	-0.45	0.41	0.08	1	
DO (mm)	-0.006	-0.06	-0.14	-0.11	0.2	0.12	0.4	1
DiY (mm)	0.15	0.01	-0.13	0.001	0.58	0.54	0.56	0.53

Le cercle de corrélation résume l'information sur le plan factoriel formé par les deux premières composantes (Figure 64).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Sur la composante 1, les variables suivantes : la longueur totale, la longueur de l'abdomen, la largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle et la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen sont fortement corrélées négativement. Ces paramètres relatifs au tronc s'opposent aux variables relatives à la longueur de la fourche caudale, la distance entre les yeux, le diamètre de l'œil et la longueur de l'antennule corrélées positivement. Dans le côté positif de la composante 2, l'ensemble des variables se regroupent. Cependant, une forte corrélation est observée pour le diamètre de l'œil et la largeur de la tête. Le tableau 16 présente les contributions des variables morphométriques de la population d'El Melah sur la première et la deuxième composante. La longueur totale (LT), LA, IO.Isge et IA expliquent la plupart de la variance, étant les variables les plus informatives dans la représentation bidimensionnelle.

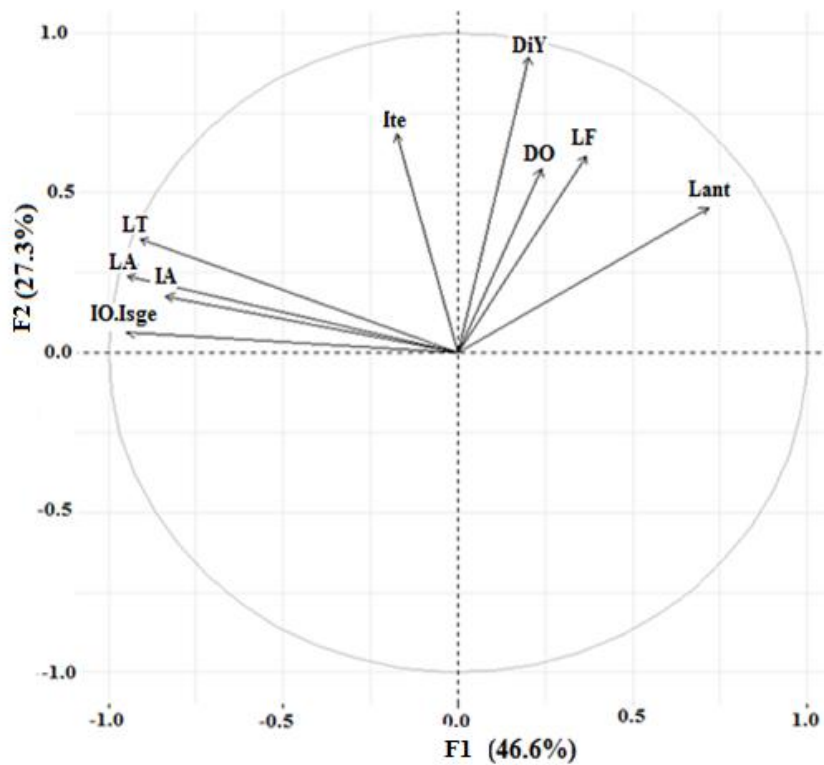


Figure 64. Cercle de corrélation des variables morphométriques de la population d'El Melah issue de l'ACP. LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO.Isge: Largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ite : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 16. Contribution des moyennes de chaque variable morphologique mesurée, obtenues par l'Analyse en Composante Principale pour les individus de la population d'El Melah. LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO.Isge: Largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Itc : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

	F1	F2
LT	-0.91	0.35
LA	-0.94	0.24
IO.Isge	-0.94	0.06
IA	-0.83	0.17
LF	0.36	0.61
Ite	-0.17	0.68
LAnt	0.71	0.45
DO	0.23	0.57
DiY	0.2	0.92

La caractérisation des changements éventuels de la morphologie de la population femelle d'Artémia d'El Melah au cours de la croissance par rapport à la longueur totale (LT) montre une isométrie pour : la largeur de la tête (Ite), la longueur de la fourche caudale (LF), la distance entre les yeux (DiY), le diamètre de l'œil (DO) et la longueur de l'antennule (LAnt). La longueur de l'abdomen (LA), la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen (IA), et la largeur de l'utérus (IO) présentent une allométrie majorante (Figure 65).

Pour la population mâle, la largeur du segment génital (Isge), la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen (IA), la largeur de la tête (Ite), la longueur de la fourche caudale (LF), la distance entre les yeux (DiY) et le diamètre de l'œil (DO) présentent une allométrie majorante. Par contre, la longueur de l'abdomen (LA), et la longueur de l'antennule (LAnt) se caractérisent par une isométrie de croissance (Voir détail en annexe 1 et 2).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

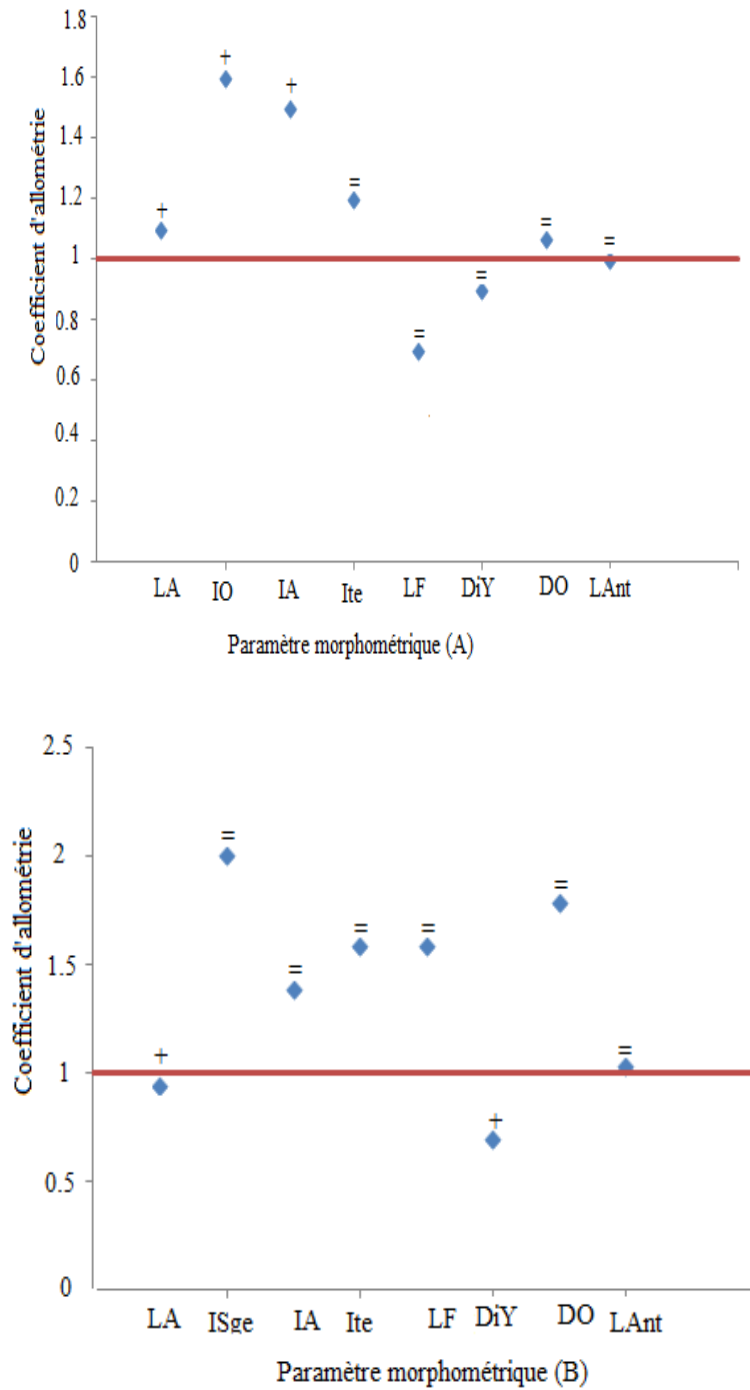


Figure 65. Variations du coefficient d'allométrie chez la population d'El Melah. (A) : Population femelle; (B) : Population mâle; - : Allométrie minorante; + : Allométrie majorante; = : Isométrie; LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO.Isge: Largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ite : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

Population de Béthioua

Population d'élevage

La figure 66 présente les résultats des moyennes des variables morphologiques mesurées sur les individus femelles adultes de la population de Béthioua élevés dans des conditions standards.

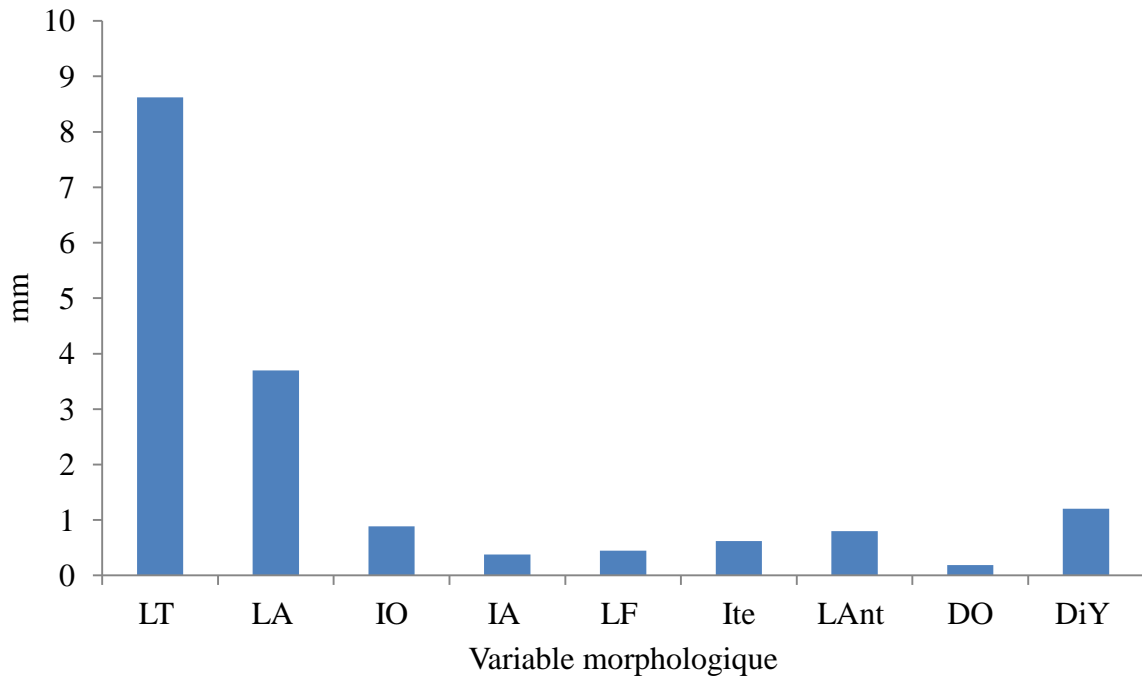


Figure 66. Les moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les femelles adultes de la population d'Artémia de Béthioua (élevage). LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO: Largeur de l'utérus; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ite : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

La corrélation des variables morphométriques a été recherchée grâce à une ACP et réalisée sur la matrice 30 individus x 9 variables morphométriques. Les deux premières composantes constituent respectivement 67.4 % et 8.26% de l'information totale soit 75.66% de la variabilité totale (Figure 67).

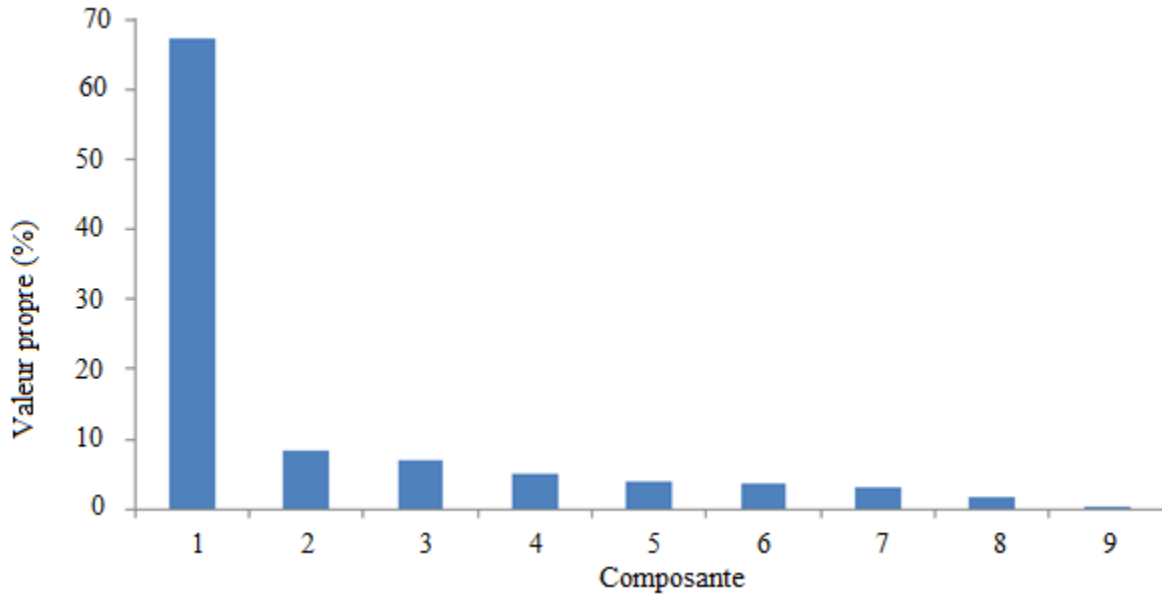


Figure 67. Diagramme des valeurs propres des paramètres morphométriques des femelles de la population parthénogénétique de Béthioua (élevage).

Pour la population parthénogénétique de Béthioua (élevage), une forte corrélation positive est observée entre la longueur de l'abdomen et les variables suivantes : la largeur de l'utérus, la largeur du troisième segment de l'abdomen et le diamètre de l'œil. Aussi, entre la longueur totale et les variables morphologiques suivantes : la longueur de l'abdomen, la largeur de l'utérus, la largeur du troisième segment de l'abdomen, la longueur de l'antennule et le diamètre de l'œil. De plus, la distance entre les yeux corrèle fortement positivement avec les variables morphologiques suivantes : la distance entre les yeux et la longueur totale, la longueur de l'abdomen, la largeur de l'utérus et le diamètre de l'œil. Une légère corrélation positive est notée entre la longueur de la fourche caudale et la longueur totale, la longueur de l'abdomen, le diamètre de l'œil, entre la largeur du troisième segment de l'abdomen et la largeur de l'utérus, la longueur de la fourche caudale, la largeur de la tête, la longueur de l'antennule, le diamètre de l'œil, entre la largeur de la tête et la longueur totale, la longueur de l'abdomen, la largeur de l'utérus, la longueur de la fourche caudale, le diamètre de l'œil, la longueur de l'antennule, et entre la longueur de l'antennule, et la longueur de l'abdomen, la largeur du troisième segment de l'abdomen, la largeur de l'utérus et le diamètre de l'œil. Aussi entre la distance entre les yeux et la largeur du troisième segment de l'abdomen, la largeur de la tête et la longueur de l'antennule (Tableau 17).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 17. Corrélacion entre les moyennes des différentes variables morphologiques mesurées chez les adultes élevés d'Artémia de la population d'élevage de Béthioua (Coefficient de corrélation r). LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO: Largeur de l'utérus; IA : Largeur du troisième segment de l'abdomen; Ite : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux; N=30.

	LT (mm)	LA (mm)	IO (mm)	IA (mm)	LF (mm)	Ite (mm)	LAnt (mm)	DO (mm)
LA (mm)	0.96	1						
IO (mm)	0.71	0.73	1					
IA (mm)	0.75	0.76	0.63	1				
LF (mm)	0.55	0.52	0.48	0.52	1			
Ite (mm)	0.62	0.67	0.54	0.53	0.66	1		
LAnt (mm)	0.7	0.62	0.59	0.56	0.47	0.58	1	
DO (mm)	0.7	0.7	0.45	0.51	0.54	0.62	0.65	1
DiY (mm)	0.73	0.7	0.7	0.62	0.45	0.57	0.68	0.72

Le cercle de corrélation (Figure 68) récapitule l'information sur le plan factoriel formé par les deux premières composantes.

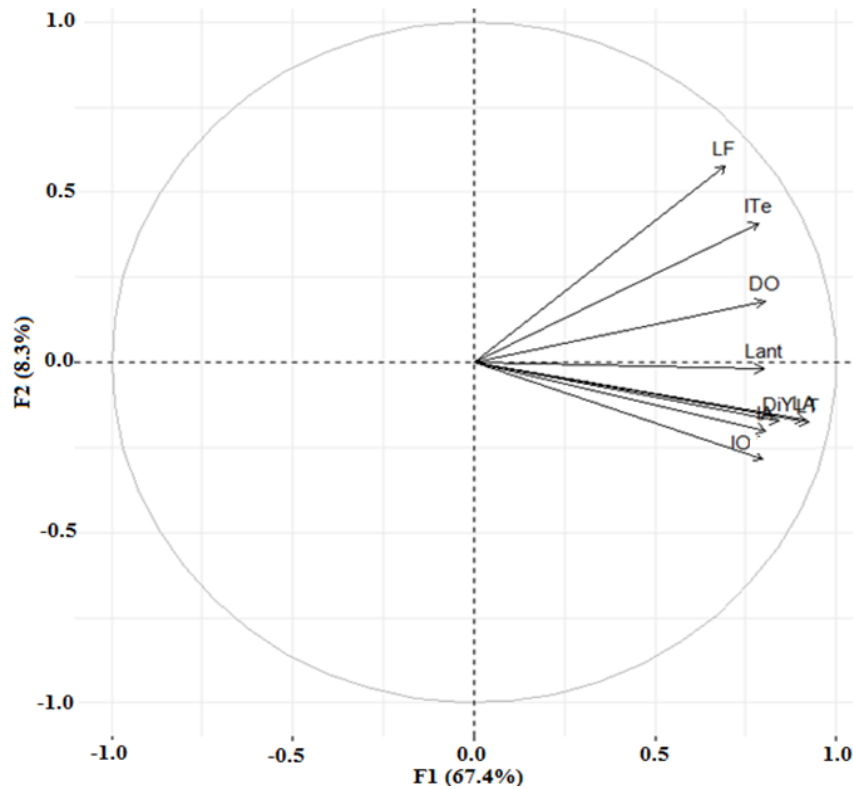


Figure 68. Cercle de corrélation des variables morphométriques de la population parthénogénétique d'élevage de Béthioua issue de l'ACP. LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO: Largeur de l'utérus; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ite : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

Sur la composante 1, Toutes les variables sont fortement corrélées positivement et elles expliquent 67.4 % de la variance totale. Au côté négatif de la composante 2 se distinguent les variables relatives au tronc (longueur totale, longueur de l'abdomen, largeur de l'utérus des femelles, largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen). Elles s'opposent aux variables correspondantes aux membres situées du côté positif de la composante (longueur de la fourche caudale, largeur de la tête, diamètre de l'œil) avec une légère corrélation et une addition de 8.3% pour la variance totale. Le tableau 18 présente les contributions des paramètres morphologiques mesurés sur des individus adultes femelles de la population parthénogénétique de Béthioua sur la première et la deuxième composante. L'ensemble des variables explique la plupart de la variance (75.7%), étant les variables les plus informatives positivement sur la première composante dans la représentation bidimensionnelle.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 18. Contribution de chaque variable morphologique mesurée (moyenne), obtenues par l'Analyse en Composante Principale pour les individus femelle de la population parthénogénétique de Béthioua (élevage). LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO: Largeur de l'utérus; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ite : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

	F1	F2
LT	0.92	-0.17
LA	0.91	-0.16
IO	0.79	-0.28
IA	0.81	-0.2
LF	0.7	0.57
Ite	0.78	0.4
LAnt	0.79	-0.02
DO	0.8	0.18
Diy	0.84	-0.17

La caractérisation des changements éventuels de la morphologie de la population parthénogénétique de Béthioua au cours de la croissance par rapport à la longueur totale (LT) révèle une isométrie pour : la largeur de la tête (Ite) et la distance entre les yeux (DiY). Le diamètre de l'œil (DO), la longueur de l'abdomen (LA), la largeur de l'utérus (IO), la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen (IA) et la longueur de la fourche caudale (LF) présentent une allométrie majorante, par contre la longueur de l'antennule (LAnt) se caractérise par une allométrie minorante (Figure 69). Les détails des équations de régression des différents caractères morphométriques en fonction de la longueur totale (LT) sont illustrés dans les annexes 1 et 2.

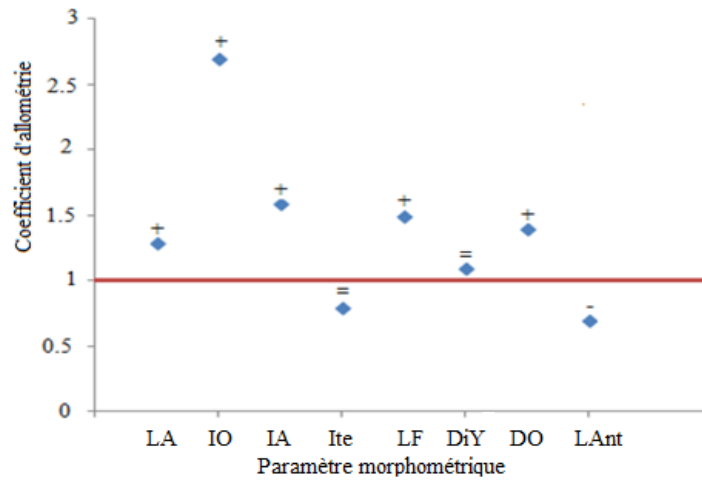


Figure 69. Variations du coefficient d'allométrie chez la population d'élevage de Béthioua. - : Allométrie minorante; + : Allométrie majorante; = : Isométrie; LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO : Largeur de l'utérus; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ite : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

Population sauvage

Les résultats des moyennes des variables morphologiques mesurées sur les individus femelles adultes du milieu sauvage sont représentés dans la figure 70.

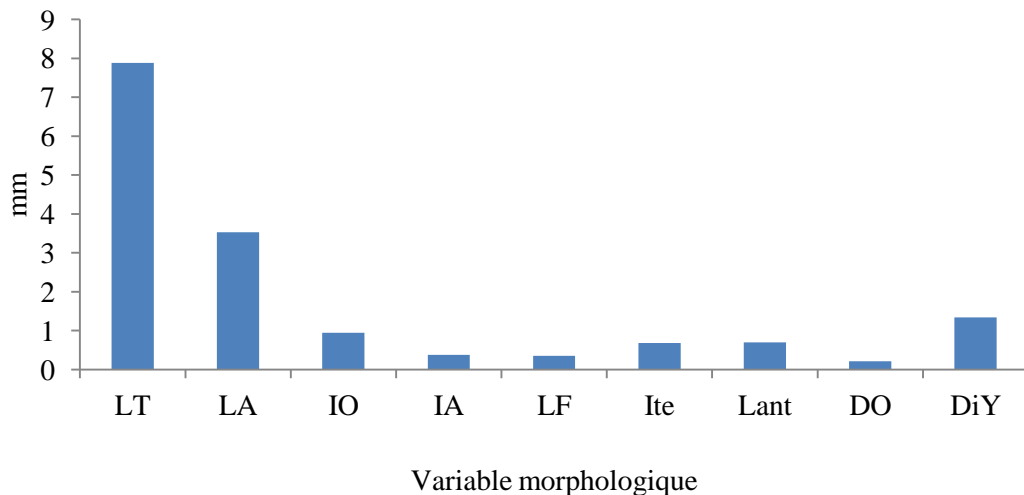


Figure 70. Les moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les femelles adultes de population sauvage d'*Artemia* de Béthioua. LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO : Largeur de l'utérus; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ite : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

La corrélation des variables morphométriques de la population sauvage d'*Artemia* a été recherchée grâce à une ACP et réalisée sur une matrice 30 individus x 9 variables morphométriques. Les deux premières composantes constituent respectivement 64.16 % et 12.48% de l'information totale soit 76.64% de la variabilité totale (Figure 71).

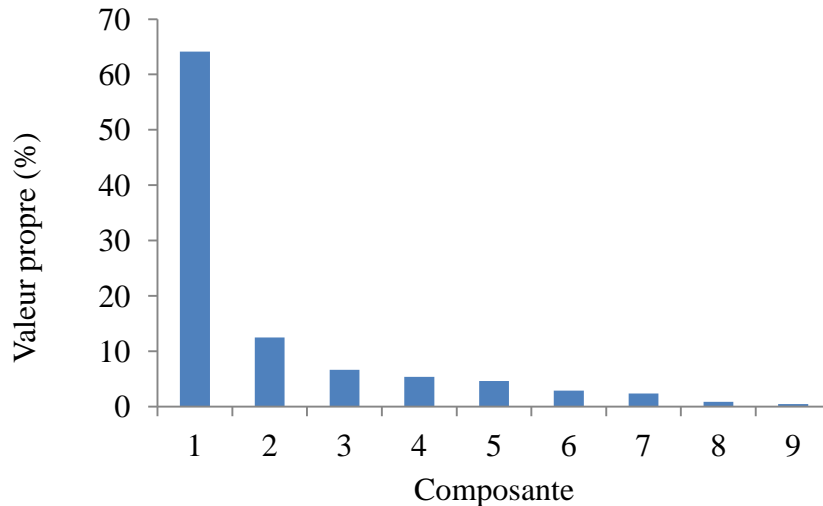


Figure 71. Diagramme des valeurs propres des paramètres morphométriques des femelles de la population sauvage de Béthioua.

Pour la population sauvage, une forte corrélation positive est observée entre la longueur totale et les variables suivantes : la longueur de l'abdomen, la largeur du troisième segment de l'abdomen et la distance entre les yeux. Aussi, entre la largeur de l'utérus et la largeur du troisième segment de l'abdomen et entre la distance entre les yeux et la largeur de la tête, la longueur de l'antennule et le diamètre de l'œil. Une considérable corrélation positive est notée entre (Tableau 19) :

- La longueur totale et la largeur de l'utérus, la longueur de la fourche, la largeur de la tête, la longueur de l'antennule et le diamètre de l'œil.
- La largeur du troisième segment de l'abdomen et la longueur de la fourche, le diamètre de l'œil et la distance entre les yeux.
- La largeur de la tête et la longueur de l'antennule et le diamètre de l'œil.
- La longueur de l'abdomen et la largeur de l'utérus, la largeur du troisième segment de l'abdomen, la longueur de la fourche, la largeur de la tête, la longueur de l'antennule, le diamètre de l'œil et la distance entre les yeux.
- La largeur de l'utérus et le diamètre de l'œil.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

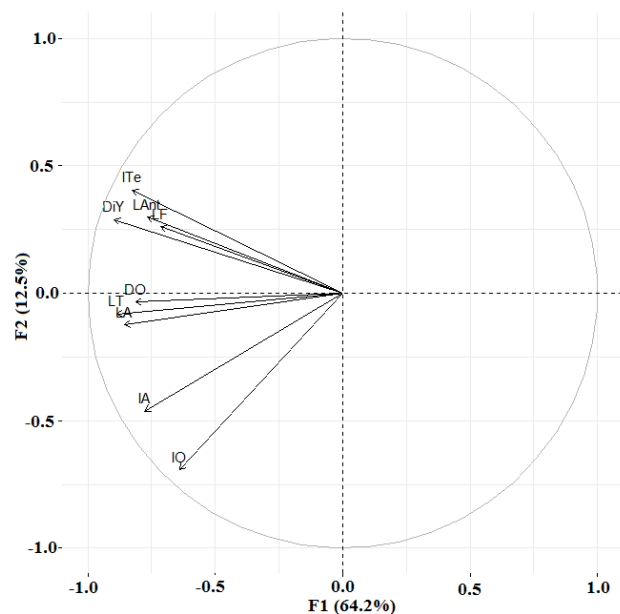
- La longueur de la fourche et la largeur de la tête, la longueur de l'antennule et la distance entre les yeux.
- La longueur de l'antennule et le diamètre de l'œil.

Tableau 19. Corrélation entre les moyennes des différentes variables morphologiques mesurées chez les adultes d'*Artemia* de la population sauvage de Béthioua (Coefficient de corrélation r). LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO: Largeur de l'utérus; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ité : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.. N=30.

	LT (mm)	LA (mm)	IO (mm)	IA (mm)	LF (mm)	Ite (mm)	LAnt (mm)	DO (mm)
LA (mm)	0.86	1						
IO (mm)	0.55	0.6	1					
IA (mm)	0.7	0.58	0.74	1				
LF (mm)	0.64	0.5	0.27	0.51	1			
Ite (mm)	0.68	0.62	0.29	0.42	0.57	1		
LAnt (mm)	0.57	0.62	0.3	0.461	0.54	0.63	1	
DO (mm)	0.6	0.63	0.52	0.63	0.44	0.67	0.62	1
DiY (mm)	0.73	0.68	0.41	0.57	0.65	0.92	0.7	0.7

Le cercle de corrélation (Figure 72) résume l'information sur le plan factoriel formé par les deux premières composantes.

Figure 72. Cercle de corrélation des variables morphométriques de la population sauvage de Béthioua issue de l'ACP. LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO: Largeur de l'utérus; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ité : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.



RESULTATS ET DISCUSSIONS

Sur la composante F1, Toutes les variables sont fortement corrélées négativement et elles expliquent 64.2 % de la variance totale par contre sur la composante F2, uniquement la largeur de l'utérus est légèrement corrélé négativement. Le tableau 20 présente les contributions des paramètres morphologiques mesurés sur des individus adultes femelles de la population parthénogénétique sauvage de Béthioua sur la première et la deuxième composante. L'ensemble des variables explique la plupart de la variance (76.64%), étant les variables les plus informatives négativement sur la première composante F1 dans la représentation bidimensionnelle.

Tableau 20. Contribution de chaque variable morphologique mesurée (moyenne), obtenues par l'Analyse en Composante Principale pour les individus femelles de la population parthénogénétique de Béthioua (milieu sauvage). LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO: Largeur de l'utérus; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ite : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

	F1	F2
LT	-0.88	-0.08
LA	-0.85	-0.12
IO	-0.64	-0.6
IA	-0.77	-0.46
LF	-0.71	0.26
Ite	-0.82	0.40
LAnt	-0.76	0.3
DO	-0.81	-0.03
DiY	-0.9	0.3

RESULTATS ET DISCUSSIONS

La caractérisation des changements éventuels de la morphologie de la population sauvage de Béthioua par rapport à la longueur totale (LT) révèle une isométrie pour : la longueur de l'abdomen (LA), la largeur de la tête (Ite), la distance entre les yeux (DiY), le diamètre de l'œil (DO) et la longueur de l'antennule (LAnt). La largeur de l'utérus (IO), la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen (IA) et la longueur de la fourche caudale (LF) présentent une allométrie majorante (Figure 73). Les détails des équations de régression des différents caractères morphométriques en fonction de la longueur totale (LT) sont illustrés dans les annexes 1 et 2.

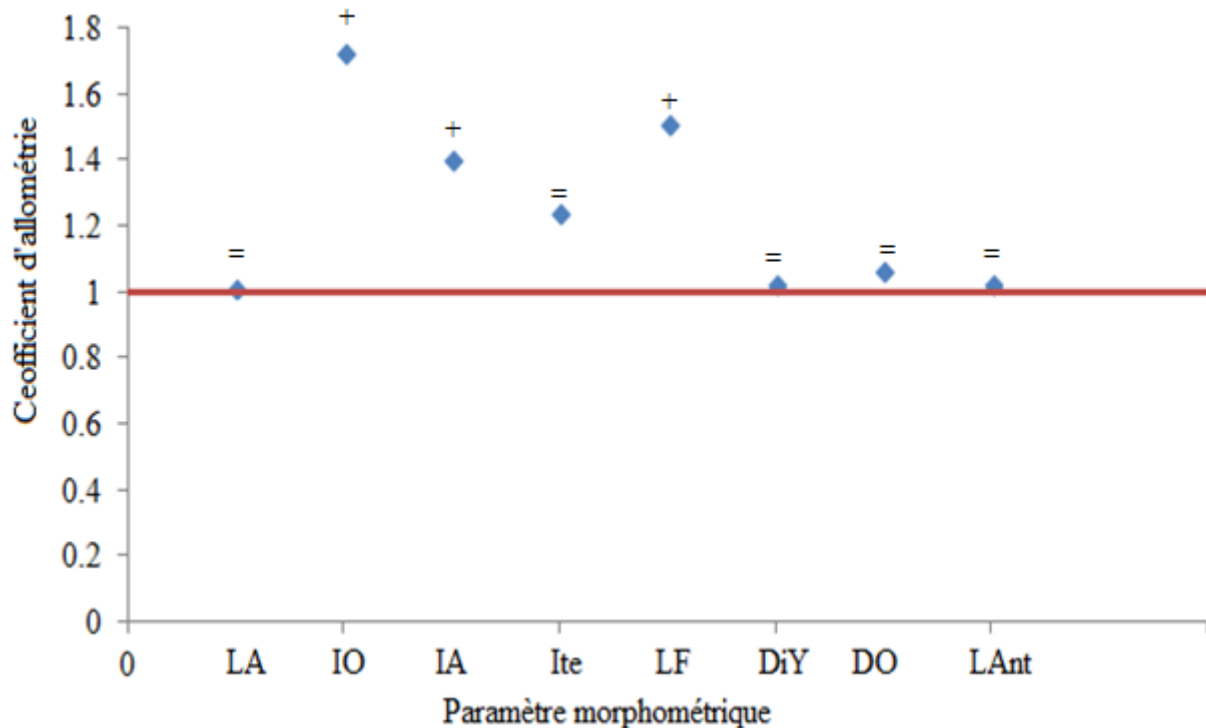


Figure 73. Variations du coefficient d'allométrie chez la population de Béthioua (sauvage). - : Allométrie minorante; + : Allométrie majorante; = : Isométrie; LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO: Largeur de l'utérus; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ite : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

Comparaison entre les populations bisexuelles

La comparaison entre les moyennes des paramètres morphologiques mesurés sur les individus femelles des populations bisexuelles de Timimoune et d'El Melah (en utilisant le test t à un risque de 5%), indique une différence significative entre les moyennes de la longueur de la fourche caudale. Les femelles de la population de Timimoune possèdent une

RESULTATS ET DISCUSSIONS

fourche caudale significativement plus longue que les femelles de la population d'El Melah. Cependant, les mâles de la population de Timimoune possèdent un œil significativement plus grand que les mâles de la population d'El Melah. Pour les autres moyennes des paramètres morphologiques mesurés sur les individus mâles des populations d'Timimoune et d'El Melah, aucune différence significative n'a été observée.

La corrélation de variables morphométriques a été recherchée grâce à une ACP réalisée sur une matrice 120 individus x9 variables morphométriques. Les deux premières composantes constituent respectivement 45.68 % et 25.79% de l'information totale soit 71.47% de la variabilité totale (Figure 74).

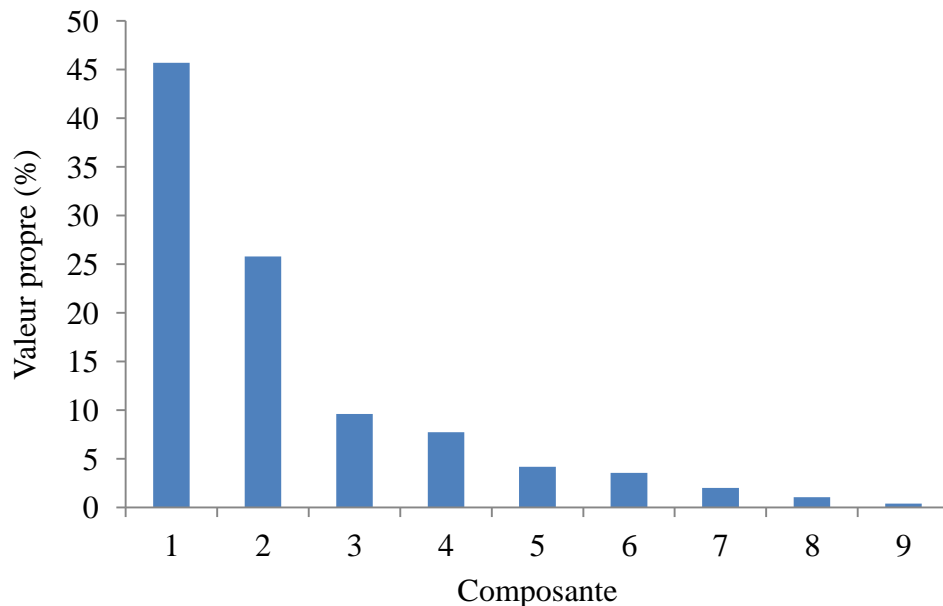


Figure 74. Diagramme des valeurs propres des paramètres morphométriques des populations bisexuelles.

Le tableau 21 présente le coefficient de corrélation r recherché entre les différentes moyennes des différents paramètres morphologiques mesurés chez les adultes d'Artémia des populations bisexuelles (Timimoune et El Melah). Une forte corrélation positive est observée entre la longueur totale et la longueur de l'abdomen, la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen et la largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle. Aussi entre la longueur de l'abdomen et la largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle et la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen, et entre la largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle et la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen. Une légère

RESULTATS ET DISCUSSIONS

corrélation positive est notée entre la distance entre les yeux et les variables morphologiques suivantes : le diamètre de l'œil, la longueur de l'antennule et la largeur de la tête, et entre la longueur de l'antennule et le diamètre de l'œil. Une légère corrélation négative est observée entre la longueur de l'antennule et les variables morphologiques suivantes : la longueur de l'abdomen et la largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle.

Tableau 21. Corrélation entre les moyennes des différentes variables morphologiques mesurées chez les adultes d'Artémia des populations bisexuelles (Timimoune et El Melah) (Coefficient de corrélation r). LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO.Isge : Largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ité : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux; N=120.

	LT (mm)	LA (mm)	IO.Isge (mm)	IA (mm)	LF (mm)	Ité (mm)	LAnt (mm)	DO (mm)
LA (mm)	0.95	1						
IO.Isge (mm)	0.87	0.9	1					
IA (mm)	0.75	0.75	0.7	1				
LF (mm)	-0.06	-0.11	-0.23	-0.05	1			
Ité (mm)	0.13	0.03	-0.06	-0.02	0.14	1		
LAnt (mm)	-0.42	-0.56	-0.62	-0.4	0.32	0.33	1	
DO (mm)	-0.15	-0.21	-0.32	-0.1	0.29	0.23	0.52	1
DiY (mm)	0.06	-0.06	-0.21	-0.03	0.44	0.55	0.64	0.6

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Le cercle de corrélation résume l'information sur le plan factoriel formé par les deux composantes (Figure 75).

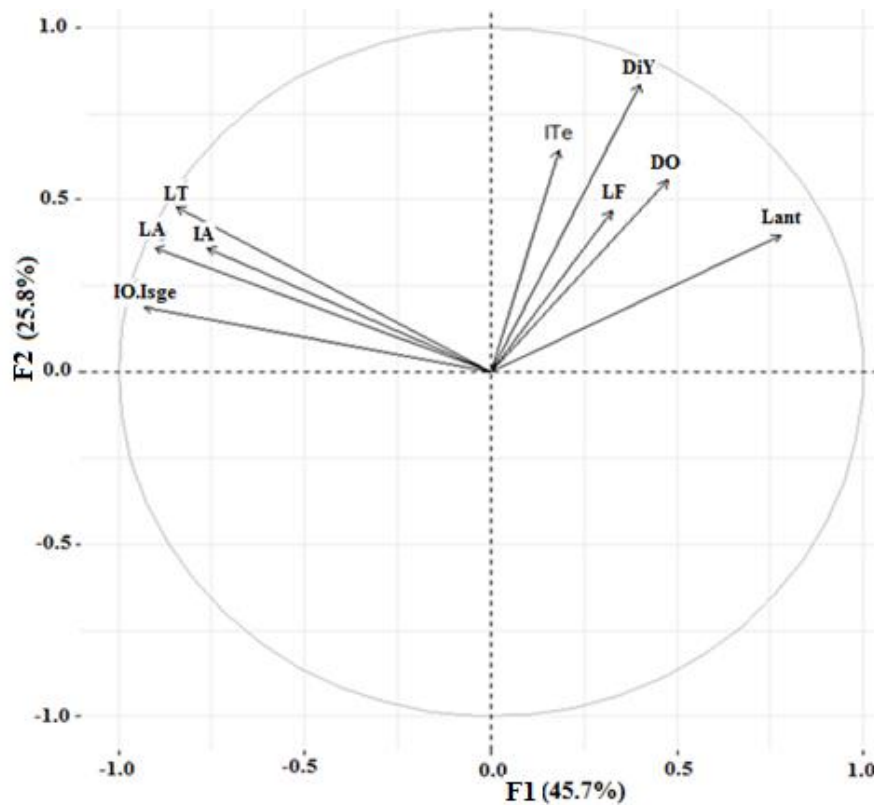


Figure 75. Cercle de corrélation des variables morphométriques des populations bisexuelles (Timimoune et El Melah) issues de l'ACP. LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO.Isge: Largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ite : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

Sur la composante 1 qui présente une contribution de 45.7%, la longueur de la fourche caudale, la distance entre les yeux, la largeur de la tête, le diamètre de l'œil et la longueur de l'antennule sont fortement corrélées positivement. Ces paramètres s'opposent aux variables relatives à la longueur totale, la longueur de l'abdomen, la largeur de l'utérus chez la femelle ou du segment génital chez le mâle et la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen, situées dans la partie négative de la composante. Ces paramètres sont relatifs au tronc. Pour la composante 2 (présente une addition de 25.8% à la variance totale), l'ensemble des variables se trouvent dans la partie positive.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

À partir du plot obtenu de l'ACP, et selon la composante 2, les mâles sont séparés négativement des femelles pour les deux populations de Timimoune et d'El Melah (Figure 76). La composante 1 représente un dimorphisme sexuel avec une contribution de 45.7% de l'information totale. En ce qui concerne la composante 2, une légère séparation est observée entre les mâles des deux populations et aussi entre les femelles avec une addition de 25.8%, c'est un facteur de séparation géographique. Les deux composantes représentent 71.5% de la variance pour les populations de Timimoune et El Melah.

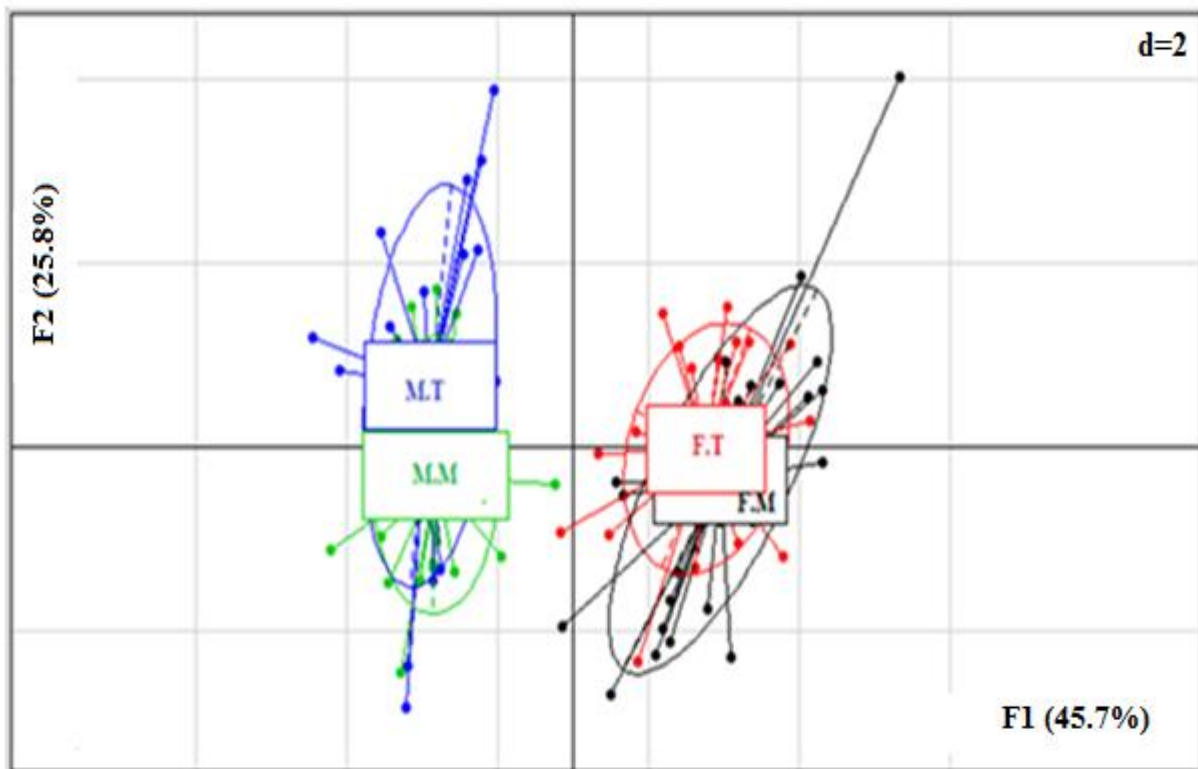


Figure 76. Plan factoriel de l'ACP des individus mâles et femelles des populations de Timimoune et d'El Melah. M.T: mâles de la population de Timimoune; M.M : mâles de la population d'El Melah; F.T : femelles de la population de Timimoune; F.M : femelles de la population d'El Melah. d=Distance euclidienne.

Comparaison entre les populations parthénogénétiques

La comparaison entre les différentes moyennes des paramètres morphologiques mesurés sur les individus adultes femelles des populations d'élevage et sauvage de Béthioua (en utilisant le test t à un risque de 5%), indique une différence significative entre les moyennes des deux populations. En effet, la population sauvage de Béthioua a une taille significativement plus importante que la population élevée de Béthioua dans le laboratoire

RESULTATS ET DISCUSSIONS

dans des conditions standards avec un utérus significativement plus large, une fourche caudale significativement plus longue, une tête significativement plus large, un œil significativement plus grand et un segment (le 3^{ème} segment de l'abdomen) aussi significativement plus large. Par contre la population d'élevage de Béthioua a un abdomen significativement plus long que la population sauvage de Béthioua avec une antennule significativement plus longue et une distance entre les yeux significativement plus importante.

Suite à une ACP réalisée sur une matrice 60 individus x 9 variables morphométriques, la corrélation de variables morphométriques a été recherché. Les deux premières composantes constituent respectivement 56.65% % et 18.88% de l'information totale soit 75.53% de la variabilité totale (Figure 77).

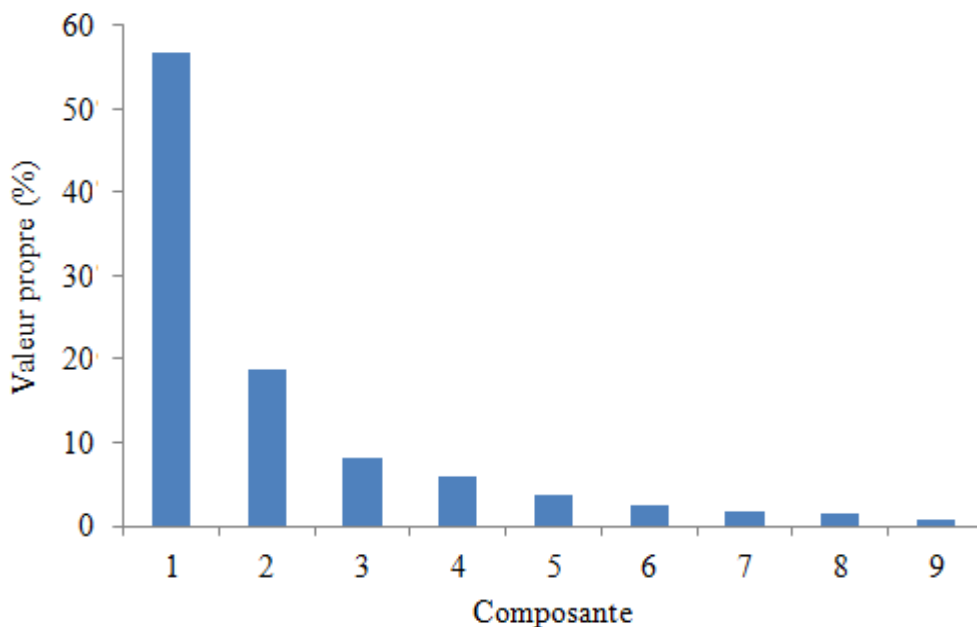


Figure 77. Diagramme des valeurs propres des paramètres morphométriques des populations d'élevage et sauvage de Béthioua.

Le coefficient de corrélation r recherché entre les différentes moyennes des différents paramètres morphologiques mesurés chez les femelles adultes d'Artémia des populations d'élevage et sauvage de Béthioua est représenté dans le tableau 22. Une forte corrélation positive est notée entre la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen et la longueur totale, le diamètre de l'œil et la largeur de l'utérus, entre la largeur de la tête et le diamètre de l'œil et la distance entre les yeux. Aussi entre la longueur de la fourche caudale et la largeur de la tête et la distance entre les yeux et entre le diamètre de l'œil et la distance entre les yeux. Une légère corrélation positive est observée entre la longueur totale et la largeur de l'utérus, la

RESULTATS ET DISCUSSIONS

longueur de la fourche caudale, la largeur de la tête, le diamètre de l'œil et la distance entre les yeux, entre la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen et la longueur de la fourche caudale, la largeur de la tête et la distance entre les yeux, entre la largeur de l'utérus et le diamètre de l'œil et la distance entre les yeux, entre la longueur de l'antennule et la longueur de l'abdomen et entre la longueur de la fourche caudale et le diamètre de l'œil.

Tableau 22. Corrélacion entre les moyennes des différentes variables morphologiques mesurées chez les femelles adultes d'Artémia des populations parthénogénétiques de Béthioua (élevage et sauvage) (Coefficient de corrélacion r). LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO: Largeur de l'utérus; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Itc : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux; N=60.

	LT (mm)	LA (mm)	IO (mm)	IA (mm)	LF (mm)	Ite (mm)	LAnt (mm)	DO (mm)
LA (mm)	0.46	1						
IO (mm)	0.63	0.3	1					
IA (mm)	0.7	0.2	0.81	1				
LF (mm)	0.591	0.01	0.46	0.65	1			
Ite (mm)	0.59	0.24	0.45	0.57	0.71	1		
LAnt (mm)	0.29	0.56	0.24	0.22	0.04	0.26	1	
DO (mm)	0.57	0.17	0.65	0.73	0.67	0.76	0.25	1
DiY (mm)	0.57	-0.06	0.53	0.67	0.85	0.80	-0.06	0.77

La Figure 78 présente le cercle de corrélacion qui résume l'information sur le plan factoriel formé par les deux premières composantes.

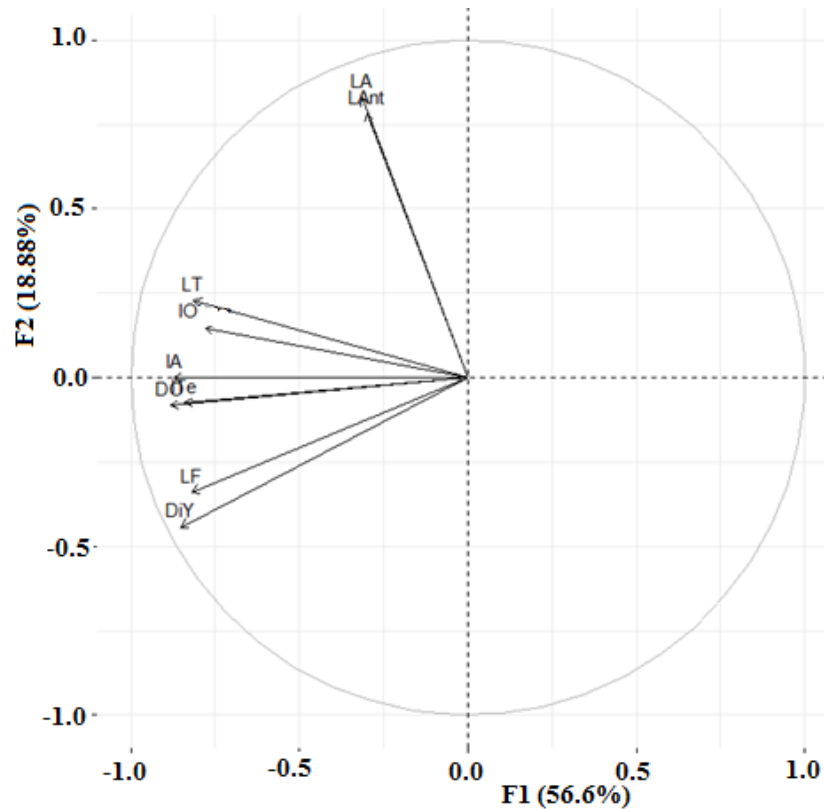


Figure 78. Cercle de corrélation des variables morphométriques des populations parthénogénétiques de Béthioua (élevage et sauvage) issues de l'ACP. LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO: Largeur de l'utérus; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; It_e : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

La longueur totale, la largeur de l'utérus, du 3^{ème} segment de l'abdomen et de la tête, la longueur de la fourche caudale, le diamètre de l'œil et la distance entre les yeux sont fortement corrélés négativement sur la composante 1 qui présente une contribution de 56.6%. Cependant, la longueur de l'abdomen et de l'antennule sont fortement corrélées positivement sur la composante 2 qui présente une addition de 18.88% à la variance totale.

À partir du plot obtenu de l'ACP, la population parthénogénétique sauvage de Béthioua est séparée négativement de la population parthénogénétique élevée de Béthioua. La composante 1 représente une contribution de 56.6% de l'information totale et la composante 2 présente une addition de 18.88%. Les deux premières composantes représentent 75.5% de la variance pour les populations parthénogénétiques (Figure 79).

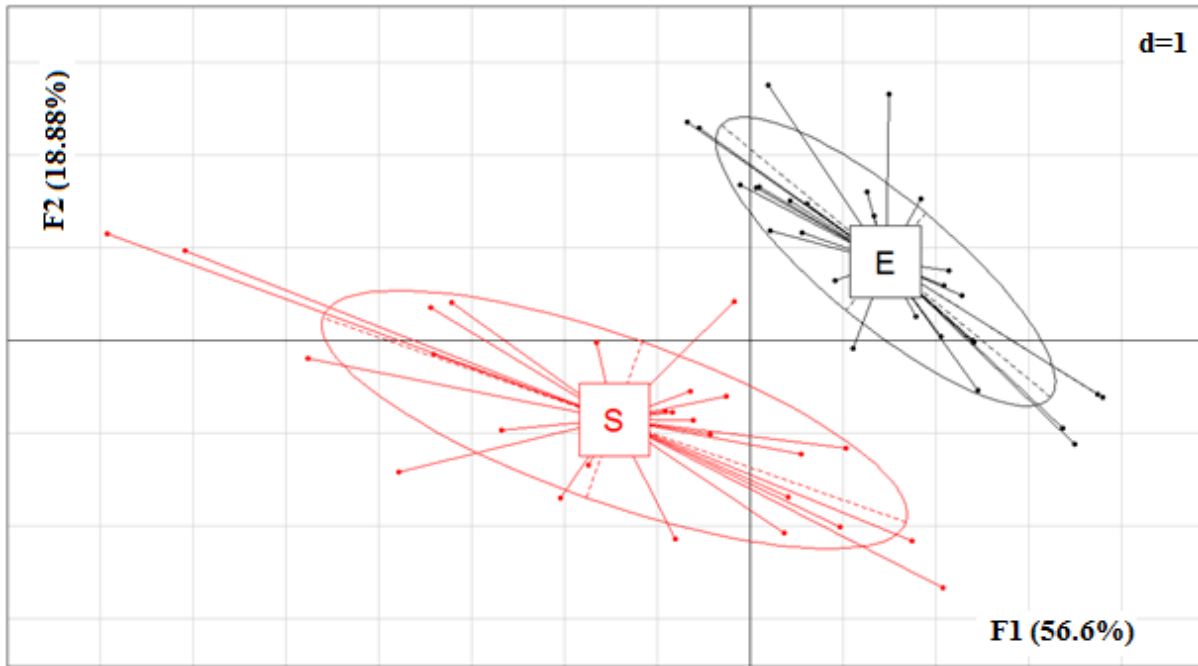


Figure 79. Plan factoriel de l'ACP des individus femelles des populations parthénogénétiques de Béthioua (élevage et sauvage). E: population élevée; S : population sauvage ; d=Distance euclidienne.

6. Survie et Croissance

Les variations du pourcentage de survie des individus d'Artémia en fonction de la salinité sont présentées dans la figure 80.

Nous constatons que les plus fortes survies des individus d'Artémia à une salinité de 60 PSU sont observées pour la population bisexuelle d'El Melah avec un pourcentage de survie de 93%. Pour la population de Timimoune, nous obtenons 92% à cette salinité tandis que pour la population de Béthioua, le pourcentage de survie est de 54.4%. La survie des individus d'Artémia des différentes populations diminue ensuite progressivement. Après 21 jours d'élevage et à une salinité de 80 PSU, la population bisexuelle d'El Melah a montré le niveau de survie le plus élevé (85.5%) que la population bisexuelle de Timimoune (72%) et la population parthénogénétique de Béthioua (30.24%). La survie des trois populations étudiées régresse de façon linéaire avec l'augmentation de la salinité et l'analyse de régression linéaire a montré une forte corrélation entre la survie des différentes populations d'Artémia ($r= 0.99$ pour la population de Timimoune, $r= 0.99$ pour la population d'El Melah, $r= 0.97$ pour la population de Béthioua) et la salinité.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

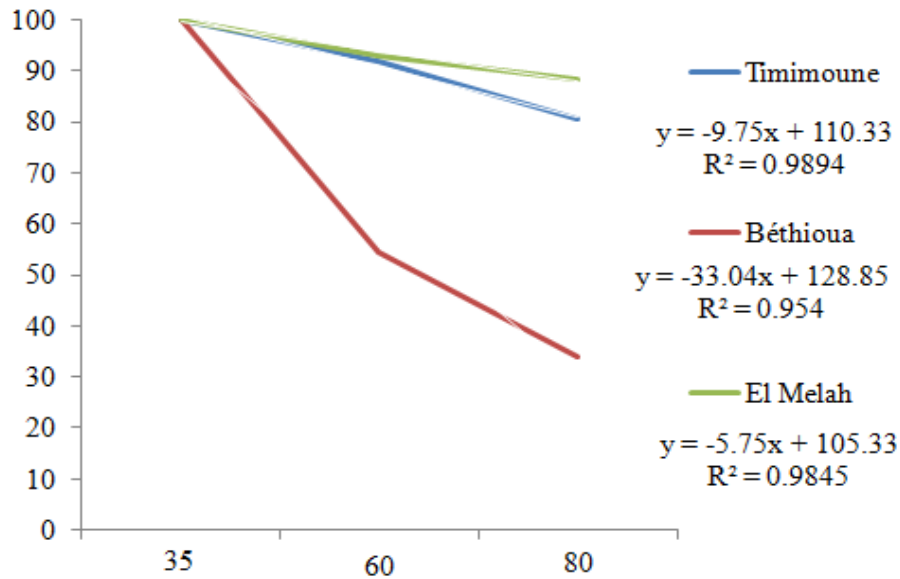


Figure 80. Courbes de survie (en %) des individus d'Artémia des trois populations étudiées en fonction de salinité.

Pour la croissance, les valeurs de la longueur totale du corps et les valeurs du taux de croissance absolu sont illustrées dans le tableau 23.

Tableau 23. La longueur totale et le taux de croissance absolu des populations d'Artémia étudiées. N=30 pour chaque population.

Population d' <i>Artemia</i>	population de Timimoune	population d'El Melah	population de Béthioua
Longueur totale du nauplius (mm)	0.45±0.03	0.46±0.02	0.47±0.02
Longueur totale de l'adulte (mm)	8.16±1.04	7.48±1.28	8.62±0.02
Taux de croissance absolu des nauplii (AGR)(mm/jour)	0.22	0.23	0.15
Taux de croissance absolu des métanauplii (AGR)(mm/jour)	0.17	0.20	0.21
Taux de croissance absolu des juvéniles (AGR) (mm/jour)	0.42	0.34	0.49
Taux de croissance absolu des adultes (AGR)(mm/jour)	0.62	0.68	0.54

Pour la longueur totale, la valeur la plus élevée a été observée chez la population parthénogénétique de Béthioua (0.47 ± 0.02 mm pour la longueur totale du nauplius et 8.62 ± 0.02 mm pour l'Artémia adulte) et la valeur la plus basse a été trouvée chez la population de

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Timimoune (0.45 ± 0.03 mm) pour la longueur du nauplius et chez la population d'El Melah (7.48 ± 1.28 mm) pour le stade adulte.

Ces longueurs totales nous donnent un taux de croissance absolu plus élevé pour la population bisexuelle d'El Melah pour le stade nauplius (0.23 mm/J) et le stade adulte (0.68 mm/J). Cependant pour le stade métanauplius et le stade juvéniles, le taux de croissance absolu le plus élevé est remarqué chez la population parthénogénétique de Béthioua (0.21 mm/J et 0.49 mm/J, respectivement). Ces taux de croissance expriment l'accroissement de la taille par unité de taille d'Artémia et par unité de temps.

La courbe de croissance des individus d'Artémia en fonction de leur âge, a été établie à partir des longueurs totales pour chaque population (Figure 81). Les coefficients de corrélation entre la longueur totale et l'âge des artémies sont très significatifs et varient entre 0.97 (pour la population d'El Melah) et 0.99 (pour la population de Béthioua).

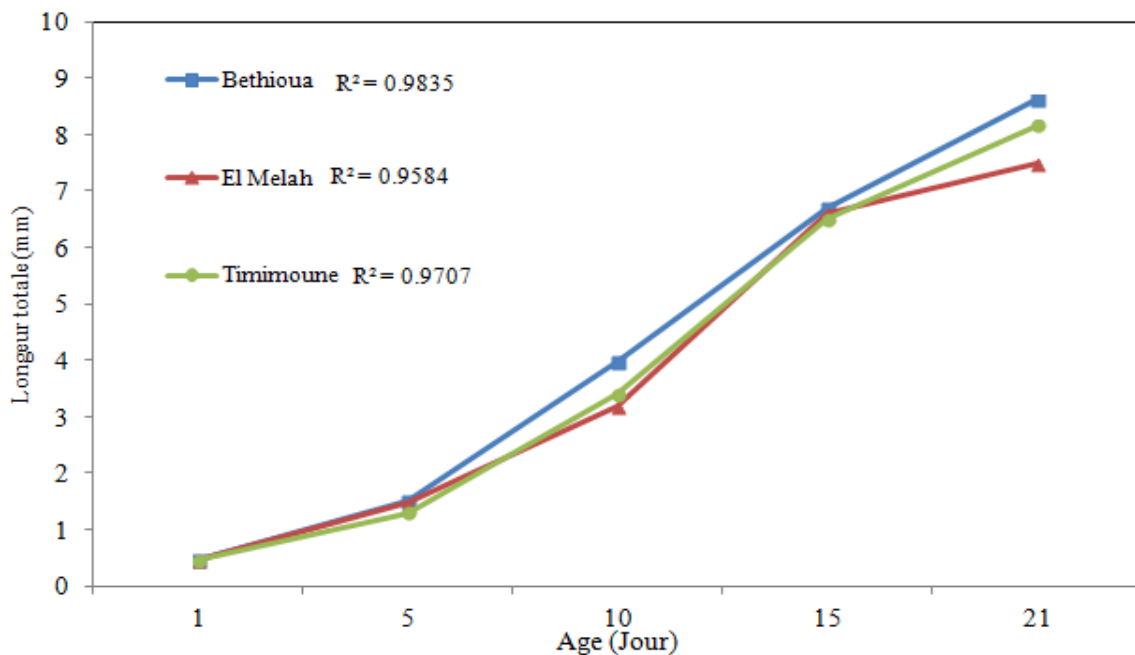


Figure 81. Croissance exprimée en longueur totale des populations d'Artémia algériennes étudiées.

La comparaison de la longueur de la population parthénogénétique (Béthioua) avec la longueur de chacune des deux populations bisexuelles a permis de mettre en évidence une différence significative ($p < 0.05$) pour le stade naupliaire et la population parthénogénétique (Béthioua) a montré des performances de croissance différentes. La population de Béthioua a une croissance plus importante et plus rapide que les deux autres populations bisexuelles pour

RESULTATS ET DISCUSSIONS

atteindre une taille maximale de 8.62 ± 0.02 mm par rapport à la population de Timimoune (8.16 ± 1.04 mm) et la population d'El Melah (7.48 ± 1.28 mm). Aussi, des différences significatives ont été constatées entre les populations de Timimoune et d'El Melah et entre Timimoune et de Béthioua après 5 jours d'élevage ($P < 0.05$). Après 10 jours de culture, la population parthénogénétique (Béthioua) était significativement plus grande que les deux autres populations bisexuelles ($P < 0.05$).

Le suivi de la culture nous a permis d'identifier le stade de développement de l'Artémia et de tirer une clé âge-longueur pour chaque population. 5 stades ont été constatés dont nous avons associé une taille moyenne (en mm) correspondante (tableau 24).

Tableau 24. Représentation des résultats de la clé âge-longueur obtenue par le suivi d'élevage. Lt : taille moyenne ; N=30 pour chaque population.

		Age (jour)					
		1	5	10	15	21	
Population		Nauplius	Métanauplius	Juvénile	Pré-adulte	Adulte	
	Béthioua	Lt (mm)	0.47 ± 0.02	1.52 ± 0.23	3.98 ± 0.58	6.7 ± 0.3	8.62 ± 0.02
	El Melah		0.46 ± 0.02	1.46 ± 0.22	3.18 ± 1.21	6.6 ± 1.46	7.48 ± 1.28
	Timimoune		0.45 ± 0.02	1.3 ± 0.21	3.41 ± 1.04	6.5 ± 1.72	8.16 ± 1.04
N		30	30	30	30	30	

7. Reproduction

Dans le tableau 25, nous présentons les performances de reproduction chez les populations étudiées. Le nombre total de descendants par femelle varie entre 27.96 ± 15.03 et 65.06 ± 58.89 cystes ou nauplii, pour la population de Béthioua et Timimoune, respectivement. Le nombre de descendance par ponte varie aussi de 24.33 ± 13.44 (population de Béthioua) à 30.81 ± 16.67 (population de Timimoune). Des valeurs maximales ont été enregistrées pour le pourcentage de descendants en cystes (100%) dans la population d'El Melah et de Timimoune, mais la totalité des descendants sont des nauplii pour la population de Béthioua. Des valeurs faibles (6.05 ± 9.27 et 1.1 ± 1.06 dans la population d'El Melah) et élevées (28.18 ± 22.7 pour la population de Timimoune et 2.4 ± 1.90 pour la population de Béthioua) ont été enregistrées pour le nombre de descendants produits par jour par femelle durant la période reproductive et pour la période post-reproductive féminine, respectivement.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Le nombre de ponte par femelle varie entre 1.16 ± 0.46 (population de Béthioua) et 2 ± 1.48 (population de Timimoune), et le temps moyen entre les pontes varie de 1.31 ± 1.62 à 2.20 ± 2.04 jours pour la population de Timimoune et El Melah, respectivement.

La période de reproduction des femelles varie entre 1.33 ± 1.06 pour la population de Béthioua et 3.46 ± 3.27 pour la population d'El Melah. Des valeurs faibles (23.63 ± 2.17 et 17.1 ± 5.73) ont été enregistrées au niveau de la population parthénogénétique de Béthioua et des valeurs élevées (26.1 ± 3.60 et 21.6 ± 1.16) ont été notées pour les populations bisexuelles (El Melah et Timimoune respectivement) pour la durée de vie moyenne des femelles reproductrices et la période de pré-reproductive des femelles respectivement.

Tableau 25. Performance de reproduction des populations d'Artémia étudiées. DESC_{CP} : nombre de descendance par ponte; NP : nombre de ponte; DESC : nombre total de descendants par femelle; DESC_J : nombre de descendants produits par jour durant la période reproductive; TP : intervalle de temps entre pontes en jour; OVI : pourcentage de descendants en cystes; OVO : pourcentage de descendance en nauplii; VM : durée de vie moyenne des femelles en jour; PPR : période pré-reproductive en jour; PR : période reproductive en jour; PPTR : période post-reproductive en jour; N =30 pour chaque population.

Population	DESC _{CP}	DESC	NP	DESC _J	TP	OVI	OVO	VM	PPR	PR	PPTR
Béthioua (a)	$24.33 \pm$	$27.96 \pm$	$1.16 \pm$	$18.02 \pm$	$1.33 \pm$		$96.66 \pm$	$23.63 \pm$	$17.1 \pm$	$1.33 \pm$	$2.4 \pm$
	13.44	$15.03^{b,c}$	$0.46^{b,c}$	14.17^b	1.06^c	0%	18.25%	2.17^c	5.73^b	1.06	1.90
											b,c
Timimoune (b)	$30.81 \pm$	$65.06 \pm$	$2 \pm$	$28.18 \pm$	$1.7 \pm$			$24.53 \pm$	$21.6 \pm$	$3 \pm$	$1.13 \pm$
	16.67	58.89^a	1.48^a	$22.7^{a,c}$	1.1	100%	0	4.38	1.16^a	3.9	0.89^a
El Melah (c)	$27.79 \pm$	$58.66 \pm$	$1.66 \pm$	$14.20 \pm$	$2.20 \pm$			$26.1 \pm$	$19.66 \pm$	$3.46 \pm$	$1.1 \pm$
	16.95	56.50^a	1.15^a	9.60^b	2.04^a	100%	0	3.60^a	7.92	3.27	1.06^a

À 80 PSU, l'analyse statistique a révélé que les souches bisexuelles (populations de Timimoune et El Melah) étaient différentes de la population parthénogénétique (Béthioua) en

RESULTATS ET DISCUSSIONS

six performances de reproduction mesurées. La population de Béthioua a des valeurs significativement plus faibles en nombre de pontes et en nombre total de descendants par femelle avec une période reproductive significativement plus courte par rapport aux deux populations bisexuelles ($P < 0.05$). Par contre, la période post-reproductive de la population de Béthioua est significativement plus longue que celle des populations bisexuelles ($P < 0.05$).

La population de Timimoune produit chaque jour une quantité de descendants significativement plus importante avec une durée pré-reproductive significativement plus longue que la population de Béthioua ($P < 0.05$). Pour la population d'El Melah, l'intervalle de temps entre les pontes et la durée de vie moyenne sont significativement plus longs par rapport à la population de Béthioua ($P < 0.05$). Une différence significative a été observée entre les deux populations bisexuelles pour le nombre de descendants produits par jour durant la période reproductive. La population de Timimoun produit un nombre significativement important par rapport à la population d'El Melah chaque jour durant la période reproductive ($P < 0.05$).

De plus, l'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative entre les caractères reproductifs des deux populations bisexuelles, à l'exception de la durée de vie des femelles reproductrices ($P < 0.05$) et de la période de pré-reproductrice des femelles ($P < 0.05$).

La corrélation de variables de reproduction a été recherchée suite à une ACP réalisée sur une matrice de 90 individus x 11 variables de reproduction. La première valeur propre est de 4.79 ce qui constitue 43.61% de l'information totale. Les deux premières composantes regroupent 63.08% de la variabilité (Figure 82).

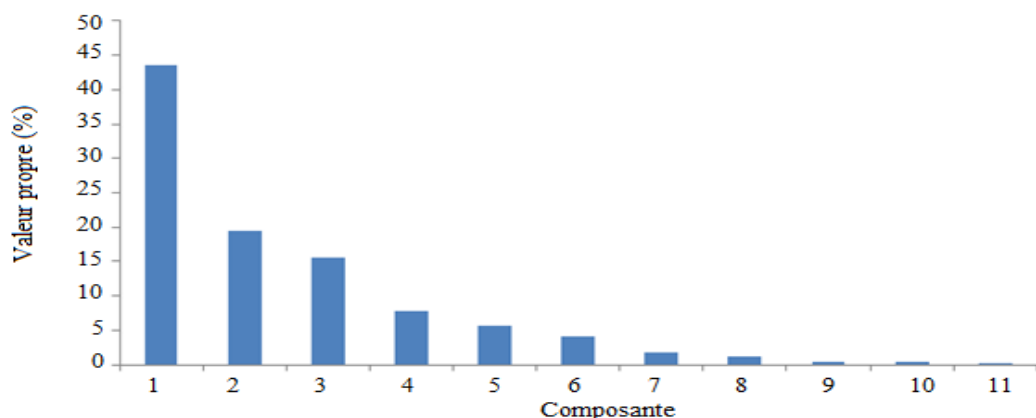


Figure 82. Diagramme des valeurs propres des caractéristiques de reproduction des trois populations étudiées.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Sur la composante 1 qui explique 43.6% de la variance totale, la période pré-reproductive, la période reproductive, le nombre de ponte, l'intervalle de temps entre pontes, le nombre de descendance par ponte, le nombre total de descendants, le nombre de descendants produits par jour et la durée de vie moyenne des femelles sont fortement corrélés négativement. Pour la composante 2 (présente 19.5% de la variance totale), le pourcentage de descendants en nauplii et la période post-reproductive sont fortement corrélés négativement. Cependant, le pourcentage de descendants en cystes est fortement corrélé positivement sur la composante 2.

Le cercle de corrélation (Figure 83) résume l'information sur le plan factoriel formé par les deux composantes.

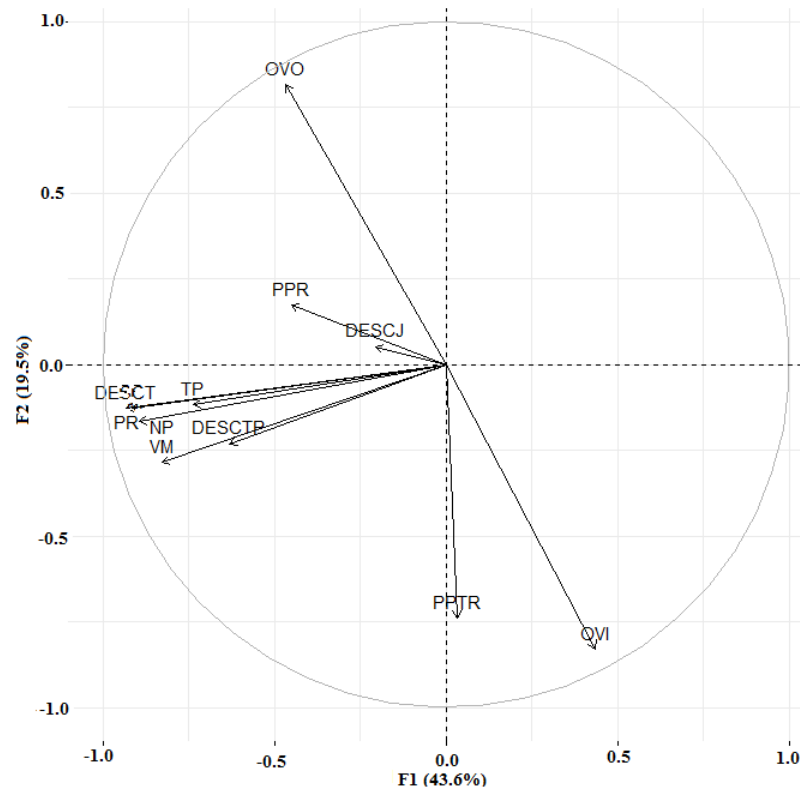


Figure 83. Cercle de corrélation des variables de reproduction des trois populations étudiées issues de l'ACP. DESCIP : nombre de descendance par ponte; NP : nombre de ponte; DESC : nombre total de descendants par femelle; DESCJ : nombre de descendants produits par jour durant la période reproductive; TP : intervalle de temps entre pontes en jour; OVI : pourcentage de descendants en cystes; OVO : pourcentage de descendance en nauplii; VM : durée de vie moyenne des femelles en jour; PPR : période pré-reproductive en jour; PR : période reproductive en jour; PPTR : période post-reproductive en jour.

À partir du plot obtenu de l'ACP, et selon la composante 2, la population parthénogénétique est séparée négativement des populations bisexuelles (Figure 84). La composante 2 représente la stratégie de reproduction où les populations bisexuelles produisent un nombre plus important de descendants après une période de maturation plus longue, pour une période de reproduction et de vie plus longue contrairement à la population de Béthioua. En ce qui concerne la composante 1, aussi une séparation est observée entre la population parthénogénétique et les populations bisexuelles. La composante 1 représente le mode de reproduction (la parthénogenèse (population de Béthioua) et la reproduction sexuée (population de Timimoune et d'El Melah)).

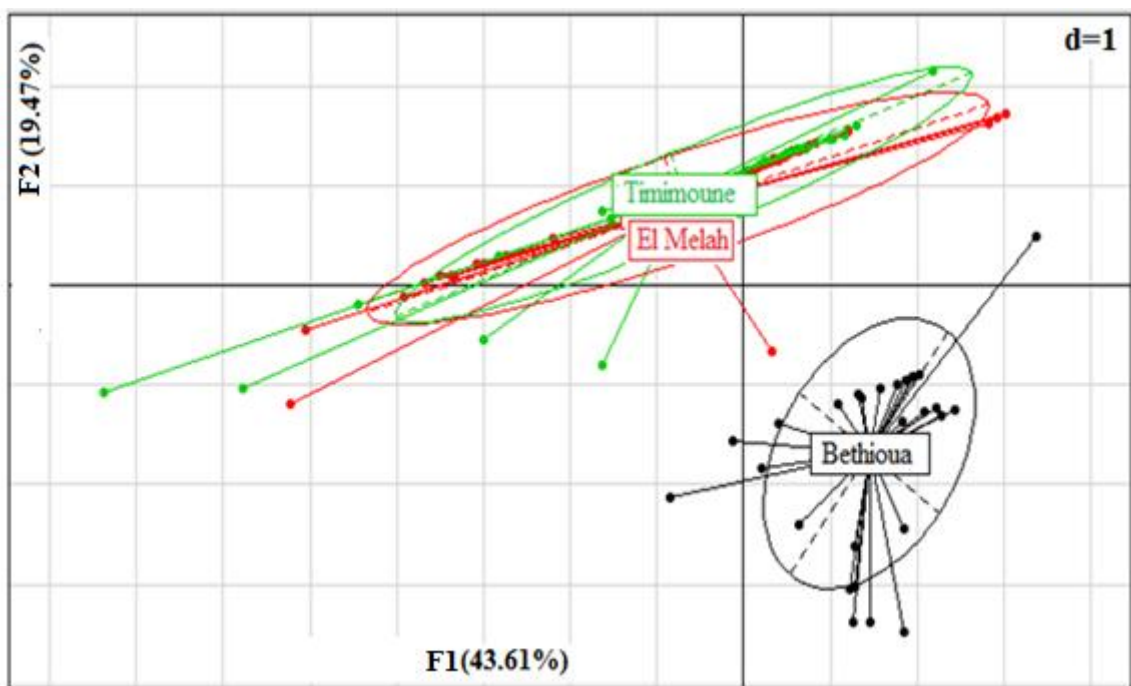


Figure 84. Plan factoriel de l'ACP des caractéristiques de reproduction des trois populations étudiées. d=Distance euclidienne.

8. Evaluation de la qualité de l'Artémia (Profil acide gras)

Les pourcentages des lipides totaux contenus dans les échantillons des cystes d'*Artemia* provenant de la partie Ouest et Sud-ouest de l'Algérie sont illustrés dans la figure 85. Il varie entre 14.7 % et 17.9% du poids sec pour la population de Béthioua et d'El Melah respectivement.

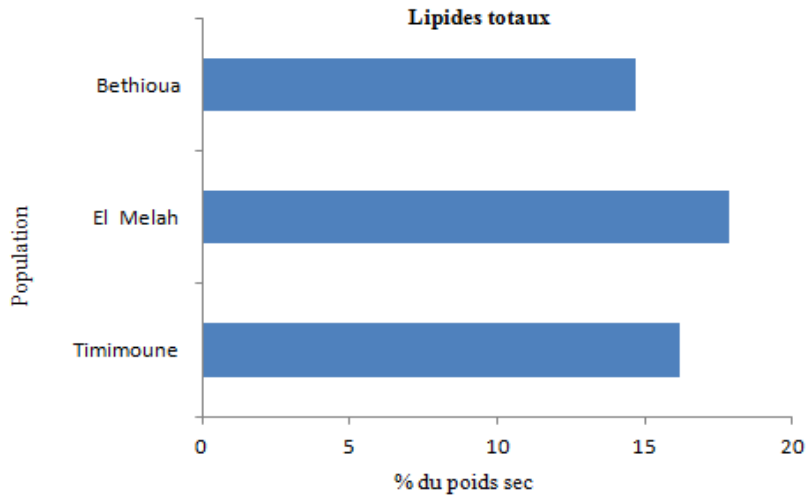


Figure 85. Lipides totaux contenus (mg/g du poids sec) dans les échantillons de cystes d'*Artemia*.

L'identification des différents acides gras réalisée en comparant les chromatogrammes des échantillons aux chromatogrammes des standards connus est représentée dans l'annexe 1.

Les analyses par chromatographie en phase gazeuse montrent que les cystes d'*Artémia* de Béthioua, d'El Melah et de Timimoune sont composés d'acides gras dont la longueur de chaîne varie entre 14 et 22 carbones.

La composition en acides gras des cystes d'*Artémia* de chaque population figure dans le tableau 26.

Tableau 26. Composition en acides gras (% des acides gras totaux) des lipides totaux des cystes d'*Artémia* et les esters méthyliques d'acides gras (FAME) (mg/g du poids sec). HUFA: acides gras hautement insaturés; n-3 HUFA: $\geq 20:3n-3$; n-6 HUFA: $\geq 20:2n-6$; Moy: moyenne; Et : écart type; n=3; $P < 0.05$.

Acides gras	Noms communs	Béthioua		El Melah		Timimoune	
		Moy	Et	Moy	Et	Moy	Et
14 :0	acide myristique	0.93	0.03	0.8	0.02	0.91	0.02
14: 1	Acide myristoléique	0.66 ^b	0.01	0.45 ^a	0.03	0.68	0.01
15:0	acide pentadécylique	0.3	0.04	0.24 ^c	0.06	0.33 ^b	0.05
16:0	Acide palmitique	16.12 ^b	0.21	13.65 ^a	0.07	14.94	0.03
16:1n-7	Acide palmitoléique	6.02 ^b	0.03	4.55 ^a	0.02	6.27	0.04
16:1n-9		0.18	0	0.15	0	0.18	0.01

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 26. Composition en acides gras (% des acides gras totaux) des lipides totaux des cystes d'Artémia et les esters méthyliques d'acides gras (FAME) (mg/g du poids sec). HUFA: acides gras hautement insaturés; n-3 HUFA: $\geq 20:3n-3$; n-6 HUFA: $\geq 20:2n-6$; Moy: moyenne; Et : écart type; n=3; P<0.05 .

Acides gras	Noms communs	Béthioua		El Melah		Timimoune	
		Moy	Et	Moy	Et	Moy	Et
16: 2		1.64	0.15	1.47	0.1	1.58	0.16
17:0	Acide margarique	1.05 ^b	0.01	0.89 ^a	0.02	1.05	0.01
16: 3		1.1	0.02	1.08	0.02	1.13	0.01
17: 1		0.04	0	0.11	0.03	0.04	0
16: 4		0.05	0.02	0.11	0	0.04	0.01
18:0	Acide stéarique	5.18 ^b	0.04	4.86 ^{ca}	0.05	4.72 ^b	0.02
18:1n-9	Acide oléique	14.79	0.07	15.74	0.12	14.92	0.28
18:1n-7	Acide trans-vaccénique	9.74	0.07	7.86 ^c	0.04	9.48 ^b	0.11
18:1n-5		0.11	0.02	0.08	0	0.11	0
18:2n-6	Acide linoléique	7.7	0.07	7.05 ^c	0.02	8.09 ^b	0.03
18:3n-3	Acide linoléique	19.05 ^b	0.24	24.58 ^a	0.17	20.19	0.16
18:4n-3	acide stéaridonique	2.74 ^b	0.06	4.34 ^a	0.02	3.1	0.01
20:0	Acide arachidique	0.35	0	0.32	0.02	0.28	0.01
20:1n-9	acide 11-eicosénoïque	0.12	0	0.09	0	0.1	0
20:2n-6		0.14	0	0.14	0.01	0.14	0
20:4n-6	Acide arachidonique	0.31	0.01	0.34	0.01	0.32 ^D	0
20:3n-3		0.11 ^b	0	0.15 ^a	0	0.13	0.02
20:4n-3		0.37 ^b	0	0.62 ^a	0	0.39	0
20 :5n-3	acide eicosapentaénoïque	1.56 ^b	0.01	1.4 ^a	0.05	1.72	0.03
22:0	Acide béhénique	0.24	0.01	0.21	0.01	0.2 ^D	0
22:1n-11	acide cétoléique	0.06	0.02	0.07	0.02	0.07	0.01
Total des acides gras identifiés		90.66		91.11		91.35	
Acides gras saturés		24.17	0.33	20.97	0.25	22.42	0.15
Acides gras monoinsaturés		31.71	0.22	29.09	0.27	31.85	0.46
n-3		23.84	0.32	31.1	0.25	25.53	0.22
n-6		8.15	0.08	7.54	0.03	8.55	0.03
n-3 HUFA		2.04	0.01	2.18	0.06	2.24	0.06
n-6 HUFA		0.45	0.01	0.48	0.01	0.46	0
FAME		75.27	3.66	87.34	2.64	97.26	6.75
16:0/16:1n-7		2.68		3		2.38	

Les acides gras majoritaires identifiés sont l'acide palmitique (16: 0), l'acide palmitoléique (16: 1n-7), l'acide stéarique (18: 0), l'acide cis-vaccénique (18: 1n-7), l'acide oléique (18: 1n-9), l'acide linoléique (18: 2n-6), l'acide alpha-linolénique (18 :3n-3) et l'acide stéaridonique (18 :4n-3). D'autres acides gras ont été identifié mais avec des petites quantités.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'acide palmitique (16:0) et l'acide stéarique (18:0) dominent les acides gras saturés (AGS) totaux. Les teneurs en 16:0 varient entre 13.65 ± 0.07 % chez la population d'El Melah et 16.12 ± 0.21 % chez la population de Béthioua. Les teneurs en 18:0 sont plus faibles que 16:0 variant entre 4.72 ± 0.02 % et 5.18 ± 0.04 % des acides gras totaux dans la population de Timimoune et la population de Béthioua, respectivement.

Les teneurs en acides gras saturés totaux sont plus faibles que ceux des acides gras mono-insaturés totaux (AGMI) chez les cystes étudiés qui fluctuent entre 29.09 ± 0.27 % (chez la population d'El Melah) et 31.85 ± 0.46 % (chez la population de Timimoune).

L'acide linoléique (18:2n-6) et l'acide α -linoléique (18:3n-3) dominent les acides gras poly-insaturés totaux (AGPI), ils varient entre 7.05 ± 0.02 % (chez la population d'El Melah) et 8.09 ± 0.03 % (chez la population de Timimoune) et entre 19.05 ± 0.24 % (chez la population de Béthioua) et 24.58 ± 0.17 % (chez la population d'El Melah), respectivement.

Les acides gras hautement insaturés (AGHI) sont : l'acide arachidonique ARA (20:4n-6) et l'acide eicosapentaénoïque EPA (20:5n-3). Ces acides gras sont entre 0.31 ± 0.01 % (chez la population de Béthioua) et 0.34 ± 0.01 % (chez la population d'El Melah) et entre 1.4 ± 0.05 % (chez la population d'El Melah) et 1.72 ± 0.03 % (chez la population de Timimoune), respectivement.

Les populations algériennes étudiées (Béthioua, El Melah et Timimoune) présentent un profil type dulçaquicole avec un contenu élevé en acide linoléique (18:3n-3) et faible en acide eicosapentaénoïque (20:5n-3). De plus, Le rapport 16:0/16:1 décrit par Navarro et al., 1992 et qui détermine le type d'*Artemia* (marin ou dulçaquicole), confirme bien une tendance du type dulçaquicole (le ratio 16 :0/16 :1 est supérieur à 1 pour l'ensemble des cystes des populations étudiées).

Une différence significative a été observée ($P < 0.05$) entre la population de Béthioua et la population d'El Melah pour les valeurs moyennes de 10 acides gras (14:1, 16:0, 16:1n-7, 17:0, 18:0, 18:3n-3, 18:4n-3, 20:3n-3, 20:4n-3 et 20:5n-3).

Aussi, une différence significative a été noté entre la population de Timimoune et la population d'El Melah ($p < 0.05$) pour les valeurs moyennes de 4 acides gras (15:0, 18:0, 18:1n-7 et 18:2n-6). Cependant, aucune différence significative n'a été observée ($p > 0.05$) entre la population de Béthioua et la population de Timimoune pour les teneurs moyennes des acides gras.

Comparaison avec d'autres populations algériennes

La corrélation de variables des différents acides gras des populations algériennes a été étudiée sur une matrice 270 individus x 15 variables des acides gras grâce à une ACP. Les deux premières composantes constituent respectivement 59.02 % et 24.8 % de l'information totale soit 83.82% de la variabilité totale (Figure 86).

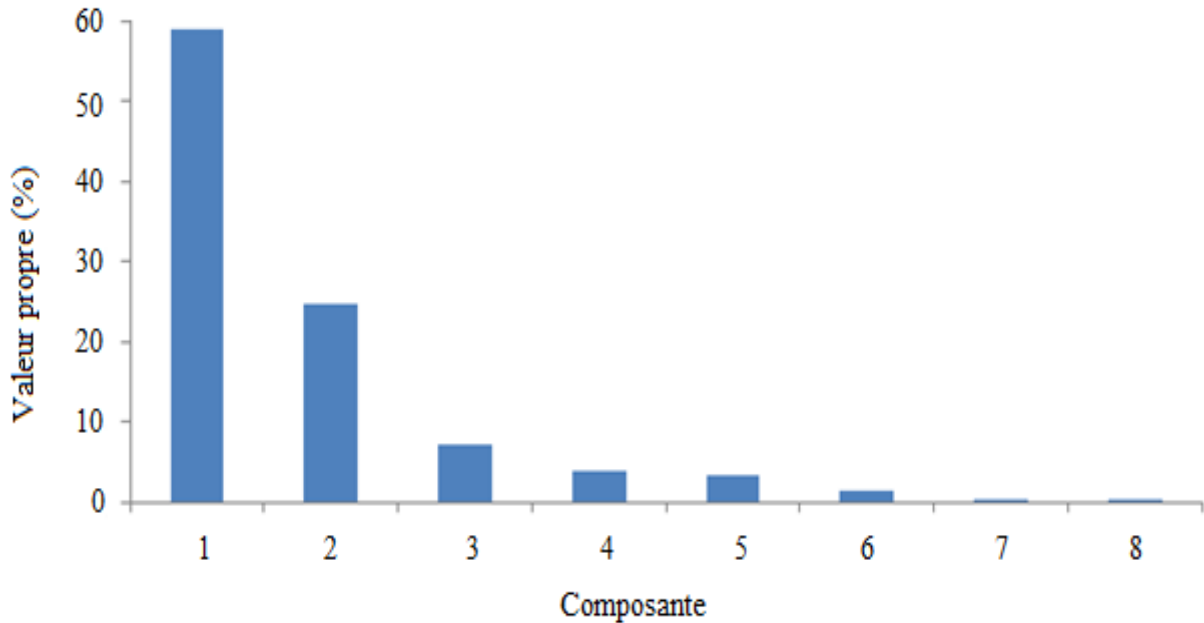


Figure 86. Diagramme des valeurs propres pour les acides gras.

La figure 87 présente le cercle de corrélation résumant l'information sur le plan factoriel formé par les deux premières composantes et le tableau 27 présente la contribution de chaque moyenne d'acide gras sur la première et la deuxième composante.

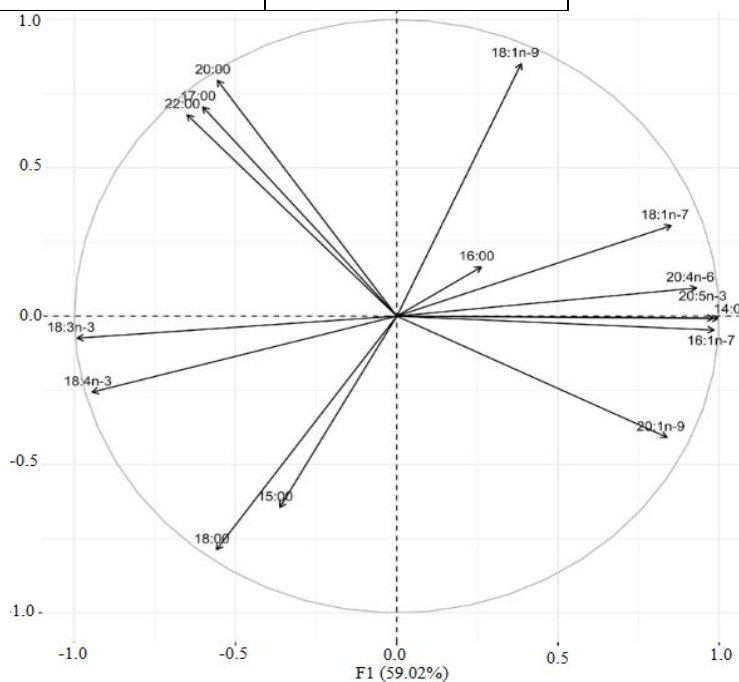
Sur la composante 1 qui explique 59.02% de l'inertie totale, les acides gras suivants : 20:4n-6, 20:5n-3, 20:1n-9, 18:1n-7, 14:0 et 16:1n-7 sont fortement corrélés positivement par contre 17:0, 18:3n-3, 18:4n-3, 20:0 et 22:0 sont fortement corrélés négativement. Pour la composante 2 qui présente 24.8% de l'inertie totale, les acides gras 18:0 et 15:0 sont fortement corrélés négativement contrairement aux acides gras 17:0, 18:1n-9, 20:0 et 22:0 qui sont fortement corrélés positivement.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 27. Contribution de chaque moyenne d'acide gras sur la première et la deuxième composante F1 et F2.

Acide gras	F1	F2
14:0	0.99	-0.006
15:0	-0.37	-0.91
16:0	0.34	0.13
16:1n-7	0.97	-0.04
17:0	-0.71	0.62
18:0	-0.50	-0.84
18:1n-9	0.21	0.86
18:1n-7	0.79	0.36
18:3n-3	-0.99	-0.08
18:4n-3	-0.93	-0.29
20:0	-0.59	0.77
20:1n-9	0.76	0.09
20:4n-6	0.86	0.09
20:5n-3	0.98	0.006
22:0	-0.68	0.64

Figure 87. Cercle de corrélation des acides gras des différentes populations algériennes issues de l'ACP



RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'examen du plan factoriel représenté dans la figure 88 permet d'identifier les différents groupes de populations ayant pris des valeurs proches sur certains acides gras. Les trois populations étudiées et les populations (Melghir et Adrar) étudiées par Ghomari (2013) de type eau douce sont clairement séparées négativement des populations du type marine ou mixte étudiées par Ghomari (2013) (Golea, Ezzamoul, Relizane et Béthioua) selon la composante 1. Par rapport à la composante 2, les populations étudiées sont distinctement séparées positivement des populations rapportées par Ghomari (2013) (Melghir et Adrar).

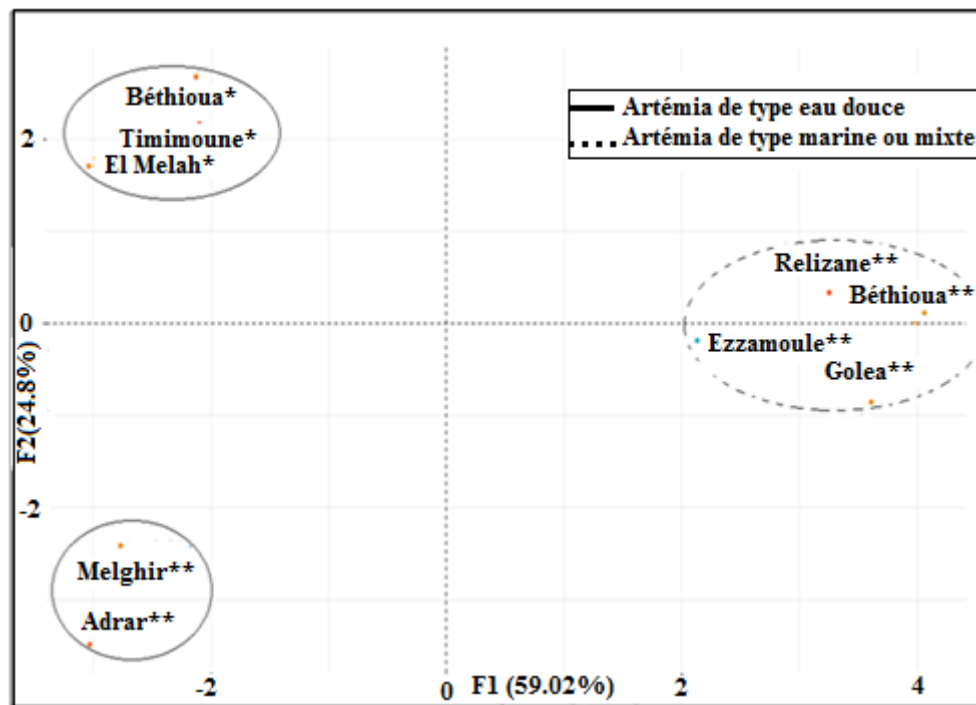


Figure 88. Plan factoriel de l'ACP des acides gras des différentes populations d'artémies algériennes étudiées comparées aux populations étudiées par Ghomari (2013).* : présente étude ; ** : population étudiée par Ghomari (2013).

Il est intéressant de signaler que Ghomari (2013) a noté que les cystes de Béthioua sont du type marin avec un pourcentage relativement élevé d'APE et un faible LNA, bien que cette population se trouve dans un biotope intérieur. Afin de confirmer, de comprendre et de justifier le type d'Artémia trouvé pour la population de Béthioua, une étude physico-chimique et biologique du milieu naturel (Sebkhha de Béthioua) est réalisée en 2018 durant la période humide (mois de Février, Mars et Avril).

Qualité physico-chimique de la sebkha de Béthioua

Les valeurs moyennes de la température de l'eau de la sebkha de Béthioua étaient de 17.5 ± 0.42 ° C pour le mois de Février, 17.8 ± 0.42 °C pour le mois de Mars et 19.55 ± 0.21 ° C pour le mois d'Avril. La salinité du milieu variait entre 41 PSU pour le mois de Février et 78 PSU pour le mois d'Avril. Pour le mois de Mars, elle était de 62 PSU.

Les valeurs moyennes des sels nutritifs de la sebkha de Béthioua sont illustrées sur la figure 89. Les concentrations maximales de PO_4^{3-} et de NO_2^- ont été observées en mois d'Avril 2018 avec des concentrations de 0.128 ± 0.14 mg/l et 0.268 ± 0.36 mg/l respectivement, cependant pour NH_4^+ (0.27 ± 0.23 mg/l), la valeur maximale était observée en mois de Février 2018.

Les valeurs minimales de PO_4^{3-} et NO_2^- ont été observées en mois de Mars 2018 avec des concentrations de 0.071 ± 0.05 mg/l et $0,028 \pm 0,02$ mg/l respectivement, et pour NH_4^+ (0.015 ± 0.01 mg/l) a été noté en mois d'Avril 2018.

La comparaison entre les concentrations des sels nutritifs entre le milieu sauvage (sebkha de Béthioua) et le milieu d'élevage a révélé une différence significative uniquement pour le PO_4^{3-} ($\varepsilon > 1.895$). Aucune différence significative n'a été observée pour les deux autres paramètres (NO_2^- et NH_4^+).

La concentration de matières en suspension variait entre 502.20 ± 15.54 mg/l en mois de Mars 2018 et 389.515 ± 17.82 mg/l en mois d'Avril 2018.

Les valeurs moyennes des pigments au niveau de la sebkha de Béthioua sont représentées sur la figure 90. Les valeurs moyennes les plus élevées de la chlorophylle a et de la chlorophylle c ont été enregistrées en mois d'Avril 2018 (0.09 ± 0.007 mg.m⁻³ et 0.04 ± 0.006 mg.m⁻³, respectivement) et la valeur la plus basse a été enregistrée en mois de Février 2018 (0.03 ± 0.006 mg.m⁻³ pour la chlorophylle a et 0.01 ± 0.0006 mg.m⁻³ pour la chlorophylle c). Les valeurs des caroténoïdes variaient entre 0.028 ± 0.007 mg.m⁻³ (Mars 2018) et 0.06 ± 0.01 mg.m⁻³ (Avril 2018).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

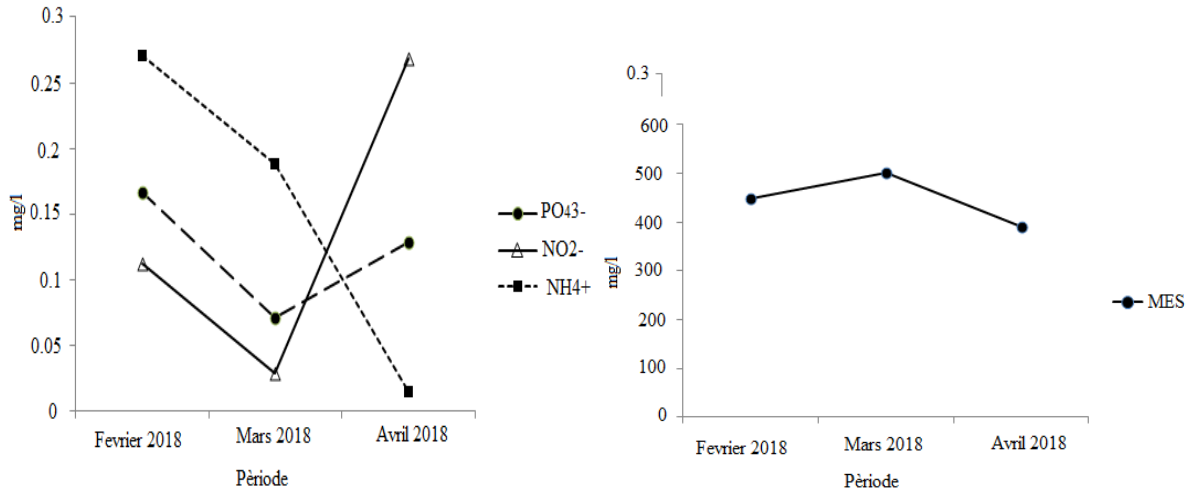


Figure 89. Concentrations des paramètres physico-chimiques de l'eau de la sebkha de Béthioua pour la période humide (Février, Mars et Avril 2018).

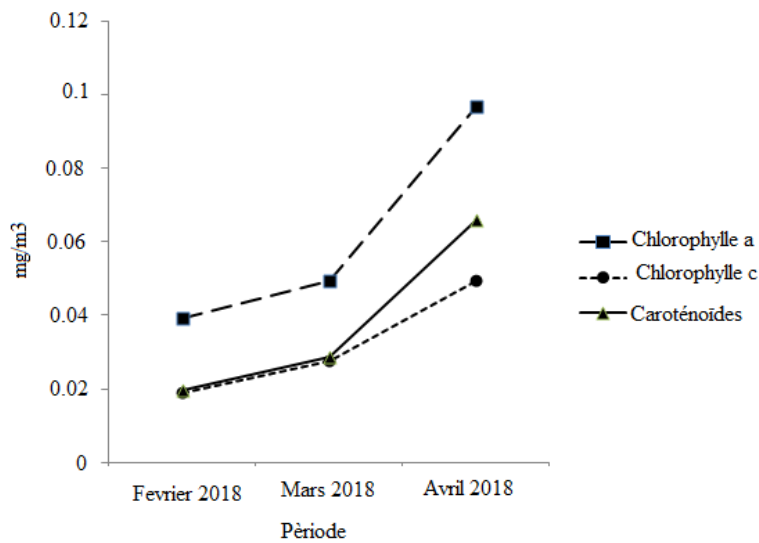


Figure 90. Concentrations des pigments de l'eau de la sebkha de Béthioua pour la période humide (Février, Mars et Avril 2018).

Au cours des trois mois d'étude, une abondance importante du groupe chlorophyceae a été notée avec 34% (Février), 50% (Mars) et 82% (Avril) de la population de phytoplancton, représentée principalement par l'espèce *Dunaliella sp* (Figure 91). Cependant, les diatomées présentent une faible abondance en mois d'Avril avec 11% de la population totale de

RESULTATS ET DISCUSSIONS

phytoplancton et les dinoflagellés représentent un faible pourcentage pendant la période d'étude avec une abondance de 27% (Février), 21% (Mars) et 7% (Avril) du groupe phytoplanctonique total de la sebkha de Béthioua (Figure 92).



Figure 91. Sebkha de Béthioua en mois d'Avril 2018.

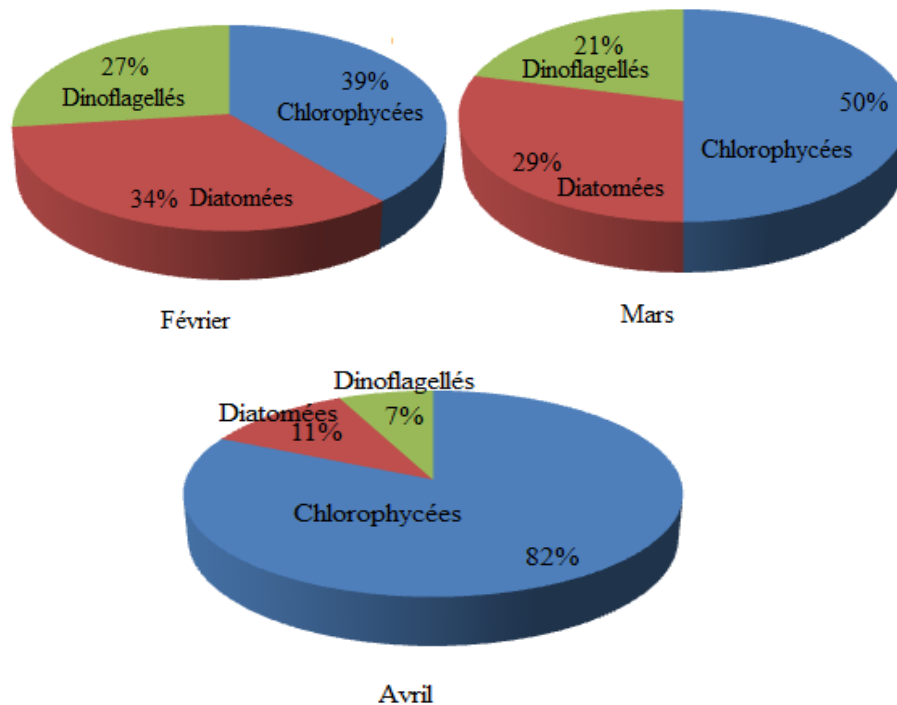


Figure 92. Abondance des différents groupes de phytoplancton.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Afin d'identifier et de déterminer les interactions entre les paramètres physico-chimiques et biologiques du milieu durant la période d'étude, nous avons réalisé une Analyse en Composantes Principales (ACP) pour une matrice de 12 variables x 06 observations dans les 2 stations de prélèvements. Les deux premières composantes constituent respectivement 74.27 % et 16.91% de l'information totale soit 91.18% de la variabilité totale (Figure 93).

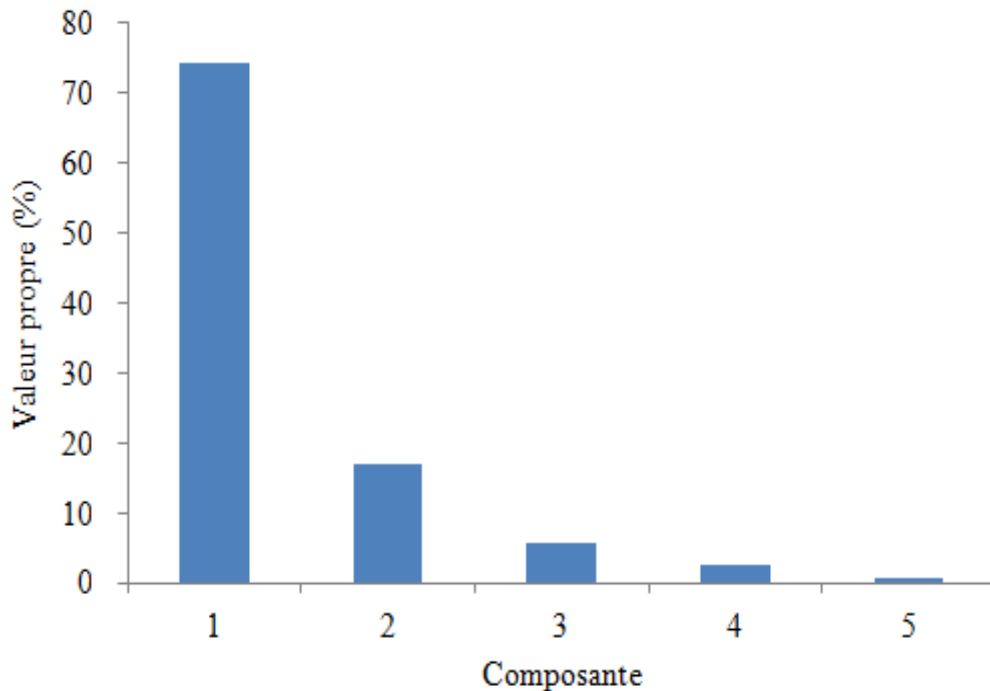


Figure 93. Diagramme des valeurs propres pour les paramètres du milieu sauvage de la saline de Béthioua.

L'examen de l'organisation des variables sur le plan factoriel F1-F2 de l'ACP, représentée par la figure 94 et le tableau 28 montre, que la composante 1 représente 74.27% de l'inertie totale est fortement corrélé positivement avec la température, la salinité, les caroténoïdes, la chlorophylle a, la chlorophylle c et les chlorophycées. Pour la partie négative de la composante 1, les dinoflagellés, les diatomées, NH_4^+ et les matières en suspension MES sont fortement corrélés. Pour la composante 2 qui explique une addition de 16.91% pour l'inertie totale, le NO_2^- et le PO_4^{3-} sont fortement corrélé positivement.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 28. Contribution de chaque paramètre physico-chimique et biologique sur la première et la deuxième composante F1 et F2.

	F1	F2
S	0.91	-0.21
T°C	0.98	0.07
NO ²⁻	0.49	0.81
NH ⁴⁺	-0.78	0.15
PO ₄ ³⁻	-0.05	0.98
Chlorophylle a	0.99	0.09
Chlorophylle c	0.96	-0.22
Caroténoïde	0.95	-0.23
MES	-0.68	-0.44
Diatomées	-0.99	0.0005
Chlorophycées	0.99	-0.023
Dinoflagellés	-0.98	0.049

Une opposition entre les mois de février et d'avril, donc entre les saisons hivernale et printanière indiquant un bloom phytoplanctonique du groupe des chlorophycées riche en chlorophylles (a et c) et en caroténoïdes suite à l'augmentation de la température qui se traduit par une augmentation de la salinité. La disponibilité en MES est faible en hiver et elle se restaure à partir du printemps (Mars). Les nutriments PO₄³⁻ et NO²⁻ sont naturellement présents dans la sebka (lessivage des sols, dégradation de la matière organique) et l'augmentation des concentrations de ces nutriments peuvent avoir pour origine les rejets urbains, industriels (ENSAL,...), ou agricoles (engrais) et ils ne sont pas associés aux saisons hivernale et printanière. Par contre le NH₄⁺ est associé à la période hivernale avec les dinoflagellés et les diatomées.

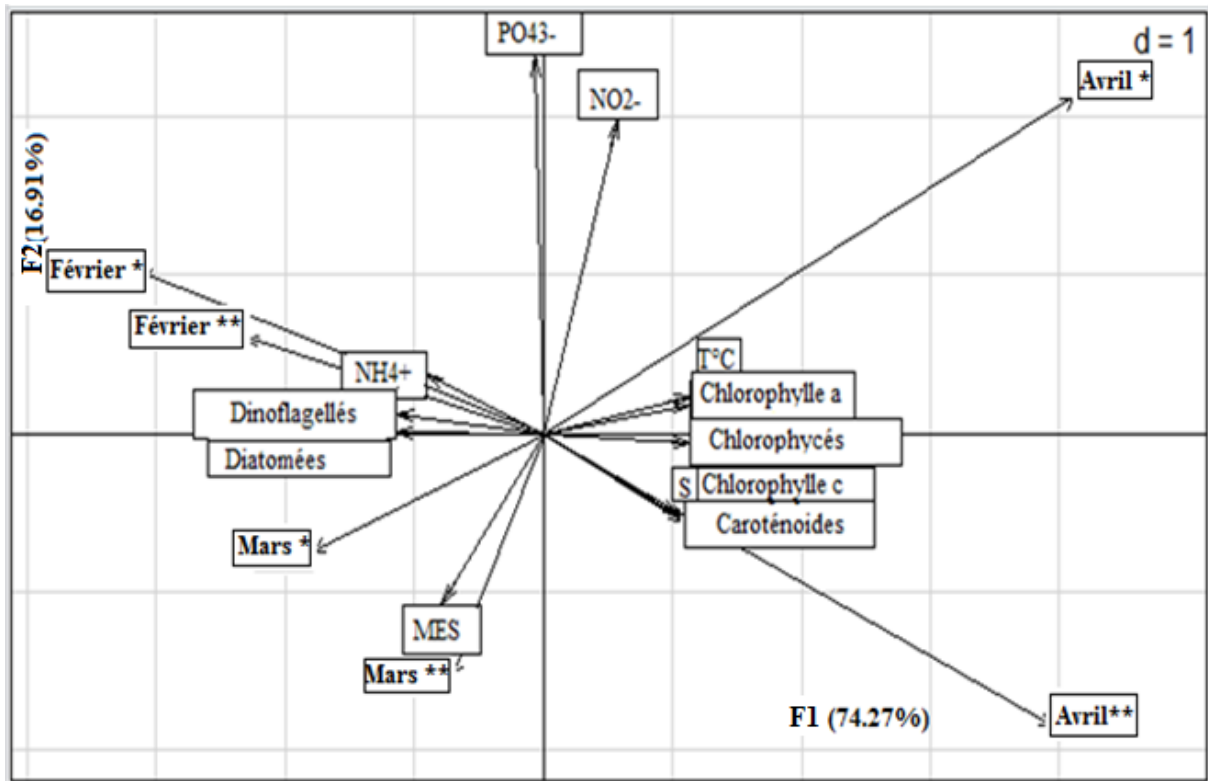


Figure 94. Plan factoriel de l'ACP pour les paramètres environnementaux, les groupes de phytoplancton et le mois de prélèvement. d=Distance euclidienne; * : Station 1; ** : Station 2.

II. Discussion

1. Biométrie des cystes

Les grandes variations observées dans la présente étude entre les différentes populations d'artémies, peuvent être causées par les conditions physiques et chimiques des habitats des femelles d'Artémia. La taille des cystes de la population parthénogénétique de Béthioua est plus grande que celle des autres populations bisexuelles (El Melah et Timimoune). Les résultats obtenus dans la présente étude sont proches aux résultats des autres chercheurs algériens.

Vanhaecke & Sorgeloos (1980) ont constaté que les variations temporelles des conditions alimentaires et de la salinité des étangs pouvaient affecter le diamètre des cystes et ils ont suggéré que le diamètre du cyste est lié aux caractéristiques génétiques. Aussi, Alvarez & Sanchez (1994) ont signalé que les conditions environnementales sont les causes essentielles des différences observées dans les caractéristiques biométriques des cystes.

Les grands cystes sont observés chez l'*Artemia tibetiana* du Tibet (323 μm) (Van Stappen et al., 2003), tandis que les petits cystes sont celles d'*Artemia franciscana* du Mexique (201.3 μm) (Rodríguez-Almaraz et al., 2006).

Ghomari (2013) a étudié la biométrie des cystes de 10 populations algériennes où les cystes des populations parthénogénétiques de la sebkha de Relizane (257.6 \pm 12.4 μm), sebkha de Béthioua (248.1 \pm 19.8 μm), sebkha d'Ezzamoul (250.4 \pm 14.2 μm), Sebkha de Sétif (253 \pm 17.1 μm), Sebkha d'Oran (249.2 \pm 16.9 μm) et chott Melghir (275 \pm 15.9 μm) ont un diamètre important par rapport aux cystes des populations bisexuelles (*Artemia salina*) de Relizane (246.4 \pm 16.9 μm), Ezzamoul (247.1 \pm 15.5 μm) et Garaet El Taref (246 \pm 13.2 μm) (Tableau 29).

Amarouayache & Kara (2015) ont évalué la qualité d'*Artemia salina* d'Ezzemoul (Wilaya d'Oum El-Bouaghi) et ils constaté que le diamètre moyen des cystes hydratés fluctuait entre 247.18 \pm 13.4 μm (cystes récoltés en Novembre 2004) et 247.86 \pm 18 μm (cystes récoltés en Janvier 2006), tandis que le diamètre des cystes décapsulés variait entre 217.6 \pm 13.3 μm (cystes récoltés en Novembre 2004) et 225.1 \pm 6.29 μm (cystes récoltés en Janvier 2006).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 29. Diamètres des cystes des différentes populations d'Artémia. A : Population parthénogénétique de Relizane (Ghomari, 2013); B : Population de Béthioua (Ghomari, 2013); C : Population d'Ezzamoul (Ghomari, 2013); D : Population d'El-Bahira (Ghomari, 2013); E : Population parthénogénétique de la sebkha d'Oran (Ghomari, 2013); F : Population parthénogénétique de Béthioua (Présente étude); G : Population bisexuelle d'El Melah (Présente étude); H : Population bisexuelle de Timimoune (Présente étude); I : Population Melghir (Ghomari, 2013); J : Population bisexuelle de Relizane (Ghomari, 2013); K : Population bisexuelle d'Ezzamoul (Ghomari, 2013); L : Population parthénogénétique de Margarita Di Savia (Vanhaecke & Sorgeloos, 1980); M : *Artemia franciscana* de la baie de San Francisco (Vanhaecke & Sorgeloos, 1980); N : *Artemia tibetiana* du Tibet (Van Stappen et al., 2003).

Population	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Taille des cystes (μm)	257.6	248.1	250.4	253	249.2	268.08	247.81	255.38	275	246.4	247.1	284.9	223.9	323

En aquaculture, les cystes qui possèdent un diamètre important sont de valeur bénéfique à la fois économique et énergétique. Un gros cyste donne naissance à un grand nauplius, ce dernier contient une quantité nutritionnelle conséquente. Cela est confirmé par les travaux de Van Stappen (1996) qui a signalé que le contenu énergétique et d'autres caractéristiques biométriques comme la taille du nauplius sont fortement corrélés au diamètre du cyste.

L'analyse des résultats de chorion montre que les trois populations possèdent un chorion épais et la population parthénogénétique (population de Béthioua) présente une valeur plus élevée par rapport aux populations bisexuelles (population d'El Melah et de Timimoune). Ghomari (2013) a signalé que l'épaisseur du chorion est plus importante pour l'*Artemia salina*, et elle varie entre 10 μm (Garaet El Taref (wilaya d'Oum El Bouaghi) et 13.1 μm (Relizane) par rapport aux populations parthénogénétiques où elle varie entre 6.5 μm (Ezzamoul) et 9.5 μm (Melghir).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Cependant, Amarouayache & Kara (2015) ont signalé une épaisseur de chorion comprise entre 14.8 μm (cystes récoltés en Novembre 2004) et 11.73 μm (cystes récoltés en Janvier 2006) pour l'Artémia d'Ezzemoul (Figure 95).

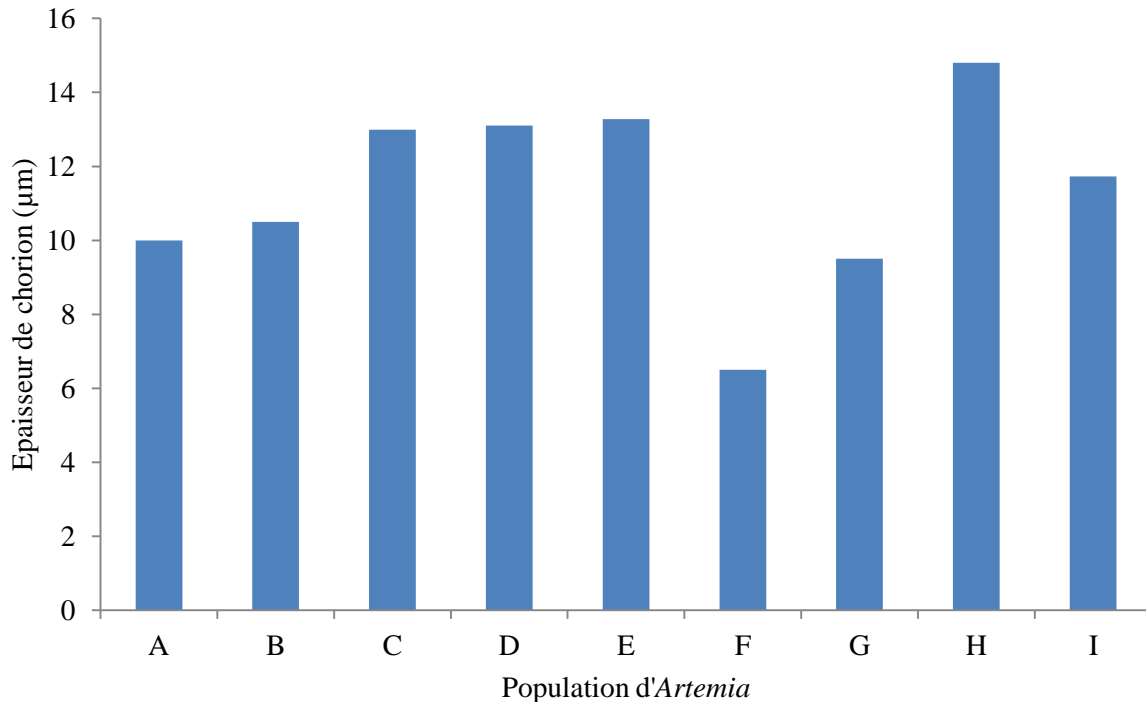


Figure 95. Histogramme représentatif des épaisseurs du chorion des différentes populations algériennes d'Artémia. A : Population Garaet El Taref (Ghomari, 2013); B : Population d'El Melah (Présente étude); C : Population de Timimoune (Présente étude); D : Population de Relizane (Ghomari, 2013); E : Population de Béthioua (Présente étude); F : Population d'Ezzamoul (Ghomari, 2013); G : Population Melghir (Ghomari, 2013); H : Population d'Ezzemoul récolté Novembre 2004 (Amarouayache & Kara, 2015); I : Population d'Ezzemoul récolté en Janvier 2006 (Amarouayache & Kara, 2015).

L'intervalle de l'épaisseur du chorion obtenu se retrouve bien dans l'intervalle international établi par Abatzopoulos et al., (2006) où ils ont mentionnés que la membrane chorionique est d'un diamètre de 3 à 16 μm .

Il est à signaler que l'épaisseur du chorion n'est en aucun cas en fonction du diamètre des cystes autrement dits de gros cystes peuvent avoir un chorion épais et inversement (Castro et al., 2006).

En aquaculture, un chorion épais est une caractéristique intéressante car il offre une meilleure protection des cystes contre les chocs mécaniques (Sorgeloos & Kulasekarapandian, 1984). Il se présente comme une réponse pour compenser l'action de la salinité élevée et les fortes températures (Amat, 1982 et Sorgeloos et al., 1986) et il protège l'embryon contre les radiations solaires (Gelabert et al., 1993). Ces conditions environnementales extrêmes sont les principales caractéristiques des Chotts et des Sebkhats algériennes.

2. Caractéristiques d'éclosion

Le pourcentage d'éclosion, l'efficacité d'éclosion et le temps de synchronie sont des critères importants dans l'évaluation de la qualité d'éclosion globale des cystes d'Artémia.

En comparaison avec d'autres souches, le pourcentage d'éclosion obtenu peut être considéré comme moyen par rapport aux valeurs rapportées par plusieurs auteurs dont les résultats se situent entre 20% et 90% d'éclosion (Sorgeloos et al., 1986). Le résultat de la qualité d'éclosion pour les populations bisexuelles d'El Melah et de Timimoune est inférieur à celui de la souche commerciale de la Baie de San Francisco (SFB) et Grand Lac Salé d'Amérique (GSL) qui présente respectivement une efficacité d'éclosion de 106 000 et 267 200 nauplii par gramme de cyste pour les cystes normaux (Sorgeloos et al., 1986).

Le temps T_s représente la synchronisation du temps d'éclosion des cystes. Plus, le T_s est grand plus la synchronisation d'éclosion des cystes est faible (une synchronie d'éclosion importante devrait assurer une récolte maximum de nauplii avant qu'ils consomment leurs réserves énergétiques). La variabilité des résultats d'éclosion des cystes des populations étudiées de Béthioua, El Melah et Timimoune tendent vers l'hypothèse de la localisation géographique, bien que toujours associée à des variables environnementales.

La synchronisation des éclosions pourrait être considérée comme courte pour les populations de Béthioua et El Melah et élevée pour la population de Timimoune par rapport à celles rapportées par d'autres chercheurs algériens.

Pour les populations bisexuelles d'El Melah et de Timimoune qui présentent une qualité d'éclosion faible par rapport à la population de Béthioua, elles se retrouvent au Sud d'Algérie, ces dernières sont exposées aux fortes températures.

Sorgeloos et al., (1986) ont indiqué que l'appréciation de la qualité d'une souche donnée d'Artémia se fait d'autre part par l'évaluation des paramètres d'éclosion. Selon

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Vasudevan (2012), ces paramètres sont non seulement en fonction de l'origine géographique des cystes mais aussi en fonction de la récolte, le traitement, le stockage et les conditions d'éclosion. Afin d'assurer une utilisation optimale d'Artémia en aquaculture, les caractéristiques d'éclosion des cystes doivent être déterminées avant l'utilisation de la souche.

Pour la population d'El Melah et de Béthioua, le Ts se trouve dans l'intervalle (4.4-17.3 heures) rapporté par Sorgeloos et al., (1986) pour les cystes non traités.

En 2013, Ghomari a signalé une synchronisation des éclosions de 6.7 h pour Béthioua, 10.6 h pour Relizane et 11.1 h pour El Goléa. Amarouayache & Kara (2015) ont noté une synchronisation des éclosions de 6 h pour Ezzemoul, Triantaphyllidis et al.,(1996) a rapporté un Ts de 11 h pour la population de Madagascar et un Ts de 6.5 h pour la population de Namibie, Camargo et al., (2005) a noté un Ts de 9.5-13 h pour la population colombienne des Caraïbes et Ben Naceur et al., (2008) a signalé un Ts de 17-30 h pour la population tunisienne de la saline de Sahline (Tableau 30).

Tableau 30. Synchronisation du temps d'éclosion des différents cystes d'Artémia. Ts : temps de synchronie (Amarouayache & Kara, 2015; Ben Naceur et al., 2012; Camargo et al., 2005; Ghomari, 2013 et Triantaphyllidis et al.,1996).

Population d'Artémia	Ts
Population tunisienne de la saline de Sahline (Ben Naceur et al., 2012)	17-30 h
Population colombienne des Caraïbes (Camargo et al., 2005)	9.5-13 h
Population de Madagascar (Triantaphyllidis et al.,1996)	11 h
Population de Namibie (Triantaphyllidis et al.,1996)	6.5 h
Population d'Ezzemoul (Amarouayache & Kara, 2015)	6 h
Population de Béthioua (Ghomari, 2013)	6.7 h
Population de Relizane (Ghomari, 2013)	10.6 h
Population d'El Golea (Ghomari, 2013)	11.1 h
Population de Béthioua (Présente étude)	7.5 h
Population d'El Melah (Présente étude)	10 h
Population de Timimoune (Présente étude)	26 h

Vanhaecke & Sorgeloos, 1980; Sorgeloos et al., 1986 ont signalé l'influence des facteurs climatiques sous lesquels les cystes sont produits en particulier comme les excès de chaleur et les fortes salinités (les principales causes des problèmes d'éclosion).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

En 1982, Vanhaecke & Sorgeloos ont noté que le temps d'éclosion est en fonction de l'origine géographique des cystes et aussi il est influencé par les conditions d'incubation, de traitement et de conservation, et par certaines conditions environnementales sous lesquels le cyste a été produit.

Lavens et al., (1986) ont suggéré qu'au-delà de 12 h, le développement des stades I à II et III s'accompagne d'une réduction de la valeur énergétique qui diminue jusqu'à 27% à l'instar du stade III. À ce stade, les métanauplii sont translucides et nagent plus rapidement, ce qui les rend plus difficiles à attraper par les larves de prédateurs.

En ce qui concerne la qualité d'éclosion faible des populations bisexuelles. Léger a signalé en 1999 que les cystes non éclos peuvent être utilisés après une décapsulation car leur composition nutritionnelle est similaire à celle des nauplii d'artémia de stade I et leur contenu énergétique peut être plus élevé jusqu'à 50 % puisque l'énergie consommée pendant le processus d'éclosion reste intacte dans les embryons décortiqués. Les cystes décapsulés sans éclosion peuvent être appliqués de la même manière que la plupart des régimes alimentaires et ils deviennent une bonne alternative aux nauplii d'Artémia vivants dans le régime alimentaire des post-larves de crevettes pénéides (Léger, 1999).

Le taux d'éclosion peut être amélioré en utilisant l'eau de mer artificielle obtenue en ajoutant du sel non iodé à l'eau douce dans un rapport de 1:1. Ce milieu permet d'éviter les infections parasitaires et fongiques qui inhibent le taux d'éclosion chez l'Artémia (Bahr et al., 2021).

En ce qui concerne la décapsulation, cette méthode a donné des bons résultats. Ces derniers concordent avec ceux rapportés par d'autres chercheurs algériens.

Lavens et al., (1986) ont travaillé sur plusieurs méthodes de désactivation de diapause, telles que trois cycles répétitifs d'hydratation-déshydratation, de congélation, de traitement au peroxyde d'hydrogène H_2O_2 , de variation d'intensité lumineuse et ils ont également constaté qu'une dilution du milieu d'éclosion à 5 PSU améliore généralement le pourcentage d'éclosion des cystes. Van Stappen et al., (1998) ont conclu que le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 était le plus efficace parmi ces traitements.

Sorgeloos (1980) a noté que la décapsulation assure la désinfection des cystes et l'augmentation du contenu énergétique des nauplii. Aussi, l'utilisation des cystes décapsulés

dans l'élevage larvaire présente d'autres avantages distincts, à la fois pratiques et nutritionnels (Lavens & Sorgeloos 1996).

Kara et al., (2004) ont travaillé sur le choot Marouane et ils ont signalé que la décapsulation améliore la qualité d'éclosion en terme d'efficacité de l'éclosion où ce paramètre obtenue dans des conditions standard ($34040 \text{ nauplii.g}^{-1}$) s'est améliorée après décapsulation ($48160 \text{ nauplii.g}^{-1}$). Aussi Ghomari (2013) a observé l'efficacité de l'utilisation de la décapsulation pour les cystes de la population de Béthioua (de $153540 \text{ nauplii.g}^{-1}$ à $220667 \text{ nauplii.g}^{-1}$), la population de Relizane (de $13111 \text{ nauplii.g}^{-1}$ à $20667 \text{ nauplii.g}^{-1}$) et de la population d'El Goléa (de $14222 \text{ nauplii.g}^{-1}$ à $76667 \text{ nauplii.g}^{-1}$) (Figure 96).

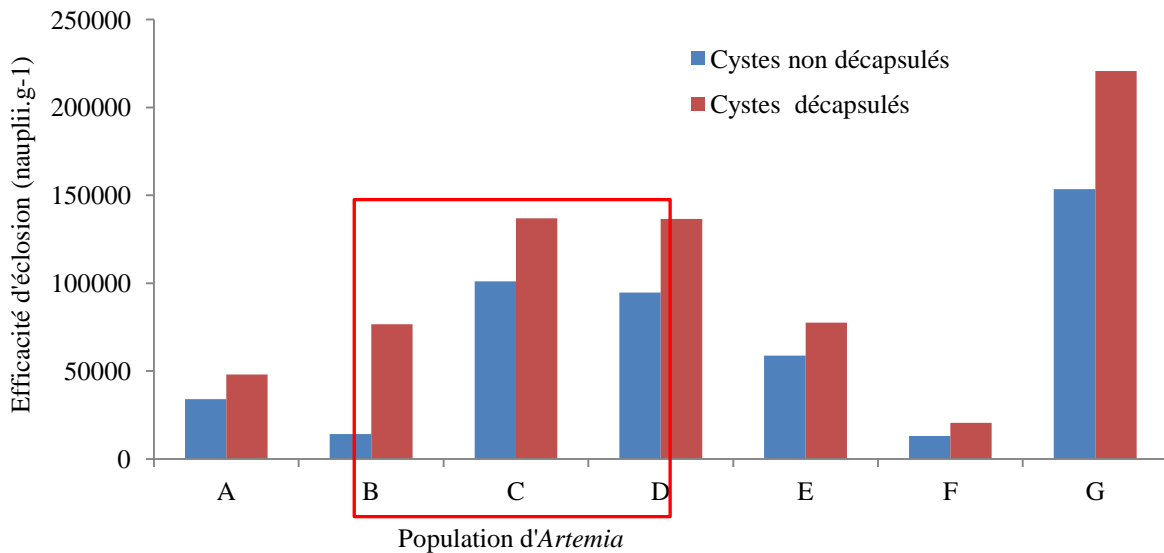


Figure 96. Histogramme représentatif des efficacités d'éclosion des différentes populations d'Artémia. A : Population de chott Marouane (Kara et al., 2004); B : Population d'El-Goléa (Ghomari, 2013); C : Population parthénogénétique de Béthioua (Présente étude); D : Population bisexuelle d'El Melah (Présente étude); E : Population bisexuelle de Timimoune (Présente étude); F : Population de Relizane (Ghomari, 2013); G : Population de Béthioua (Ghomari, 2013).

3. Biométrie des nauplii

La taille des nauplii des populations étudiées ($478.73 \pm 0.02 \mu\text{m}$ pour la population de Béthioua, $466.46 \pm 0.02 \mu\text{m}$ pour la population d'El Melah et $453.26 \pm 0.03 \mu\text{m}$ pour la population de Timimoune) se situent bien entre les souches bisexuelles de la baie de San

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Francisco (SFB) et du Grand Lac Salé (GSL), les souches les plus utilisées en aquaculture sont entre 428 μm et 489 μm , respectivement (Sorgeloos et al., 1986).

Les populations de la présente étude produisent des gros nauplii qui peuvent être bénéfiques et utilisés en aquaculture. Ces nauplii conviennent à l'aquaculture quand la taille de la bouche de la larve n'est pas trop petite. En outre, ils peuvent être utilisés comme aliments vivants pour les stades de développement avancés des espèces cultivées.

La taille des nauplii représente un facteur limitant lorsqu'on les utilise comme proies en aquaculture marine (Sorgeloos et al., 1986). En effet, de grandes mortalités de larves de poissons et de crustacés ont été signalées suite à l'incapacité de la larve pour capturer les nauplii d'Artémia (Beck et al., 1980). Merchie (1996) a signalé une forte corrélation entre la longueur du nauplius d'Artémia et la mortalité larvaire chez la capucette *Menidia menidia* (Linnaeus, 1766) au cours des cinq jours après avoir été nourries avec des nauplii d'une longueur de 520 μm où la mortalité a atteint 50% (les larves n'ont pas pu ingérer les nauplii et ils sont morts de faim) cependant avec une alimentation par des nauplii de 430 μm , la mortalité a atteint seulement 10% ; aussi, il a noté que les poissons qui produisent de petits œufs, tels que la dorade royale, le turbot et le mérrou, doivent être nourris avec des rotifères comme un premier aliment, car les nauplii de toute souche d'Artémia sont trop gros par rapport à la longueur de la bouche. Pour cela, la taille des nauplii d'une souche sélectionnée déterminera quand le poisson peut passer d'un rotifère à un régime d'Artémia. Tant que la taille des proies n'interfère pas avec le mécanisme d'ingestion du prédateur, l'utilisation de nauplii plus gros (avec un contenu énergétique individuel plus élevé) sera bénéfique puisque le prédateur dépensera moins d'énergie en absorbant un plus petit nombre de nauplii plus grands pour remplir ses besoins énergétiques (Merchie, 1996).

Pour les larves de crustacés, la taille des nauplii n'a pas une grande importance car elles peuvent capturer et déchirer les particules de nourriture avec leurs appendices d'alimentation (Merchie, 1996). Du point de vue aquacole, la sélection d'une source de nourriture pour les larves de poissons ou de crustacés dans les éclosiers appelle à une utilisation de gros nauplii avec un poids individuel et une qualité nutritionnelle plus élevée. La larve dépensera moins d'énergie en absorbant un plus petit nombre de gros nauplii pour satisfaire son besoin alimentaire. C'est notamment le cas des larves de poissons qui ne sont pas très efficaces pour la chasse des proies vivantes.

L'avantage de l'alimentation avec des gros nauplii est confirmé par les résultats de Beck & Bengtson (1982) quand les larves de *Menidia* (Poisson de la famille des Atherinopsidae) ont grandi beaucoup plus rapidement avec un régime de gros nauplii (souches de Margherita di Savoia et de Grand Lac Salé) par rapport aux larves nourries avec des nauplii de petite taille (souche de la baie de San Francisco).

4. Qualité du milieu d'élevage

Pour l'Artémia, la température optimale est de 25-27°C et l'intervalle minimal et maximal de survie est entre 5 et 35°C, cependant ces limites ne sont pas fixes et restent liées aux caractéristiques de chaque population et chaque espèce (Amat 1985). Saygı & Demirkalp ont signalé en 2002 que la meilleure croissance et survie ont été obtenues à 22-26°C pour l'*Artemia parthenogenetica* du lac Tuz, le second plus grand lac de Turquie et que les basses températures causent un retard de développement. Aussi Vanhaecke et al., (1984) signalent que la température et la salinité sont des facteurs qui affectent les différentes variables du cycle de vie tel que le temps de maturation, la durée de la période reproductive, la croissance, l'intervalle et le nombre de ponte, la longévité et la survie des femelles chez les souches sexuées et parthénogénétiques.

En plus de la température, les sels nutritifs ont été analysés afin d'expliquer et de justifier les résultats du taux de survie. Coutteau & Sorgeloos (1989) ont montré que l'Artémia est sensible au nitrite et à l'ammonium. Chen et al., (1989) ont trouvé que les nauplii d'Artémia peuvent survivre à des concentrations importantes d'ammonium et de nitrite allant jusqu'à 100 mg/l soit des eaux usées d'origine domestique.

De nombreux organismes aquatiques excrètent principalement l'ammonium. Hanaoka (1977) a signalé que l'accumulation progressive des substances toxiques comme l'ammonium contribue à une détérioration de la qualité de l'eau avec une inhibition de l'ingestion de nourriture.

Dans les conditions environnementales optimales, la forme non ionisée relativement non polaire de l'ammonium se diffuse de l'animal dans l'eau, car la concentration de cette substance est beaucoup plus élevée dans les fluides corporels de l'organisme que dans le milieu de vie (Landau & Sanchez, 1991). Cependant, lorsque les niveaux de cette substance dans l'eau sont élevés, le processus de diffusion est ralenti ou arrêté et les niveaux d'ammonium dans l'organisme augmentent (Landau & Sanchez, 1991). Si le milieu contient

des niveaux très élevés de cette substance, cette dernière peut se diffuser de l'eau dans l'organisme (Armstrong, 1979).

Landau & Sanchez (1991) ont noté que l'Artémia semble être plus tolérante à l'ammonium que la plupart des autres organismes aquatiques. Dhont & Lavens (1996) ont souligné que les artémies sont tolérantes à des concentrations de nitrite (320 mg/l) et d'ammonium (1000 mg/l) beaucoup plus élevées.

McShan et al., (1974), ont aussi noté que les méthodes de culture pour l'Artémia sont nombreuses et incluent l'élevage dans des environnements où des niveaux élevés d'ammonium peuvent être rencontrés, comme les installations de traitement des eaux usées. Néanmoins, la présence de substances solubles doit être limitée autant que possible car elles constituent un substrat idéal pour les bactéries (Støttrup & McEvoy 2008).

5. Morphologie et Morphométrie de l'espèce

L'observation des caractéristiques morphologiques révèle que les populations étudiées appartiennent à l'espèce sexuée autochtone native *Artemia salina* (population de Timimoune et d'El Melah) et des populations parthénogénétiques (Population de Béthioua) du bassin méditerranéen. La biodiversité des populations d'Artémia algériennes étudiées dans la partie Ouest et Sud-Ouest de l'Algérie est identique à celle rencontrée en Algérie (Amarouayache & Kara, 2010; Ghomari, 2013 ; Amarouayache & Kara, 2015 ; Amarouayache et al., 2017) et dans le reste des pays de méditerranée occidentale (Amat et al., 1995). Amarouayache (2009), a identifié deux populations d'Artémia de Chott Marouane et de Sebkha Ez-Zemoul comme *Artemia salina*, en utilisant la microscopie à balayage et en se basant sur la morphologie des mâles (morphologie du lobe frontal ainsi que la partie basale du pénis). Aussi Ghomari (2013) a identifié les populations algériennes d'Artémia en observant la morphologie des adultes et en signalant la présence de l'espèce sexuée *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) et les formes parthénogénétiques.

Pour l'étude morphométrique, cette méthode a été l'une des méthodes les plus utiles pour la taxonomie et la biosystématique de l'Artémia (Asem & Rastegar-Pouyani 2007). Afin d'identifier différentes espèces et souches présentes dans huit sites en Algérie, Ghomari et al., (2011) ont choisi la morphométrie comme outil. Ils ont signalé la présence de la population parthénogénétique tétraploïde et diploïde avec la présence d'*Artemia salina* (Linnaeus, 1758) dans la saline de Béthioua (Ghomari et al., 2011).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Pour avoir une idée de la ressemblance entre les populations étudiées et les autres populations algériennes, nous avons réalisé une CAH (une Classification Ascendante Hiérarchique), cette dernière a permis de former trois groupes bien distincts, représentés par les populations parthénogénétiques tétraploïdes (PT), les populations parthénogénétiques diploïdes (PD) (dont on trouve la population de Béthioua) et les populations bisexuelles *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) avec lesquelles on trouve les deux populations d'El Melah et de Timimoune (Figure 97).

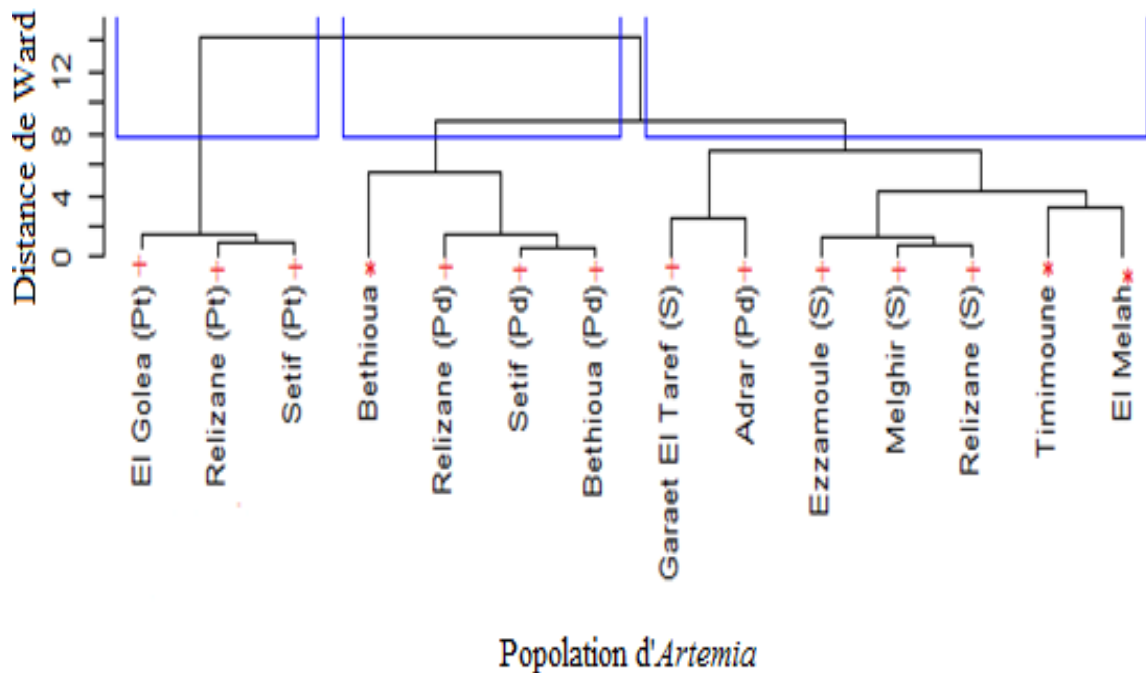


Figure 97. Dendrogramme des similarités des caractères morphométriques entre les populations algériennes d'Artémia basées sur la méthode de Ward.* : présente étude; + : population étudiée par Ghomari (2013).

Aussi, Hontoria & Amat (1992b) ont étudié l'Artémia femelle adulte appartenant à 25 populations Américaines à l'aide des caractères morphométriques et ils ont pu séparer clairement les populations de deux espèces différentes, *Artemia franciscana* et *Artemia persimilis*.

Une CAH est utilisée pour regrouper les populations étudiées et les autres populations du bassin méditerranéen sur la base d'une similarité de la morphométrie dans le but de confirmer l'identification de l'espèce (Figure 98). La CAH forme deux groupes bien distincts,

RESULTATS ET DISCUSSIONS

représentés par les populations bisexuelles *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) et les populations parthénogénétiques. Les caractères morphologiques des populations sexuées algériennes étudiées (population d'El Melah et de Timimoune) et les populations sexuées voisines du bassin méditerranéen (population de Souzama-Maroc, population de Rocio-Espagne), sont pratiquement similaires et se distinguent aux autres populations. Un deuxième groupe représenté par les populations parthénogénétiques où on trouve la population de Béthioua, les populations parthénogénétiques espagnoles (Mata et Odiel) et les populations marocaines (Assilah et Larache).



Figure 98. Dendrogramme des similarités des caractères morphométriques entre les populations d'*Artemia* du bassin méditerranéen basées sur la méthode de Ward. * : présente étude; + : population étudiée par Ghomari (2013).

En 2010, Amarouayache & Kara ont étudié la population bisexuelle du chott Marouane (*Artemia salina*) et ils ont noté que la longueur abdominale, la longueur de la fourche, la longueur antennaire, la largeur du sac ovigère, la largeur du 3ème segment abdominal, la largeur céphalique, le diamètre interorbitaire et le diamètre orbitaire sont corrélés significativement à la longueur totale des individus, aussi 62.5 % des paramètres mesurés chez les femelles croissent isométriquement par rapport à la longueur totale des individus (contre 12,5 % chez les mâles) et que les paramètres restants, présentent une allométrie de croissance majorante.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Litvinenko & Boyko (2008) ont caractérisé morphologiquement les populations d'Artémia de la Sibérie en signalant des corrélations entre les différents caractères morphométriques. Ils ont noté une forte corrélation positive entre la longueur totale et la longueur de l'abdomen ($r > 0.9$), une forte corrélation négative entre la longueur de l'abdomen et la longueur de la fourche ($r = -0,78$), une légère corrélation positive entre la largeur de l'abdomen et le diamètre de l'œil, la longueur de la première antenne et le diamètre de l'œil ($r = 0,5$ à $0,7$), une légère corrélation négative entre la longueur de l'abdomen et la longueur de la fourche (Litvinenko & Boyko, 2008).

D'autres études ont évoqué la présence d'une relation positive entre la longueur du corps et la longueur de la première antenne, ainsi que la longueur de l'abdomen, la largeur de l'abdomen, la largeur de la tête et les caractéristiques de la fourche (Pilla, 1992).

L'Artémia se trouve dans des biotopes souvent caractérisés par des conditions écologiques extrêmes. Pour cette espèce, le développement de chaque partie du corps est affecté par de nombreux facteurs abiotiques, tels que la température, le rapport ionique, la teneur en oxygène, l'acidité et la minéralisation générale; le dernier facteur est considéré comme dominant dans la détermination des formes (Pilla, 1992).

Le dimorphisme sexuel est la différence phénotypique entre les deux sexes d'une espèce. Ce concept est un sujet important dans les études biosystématiques (Asem & Rastegar-Pouyani 2007). Selon Manley (1994), si les espèces présentent un dimorphisme sexuel, les analyses morphologiques distinctes pour les individus mâles et femelles doivent être effectuées.

Gajardo et al., (1998) ont étudié six populations du Chili. Ils ont analysé les données combinant à la fois les mâles et les femelles par type de population à laquelle ils appartiennent. Cependant, Camargo et al., (2003) ont étudié la caractérisation morphométrique des populations d'*Artemia franciscana* des Caraïbes colombiennes où ils ont signalé que les caractères morphométriques des mâles séparent les groupes de populations plus clairement que les caractères morphométriques des femelles et que toutes les populations colombiennes étaient correctement positionnées dans le groupe de la côte des Caraïbes et la population de la Bai de San Francisco dans le groupe Nord-Américain, sans chevauchement entre les deux types, comme c'était le cas des femelles.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Camargo et al., (2003) ont identifié une éventuelle barrière géographique, la zone montagneuse de la Sierra Nevada de Santa Marta, qui sépare les deux populations d'artémies colombiennes: les Caraïbes inférieures au Sud et les Caraïbes centrales au Nord. Pour notre étude, les montagnes de l'Atlas Tell (forment une large bande de 80 km à 190 km, le long de la côte méditerranéenne sur près de 1200 km et elles sont formées de chaînes de montagnes) et l'Atlas saharien (est une chaîne de montagnes qui traverse diagonalement l'Algérie de la frontière marocaine jusqu'au Nord-Est algérien. Les périodes d'été sont chauds et secs et les périodes d'hivers sont très froids et humides) présentent une barrière géographique entre la population parthénogénétique (population de Béthioua) et les deux populations bisexuelles (populations d'El Melah et de Timimoune).

Cette différenciation morphométrique entre les trois populations étudiées peut être liée aux conditions environnementales et en particulier météorologique ; où géographiquement, la saline de Béthioua se trouve dans la partie Nord-Ouest de l'Algérie. Cependant, les sebkhas d'El Melah et de Timimoune se trouvent dans la partie Sud-Ouest de l'Algérie. Pour caractériser le climat de chaque région nous avons exploité les données climatiques prévenantes de l'office national de la météorologie (ONM) de chaque mois des 30 dernières années (1990-2020) (Figures 99, 100 et 101).

La ligne rouge continue montre la température maximale moyenne quotidienne pour chaque mois et pour chaque région. De même la ligne bleue continue montre la moyenne de la température minimale quotidienne. Les jours chauds et les nuits froides (lignes bleues et rouges en pointillés) montrent la moyenne de la plus chaude journée et la plus froide nuit de chaque mois des 30 dernières années pour chaque région d'étude.

D'après la Figure 99, pour la région de Béthioua, nous relevons que le mois de Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne maximale quotidienne de 18°C, une température minimale quotidienne de 7°C. La journée la plus chaude présente une température de 25°C et la nuit la plus froide durant ce mois présente une température de 0°C. Cependant, le mois d'Août est le mois le plus chaud avec une température moyenne maximale quotidienne de 36°C, une température minimale quotidienne de 22°C. La journée la plus chaude durant ce mois présente une température de 42°C et la nuit la plus froide présente une température de 18°C.

Pour la région de Timimoune, nous relevons que le mois de Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne maximale quotidienne de 20°C, une température

RESULTATS ET DISCUSSIONS

minimale quotidienne de 4°C. La journée la plus chaude présente une température de 25°C et la nuit la plus froide durant présente une température de 0°C. Par contre, le mois d'Août est le mois le plus chaud avec une température moyenne maximale quotidienne de 45°C, une température minimale quotidienne de 26°C. La journée la plus chaude durant ce mois présente une température de 47°C et la nuit la plus froide présente une température de 22°C (Figure 100).

Pour la région de Kerzaz où la sebkha d'El Melah se trouve, le mois de Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne maximale quotidienne de 19°C, une température minimale quotidienne de 5°C. La journée la plus chaude présente une température de 24°C et la nuit la plus froide durant ce mois présente une température de 0°C. Cependant, le mois de juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne maximale quotidienne de 44°C, une température minimale quotidienne de 26°C. La journée la plus chaude durant ce mois présente une température de 47°C et la nuit la plus froide présente une température de 21°C (Figure 101).

Les données de précipitations des trois régions sont mentionnées dans les figures 99, 100, 101. Pour la région de Béthioua, Novembre est le mois le plus pluvieux avec une moyenne de 43 mm et que Juillet est le mois le moins pluvieux avec une moyenne de 4 mm. Par contre, pour la région de Timimoune, les mois de Mai et d'Octobre sont les mois les plus pluvieux avec une moyenne de 3 mm et qu'aucune précipitation n'est notée durant le mois de Juillet (0 mm). Aussi, pour la région de Kerzaz, Mai, Octobre, Novembre sont les mois les plus pluvieux avec une moyenne de 3 mm. Pas de précipitation durant le mois de Juillet (0 mm) dans la région de Kerzaz.

Les régions de Timimoune et de Kerzaz ont tendance à être sèche, mais la région de Béthioua présente davantage deux périodes, une période humide, s'étend du mois d'octobre jusqu'au mois de Mai et une période sèche, s'étale du mois de Juin au mois de Septembre.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

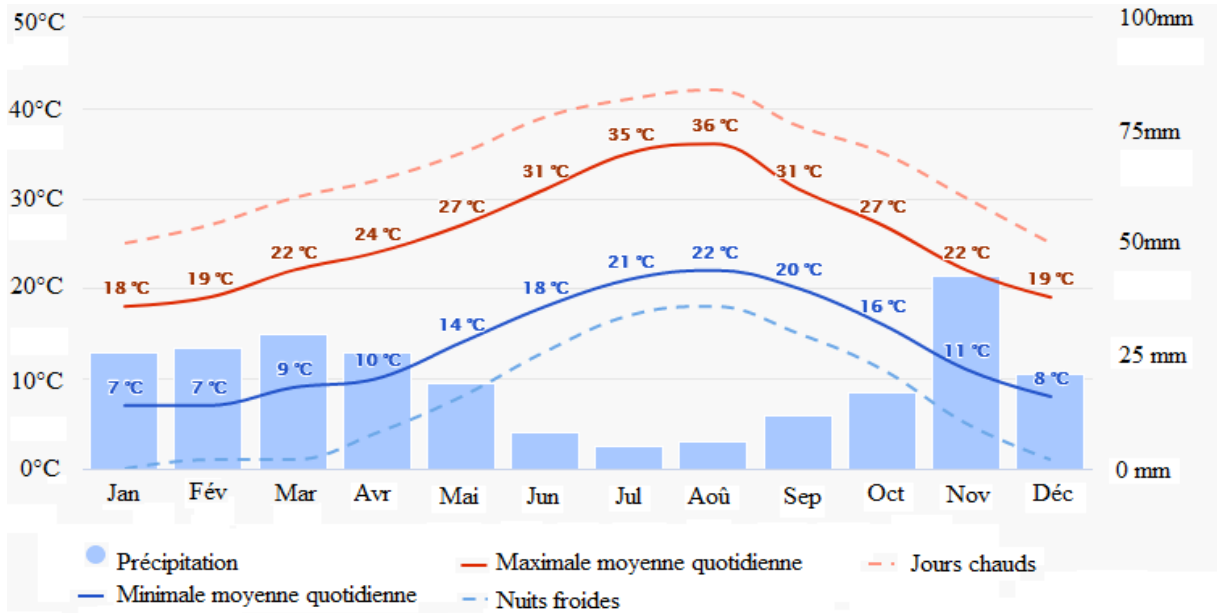


Figure 99. Température et précipitation moyenne de la région de Béthioua durant 30 ans (du 1990 au 2020) (ONM, 2021).

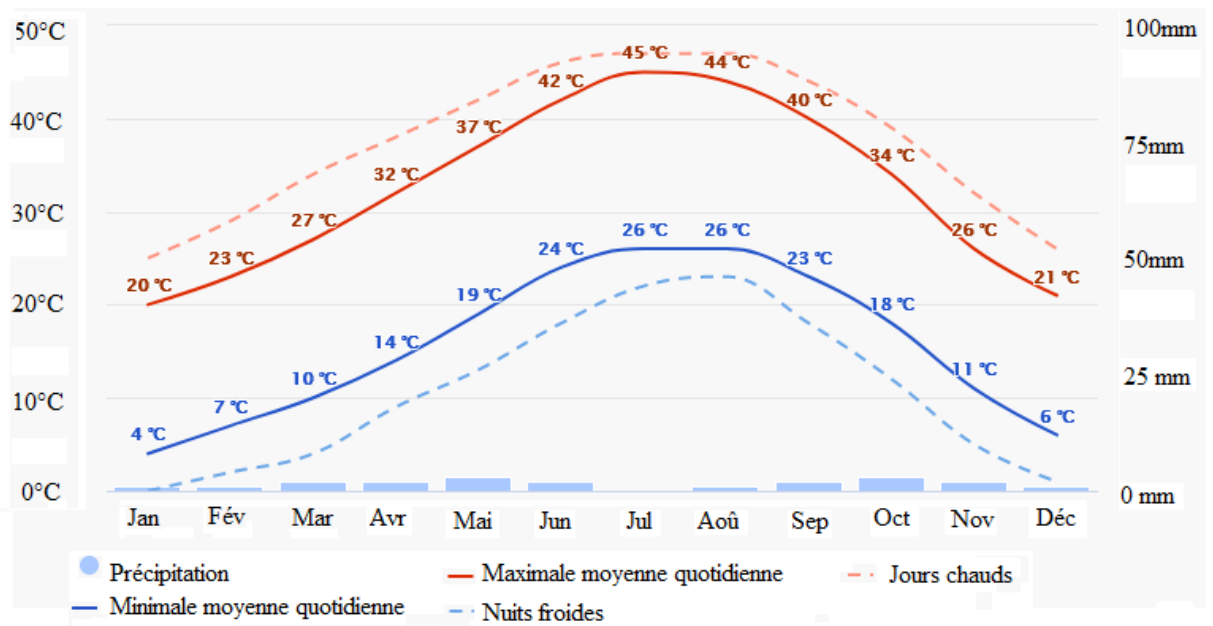


Figure 100. Température et précipitation moyenne de la région de Timimoune durant 30 ans (du 1990 au 2020) (ONM, 2021).

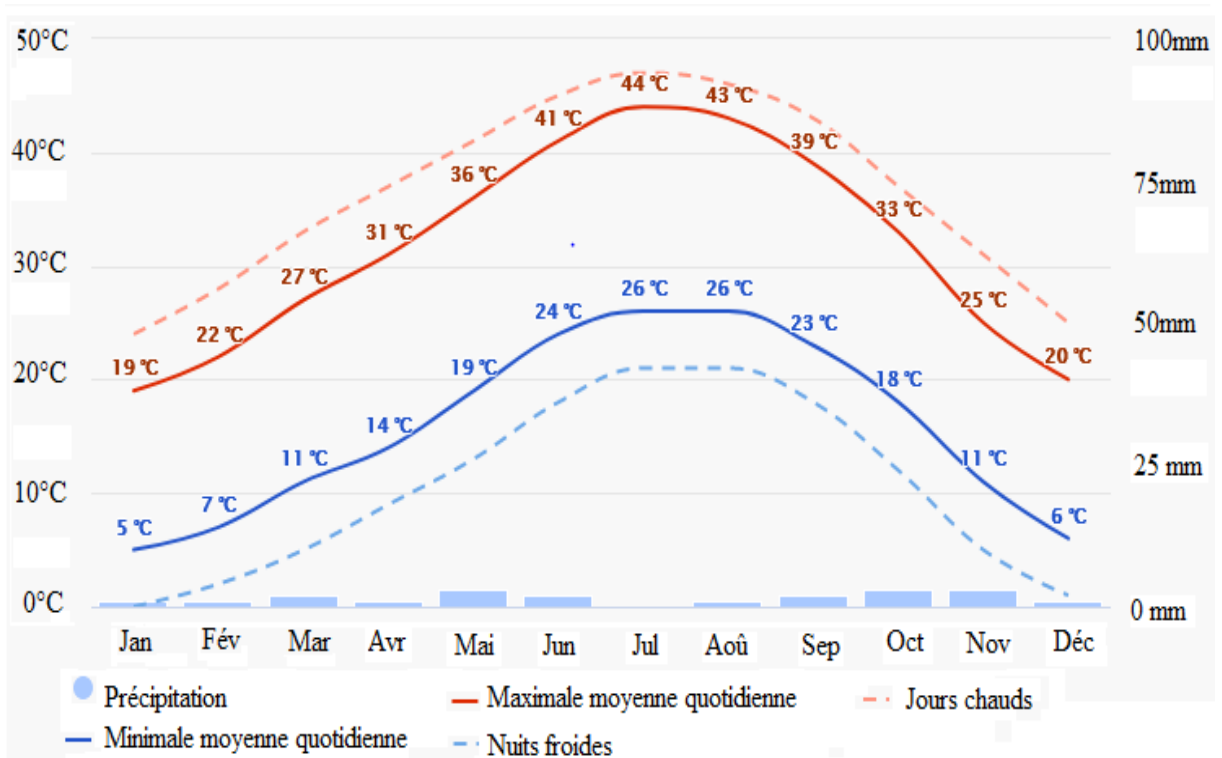


Figure 101. Température et précipitation moyenne de la région de Kerzaz durant 30 ans (du 1990 au 2020) (ONM, 2021).

Selon des études antérieures (Hontoria & Amat, 1992a et b, Pilla & Beardmore, 1994, Triantaphyllidis et al., 1997, Gajardo et al., 1998, Cohen et al., 1999, Camargo et al., 2003, Amat et al., 2005), les échantillons d'*Artémia* ont été récoltés à partir des échantillons cultivés dans les mêmes conditions de laboratoire.

Si on prend en compte que la composition ionique (les sebkhas et les chotts sont caractérisés par des eaux riches en carbonates, en potassium ou en sulfates (Persoone & Sorgeloos, 1980)) de l'habitat de l'*Artémia* peut produire un isolement écologique et peut entraîner des différences morphologiques et biométriques (Bowen et al., 1988; Hontoria & Amat, 1992a).

6. Survie et Croissance

Les populations d'*Artemia salina* présentent un taux de survie important par rapport à la population parthénogénétique. Les valeurs de survie pour les trois populations sont proches au résultat obtenu par d'autres chercheurs. Ce résultat peut être justifié par l'adaptation de ces populations aux conditions extrêmes.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Pour la population de Béthioua, Ghomari (2013) a noté un taux de survie de $35.6 \pm 9,1\%$ pour la souche parthénogénétique diploïde et $29.9 \pm 7,11\%$ pour la souche parthénogénétique tétraploïde élevée à une salinité de 80 PSU (Figure 102). Cependant, Ghomari (2013) a signalé que le taux de survie des populations parthénogénétiques est plus élevé que le taux de survie des populations d'*Artemia salina* qui habitent le même biotope (population d'Ezzamoule ou de Relizane) ou qui sont soumises au même climat (population de Ben Friha (Oran)).

Bennabi et al., (2015) ont travaillé sur l'*Artemia salina* de la sebkha de Béthioua et d'Oued Djemaa (wilaya de Relizane) et ils ont noté des taux de mortalité de 100%, 80%, 100% et 100% respectivement à des salinités de 50 PSU, 75 PSU, 100 PSU et 200 PSU après 25 jours d'élevage sans nourriture. Aussi, Amarouayache & Kara (2017) ont étudié le taux de survie de l'*Artemia salina* du chott Marouane à différentes salinités (40 PSU, 100 PSU et 200 PSU). Ils ont noté un taux de survie de 10% après 29 jours d'élevage à une salinité de 40 PSU, un taux de survie de 12.06 % après 29 jours de culture à une salinité de 100 PSU et un taux de survie de 22.22% après 33 jours d'élevage à une salinité de 200 PSU (Amarouayache & Kara, 2017).

El-Bermawi et al., (2004) ont étudié l'effet de la salinité sur la survie, la croissance et la morphométrie de quatre populations d'*Artémia* égyptiennes (une espèce bisexuelle de Wadi el Natrun et trois espèces parthénogénétiques de Borg El-Arab, El-Max et le lac de Qarun), et ils ont signalé que la population bisexuelle a un taux de survie maximal à 80 PSU.

Triantaphyllidis et al., (1995) ont rapporté que le taux de survie est affecté par la salinité et ils ont enregistré des taux de mortalité élevés (plus de 80% après 23 jours de culture) lorsque les nauplii sont directement transférés vers des salinités élevées (60 PSU, 100 PSU, 140 PSU et surtout 180 PSU). Il est à noter qu'au cours de l'élevage, la salinité a été progressivement augmentée, cela peut conduire à une bonne adaptation de ces populations au milieu d'élevage. Ben Naceur et al., (2008) ont rapporté que les populations d'*Artémia* bisexuelles s'adaptent bien lorsque la salinité augmente progressivement.

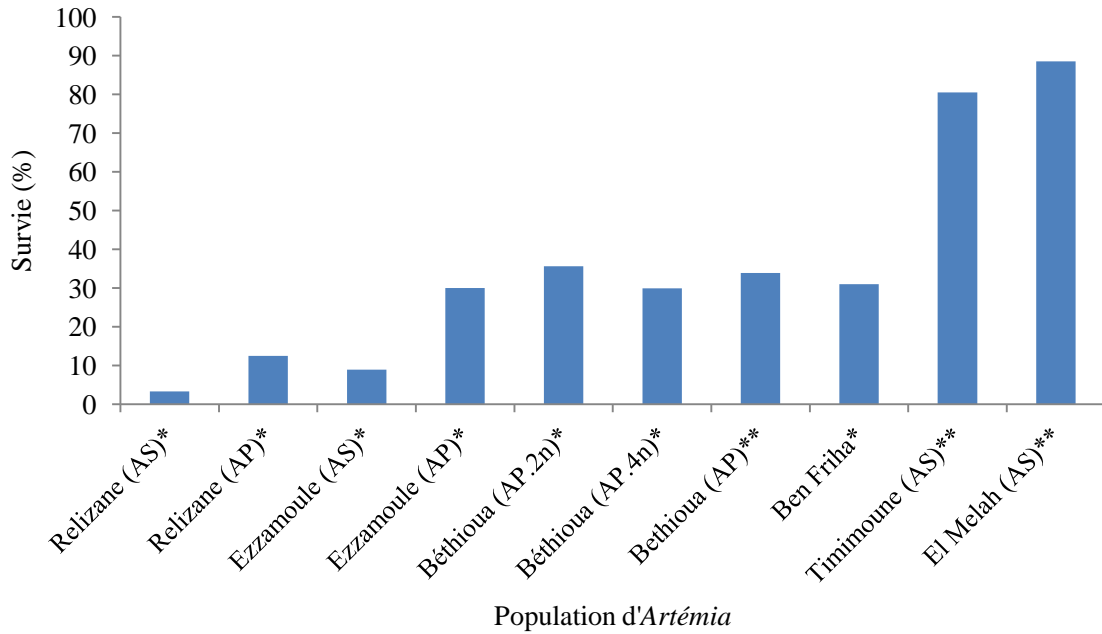


Figure 102. Taux de survie des différentes populations d'Artémia. * : population étudiée par Ghomari en 2013; ** : population de présente étude.

La meilleure valeur de croissance est observée dans la population parthénogénétique de Béthioua qui donne des nauplii de grande taille par rapport aux populations bisexuelles, en se développant ils donnent des adultes plus gros. Les résultats de croissance et de taux de croissance obtenus dans la présente étude sont proches aux résultats d'autres chercheurs algériens.

Van Stappen (1996) a noté que la connaissance de la longueur des nauplii est importante lorsque ces organismes vont être utilisés dans l'alimentation aquacole et il a rapporté que la longueur du premier stade du nauplius (Instar I) est de 0.4 à 0.5 mm.

Amat (1983) a signalé l'existence d'un avantage écologique marqué dans les basses températures et les salinités pour la souche bisexuelle, mais les souches parthénogénétiques sont mieux adaptées aux températures et salinités plus élevées. Les résultats d'Amat et al., (1995) indiquent que la fréquence accrue des polyploïdes dans de nombreuses espèces à des latitudes plus élevées est associée à une plus grande tolérance au stress et à de meilleures capacités de colonisation.

Amarouayache et al., (2007) ont étudié la croissance et la reproduction de la population d'Artémia de la Sebkhia Ez-Zemoul et ils ont signalé un taux de croissance de 0.33

± 0.3 mm/j, un stade juvénile obtenu au bout de 10 jours de culture, une longueur totale des méta-nauplii de 1.73 mm et des pré-adultes de 5.11 mm.

7. Reproduction

La présente étude a permis d'évaluer les principales caractéristiques de reproduction des trois populations d'Artémia. L'analyse statistique des caractéristiques reproductives met évidence une différenciation significative entre les différentes populations d'Artémia, non seulement entre la souche parthénogénétique et les souches bisexuelles, mais aussi entre les populations bisexuelles. La population de Timimoune adopte une meilleure stratégie reposée sur deux points principaux, un effort temporel et un effort sexuel (production des descendants), elle est plus performante, elle atteint la maturité tard et assure plus de descendants pour une longue vie.

L'Artémia présente quelques caractéristiques reproductives très spécifiques qui dépendent de son adaptation aux milieux extrêmes en lui affectant divers degrés de stabilité et d'équilibre, et la nature de ces environnements a fait apparaître chez ce genre une capacité de produire une descendance par oviparisme (cyste) et ovoviviparisme (nauplius), selon les conditions de leur habitat. Dans la présente étude, nous avons noté deux types de reproduction (ovipare et ovovivipare) pour les trois populations. Les femelles des populations de Timimoune et d'El Melah ont été nettement ovipares malgré que les conditions du milieu sont contrôlées durant toute la période de reproduction. Par contre les femelles de la population de Béthioua ont été ovovivipares.

La fécondité des trois populations étudiées est plus importante par rapport à la population d'Ez-Zemoul (13.5 ± 5.12 cystes/portée) étudiée par Amarouayache et al., (2007). Aussi, les trois populations étudiées produisent plus de descendance (nombre total) et de descendance par ponte avec une période post-reproductive plus longue et une période pré-reproductive plus courte par rapport à la population du chott Marouane étudiée par Amarouayache & Kara (2017). Cependant, les résultats de reproduction obtenus pour le nombre de ponte, l'intervalle de temps entre pontes, la période reproductive et la durée de vie, sont proches aux résultats d'Amarouayache & Kara (2017) pour la population du chott Marouane élevée à différentes salinités : 40, 100 et 200 PSU (Figure 103).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Ben Naceur et al., (2008), ont étudié la population de Sijoumi (Tunisie) et ils ont signalé que cette population produit un nombre total de descendants par femelle de 259.3 avec une moyenne de 72 cystes ou nauplii par femelle, un pourcentage de descendants en cystes de 30.55% et de descendants en nauplii de 69.45%. Cependant, le temps entre pontes est de 2 jours à 7 jours avec une moyenne de 5.8 jours et un nombre moyen de ponte par femelle de 3.6 ± 0.7 (Ben Naceur et al., 2008).

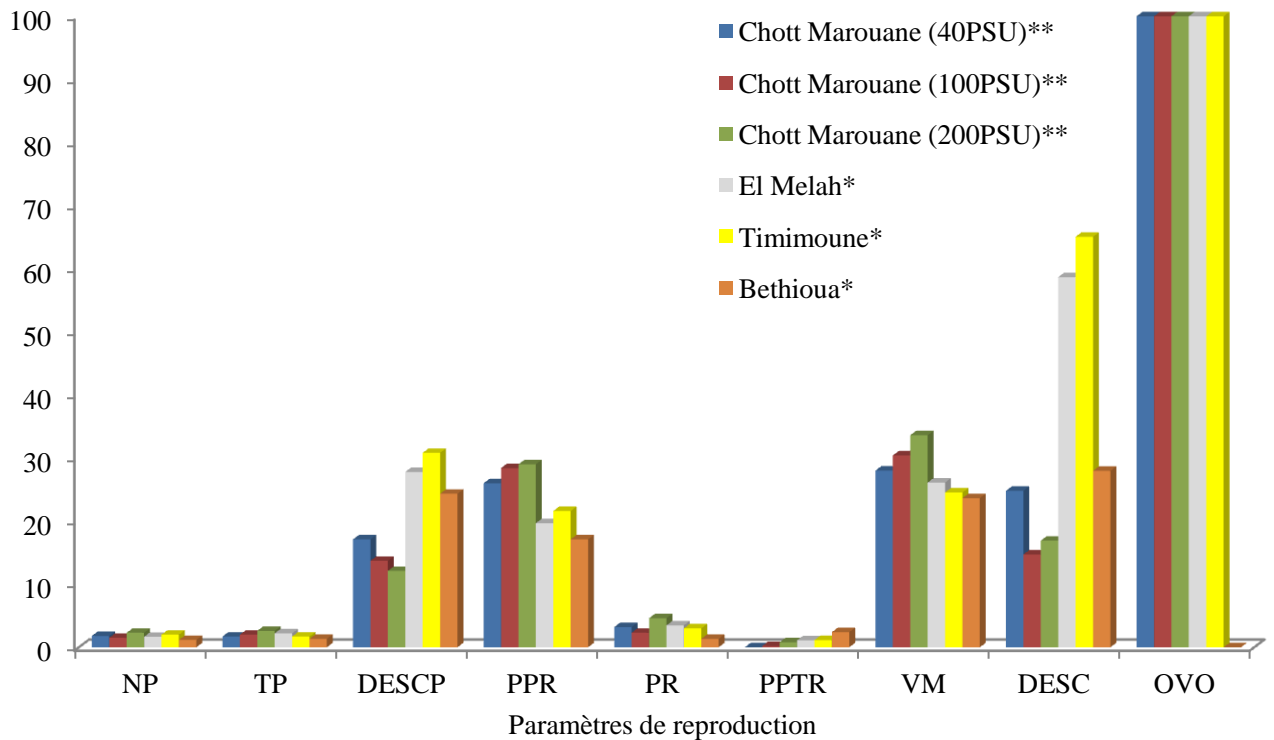


Figure 103. Histogramme représentatif des paramètres de reproductions des différentes populations d'Artémia. * : Présente étude; ** : population du chott Marouane étudiée par Amarouayache & Kara (2017); NP : nombre de ponte; TP : intervalle de temps entre pontes en jour; DESC : nombre de descendance par ponte; PPR : période pré-reproductive en jour; PR : période reproductive en jour; PPTR : période post-reproductive en jour; VM : durée de vie moyenne des femelles en jour; DESC : nombre total de descendants par femelle; OVI : pourcentage de descendants en cystes.

Browne & Wanigasekera (2000) ont indiqué qu'il y avait une interaction significative entre la température et la salinité pour l'étude des caractéristiques de la reproduction où une reproduction maximale a été observée à 24°C et à 120 PSU pour *Artemia parthenogenetica*,

Artemia sinica et *Artemia franciscana*, et à 180 PSU pour *Artemia salina* et *Artemia persimilis* et il n'y avait qu'une seule combinaison Température-Salinité (24°C-120PSU) où toutes les espèces ont achevé leur cycle de vie. Gajardo et al., (2001) ont noté que la variation de la qualité de la progéniture (cystes ou nauplii) reflète l'importance de la stratégie de reproduction d'Artémia, assurant la survie des populations exposées à des conditions instables ou stressantes. Browne et al., (2002) ont noté que les souches qui vivent dans la nature présentent des différences dans les proportions de chaque descendance lorsqu'elles sont en élevage expérimental, ce qui suggère que les différences entre les populations pour ces caractères peuvent avoir une base génétique.

Selon Lenz (1987), les nauplii permettent une croissance rapide de la population alors que l'oviparisme (production des cystes en diapause) assure la survie de la population quand les conditions sont défavorables. Cependant les facteurs qui contrôlent la diapause et l'oviparisme sont encore inconnus (Crowe et al., 1987; Lavens & Sorgellos, 1987, Ghomari, 2013).

Camargo et al., (2004) ont signalé que la reproduction (nombre moyenne de cystes par femelle) en milieu contrôlé (expérience) ne reflète pas le vrai potentiel de reproduction en cystes mais c'est une réponse à une combinaison de certains facteurs comme la salinité, la température, la concentration d'oxygène et les nitrates.

Des corrélations ont été observées entre les paramètres environnementaux et les populations d'Artémia de Sabkhet El Adhibet (Tunisie) où la salinité, la température, l'oxygène dissous et la densité algale présentent des liens significatifs avec la reproduction et le mode de reproduction (Ben naceur et al., 2011).

8. Evaluation de la qualité de l'Artémia (Profil acide gras)

Les valeurs des lipides totaux des cystes décapsulés des populations d'Artémia étudiées se situent dans le même intervalle de concentration que celles rapportés dans la littérature pour d'autres souches et populations. Les différences observées dans les lipides totaux des différentes souches d'Artémia peuvent être dues à leur structure génétique et / ou aux caractéristiques de l'habitat, en particulier la disponibilité et la qualité de l'aliment.

Le rapport 16:0/16:1 pour l'ensemble des populations étudiées (Le rapport 16:0/16:1=2.68 pour la population de Béthioua, le rapport 16: 0/16:1= 3 pour la population d'El Melah et le rapport 16:0/16:1= 2.38 pour la population de Timimoune) confirment

RESULTATS ET DISCUSSIONS

l'appartenance de ces échantillons au type eau douce, ainsi que les valeurs élevées de LNA et les très faibles valeurs EPA.

Les biotopes étudiés dans la présente étude se limitent aux biotopes intérieurs des bassins arides et semi-arides, et ils remplissent également la condition d'être des écosystèmes relativement simples et gérables.

Les cystes du Grand Lac Salé et de la Baie de San Francisco contenaient respectivement 14.7 et 15.7% de lipides (Garcia-Ortega et al., 1998). Ghomari (2013) a trouvé des valeurs comprises entre 19.27% et 24.43% avec une valeur plus élevée pour la population de Béthioua (Figure 104).

Plusieurs chercheurs ont signalé que la diversité de nourriture (micro-algues) joue un rôle majeur dans la variation lipidique (Fujita et al.,1980; Schauer et al.,1980; Léger et al.,1986; Navarro et al.,1992; Mura et al.,1997).

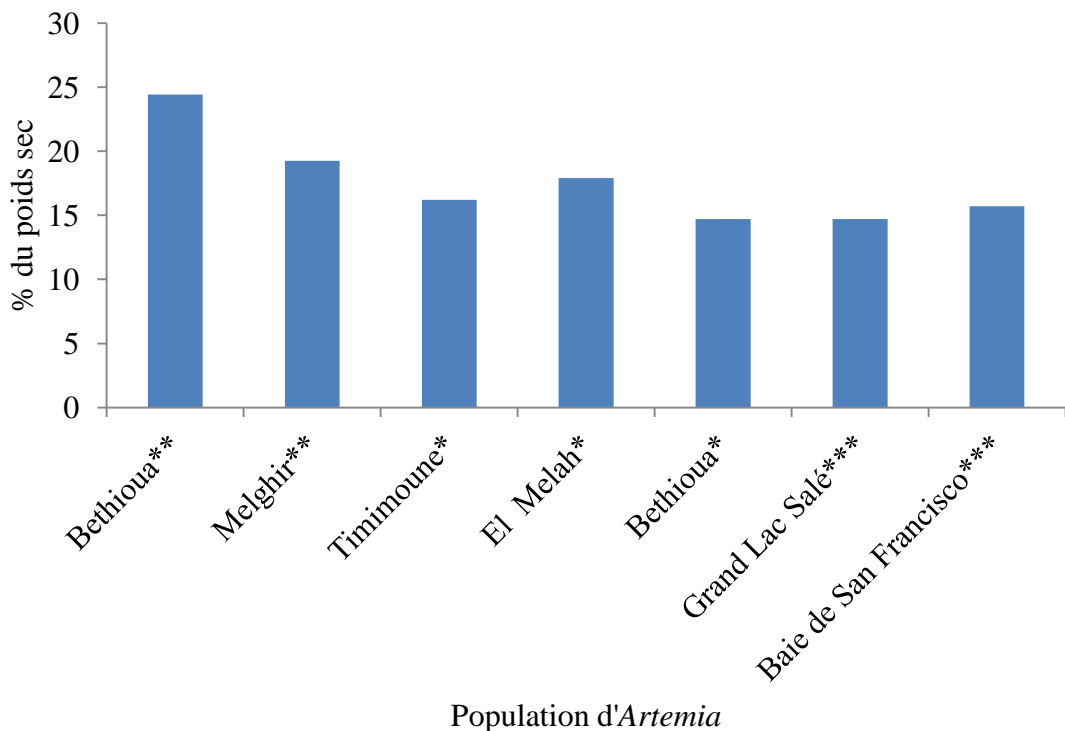


Figure 104. Lipides totaux contenus (% du poids sec) dans différentes populations d'Artémia. * : présente étude; ** : population étudiée par Ghomari (2013); *** : population étudiée par Garcia-Ortega et al., (1998).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'analyse de la teneur des différents acides gras au niveau des cystes d'*Artémia* reste toujours un bon indicateur de la valeur nutritive d'un échantillon d'*Artémia* utilisé pour l'aquaculture (Navarro, 1990).

Navarro et al.,(1992) ont étudié le profil des acides gras de 12 populations d'*Artémia* de différents sites géographiques et ils ont signalé des différences pour la valeur nutritionnelle entre les différentes populations. Le pourcentage des acides gras saturés varie entre 19.5% chez la population de Rolda (Huesca, Espagne) et 25% chez la population de La Trinidad et le pourcentage des acides gras mono-insaturés varie entre 30.6% chez la population de Rolda et 55.8% chez la population de La Mata (Alicante, Espagne). La population de Janubio (Les îles Canaries, Espagne) possède une valeur plus élevée en n-3 HUFA, par contre trois populations (Gerri (Lérida, Espagne), Olmeda (Guadalajara, Espagne) et Imon (Guadalajara, Espagne)) ne contiennent aucune quantité de n-3 HUFA (Navarro et al.,1992).

D'après Watanabe et al., (1978, 1980), l'*Artémia* peut être classé en deux types : *Artémia* riche en acide linoléique 18:3n-3 conseillé pour l'élevage des organismes d'eau douce et l'*Artémia* riche en acide eicosapentaénoïque 20:5n-3 conseillé pour l'élevage des organismes d'eau de mer. En se basant sur ce critère, et du point de vue larviculture, les nauplii obtenus à partir des populations étudiées sont destinés principalement à la culture d'organismes d'eau douce, à moins d'être correctement enrichis avec les acides gras suivants : l'acide eicosapentaénoïque (20:5n-3), acide arachidonique (20: 4n-6) et l'acide docosahexaénoïque (22:6n-3) (Han et al., 2001). Navarro et al., (1992) ont décrit le rapport 16:0/16:1 comme un déterminant du type *Artémia* eau douce ou marine et les populations de type eau douce ayant un rapport plus élevé.

Les catégories d'artémies marines et d'eau douce ont été associées à la géographie des écosystèmes d'origine, au type de saumure et à la qualité spécifique des microalgues de ces biotopes. Navarro et al., (1992) ont signalé que les populations d'artémies des biotopes intérieurs produisent des cystes qui sont plus susceptibles de présenter des teneurs en LNA plus élevées, tandis que les cystes côtiers contiennent cet acide gras en faible quantité ainsi que des niveaux plus élevés d'EPA. L'acide arachidonique (20: 4n-6) peuvent également être associés à des caractéristiques côtières, ainsi qu'à des niveaux de lipides inférieurs (à quelques exceptions près) (Navarro et al., 1992).

Pour les acides gras poly-insaturés chez l'*Artemia*, l'analyse présente une variabilité aussi bien entre espèces qu'au sein de la même espèce d'une année à l'autre et cette

fluctuation est due probablement à la nature de la faune et flore primaire du milieu ingérée par les femelles productrices de cystes (Léger et al., 1986, Navarro et al., 1992).

Mura et al., (1997), ont conclu que les conditions particulières de l'habitat et des facteurs biologiques tels que la nourriture, le sexe et la température ont un impact direct sur le profil d'acides gras de 5 espèces d'Anostracés d'eau douce (*Chirocephalus ruffoi*, *Chirocephalus marchesoni*, *Chirocephalus salinus*, *Chirocephalus diaphanus*, *Chirocephalus kerkyrensis*). La composition en acides gras est également indirectement liée à des conditions qui affectent l'environnement comme la salinité et l'oxygène (Torretera & Dodson 2004).

Kobayashi et al., (2015) ont signalé l'augmentation de la demande des produits aquacoles au cours des années qui viennent (aux années 2030) avec une croissance très rapide pour le tilapia et les crevettes (90%). Aussi ils ont signalé une expansion de l'industrie aquacole surtout en Inde, en Amérique latine, dans les Caraïbes et en Asie du Sud-Est, toutes les principales zones d'élevage de crevettes où l'Artémia est indispensable à la production de post-larves de crevettes (Kobayashi et al., 2015).

Le doublement de la production mondiale aquacole présente des défis techniques majeurs, notamment l'approvisionnement suffisant en Artémia est l'un de ces défis. Selon Litvinenko et al. (2015), la production mondiale totale d'Artémia a été comprise entre 3 000 et 4 000 tonnes par an. Sur ce total, le Grand Lac Salé produit 1 000 à 2 000 tonnes, la Russie produit 550 tonnes, le Kazakhstan produit 20 tonnes, l'Ouzbékistan produit 20 tonnes, la Chine produit 900 tonnes, le Vietnam produit 20 tonnes et d'autres pays (Thaïlande, Argentine, Brésil et autres) produisent environ 60 tonnes supplémentaires (Litvinenko et al., 2015).

La majorité des cystes d'Artémia sont utilisés pour la carcinoculture d'eau douce, pour les crevettes à pattes blanches (*Penaeus vannamei* (Boone, 1931)) et les crevettes géantes tigrées (*Penaeus monodon* (Fabricius, 1798)). Ces dernières sont principalement des mangeurs pélagiques jusqu'au stade PL₂₀ et elles se nourrissent dans la colonne d'eau supérieure. Donc il est difficile de les nourrir avec des aliments secs jusqu'à la récolte.

Qualité physico-chimique de la sebkha de Béthioua

Les résultats obtenus pour les deux populations d'El Melah et de Timimoune concordent avec des résultats trouvés pour d'autres chercheurs algériens dans des régions du Sud (Sahara), contrairement à la population de Béthioua. L'étude de la sebkha de Béthioua

RESULTATS ET DISCUSSIONS

durant la période humide (Février au Avril 2018) a pour objectif d'expliquer le changement du profil d'acide gras du type marin au type eau douce. Les résultats obtenus dans la présente étude fournissent des informations fondamentales sur les facteurs écologiques et biologiques, y compris la population d'Artémia. Cet organisme semblait être lié à plusieurs facteurs environnementaux variant dans cette sebkha. L'analyse met en évidence que la distribution du phytoplancton est principalement liée à des facteurs environnementaux. D'autres facteurs sont associés au phytoplancton comme la quantité des pigments chlorophylliens (a et c) et caroténoïdes.

Aussi, la sebkha de Béthioua abrite différents groupes du phytoplancton et les résultats obtenus dans le présent travail pour le profil en acides gras peuvent être expliqué par l'abondance des chlorophycées et des diatomées par rapport aux dinoflagellés dans l'eau de la sebkha de Béthioua, ces derniers constituent une nourriture pour l'Artémia.

Ghomari (2013) a signalé que les cystes de Béthioua et Relizane (Ouest de l'Algérie) et El Goléa (Sud de l'Algérie) étaient du type marin avec un pourcentage relativement élevé d'acide eicosapentaénoïque et un faible pourcentage d'acide linoléinique, bien que ces populations se trouvent dans des biotopes intérieurs. Cependant, les populations d'Adrar et de Melghir (Sud de l'Algérie) présentaient un profil de type eau douce avec un pourcentage de LNA élevé et un pourcentage d'EPA faible (Tableau 31).

Tableau 31. Le rapport 16:0/16:1 pour les populations algériennes. * : présente étude; ** : population étudiée par Ghomari (2013).

Population	16:0/16:1
Adrar**	2.7
Melghir **	2.75
Béthioua**	0.72
Rélizane**	0.7
El Goléa**	0.78
Timimoune*	2.38
Béthioua**	2.68
El Melah*	3
Ezzamoule**	1.19

RESULTATS ET DISCUSSIONS

En effet, les facteurs climatiques, physiques, chimiques et biologiques déterminent la diversité phytoplanctonique dans le milieu (Williams, 1998). Ces facteurs jouent le rôle d'un filtre écologique qui permet à certaines espèces de se développer dans leur environnement (Weiher & Keddy, 1995; Poff, 1997).

Plusieurs auteurs (Pedrós-Alió et al., 2000; Oren, 2002; Ayadi et al., 2004), ont mis en évidence l'influence de l'hydrologie des écosystèmes hypersalins, en particulier la salinité et la température sur la richesse et la densité des espèces phytoplanctoniques.

La composition du phytoplancton au niveau de la sebkha de Béthioua ressemble à celle des milieux hypersalins méditerranéens où les Chlorophycées constituent le groupe dominant (Abid et al., 2008; Khemakhem et al., 2010; Khemakhem et al., 2013).

Selon Ston et al., (2002), la croissance des algues nécessite certaines conditions préalables: des nutriments en abondance, et des conditions hydrologiques et lumineuses favorables au développement. La température est l'un des paramètres écologiques les plus importants qui influencent la croissance et l'activité biologique des cellules planctoniques (Ston et al., 2002).

En ce qui concerne le changement radical du profil des acides gras du type eau de mer au type eau douce, Volkman et al., (1989), Scribe et al., (1991) et Viso & Marty (1993) ont noté que la composition en acides gras des Chlorophytes (classe des chlorophycées,...) se caractérise par de fortes proportions d'AGPI à 16 et 18 atomes de carbone des séries n-3 et n-6 ainsi que par l'absence d'AGPI à 20 et 22 carbones.

Sargent et al., (1988) ont noté que les acides gras sont des biomarqueurs de composants chimiques d'organismes qui peuvent être analysés directement à partir du milieu naturel et, peuvent être interprétés à la fois quantitativement et qualitativement en matière de biomasse in situ. Certains acides gras, ou des groupes d'entre eux, sont associés à certaines classes d'algues, et peuvent donc être utilisés comme biomarqueurs pour ces classes d'algues dont la présence (diversité) et la croissance peuvent à leur tour varier en fonction des caractéristiques du milieu dans lequel elles se trouvent (Ruiz et al., 2007).

Lavens et al., (1989) ont signalé qu'il était possible de manipuler le profil d'acide gras des cystes et des nauplii produits dans un système de culture intensive par addition ou substitution de microalgues.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

De plus, Ruiz et al., (2007) ont constaté que les populations d'Argentine de l'intérieur du pays *Artemia franciscana* (les lagunes de Mar Chiquita et Las Tunas) présentaient des profils du type marin, tandis que la plupart des populations d'*Artemia persimilis* trouvées dans des habitats de nature similaire (Argentine) avaient des profils de type d'eau douce, donc une influence génétique sur le profil des acides gras ne peut être ignorée (Ruiz et al., 2007).

Aussi, Jónasdóttir (2019) a signalé que la proportion la plus élevée d'acides gras polyinsaturés se trouve dans l'embranchement des Chlorophyta (dont on trouve la classe des chlorophycées) et la plus faible teneur en acides gras-polyinsaturés se trouve dans les diatomées. Les chlorophytes contiennent 12 à 28% de leurs acides gras sous forme d'acides gras en C16. Les acides gras en C18 représentent 35 à 43% du total des acides gras, et l'ensemble des groupes des chlorophytes ont une proportion élevée d'acides gras 18: 3n-3. Le groupe acide gras C16 est un biomarqueur pour les diatomées riches en silice (> 40%), en particulier les 16: 1n-7, tout en ayant de faibles niveaux d'acides gras C18. En revanche, les dinoflagellés sont riches (20%) en acides gras C18, ou 22: 6n-3 (DHA) et 18: 5n-3 sont les acides gras biomarqueurs pour ce groupe avec une faible contribution de 18:5n-3 et une teneur importante en 20: 5n-3 (Jónasdóttir, 2019). Suite à la classification de Watanabe et al., (1978) qui ont divisé les cystes d'Artémia en 2 catégories en fonction de leurs profils d'acides gras, on trouve l'Artémia de type eau douce, avec une forte concentration d'acide linoléique (LNA, 18:3n-3) et une faible concentration d'acide eicosapentaénoïque (EPA, 20:5n-3).

Conclusion

Conclusion et perspectives

Le développement du secteur de l'aquaculture dans le monde demande une quantité importante de nourriture vivante de qualité notamment pour les jeunes larves de poissons et de crustacés. La facilité de culture des artémies et l'existence, dans leur cycle de vie, d'une forme de conservation (cystes), avec une valeur nutritionnelle importante et la facilité d'obtention des nauplii, permettent une grande souplesse d'utilisation et expliquent le fait que le nauplius de l'Artémia présente une proie modèle pour être utilisée en élevage larvaire. Cependant les problèmes correspondant à l'approvisionnement en cystes d'Artémia enregistrés ces dernières années, le prix élevé et la baisse de la qualité des cystes ont fait appel à la nécessité de recenser toutes les populations naturelles de l'Artémia existantes.

En Algérie, l'aquaculture a évolué en passant par une activité de peuplement et de repeuplement des plans d'eau naturels et artificiels vers une activité d'élevage au sens propre du terme. Notre travail s'inscrit et répond à la stratégie recommandée par les différents experts de la FAO (2018) qui ont suggéré d'établir un programme d'échantillonnage des espèces d'Artémia présentes dans les différents chotts et sebkhas algériens pour décrire les cycles de reproduction et évaluer la qualité des cystes. Cela permettra de vérifier la faisabilité de l'exploitation, et si possible, de mettre en place un programme d'exploitation.

En effet, le profil biométrique des cystes des populations algériennes présente une variabilité entre les différentes populations d'Artémia étudiées. Les souches bisexuées possèdent un diamètre plus petit et une petite enveloppe tertiaire comparés à ceux provenant de la population parthénogénétique. En effet, l'analyse des résultats actuels indique que l'intervalle de diamètre des cystes des populations étudiées est différent par rapport aux autres populations d'Artémia, mais il se retrouve bien dans les intervalles internationaux de diamètre des cystes établis par Léger et al., (1986). De plus, les trois populations étudiées ont un grand diamètre de cystes hydratés et décapsulés. C'est une caractéristique importante en aquaculture, car les cystes les plus volumineux donnent naissance à des nauplii avec une taille importante et un contenu énergétique important. Ces derniers présentent un potentiel aquacole.

Les paramètres d'éclosion varient d'une population à une autre. La décapsulation améliore la qualité d'éclosion, du moment que peu d'énergie est nécessaire pour la rupture du chorion. La population parthénogénétique de Béthioua présente des cystes proche à celui des populations commerciales par rapport aux autres populations étudiées.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La taille des nauplii des différentes populations algériennes étudiées se situe bien entre celle de l'espèce de la baie de San Francisco (428 μm) et celle de Grand Lac Salé (482 μm). Ce résultat laisse présumer que du point de vue taille, les nauplii des populations algériennes pourraient être utilisés pour les larves de crustacés, et également pour nourrir les alevins de poissons qui possèdent une grande bouche ou, qui sont à un stade de développement plus avancé. De plus, les nauplii de grande taille offrent plus d'énergie pour un même effort de capture développé par le prédateur, quand la taille de la bouche le permet. En matière de biométrie des nauplii, ces derniers présentent un potentiel aquacole à orienter vers la carcinoculture.

De plus, dans ce travail, une première identification taxonomique de deux nouvelles souches d'*Artémia* collectée au niveau d'El Melah (Wilaya de Béchar) et de Timimoune (Wilaya de Timimoune) a été réalisée et comparée à la population parthénogénétique de Béthioua. Les trois populations d'*Artémia* étudiées sont caractérisées morphologiquement. Les populations de Timimoune et d'El Melah présentent une fourche bilobée avec l'absence de constriction à sa base, les lobes frontaux des antennes des mâles sont d'une forme subcônique, le sac ovigère est arrondi à ses extrémités. Sur la base de ces critères, les deux populations (Timimoun et El Melah) appartiennent à l'espèce *Artemia salina*. Par contre la population de Béthioua est une population parthénogénétique diploïde et tétraploïde où des protubérances accentuées sont présentes au niveau des deux côtés du thorax, juste entre l'insertion de la marge antérieure du sac ovigère et la base de la 11^{ème} paire de phyllopes.

Les trois populations étudiées et cultivées dans des conditions standard de laboratoire présentent des différences significatives dans leurs caractéristiques morphologiques. Malgré la large distribution géographique de l'*Artémia*, les populations de cette dernière sont isolées les unes des autres. Cet isolement peut entraîner des différences marquées entre les populations, même si elles sont séparées par des distances relativement courtes.

D'une manière générale, la biodiversité des populations d'*Artémia* algériennes étudiées est identique à celle rencontrée en Algérie et dans le reste des pays de méditerranée occidentale.

Plusieurs paramètres peuvent affecter significativement la survie. Dans la présente étude la température a été fixée dans la plage optimale de 24°C afin d'éliminer son effet sur le cycle de vie et la salinité a été manipulée afin de maîtriser l'élevage, de minimiser en maximum la mortalité et d'obtenir un taux de croissance important.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La survie des trois populations étudiées régresse avec l'augmentation de la salinité et l'analyse de régression linéaire a montré une forte corrélation entre la survie des différentes populations d'Artémia et la salinité. De plus, les populations bisexuelles présentent un taux de survie important par rapport à la population parthénogénétique de Béthioua.

La connaissance du taux de croissance de différentes espèces d'*Artemia* cultivées à la même température, salinité et type d'aliment, est d'une grande importance pour comprendre le développement de la croissance. Il y a peu d'informations concernant les réponses au taux de croissance pour les populations d'artémies. Ces informations sont précieuses pour faire des prédictions sur la taille d'Artémia et la production de biomasse de différentes populations d'Artémia pour une application commerciale dans l'industrie aquacole

Le présent travail sur les différentes populations d'Artémia montre des différences dans les caractéristiques de survie, de croissance et de reproduction confirment les résultats de plusieurs chercheurs. Le taux de survie et la croissance de l'Artémia sont affectés par la salinité et chaque population a une réponse différente à la concentration de la salinité dans le milieu d'élevage. Dans ce cas, la salinité a été maintenue à 80 PSU pendant l'expérience de reproduction pour éliminer cette variable physico-chimique dans les valeurs de reproduction de chaque population.

L'Artémia peut adopter un certain nombre de stratégies, elle peut se reproduire sexuellement ou asexuellement, en présentant différents caractères de reproduction. Parmi les trois populations, la population de Timimoune adopte une meilleure stratégie basée sur deux points principaux, un effort temporel et un effort sexuel, elle est plus performante, elle atteint la maturité tardivement et assure plus de descendants avec une longue vie.

La composition nutritionnelle est un élément clé qui détermine la qualité des souches d'Artémia. Le profil des acides gras des trois populations étudiées présente une variabilité entre les différentes populations avec des niveaux élevés en acide linoléique et elles sont appropriées pour l'aquaculture d'eau douce.

Suite à la comparaison des résultats obtenus dans la présente étude pour la population de Béthioua avec les résultats de Ghomari (2013), on peut conclure que la composition en acides gras dans les cystes d'Artémia peut varier du type marin au type d'eau douce, ou vice versa selon la composition du milieu en phytoplancton qui constitue l'aliment de l'Artémia.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Exploitation des ressources d'Artémia en Algérie devra devenir une activité importante et nécessaire et la mise en évidence de différentes sources d'approvisionnement permettra de pérenniser cette future activité et l'étude réalisée devraient à terme permettre une exploitation aquacole et limiter le coût élevé de cette ressource importée afin de réussir l'activité aquacole dans le pays.

Les résultats de ce travail nous ont permis d'évaluer les ressources d'Artémia au niveau de 3 sebkhas : Béthioua (W.Oran), d'El Melah (W.Béchar) et Timimoune (W. Timimoune) en identifiant les différentes souches et en caractérisant l'efficacité de ces souches en matière de biométrie, paramètre d'éclosion, dynamique et valeur nutritionnelle. Les connaissances exactes de ces caractéristiques révèlent le potentiel d'exploitation que représentent les souches existantes en Algérie.

Cependant, pour un développement durable de l'aquaculture en Algérie qui repose sur l'utilisation durable des ressources, des efforts d'échantillonnages supplémentaires sont nécessaires afin de compléter ces travaux et de vérifier la présence ou l'absence des espèces exotiques compétitives.

Une étude approfondie doit être menée en utilisant des approches moléculaires afin de confirmer les souches trouvées.

Des études complémentaires sont à envisager pour étudier le milieu et l'Artémia durant chaque période (humide et sèche) afin de confirmer et d'identifier le type d'Artémia pour une meilleure exploitation.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- Abatzopoulos, T. J., Kastritsis, C. D., & Triantaphyllidis, C. D. (1986). A study of karyotypes and heterochromatic associations in *Artemia*, with special reference to two N. Greek populations. *Genetica*, 71(1), 3-10.
- Abatzopoulos, T. J., Triantaphyllidis, C. D., & Kastritsis, C. D. (1987). Preliminary studies on some *Artemia* populations from northern Greece. *Artemia research and its applications*, 1, 107-114.
- Abatzopoulos, T. J., Zhang, B., & Sorgeloos, P. (1998). *Artemia tibetiana*: preliminary characterization of a new *Artemia* species found in Tibet (People's Republic of China). International Study on *Artemia*. LIX. *International journal of salt lake research*, 7(1), 41-44.
- Abatzopoulos, T. J., Baxevanis, A. D., Triantaphyllidis, G. V., Criel, G., Pador, E. L., Van Stappen, G., & Sorgeloos, P. (2006). Quality evaluation of *Artemia urmiana* Günther (Urmia Lake, Iran) with special emphasis on its particular cyst characteristics (International Study on *Artemia* LXIX). *Aquaculture*, 254(1-4), 442-454.
- Abatzopoulos, T. J., Amat, F., Baxevanis, A. D., Belmonte, G., Hontoria, F., Maniatsi, S., Moscatello, S., Mura, G., & Shadrin, N. V. (2009). Updating geographic distribution of *Artemia urmiana* Günther, 1890 (Branchiopoda: Anostraca) in Europe: an integrated and interdisciplinary approach. *International Review of Hydrobiology*, 94(5), 560-579.
- Abaychi, J. K., & Riley, J. P. (1979). The determination of phytoplankton pigments by high-performance liquid chromatography. *Analytica Chimica Acta*, 107, 1-11.
- Abid, O., Sellami-Kammoun, A., Ayadi, H., Drira, Z., Bouain, A., & Aleya, L. (2008). Biochemical adaptation of phytoplankton to salinity and nutrient gradients in a coastal solar saltern, Tunisia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 80(3), 391-400.
- Abonyi, A. (1915). Experimentelle Daten zum Erkennen der *Artemia*-Gattung. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, 114, 95-168.
- Ackman, R. G. (1989). Nutritional composition of fats in seafoods. *Progress in food & nutrition science*, 13(3-4), 161-289.
- Akodogbo, H. H., Agadjihouèdè, H., Bonou, C. A., & Fiogbé, E. D. (2015). Production du zooplancton à partir des déjections animales et son importance dans la vie des larves de poisson: Synthèse bibliographique. *Annales des Sciences Agronomiques*, 19(1), 97-113.
- Aloui, N. (2003). Bio-écologie de l'Artémia: *Artemia salina* (Branchiopodes, Anostracés) et optimisation des conditions de sa production en Tunisie (Doctoral dissertation, Ph. D. Thesis, Université de Tunis El Manar, Faculté des Sciences de Tunis). 300 pp.
- Alvarez, Z., & Sanchez, R. (1994). Evaluacion de la calidad de la cepa de *Artemia* las Cumaraguas, Paraguaná, Venezuela. *Ciencias Marinas*, 20(3), 287-299.
- Amarouayache, M., Derbal, F., & Kara, M. H. (2004). Observations sur *Artemia* sp dans la Sebkha Ez-Zemoul (Aïn Mlila, Algérie Nord-Est). *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*, 37, 472.
- Amarouayache, M., Derbal, F., & Kara, M. H. (2007). Croissance et reproduction d'*Artemia* sp de la Sebkha Ez-Zemoul (Algérie, Nord-Est) dans les conditions d'élevage. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*, 38, 411.
- Amarouayache, M. (2009). L'Artémia dans les Chotts et les Sebkhas du Nord-est de l'Algérie: recherches sur les populations du Chott Marouane et de la Sebkha Ez-Zemoul. Doctorat thesis, Badji-Mokhtar university, Annaba, Algeria. 120pp.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amarouayache, M., Derbal, F., & Kara, M. H. (2009a). Biological data on *Artemia salina* (Branchiopoda, Anostraca) from Chott Marouane (northeast Algeria). *Crustaceana*, 82(8), 997.
- Amarouayache, M., Derbal, F., & Kara, M. (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.
- Amarouayache, M., Derbal, F., & Kara, M. H. (2010). Caractéristiques écologiques et biologiques d'*Artemia salina* (Crustacé, Anostracé) de la sebkha Ez-Zemoul, Algérie Nord-est. *Revue d'écologie*, 65, 129-138.
- Amarouayache, M., & Kara, M. H. (2010). Qualité et biomasse exploitable d'*Artemia Salina* (Crustacé, Anostracé) du Chott Marouane (Nord-Est, Algérie). *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 21, 29-39.
- Amarouayache, M., Derbal, F., & Kara, M. H. (2012). Note on the carcinological fauna associated with *Artemia salina* (Branchiopoda, Anostraca) from Sebkhha Ez-Zemoul (northeast Algeria). *Crustaceana*, 85(2), 129.
- Amarouayache, M., & Kara, M. H. (2015). Quality evaluation of a new strain of *Artemia* from Sebkhha Ez-Zemoul, Algeria: biometry, hatching and fatty acid composition. *Vie et Milieu-Life and Environment*, 65(4), 211-217.
- Amarouayache, M., Cakmak, Y. S., Asan-Ozusaglam, M., & Amorouayeche, A. (2017). Fatty acid composition of five Algerian bisexual and parthenogenetic strains of *Artemia* (Anostraca, Crustacea) and their antimicrobial activity. *Aquaculture International*, 25(4), 1555-1568.
- Amarouayache, M., & Kara, M. H. (2017). Aspects of life history of *Artemia salina* (Crustacea, Branchiopoda) from Algeria reared in different conditions of salinity. *Vie et milieu-life and environment*, 67(1), 15-20.
- Amat, F., (1979). Differentiation y distribution de las poblaciones *Artemia* (Crustaeo Branquípodo) de Espana. Ph.D. Thesis. Universidad de Barcelona. Spain. 251pp.
- Amat, F. (1980a). Differentiation in *Artemia* strains from Spain. *The brine shrimp Artemia*, 1, 19-39. G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels yE.Jaspers (Eds.). Universa Press Wetteren, Belgium. 345 pp.
- Amat, F. (1980b). Diferenciación y distribución de las poblaciones de *Artemia* (Crustáceo, Branquiópodo) de España. II. Incidencia de la salinidad en la morfología y desarrollo. *Investigación Pesquera*, 44, 485-503.
- Amat, F. (1982). Diferenciación y distribución de las poblaciones de *Artemia* (Crustáceo Branquiópodo) de España. III. Oviparismo y ovoviviparismo. Estudio cualitativo y cuantitativo. *Investigacion pesquera*, 46, 3-13.
- Amat, F. (1983). Zygogenetic and parthenogenetic *Artemia* in Cadiz sea-side salterns. *Marine ecology progress series*. 13(2), 291-293.
- Amat, F. (1985). Biología de *Artemia*. *Informes Técnicos del Instituto de Investigaciones Pesqueras*, 126(127), 1-60.
- Amat, F., Gozalbo, A., Navarro, J. C., Hontoria, F., & Varó, I. (1991). Some aspects of *Artemia* biology affected by cestode parasitism. *Hydrobiologia*, 212, 39-44.
- 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(2), 175-190.
- Amat, F., Cohen, R. G., Hontoria, F., & Navarro, J. C. (2004). Further evidence and characterization of *Artemia franciscana* (Kellogg, 1906) populations in Argentina. *Journal of Biogeography*, 31(11), 1735-1749.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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.
- Aminot, A., & Chaussepied, M. (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin Centre national pour l'exploitation des océans. Editions Jouve, Paris. 395pp.
- Arendt, K. E., Jónasdóttir, S. H., Hansen, P. J., & Gärtner, S. (2005). Effects of dietary fatty acids on the reproductive success of the calanoid copepod *Temora longicornis*. *Marine Biology*, 146(3), 513-530.
- Armstrong, D. A. (1979). Nitrogen toxicity to crustacea and aspects of its dynamics in culture systems. In Proceedings of the Second Biennial Crustacean Health Workshop. Texas A & M University Sea Grant Report TAMU-SC-79-114, 329-360.
- Artom, C. (1931). L'origine e l'evoluzione della partenogenesi attraverso i differenti biotipi di una specie collettiva (*Artemia salina* L.) con speciale riferimento al biotipo diploide partenogenetico di Sète. Tip. del Senato. *Memoire della Reale Accademia D'Italia, Classe di scienze, matematiche e naturali*, 2(B. 1), 1-57.
- Arts, M. T., & Kohler, C. C. (2009). Health and condition in fish: the influence of lipids on membrane competency and immune response. In: Kainz M., Brett M., Arts M. (eds) *Lipids in Aquatic Ecosystems*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-0-387-89366-2_10
- Asem, A., & Rastegar-Pouyani, N. (2007). Sexual Dimorphism in *Artemia urmiana* Günther, 1899 (Anostraca: Artemiidae) from the Urmia Lake, West Azerbaijan, Iran. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6(12), 1409-1415.
- Asem, A. (2008). Historical record on brine shrimp *Artemia* more than one thousand years ago from Urmia Lake, Iran. *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 9, 113-114.
- Ayadi, H., Abid, O., Elloumi, J., Bouaïn, A., & Sime-Ngando, T. (2004). Structure of the phytoplankton communities in two lagoons of different salinity in the Sfax saltern (Tunisia). *Journal of plankton research*, 26(6), 669-679.
- Bahr, A.S., Isoni, W., & Maulida, B. (2021). Hatching and harvesting techniques for *Artemia* cysts with different effects of salinity in the district of Situbondo, East Java. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 718, 012037.
- Barata, C., Hontoria, F., & Amat, F. (1995). Life history, resting egg formation, and hatching may explain the temporal-geographical distribution of *Artemia* strains in the Mediterranean basin. In: Belk D., Dumont H.J., Maier G. (eds) *Studies on Large Branchiopod Biology and Aquaculture II. Developments in Hydrobiology*, 103. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0291-9_28.
- Barata, C., Hontoria, F., Amat, F., & Browne, R. (1996). Demographic parameters of sexual and parthenogenetic *Artemia*: temperature and strain effects. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 196(1-2), 329-340.
- Barigozzi, C. (1980). Genus *Artemia*: problems of systematics. The brine shrimp *Artemia*, 1. Universa Press, Wetteren, Belgium, 147-153.
- Beck, A.D., Bengtson, D.A., & Howell, W.H., (1980). ISA. V. Nutritional value of five geographical strains of *Artemia*: effects on survival and growth of larval Atlantic silverside *Menidia menidia*: 249-259. In: *171e Brine Shrimp Artemia*. Vol. 3. G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Rads y E. Jaspers (Eds.). Universa Press. Wetteren, Belgium. 456 pp.
- Beck, A. D., & Bengtson, D. A. (1982). International Study on *Artemia* XXII: nutrition in aquatic toxicology diet quality of geographical strains of the brine shrimp, *Artemia*. In *Aquatic Toxicology and Hazard Assessment*. ASTM International, 161-169.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Beladjal, L., Mertens, J., & Dumont, H. J. (1995). An analysis of the setation pattern of the limbs in Anostraca (Crustacea); using the Algerian species as an example. In *Studies on Large Branchiopod Biology and Aquaculture II*. Springer, Dordrecht. 183-201.
- Ben Naceur, H., Jenhani, A. B. R., El Cafsi, M., & Romdhane, M. S. (2008). Determination of biological characteristics of *Artemia salina* (Crustacea: Anostraca) population from Sabkhet Sijoumi (NE Tunisia). *Transitional Waters Bulletin*, 3, 65-74.
- Ben Naceur, H., Ben Rejeb, A., & Romdhane, M. S. (2011). Influence of environmental factors on the life cycle and morphology of *Artemia salina* (Crustacea: Anostraca) in Sabkhet El Adhibet (SE Tunisia). *Biological lett*, 48(1), 67-83.
- Bengtson, D. A., Léger, P., & Sorgeloos, P. (1991). Use of *Artemia* as a food source for aquaculture. *Artemia biology*, 11, 255-285.
- Bennabi, F., Meddah, M. B., Toumi, F., Hamel, L., Megharbi, A., Koudache, F., & Ghomari, S. (2015). Etude éco-biologique d'*Artémia salina* des zones humides de l'Ouest Algérien. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 11(2), 97-106.
- Blanchard, R., & Richard, J. (1890). Sur les Crustacés des Sebchas et des Chotts d'Algérie. *Bull. Soc. Zool. France*, 45,136-138.
- Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian journal of biochemistry and physiology*, 37(8), 911-917.
- Boëchat, I. G., & Adrian, R. (2006). Evidence for biochemical limitation of population growth and reproduction of the rotifer *Keratella quadrata* fed with freshwater protists. *Journal of plankton research*, 28(11), 1027-1038.
- Bossuyt, E., & Sorgeloos, P. (1980). Technological aspects of the batch culturing of *Artemia* in high densities. *Brine Shrimp Artemia: Ecol, Cult, Use Aquacult*. In: Persoone, G., P. Sorgeloos., O.A. Roels., E. Jaspers (eds). Univ. Press. Wett. Belgium., 3,133-152.
- Botnariuc, N., & Orghidan, T. (1953). *Crustacea: Phyllopora*. Editura Academiei Republicii Populare Române.
- Bowen, S. T., Buoncristiani, M. R., & Carl, J. R. (1988). *Artemia* habitats: ion Concentrations tolerated by one superspecies. *Hydrobiologia*, 158,201-214.
- Braun, J. G. (1980). The feeding of *Artemia* on *Phaeodactylum tricornutum*. The brine shrimp *Artemia*, 2,10-11.
- Brett, M. T., Müller-Navarra, D. C., & Persson, J. (2009). Crustacean zooplankton fatty acid composition. In *Lipids in aquatic ecosystems*. Springer, New York, NY. 115-146.
- Brisset, P. (1984). Elevage et utilisation en aquaculture de l'*Artemia* (Doctoral dissertation). Université des sciences et techniques de Lille.137pp.
- Browdy, C., Van Wyk, P, Stock, C., Flores, D., & Lee, R. (2017). Global brine shrimp supply a potential bottleneck to aquaculture expansion, part 1. *Global Aquaculture Advocate*.
- Brown, L. R., & Carpelan, L. H. (1971). Egg hatching and life history of a fairy shrimp *Branchinecta mackini* Dexter (Crustacea: Anostraca) in a Mohave desert playa (Rabbit Dry Lake). *Ecology*, 52(1), 41-54.
- Browne, R. A., Sallee, S. E., Grosch, D. S., Segreti, W. O., & Purser, S. M. (1984). Partitioning genetic and environmental components of reproduction and lifespan in *Artemia*. *Ecology*, 65(3), 949-960.
- Browne, R. A., & Bowen, S. T. (1991). Taxonomy and population genetics of *Artemia*. *Artemia biology*, 9, 221-235.
- 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(1), 29-44.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Browne, R. A., Moller, V., Forbes, V. E., & Depledge, M. H. (2002). Estimating genetic and environmental components of variance using sexual and clonal *Artemia*. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 267(1), 107-119.
- Bruggeman, E., Baeza-Mesa, M., Bossuyt, E., & Sorgeloos P. (1979). Improvements in the decapsulation of *Artemia* cysts. In: Styczynska-Jurewicz E, Backiel T, Jaspers E, Persoone G, editors. Cultivation of fish fry and its live food. Special Publication, vol. 4. Bredene: *European Mariculture Society*. 534pp.
- Bruggeman, E., Sorgeloos, P., & Vanhaecke, P. (1980). Improvements in the decapsulation technique of *Artemia* cysts. 261-269. In: *The Brine Shrimp Artemia*. Vol. 3. G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels y E. Jaspers (Eds.). Univers a Press. Wetteren (Belgium). 456pp.
- Brünnich, M.T. (1771). *Zoologiae fundamenta praelectionibus Academicis accomodata*. Hafniae et Lipsiae. 253pp.
- Budge, S. M., Springer, A. M., Iverson, S. J., Sheffield, G., & Rosa, C. (2008). Blubber fatty acid composition of bowhead whales, *Balaena mysticetus*: Implications for diet assessment and ecosystem monitoring. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 359(1), 40-46.
- Cai, Y. (1989). New *Artemia* sibling species from PR China. *Artemia Newslett*, 11, 40-41.
- Cahu, C., & Infante, J. Z. (2001). Substitution of live food by formulated diets in marine fish larvae. *Aquaculture*, 200 (1-2), 161-180.
- Camargo, W. N., Ely, J.S., & Sorgeloos, P. (2003). Morphometric characterization of thalassohaline *Artemia franciscana* populations from the Colombian Caribbean. *Journal of Biogeography*, 30(5), 697-702.
- Camargo, W. N., Ely J.S., Duran, G.C., & Sorgeloos, P. (2004). Influence of some physicochemical parameters on *Artemia* biomass and cyst from the Colombian Caribbean. *Journal of the World Aquaculture Society*. 35, 296-305
- Camargo, W. N., Durán, G. C., Rada, O. C., Hernández, L. C., Linero, J. C. G., Muelle, I. M., & Sorgeloos, P. (2005). Determination of biological and physicochemical parameters of *Artemia franciscana* strains in hypersaline environments for aquaculture in the Colombian Caribbean. *Saline Systems*, 1(1), 9.
- Cassel, J. D. (1937). The Morphology of *Artemia Salina* (Linnaeus) M.A. Thesis, Leland Stanford Junior University, California, USA. 108pp.
- Castro, M. J., Castro, T., Sánchez, J., Castro, G., Castro, A., Zaragoza, J., & Monroy, M. D. C. (2006). Cysts and nauplii biometry characteristics of seven *Artemia franciscana* (Kellog, 1906) populations from Mexico. *Revista de biología marina y oceanografía*, 41(2), 187-193.
- Chair, M., Romdhane, M., Dehasque, M., Nelis, H., De Leenheer, A. P., & Sorgeloos, P. (1991). Live-food mediated drug delivery as a tool for disease treatment in larviculture. II. A case study with European sea bass. *Larvi' 91*.
- Chen, J. C., Chen, K. J., & Liao, J. M. (1989). Joint action of ammonia and nitrite on *Artemia* nauplii. *Aquaculture*, 77(4), 329-336.
- Christie, W.W. (1982). Lipid Analysis (2 ed). Oxford: Pergamon Press.
- Clark, L. S., & Bowen, S. T. (1976). The genetics of *Artemia salina*. VII. Reproductive isolation. *The Journal of Heredity*, 67(6), 385-388.
- Cohen, R. G., Amat, F., Hontoria, F., & Navarro, J. C. (1999). Preliminary characterization of some Argentinean *Artemia* populations from La Pampa and Buenos Aires provinces. *International Journal of Salt Lake Research*, 8(4), 329-340.
- Cole, G. A., & Brown, R. J. (1967). The chemistry of *Artemia* habitats. *Ecology*, 48(5), 858-861.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Conceição, L. E., Yúfera, M., Makridis, P., Morais, S., & Dinis, M. T. (2010). Live feeds for early stages of fish rearing. *Aquaculture research*, 41(5), 613-640.
- Coutteau, P., & Sorgeloos, P. (1989). Feeding of the brine shrimp *Artemia* on yeast: effect of mechanical disturbance, animal density, water quality and light intensity. *Aquaculture Europe*, 89, 75-76.
- Crab, R., Lambert, A., Defoirdt, T., Bossier, P., & Verstraete, W. (2010). The application of bioflocs technology to protect brine shrimp (*Artemia franciscana*) from pathogenic *Vibrio harveyi*. *Journal of Applied Microbiology*, 109, 1643-1649.
- Criel, G. R., & Macrae, T. H. (2002). *Artemia* morphology and Structure. In: Abatzopoulos T.J., Beardmore J.A., Clegg J.S., Sorgeloos P. (eds) *Artemia: Basic and Applied Biology*. *Biology of Aquatic Organisms*, vol 1. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0791-6_1
- Croghan, P.C. (1958). The mechanism of osmotic regulation in *Artemia salina* (L.): the physiology of the gut. *Journal of Experimental Biology*. 35, 243-249.
- Crowe, J. H., Crowe, L. M., Drinkwater, L., & Busa, W. B. (1987). Intracellular pH and anhydrobiosis in *Artemia* cysts, in “*Artemia* Research and its Applications”, Vol. 2, W. Declair, L. Moens, H. Siegers, P. Sorgeloos and E. Jaspers, eds. 562 pp.
- Cuccu, D., Mereu, M., Masala, P., Cau, A., & Jereb, P. (2011). Male reproductive system in *Neorossia caroli* (Joubin 1902)(Cephalopoda: Sepiolidae) from Sardinian waters (western Mediterranean Sea) with particular reference to sexual products. *Invertebrate Reproduction & Development*, 55(1), 16-21.
- Cuvelier, C., Cabaraux, J. F., Dufrasne, I., Hornick, J. L., & Istasse, L. (2004). Acides gras: nomenclature et sources alimentaires. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 148 (3), 133-140.
- Czeczuga, B. (1980). Carotenoid content in *Artemia salina* L. eggs and vitality of the young specimens of this crustacean. In *The brine shrimp Artemia. Physiology, biochemistry, molecular biology*. Universa Press Wetteren, Belgium. 607.
- D'agostino, A. S. (1980). The vital requirements of *Artemia*: physiology and nutrition. The Brine Shrimp. *Physiology, Biochemistry, Molecular Biology*, 2, 474.
- Dagnelie, P. (1998). Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Inférence statistique à une et à deux dimensions. *De Boek & Larcier*, Paris, Bruxelles, 2.
- Dalsgaard, J., John, M. S., Kattner, G., Müller-Navarra, D., & Hagen, W. (2003). Fatty acid trophic markers in the pelagic marine environment. *Advances in Marine Biology*. 46, 225-340.
- Dana, G. L., & Lenz, P. H. (1986). Effects of increasing salinity on an *Artemia* population from Mono Lake, California. *Oecologia*, 68(3), 428-436.
- Darwin, C. (1874). *The descent of man and selection in relation to sex*. 2nd Edn. John Murray, London.
- De Los Rios-Escalante, P., & Amarouyache, M. (2016). Crustacean zooplankton assemblages in Algerian saline lakes: a comparison with their Chilean Altiplano counterparts. *Crustaceana*, 89(13), 1485-1500.
- De Los Santos Jr, C., Sorgeloos, P., Bernardino, A., & Laviña, E. M. (1980). Successful inoculation of *Artemia* and production of cysts in man-made salterns in the Philippines. In: *The brine shrimp Artemia*. Vol. 3, Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Eds Persoone G., P. Sorgeloos, O.A. Roels, E. Jaspers ; Universa Press, Wetteren, Belgium, 165-174.
- Defaye, D., Rabet, N., & Thiéry, A. (1998). Atlas et bibliographie des crustacés branchiopodes (Anostraca, Notostraca, Spinicaudata) de France métropolitaine. *Collection patrimoines naturels*, Paris, 32-61.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Demergasso, C., Casamayor, E. O., Chong, G., Galleguillos, P., Escudero, L., & Pedrós-Alió, C. (2004). Distribution of prokaryotic genetic diversity in athalassohaline lakes of the Atacama Desert, Northern Chile. *FEMS Microbiology Ecology*, 48(1), 57-69.
- Derbal, F., Amarouayache, M., & Kara, M. H. (2010). Preliminary data on a new *Artemia* strain from El-Bahira lake (Northeast of Algeria). *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*, 39.
- Desvilettes, C. H., Bourdier, G., Breton, J. C., & Combrouze, P. (1994). Fatty acids as organic markers for the study of trophic relationships in littoral cladoceran communities of a pond. *Journal of Plankton Research*, 16(6), 643-659.
- Dhont, J. & P. Lavens. (1996). Tank production and use of ongrown *Artemia*, pp. 164-195. In P. Lavens & P. Sorgeloos (eds.). *Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper*, 361.
- Dhont, J., & Van Stappen, G. (2003). Biology, tank production and nutritional value of *Artemia*. *Live feeds in marine aquaculture*, 65-121.
- Dobbeleir, J., Adam, N., Bossuyt, E., Bruggeman, E., & Sorgeloos, P. (1980). New aspects of the use of inert diets for high density culturing of brine shrimp. *The brine shrimp Artemia*, 3, 165-174.
- Dray, S., & Dufour, A. B. (2007). The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of statistical software*, 22(4), 1-20.
- Dutrieu, J. (1960). Observations biochimiques et physiologiques sur le développement d'*Artemia salina* L. *Archives de zoologie expérimentale et générale*, 99, 1-133.
- Dwivedi, S. N., Ansari, S. K. R., & Ahmed, M. Q. (1980). Mass culture of brine shrimp under controlled conditions in cement pools at Bombay, India. *The brine shrimp Artemia*, 3, 175-183.
- Edbeib, M. F., Wahab, R. A., & Huyop, F. (2016). Halophiles: biology, adaptation, and their role in decontamination of hypersaline environments. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32(8), 1-23.
- Eimanifar, A., Van Stappen, G., Marden, B., & Wink, M. (2014). *Artemia* biodiversity in Asia with the focus on the phylogeography of the introduced American species *Artemia franciscana* Kellogg, 1906. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 79, 392-403.
- Eimanifar, A., Asem, A., Wang, P. Z., Li, W., & Wink, M. (2020). Using ISSR genomic fingerprinting to study the genetic differentiation of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) from Iran and neighbor regions with the focus on the invasive American *Artemia franciscana*. *Diversity*, 12(4), 132.
- Eldho, N. V., Feller, S. E., Tristram-Nagle, S., Polozov, I. V., & Gawrisch, K. (2003). Polyunsaturated docosahexaenoic vs docosapentaenoic acid differences in lipid matrix properties from the loss of one double bond. *Journal of the American Chemical Society*, 125(21), 6409-6421.
- El-Bermawi, N., Baxevanis, A. D., Abatzopoulos, T. J., Van Stappen, G., & Sorgeloos, P. (2004). Salinity effects on survival, growth and morphometry of four Egyptian *Artemia* populations (International Study on *Artemia*. LXVII). *Hydrobiologia*, 523(1-3), 175-188.
- ENASEL. (2013). Rapport de la direction de l'entreprise nationale de sel sur la Saline de Bathioua (Arzew, Oran) et de Sidi Bouziane (Saline de oued Djemaa), 50pp.
- Fautrez, J., & Fautrez-Firlefyn, N. (1971). Contribution à l'étude des glandes coquillières et des coques de l'oeuf d'*Artemia salina*. *Archives of biology*, 82, 41-83.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- FAO. (2018). Le développement de l'aquaculture en Algérie en collaboration avec la FAO – Bilan 2008-2016. FAO, Circulaire sur les pêches et l'aquaculture no. 1176. Rome. 112 pp.
- FAO. (2017). Report of the expert workshop on sustainable use and management of *Artemia* resources in Asia, Tianjin, China, 7–9 November 2016. FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 1198.
- Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of biological chemistry*, 226(1), 497-509.
- Fujita, S., Watanabe, T., & Kitajima C. (1980). Nutritional quality of *Artemia* from different locations as a living feed for marine fish from the viewpoint of essential fatty acids. In: G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels and E. Jaspers (Editors), *The Brine Shrimp Artemia*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Universa Press. Wetteren. Belgium. 277-290.
- Gagneur J., and Kara, M. H. (2001). Limnology in Algeria. Pp 1-34 In : R. G. Wetzel & b. gopal (eds), *Limnology in developing countries*, 3. SIL, Intern. Assoc. Limnol
- Gajardo, G., Colihueque, N., Parraguez, M., & Sorgeloos, P. (1998). International Study on *Artemia* LVIII. Morphologic differentiation and reproductive isolation of *Artemia* populations from South America. *International Journal of Salt Lake Research*, 7(2), 133-151.
- Gajardo, G., Beardmore, J. A., & Sorgeloos, P. (2001). International study on *Artemia*. LXII. Genomic relationships between *Artemia franciscana* and *A. persimilis*, inferred from chromocentre numbers. *Heredity*, 87(2), 172-177.
- Garcia-Ortega, A., Verreth, J. A. J., Coutteau, P., Segner, H., Huisman, E. A., & Sorgeloos, P. (1998). Biochemical and enzymatic characterization of decapsulated cysts and nauplii of the brine shrimp *Artemia* at different developmental stages. *Aquaculture*, 161(1-4), 501-514.
- Gauthier, H. (1928). Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Thèse de doctorat Alger: Imp. *Minerva*, 3.
- Gelabert, R., Sánchez, R., & Solís, L. (1993). Valoración de la calidad de una cepa cubana de *Artemia*. *Revista de Investigaciones Marinas*, 14, 92-101.
- Georgiev, B. B., Sánchez, M. I., Green, A. J., Nikolov, P. N., Vasileva, G. P., & Mavrodieva, R. S. (2005). Cestodes from *Artemia parthenogenetica* (Crustacea, Branchiopoda) in the Odiel Marshes, Spain: A systematic survey. *Acta Parasitologica*, 50, 105–117.
- Georgiev, B. B., Sánchez, M. I., Vasileva, G. P., Nikolov, P. N., & Green, A. J. (2007). Cestode parasitism in invasive and native brine shrimps (*Artemia* spp.) as a possible factor promoting the rapid invasion of *A. franciscana* in the Mediterranean region. *Parasitology Research*, 101(6), 1647-1655.
- Georgiev, B., Angelov, A., Vasileva, G., Sánchez, M., Hortas, F., Mutafchiev, Y., ... & Green, A. (2014). Larval helminths in the invasive American brine shrimp *Artemia franciscana* throughout its annual cycle. *Acta Parasitologica*, 59(3), 380-389.
- Gerstaecker, A. (1866). Crustacea (Erste Halfe). In: H.G. Bronn. Die Klassen und Ordnungen der Thier-Reichs. Bd.5 (Arthropoda). *Abt*, (1)1-1320.
- Ghomari, M. S., Selselet, G. S., Amat, F., & Hontoria, F. (2011). *Artemia* biodiversity in Algerian sebkhas. *Crustaceana*, 84(9), 1025-1039.
- Ghomari, S. M. (2013). Localisation et caractérisation de la ressource naturelle *Artemia* dans les milieux salins algériens (Zones Humides de l'Ouest, de l'Est et Sahariennes) (Doctoral dissertation). Université de Mostaganam. 145pp.
- Goldschmidt, E. (1952). Fluctuation in chromosome number in *Artemia salina*. *Journal of Morphology*, 91(1), 111-133.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Govoni, J. J., Boehlert, G. W., & Watanabe, Y. (1986). The physiology of digestion in fish larvae. *Environmental Biology of Fishes*, 16(1), 59-77.
- Grochowski, M. (1896). Ueber eine neue im Süßwasser lebende Species von *Artemia*. Verhandlungen der kaiserlich-königlichen zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien. 45:95.
- Gunther, R.T. (1890). Crustacea. In: Günther, R.T. (Ed.) Contributions to the Natural History of Lake Urmi, N.W. Persia and its Neighbourhood. *Journal of the Linnean Society (Zoology)*, 27, 394-398.
- Guschina, I. A., & Harwood, J. L. (2009). Algal lipids and effect of the environment on their biochemistry. In: Kainz M., Brett M., Arts M. (eds) Lipids in Aquatic Ecosystems. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-0-387-89366-2_1
- Haddag, M. (1991). Contribution à l'étude d'une souche d'*Artémia (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 du Littoral, Alger. 79pp.
- Hanaoka, H. (1977). Harmful effect of ammonia on growth of the brine shrimp *Artemia salina* and inhibition of ammonia accumulation with an alga *Chlorella*. *Bulletin of Plankton Society of Japan (Japan)*. 24(2), 99-107.
- Han, K., Geurden, I., & Sorgeloos, P. (2001). Fatty acid changes in enriched and subsequently starved *Artemia franciscana* nauplii enriched with different essential fatty acids. *Aquaculture*, 199(1-2), 93-105.
- Heath, H. (1924). The external development of certain phyllopod. *Journal of Morphology*, 38(4), 453-483.
- Hedgpeth, J. W. (1959). Some preliminary considerations of the biology of inland mineral waters. *Archivio di oceanografia e limnologia*, 11, 111-141.
- Hentschel, E. (1968). Die postembryonalen entwicklungsstadien von *Artemia salina* Leach bei verschiedenen temperaturen (Anostraca, Crustacea). *Zoologischer Anzeiger*, 180(3), 7.
- Hontoria, F. (1990). Caracterización de tres poblaciones originarias del área levantina española del crustáceo branquiópodo *Artemia*. Aplicación en acuicultura. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, España. 326pp.
- Hontoria, F., & Amat, F. (1992a). Morphological characterization of adult *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda) from different geographical origin. Mediterranean populations. *Journal of plankton research*, 14(7), 949-959.
- Hontoria, F., & Amat, F. (1992b). Morphological characterization of adult *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda) from different geographical origins. American populations. *Journal of Plankton Research*, 14(10), 1461-1471.
- Hudaiah, S. (2009). Biometry of *Artemia franciscana* from three different batches. *Journal of Coastal Development*, 12(3), 135-141.
- Hudinaga, M. (1942). Reproduction, development and rearing of *Penaeus japonicus* Bate. *Japanese journal of zoology*, 10, 305-424.
- International union of pure and applied chemistry and international union of biochemistry commission on biochemical nomenclature. (1968). La nomenclature des lipides. *Bulletin de la Société de chimie biologique*, 50, 1363-1378.
- International union of pure and applied chemistry and international union of biochemistry commission on biochemical nomenclature. (1978). The nomenclature of lipids. *Journal of Lipid Research*, 19, 114-129.
- Ito, M. K., & Simpson, K. L. (1996). The biosynthesis of ω 3 fatty acids from 18: 2 ω 6 in *Artemia* spp. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 115(1), 69-76.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Johnson, S. K. (1979). Transport of live fish. Report FDDL-F14, Texas Agric. Exper. Serv., Dept. Wildl. and Fish. Sci., College Station, TX. 13pp.
- Jónasdóttir, S. H. (2019). Fatty acid profiles and production in marine phytoplankton. *Marine drugs*, 17(3), 151.
- Kaiser, H., Gordon, A. K., & Paulet, T. G. (2006). Review of the African distribution of the brine shrimp genus *Artemia*. *Water Sa*, 32(4), 597-603.
- Kara, M. H. (1998). Bases biologiques et écologiques de l'élevage du loup *Dicentrarchus labrax* dans la région d'Annaba (Doctoral dissertation). Alger, Algérie. 172 pp.
- Kara, M. H., Bengraïne, K. A., Derbal, F., Chaoui, L., & Amarouayache, M. (2004). Quality evaluation of a new strain of *Artemia* from Chott Marouane (Northeast Algeria). *Aquaculture*, 235(1-4), 361-369.
- Kara, M. H., & Amarouayache, M. (2012). Review of the biogeography of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Algeria. *International Journal of Artemia Biology*, 2(1), 40-50.
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2016). Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>.
- Kellogg, V. L. (1906). A new *Artemia* and its life conditions. *Science*, 24(619), 594-596.
- Khemakhem, M. (1988). *Artemia* dans les salines de Sfax: étude biologique et écologique possibilité d'exploitation à des fins aquacoles. Mémoire Cycle Ingénieur spécialité Aquaculture, Institut National Agronomique de Tunisie. 114pp.
- Khemakhem, H., Elloumi, J., Moussa, M., Aleya, L., & Ayadi, H. (2010). The concept of ecological succession applied to phytoplankton over four consecutive years in five ponds featuring a salinity gradient. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 88(1), 33-44.
- Khemakhem, H., Elloumi, J., Ayadi, H., Aleya, L., & Moussa, M. (2013). Modelling the phytoplankton dynamics in a nutrient-rich solar saltern pond: predicting the impact of restoration and climate change. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(12), 9057-9065.
- Kherraz-Chemlal, D., Boukhatem, T., Khelil, F., Sahnouni, F., Maatalah, A., & Boutiba, Z. (2017). Determination of biological characteristics of *Artemia salina* (Crustacea: Anostraca) population from saline Bethioua (Oran, Algeria). *International Journal of Biosciences*, 10(1), 117-125.
- Kramer, J. K., Parodi, P. W., Jensen, R. G., Mossoba, M. M., Yurawecz, M. P., & Adlof, R. O. (1998). Rumenic acid: a proposed common name for the major conjugated linoleic acid isomer found in natural products. *Lipids*, 33(8), 835-835.
- Landau, M., & Sanchez, V. (1991). Effect of pH and decapsulation on the toxicity of ammonia to the brine shrimp *Artemia franciscana*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 22(3), 178-182.
- Laplace-Treyture, C., Chauvin, C., Menay, M., Dutartre, A., & Moreau, L. (2010). Protocole standardisé d'échantillonnage et de conservation du phytoplancton en grands cours d'eau applicable aux réseaux de mesure DCE. Protocole expérimental-Version 1. IRSTEA. 9pp.
- Latreille, P.A. (1817). Les Crustacés, les Arachnides, et les Insectes. In: G. L. C. F. D. Cuvier Le Règne Animal, distribue d'après son organisation, pour servir de base à l'histoire naturelle des animaux et d'introduction à l'anatomie comparée. Volume 3 Paris.
- Latreille, P.A. (1829). Les Crustacés, les Arachnides, et les Insectes. In: G. L. C. F. D. Cuvier Le Règne Animal, distribue d'après son organisation, pour servir de base à l'histoire naturelle des animaux et d'introduction à l'anatomie comparée. Volume 4 Paris. 584pp.
- Lavens, P., Tackaert, W., & Sorgeloos, P. (1986). International study on *Artemia*. XLI. Influence of culture conditions and specific diapause deactivation methods on the

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- hatchability of *Artemia* cysts produced in a standard culture system. *Marine Ecology Progress Series*, 31, 197-203.
- Lavens, P., & Sorgeloos, P. (1987). The cryptobiotic state of *Artemia* cysts, its diapause deactivation and hatching: a review. *Artemia research and its applications*, 3, 27-63.
- Lavens, P., Léger, P., & Sorgeloos, P. (1989). Manipulation of the fatty acid profile in *Artemia* offspring produced in intensive culture systems. *Aquaculture a biotechnology in progress*, 731-739.
- Lavens, P., & Sorgeloos, P. (1996). Manual on the production and use of live food for aquaculture (No. 361). Food and Agriculture Organization (FAO) *Fisheries Technical Paper*, 361, 175-180.
- Lavens, P., & Sorgeloos, P. (2000). The history, present status and prospects of the availability of *Artemia* cysts for aquaculture. *Aquaculture*, 181(3-4), 397-403.
- Leach, W.E. 1819. Entomostraca, Dictionnaire des Science Naturelles, 14, 524.
- Le Borgne, Y. (1986). La culture des micro-algues. *Aquaculture*, 1, 181-192.
- Léger, P., Bengtson, D. A., Simpson, K. L., & Sorgeloos, P. (1986). The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 24, 521-623.
- Léger, P. (1999). The *Artemia* crisis and Solutions. Poor yield at the great salt lake. *The Seafood Advocate*.
- Lenz, P. H. (1987). Ecological studies on *Artemia*: a review. *Artemia research and its applications*, 3, 5-18.
- Linnaeus, C. (1758). Systema naturae. *Holmiae*, 1, 634.
- Linnaeus, C. (1766). Systema naturae. Regnum animale. *Holmiae*, 2, 4829.
- Litvinenko, L. I., & Boyko, E. G. (2008). The morphological characteristics of *Artemia* shrimps from Siberian populations. *Inland Water Biology*, 1(1), 37-45.
- Lorenzen CJ. 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments : Spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography*, 12, 343-346.
- Mandal, S. C., Das, P., Singh, S. K., & Bhagabati, S. K. (2009). Feeding of aquarium fishes with natural and artificial foods: available options and future needs. *Aqua International*, 3(1), 20-23.
- Manley, B. F. J. (1994). Multivariate Statistical Methods: A Primer. Chapman and Hall, London. 232pp.
- Martinez, M. A., Vivares, C. P., de Medeiros Rocha, R., Fonseca, A. C., Andral, B., & Bouix, G. (1992). Microsporidiosis on *Artemia* (Crustacea, Anostraca): Light and electron microscopy of *Vavraia anostraca* sp. nov. (Microsporidia, Pleistophoridae) in the Brazilian solar salterns. *Aquaculture*, 107, 229-237.
- McShan, M., Trieff, N. M., & Grajcer, D. (1974). Biological treatment of wastewater using algae and *Artemia*. *Water Pollution Control Federation*, 1742-1750.
- Menasria, T. (2020). *Biodiversité microbienne dans les milieux extrêmes salés du Nord-Est Algérien*. (Doctoral dissertation). Université de Batna 2. 196pp.
- Merchie, G. (1996). Use of nauplii and meta-nauplii. Manual on the production and use of live food for aquaculture. *FAO Fisheries Technical Paper*, 361.
- Millerioux, G. (1974). Comparaison de méthodes spectrophotométriques pour le calcul des pigments phytoplanctoniques. *Annales de la Station Biologique de Besse-en-Chandesse*, 9, 59-75.
- Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques, 2006. Schéma Directeur de Développement des Activités de la Pêche et l'Aquaculture, Horizon 2025.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Morgan, N. C. (1982). An ecological survey of standing waters in North West Africa: II. Site descriptions for Tunisia and Algeria. *Biological conservation*, 24(2), 83-113.
- Morris, J. E. (1971). Hydration, its reversibility, and the beginning of development in the brine shrimp, *Artemia salina*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 39(4), 843-857.
- Muñoz, J., & Pacios, F. (2010). Global biodiversity and geographical distribution of diapausing aquatic invertebrates: the case of the cosmopolitan brine shrimp, *Artemia* (Branchiopoda, Anostraca). *Crustaceana*, 83(4), 465.
- Mura, B. G., Ferrara, F., Fabietti, F., Delise, M., & Bocca, A. (1997). Biochemical (fatty acid profile) diversity in anostracan species of the genus *Chirocephalus* Prévost. *Hydrobiologia*, 359(1-3), 237-241.
- Mura, B. G., & Brecciaroli, B. (2004). Use of morphological characters for species separation within the genus *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda). *Hydrobiologia*, 520(1-3), 179.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.
- Naganawa, H., & Mura, G. (2017). Two new cryptic species of *Artemia* (Branchiopoda, Anostraca) from Mongolia and the possibility of invasion and disturbance by the aquaculture industry in East Asia. *Crustaceana*, 90(14), 1679-1698.
- Navarro, T. J. (1990). Caracterización de las cepas españolas de *Artemia* desde el punto de vista de su valor nutritivo y de sus fenotipos electroforéticos: Implicaciones prácticas en acuicultura. . Tesis Doctoral. Universidad de Valencia, España. 350pp.
- Navarro, J. C., Amat, F., & Sargent, J. R. (1991). A study of the variations in lipid levels, lipid class composition and fatty acid composition in the first stages of *Artemia* sp. *Marine Biology*, 111(3), 461-465.
- Navarro, J. C., & Amat, F. (1992). Effect of algal diets on the fatty acid composition of brine shrimp, *Artemia* sp., cysts. *Aquaculture*, 101(3-4), 223-227.
- Navarro, J. C., Amat, F., & Sargent, J. R. (1992). Fatty acid composition of coastal and inland *Artemia* sp. populations from Spain. *Aquaculture*, 102(3), 219-230.
- Nourisson, M., & Thiéry, A. (1988). Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises.-9. Crustacés Branchiopodes (Anostracés, Notostracés, Conchostracés)(suite et fin). *Publications de la Société Linnéenne de Lyon*, 57(4), 104-135.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, H.M.H., & Wagner, H. (2013). Vegan: Community Ecology. Package.<http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- ONM . (2015). www.meteo.dz, le site web de l'Office National de Météorologie.
- Oren, A. (2002). Diversity of halophilic microorganisms: environments, phylogeny, physiology, and applications. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 28(1), 56-63.
- Oren, A. (2006). *Halophilic microorganisms and their environments* (Vol. 5). Springer science & business media, 575p.
- Oren, A. (2007). Biodiversity in highly saline environments. *Physiology and biochemistry of extremophiles*, 221-231.
- Oren, A. (2011). Diversity of halophiles. *Extremophiles handbook* , 309-325.
- Otmane, T., & Kouzmine, Y. (2011). Timimoun, évolution et enjeux actuels d'une oasis saharienne algérienne. *Insaniyat/إنسانيات. Revue algérienne d'anthropologie et de sciences sociales*, (51-52), 165-183.
- Parsons, T. R., & Strickland, J. D. H. (1963). Discussion of spectrophotometric determination of Marine-plant Pigments, with Revised Equations for Ascertaining Chlorophylls and Carotenoids. *Journal of Marine Research*, 21, 155-163.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Pavillon, J. (1980). One aspect of the nutrition of *Artemia*: The utilization of dissolved amino acids. *The Brine Shrimp Artemia, Ecology, Culturing, Use in Aquaculture*, 2,636.
- Pedros-Alió, C., Calderón-Paz, J. I., MacLean, M. H., Medina, G., Marrasé, C., Gasol, J. M., & Guixa-Boixereu, N. (2000). The microbial food web along salinity gradients. *FEMS Microbiology Ecology*, 32(2), 143-155.
- Pereira, H., Silva, J., Santos, T., Gangadhar, K. N., Raposo, A., Nunes, C., ... & Varela, J. (2019). Nutritional potential and toxicological evaluation of *Tetraselmis* sp. CTP4 microalgal biomass produced in industrial photobioreactors. *Molecules*, 24(17), 3192.
- Person-Le Ruyet, J. (1976). Elevage larvaire d'*Artemia salina* (Branchiopode) sur nourriture inerte: *Spirulina maxima* (Cyanophycée). *Aquaculture*, 8(2), 157-167.
- Persoone, G. & Sorgeloos, P. (1980). General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia*. In 'The Brine Shrimp *Artemia*, Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture' (Eds G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels and E. Jaspers.), 3-24.
- Peter, M. (2008). Profil et métabolisme des acides gras dans les tissus de la perche comme *Perca fluviatilis* L (Doctoral dissertation). Institut National Polytechnique de Lorraine. 208 pp.
- Piccinelli, M., & Prosdocimi, T. (1968). Descrizione tassonomica delle due species *Artemia salina* L. e. *Artemia persimilis* n.sp. *Genetica*, 102,113-118.
- Piché, J., Iverson, S. J., Parrish, F. A., & Dollar, R. (2010). Characterization of forage fish and invertebrates in the Northwestern Hawaiian Islands using fatty acid signatures: species and ecological groups. *Marine Ecology Progress Series*, 418, 1-15.
- Pilla, E. J. (1992). Genetic differentiation and speciation in Old World *Artemia* (Doctoral dissertation), University College Swansea. UK. 356 pp.
- Pilla, E. J., & Beardmore, J. A. (1994). Genetic and morphometric differentiation in Old World bisexual species of *Artemia* (the brine shrimp). *Heredity*, 73(1), 47-56.
- Poff, N. L. (1997). Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the north american Benthological society*, 16(2), 391-409.
- Post, F. J., & Youssef, N. N. (1977). A procaryotic intracellular symbiont of the Great Salt Lake brine shrimp *Artemia salina* (L.). *Canadian Journal of Microbiology*, 23(9), 1232-1236.
- Prenter, J., MacNeil, C., Dick, J. T., & Dunn, A. M. (2004). Roles of parasites in animal invasions. *Trends in ecology & evolution*, 19(7), 385-390.
- Provasoli, L., & Shiraishi, K. (1959). Axenic cultivation of the brine shrimp *Artemia salina*. *The Biological Bulletin*, 117(2), 347-355.
- Redón, S., Berthelemy, N. J., Mutafchiev, Y., Amat, F., Georgiev, B. B., & Vasileva, G. P. (2015). Helminth parasites of *Artemia franciscana* (Crustacea: Branchiopoda) in the Great Salt Lake, Utah: first data from the native range of this invader of European wetlands. *Folia Parasitologica*, 62(1), 30-30.
- Reeve, M. R. (1963). The filter-feeding of *Artemia*: I. In pure cultures of plant cells. *Journal of Experimental Biology*, 40(1), 195-205.
- Ripley, B. D. (1996). *Pattern Recognition and Neural Networks*. Cambridge University Press.
- Rode, N. O., Lievens, E. J., Elodie, F., Segard, A., Jabbour-Zahab, R., & Lenormand, T. (2013). Cryptic microsporidian parasites differentially affect invasive and native *Artemia* spp. *International Journal for Parasitology*, 43, 795-803.
- 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, Mexico. *Hydrobiologia*, 560(1), 417-423.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Rosenlund, G., & Halldórsson, Ó. (2007). Cod juvenile production: research and commercial developments. *Aquaculture*, 268(1-4), 188-194.
- Ruiz, O., Medina, G. R., Cohen, R. G., Amat, F., & Navarro, J. C. (2007). Diversity of the fatty acid composition of *Artemia* spp. cysts from Argentinean populations. *Marine Ecology Progress Series*, 335, 155-165.
- Samain, J. F., Moal, J., Daniel, J. Y., Le Coz, J. R., & Jezequel, M. (1980). The digestive enzymes amylase and trypsin during the development of *Artemia*: effect of food conditions. *The brine shrimp Artemia*, 2, 427-443.
- Samraoui, B., Chakri, K., & Samraoui, F. (2006). Large branchiopods (Branchiopoda: Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) from the salt lakes of Algeria. *Journal of Limnology*, 65(2), 83-88.
- Sánchez, M. I., Green, A. J., & Castellanos, E. M. (2006). Temporal and spatial variation of an aquatic invertebrate community subjected to avian predation at the Odiel salt pans (SW Spain). *Archiv für Hydrobiologie*, 166, 199-223.
- Sánchez, M. I., Hortas, F., Figuerola, J., & Green, A. J. (2012). Comparing the potential for dispersal via waterbirds of a native and an invasive brine shrimp. *Freshwater Biology*, 57(9), 1896-1903.
- Sargent, J.R., Parks, R.J., Mueller-Harvey, I., & Henderson, R.J.(1988). Lipid biomarkers in marine ecology. In Sliegh, M. A. (Eds.) *Microbes in the sea*, Ellis Horwood Ltd, Chichester, 119–138.
- Sargent, J. R, Henderson, R. J., & Tocher, D. R. (1989). The lipids–In: Fish Nutrition (Ed.) JE Halver. Academic Press Inc, New-York. 153-218.
- Sarmouk, Toufik. (2009). Audit environnemental. Compte rendu de l'entreprise ENASEL entreprise nationale des sels.
- Sars, G.O. (1867). Histoire naturelle des Crustacés d'eau douce Norvège: 145 p., 10 pl., C. Johnson (Christiana).
- Sato, N. L. (1967). Enzymatic contribution to the encystment of *Artemia salina*. *Science Reports of the Research Institutes Tohoku University*, 33, 319-327.
- Saygi, Y. B., & Demirkalp, F. Y. (2002). Effects of temperature on survival and growth of *Artemia* from Tuz lake, Turkey. *The Israeli Journal of Aquaculture*, 54(3), 125-133.
- Schauer, P. S., Johns, D. M., Olney, C. E., & Simpson, K. L. (1980). Lipid level, energy content and fatty acid composition of the cysts and newly hatched nauplii from five geographical strains of *Artemia*. In *The Brine Shrimp Artemia. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture* . Universa Press Wetteren. 365-374
- Schauer, P. S., & Simpson, K. L. (1985). Bioaccumulation and bioconversion of dietary labeled fatty acids in *Artemia* and winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42(8), 1430-1438.
- Schlösser, D. (1756). Extrait d'une lettre de M. le Docteur Schlosser concernant un insecte peu connu. *Observation periodique sur la physique, l'histoire naturelle et les beaux arts, de Gautier*, 58-60.
- Schmankewitsch, W. 1873. Sur la faune des Limans de la Nouvelle Russie. Soc. natur. de la Nouv. Russie. Odessa, vol. 2, fasc 2,1873, 273-341.
- Schmitz, G., & Ecker, J. (2008). The opposing effects of n- 3 and n- 6 fatty acids. *Progress in lipid research*, 47(2), 147-155.
- Schrehardt, A. (1987). A scanning electron-microscope study of the post-embryonic development of *Artemia*. *Artemia research and its applications*, 1, 5-32.
- Scor-Unesco. (1966). Determination of phytoplanktonic pigments in sea water. UNESCO, Paris,1-18.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Scribe, P., Fillaux, J., Laureillard, J., Denant, V., & Saliot, A. (1991). Fatty acids as biomarkers of planktonic inputs in the stratified estuary of the Krka River, Adriatic Sea: relationship with pigments. *Marine Chemistry*, 32(2-4), 299-312.
- Seale, A. (1933). The brine shrimp (*Artemia*) as a satisfactory live food for fishes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 63(1), 129-130.
- Seki, H. (1966). Studies on microbial participation to food cycle in the sea 3. Trial cultivation of brine shrimp to adult in a chemostat (1). *Journal of the Oceanographic Society of Japan*, 22, 105-110.
- Seridi, F. (2011). L'aquaculture en Algérie: évolution, état actuel et essai d'analyse de durabilité. Thèse de Magister, Université de Annaba-Badji Mokhtar. 122pp.
- Seurat, L.G. (1931). Considérations sur la faune de la région des chotts Algéro-tunisiens et sur celle du Sahara central. *Archivio Zoologico Italiano*, 16, 1505-1508.
- Silas, E. G. (1984). Production and use of *Artemia* in aquaculture. *CMFRI, Special Publication*, 15, 74.
- Skoultchi, A. I., & Morowitz, H. J. (1964). Information storage and survival of biological systems at temperatures near absolute zero. *The Yale journal of biology and medicine*, 37(2), 158.
- Sorgeloos, P. (1973). First report on the triggering effect of light on the hatching mechanism of *Artemia salina* dry cysts. *Marine Biology*, 22(1), 75-76.
- Sorgeloos, P., & Persoone, G. (1975). Technological improvements for the cultivation of invertebrates as food for fishes and crustaceans. II. Hatching and culturing of the brine shrimp, *Artemia salina* L. *Aquaculture*, 6(4), 303-317.
- Sorgeloos, P., Bossuyt, E., Laviña, E., Baeza-Mesa, M., & Persoone, G. (1977). Decapsulation of *Artemia* cysts: a simple technique for the improvement of the use of brine shrimp in aquaculture. *Aquaculture*, 12(4), 311-315.
- Sorgeloos, P. (1978). The culture and use of brine shrimp, *Artemia salina*, as food for hatchery-raised larval prawns, shrimps and fish in Southeast Asia. FAO Report TEIA/75/008/ 76/WE3, 50.
- Sorgeloos, P., Persoone, G., Baeza-Mesa, M., Bossuyt, E., & Bruggeman, E. (1978). The use of *Artemia* cysts in aquaculture: the concept of "hatching efficiency" and description of a new method for cyst processing. In *Proceedings of the annual meeting-World Mariculture Society*. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 9(4), 715-721.
- Sorgeloos, P. (1979). List of commercial harvesters—Distributors of *Artemia* cysts of different geographical origin. *Aquaculture*, 16(1), 87-88.
- Sorgeloos, P. (1980). The use of the brine shrimp *Artemia* in aquaculture. *The brine shrimp Artemia*, 3, 25-46. Eds. Persoone, G., P. Sorgeloos, O.A. Roels, E. Jaspers (Eds). Universa Press, Wetteren, Belgium, 1-456.
- Sorgeloos, P., Baeza-Mesa, M., Bossuyt, E., Bruggeman, E., Dobbeleir, J., Versichele, D., & Bernardino, A. (1980). Culture of *Artemia* on rice bran: the conversion of a waste-product into highly nutritive animal protein. *Aquaculture*, 21(4), 393-396.
- Sorgeloos, P., Bossuyt, E., Lavens, P., Leger, P., Vanhaecke, P., & Versichele, D. (1983). The use of brine shrimp *Artemia* in crustacean hatcheries and nurseries. *CRC handbook of mariculture*, 1, 71-96.
- Sorgeloos, P., & Kulasekarapandian, S. (1984). Production and use of *Artemia* in aquaculture. *CMFRI special publication*, 15, 1-73.
- Sorgeloos P., Lavens P., Leger P., Tackaert W. and Versichele D. (1986) Manual for the culture and use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture. *Artemia Reference Center*, State of Univ. Ghent, Belgium. 319pp.
- Sorgeloos, P., & Léger, P. (1992). Improved larviculture outputs of marine fish, shrimp and prawn. *Journal of the World Aquaculture Society*, 23(4), 251-264.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Sorgeloos, P., & Van Stappen, G. (1995). *Artemia* cyst shortage: the ARC's point of view. *Larviculture and Artemia Newsletter*, 35, 19.
- Sorgeloos, P., Dhert, P., & Candreva, P. (2001). Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture*, 200(1-2), 147-159.
- Soto-Rodriguez, S. A., Roque, A., Lizarraga-Partida, M. L., Guerra-Flores, A. L., & Gomez-Gil, B. (2003). Virulence of luminous vibrios to *Artemia franciscana* nauplii. *Diseases of Aquatic Organisms*, 53, 231-240.
- Spitchak, M. K. (1980). *Artemia* in the USSR. Brine Shrimp *Artemia*: Ecol, Cult, Use Aquacult. In: Persoone, G., P. Sorgeloos., O.A. Roels., E. Jaspers (eds). Univ. Universa Press, Wetteren, Belgium, 3, 127-128.
- Stefani, R. (1964). The origin of males in parthenogenetic populations of *Artemia salina*. *Rivista di biologia*, 57, 147.
- Stein, F.V. (1878). Der Organismus der Infusionsthier; nach eigenen Forschungen in systematischer Reihenfolge bearbeitet. III. Abtheilung. Die Naturgeschichte der Flagellaten oder Geisselinfusorien
- Ston, J., Kosakowska, A., Lotocka, M., & Lysiak-Pastuszek, E. (2002). Pigment composition in relation to phytoplankton community structure and nutrient content in the Baltic Sea. *Oceanologia*, 44(4).
- Støttrup, J., & McEvoy, L. (2008). Live feeds in marine aquaculture. John Wiley & Sons.
- Tackaert, W., & Sorgeloos, P. (1991). Semi-intensive culturing in fertilized ponds. *Artemia biology*, 12, 287-315.
- Takano, H. (1967). Rearing experiments of brine shrimp on diatom diet. *Bulletin of Tokai Regional Fisheries Research Laboratory*, 52, 1-11.
- Tasch, P. (1969). Branchiopoda. In: Moore, R. C. (ed.), *Treatise on Invertebrate Palaeontology, Part R: Arthropoda 4, Vol. I*. Geological Society of America, University of Kansas Press, Lawrence, Kansas. Pp. 128-191.
- Team, R. C. (2014). R: A language and environment for statistical computing. Foundation for Statistical Computing. Vienna. Austria.
- Teissier, G. (1948). La relation d'allometrie sa signification statistique et biologique. *Biometrics*, 4(1), 14-53.
- Teramoto, K., & Kinoshita, S. (1961). Some informations on the culture of *Artemia*. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 27(8), 801-804.
- Thiéry, A., & Puente, L. (2002). Crustacean assemblage and environmental characteristics of a man-made solar saltwork in southern France, with emphasis on anostracan (Branchiopoda) population dynamics. *Hydrobiologia*, 486(1), 191-200.
- Thompson, S. N. (1973). A review and comparative characterization of the fatty acid compositions of seven insect orders. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 45(2), 467-482.
- Tizol-Correa, R., Carreón-Palau, L., Arredondo-Vega, B. O., Murugan, G., Torrentera, L., Maldonado-Montiel, T. D., & Maeda-Martínez, A. M. (2006). Fatty acid composition of *Artemia* (Branchiopoda: Anostraca) cysts from tropical salterns of southern Mexico and Cuba. *Journal of Crustacean Biology*, 26(4), 503-509.
- Tobias, W. J., Sorgeloos, P., Bossuyt, E., & Roels, O. A. (1979). The technical feasibility of mass-culturing *Artemia salina* in the st. croix "artificial upwelling" mariculture system 1. In *Proceedings of the World Mariculture Society*. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 10(14), 203-214.
- Torchin, M. E., Lafferty, K. D., Dobson, A. P., McKenzie, V. J., & Kuris, A. M. (2003). Introduced species and their missing parasites. *Nature*, 421(6923), 628-630.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Torrentera, L., & Dodson, S. I. (2004). Ecology of the brine shrimp *Artemia* in the Yucatan, Mexico, Salterns. *Journal of plankton research*, 26(6), 617-624.
- Treece, G. D. (2000). *Artemia production for marine larval fish culture*. Stoneville, Mississippi: Southern Regional Aquaculture Center. 702,1-8.
- Triantaphyllidis, G. V., Pouloupoulou, K., Abatzopoulos, T. J., Pérez, C. A. P., & Sorgeloos, P. (1995). International study on *Artemia* XLIX. Salinity effects on survival, maturity, growth, biometrics, reproductive and lifespan characteristics of a bisexual and a parthenogenetic population of *Artemia*. *Hydrobiologia*, 302(3), 215-227.
- Triantaphyllidis, G.V., Criel, G.R., Abatzopoulos, T.J., & Sorgeloos, P. (1996). International Study on *Artemia*. L III. Morphological study of *Artemia* with emphasis to Old World Strain. I. Bisexual populations. Int. Symp. On Saline Lakes.
- 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. Morphological and molecular characters suggest conspecificity of all bisexual European and North African *Artemia* populations. *Marine biology*, 129(3), 477-487.
- Trigui, K. (2017). Recherches sur l'éco-biologie de l'Artémia (*Artemia salina*) de la saline de Sahline et effet des principaux facteurs externes sur sa survie en vue de maîtriser son élevage. (Doctoral dissertation). Université de Carthage. 112pp.
- Van Stappen, G., & Sorgeloos, P. (1993). The cosmopolitan brine shrimp. *Infofish international*, 4, 45-50.
- Van Stappen, G. (1996). Use of cysts. In *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. FAO. , 361, 107-136.
- Van Stappen, G., Lavens, P., & Sorgeloos, P. (1998). Effects of hydrogen peroxide treatment in *Artemia* cysts of different geographical origin. *Archives fur Hydrobiologie Special Issues. Advances in Limnology*, 52, 281-296.
- Van Stappen, G. (2002). Zoogeography. In *Artemia: Basic and applied biology*. Springer, Dordrecht, 171-224
- Van Stappen, G., Sui, L., Xin, N., & Sorgeloos, P. (2003). Characterisation of high-altitude *Artemia* populations from the Qinghai-Tibet Plateau, PR China. *Hydrobiologia*, 500, 179-192.
- Vanhaecke, P., & Sorgeloos, P. (1980). International Study on *Artemia*. IV. The biometrics of *Artemia* strains from different geographical origin. *The brine shrimp Artemia*, 3, 393-405.
- Vanhaecke, P., Cooreman, A., & Sorgeloos, P. (1981). International study on *Artemia*. XV. Effect of light intensity on hatching rate of *Artemia* cysts from different geographical origin. *Marine Ecology Progress Series*, 5, 111-114.
- Vanhaecke, P., & Sorgeloos, P. (1982). International study on *Artemia*. XVIII. The hatching rate of *Artemia* cysts a comparative study. *Aquacultural engineering*, 1(4), 263-273.
- Vanhaecke, P., Siddall, 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(3), 259-275.
- Vanhaecke, P., Tackaert, W., & Sorgeloos, P. (1987). The biogeography of *Artemia*: an updated review. *Artemia research and its applications*, 1, 129-155.
- Vasileva, G. P., Redón, S., Amat, F., Nikolov, P. N., Sánchez, M. I., Lenormand, T., & Georgiev, B. B. (2009). Records of cysticercoids of *Fimbriarioides tadornae* (Maksimova, 1976) and *Branchiopodataenia gvozdevi* (Maksimova, 1988) (Cyclophyllidea: Hymenolepididae) from brine shrimps at the Mediterranean coasts of Spain and France, with a key to cestodes from *Artemia* spp. from the Western Mediterranean. *Acta Parasitologica*, 54, 143-150

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Vasudevan, S. (2012). Biometrical, morphological and biochemical characterization of three *Artemia* (Crustacea: Anostraca) populations from South India. *International Journal of Artemia Biology*, 2(2), 7-29.
- Venables, W. N. & Ripley, B. D. (2002). Modern Applied Statistics with S. Fourth edition. Springer, New York, 271-300.
- Ventosa, A., Mellado, E., Sanchez-Porro, C., & Marquez, M. C. (2008). Halophilic and halotolerant micro-organisms from soils. In *Microbiology of extreme soils* (pp. 87-115). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Ventosa, A., & Arahall, D. R. (2009). Physico-chemical characteristics of hypersaline environments and their biodiversity. *Extremophiles*, 2, 247-262.
- Versichele, D., & Sorgeloos, P. (1980). Controlled production of *Artemia* cysts in batch cultures. *The brine shrimp Artemia*, 3, 231-246.
- Viso, A. C., & Marty, J. C. (1993). Fatty acids from 28 marine microalgae. *Phytochemistry*, 34(6), 1521-1533.
- Volkman, J. K., Jeffrey, S. W., Nichols, P. D., Rogers, G. I., & Garland, C. D. (1989). Fatty acid and lipid composition of 10 species of microalgae used in mariculture. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 128(3), 219-240.
- Vos, J., & Tunsutapanit, A. (1979). Detailed report on *Artemia* cysts inoculation in Bangpakong, Chachoengsao Province. FAO/UNDP field document THA/75/008, FAO/UNDP, Rome.
- Ward Jr, J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American statistical association*, 58(301), 236-244.
- Wassall, S. R., Brzustowicz, M. R., Shaikh, S. R., Cherezov, V., Caffrey, M., & Stillwell, W. (2004). Order from disorder, corralling cholesterol with chaotic lipids: The role of polyunsaturated lipids in membrane raft formation. *Chemistry and physics of lipids*, 132(1), 79-88.
- Watanabe, T., Oowa, F., Kitajima, C., & Fujita, S. (1978). Nutritional quality of brine shrimp, *Artemia salina*, as a living feed from the viewpoint of essential fatty acids for fish. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 44, 1115.
- Watanabe, T., Oowa, F., Kitajima, C., & Fujita, S. (1980). Relationship between dietary value of brine shrimp *Artemia salina* and their content of omega 3 highly unsaturated fatty acids. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 46(1), 35-41.
- Weekers, P. H., Murugan, G., Vanfleteren, J. R., Belk, D., & Dumont, H. J. (2002). Phylogenetic analysis of anostracans (Branchiopoda: Anostraca) inferred from nuclear 18S ribosomal DNA (18S rDNA) sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 25(3), 535-544.
- Weiher, E., & Keddy, P. A. (1995). The assembly of experimental wetland plant communities. *Oikos*, 323-335.
- Wheeler, R., Yudin, A. I., & Clark Jr, W. H. (1979). Hatching events in the cysts of *Artemia salina*. *Aquaculture*, 18(1), 59-67.
- Whitaker, D. M. (1940). The tolerance of *Artemia* cysts for cold and high vacuum. *Journal of Experimental Zoology*, 83(3), 391-399.
- Williams, W. D. (1998). Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Hydrobiologia*, 381(1-3), 191-201.
- Witt, U., Quantz, G., Kuhlmann, D., & Kattner, G. (1984). Survival and growth of turbot larvae *Scophthalmus maximus* L. reared on different food organisms with special regard to long-chain polyunsaturated fatty acids. *Aquacultural engineering*, 3(3), 177-190.
- Wootton, R. J. (1991). Ecology of teleost fishes: Fish and fisheries. Chapman Y and Hall. Bodanz Row. London SE. 2-6.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Zemmouri, A. (1991). A note on the genus *Artemia* in Algeria. *Hydrobiologia*, 212(1), 231-233.
- Zhuravlev, I. E. (2021). Method for preparing and processing cysts of the small crustacean artemia. (12) International Application Status Report. WO2021/045650.

ANNEXE 1

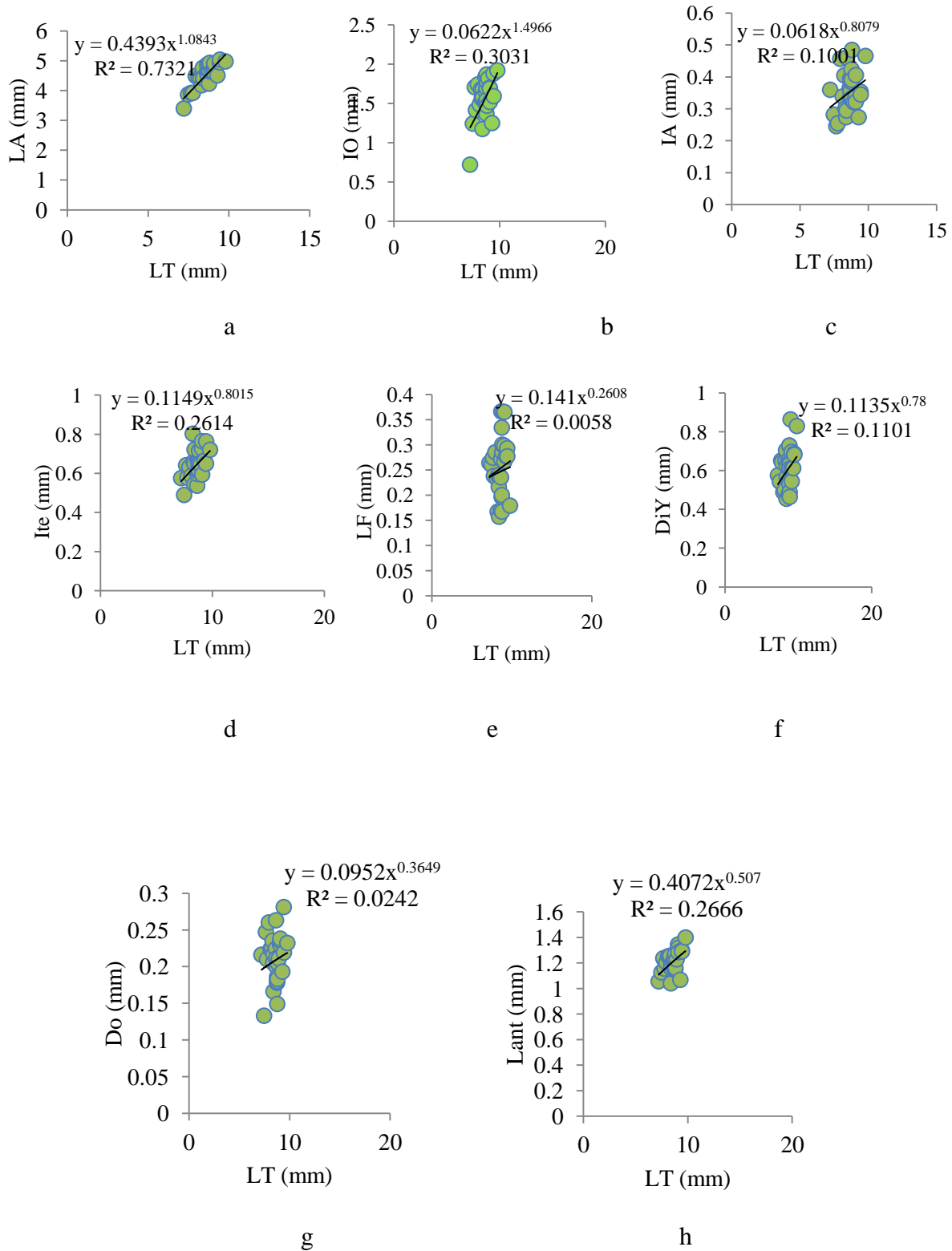


Figure-A 1-105. Droites de régression de la longueur totale, la longueur de l'abdomen (LA) (a), la largeur de l'utérus (IO) (b), la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen (IA) (c), la largeur de la tête (ITe) (d), la longueur de la fourche caudale (LF) (e), la distance entre les yeux (DiY) (f), le diamètre de l'œil (DO) (g) et la longueur de l'antennule (Lant) (h) de la population femelle d'*Artémia* de Timimoune.

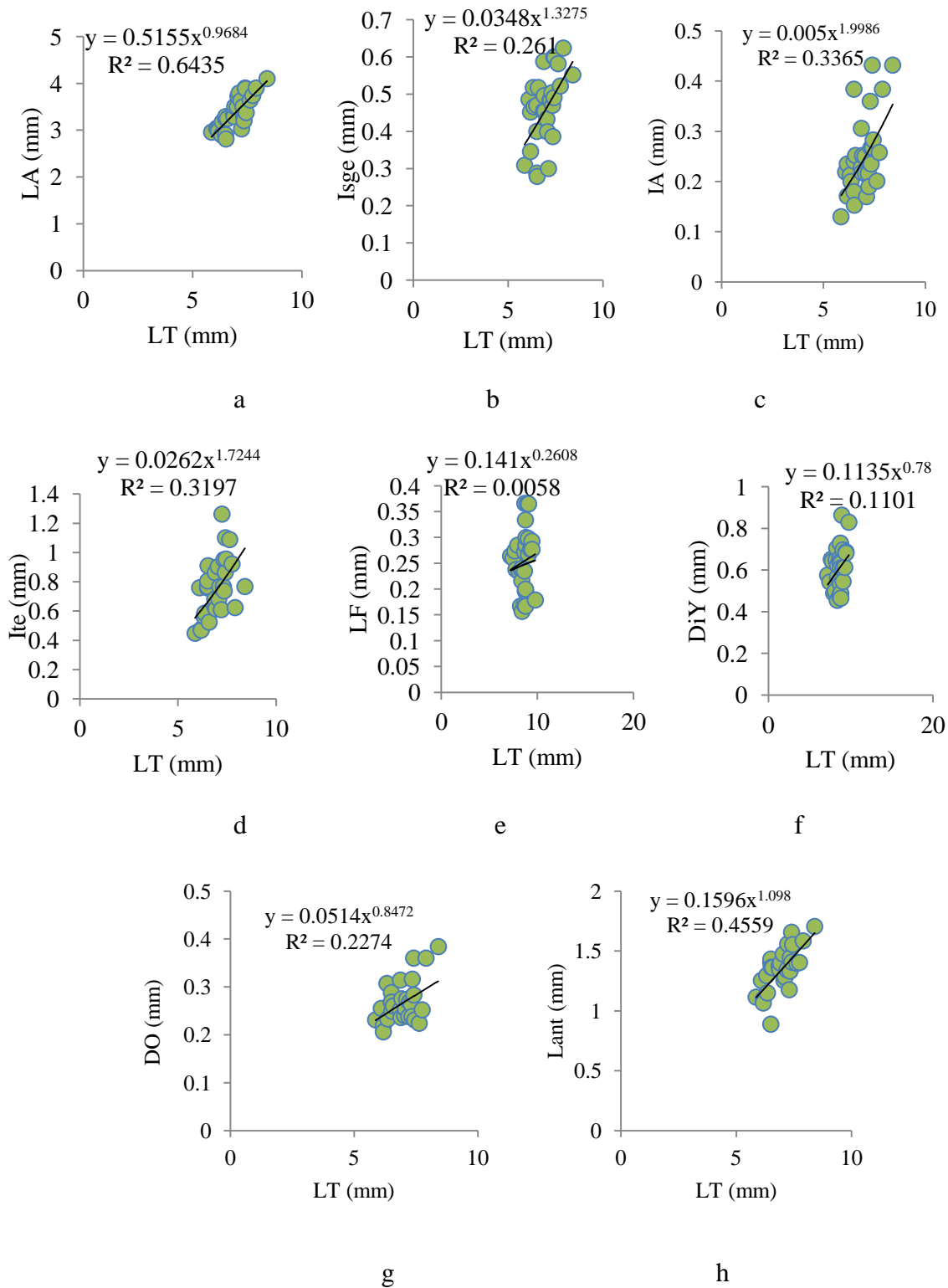


Figure-A 1-106. Droites de régression de la longueur totale, la longueur de l'abdomen (LA) (a), la largeur du segment génital (Isge) (b), la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen (IA) (c), la largeur de la tête (Ite) (d), la longueur de la fourche caudale (LF) (e), la distance entre les yeux (DiY) (f), le diamètre de l'œil (DO) (g) et la longueur de l'antennule (Lant) (h) de la population mâle d'*Artémia* de Timimoune.

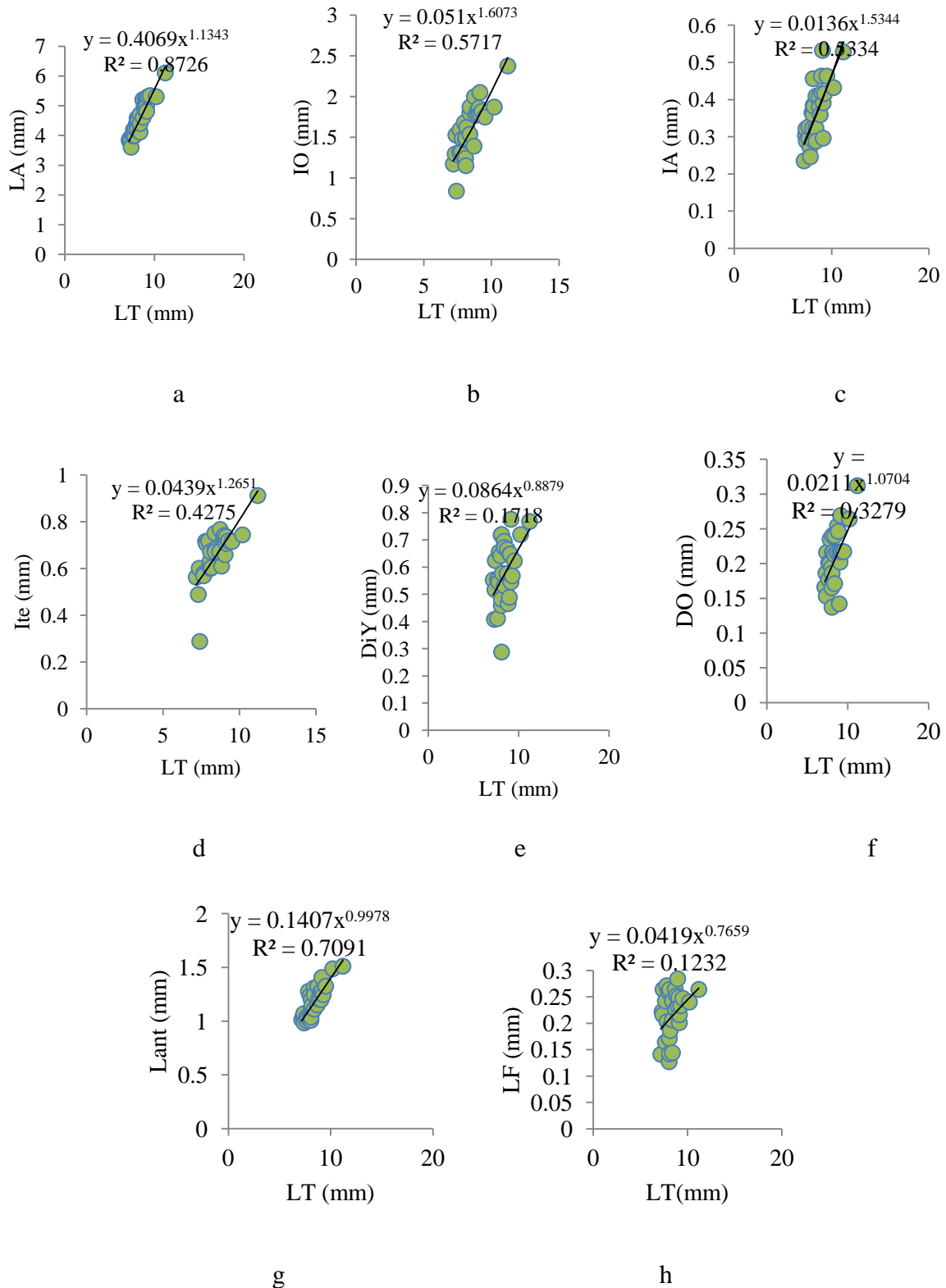


Figure-A 1-107. Droites de régression de la longueur totale, la longueur de l'abdomen (LA) (a), la largeur de l'utérus (IO) (b), la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen (IA) (c), la largeur de la tête (ITe) (d), la longueur de la fourche caudale (LF) (e), la distance entre les yeux (DiY) (f), le diamètre de l'œil (DO) (g) et la longueur de l'antennule (Lant) (h) de la population femelle d'El Melah.

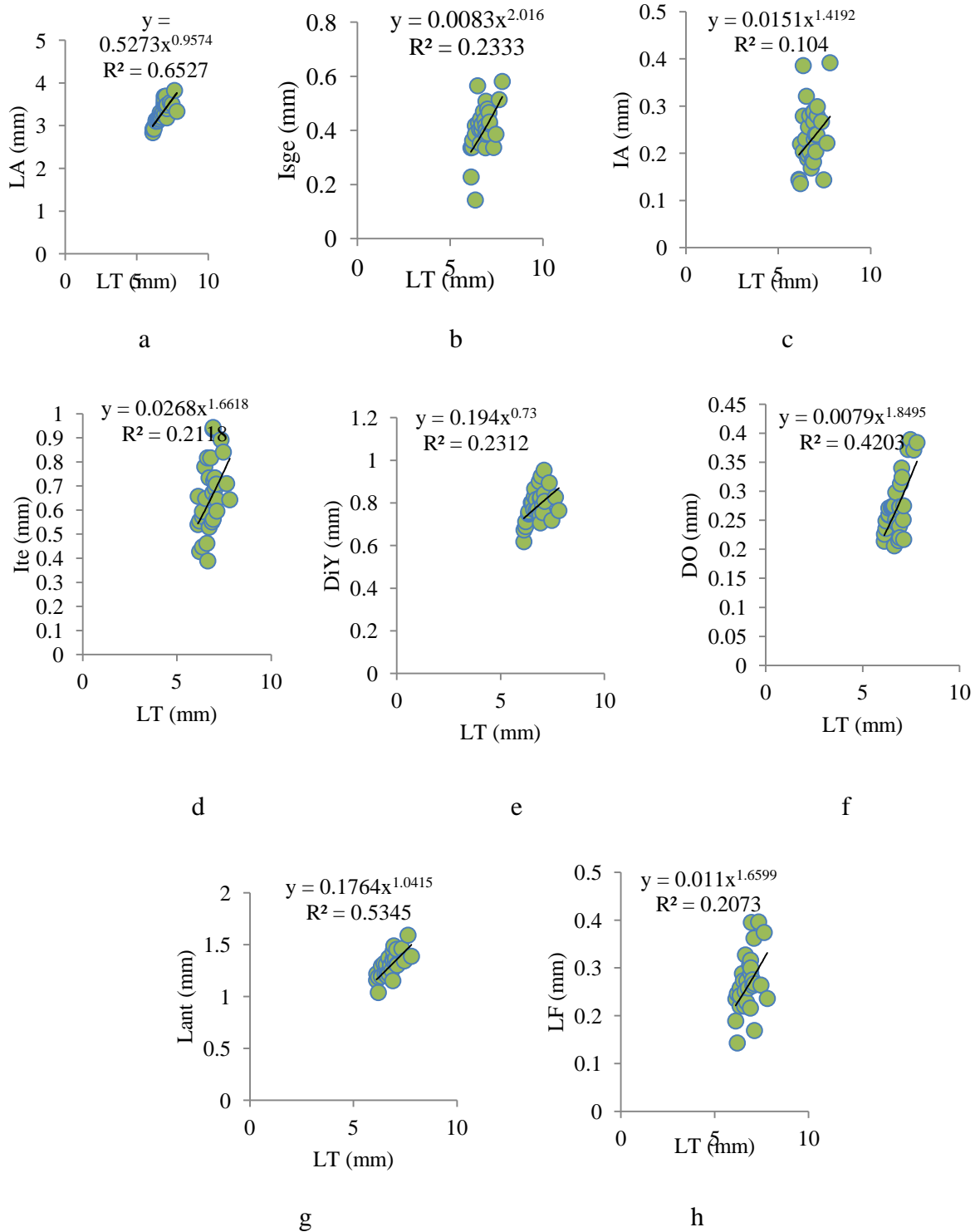


Figure-A 1-108. Droites de régression de la longueur totale, la longueur de l'abdomen (LA) (a), la largeur du segment génital (ISge) (b), la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen (IA) (c), la largeur de la tête (ITe) (d), la longueur de la fourche caudale (LF) (e), la distance entre les yeux (DiY) (f), le diamètre de l'œil (DO) (g) et la longueur de l'antennule (Lant) (h) de la population mâle d'El Melah.

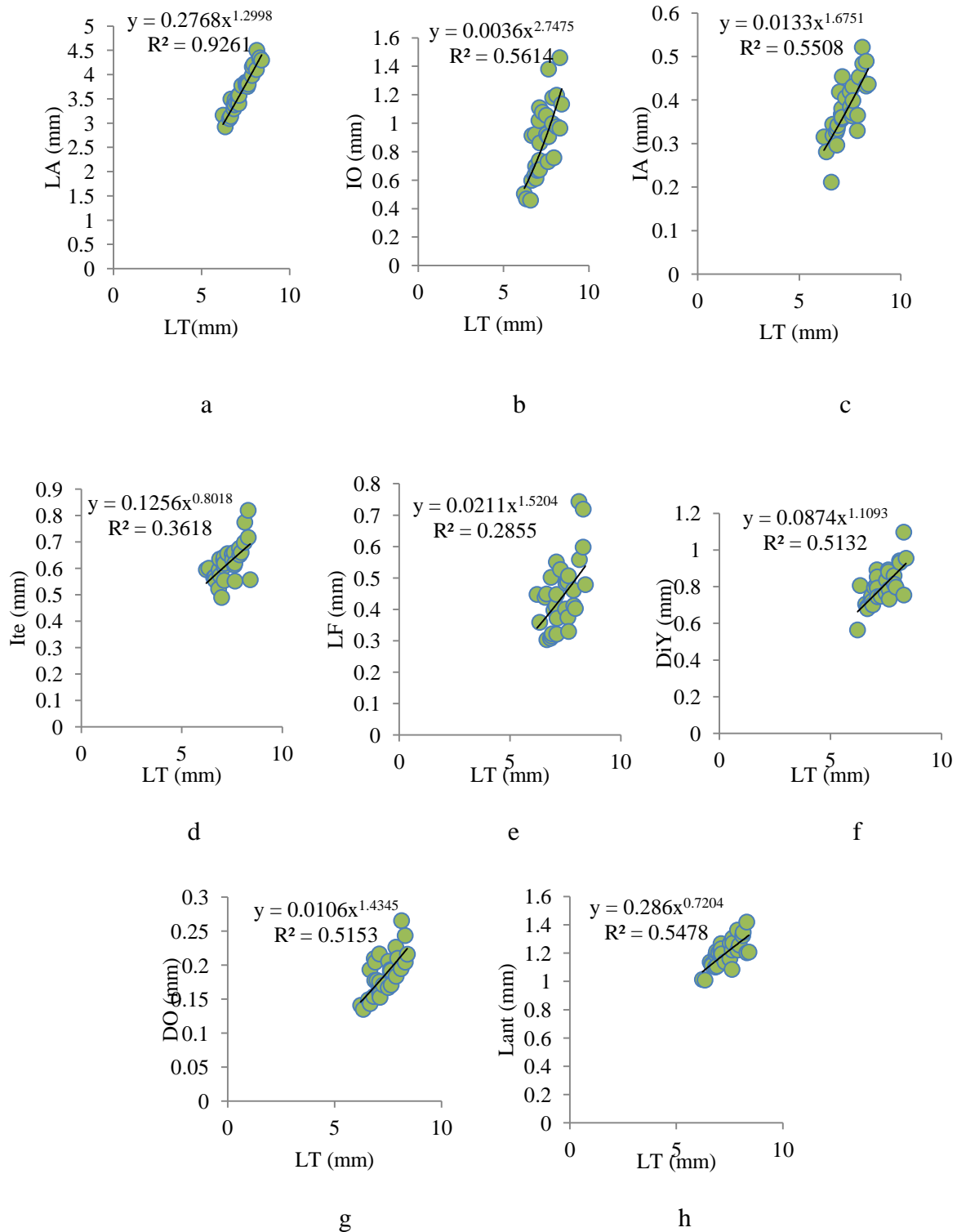


Figure-A 1-109. Droites de régression de la longueur totale, la longueur de l'abdomen (LA) (a), la largeur de l'utérus (IO) (b), la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen (IA) (c), la largeur de la tête (Ite) (d), la longueur de la fourche caudale (LF) (e), la distance entre les yeux (DiY) (f), le diamètre de l'œil (DO) (g) et la longueur de l'antennule (Lant) (h) de la population d'élevage d'*Artémia* de Béthioua.

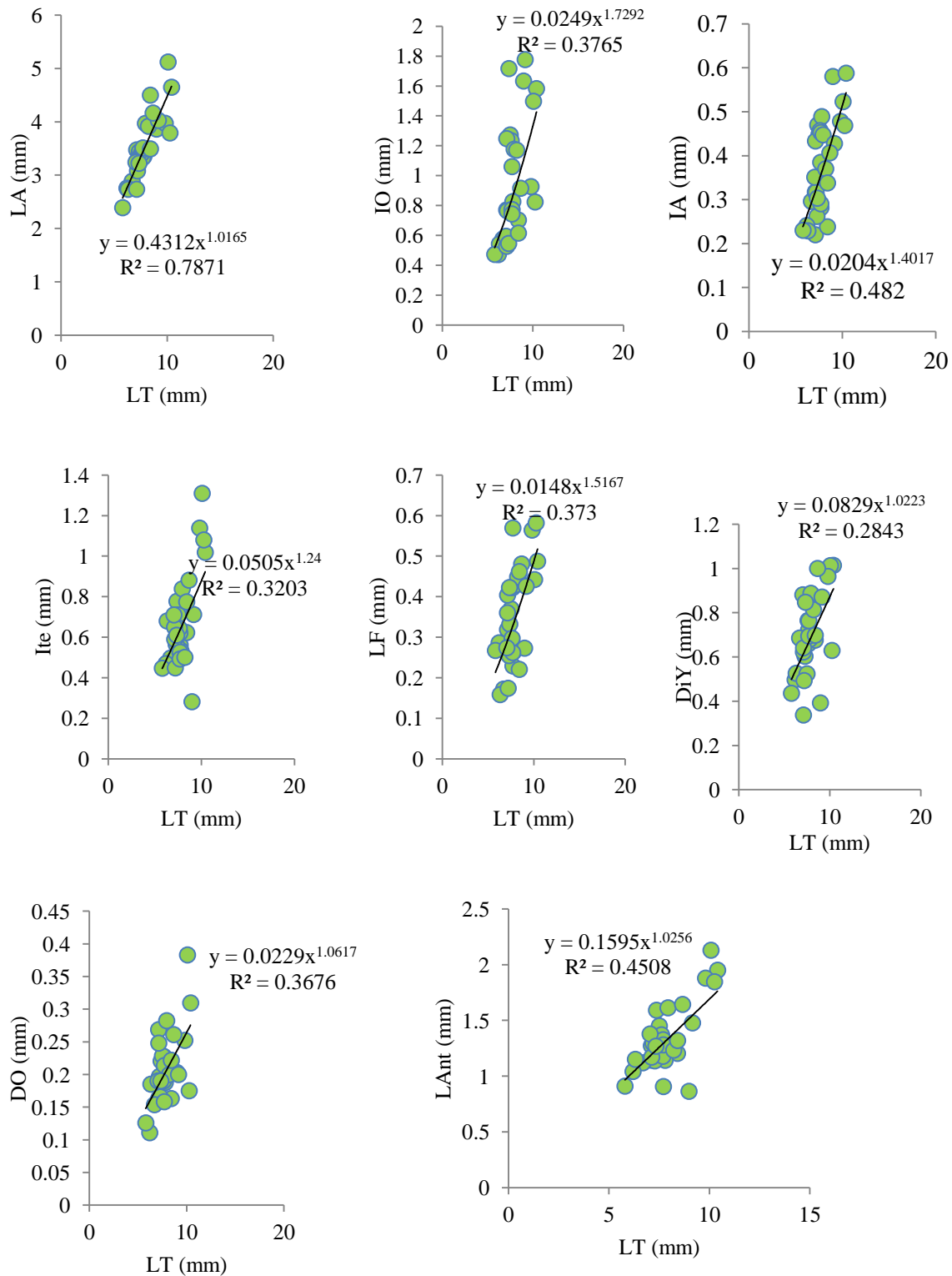


Figure-A 1-110. Droites de régression de la longueur totale, la longueur de l'abdomen (LA) (a), la largeur de l'utérus (IO) (b), la largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen (IA) (c), la largeur de la tête (ITe) (d), la longueur de la fourche caudale (LF) (e), la distance entre les yeux (DiY) (f), le diamètre de l'œil (DO) (g) et la longueur de l'antennule (Lant) (h) de la population sauvage d'*Artémia de Béthioua*.

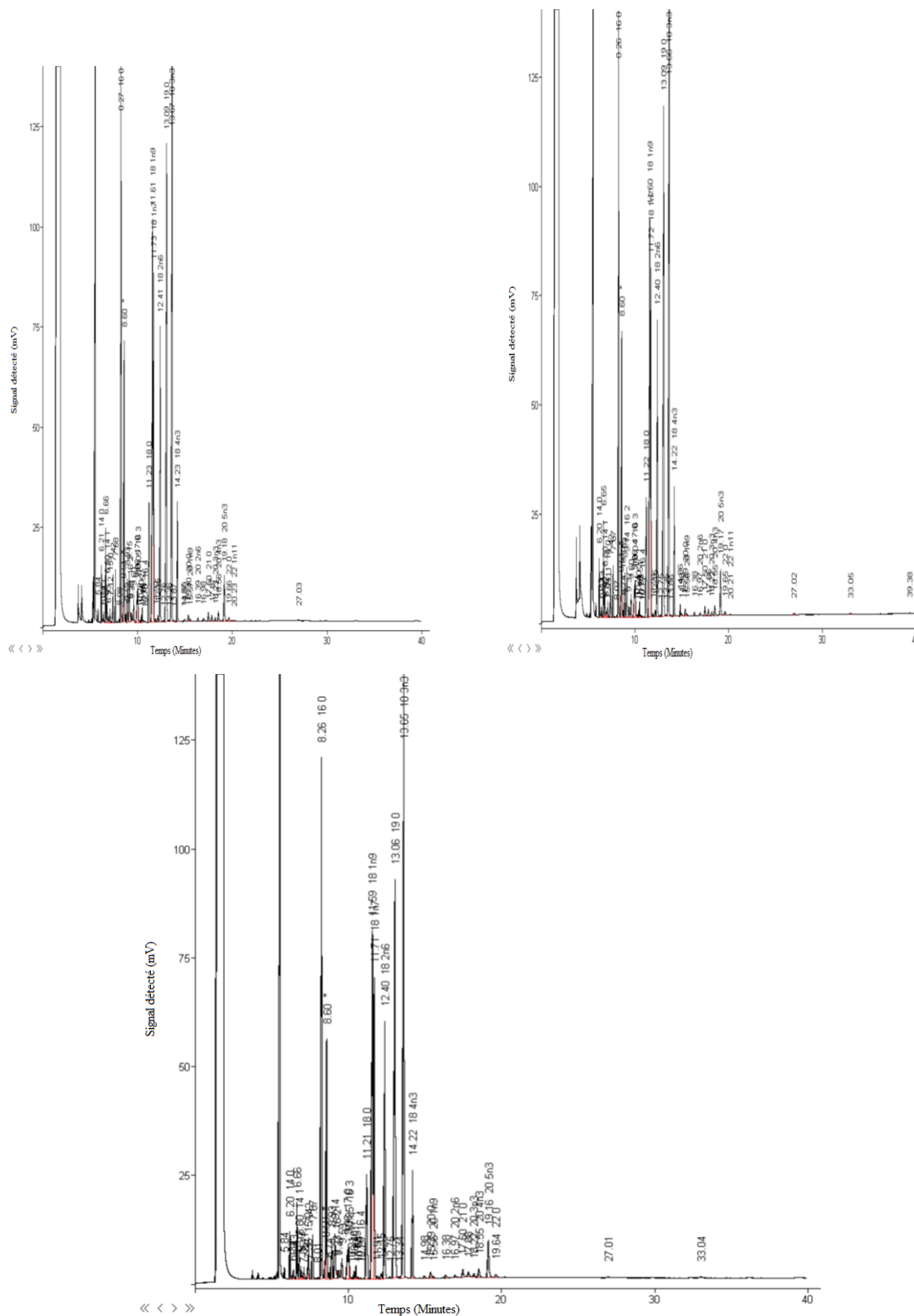


Figure-A 1-112. Les chromatogrammes de la population d'Artemia de Timimoune. (03 répliques).

ANNEXE 2

Tableau-A 2-32. Composition du milieu de culture (D'après Trigui, 2017). Le milieu de culture nécessite la préparation de trois solutions (saline, de métaux et vitaminique).

Solution 1 : solution saline	Quantité
NaNO ₃	100g
NaH ₂ PO ₄ .2H ₂ O	20g
FeCl ₃ .6 H ₂ O	1.3g
MnCl ₂ .4H ₂ O	0.36g
H ₃ BO ₃	33.6g
NaEDTA	5g
Eau distillé	1000ml
Solution saline : on mélange les ingrédients avec de l'eau distillée (1000 ml) et on agite la solution avec un agitateur. La solution est stérilisée 20 minutes à 120° C. Après refroidissement, elle est stockée dans un flacon opacifié à une température de 4°C.	
Solution 2 : solution de métaux	
ZnCl ₂	2.1g
CoCl ₂ .6 H ₂ O	2g
(NH ₄) ₆ (Mo) ₇ (O ₂) ₄ .4 H ₂ O	0.9g
CuSO ₄ .5 H ₂ O	2g
Eau distillée	100 ml
Solution de métaux : on mélange les métaux avec de l'eau distillée (100ml) et on agite la solution avec agitateur. La solution est stérilisée 20 minutes à 120° C. Après refroidissement, elle est stockée dans un flacon opacifié à une température de 4°C.	
Solution 3 : solution vitaminée	
Vitamine B1 (Thiamine chlorhydrate)	125 mg
Vitamine B6 (Pyridoxine balamine)	125 mg
Vitamine B12 (Cyanocobalamine)	0.5 mg
2 comprimés de vitamine H (Biotine)	10 mg
Eau distillé	50 ml
Solution de vitamine : les 3 comprimés de vitamine (B1, B6, B12 et H) sont broyés puis dissous dans l'eau distillée (50ml). La solution obtenue est agitée avec agitateur. La solution est conservée à 4°C à l'abri de la lumière.	
Remarque: L'eau de mer est stérilisée aussi à 120°C pendant 20 minutes et la solution vitaminée est ajoutée au dernier moment pour ne pas détruire les vitamines par la stérilisation ou le contact prolongé à la lumière.	

Tableau-A 2-33. Equation des droites de régression, coefficients de corrélation (r) et types d'allométrie de croissance des différents caractères mesurés chez la population femelle de Timimoune. =: isométrie; -: allométrie minorante; +: allométrie majorante; LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO: Largeur de l'utérus; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ite : Largeur de la tête; Lant : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

Fonction	Equation de régression	r	t _{obs}	Type d'allométrie
LA=(LT)	LA= 0.4393LT ^{1.0843}	0.85	0.78	=
IO=(LT)	IO = 0.0622LT ^{1.4966}	0.54	2.58	+
IA=(LT)	IA = 0.0618LT ^{0.8079}	0.31	0.7	=
Ite=(LT)	Ite= 0.1149x ^{0.8015}	0.51	1.38	=
LF=(LT)	LF = 0.141LT ^{0.2608}	0.07	9.51	-
DiY=(LT)	DiY = 0.1135LT ^{0.78}	0.33	1.4	=
DO=(LT)	DO = 0.0952LT ^{0.3649}	0.15	6.38	-
Lant=(LT)	Lant= 0.4072LT ^{0.507}	0.5	4.5	-

Tableau-A 2-34. Equation des droites de régression, coefficients de corrélation (r) et types d'allométrie de croissance des différents caractères mesurés chez la population mâle de Timimoune. =: isométrie; -: allométrie minorante; +: allométrie majorante; LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; Isge: Largeur du segment génital; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ité : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

Fonction	Equation de régression	r	t _{obs}	Type d'allométrie
LA=(LT)	$LA = 0.5155LT^{0.9684}$	0.8	0.36	=
ISge=(LT)	$Isge = 0.0348LT^{1.3275}$	0.51	1.72	+
IA=(LT)	$IA = 0.005LT^{1.9986}$	0.57	4.8	=
Ite=(LT)	$Ite = 0.0262LT^{1.7244}$	0.55	3.62	=
LF=(LT)	$LF = 0.141LT^{0.2608}$	0.26	2.52	-
DiY=(LT)	$DiY = 0.1135LT^{0.78}$	0.55	0.96	=
D0=(LT)	$DO = 0.0514LT^{0.8472}$	0.47	1.05	-
Lant=(LT)	$Lant = 0.1596Lt^{1.098}$	0.67	0.61	-

Tableau-A 2-35. Equation des droites de régression, coefficients de corrélation (r) et types d'allométrie de croissance des différents caractères mesurés chez la population femelle d'El Melah. =: isométrie; -: allométrie minorante; +: allométrie majorante; LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO: Largeur de l'utérus; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ité : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

Fonction	Equation de régression	r	t _{obs}	Type d'allométrie
LA=(LT)	$LA = 0.4069LT^{1.1343}$	0.93	1.97	+
IO=(LT)	$IO = 0.051LT^{1.6073}$	0.75	3.93	+
IA=(LT)	$IA = 0.0136LT^{1.5344}$	0.72	3.21	+
Ite=(LT)	$Ite = 0.0439LT^{1.2651}$	0.65	1.28	=
LF=(LT)	$LF = 0.0419LT^{0.7659}$	0.35	1.57	=
DiY=(LT)	$y = 0.0864x^{0.8879}$	0.41	0.74	=
D0=(LT)	$DO = 0.0211LT^{1.070}$	0.56	0.43	=
Lant=(LT)	$Lant = 0.1407Lt^{0.9978}$	0.84	0.09	=

Tableau-A 2-36. Equation des droites de régression, coefficients de corrélation (r) et types d'allométrie de croissance des différents caractères mesurés chez la population mâle d'El Melah. =: isométrie; -: allométrie minorante; +: allométrie majorante; LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; Isge: Largeur du segment génital; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Ité : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

Fonction	Equation de régression	r	t _{obs}	Type d'allométrie
LA=(LT)	$LA = 0.5273LT^{0.9574}$	0.80	0.45	+
ISge=(LT)	$ISge = 0.0083LT^{2.016}$	0.47	4.56	=
IA=(LT)	$IA = 0.0151LT^{1.4192}$	1.39	1.95	=
Ite=(LT)	$Ite = 0.0268LT^{1.6618}$	0.46	3.14	=
LF=(LT)	$LF = 0.0111LT^{1.6599}$	0.45	3.10	=
DiY=(LT)	$DiY = 0.194LT^{0.73}$	0.48	1.92	+
D0=(LT)	$DO = 0.0079LT^{1.8495}$	0.65	4.5	=
Lant=(LT)	$Lant = 0.1764LT^{1.0415}$	0.73	0.3	=

Tableau-A 2-37. Equation des droites de régression, coefficients de corrélation (r) et types d'allométrie de croissance des différents caractères mesurés chez la population d'*Artemia* de Béthioua (élevage). =: isométrie; -: allométrie minorante; +: allométrie majorante; LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO: Largeur de l'utérus; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Itc : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

Fonction	Equation de régression	r	t _{obs}	Type d'allométrie
LA=(LT)	$LA = 0.2768LT^{1.2998}$	0.95	4.81	+
IO=(LT)	$IO = 0.0036LT^{2.7475}$	0.75	9.74	+
IA=(LT)	$IA = 0.0133LT^{1.6751}$	0.74	4.22	+
Ite=(LT)	$Ite = 0.1256LT^{0.8018}$	0.6	1.48	=
LF=(LT)	$LF = 0.0211LT^{1.5204}$	0.53	2.68	+
DiY=(LT)	$DiY = 0.0874LT^{1.1093}$	0.71	0.72	=
DO=(LT)	$DO = 0.0106LT^{1.4345}$	0.71	2.76	+
LAnt=(LT)	$Lant = 0.286LT^{0.7204}$	0.73	2.60	-

Tableau-A 2-38. Equation des droites de régression, coefficients de corrélation (r) et types d'allométrie de croissance des différents caractères mesurés chez la population d'*Artemia* de Béthioua (milieu sauvage). =: isométrie; -: allométrie minorante; +: allométrie majorante; LT : Longueur totale; LA : Longueur de l'abdomen; LF : Longueur de la fourche caudale; IO: Largeur de l'utérus; IA : Largeur du 3^{ème} segment de l'abdomen; Itc : Largeur de la tête; LAnt : Longueur de l'antennule; DO : Diamètre de l'œil; DiY : Distance entre les yeux.

Fonction	Equation de régression	r	t _{obs}	Type d'allométrie
LA=(LT)	$LA = 0.4312LT^{1.0165}$	0.88	0.11	=
IO=(LT)	$IO = 0.0249LT^{1.7292}$	0.6	3.79	+
IA=(LT)	$IA = 0.0204LT^{1.4017}$	0.7	2.51	+
Ite=(LT)	$Ite = 0.0505LT^{1.24}$	0.56	-1.39	=
LF=(LT)	$LF = 0.0148LT^{1.5167}$	0.6	2.82	+
DiY=(LT)	$DiY = 0.0829LT^{1.0223}$	0.52	0.12	=
DO=(LT)	$DO = 0.0229LT^{1.0617}$	0.6	0.38	=
LAnt=(LT)	$LAnt = 0.1595LT^{1.0256}$	0.7	-0.14	=

ANNEXE 3

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Attestation de Participation

Je soussigné, Directeur de l'ENSSMAL, certifie que

Mme CHABET DIS C.

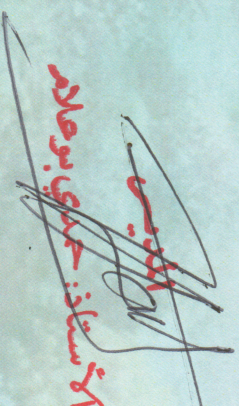
a participé au Troisième Séminaire Doctoral de l'École SDE-3 qui a eu lieu à l'ENSSMAL, le 08 Juin 2016
à l'occasion de la journée mondiale de l'océan par une communication affichée intitulée :

« *Evaluation des cystes d'Artemia salina au niveau du Chott Ech Chergui : Méthodologie d'étude* »

Co-auteur : REFFES W.

Fait à Dély Ibrahim, le

Le Directeur de l'ENSSMAL


الأستاذ: حمدي بوعلاء





Attestation de Participation

Je soussigné, Directeur de l'ENSSMAL, certifie que **Mme CHABET DIS Chalabia** a participé au 2^{ème} Workshop International sur l'Eco-Toxicologie Marine qui a eu lieu à l'ENSSMAL le 14 octobre 2017 par une **communication affichée** intitulée : «**FATTY ACID PROFILES OF ARTEMIA SALINA (L.) FROM OUEST ALGERIAN POPULATION**».

Co-auteurs : JUAN CARLOS NAVARRO, REFES WAHID, INMACULADA VARO, FRANCISCO HONTORIA

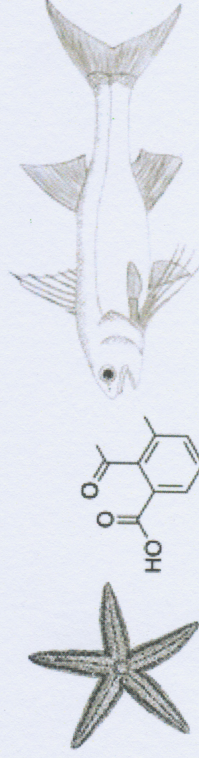
Fait à Dély Ibrahim, le 14/10/2017

Le Directeur de l'ENSSMAL



مدیر بالنبیة

د. بالیستر مساد



People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Kasdi Merbah University of Ouargla
Faculty of Natural Sciences and Life
Department of Biological Sciences Organizes

SIAQUA2020

10 - 12 February 2020, Ouargla - Algeria



CERTIFICATE OF PARTICIPATION

Chalabia CHABET DIS

Has participated with oral presentation; entitled: **Morphological characteristics of a new strain of Artemia from Timimoun** at the 1st international conference on aquaculture (SIAQUA2020), Issues and perspectives 10 – 12 February 2020 Kasdi Merbah University - Ouargla

Co-authors: **Refes Wahid**, Immaculada Varo, Juan Carlos Navarro, Francisco Hontoria

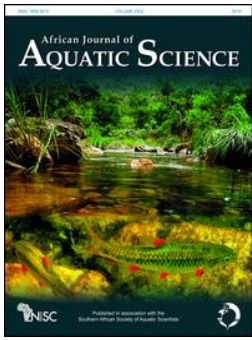
Dr. Sabrina HDOUCI
Chair of SIAQUA2020

1ST INTERNATIONAL CONFERENCE IN AQUACULTURE

SIAQUA2020

10 - 12 February 2020, Ouargla - Algeria





Quality evaluation of *Artemia* cysts from three Algerian populations

C Chabet Dis, W Refes, I Varó, F Hontoria, F Amat & JC Navarro

To cite this article: C Chabet Dis, W Refes, I Varó, F Hontoria, F Amat & JC Navarro (2021): Quality evaluation of *Artemia* cysts from three Algerian populations, African Journal of Aquatic Science, DOI: [10.2989/16085914.2021.1895052](https://doi.org/10.2989/16085914.2021.1895052)

To link to this article: <https://doi.org/10.2989/16085914.2021.1895052>



Published online: 28 Apr 2021.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 3




View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

Quality evaluation of *Artemia* cysts from three Algerian populations

C Chabet Dis^{1,3*} , W Refes¹, I Varó², F Hontoria², F Amat² and JC Navarro²

¹ *École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL), Campus Universitaire de Dely Ibrahim Bois des Cars, Algiers, Algeria*

² *Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal (IATS-C), Castellón, Spain*

³ *Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA), Tipaza, Algeria*

*Correspondence: ch.d.chalabia@gmail.com

The aim of this study was to determine the nutritional value of three populations of *Artemia*, one from the Bethioua Sebkhha (Oran) and two new biotopes at El Melah (Bechar) and Timimoune (Adrar), by evaluating the cyst and nauplius biometry, hatching parameters and fatty acid profiles. This information is of relevance to aquaculture initiatives, and fills in knowledge gaps from previous research at Algerian sites. The size of nauplii varied from $453.26 \pm 0.3 \mu\text{m}$ and $478.73 \pm 0.2 \mu\text{m}$. The chorion thickness was between $13.28 \mu\text{m}$ and $10.50 \mu\text{m}$. The highest hatching percentage and hatching efficiency were obtained after decapsulation of Bethioua cysts. The shortest hatching synchrony time was also found for the Bethioua cysts. All cyst samples from the the Bethioua population analysed in this study showed a freshwater-type fatty acid profile, rich in linolenic acid (LNA, 18:3n-3), opposed to a marine-type fatty acid profile rich in presence of eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3). The Bethioua population exhibited the best hatching performance and are ideally suited for use in aquaculture.

Keywords: biometry, fatty acid, hatching, nauplii

Introduction

Artemia has long been used as a food source in rearing crustacean, marine fish and freshwater fish larvae in aquaculture (Dhont and Sorgeloos 2002). The cysts that are produced during its unique life cycle offer conveniences in aquaculture, specifically they are easy to store and can be hatched when needed, producing free-living nauplii, which are an excellent food for newly hatched fish larvae (Bengtson et al. 1991).

The level of essential long chain n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA), especially eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3), are the key factor for the dietary value of different strains (Leger et al. 1986). *Artemia* cyst samples are divided into two categories according to their fatty acid profiles: freshwater-type *Artemia* have a high concentration of linolenic acid (LNA, 18:3n-3) and low concentration of eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3) and are only suitable for feeding freshwater species; and, marine-type *Artemia* have a higher EPA concentration and generally lower LNA concentration and are more suited for culturing marine species (Watanabe et al. 1978).

Artemia is, in fact, of immense economic importance in crustacean and fish larviculture because an equivalent food source offering the same nutrient sources and ease-of-use has yet to be found (Bengtson et al. 1991). The increasing demand for *Artemia* in a growing aquaculture industry, which has an annual growth rate of 2.4% (FAO 2014), is intensifying the search and evaluation of new sources of cysts for both local and international use (Sorgeloos et al. 2001). Many commercial *Artemia* products exist, ranging from natural (e.g. in Australia, France, PR China)

to synthesised (e.g., in Brazil, Thailand), with varying hatching rates and nutritional quality. Given this variability, new methods for collecting and processing the cysts and evaluating and manipulating the nutritional composition of the nauplii were adopted (Lavens and Sorgeloos 2000). There is strong competition in cyst products in the market place; the current market leader is a cyst product that is harvested efficiently and cost effectively from the Great Salt Lake, Utah, United States (Sorgeloos et al. 2001). Van Stappen (1996b) reported the use of *Artemia* nauplii in marine aquaculture being limited by the shortage of *Artemia* spp. resources, evidenced by the *Artemia* cyst crisis of the Great Salt Lake of Utah, USA. The warnings by Bengtson et al. (1991) were neglected and the poor yield from the Great Salt Lake during the 1993 to 1995 cyst harvesting seasons resulted in a severe cyst shortage in 1995 (Sorgeloos and Van Stappen 1995). Sorgeloos and Leger (1992) had already suggested exploring and developing new *Artemia* resources or switching to more cost effective formulated feeds, because cyst prices would increase.

Biological and ecological research on *Artemia* populations in Algeria, locally called *chotts* and *sebkhhas*, has been performed at some 24 sites covering an area of >5 500 km² (Kara and Amarouayache 2012). The research included analysis of the fatty acid composition of *Artemia* populations in Algeria (Amarouayache et al. 2009, 2012; Ghomari 2013). Amarouayache et al. (2009) studied the quality of the freshly-hatched *Artemia* nauplii of Chott Marouane located in the north-east of the Algerian Sahara; and, later, evaluated the quality of cysts and instar 1 nauplii

of *Artemia* from Sebkhia Ezmoul in the Eastern part of Algeria (Amarouayache and Kara 2015). Ghomari (2013) analysed the fatty acid profile of six populations (Ezzamoul, Bethioua, Relizane, El Golea, Adrar and Melghir) belonging to different inland biotopes (East, West and South of Algeria).

As part of a broader study on the exploration of new *Artemia* populations from Algeria, the biometry, hatching characteristics and fatty acid profile of three *Artemia* populations was determined. These three parameters are used in the quality evaluation of *Artemia* populations, according to Lavens and Sorgeloos (1996). These findings expand and complement existing information.

Materials and methods

Sample collection

Artemia cyst samples were collected directly from the surface or the banks of three Algerian *sebkha*: Bethioua (Oran; 35°44'18.0" N, 0°15'53.3" W); El Melah (Bechar; 29°3'21.7" N, 1°1'45.3" W); Timimoune (Adrar; 29°15'29.3" N, 0°12'8.6" E) (Figure 1), during February 2017. Samples were collected in plastic bags, and saturated in brine in order to avoid hydration. In the laboratory, the cysts were immersed in brine, where they separate from the sediment and organic matter as they rise to the surface. Cysts are collected by means of a series of sieves with decreasing mesh size (1 000 µm down to 80 µm), and cleaned by differential flotation in freshwater, as described by Amat (1980). Cysts were dried at 39 °C, and stored in the dark at <4 °C prior to use. Two of the studied populations include *Artemia salina* specimens, whereas the third population (from Bethioua) contains a tetraploid parthenogenetic population.

Biometry and hatching

The diameter of 100 chorionated cysts was measured under a microscope equipped with a calibrated micrometer after submerging them for 2 hours in freshwater. Then the cysts were decapsulated by immersion for 15 min in sodium hypochlorite according to Lavens and Sorgeloos (1996), after which they were rinsed in freshwater. The decapsulated cysts were measured as above and the chorion thickness was estimated according to Vanhaecke and Sorgeloos (1980), halving the subtraction of the decapsulated cyst diameter from the hydrated chorionated cysts diameter.

Hatching success of the cysts was estimated by incubation in natural seawater (35 ppt) at 28 °C and pH of 8, under continuous illumination (2 000 lux) and aeration. The hatching percentage and efficiency was estimated as:

$$\text{Hatching percentage} = \frac{\text{Total number of cysts hatched}}{\text{Total number of cysts}} \times 100$$

$$\text{Hatching efficiency} = \frac{\text{Total number of nauplii}}{\text{Mass of cysts (g)}}$$

$$\text{Hatching synchrony } (t_s) = t_{90} - t_{10}$$

The time (in hours) spent from the beginning of incubation until the appearance of the first nauplii is given as t_0 , that

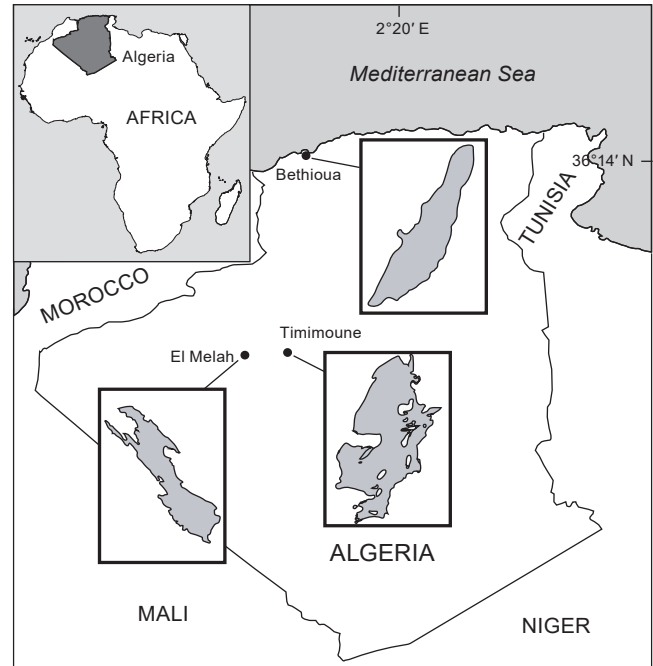


Figure 1: Location of the sampling areas of Algerian *Artemia* populations

for the hatching of 10% cysts is given as t_{10} and that for the hatching of 90% cysts as t_{90} .

The length of instar 1 nauplii was measured under a binocular dissecting microscope (Optika, Italy), equipped with a calibrated micrometer.

Fatty acid analysis

Lipid extractions and fatty acid analyses were carried out on decapsulated cysts as described in Navarro et al. (1992a, 1992b). The dry weight of the decapsulated cysts was determined from three replicates of each sample, maintained for 24 h at 100 °C. The decapsulated cysts were homogenised with 2:1 (v/v) chloroform:methanol with 0.1% butylated hydroxytoluene (BHT) (Sigma, Merck: Darmstadt, Germany) as an antioxidant. Lipid alits were transmethylated through acid-catalysis overnight (Christie 1982). Fatty acid methyl esters (FAMES) were extracted with 1:1 (v/v) hexane:diethyl ether and purified by thin-layer chromatography (silica gel G60, Merck, Germany), using 85:15:1.5 (v/v/v) hexane:diethyl ether:acetic acid as a solvent. The fatty acids were analysed with a gas chromatograph (CG 8000 series, Fisons Instruments, Rodano, Italy) equipped with a 30 m × 0.25 mm (tracer, TR-WAX, film thickness: 0.25 µm; Teknokroma, Spain) open tubular column. The samples were cold on-column injected using helium as a carrier and under a thermal gradient of 50–220 °C. Injection temperature was 50 °C. Peaks were integrated with MS Azur software, and identified by comparison with known standards.

Statistical analyses

The statistical analyses were performed using the Vegan (Oksanen et al. 2013), ade4 (Dray and Dufour 2007) and

extra (Kassambara and Mundt 2016) packages in the statistical environment R version 3.6.1 (R Development Core Team 2014). The results of fatty acid composition, biometry and hatching characteristics were compared between the different populations using ANOVA ($p < 0.5$). Selected fatty acids (14:0, 15:0, 16:0, 16:1n-7, 17:0, 18:0, 18:1n-9, 18:1n-7, 18:3n-3, 18:4n-3, 20:0, 20:1n-9, 20:4n-6, 20:5n-3 and 22:0) were used as variables and analysed through principal components analysis (PCA). Comparative data from Ghomari (2013) were introduced in the model to validate the final score plot using the two first components.

Results

Biometry and hatching

The mean cyst diameter varied between the samples from the three sites, the maximum being recorded for Bethioua ($268.8 \pm 0.01 \mu\text{m}$) and the minimum for El Melah ($247.81 \pm 0.2 \mu\text{m}$) (Table 1). The same trend was obtained for the mean diameter of decapsulated cysts. The three populations examined exhibit differences in cyst diameters for both decapsulated and hydrated cysts ($p < 0.5$). Except for El Melah and Timimoune, decapsulated cyst mean diameter presented no significant differences ($p > 0.5$).

Chorion thickness was highest in Bethioua ($13.28 \mu\text{m}$) and lowest in El Melah ($10.5 \mu\text{m}$) (Table 1). The largest mean naupliar instar 1 size of the *Artemia* populations hatched from the three different biotopes was recorded in Bethioua ($478.73 \pm 0.2 \mu\text{m}$) and the smallest in Timimoune ($453.26 \pm 0.3 \mu\text{m}$). The Bethioua population was significantly larger than the Timimoune and El Melah populations ($p < 0.5$). There were no significant differences between the mean size of the nauplii instar-1 from Timimoune and El Melah populations ($p > 0.5$).

The decapsulated cysts from Bethioua had a higher hatching percentage (83.7%) than the non-decapsulated cysts (64.2%). The decapsulated cysts from Bethioua also had a higher hatching efficiency ($136\ 978 \pm 16\ 124$ nauplii g^{-1}) than the non-decapsulated cysts ($101\ 069 \pm 10\ 058$ nauplii g^{-1}). However, non-decapsulated cysts from Timimoune had a lower hatching percentage and hatching efficiency (33.2% and $58\ 912 \pm 1\ 526.97$ nauplii g^{-1} , respectively) than the decapsulated cysts (40.5% and $77\ 517.66 \pm 17\ 980.98$ nauplii g^{-1} , respectively). The hatching efficiency for decapsulated and non-decapsulated cysts for the Timimoune population and that of both of the Bethioua and El Melah populations were found significantly different ($p < 0.5$). The appearance of the first nauplii fluctuated from a minimum of 16.5 h after incubation for the Bethioua cysts, up to a maximum of 19 h for the Timimoune sample (Table 1). The t_s was between 7.5 h for the Bethioua sample and 26 h for the Timimoune sample.

Total lipids

The highest lipid content of the *Artemia* cysts were found in El Melah (17.9% of dry weight) followed by Timimoune (16.2% of dry weight), and the lowest in Bethioua (14.7% of dry weight).

Fatty acids

The fatty acid profiles of cysts of *Artemia* populations analysed from the west and the south west of Algeria are

Table 1: Biometry and hatching characteristics of three *Artemia* populations from Algeria. Different superscripts in the same row denote significant differences ($p < 0.5$)

	Bethioua ^a	El Melah ^b	Timimoune ^c
Mean cyst diameter (μm) (100)			
Hydrated cyst	$268.8 \pm 0.1^{*b,c}$	$247.8 \pm 0.2^{*a,c}$	$255.4 \pm 0.1^{*a,b}$
Decapsulated cyst	$241.5 \pm 0.2^{*b,c}$	$226.8 \pm 0.1^{*a}$	$229.5 \pm 0.1^{*a}$
Chorion thickness (μm)	13.3	10.5	13.0
St of <i>Artemia</i> Instar 1 nauplii (μm)	$478.7 \pm 0.2^{*b,c}$	$466.5 \pm 0.2^{*a}$	$453.3 \pm 0.3^{*a}$
(3 replicates)			
Hatching percentage (%)	64.2	53.2	33.2
Hatching efficiency (nauplii g^{-1})	83.7	70.0	40.5
(3 replicates)			
Non-decapsulated cyst	$101\ 069.3 \pm 10\ 058.3^{*c}$	$94\ 650.7 \pm 9\ 190.3^{*c}$	$58\ 912.0 \pm 1\ 527.0^{*a,b}$
Decapsulated cyst	$136\ 978.0 \pm 16\ 124.0^{*c}$	$136\ 623.0 \pm 16\ 634.9^{*c}$	$77\ 517.7 \pm 17\ 981.0^{*a,b}$
Hatching rate (h)**			
t_0	16.5	17.5	19.0
t_{10}	21.0	27.0	25.0
t_{50}	28.5	37.0	51.0
t_s	7.5	10.0	26.0

*(Mean \pm SD), **Values refer to the time (in hours) spent from the beginning of incubation until the appearance of the first nauplii (t_0), until the hatching of 10% cysts (T_{10}) and of 90% (t_{90}) of hatching efficiency of three replicates. $t_s = t_{50} - t_{10}$, is a measure of hatching synchrony

Table 2: Fatty acids composition (percentage of the total fatty acids from the total lipids) and total identified fatty acids (mg g⁻¹ dry weight) of the cysts from three *Artemia* populations of Algeria (means and standard deviation, $n = 3$). HUFA: highly unsaturated fatty acids; n-3 HUFA: $\geq 20:3n-3$; n-6 HUFA: $\geq 20:2n-6$. Different superscripts in the same row denote significant differences ($p < 0.5$)

	Bethioua		El Melah		Timimoune	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
14:0	0.93	0.3	0.80	0.2	0.91	0.2
14:1	0.66 ^b	0.1	0.45 ^a	0.3	0.68	0.1
15:0	0.30	0.4	0.24 ^c	0.6	0.33 ^b	0.5
16:0	16.12 ^b	0.2	13.65 ^a	0.7	14.94	0.3
16:1n-7	6.02 ^b	0.3	4.55 ^a	0.2	6.27	0.4
16:1n-9	0.18	0.0	0.15	0.0	0.18	0.1
16:2	1.64	0.2	1.47	0.1	1.58	0.2
17:0	1.05 ^b	0.1	0.89 ^a	0.2	1.50	0.1
16:3	1.10	0.2	1.80	0.2	1.13	0.1
17:1	0.40	0.0	0.11	0.3	0.40	0.0
16:4	0.50	0.2	0.11	0.0	0.40	0.1
18:0	5.18 ^b	0.4	4.86 ^a	0.5	4.72 ^b	0.2
18:1n-9	14.79	0.7	15.74	0.1	14.92	0.3
18:1n-7	9.74	0.7	7.86 ^c	0.4	9.48 ^b	0.1
18:1n-5	0.11	0.2	0.80	0.0	0.11	0.0
18:2n-6	7.70	0.7	7.05 ^c	0.2	8.09 ^b	0.3
18:3n-3	19.05 ^b	0.2	24.58 ^a	0.2	20.19	0.2
18:4n-3	2.74 ^b	0.6	4.34 ^a	0.2	3.10	0.1
20:0	0.35	0.0	0.32	0.2	0.28	0.1
20:1n-9	0.12	0.0	0.90	0.0	0.10	0.0
20:2n-6	0.14	0.0	0.14	0.1	0.14	0.0
20:4n-6	0.31	0.1	0.34	0.1	0.32	0.0
20:3n-3	0.11 ^b	0.0	0.15 ^a	0.0	0.13	0.2
20:4n-3	0.37 ^b	0.0	0.62 ^a	0.0	0.39	0.0
20:5n-3	1.56 ^b	0.1	1.40 ^a	0.5	1.72	0.3
22:0	0.24	0.1	0.21	0.1	0.20	0.0
22:1n-11	0.60	0.2	0.70	0.2	0.70	0.1
Total identified fatty acids	90.66		91.11		91.35	
Saturates	24.17	0.3	20.97	0.3	22.42	0.2
Monoenes	31.71	0.2	29.90	0.3	31.85	0.5
n-3	23.84	0.3	31.10	0.3	25.53	0.2
n-6	8.15	0.8	7.54	0.3	8.55	0.3
n-3 HUFA	2.40	0.1	2.18	0.6	2.24	0.6
n-6 HUFA	0.45	0.1	0.48	0.1	0.46	0.0
16:0/16:1n-7	2.68		3.00		2.38	

shown in Table 2. Palmitic (16:0), palmitoleic (16:1n-7), stearic (18:0), cis-vaccenic (18:1n-7), oleic (18:1n-9), linoleic (18:2n-6) and linolenic acid (18:3n3) were the predominant fatty acids.

Palmitic acid was >13% in all samples with greater amounts in the cysts from Bethioua. The maximum and minimum concentrations measured for 18:1n-9 were 15.74% (El Melah sample) and 14.79% (Bethioua). Linolenic acid was present in all samples in high amounts with a maximum of 24.58% in El Melah cysts. Eicosapentaenoic acid and 20:4n-6 were present in all samples in very small amount. A high 16:0/16:1 (>2) was found for all the cysts of the populations studied.

Bethioua and El Melah population showed significant differences ($p < 0.5$) in the percentage of 10 fatty acids (14:1; 16:0; 16:1n-7; 17:0; 18:0; 18:3n-3; 18:4n-3; 20:3n-3; 20:4n-3 and 20:5n-3). There were significant differences between Timimoune and El Melah population ($p < 0.5$) in the percentage of four fatty acids (15:0, 18:0, 18:1n-7 and

18:2n-6). There were no significant differences ($p > 0.5$) between the Bethioua and Timimoune population in fatty acid composition.

Table 3 shows the loadings of the fatty acids on the first and second principal components. Myristic acid (14:0), 16:1n-7, 18:1n-7, 20:1n-9, 20:4n-6 17:0 18:3n-3, 18:4n-3, 20:5n-3, 18:1n-9, 20:0, 18:0 and 15:0 explain most of the variance. Full representation of the variables in the principal component plot (Figure 2) shows that most of them correlate highly with component 1. Positive loadings on principal component 1 are represented by 14:0, 16:1n-7, 18:1n-7, 20:1n-9, 20:4n-6, 20:5n-3; whereas, 17:0, 18:3n-3, 18:4n-3, 18:0, 20:0 and 22:0 show negative loadings. For the second principal component, 17:0, 18:1n-9, 20:0, 22:0, 15:0 and 18:0 are the most informative variables. Both principal components account for 83.82% of the variance. The factor score plot shows three clear groupings. The fatty acid profiles of the three populations reported here are grouped together and are clearly separated in the first

principal component from those in Ghomari (2013), namely Golea, Ezzamoul, Relizane and Bethioua G. The second principal component additionally separated the freshwater-type profiles of Adrar and Melghir (Ghomari 2013) from those of this study group (also freshwater-type).

Discussion

The size of the coronated and decapsulated cysts and nauplii from Bethioua *sebkha* were larger than those of the other populations. This finding corroborates the results of Ghomari (2013), who studied the cyst biometry of 10 Algerian populations, and found the largest cyst diameter in the parthenogenetic populations of Relizane ($257.6 \pm 12.4 \mu\text{m}$), Bethioua ($248.1 \pm 19.8 \mu\text{m}$), Ezzamoul ($250.4 \pm 14.2 \mu\text{m}$), Setif ($253 \pm 17.1 \mu\text{m}$), Oran ($249.2 \pm 16.9 \mu\text{m}$) and Melghir ($275 \pm 15.9 \mu\text{m}$) and the the smallest cyst diameter was found in the bisexual *Artemia salina* from Relizane ($246.4 \pm 16.9 \mu\text{m}$), Ezzamoul ($247.1 \pm 15.5 \mu\text{m}$) and Garaet El Taref ($246 \pm 13.2 \mu\text{m}$). Van Stappen (1996a) reported that energy content and other biometrical characteristics correlate highly with the cyst diameter. Vanhaecke and Sorgeloos (1980) found that the variations of food and salinity in the medium can affect the diameter of the cysts and they suggested that the cyst diameter was related to genetic characteristics. In their study, they concluded that the largest cyst diameter was found in the parthenogenetic population of Margarita Di Savoia Italy ($284.9 \pm 14.6 \mu\text{m}$), whereas *Artemia franciscana* from San Francisco Bay had the smallest cyst diameter ($223.9 \pm 11.7 \mu\text{m}$).

Naupliar size paralleled that of the cysts and parthenogenetic strains (Relizane (446 μm), Bethioua (454 μm) and Ezzamoul (422 μm)) produced bigger nauplii than bisexual strains (418 μm for the Ezzamoul population). Naupliar size varied greatly among the strains. This is important in view of the potential use of the nauplii as live food in aquaculture. Compared with the smallest nauplii from San Francisco Bay (428 μm) and the biggest nauplii from Margherita di Savoia (517 μm) as reported by Sorgeloos et al. (1983), *Artemia* nauplii of the three studied populations were suitable for aquaculture provided that the larvae mouth size is not too

small. Moreover, nauplii from the populations identified in this study can be used as live feed for later developmental stages of cultured species. However, the naupliar size is not of great importance for feeding crustacean larvae because they can capture and tear apart food particles with their

Table 3: Loadings of fatty acids on the first and second principal components

Fatty acid	PC1	PC2
14:0	0.99	-0.1
15:0	-0.37	-0.91
16:0	0.34	0.13
16:1n-7	0.97	-0.4
17:0	-0.71	0.62
18:0	-0.50	-0.84
18:1n-9	0.21	0.86
18:1n-7	0.79	0.36
18:3n-3	-0.99	-0.8
18:4n-3	-0.93	-0.29
20:0	-0.59	0.77
20:1n-9	0.76	0.9
20:4n-6	0.86	0.9
20:5n-3	0.98	0.1
22:0	-0.68	0.64

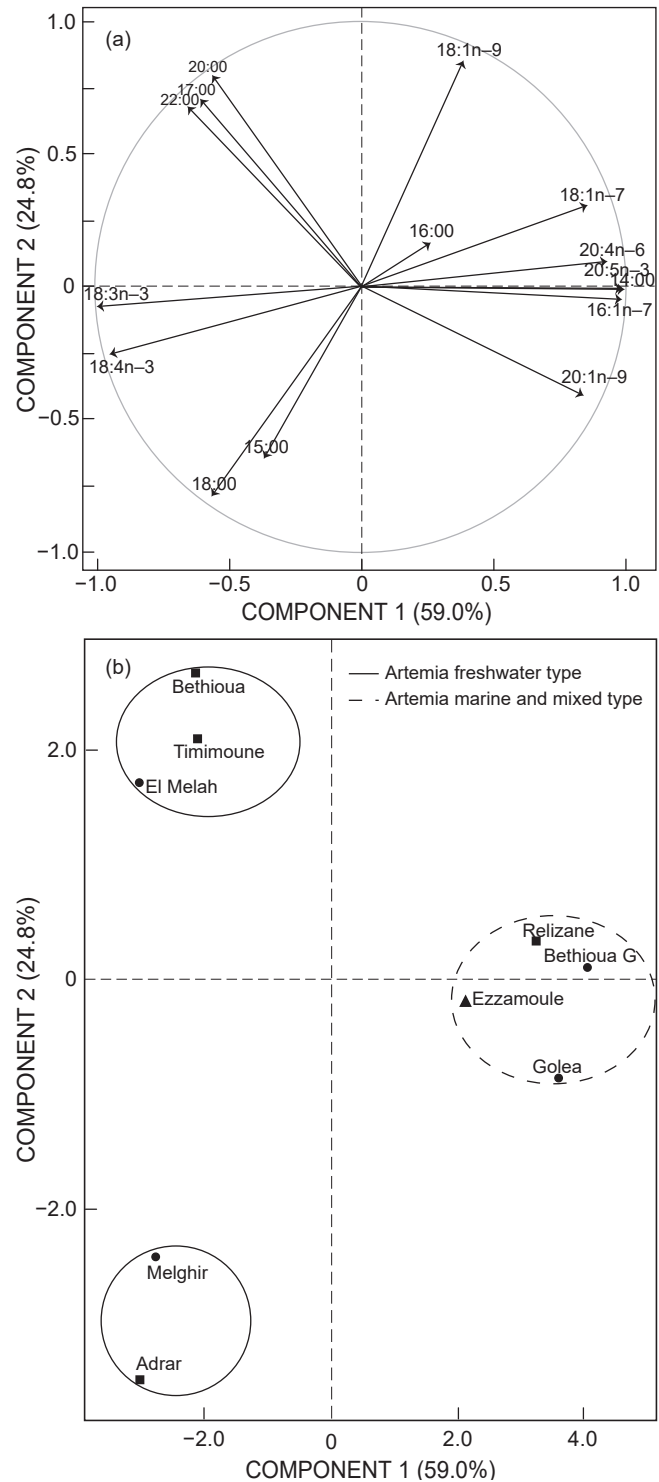


Figure 2: Component plot and factor score plot, of principal component analysis (PCA) of selected fatty acids from total lipids of Algerian *Artemia* cysts, and compared with Ghomari 2013

feeding appendages (Merchie 1996). Populations of nauplii of varied sizes have advantages over uniformly sized nauplii because fish larvae spend less energy taking up a smaller number of bigger nauplii to satisfy their food necessities and hence spend that energy on significantly faster growth (Beck and Bengtson 1982).

Ghomari (2013) reported that chorion thickness was higher for *Artemia salina* and varied between 10 μm (Garaet El Taref) and 13.1 μm (Relizane), compared with parthenogenetic populations in which it varied between 6.5 μm (Ezzamoul) and 9.5 μm (Melghir). However, in the present study, the parthenogenetic population of Bethioua exhibited a higher value in chorion thickness. Sorgeloos and Kulasekarapandian (1984) noted that a thick chorion offers better protection to the cysts against mechanical shocks. In addition to the quality evaluation studies of *Artemia* from Ezmoul, Amarouayache and Kara (2015) found that the average diameter of the hydrated cysts fluctuated between 247.18 μm and 247.86 μm ; whereas, the diameter of the decapsulated cysts varied between $217.6 \pm 13.3 \mu\text{m}$ and $225.1 \pm 6.29 \mu\text{m}$. These values correspond to a chorion thickness ranging between 11.73 μm and 14.79 μm for *Artemia salina* from the Chott Marouane for cysts and nauplii with a diameter of 236.5 μm and 428.7 μm , respectively (Kara et al. 2004). These values were smaller than those of the cysts and nauplii of the parthenogenetic strain from El-Bahira with diameters of 277.26 μm and 549.12 μm , respectively (Derbal et al. 2010). The largest cysts and nauplii, as well as adults, of *Artemia* were found in parthenogenetic strains (Amat 1980). In bisexual populations, cysts and nauplii of the New World (the Americas) are in general smaller than those from the Old World (Africa, Asia and Europe). The largest sizes were registered in *Artemia tibetiana* from Tibet with cysts of 323 μm and nauplii of 667 μm (Van Stappen et al. 2003), whereas the lowest values were those of *Artemia franciscana* from Mexico (Baja California) (Rodriguez-Almaraz et al. 2006).

Decapsulation improved hatching, as shown in Table 1. Similarly, Kara et al. (2004) reported that the cysts of the Chott Marouane had a hatching percentage of $24.7 \pm 3.5\%$ in chorionated cysts, which improved to $35 \pm 2\%$ after decapsulation. In addition, similar findings were observed by Ghomari (2013), where the hatching percentage increased from 153 540 nauplii g^{-1} to 220 667 nauplii g^{-1} in Bethioua, from 13 111 nauplii g^{-1} to 20 667 nauplii g^{-1} in Rélizane and from 14 222 nauplii g^{-1} to 76 667 nauplii g^{-1} El Goléa. In comparison with other strains, the hatching percentage obtained in the current study is in between the lowest (20%) and the highest (90%) values reported by Sorgeloos et al. 1986. Consequently, they can be used as an acceptable food source in aquaculture hatcheries. The differences in hatching results of the cysts from Bethioua, El Melah, and Timimoune populations support the idea of geographical location, although always associated with environmental variables. The *sebkhas* of El Melah and Timimoune located in the southern part of Algeria are characterised by a desert-type climate, dry and hot in summer and cold in winter; however, the Bethioua *sebkha* located in the northwestern part of Algeria has a semi-arid character with much more rainfall. In this sense, Brown

and Carpelan (1971) pointed at temperature and oxygen levels as the most important variables in humid climates, whereas osmotic pressure and oxygen can be considered more relevant in arid regions. The hatching synchrony could be considered short for Bethioua and El Melah populations (7.5 h) and high for Timimoune population (10.0 h), in comparison with 6.7 h for Bethioua, 10.6 h for Relizane and 11.1 h for El Golea (Ghomari 2013), 6 h for Ezmoul (Amarouayache and Kara 2015), 6.5 h for a Namibian population, 11 h for a Madagascar population (Triantaphyllidis et al. 1996), 9.5–13 h for a Colombian Caribbean population (Camargo et al. 2005) and 13–49 h for a Tunisian population (Ben Naceur et al. 2012). Lavens et al. (1986) suggested that the development of instars I to II and III beyond 12 h is accompanied by a 27% reduction in the energy value by instar III. At this stage, metanauplii are translucent and swim faster and, as a result, they were more difficult to catch by the predator larvae. This is of relevance for aquaculture, because their lower energy content will reduce the energy uptake by the predator per hunting effort and therefore growth will be reduced.

Hatching synchrony is an important criterion in the use of nauplii as live prey, because it facilitates production of the maximal number of instar I nauplii available within a short time span (Van Stappen 1996a). In the case of poor synchrony, much of energy reserves will be consumed by nauplii that hatched before the last nauplii and before harvesting was completed. To avoid this, harvesting has to be done sequentially to avoid a mixed instar I-II-III population when harvesting at T_{90} . Poor hatching synchrony also involves higher infrastructural costs for the aquaculturist because of the impossibility of restocking the same hatching containers for the next day's harvest. From this point of view, the Bethioua population has the best hatching characteristics among the three populations. It is important to note that no correlation has been found between hatching performance and nutritional value (Bengtson et al. 1991).

The total lipids from the decapsulated cysts of the *Artemia* populations sampled were within those reported in the literature for other strains and populations. For example, the Great Salt Lake and the San Francisco Bay cysts contained 14.7 and 15.7% of lipids (dry weight), respectively (Dendrinis and Thorpe 1987; Garcia-Ortega et al. 1998). In comparison with other Algerian strains, the results obtained here can be regarded as average. Ghomari (2013) found values ranging between 19.27% and 24.43% and interestingly the higher values were found in samples from Bethioua and El Golea. The differences observed in total lipid from different *Artemia* strains can be due to their genetic structure and/or habitat characteristics, especially concerning food availability and quality; however, the composition of algae plays major roles in this variation (Fujita et al. 1980; Schauer et al. 1980; Leger et al. 1986; Mura et al. 1997). This also translates to fatty acid composition and significant differences have been found in the profiles of the different Algerian populations studied here. Tizol-Correa et al. (2006) reported significant difference in the fatty acid profiles of different *Artemia* population from tropical salterns from southern Mexico and Cuba, and emphasised that differences in the

environment cause this variation despite their relatively small geographical separation. Similarly, environmental conditions also affect the fatty acid composition of algae (Guschina and Harwood 2009)

The populations reported here produced freshwater-type cysts and nauplii as evidenced by their fatty acid composition and well-illustrated in the PCA. As such, from a larviculture point of view, the nauplii obtained from these cysts were mainly suitable for the culture of freshwater organisms, unless properly enriched in essential fatty acids (Han et al. 2001). Navarro et al. (1992b) described the 16:0:16:1n-7 ratio as a determinant of the marine–freshwater-type of *Artemia*, with freshwater-type populations having a greater ratio. The 16:0:16:1n-7 ratio that was either close to 2 or higher, together with the high LNA values and very low EPA, confirm that these samples are the freshwater type (Watanabe et al. 1978). Indeed, the C16 fatty acid group is a signature for silica-rich diatoms (>40%), especially 16:1n-7 (Jónasdóttir 2019). In addition, Pedersen et al. (1999) reported that 16:1n-7 is a diatom lipid biomarker. Wilhelm et al. (2006) and Obata et al. (2013) noted that diatoms are regarded as the most ecologically successful microalgae. They occur ubiquitously in marine and freshwater locations (Zaslavskaja et al. 2000), and they are particularly useful biomarkers for identification of trophic interactions (Sargent et al. 1988).

The marine- and freshwater-types of *Artemia* have been associated with the geography of the ecosystem from which they originate, the type of brine and the quality of microalgae in these biotopes. *Artemia* populations from inland biotopes produce cysts that are more likely to contain higher contents LNA, whereas coastal cysts have this fatty acid in low amounts together with higher levels of EPA (Navarro et al. 1992a). Arachidonic acid (20:4n-6) can also be associated with coastal characteristics, as well as having (with some exceptions) lower lipid levels in *Artemia* cysts (Navarro et al. 1992a). The biotopes investigated here were confined to inland biotopes from arid and semiarid basins, and contain different ionic compositions (Cole and Browne 1967). They fulfill the condition of being relatively simple with manageable ecosystems, because of the presence of less biodiversity and less complex structure compared with almost all other systems, such as freshwater ecosystems. The principal abiotic factors are salinity, temperature, oxygen content and ionic composition and are all amenable to monitoring on a regular basis. The ecological characteristics that define each environment favour the presence of certain groups of phytoplankton and zooplankton. The abundance of polyunsaturated fats (n-6) indicates the presence of protozoa and benthic organisms in the diet (Desvillettes et al. 1997). Mura et al. (1997, 2000), concluded that the particular conditions of these habitats, such as temperature and biological factors, such as food and sex have a direct impact on the fatty acid profile of the freshwater-type *Anostraca*. The fatty acid composition is also indirectly related to conditions that affect the environment, such as salinity and oxygen (Torretera and Dodson 2004).

Among the three Algerian *Artemia* populations reported here, the cysts from Bethioua show the best hatching

percentage, efficiency and synchrony, and they were therefore more suitable for their use in aquaculture. Regarding the fatty acid composition, this population was not different from the others in practical terms. The newly hatched nauplii of all three populations reported here can be used to feed freshwater organisms, or properly enriched (Hontoria et al. 1989), to feed marine organisms. However, it is interesting to note that Ghomari (2013) reported that the cysts of Bethioua and Rélizane (sites located in the western part of Algeria) and El Goléa (south of Algeria) were marine-type with a relatively high percentage of EPA and a low LNA, whereas these populations were from inland biotopes. The populations of Adrar and Melghir (sites in southern Algeria) showed a freshwater-type profile with high LNA and low EPA. These results agree with ours for sites in southern Algeria (El Melah and Timimoun), but Bethioua cysts produced profiles significantly different from those reported in Ghomari (2013).

The *sebkha* of Bethioua extends over an area of 5 778 ha and is surrounded by crops. In places where streams or wastewater discharges from the village, mudflats surrounded by herbaceous vegetation were formed. The salt plains were found on the dry banks (*sansouires*). This can drastically change the phytoplankton in the different ponds beyond the inland-coastal area, impacting the fatty acid composition of cysts and nauplii of the *Artemia* populations. Ruiz et al. (2007) found that inland Argentinean populations of *Artemia franciscana* (such as those from March Chiquita and Las Tunas Lagoons) showed marine-type profiles, whereas most of the populations of *Artemia persimilis* found in habitats of a similar nature had freshwater-type profiles, accordingly a genetic influence on the fatty acid profile cannot be disregarded. However, the analysis of the polyunsaturated fatty acids of *Artemia* reveals variability between species and within the same species from one year to another (Leger et al. 1986; Navarro et al. 1992). As mentioned earlier, this fluctuation was probably due to the nature of the primary fauna and flora ingested by the parental generation. Similarly, environmental conditions also affect the fatty acid composition of algae (Guschina and Harwood 2009). It is, therefore, possible to manipulate the acid profile of cysts and nauplii produced in an aquaculture system by the addition or substitution of microalgae (Lavens et al. 1989). Tracer lipid signals from phytoplankton can also be measured to distinguish species in the same group (Chuecas and Riley 1969).

Conclusion

The results of the current study contribute to the knowledge of the distribution and characterization of *Artemia* populations in Algeria. The fatty acid profiles showed that all populations belong to the freshwater type, and their nauplii were therefore suitable for feeding freshwater organisms, but have to be enriched for feeding marine organisms. The direct causes of the variation in the fatty acid profile of the Bethioua population, compared with what had been previously reported, could be as a result of the variability of environmental conditions associated with anthropogenic influences and variability in the

microecosystems. As the direct cause of the variation in the fatty acid profiles of the Bethioua population has not yet been elucidated, further investigation into the trophic ecology of this site is required. In light of the presented evidence, it is advised that aquaculture practitioners thoroughly investigate the nutritional value (by way of a fatty acid profile) of different batches of cysts, even from those of the same population or supplier.

Acknowledgments — We thank Khadra Ferhani for comments on the manuscript.

ORCID

C Chabet Dis: <https://orcid.org/0000-0001-6488-099X>

References

- Amarouayache M, Derbal F, Kara MH. 2009. Biological data on *Artemia salina* (Branchiopoda, Anostraca) from Chott Marouane (northeast Algeria). *Crustaceana* 82: 997–1005. <https://doi.org/10.1163/156854009X452768>.
- Amarouayache M, Derbal F, Kara MH. 2012. Note on the carcinological fauna associated with *Artemia salina* (Branchiopoda: Anostraca) from Sebkhia Ez-moul (northeast Algeria). *Crustaceana* 85: 129–137. <https://doi.org/10.1163/156854012X623728>.
- Amarouayache M, Kara M. H. 2015. Quality evaluation of a new strain of *Artemia* from Sebkhia Ez-moul, Algeria: biometry, hatching and fatty acid composition. *Vie et Milieu* 65: 211–217.
- Amat F. 1980. Diferenciación y distribución de las poblaciones de *Artemia* (Crustaceo, branquiopodo) de España. II. Incidencia de la salinidad ambiental sobre la morfología y el desarrollo. *Investigaciones Pesquera* 44: 485–503.
- Beck AD, Bengtson DA. 1982. International Study on Artemia XXII: nutrition in aquatic toxicology: diet quality of geographical strains of the brine shrimp, *Artemia*. In: Pearson JG, Forster RB, Bishop WE (Eds). *Aquatic Toxicology and Hazard Assessment*. Philadelphia: ASTM International. pp 161–169.
- Bengtson DA, Leger P, Sorgeloos P. 1991. Use of *Artemia* as a food source for aquaculture. In: Browne RA, Sorgeloos P, Trotman CAN (Eds), *Artemia biology*. Boca Raton: CRC Press. pp 255–285.
- Ben Naceur H, Ben Rejeb Jenhani A, Romdhane MS. 2012. Review of the biogeography of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Tunisia. *International Journal of Artemia Biology* 2: 24–39.
- Brown LR, Carpelan LH. 1971. Egg hatching and life history of a fairy shrimp *Branchinecta mackini* Dexter (Crustacea: Anostraca) in a Mohave desert playa (Rabbit Dry Lake). *Ecology* 52: 41–54. <https://doi.org/10.2307/1934736>.
- Camargo WN, Duran GC, Rada OC, Hernandez LC, Linero JCG, Muelle IM, Sorgeloos P. 2005. Determination of biological and phytochemical parameters of *Artemia franciscana* strains in hypersaline environments for aquaculture in the Colombian Caribbean. *Saline Systems* 9: 1–11.
- Christie WW. 1982. *Lipid Analysis* (2 edn edn). Oxford: Pergamon Press.
- Chuecas L, Riley JP. 1969. Component fatty acids of the total lipids of some marine phytoplankton. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 49: 97–116. <https://doi.org/10.1017/S0025315400046439>.
- Cole GA, Brown RJ. 1967. Chemistry of *Artemia* habitats. *Ecology* 48: 858–861. <https://doi.org/10.2307/1933745>.
- Dendrinis P, Thorpe JP. 1987. Experiments on the artificial regulation of the amino acid and fatty acid contents of food organisms to meet the assessed nutritional requirements of larval, post-larval and juvenile Dover sole (*Solea solea* L.). *Aquaculture* 61: 121–154. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90364-4](https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90364-4).
- Derbal F, Amarouayache M, Kara MH. 2010. Preliminary data on a new *Artemia* strain from El-Bahira Lake (Northeast of Algeria). *Rapport de la Commission Internationale de la Mer Méditerranée* 39: 494.
- Desvillettes C, Bourdier G, Amblard C, Barth B. 1997. Use of fatty acids for the assessment of zooplankton grazing on bacteria, protozoans and microalgae. *Freshwater Biology* 38: 629–637. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1997.00241.x>.
- Dhont J, Sorgeloos P. 2002. Application of *Artemia*. In: Abatzopoulos TJ, Beardmore JA, Clegg JS (Eds), *Artemia: Basic and applied biology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp 251–277. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0791-6_6.
- Dray S, Dufour A. 2007. The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software* 22: 1–20. <https://doi.org/10.18637/jss.v022.i04>.
- Fujita S, Watanabe T, Kitajima C. 1980. Nutritional quality of *Artemia* from different locations as a living feed for marine fish from the viewpoint of essential fatty acids. In: Persoone G, Sorgeloos P, Roels O, Jaspers E (Eds), *The Brine Shrimp Artemia*. Vol. 3. *Ecology, Culturing, Use in Aquaculture*. Wetteren: Universa Press. pp 277–290.
- García-Ortega A, Verreth JAJ, Coutteau P, Segner H, Huisman, EA, Sorgeloos P. 1998. Biochemical and enzymatic characterization of decapsulated cysts and nauplii of the brine shrimp *Artemia* at different developmental stages. *Aquaculture* 161: 501–514. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00297-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00297-4).
- Ghomari SM. 2013. Localisation et caractérisation de la ressource naturelle *Artemia* dans les milieux salins algériens. (Zones Humides de l'Ouest, de l'Est et Sahariennes), PhD thesis, Mostaganem University, Algeria.
- Guschina IA, Harwood JL. 2009. Algal lipids and effect of the environment on their biochemistry. In: Arts MT, Brett MT, Kainz MJ (Eds), *Lipids in Aquatic Ecosystems*. New York: Springer. pp 1–24. https://doi.org/10.1007/978-0-387-89366-2_1.
- Han K, Geurden I, Sorgeloos P. 2001. Fatty acid changes in enriched and subsequently starved *Artemia franciscana* nauplii enriched with different essential fatty acids. *Aquaculture* 199: 93–105. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00596-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00596-2).
- Hontoria F, Navarro JC, Varó I, Amat F. 1989. Utilization of *Artemia* cysts in marine larvae cultures: a model of quality evaluation. *Aquacultural Engineering* 8: 127–138. [https://doi.org/10.1016/0144-8609\(89\)90009-5](https://doi.org/10.1016/0144-8609(89)90009-5).
- Jónasdóttir SH. 2019. Fatty acid profiles and production in marine phytoplankton. *Marine Drugs* 17: 151–151. <https://doi.org/10.3390/md17030151>.
- Kara MH, Bengraïne KA, Derbal F, Chaoui L, Amarouayache M. 2004. Quality evaluation of a new strain of *Artemia* from Chott Merouane (Northeast Algeria). *Aquaculture* 235: 361–369. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.2.016>.
- Kara MH, Amarouayache M. 2012. Review of the biogeography of. *International Journal of Artemia Biology* 2: 40–50.
- Kassambara A, Mundt F. 2016. Extra: extract and visualise the results of multivariate data analyses. <https://CRAN.R-project.org/package=extra>.
- Lavens P, Leger P, Sorgeloos P. 1986. Production, utilization and manipulation of *Artemia* as food source for shrimp and fish larvae. *Oceanis* 4: 229–247.
- Lavens P, Leger P, Sorgeloos P. 1989. Manipulation of the fatty acids profile in *Artemia* offspring produced in intensive culture systems. In: de Pauw N, Jaspers E, Ackefors H, Wilkins N (Eds), *Aquaculture, a Biotechnology in Progress*. Bredene: European Aquaculture Society. pp 731–739.
- Lavens P, Sorgeloos P. 1996. Manual of the production and use of live food for aquaculture. *FAO Fisheries Technical Paper* 361.
- Lavens P, Sorgeloos P. 2000. The history, present status and

- prospects of the availability of *Artemia* cysts for aquaculture. *Aquaculture* 181: 397–403. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00233-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00233-1).
- Leger P, Bengtson DA, Simpson KL, Sorgeloos P. 1986. The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. In: Barries M (Ed.), *Marine Biology and Oceanography: an annual review*. Aberdeen: Aberdeen University Press. pp 521–623.
- Merchie G. 1996. Use of nauplii and meta-nauplii. Manual on the production and use of live food for aquaculture. *FAO Fisheries Technical Paper* 361.
- Mura G, Ferrara F, Fabietti F, Delise M, Bocca A. 1997. Biochemical (fatty acid profile) diversity in anostracan species of the genus *Chirocephalus*. *Hydrobiologia* 359: 237–241. <https://doi.org/10.1023/A:1003164315172>.
- Mura G, Zarattini P, Delise M, Fabietti F, Bocca A. (2000). Seasonal variation of the fatty acid profile in cysts and wild adults of the fairy shrimp *Chirocephalus kerkyrensis* Pesta, 1936 (Anostraca). *Crustaceana* 73: 479–496.
- Navarro JC, Amat F, Sargent JR. 1992a. Fatty acid composition of coastal and inland *Artemia* sp. populations from Spain. *Aquaculture* 102: 219–230. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(92\)90150-J](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90150-J).
- Navarro JC, Amat F, Sargent JR. 1992b. Lipid composition of cysts of the brine shrimp *Artemia* sp. from Spanish populations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 155: 123–131. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(92\)90031-5](https://doi.org/10.1016/0022-0981(92)90031-5).
- Obata T, Fernie A, Nunes-Nesi A. 2013. The central carbon and energy metabolism of marine diatoms. *Metabolites* 3: 325–346. <https://doi.org/10.3390/metabo3020325>.
- Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens HH, Wagner H. 2013. vegan: Community Ecology Package. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Pedersen L, Jensen HM, Burmeister A, Hansen BW. 1999. The significance of food web structure for the condition and tracer lipid content of juvenile snail fish (Pisces: *Liparis* spp.) along 65–728N off West Greenland. *Journal of Plankton Research* 21: 1593–1611. <https://doi.org/10.1093/plankt/21.9.1593>.
- R Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Rodriguez-Almaraz GA, Zavala C, Mendoza R, Maeda-Martinez A. 2006. Ecological and biological notes on the Brine shrimp *Artemia* (Crustacea: Branchiopoda: Anostraca) from Carmen Island, Baja California Sur, Mexico. *Hydrobiologia* 560: 417–423. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-1562-x>.
- Ruiz O, Medina GR, Cohen G, Amat F, Navarro JC. 2007. Diversity of the fatty acid composition of *Artemia* sp. cysts from Argentinean populations. *Marine Ecology Progress Series* 335: 155–165.
- Sargent JR, Parks RJ, Mueller-Harvey I, Henderson RJ. 1988. Lipid biomarkers in marine ecology. In Sliegh MA (Ed.) *Microbes in the sea*. Chichester: Ellis Horwood Ltd. pp 119–138.
- Schauer PS, Johans DM, Olney CE, Simpson KI. 1980. Lipid level, energy content and fatty acid composition of the cysts and newly hatched nauplii from five geographical strains of *Artemia*. In: *The brine shrimp Artemia*. Vol.3. Wetteren: Universa Press. pp 365–373.
- Sorgeloos P, Bossuyt E, Lavens P, Leger P, Vanhaecke P, Verhele D. 1983. The use of brine shrimp *Artemia* in crustacean hatcheries and nurseries. In: McVey J P (Ed.), *Mariculture, CRC Handbook of Mariculture (Vol 1). Crustacean Aquaculture*. Boca Raton: CRC Press. pp 71–96.
- Sorgeloos P, Kulasekarapandian S. 1984. Production and use of *Artemia* in aquaculture. *Central Marine Fisheries Research Institute Special Publication* 15 : 1–73. Cochin: Central Marine Fisheries Research Institute. <https://core.ac.uk/download/pdf/33013492.pdf>.
- Sorgeloos P, Lavens P, Leger P, Tackaert W, Verhele D. 1986. Manual for the culture and use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture. Belgium: *Artemia* Reference Center, University of Ghent.
- Sorgeloos P, Leger P. 1992. Improved larviculture outputs of marine fish, shrimp and prawn. *Journal of the World Aquaculture Society* 23: 251–264. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1992.tb00788.x>.
- Sorgeloos P, Van Stappen G. 1995. *Artemia* shortage: the ARC's point of view. *Larviculture and Artemia News Letter* 35: 19.
- Sorgeloos P, Dhert P, Candreva P. 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture* 200: 147–159. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00698-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00698-6).
- Tizol-Correa R., Carreón-Palau L, Arredondo-Vega BO, Murugan G, Torrentera L, Maldonado-Montiel TD, Maeda-Martínez AM. 2006. Fatty acid composition of *Artemia* (Branchiopoda: Anostraca) cysts from tropical salterns of southern Mexico and Cuba. *Journal of Crustacean Biology* 26: 503–509. <https://doi.org/10.1651/S-2691.1>.
- Torrentera, L, Dodson SI. 2004. Ecology of the brine shrimp *Artemia* in the Yucatan, Mexico, salterns. *Journal of Plankton Research* 26: 617–624. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbh057>.
- Triantaphyllidis GV, Abatzopoulos TJ, Miasa E, Sorgeloos P. 1996. International study on *Artemia*. LVI. Characterization of two *Artemia* populations from Namibia and Madagascar: cytogenetics, biometry, hatching characteristics and fatty acids profiles. *Hydrobiologia* 335: 97–106. <https://doi.org/10.1007/BF00015271>.
- Wilhelm C, Büchel, C, Fisahn J, Goss R, Jakob T, LaRoche J, Lavaud J, Lohr M, Riebesell U, Stehfest K, et al. 2006. The regulation of carbon and nutrient assimilation in diatoms is significantly different from green algae. *Protist* 157: 91–124. <https://doi.org/10.1016/j.protis.2006.2.003>.
- Vanhaecke P, Sorgeloos P. 1980. International study on *Artemia*. IV. The biometrics of *Artemia* strains from different geographical origin. In: Persoone P, Sorgeloos P, Roels E, Jaspers E (Eds), *The Brine Shrimp Artemia*, Vol 3. *Ecology, Culturing, Use in Aquaculture*. Wetteren: Universa Press. pp 456.
- Van Stappen G. 1996a. Use of cysts. In: *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. Fisheries Technical Paper 361. Rome: FAO. pp 107–136.
- Van Stappen G. 1996b. Introduction, biology and ecology of *Artemia*. *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. Fisheries Technical Paper 361. Rome: FAO. pp 79–106.
- Van Stappen G, Sui L, Xin N, Sorgeloos P. 2003. Characterization of high-altitude *Artemia* populations from the Qinghai Tibet Plateau, PR China. *Hydrobiologia* 500: 179–192.
- Watanabe T, Arakawa T, Kitajima C, Fukusho K, Fujita S. 1978. Nutritional quality of living fe from the view point of essential fatty acids for fish. *Nippon Suisan Gakkaishi* 44: 1223–1227. <https://doi.org/10.1023/A:1024658604530>.
- Zaslavskaja LA, Lippmeier JC, Kroth PG, Grossman AR, Apt KE. 2000. Transformation of the diatom *Phaeodactylum tricorutum* (Bacillariophyceae) with a variety of selectable marker and reporter genes. *Journal of Phycology* 36: 379–86. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2000.99164.x>.



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Laboratoire de Protection, Valorisation des Ressources Marines et
Littorales et Systématique Moléculaire



Attestation de Participation

Le comité scientifique de la 2^{ème} Journée d'Étude sur l'Évaluation et la Valorisation des Ressources Marines Littorales (JEEVRML-2), qui s'est déroulée le 08 juin 2021 à Mostaganem, Atteste que M/Mme/Melle

RABHI Mohammed a présenté une **Communication affichée** intitulée :

« **Mis en place des outils technologiques nécessaires au développement d'un élevage d'*Artémia salina*** »

Co-auteurs : REFES Wahid, CHABET DIS Chalabia

Pr. **SOUALILI Dina Lila**

Présidente du Comité Scientifique

SOUALILI DINA LILA
Professeur en Sciences
Naturelles

Pr. **MEZALI Karim**

Président du Comité d'Organisation

