

N° d'ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique

Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des sciences de l'environnement



Thèse de doctorat en sciences

Spécialité : Sciences de l'environnement

Option : Ecologie des écosystèmes aquatiques

Présenté par : BENMEDDAH Mohammed Missoum

THÈME

Contribution à l'étude éco-biologique des espèces du genre *Artémia* dans l'ouest algérien: taxonomie, reproduction, distribution spatiale, diversité génétique et exploitation

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

Présidente :	Mme MEGHERBI-BENALI Aicha	Professeur	UDL Sidi Bel Abbes
Examineur :	Mr BENS AHLATALET Lotfi	Professeur	Université d'Oran 1
Examineur :	Mr DERGAL Nadir Boudjelal	MCA	Université d'Oran 1
Examineur :	Mr HACHEM Kadda	Professeur	Université de Saïda
Directeur de thèse :	Mr BOUZIDI Mohamed Ali	Professeur	UDL Sidi Bel Abbes
Co-Directeur de thèse :	Mme TOUMI-Benali Fawzia	Professeur	UDL Sidi Bel Abbes

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Louange à DIEU de m'avoir accordé la santé et les moyens de réaliser ce travail.

En premier lieu, je tiens à remercier vivement Monsieur Bouzidi Mohamed Ali professeur à l'Université de Sidi-Bel-Abbès, Directeur de thèse, qui m'a honoré d'avoir accepté l'encadrement de ce travail, en étant toujours prêts à répondre à mes interrogations et à soutenir mon travail.

Madame Toumi-Benali Fawzia, professeur à l'université de Sidi-Bel-Abbès, co-encadreur de la thèse

En témoignage de notre reconnaissance.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance au Laboratoire d'écologie des espaces verts au travers de leur directrice Pr. Megharbi

Moyens de mener à bien ce travail.

Je remercie également les membres de jurys de ma thèse chacun en son nom : Pr

Megharbi (UDL SBA), Pr Hachem kadda (université de Saïda), Pr Bensahla

Talet Lotfi et Pr Dergal Nadir Boyudjelal (Ununiversité d'Oran 1)

Toute ma gratitude et remerciements au Dr Drici Amine El Mokhtar et Pr Ramdani mohamed pour leur temps et leurs aides dans la réalisation de la partie génétique

Je remercie très sincèrement Dr. Bouazza Sofiane pour la réalisation de l'étude statistique.

Je remercie également l'entreprise nationale de sel (ENASEL), l'office national d'assainissement (sba) et l'entreprise nationale des industries électronique (sba)

Je remercie très sincèrement tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réussite de ce travail.

Dédicace

Je dédie cette thèse...

A mes Parents,

Pour leur soutien et leurs encouragements,

*Qu'ils voient dans ce travail un
aboutissement.*

A mes frères et mes sœurs.

A mes Amis.

A tous les miens.

*Enfin, à tous ceux qui ont collaboré à la
réalisation de ce travail, en guise de
reconnaissance*

Missoum Mohammed

Benmeddah

Résumé

L'objectif de notre travail est d'effectuer une étude taxonomique, de reproduction, de distribution spatiale, de diversité génétique et d'exploitation du genre *Artemia* dans les salines de l'ouest algérien dont les salines de Bathioua (Wilaya d'Oran) et Oued Djemaa (wilaya de Relizane) ont fait l'objet de notre investigations.

L'étude génétique par PCR (*Polymerase Chain Reaction* ou *Réaction de Polymérisation en Chaîne*), comparer aux bases de données des espèces du genre *Artemia*, nous a permis de mettre en évidence l'existence de deux espèces, à savoir *Artemia salina* L. dans les salines de Bathioua et *Artemia parthenogenetica* Bowen & Sterling, une espèce non portée dans les travaux de recherche en Algérie, dans les salines d'Oued Djemaa.

Les résultats obtenus de l'étude éco-biologique des espèces au niveau des zones d'études, indiquent l'existence d'importantes populations d'individus d'*Artemia salina* L. et d'*Artemia parthenogenetica* Bowen & Sterling adultes dominées par les femelles durant les prélèvements printanières.

De même, les résultats de la résistance au stress salin des espèces montrent que d'*Artemia salina* L. ne peut résister dans une salinité supérieure à 223g/l.

D'autres part, et vue que les salines de Bathioua connaissent une charge importante de déchets riches en sulfate d'ammonium émanant de l'usine de production de sel. Une étude toxicologique a été menée afin d'étudier la résistance des adultes d'*Artemia salina* L. aux différentes concentrations de ce nuisible. Les résultats obtenus indiquent une CL₅₀ égale à 75g/l après 24h.

De plus, l'étude de la composition biochimique indique une richesse nutritionnelle de notre espèce qui est riche en protéines (18,80mg/g), en caroténoïdes (68,33 mg/g) et en sucres (4,00 mg /g).

Il est bien évident que le genre *Artemia* peut-être cultiver en contrôlant sa reproduction, en variant le taux de salinité pour son utilisation durant les différentes saisons de l'année, vue son intérêt économique dans l'aquaculture.

Mots clé: *Artemia salina* L., *Artemia parthenogenetica* Bowen & Sterling, PCR, Eco-biologie, salines, toxicité, compositions biochimiques.

Abstract

This work aims to carry out a taxonomic study, of reproduction, spatial distribution, genetic diversity, and exploitation of the genus *Artemia* in the salt marsh of western Algeria including the salt flats of Bathioua (Wilaya of Oran) and Oued Djemaa (wilaya of Relizane) were the subject of our investigations..

Our genetic study by PCR (Polymerase Chain Reaction), in which the principle was to obtain large quantities of specific DNA fragments, and of defined lengths in order to compare them with databases of species of the genus *Artemia*, allowed us to highlight the existence of two species, namely *Artemia salina* L. in the salt flats of Bathioua and *Artemia parthenogenetica* Bowen & Sterling, a species not included in the Algerian research works, in the salt flats of Oued Djemaa.

The results obtained from the eco-biological study of the species at the level of the study areas, indicate the existence of large populations of individuals of *Artemia salina* L. and *Artemia parthenogenetica* Bowen & Sterling adults dominated by females. during spring sampling. Likewise, the results of the species' resistance to salt stress show that the *artemia* species found in the salt flats of Oued Djemaa in the wilaya of Relizane tolerates salinities exceeding 223g / l.

On the other hand, and seeing that the salt works of Bathioua know an important load of waste rich in ammonium sulphate emanating from the salt production plant. A toxicological study is carried out in order to study the resistance of the adults of *Artemia salina* L. in different concentrations of this harmful to its development. The results obtained indicate an LC₅₀ equal to 75 g / l after 24 h.

In addition, the study of the biochemical composition indicates a nutritional richness of our species which is rich in proteins (18.80 mg / g), in carotenoids (68.33 mg / g) and in sugars (4.00 mg / g).

It is quite obvious that the genus *Artemia* can be cultivated by controlling its reproduction, by varying the salinity rate for its use during the different seasons of the year, given its economic interest in aquaculture.

Keywords: *Artemia salina* L., *Artemia parthenogenetica* Bowen & Sterling, PCR, Eco-biology, salt flats, toxicity, biochemical composition.

مُلخَص

الهدف من هذا العمل هو إجراء دراسة تصنيفية للتكاثر والتوزيع المكاني والتنوع الوراثي بالإضافة لتحسين إستغلال الأرتيميا المتواجدة في أحواض الملح غرب الجزائر، بما في ذلك أحواض الملح في بطيوة (ولاية وهران) و واد جمعة(ولاية غليزان) كمناطق للدراسة وهذا كان موضوع تحقيقاتنا .

الدراسة الجينية بواسطة PCR (تفاعل البوليميراز المتسلسل) ، قارنت بقواعد بيانات الأنواع من جنس إرتيميا ، سمحت لنا بإثبات وجود نوعين، وهي أرتيميا سالينا . في أحواض ملح بطيوة وأرتيميا بارتينوجينيكا ، وهي من الأنواع غير المدرجة في البحث في الجزائر ، في أحواض الملح في واد جمعة.

النتائج التي تم الحصول عليها من الدراسة البيئية والبيولوجية للأرتيميا على مستوى مناطق الدراسة ، تشير إلى وجود أعداد كبيرة من أرتيميا سالينا و أرتيميا بارتينوجينيكا التي كانت تهيمن عليها الإناث أثناء أخذ العينات الربيعية. وبالمثل ، أظهرت نتائج مقاومة الإجهاد الملحي للأنواع أن أنواع الأرتيميا الموجودة في المسطحات الملحية بوادي جمعة بولاية غليزان تتحمل ملوحة. تزيد عن 223 جم / لتر.

من ناحية أخرى ، وبالنظر إلى أن أعمال الملح في منطقة بطيوة تعاني من عبء كبير من النفايات الغنية بكبريتات الأمونيوم المنبعثة من مصنع إنتاج الملح. تم إجراء دراسة عن السمية لدراسة مقاومة الأرتيميا سالينا لتركيزات مختلفة من هذا العامل الملوّث و المضرّ لها خلال نموها. تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى LC_{50} يساوي 75 جم / لتر بعد 24 ساعة.

بالإضافة إلى ذلك ، تشير دراسة التركيب الكيميائي الحيوي إلى الثراء الغذائي لأنواعنا الغنية بالبروتينات (18.80 مجم / جم) ، والكاروتينات (68.33 مجم / جم) والسكريات (4.00 مجم / جم).

من الواضح تمامًا أن الأرتيميا يمكن استزراعها من خلال التحكم في تكاثره ، عن طريق تغيير معدل الملوحة لاستخدامه خلال فصول السنة المختلفة عن طريق الاستزراع المائي ، وهذا نظرًا لأهميته الاقتصادية الكبيرة .

الكلمات المفتاحية: تفاعل البوليميراز المتسلسل، أرتيميا سالينا ، أرتيميا بارتينوجينيكا، البيولوجيا البيئية، المحاليل الملحية ، السمية ، دراسة التركيب الكيميائي.

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Abstract

مُلخَص

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction1

Chapitre I : Les milieux salins en Algérie

1. Approche	3
2. Description des milieux salins	4
2.1. Les lacs salés	4
2.2. Les lagunes	5
2.3. Les marais salants	5
2.4. Les sebkhas.....	6
3. Les milieux salins en Algérie	6
3.1. Le Chott Zahrez Gharbi - Djelfa.....	7
3.2. Chott Merouane et Oued Khrouf (El Oued)	8
3.3. Chott El Hodna (M'SILA).....	8
3.4. Sebkhet Bazer (Wilaya de Sétif).....	8
3.5. Chott El Beidha : Hammam Essoukhna (Sétif)	8
3.6. Sebkhet El Hamiet (Wilaya de Sétif)	8
3.7. Garaet Annk Djemel El Merhssel (Wilaya de Oum El Bouaghi)	9
3.8. Garaet Guellif (Wilaya de Oum El Bouaghi)	9
3.9. Lac de Télamine (Oran)	9
3.10. Salines d'Arzew (Bathioua) ou Melh (Oran).....	9
3.11. Gueldates d'Isakarassene (Tamanrasset).....	10
3.12. Chott Oum Raneb (Wilaya de Ouargla)	10
3.13. Dayet El Ferd (Wilaya de Tlemcen).....	10
3.14. Saline d'Oued djemaa « Wilaya de Relizane »	10
4. Statut juridique	11

5. Territoire des Chotts et Sebkhass comme écosociosystème	11
--	----

Chapitre II : L'aquaculture en Algérie

1. Approche	12
1.1. Objectifs de l'aquaculture.....	12
1.2. Production mondiale des pêches et de l'aquaculture.....	12
1.3. Le poisson et l'alimentation humaine	14
1.3.1. Les protéines	15
1.3.2. Les lipides	16
a) Les acides gras dans le poisson	16
1.3.3. Vitamines et minéraux du poisson	16
1.4. L'aquaculture dans le monde.....	17
1.5. L'aquaculture en Algérie	18
1.5.1. Historique	18
1.6. Aquaculture continentale.....	19
1.7. Aquaculture marine.....	19
1.8. L'aquaculture au Sud algérien	20
2. Activités halieutiques et aquacoles en Algérie	21
2.1. Projets de l'aquaculture en Algérie	21
2.2. Projet sur l'aquaculture désertique (2008-2009).....	21
2.3. Projet de l'aquaculture désertique et l'aquaculture marine (2013-2014)	22
2.4. Projet PNUD-FAO	23
2.5. Projet sur l'aquaculture marine (2014-2015).....	23
3. Contraintes affectant le développement de l'aquaculture en Algérie.....	24

Chapitre III : Généralités sur le genre Artémia

1. Morphologie et anatomie.....	24
2. Taxonomie.....	26
3. Répartition géographique	27
3.1. Dans le monde	27
3.2. En Algérie.....	28
4. Reproduction et Cycle de vie.....	30
5. Écologie.....	32
5.1. Composition ionique et salinité	32
5.2. Température.....	33
5.3. Oxygène	33

5.4. pH.....	33
5.5. Dispersion des cystes	34
5.6. Compétition, prédation et parasitisme.....	34
5.7. Alimentation	34
6. Importance aquacole et intérêt économique	35
7. Exploitation	36
7.1. Dans les habitats naturels	36
7.2. Exploitation intensive de l'Artémia	36
8. Elevage.....	37
8.1. Elevage extensif	37
8.2. Elevage semi-intensif	37
8.3. Elevage intensif.....	38
8.4. Conservation et éclosion des cystes	38
8.4.1. Conservation	38
8.4.2. Éclosion	38

<i>Chapitre IV : Présentation des zones d'étude</i>

1. La saline de Bathioua (Arzew)	40
1.1. Approche	40
1.2. Cadre physique	40
1.2.1. Hydro climat	41
1.2.2. Présentation de l'unité (Bathioua).....	41
1.2.3. Saumure du lac.....	42
1.3. La saline d'Oued Djemaa	43
1.3.1. Historique	43
1.3.2. Données hydrologiques	44
1.3.3. Environnement Physique	45
a) La température.....	45
b) Les précipitations.....	45
c) L'humidité relative	46
d) La pression atmosphérique.....	46
e) Les vents.....	46
1.3.4. Installation et production du sel	46
a) Utilisation des tables	47
b) Méthode de production	47

Chapitre V: Matériel et Méthodes

1. Intérêt et Choix de l'espèce	48
2. Choix des sites et des stations de prélèvement	49
2.1. Site 1 : Le site de Bathioua	49
2.2. Site 2 : Le site d'Oued Djemaa	49
3. Etude écobiologique.....	51
3.1. Prélèvement et conservation des échantillons.....	51
3.2. Récolte, transport et acclimatation des animaux.....	51
3.3. Abondance.....	51
3.4. Composition de la population	51
3.5. Reproduction	51
3.6. Protocole expérimental.....	52
4. Etude physico-chimique de l'eau des deux salines	52
4.1. Méthode d'analyses physico-chimique	113
5. Étude écotoxicologique.....	53
6. Etude Biochimique.....	54
6.1. Dosage des protéines.....	54
6.1.1. Dosage par la méthode au réactif de Bradford.....	54
6.1.2. Dosage des caroténoïdes.....	54
6.1.3. Dosage des sucres	54
7. Etude génétique	56
7.1. Prélèvement et conservation des échantillons.....	56
7.2. Extraction de l'ADN d'un tissu congelé.....	56
7.2.1. Lyse.....	56
7.2.2. Fixation.....	57
7.2.3. Lavage	58
7.2.4. L'élution	59
7.2.5. Préparation du Mix PCR.....	60
7.2.6. La technique d'amplification de l'ADN par la réaction de polymérisation en chaîne	62
7.2.7. L'électrophorèse.....	63
7.2.8. Révélation des bandes d'ADN.....	65
8. Analyse statistique	65

Chapitre VI: Résultats et discussion

1. Étude écobiologique.....	70
-----------------------------	----

1.1. Étude biologique et dynamique de reproduction de l'espèce de la saline de Bathioua	70
1.2. Étude biologique et dynamique de reproduction de l'espèce de la saline d'Oued Djemaa	71
1.3. Viabilité de l'espèce sous stress salin.....	73
2. Analyses physico-chimiques des échantillons d'eau prélevés.....	74
2.1. Analyses physiques	74
2.1.1. Analyses physiques de la saline de Bathioua.....	74
2.1.2. Analyses physiques de la saline d'Oued Djemaa	75
2.2. Analyses chimiques.....	77
2.2.1. Résultats des analyses chimiques de la saline de Bathioua	77
2.2.2. Analyses chimiques de la saline d'Oued Djemaa	77
2.3. Analyses des éléments minéraux	79
2.3.1. Analyses des éléments minéraux de saline de Bathioua.....	79
2.3.2. Analyses des éléments minéraux de saline d'Oued Djemaa.....	79
3. Etude écotoxicologique.....	81
3.1. Production de cystes.....	81
3.2. Mise en éclosion et élevage	82
3.3. Test de toxicité.....	82
4. Etude biochimique	85
5. Etude génétique	86
6. Traitement statistique.....	91
Conclusion.....	97
Références bibliographiques.....	99
Annexes	

Liste des abréviations

ONA : Algérienne Des Eaux
ENIE : entreprise nationale des industries électroniques
ENASEL : Entreprise nationale du sel
C° : Degré Celsius
DCO : Demande Chimique en Oxygène
Mg : Magnésium.
N° : Numéro
OMS: Organisation Mondial de la Santé
Cl : Chlore.
pH : Potentiel d'Hydrogène
NTU : Dureté total (Titre Hydrotimétrique
Ca : Calcium.
SB : saline de Bathioua
SOD : Saline d'Oued Djemaa
%: Pourcentage
ACP : analyse des composantes principales
OECD : Organisation de coopération et de développement économiques
CL₅₀ : LA concentration Létale
T° : la température
Mb: millibar
T : température
C° : degré Celsius
kg : kilogramme
t/an : tonnes/ ans
Ca(OCl) 2 : hypochlorite de calcium
NaOH : soude caustique
NaCl : chlorure de sodium
NaOCl : eau de javel
HCl : chlorure d'hydrogène
(Na₂CO₃) : Carbonate de soude
p/v : poids par volume
H₃O⁺ : ion hydronium
OH : l'ion hydroxyde
SO₄⁻² : l'ion soufré
SOD : Saline d'Oued Djemaa
SB : Saline de Bathioua
U.J : unité jackfom
OMS : Organisation Mondiale de la Santé

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique des Chotts et Sebkhass en Algérie (Demnati, 2013)	7
Figure 2 : Production mondiale des pêches et de l'aquaculture (FAO, 2008)	13
Figure 3 : Evolution annuelle de la production aquacole dans le monde 2000-2009 (FAO, 2009).....	17
Figure 4 : Forme générale des espèces du genre Artémia	24
Figure 5 : Schéma des adultes mâles et femelles de l'Artémia.....	26
Figure 6 ; Répartition géographique du genre Artémia (A) dans le monde	28
Figure 7 : Mode de reproduction et cycle de vie chez les espèces du genre Artémia	32
Figure 8 : Déroulement de l'éclosion (Morris, 1971 ; Benijts et Vandeputte, 1977).....	39
Figure 9 : situation géographique de la saline de bathioua (Carte établie par ArcGis10)	41
Figure 10 : production des sels des salines de Bathioua des années (1980-1988) (ENASEL, 2012).....	43
Figure 11: situation géographique de la saline d'Oued Djemaa (Carte établie par ArcGis10)	44
Figure 12 : station 1 SB	50
Figure 13 : station 2 SB	50
Figure 14 : station 3 SB	50
Figure 15 : station1 SOD	50
Figure 16 : station2 SOD	50
Figure 17: station3 SOD	50
Figure 18 : 8 bacs aquarium de 10 litres.....	52
Figure 19 : spectrophotomètre aquamat-lecture des paramètres chimiques	53
Figure 20: Différentes étapes de l'étude biochimique.....	55
Figure 21 : broyage à l'aide de l'azote liquide.....	57
Figure 22 : centrifugation	57
Figure 23 : Protocole simplifier du Kit MagaZorb® selon le fournisseur (Promega)	59
Figure 24: électrophorèse.....	62
Figure 25: la coloration rougeâtre dans la (SOD) (clichée Benmeddah ; 2014).....	72
Figure 26 : Moyennes des nombres d'œufs dans différents milieux.....	82
Figure 27 : Evolution de la mortalité en fonction des différentes concentrations de sulfate d'ammonium	83
Figure 28: longueur d'onde de fragment d'artémia.....	86
Figure 29: amplification des deux souches d'artémia	87

Figure 30: Arbre phylogénétique du genre <i>Artémia</i>	90
Figure 31: Carte factorielle	92
Figure 32: La carte factorielle des prélèvements selon les stations	94
Figure 33: Carte factorielle des prélèvements selon les mois.....	95
Figure 34: Carte factorielle selon les stades de développement	96

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les 4 plus grands lacs salés du monde (Webmaster1)	5
Tableau 2 : Consommation mondiale de poissons (FAO, 2008)	13
Tableau 3 : Composition des filets de diverses espèces de poissons d'eau douce. Murray et Burt, (1969), Poulter et Nicolaidis (1985)	14
Tableau 4 : Pourcentage d'acides aminés essentiels de différentes protéines (Braekkan 1976, Moustgard, 1957)	15
Tableau 5 : Les sites potentiels d' <i>Artemia</i> connus en Algérie (références)	29
Tableau 6 : Prix du kilo de cystes de l' <i>Artémia</i>	36
Tableau 7: production des sels des salines de Bathioua	42
Tableau 8: Température moyenne mensuelle, maximale et minimale mensuelles absolus (C°) (ONM, 2008).....	45
Tableau 9: Moyennes mensuelles des précipitations en mm	45
Tableau 10: Humidité relative moyenne mensuelle (%) (ONM Chlef ,2008).....	46
Tableau 11 : Pression atmosphérique moyenne mensuelle (millibars) (ONM Chlef, 2008)....	46
Tableau 12: Distribution de fréquence du vent à la station de CHLEF Période : 1996-2005 ..	46
Tableau 13 : Les amorces et condition PCR.....	63
Tableau 14 : Nombre d'individus d' <i>Artemia salina</i> des salines de Bathioua en fonction des périodes de prélèvement	70
Tableau 15 : Nombre d'individus d' <i>Artemia</i> des salines d'Oued Djemaa en fonction des périodes de prélèvement	71
Tableau 16 : taux de mortalité des adultes <i>Artémia</i> à différentes concentrations du NaCl.....	73
Tableau 17 : Taux de mortalité d' <i>Artémia</i> introduite dans l'eau de la saline (SOD).....	73
Tableau 18: Résultats des analyses physiques de l'eau prélevé de la saline de Bathioua	74
Tableau 19 : Résultats des analyses physiques de l'eau prélevés de la (SOD).....	75
Tableau 20 : Résultats des analyses chimiques de l'eau prélevé de la saline de Bathioua	77
Tableau 21 : Résultats des analyses chimiques de l'eau prélevé de la saline d'Oued Djemaa.	77
Tableau 22 : Résultats des analyses des éléments minéraux de l'eau prélevé de la saline de Bathioua.....	79
Tableau 23 : Résultats des analyses des éléments minéraux de l'eau prélevé de la saline d'Oued Djemaa	80
Tableau 24 : taux de protéines, de caroténoïdes et de glucides	85

Introduction

La vie se développe parfois dans des biotopes pouvant être considérés comme “extrêmes” où les organismes doivent s’adapter à des conditions environnementales stressantes et très difficiles. Le fonctionnement de ces écosystèmes notamment les milieux hyper salins est largement influencés par les facteurs environnementaux, les fortes variations des facteurs abiotiques dans les écosystèmes extrêmes permettent d’expliquer les relations de causalité entre ceux-ci et la structuration écologique, biologique, génétique et même biochimique de la biocénose (Ladhar, 2014). A l’échelle mondiale, La production de poissons provenant des pêches et de l’aquaculture, a été estimée à 171 millions de tonnes (FAO, 2018), la demande des cystes (œufs de durée) d’*Artémia* nécessaires aux élevages larvaires de poissons et de crevettes est de plus en plus importante (environ 2000 tonnes par ans). Ceci entraîne une montée rapide du prix des cystes (Aloui et Abed, 2002). La nutrition est un domaine clé pour l’aquaculture, et plus particulièrement pour l’aquaculture intensive et pour améliorer la rentabilité des projets de nutrition aquacole dans le monde, la demande accrue de nourriture vivante, bien calibrée notamment pour les jeunes larves et en vue d’évaluer les potentialités naturelles. Les crustacés constituent un groupe particulièrement intéressant pour l’étude des relations entre la composition ionique de leur fluides organiques et leur milieu. A cause de la variété de leur habitats (la mer, les eaux douces, les eaux à salinité variable). Les nauplii d’*Artémia* sont très utilisables dans l’alimentation des phases larvaires de la majorité des nectons et des crustacés (Lavens et Sorgeloos, 1996). L’*Artémia* est capable de produire des cystes, qui ont la faculté de pouvoir après réhydratation donner naissance à une larve appelée nauplius. Les nauplii d’*Artémia* sont considérés comme un aliment convenable qui peut être facilement stocké et aisément manipulé et obtenu seulement après 24h d’incubation à partir des cystes (Lavens et Sorgeloos, 2000). En effet, l’*Artémia* est un petit crustacé qui existe dans le milieu hyper salin, dans les lacs salés, les lagunes et les marais salants (Triantaphyllidis et al., 1994 ; Van Stappen et al., 2001). Vu sa place privilégiée dans le réseau trophique des larves de poissons et les post-larves de crevettes, ce matériel biologique a attiré l’attention des chercheurs et a fait l’objet d’abondants des travaux scientifiques (plus de 300 publications). Ces recherches ont abouti à des résultats encourageants liés surtout à la valeur nutritionnelle élevée des nauplii d’*Artémia* (Ben Naceur et al., 2008 ; Aloui, 2003, 2013). De ce fait, l’*Artémia* devient un aliment irremplaçable dans l’élevage des larves de poissons et de crustacés (Trigui, 2017). De plus, l’*Artémia* contient de hauts niveaux d’acides gras, des caroténoïdes, des protéines, et des vitamines qui augmentent la digestibilité de

l'aliment consommé par les poissons ayant un grand intérêt commercial en aquaculture. Les aspects biologiques, biochimiques et moléculaires des populations d'Artémia de certains milieux hypersalés des zones arides en particulier restent encore vierges et peu connus (Ladhar, 2014). Dans ce contexte, et pour l'objectif de développer les techniques nécessaires pour atteindre de grands profits en ressources aquacoles et pour développer les études sur la richesse spécifique d'Artémia dans nos sites, les salines de Bathioua et d'Oued Djemaa constituent un exemple particulièrement intéressant en raison de leurs étages bioclimatiques et la diversité écologique, morphologique et même génétique des espèces qu'elles contiennent par rapport aux autres salines algériennes. Dans ce présent travail, nous nous sommes intéressés à suivre la dynamique de la population d'Artémia de l'ouest Algérien, au niveau de deux milieux salins : la saline de Bathioua et d'Oued Djemaa. En suivant son adaptation et sa reproduction à différentes salinités, et même leur diversité génétique et sa richesse biochimique et procéder à une comparaison entre les deux sites. Pour cela notre thème entame six volets :

- Le volet de l'étude biologique et écologique de l'espèce.
- Le volet analyse physico-chimique de l'eau des deux salines.
- Un test de toxicité réalisé sur les adultes d'Artémia.
- Une comparaison des deux populations d'Artémia sur le plan génétique.
- Une étude biochimique a été effectuée pour signaler la richesse nutritive des souches algériennes.
- En terminant par une analyse statistique de plus de 20 paramètres qui influent la survie d'Artémia.

Partie bibliographique

Chapitre I : Les milieux salins en Algérie

1. Approche

Les salines sont considérées comme des écosystèmes particuliers et intéressants à cause de leur importance écologique et économique, ces milieux appartiennent aux zones humides. Elles constituent un refuge pour certains organismes comme les oiseaux migrateurs et contribuent à la production de la biomasse (Smith *et al.*, 2011 ; O'Connell *et al.*, 2012).

Ces milieux qualifiés d'extrêmes sont des écosystèmes de transition naturels, ils sont situés entre le milieu continental et le milieu marin. Les salines se divisent en plusieurs bassins peu profonds interconnectés où la salinité augmente depuis la prise d'eau (eau de mer) jusqu'aux bassins cristallins. C'est dans ces derniers que le sel est produit. Les bassins de faible salinité (38 à 100 psu) présentent des caractéristiques biotiques et abiotiques similaires à celles des lagunes côtières (Evangelopoulos *et al.*, 2007). Ces bassins, en contact avec la mer, effectuent des échanges continus avec celle-ci (Dolapsakis *et al.*, 2005). Ces zones humides présentent des opportunités exceptionnelles pour étudier la biodiversité associée à des conditions environnementales généralement considérées comme stressantes. Les variations de la salinité ont une influence sur la dynamique, la composition biochimique et la structure génétique des peuplements en plus de la richesse biotique du milieu, les salines constituent des patrimoines culturels, paysagers et des héritages industriels. Parmi les organismes qui contribuent au bon fonctionnement de la saline, les communautés phyto et zoo planctoniques jouent un rôle crucial. Ces organismes ont une position clé dans le réseau trophique puisque le zooplancton est considéré comme une charnière entre les producteurs primaires (phytoplancton) dont il se nourrit et les niveaux trophiques supérieurs (macrofaune benthique, poissons, oiseaux...) (Ladhar, 2014). Dans les salines, l'extraction du sel n'est pas seulement un processus physique d'évaporation liée à l'énergie solaire mais elle est aussi favorisée par les processus biologiques et les organismes caractéristiques de ces milieux de saumure (Davis, 2000). La quantité et la qualité du sel dépendent des différentes communautés planctoniques entre autres celles qui colorent l'eau. Certaines sont pigmentées ce qui augmente l'accumulation d'énergie solaire, et donc l'augmentation de la température du milieu. Ainsi, des bactéries halophiles libèrent de l'énergie et chauffent l'eau. Ces deux processus favorisent l'évaporation. Enfin les communautés benthiques minimisent l'accumulation des substances organiques et contribuent, ainsi, à augmenter la qualité du sel (Segal *et al.*, 2009). Selon les organismes considérés, les processus biologiques impliqués dans la production de sel varient. Les *Artemia* sp. et les bactéries halophiles interviennent dans la production du sel. A des taux

limités d'oxygène, les *Halobacterium*, qui se prolifèrent en se nourrissant des *Artemia* mortes, produisent un pigment protéique (bacterio rhodopsine) qui convertit l'énergie lumineuse en énergie chimique et augmente la température, par conséquent, l'évaporation et la production du sel croissent. Les protistes microscopiques, comme *Dunaliella* qui est une alimentation majeure des *Artemia*, augmentent l'absorption de l'énergie solaire. Par contre, d'autres organismes ont un effet néfaste, parmi ces organismes qui nuisent à la production du sel, le Cyanobacterium *Coccochloris* sp. produit un mucus qui augmente la viscosité des saumures, et diminue ainsi l'évaporation. La présence de ces organismes est favorisée par les concentrations élevées en phosphore (Vieira et Bio, 2011).

2. Description des milieux salins

Basées sur le fait que l'Artémia prolifère dans des milieux saumâtres ou hypersalés tant que la prédation est faible voire nulle, les productions extensives sont jusqu'à maintenant réalisées dans quatre types de biotopes :

- Les lacs salés ;
- Les lagunes côtières ;
- Les marais salants ;
- Les Sebkhass ;

Si les deux premières présentent l'avantage d'être des zones vierges que l'on peut transformer dans le seul but de produire des Artémia et des cystes, l'utilisation des marais salants nécessite l'adaptation des élevages aux activités paludières souvent ancestrales. Précisons les caractéristiques de ces différents biotopes (Brisset et al., 2005).

2.1. Les lacs salés

Les lacs salés sont des zones humides géographiquement très répandues, ils se trouvent dans toutes les régions continentales d'Asie, d'Amérique du Sud, d'Australie, aux Etats-Unis et en Afrique du Nord. Ces milieux se limitent généralement dans les zones arides ($25 \leq P \leq 200$) à semi-arides ($200 \leq P \leq 500$) (Williams, 1998). Ils occupent environ 30% de terre émergée de la planète (Gratzfeld, 2004). Ces zones humides incluent le plus grand lac sur terre tel que la Mer Caspienne et beaucoup d'autres grands lacs (Tableau 1) ; qui sont situés entre 400 m au-dessous de la mer pour la Mer Morte jusqu'à une très grande altitude (supérieure à 3000 m d'altitude) comme l'Altiplano en Amérique du Sud (Williams, 1996). A l'exception de la Mer Caspienne et la Mer Morte qui ne se dessèche jamais, cependant les

autres lacs qui se trouvent en zone aride et semi-aride ne sont remplis d'eau qu'au cours de la saison pluvieuse, le cas de Eyre en Australie (Williams, 2001) et des Chotts algériens en Afrique du Nord (Aubert, 1976).

Tableau 1 : Les 4 plus grands lacs salés du monde (Webmaster1).

Rang	Lac	Pays	Continent	Supficie (km ²)	Longueur (km)	Profondeur Max.(m)	Volume (km ³)
1	Mer Caspienne	Azerbaïdjan, Iran, Kazakhstan, Russie, Turkménistan	Asie	371000	1199	1025	78200
2	Aral	Kazakhstan, Ouzbékistan	Asie	66458	428	40	650
3	Balkhach	Kazakhstan	Asie	18200	605	26	106
4	Grand Lac Salé	États-Unis	Amérique du Nord	8547	121	12	19

2.2. Les lagunes

Sous le terme de lagunes nous regrouperons tous les lacs peu profonds en communication plus ou moins importante avec la mer. Les régimes strictement marins (flux, reflux, parfois houle) y seront faibles sinon nuls. Elles seront sous l'influence des vents locaux, précipitations et apports continentaux. L'évaporation assurera un milieu en voie de sur salure (Brisset et *al.*, 2005). Les apports seront amplifiés si les vases littorales marines sont peuplées de mangroves telles que celles du Macao et du Brésil (Sorgeloos et Bruggeman, 1976) ou si la lagune est située dans un estuaire (San Pablo Bay). Chaque entrée d'eau, dans ce cas, apporte de nombreux débris végétaux et des sels nutritifs sur lesquels se développent des populations phytoplanctoniques qu'assimilent les autres espèces.

2.3. Les marais salants

Excepté les marais salants implantés sur le littoral des mers présentant des marées de très faibles amplitudes, la plupart des installations paludières sont situées dans les estuaires ou sur des sites lagunaires. Activité ancestrale, l'extraction de sel à partir de l'eau de mer par évaporation et action du vent nécessite des infrastructures particulières. Basées sur le même principe, suivant les pays le circuit de l'eau, l'aménagement et la qualité du fond des bassins de concentration et de cristallisation varieront.

2.4. Les sebkhas

Le mot « sebkha » désigne des dépressions à fond plat, généralement inondables, où les sols salés interdisent toute végétation. Souvent il s'agit de dépressions lacustres dont les eaux s'évaporent, laissant les sels qu'elles ont dissous dans le bassin versant, parfois ces sebkhas sont en communication avec la mer.(Perthuisot et *al.*, 1981).En effet, selon la terminologie adoptée par les géomorphologues, la sebkha correspond à un bassin fermé dont le fond est imperméable et accumule par conséquent les produits solubles et insolubles issus du bassin versant ; elle se distingue d'une daïa d'une part, qui admet un drainage par le fond et un chott d'autre part qui bénéficierait d'une alimentation par voie artésienne (Perthuisot et *al.*, 1981).

3. Les milieux salins en Algérie

La position géographique de notre pays, sa configuration physique et la diversité de son climat lui confèrent une importante richesse en milieux salins. Sa configuration physique s'est traduite globalement par une zonation latitudinale caractérisée par l'existence de plusieurs types de climats sur lesquelles l'influence méditerranéenne s'atténue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la mer (Boukaba et *al.*, 2015). De plus, cette diversité de climat a engendré une grande diversité d'écosystèmes humides. Ainsi, dans la partie nord-est de l'Algérie, la plus arrosée, renferme un complexe lacustre particulièrement important ; le complexe d'El Kala. La frange nord-ouest soumise à un régime pluviométrique moins important se caractérise surtout par des plans d'eau salée tels que ; les marais de la Macta, et la sebkha d'Oran. Dans les hautes plaines steppiques on rencontre principalement des chotts et des sebkhas. Ce Sont des lacs continentaux salés de très faible profondeur qui se sont formés au pléistocène et s'étendent sur de très grandes superficies en millions de km carré, tel que chott El Hodna, chott Chergui et chott Melghir (Figure 1). Le Sahara renferme de nombreuses zones humides artificielles : les oasis, créées totalement par l'homme grâce à son génie hydraulique, c'est l'oasien qui a profité des ressources aquifères souterraines dans un milieu très aride pour créer des petits paradis d'ombre et de verdure. Les massifs montagneux de l'Ahaggar et du Tassili renferment dans leur réseau hydrographique de nombreuses zones humides permanentes appelées Guelta qui témoigne encore d'une période humide du Sahara (Labbaci, 2017).

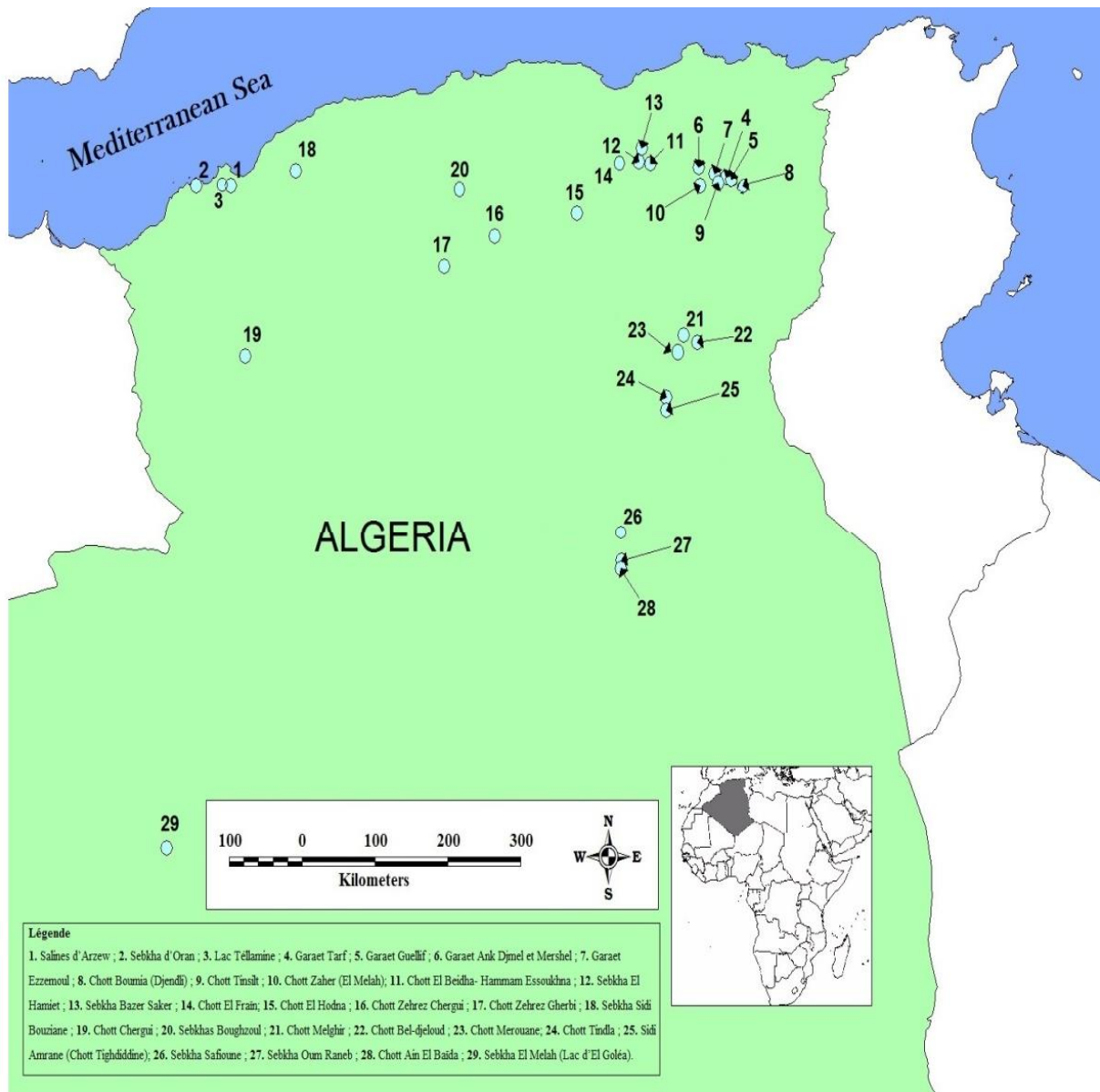


Figure 1 : Situation géographique des Chotts et Sebkhass en Algérie (Demnati, 2013)

Selon référence (site Ramsar), les chotts et sbkhas de notre pays se présentent comme suit :

3.1. Le Chott Zahrez Gharbi - Djelfa

S'étendant sur une superficie de 52200 hectares, le Chott est une vaste dépression endoréique faisant partie d'un système plus étendu composé des grands chotts des hautes plaines steppiques algériennes, là où convergent les eaux provenant de l'Atlas Saharien au Sud et l'Atlas Tellien au Nord.

3.2. Chott Merouane et Oued Khrouf (El Oued)

S'étendant sur une superficie de 337 700 hectares, le chott Merouane et Oued Khrouf sont caractérisés par une flore dont la distribution est conditionnée par l'hydrophilie et la salinité du sol.

3.3. Chott El Hodna (M'SILA)

Le Chott El Hodna occupe une superficie de 362 000 hectares et fait partie d'une série de chotts qui se sont développés là où convergent les eaux provenant de l'Atlas Saharien au Sud et l'Atlas Tellien au Nord. Paysage végétal des hautes plaines steppiques, il fait partie du point de vue phytogéographique du domaine Maghrébin steppique. Son alimentation est assurée par au moins 22 cours d'eau principaux, auxquels il faut ajouter des sources d'eau douce.

3.4. Sebket Bazer (Wilaya de Sétif)

Le site, d'origine naturelle, est une dépression naturelle endoréique, salée, permanente et fermée dont la superficie est de 4 379 hectares. Il s'enfonce dans un relief généralement plat, l'Oued El Melah, alimenté par les eaux usées (ménagère et industrielle) de la ville d'El Eulma, du village d'El Melah est permanent. C'est lui qui assure l'hydromorphie de la sebkha en saison estivale. En hiver et durant les années pluvieuses le niveau d'eau peut atteindre 1.5m.

3.5. Chott El Beidha : Hammam Essoukhna (Sétif)

S'étendant sur une superficie de 12 223 hectares, le site est composé d'une sebkha, temporaire, auquel se rattache une prairie humide permanente couverte par une végétation halophyte appelée Chott. Il chevauche sur deux wilayas, Sétif et Batna.

3.6. Sebket El Hamiet (Wilaya de Sétif)

D'une superficie de 2509 hectares, le site s'inonde en temps de crues et s'assèche en saison estivale. Le niveau d'eau, très variable selon les saisons et les années, n'excède pas, en toute circonstance 1.5 m de profondeur.

3.7. Garaet Annk Djemel El Merhssel (Wilaya de Oum El Bouaghi)

S'étendant sur une superficie de 18 140 hectares, le site comprend une sebkha représentée par un plan d'eau salé occupant 5% de la superficie totale du site, et cernée par un encroûtement de sel très important limité par une prairie (chott) à base de salicornes, d'armoïse et d'atriplex. Deux oueds importants, temporaires : Oued Berrou et Oued Tallizerdine, alimentent le site en saison pluvieuse. Le site est situé à 5 Km du village de Boughrara Saoudi, se trouvant à l'aval de Djebel Fedjoudj.

3.8. Garaet Guellif (Wilaya de Oum El Bouaghi)

D'une superficie de 24 000 hectares, le chott est une dépression endoréique entièrement encerclée de plantations de céréales. Le niveau de ses eaux salées varie en fonction des facteurs climatiques. Le site est enclavé entre Djebel Guellif au nord, Djebel El Tarf à l'est, Djebel Fedjoudj au sud et communique avec Garaet Annk Djemel à l'ouest. Il est alimenté principalement par trois Oueds non permanents, Talliserdine, El Houassi et Ourleiss qui prennent naissance dans la chaîne montagneuse de Touzzeline située au Nord.

3.9. Lac de Télamine (Oran)

Il s'étend sur une superficie de 2 399 hectares et fait partie sur le plan administratif de la wilaya d'Oran, de la commune de Ben Fréha. Il appartient au complexe de zones humides de l'Ouest algérien qui englobe la Sebkha d'Oran, les Maraies de la Macta, Dayet oum el Ghellaz, Dayet Morsli, Dayet Bagra, et les salines d'Arzew. L'ensemble de ces sites très proches les uns des autres jouent un rôle dans l'hivernage et le stationnement en passage de migration des oiseaux.

3.10. Salines d'Arzew (Bathioua) ou Melh (Oran)

Les salines d'Arzew s'étendent sur une superficie de 5778 hectares et font partie de la commune de Boufatis (wilaya d'Oran). Du point de vue floristique, on signale la présence de *Chamaeropshumilis* sur les talus, de *Juncus sp.*, *Sueda sp.*, et de quelques sujets de *Tamarix gallica* sur les bords. 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 herbacées. Sur les berges sèches on rencontre des sansouïres, 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.

3.11. Gueltates d'Isakarassene (Tamanrasset)

Elles s'étendent sur une superficie de 35 100 ha. Elles se caractérisent par la présence de trois types d'habitats :

- ✓ **Un milieu aquatique** où se trouvent des algues et des myriophyllum.
- ✓ **Un milieu de transition**, riche en espèces végétales telles que *Typha australis*, *Tamarix gallica*, *Phragmites communis*, *Nerium oleander*.
- ✓ **Un milieu continental** sur les falaises, entre les failles riches en espèces végétales pérennes disséminées telles que *Lavandula antinea ssp pubescens* et *Dianthus crinitus* espèces endémiques du Sahara.

3.12. Chott Oum Raneb (Wilaya de Ouargla)

Le Chott de faible profondeur occupe une superficie de 7155 hectares. Il doit sa permanence aux rejets provenant des eaux d'assainissement à travers une canalisation ouverte ramenant les eaux d'assainissement provenant de la wilaya d'Ouargla.

3.13. Dayet El Ferd (Wilaya de Tlemcen)

Occupant une superficie de 3 323 hectares, la Daya est une grande dépression endoréique d'une profondeur maximum de 5 m dont l'eau est saumâtre et permanente. Sa position mitoyenne entre une formation forestière de type matorral et une zone steppique et son éloignement des ZONES d'activités lui procurent une quiétude certaine.

3.14. Saline d'Oued djemaa « Wilaya de Relizane »

Anciennement nommée Ferry en référence à Jules Ferry, la commune tire son nom actuel de l'oued même au bord duquel elle fut érigée du temps de l'occupation française, ledit cours d'eau portait alors le nom d'Oued Djemâa. Elle s'étend sur une superficie de 179,85 km² et fait partie sur le plan administratif de la wilaya de Relizane, de la commune de sidi bouziane. Elle appartient au complexe de zones humides de l'Ouest algérien.

4. Statut juridique

Il existe de nombreux textes juridiques qui régissent le domaine de la protection de la nature d'une manière générale, la principale loi est celle relative à l'environnement (n°83.03 du 5 février 1983). Les mesures de protection et de réglementation utile à la conservation des zones humides varient beaucoup suivant le site. Les zones humides en particulier les Chotts et sebkhas sont sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture, du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et le Ministère des Mines. La D.G.F. étant responsable de la conservation et de la gestion au niveau national des aires naturelles, des forêts, des zones désertiques et des zones humides. C'est également l'institution gouvernementale responsable de la mise en application en Algérie de l'ensemble des conventions liées aux zones humides. L'Algérie étant membre actif du réseau MedWet, la sous direction des parcs nationaux a organisée en 1998 avec MedWet un atelier de formation pour renforcer les capacités en matière d'inventaire des zones humides à l'échelle nationale. En dépit de leur richesse biologique exceptionnelle reconnue depuis longtemps, ces milieux sont à ce jour presque totalement ignorés et ne font l'objet que de très peu de mesures de conservation (Bouldjedri et *al.*, 2011). Malgré que l'Algérie soit signataire de la convention de Ramsar depuis 1971, la conservation des zones humides et leur gestion n'a commencée qu'en 1997 sous la direction générale des forêts, suite à l'instabilité qu'a connue le pays à cette période. Ces milieux ont été classés site Ramsar à partir de 2001. Dans ce contexte d'autres formes de conservation ont été suggérées comme le programme international pour la conservation de Birdlife tel que le programme Africain I.B.A. qui a débuté en 1993.

5. Territoire des Chotts et Sebkhass comme écosystème

Le territoire des zones humides en milieu aride (Chotts et Sebkhass) est considéré comme écosystème ou système d'action, défini comme un complexe d'interaction qui relie :

1) Un système socioéconomique, composé d'individu qui regroupe des aspects sociaux, économiques et culturels. Ces groupes sociaux sont également dynamique, soumis à l'évolution de la société et aux modifications des relations qu'ils entretiennent avec eux et avec leur territoire.

2) Un système environnement-ressource, qui est composé d'écosystèmes et agroécosystèmes dynamiques, qui se transforme au cours du temps sous l'effet combiné de leur propre ontogénèse, des inputs de l'environnement global et des pratiques sociospatiales des groupes sociaux qui exploitent ou qui ont exploité leur fonction ressource. Cette

conception du territoire comme système, va permettre d'adopter une démarche systémique, décrire et comprendre le processus d'exploitation de la zone humide (Mathevet, 2000).

Chapitre II : L'aquaculture en Algerie

1. Approche

On définit l'Aquaculture comme étant "l'art de multiplier et d'élever les animaux et les plantes aquatiques". L'Aquaculture est une activité de production de poissons, mollusques, crustacés et algues, en systèmes intensifs ou extensifs. Par aquaculture, on entend différents systèmes de culture de plantes et d'élevage d'animaux dans des eaux continentales, côtières et maritimes, qui permettent d'utiliser et de produire des espèces animales et végétales diverses et variées (Belayachi, 2013).

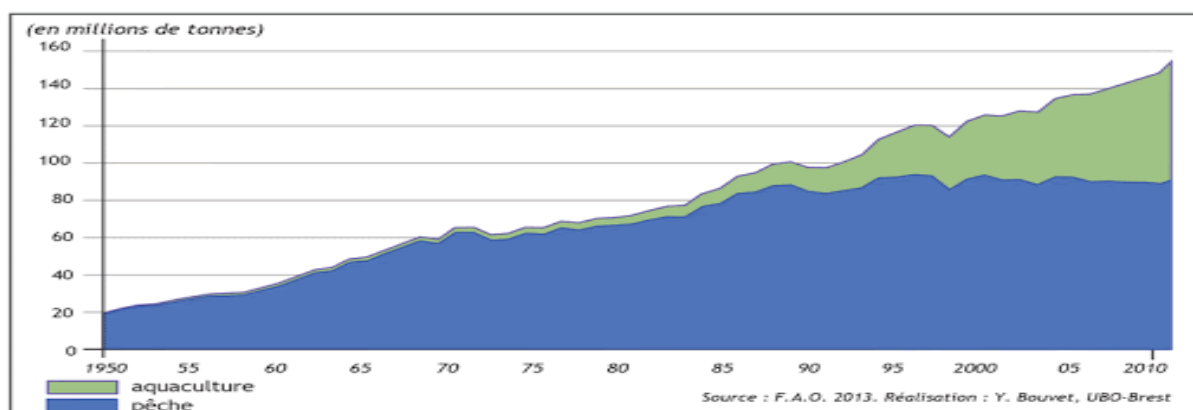
1.1. Objectifs de l'aquaculture

Le but fondamental, au sens commun, des activités aquacoles est de produire de la matière vivante à partir de l'élément aquatique, c'est à dire la production pour la consommation humaine d'aliments riches en protéines. Elle consiste en fait à manipuler les milieux aquatiques, naturels ou artificiels, pour réaliser la production d'espèces utiles à l'homme (FAO, 2008). Les objectifs de l'aquaculture sont cependant relativement variés selon le contexte économique dans lequel ils s'inscrivent. Dans les pays industrialisés, c'est l'obtention de produits aquatiques très appréciés et de haute valeur commerciale que la pêche ne peut pas fournir en quantité suffisante. En Europe occidentale et au Japon c'est le Saumon, la Truite, le Loup, la Daurade, les Algues, Crevettes, Perles, ... En outre, dans ces pays il y a une forte demande sur les produits ayant des caractéristiques diététiques (faible teneur en graisse, richesse en vitamines et oligo-éléments, ...). Dans les pays en voie de développement, l'objectif est de produire des protéines animales que les élevages traditionnels ne peuvent fournir en quantité suffisante du fait de la surpopulation ou de la désertification des sols. L'Inde, par exemple, connaît une production d'espèces tropicales très appréciées (FAO, 2008).

1.2. Production mondiale des pêches et de l'aquaculture

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la production halieutique mondiale a atteint 143,6 millions de tonnes en 2006 (FAO, 2008). Depuis l'année 1990, il y a une stagnation des volumes capturés dans les océans (de l'ordre de 90 millions de tonnes par an) et ce malgré le perfectionnement des techniques et l'allongement des campagnes de pêche (Figure 2). Par contre, si les pêches de capture n'évoluent guère depuis 20 ans, les volumes produits par l'aquaculture ne cessent

d'augmenter. D'un niveau inférieur à un million de tonnes au début des années 50, la production aquacole mondiale est montée à plus de 51 millions de tonnes en 2006. Cette aquaculture mondiale est largement dominée par la région Asie-Pacifique, qui a elle seule produit actuellement 89% de la production en volume. Cette domination est due essentiellement à l'énorme production de la Chine, qui représente 67% du volume (FAO, 2008).



La finalité de ces biomasses marines, qu'elles soient sauvages ou issues de l'élevage est bien évidemment la nutrition humaine. Ainsi, près 75% de ces biomasses marines sont directement destinés à la consommation (Tableau 2), ce qui en 2006 a représenté environ 110 millions de tonnes. Le quart restant, soit 30 à 36 millions de tonnes selon les années, n'est pas directement destiné à des fins alimentaires bien que la plus grande part soit transformée en farine et huile pour la nutrition animale et particulièrement l'aquaculture (Oulhiz, 2019).

Tableau 2 : Consommation mondiale de poissons (FAO, 2008)

	2002	2003	2004	2005	2006
Consommation humaine (million de tonne)	100,7	1003,4	104,5	107,1	110,3
Utilisation a fins non Alimentaire (million de tonnes)	32,9	29,8	36	35,6	33,3
Population (milliards)	6,3	6,4	6,4	6,5	6,6
Approvisionnements en poissons de consommation par habitant (kg)	16	16,3	16,2	16,4	16,7

La part de poisson consommée par habitant est constante voire en légère hausse depuis plusieurs années et équivalait à 16,7kg/an en 2006. Ce poisson est soit consommé frais (48,5%) soit transformé. En 2006, 54% des poissons ont été transformés ce qui équivaut à 77 millions de tonnes (dont près de 30 millions transformés en huile et farine). En ce qui concerne la consommation humaine, la congélation est la première de ces méthodes de transformation (50% des poissons transformés pour la consommation humaine sont congelés), viennent ensuite la mise en conserve et le saurissage (FAO, 2008).

1.3. Le poisson et l'alimentation humaine

Le poisson est réputé pour être un aliment santé. Ses apports nutritionnels pour notre alimentation sont reconnus. Lipides, acides gras, protéines, acides aminés, vitamines et minéraux (Tableau 3). Les poissons apportent une bonne quantité de protéine sans apporter trop de matière grasse. Les matières grasses apportées sont de bonnes qualités et nécessaire au corps humain, ce sont des acides gras longs poly-insaturés (AGLPI), comme l'acide eicosapentanoïque (EPA) ou le docosahexanoïque (DHA).

L'effet bénéfique d'un apport régulier en AGLPI sur la santé humaine commence à être bien démontré (Gissi, 1999 ; Bucher et *al.*, 2002). Les AGLPI comme l'EPA et le DHA sont impliqués dans diverses actions connues :

- Amélioration de la fluidité membranaire ;
- Diminution de l'agrégation plaquettaire et, par conséquent, diminution des maladies cardiovasculaires ;
- Bon développement du cerveau (Maladie d'Alzheimer) et de la rétine ;
- Augmentation de la résistance immunitaire et à la cancérogenèse (Simopoulos, 2001).

Ces acides gras sont importants aussi pour la vision et le développement cérébral, on considère même qu'ils ont joué un rôle dès l'origine de l'humanité (Broadhurst et *al.*, 1998 ; Crawford et *al.*, 1999).

Tableau 3 : Composition des filets de diverses espèces de poissons d'eau douce. Murray et Burt, (1969), Poulter et Nicolaidis (1985)

Espèce		Nom scientifique	Eau %	Lipide %	Protéines %	Valeur énergétique (kj)/100g
Anguille	a)	Anguilla	60-71	8,0-31,0	14,4	295-332
		Anguilla				
Saumon	a)	Salmo salar	67-77	0,3-14,0	21,5	

Truite	a)	Salmo trutta	70-79	1,2-10,8	18,8-19,1
Carpe	b)	Cyprinus Carpio	81,6	2,1	16,0

1.3.1. Les protéines

Les protéines des tissus musculaires du poisson peuvent être divisées en trois groupes, ci-dessous. (Tableau 4).

Les protéines structurales : actine, myosine, tropomyosine et actomyosine constituent de 70 à 80 % de la teneur totale en protéines (comparée à 40 % chez les mammifères). Elles constituent le système contractile responsable du mouvement des muscles.

Les protéines sarcoplasmiques : myoalbumine, globuline et enzymes représentent de 25 à 30 % des protéines et sont des enzymes participant au métabolisme de la cellule comme la transformation anaérobie de l'énergie du glycogène en ATP.

Les protéines du tissu conjonctif (collagène) : constituent environ 3% des protéines chez les téléostéens et environ 10 % chez les élasmobranches (comparé à 17 % chez les mammifères) (Tableau 4). Les propriétés chimiques et physiques des protéines de collagène sont différentes dans les tissus tels que la peau, la vessie natatoire et dans le muscle (Mohr, 1971 ; FAO, 1994).

Tableau 4 : Pourcentage d'acides aminés essentiels de différentes protéines (Braekkan 1976, Moustgard, 1957)

Acide aminé	Poisson	Lait	Bœuf	Œuf
Lysine	8,1	8,1	9,3	6,8
Tryptophane	1,0	1,6	1,1	1,9
Histidine	2,0	2,6	3,8	2,2
Phénylalanine	3,9	5,3	4,5	5,4
Leucine	8,4	10,2	8,2	8,4
Isolucine	6,0	7,2	5,2	7,1
Thréonine	4,6	4,4	4,2	5,5
Méthionine- cystéine	4,0	4,3	2,9	3,3
Valine	6,0	7,6	5,0	8,1

Les protéines du poisson renferment tous les acides aminés essentiels qui ont comme les protéines du lait, des œufs et de la viande de mammifères, une très haute valeur biologique.

Les céréales sont faibles en lysine, méthionine et cystéine, alors que la protéine du poisson en est une excellente source. Un supplément de poisson peut améliorer la valeur biologique des régimes basés sur les céréales.

1.3.2. Les lipides

Les lipides présents peuvent être divisés en deux groupes : les phospholipides et les triglycérides : Les phospholipides constituent la structure intégrale des membranes des cellules et sont appelés structuraux ; les triglycérides sont utilisés pour entreposer l'énergie à l'intérieur de cellules grasses spéciales, ce sont des graisses de dépôt. Dans les muscles des poissons maigres, le cholestérol (rigidité des membranes) peut représenter jusqu'à 6 % des lipides totaux, comme dans les muscles des mammifères (FAO, 1994).

a) Les acides gras dans le poisson

Les lipides des poissons diffèrent des lipides des mammifères et incluent jusqu'à 40 % d'acides gras insaturés à longue chaîne (14 à 22 atomes de carbone). Le pourcentage d'acides gras polyinsaturés est légèrement plus faible dans les poissons d'eau douce (environ 70 %) que dans les poissons d'eau de mer (environ 88 %) (Stansby et Hall, 1967).

Dans l'alimentation humaine, certains acides gras ; tels que les acides linoléique et linoléique sont considérés essentiels, cependant les huiles de poisson contiennent d'autres acides gras polyinsaturés « essentiels » pour prévenir les maladies de peau comme les acides linoléique et arachidonique. L'acide linoléique a des effets neurologiques favorables à la croissance des enfants.

1.3.3. Vitamines et minéraux du poisson

La teneur en vitamines et sels minéraux est spécifique aux espèces et peut, de plus, varier selon la saison. En général, la chair du poisson est une bonne source de vitamines B et également, dans le cas des espèces grasses, de vitamines A et D. Quelques espèces d'eau douce comme la carpe ont une grande activité thiaminase, faite pour les vitamines A et D que l'on trouve en grandes quantités dans la chair des espèces grasses et en abondance dans le foie de certaines espèces. Il faut noter que la teneur en sodium dans la chair du poisson est relativement basse, ce qui le rend compatible avec un régime hyposodé. Il a été démontré que le niveau de vitamine E dans les tissus du poisson correspondait à sa concentration dans son alimentation (Waagbo et *aL.*, 1991).

1.4. L'aquaculture dans le monde

La faim et la malnutrition restent parmi les problèmes les plus dévastateurs auxquels les pauvres du monde entier sont confrontés. Le rapport de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) sur l'état de l'insécurité alimentaire (2002) estime que 799 millions de personnes réparties dans 98 pays en développement ne se nourrissent pas suffisamment pour mener une vie saine et active normale. La demande alimentaire, et plus particulièrement la demande de poisson, continue d'augmenter et on prévoit qu'en raison de l'expansion démographique et de l'évolution des habitudes alimentaires, les impératifs de production alimentaire vont doubler dans les trente ans à venir (Figure 3). Cette demande devra essentiellement être satisfaite au moyen de systèmes de production alimentaire locaux. L'aquaculture contribue à réduire la pauvreté en donnant du travail à des millions de personnes, aussi bien dans le secteur de l'aquaculture lui-même que dans les services de soutien. Elle est également une source de revenu et, alors que les prix de la plupart des denrées alimentaires chutent, le prix du poisson devrait augmenter, reflétant en cela le déséquilibre entre la demande et l'offre.

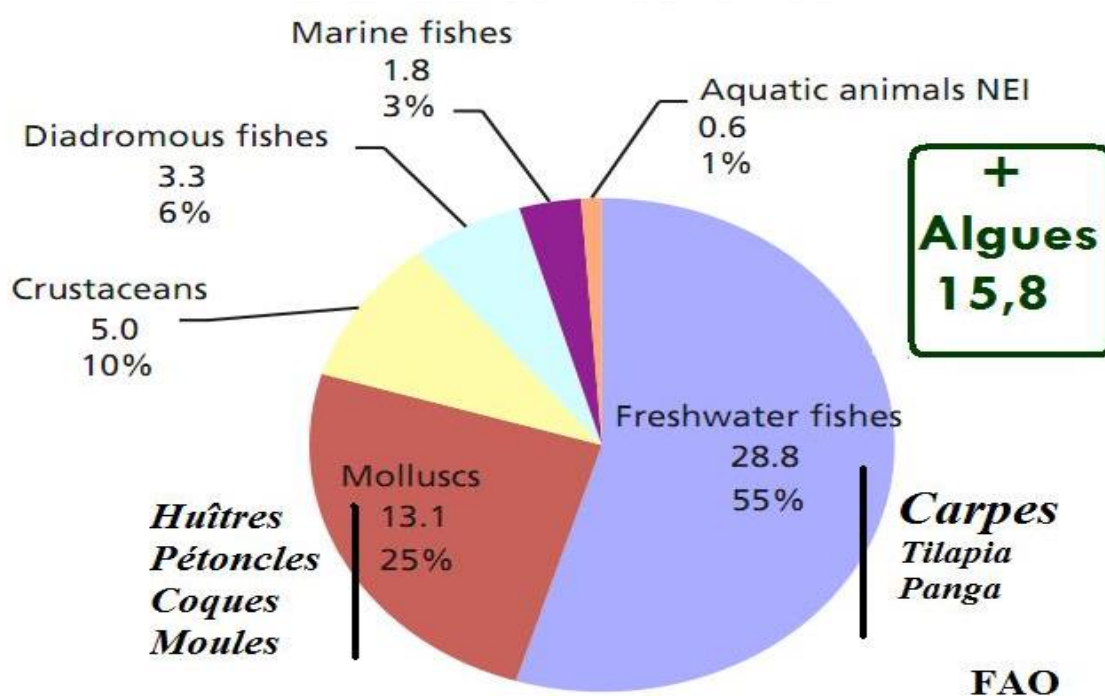


Figure 3 : Evolution annuelle de la production aquacole dans le monde 2000-2009 (FAO, 2009)

1.5. L'aquaculture en Algérie

1.5.1. Historique

Les premiers essais d'aquaculture en Algérie remontent à plus d'un siècle. Plusieurs centres spécialisés ont vu le jour pour encadrer scientifiquement et techniquement ces opérations :

- Station aquacole de Castiglione ;
- L'Aquarium de Beni-Saf ;
- La station Océanographique du port d'Alger ;
- La station Hydro-biologique du Mazafran.

Différentes opérations ont marqué l'histoire de l'aquaculture algérienne ; Selon le biologiste français « Novella » les premiers essais furent en 1880 au niveau de l'embouchure d'Arzew.

- 1962-1980 : L'après indépendance, la quasi-totalité des actions a été menée sur les lacs de l'est et sur la station de Mazafran.
- 1983-1984 : Premiers travaux de réalisation d'une éclosierie de loup de mer au lac El mellah.
- 1985-1986 : Des réservoirs d'eau furent peuplés ou repeuplés en poissons importés
- 1999 : Inventaires des sites aquacoles à travers le pays.
- 2000 : Création d'un comité national autour du sujet : Aquaculture en Algérie ; ce qui a abouti à des résultats importants du point de vue perspectives, ainsi un établissement du plan national d'aquaculture en Algérie.
- 2001 : Début de la première campagne d'élevage d'alevins, ainsi qu'une exploitation plus ample de sites aquatiques à travers le territoire national (côtière, intérieure, Saharienne)

La vulgarisation et l'introduction sur le marché national d'espèces nouvelles, ayant une valeur marchande intéressante, ont incité le secteur privé à s'intéresser à l'aquaculture, en particulier la pisciculture continentale, ceci est démontré par le nombre de demandes de concessions qui ne cesse d'affluer à l'administration des pêches. Cependant, l'Algérie se distingue parmi les pays méditerranéens par sa très faible production 476T (2002). Cette production ne peut compenser le déficit en produits de la pêche. Bien que le ratio alimentaire soit passé de 3,02 en 1999 à 5,12 kg l hab/an en 2003, cela reste bien en dessous de celui de 2 pays maghrébins : le Maroc 8,5 (1996) et la Tunisie 10,5 (1996). Quant à la moyenne

mondiale, elle est de 13,4 kg/hab/an. Il est à noter que le ratio de consommation de poisson minimale à atteindre [OMS] est de 6,2 kg/hab/an (2001).

1.6. Aquaculture continentale

Le premier projet a permis d'obtenir une série de données préliminaires et d'encadrer les principales contraintes techniques, zootechniques, économiques et sociales de la pisciculture intégrée (tilapias) dans les systèmes d'irrigation des palmeraies. De façon moins spécifique, le deuxième projet a permis de faire un état de lieux de l'aquaculture continentale et désertique, de ses potentialités et de ses lacunes à l'échelle nationale à travers des visites effectuées dans plusieurs wilayas du Sud (Ouargla, Ghardaïa, Laghouat, El Oued et Biskra). Il a permis d'identifier les zones prioritaires pour le développement de l'aquaculture saharienne, ainsi que les profils des exploitations et des paysans qui apparaissent les plus indiqués pour les futures initiatives.

1.7. Aquaculture marine

Dans tout le bassin méditerranéen, les techniques d'élevage du bar européen (*Dicentrarchus labrax*) et de la dorade royale (*Sparus aurata*) sont standardisées et reproductibles à grande échelle. En Algérie, ce secteur, qui est favorisé par des conditions climatiques adéquates et par la bonne qualité des eaux côtières, représente désormais une réalité incontournable. Les investissements privés sont importants et destinés à augmenter grâce au soutien de l'état. Les avantages économiques fournis par les institutions afin de soutenir le développement du secteur ont produit des résultats significatifs et de nombreuses entreprises sont désormais opérationnelles. Toutefois, les stratégies commerciales envisagées par beaucoup d'entre elles apparaissent aléatoires et pourraient se révéler inadéquates à moyen terme. Contrairement à l'élevage en cage, le secteur conchylicole en Algérie ne peut pas être considéré comme standardisé et économiquement viable. Le bas niveau trophique des eaux littorales représente un facteur limitant important dont l'impact sur le secteur doit encore être quantifié. Pour les moules, la faible disponibilité de naissains représente une contrainte qui compromet l'autosuffisance des fermes existantes. Pour l'ostréiculture, il serait possible d'importer du naissain à des coûts acceptables, mais il faut tenir compte des risques de mortalité des juvéniles d'huîtres creuses causée par l'herpès virus (OsHV-1 microvar). En ce qui concerne les filières, souvent installées sur des sites exposés, les techniques actuellement utilisées apparaissent inadaptées aux conditions météo-marines du littoral algérien.

1.8. L'aquaculture au Sud algérien

Le Sud algérien offre la possibilité de l'intégration de la pisciculture à l'agriculture, où les eaux souterraines pourraient contribuer à la diversification et le développement de certaines espèces des eaux chaudes. Les observateurs décrivent maintenant le Sud-ouest algérien comme un futur. Après l'agriculture, c'est à l'aquaculture de prendre une place dans l'économie régionale. Et c'est face à une demande de plus en plus croissante en produits halieutiques que l'aquaculture est en passe de devenir un créneau privilégié au sud algérien. L'installation dans cette région d'une direction de la pêche et des ressources halieutiques, qui couvre les wilayas de Béchar, Tindouf, Adrar, El Bayadh et Tamanrasset, est destinée à favoriser l'expansion de l'aquaculture et de la pêche continentale, qui constituent un maillon important dans la sécurité alimentaire. Ce dernier est le principal objectif pour tout pays qui souhaite réduire sa dépendance de l'extérieur. Dans ce contexte, une chambre inter-wilayas de la pêche et des ressources halieutiques a récemment été installée à Béchar, pour objectif, la vulgarisation des activités aquacoles telles que le transport, la conservation, la transformation et la commercialisation du poisson. Diverses actions de sensibilisation ont été entreprises dans plusieurs daïras et semblent susciter un réel engouement de la part des investisseurs potentiels, ce qui laisse présager un développement rapide de l'aquaculture dans la wilaya. Cette activité peut constituer une source importante de protéines et d'oligo-éléments, indispensables notamment à la croissance des enfants et à l'équilibre alimentaire des adultes. Grâce à des rendements élevés, l'aquaculture permet de valoriser et de rentabiliser les plans d'eau, les lacs et les étangs. Même les forages saumâtres dont la teneur en sel ne permettent pas leur utilisation pour l'alimentation en eau potable ou l'agriculture, peuvent être mieux rentabilisés par l'élevage en étang artificiel de certaines espèces de poisson telles que le mullet ou le tilapia. Outre le poisson, certains sites peuvent servir à l'élevage de nombreuses espèces de crustacés tels que l'Artémia, un minuscule arthropode, très prisé sur les marchés internationaux. Créatrice d'emplois et de richesses, l'aquaculture peut également participer au développement économique des régions où elle est pratiquée, tout en assurant aux populations qui y vivent un apport régulier en poisson frais, dont la valeur nutritive est de loin supérieure à celle du poisson conservé par le froid soit par réfrigération ou par surgélation (Karali et Echikh., 2010).

2. Activités halieutiques et aquacoles en Algérie

L'aquaculture algérienne connaît actuellement un grand essor en matière de production. Plusieurs plans et programmes de développement ont été élaborés permettant ainsi le démarrage de plusieurs projets privés d'aquaculture dans différentes filières d'activité.

La production aquacole actuelle provient de : La pisciculture marine en bassin et en cages flottantes pratiquée par des opérateurs privés. La conchyliculture pratiquée par des opérateurs privés produisant quelques dizaines de tonnes de moules méditerranéennes et d'huîtres creuses. La pêche continentale exercée par des concessionnaires privés au niveau des barrages et des retenues collinaires, pour des espèces telles que la carpe commune, les carpes chinoises, le sandre, le black bass et le barbeau. La pisciculture intégrée à l'agriculture exercée au niveau des exploitations agricoles. La pêche lagunaire en eau saumâtre et en eau douce dans l'Est du pays est pratiquée par un concessionnaire privé, selon le cahier des charges signé par ce dernier, dans le cadre d'une préservation de la zone qui a un statut particulier. Les espèces capturées sont diverses (dorades royales, mullets, anguille, sole, bar européen, sar, palourde, huître, marbré, crevette caramote, carpes commune et chinoises).

2.1. Projets de l'aquaculture en Algérie

Le gouvernement algérien à travers le Ministère de l'agriculture, du développement rural et de la pêche a contacté la représentation de la FAO en Algérie, afin d'obtenir une assistance technique pour analyser le potentiel de développement de l'aquaculture saharienne dans les wilayas du Sud. La FAO a mobilisé des ressources et à travers la collaboration du Bureau sous-régional de la FAO pour l'Afrique du Nord, la sous-division de l'aquaculture du Département des pêches et aquaculture du siège et le MADRP, a lancé le premier projet en 2008 en soutien à l'aquaculture saharienne. A partir de ce projet et surtout grâce à la forte volonté politique du gouvernement algérien de soutenir le développement du secteur, d'autres projets ont suivi concernant l'aquaculture marine et l'aquaculture intégrée à l'agriculture, pour finalement aboutir à la formulation de la stratégie nationale de développement de la pêche et de l'aquaculture avec le soutien du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et le support technique de la FAO.

2.2. Projet sur l'aquaculture désertique (2008-2009)

Le projet de «Support à l'aquaculture saharienne et valorisation des étangs salés» qui s'est déroulé de novembre 2008 à août 2009 avait pour objectif de développer la pisciculture

intégrée (tilapias) à l'agriculture dans des bassins d'irrigation de 2 palmeraies de la Wilaya de Ouargla, d'effectuer des essais de production d'aliments à partir des matières premières locales et d'effectuer une étude sur les souches locales d'artémia éventuellement utilisables pour les phases larvaires des espèces d'intérêt commercial pour l'aquaculture marine telles que le bar européen et la dorade royale. En effet, la wilaya d'Ouargla, dispose d'importantes quantités d'eau douce et saumâtre provenant des forages utilisés pour l'irrigation des palmeraies et des cultures sous-jacentes. La disponibilité en eau, les nombreux bassins et canaux d'irrigation ont permis de planifier le développement d'un pôle d'aquaculture saharienne intégrée à l'agriculture, basée sur l'élevage extensif des poissons d'eau douce (principalement de tilapia du Nil et ses hybrides tels que le tilapia rouge) en synergie avec les activités agricoles. Le projet s'est concentré sur deux sites pilotes de la commune de Hassi Ben Abdellah. Vingt cinq paysans-bénéficiaires ont été impliqués pour un total de 6 155 m² de bassins et un volume correspondant de 5 390 m³. Les résultats de ce projet pourraient s'appliquer aux autres palmeraies de la Wilaya de Ouargla et à d'autres Wilayas du Sud (El-oued, Ghardaia, Biskra, Laghouat et Ilizi), soit à 13 702 paysans, disposant de 6 605 bassins et de 29 859 hectares de terrains agricoles. L'enjeu était donc important. Le projet prévoyait l'ensemencement des bassins de 25 paysans-bénéficiaires et la production d'alevins en hapas. Dès le début du projet, un « Comité de pilotage national » a été constitué afin de coordonner les actions planifiées et d'en assurer le suivi et la continuité. Plusieurs missions sur le terrain ont impliqué un certain nombre d'experts nationaux et internationaux spécialisés sur les différents thèmes (aquaculture désertique, alimentation des poissons, artémia et aspects socio-économiques). De façon plus générale, l'objectif de ce projet était de contribuer, à travers le développement de la pisciculture saharienne des tilapias, à son intégration avec les activités agricoles, au renforcement des capacités techniques des bénéficiaires, au développement économique, à l'amélioration et à la diversification de l'alimentation des populations locales, grâce à l'augmentation de la ration alimentaire en protéines animales des habitants, ainsi qu'à la création d'emplois dans le but de réduire l'exode rural vers les grandes villes.

2.3. Projet de l'aquaculture désertique et l'aquaculture marine (2013-2014)

Le projet «Appui technique pour l'élaboration d'un programme national de développement de l'aquaculture dans les zones arides et sahariennes du pays», qui s'est déroulé d'octobre 2013 à janvier 2014, avait pour objectif de faire un état des lieux et une évaluation du potentiel de développement de l'aquaculture saharienne et de l'aquaculture

continentale dans les wilayas du Sud de l'Algérie (Ouargla, Ghardaïa, Laghouat, El Oued et Biskra) sur la base des résultats encourageants obtenus au cours du projet précédant. Ces objectifs ont ensuite été étendus au secteur de l'aquaculture marine (Tipaza, Boumerdes, Aint Temouchent, Tlemcen et Chlef). De façon plus générale, l'objectif de ce projet, à travers plusieurs missions effectuées sur le terrain par des experts en aquaculture saharienne et en aquaculture marine, était de fournir les grandes orientations pour le développement du secteur aquacole dans le cadre de la définition d'une stratégie nationale pour le développement de l'aquaculture sur laquelle le gouvernement était en train de travailler (Plan de développement de l'aquaculture Horizon 2020 – PDAH).

2.4. Projet PNUD-FAO

Le projet PNUD-FAO « Appui à la formulation de la stratégie nationale de développement de la pêche et de l'aquaculture avec une attention particulière à la pêche artisanale 2015-2020 », conclu en 2014, concernait principalement le secteur de la pêche. Le rapport sur le secteur de l'aquaculture reprenait les résultats des deux projets précédents. La matrice d'analyse « Forces, Faiblesses, Opportunités, Menaces » (FFOM) préparée pour le secteur de l'aquaculture est présentée en annexe 12.

2.5. Projet sur l'aquaculture marine (2014-2015)

Le projet « Appui technique à l'exécution du Programme de développement de l'aquaculture 2014-2015 et Perspectives, filière aquaculture marine », qui a eu lieu de juin 2015 à juin 2016, poursuivait le projet précédent et avait pour but de fournir un appui technique au développement de l'aquaculture marine en Algérie. Le projet concernait toutes les Wilayas de la côte méditerranéenne et avait pour principal objectif de favoriser un développement durable de la pisciculture marine en cages flottantes et de la conchyliculture en mer ouverte. En particulier, le projet a permis d'évaluer les critères utilisés pour la sélection des sites alloués à l'aquaculture, la révision et le démarrage d'un certain nombre de projets aquacoles, l'analyse des besoins en formation. Étant donné l'impossibilité d'approfondir techniquement chaque projet aquacole (ferme marine du CNRDPA, fermes et sites visités, etc.), les aspects liés à la gouvernance du secteur ont fait l'objet de plus d'attention que les aspects techniques.

3. Contraintes affectant le développement de l'aquaculture en Algérie

- Absence d'une politique globale à long terme ;
- Absence d'une politique de recherche scientifique ;
- Absence de comité d'intérêt public intra-sectoriel et interministériel ;
- Absence de concertation et de dialogue entre organismes publiques chargés du développement de l'aquaculture et les promoteurs ainsi que de l'accompagnement sur terrain de leurs projets ;
- Absence de représentants de l'activité au niveau des wilayas à potentialités aquacoles ;
- Absence d'encadrement financier ;
- Absence de structure de vulgarisation et de démonstration (Karali et Echikh., 2010).

Chapitre III : Généralités sur le genre Artémia

1. Morphologie et anatomie

Le genre *Artemia* correspond à des petits crustacés aquatiques de forme allongée. La taille des adultes d'*Artémia* est en général d'environ 8-12 mm, mais peut atteindre jusqu'à 20 mm. Le mâle est généralement plus petit que la femelle, nage plus rapidement, mange moins et est moins coloré. Sa coloration va du blanc laiteux au bleu vert jusqu'au rouge brique et au vermillon selon sa nourriture et le milieu, en particulier selon la teneur du milieu en oxygène dissous. La taille de l'adulte d'*Artémia* varie entre 8 et 12 mm chez les souches bisexuées et dépasse 20 mm chez les parthénogénétiques (Sorgeloos et *al.*, 1986). La petite taille des mâles ; risque, toutefois, d'être affectée par les conditions de l'environnement, en particulier les hautes salinités (Amat, 1979). Ces organismes peuvent résister à de longues périodes de sécheresse. Les mâles sont distingués par deux grosses épines au niveau de la tête et une paire de pénis au niveau de l'abdomen. Les femelles possèdent uniquement un utérus au niveau de l'abdomen qui peut contenir jusqu'à 200 cystes (Figure 4). Dans des conditions naturelles, l'*Artémia* se nourrit d'algues, de protozoaires et de débris (Abatzopoulos et *al.*, 2010).

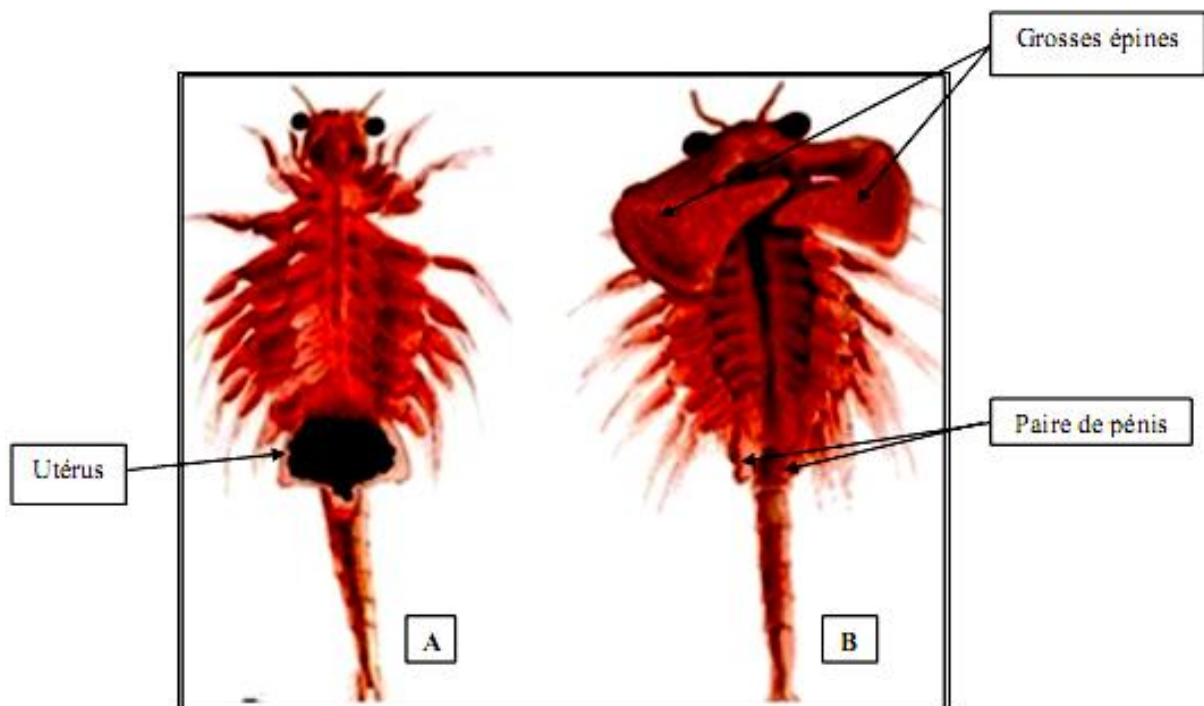


Figure 4 : Forme générale des espèces du genre *Artémia*

Le corps d'un *Artemia* adulte est dépourvu de carapace (anostracée) mais clairement segmenté, il est allongé avec une paire d'yeux latéraux, deux paires d'antennes, 11 paires de

thoracopodes et un tube digestif long et visible par transparence. Selon (Trigui, 2017), le corps d'artémia comprend trois parties (Figure 5) :

La tête : renferme un œil nauplien médian, une paire d'yeux latéraux pédonculés et un simple cerveau en forme d'anneau comme une structure autour de la bouche. A sa partie antérieure, il y a une paire d'antenne courbée portant à leurs extrémités trois petites soies et une seconde paire d'antennes, plus développées, constituant un caractère de dimorphisme sexuel ; chez le mâle, les antennes forment une grosse pince avec deux épines qui servent à saisir la femelle lors de l'accouplement, alors que chez la femelle, elles sont beaucoup plus réduites. Sur la tête se trouve la cavité buccale qui est représentée par un large labium, une paire de mandibules et deux paires de maxillaires. Ces diverses pièces constituant la cavité buccale sont reliées à l'œsophage qui aboutit dans l'estomac.

Le thorax : est composé de 11 segments portant chacun une paire d'appendices natatoires foliacés. Les 11 paires de phyllopes, tous semblables, interviennent dans l'alimentation, la natation et la respiration (Haddag, 1991).

L'abdomen : est composé de 8 segments dont les deux premiers soutiennent les organes génitaux externes d'où le nom de segments génitaux. Chez la femelle, cette région est constituée d'une poche incubatrice de forme conique appelée ovisac (ou sac ovigère) localisé de chaque côté du troisième segment abdominal. Les mâles ont une paire de testicules et une paire de pénis tubulaire et rétractiles (Dhont et Van stappen, 2003). Les 6 derniers segments sont presque cylindriques ; le dernier présente à son extrémité distale deux appendices appelés furca (Khemakhem, 1988).

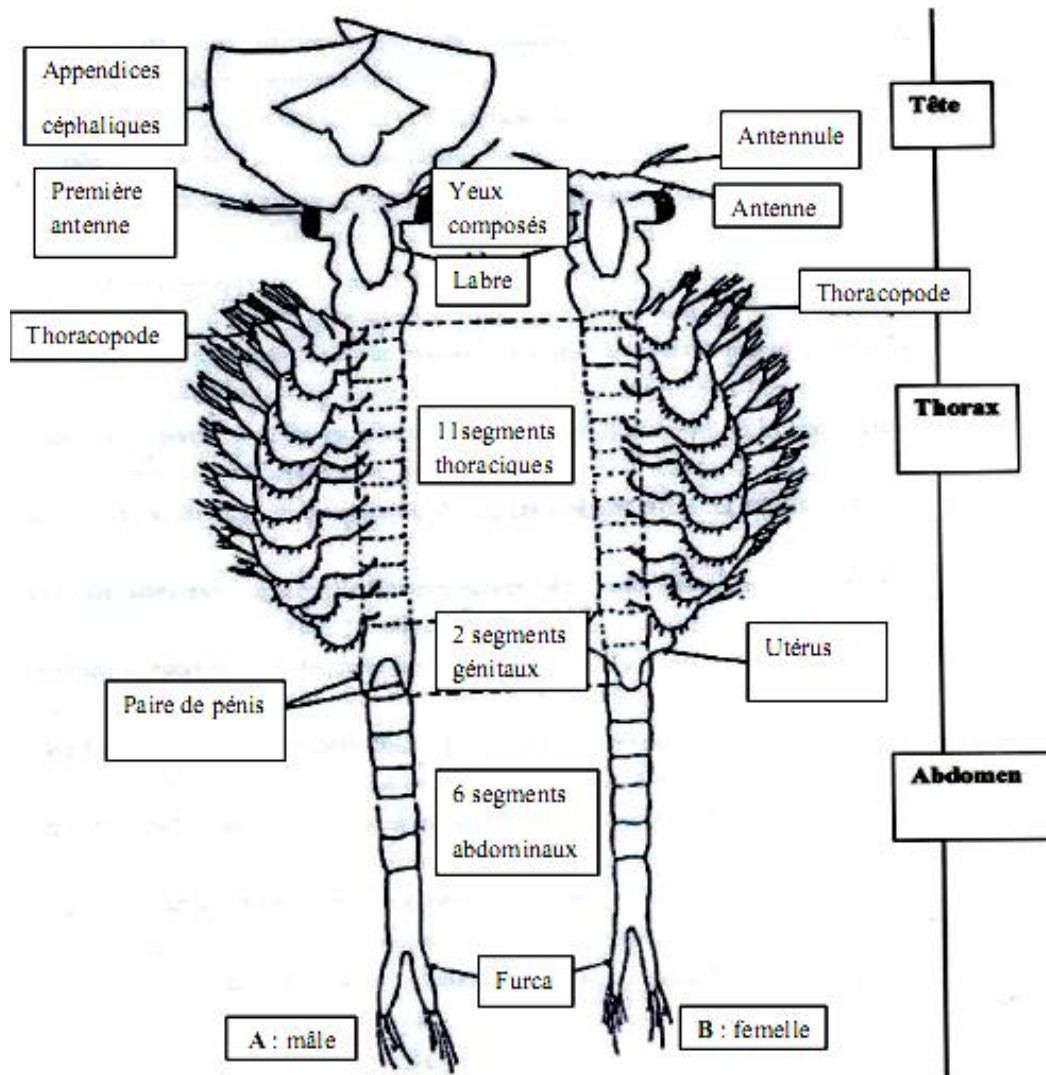


Figure 5 : Schéma des adultes mâles et femelles de l'Artémia

2. Taxonomie

La systématique de l'Artémia a évolué progressivement au cours du temps. Au début, les chercheurs se sont basés sur sa morphologie, mais ce critère a été abandonné car il est influencé par la salinité du milieu (Barigozzi 1980). Ainsi, ils ont établi la classification suivante :

-Embranchement: Arthropodes

-Classe: Crustacés

-Sous-classe : Branchiopodes

-Ordre : Anostraca

-Famille : Artemiidae

-Genre : *Artemia* Leach, 1819 ;

Actuellement, le genre *Artemia* compte les espèces suivantes :

- Artemia salina*
- Artemia franciscana*
- Artemia persimilis*
- Artemia urmiana*
- Artemia monica*
- Artemia sinica*
- Artemia tibetiana*
- Artemia parthenogenetica*.

3. Répartition géographique

3.1. Dans le monde

Le genre *Artemia* est un groupe cosmopolite qui peut survivre à des conditions environnementales stressantes : salinités extrêmes, faibles ou fortes températures et anoxie (Torretera et Dodson, 2004). Grâce à cette flexibilité, les habitats de ces organismes sont distribués partout dans le monde à l'exception de l'Antarctique (Browne et Mac-Donald, 1982). Ils vivent dans les lacs salés et hypersalés (Thiéry et Puente, 2002), les lagunes côtières et dans les étangs (Triantaphyllidis et *al.*, 1996). L'absence de compétiteurs favorise le développement de ce branchiopode dans les bassins sursalés. Cette caractéristique d'être euryhaline leur permettant de vivre dans des intervalles de salinité compris entre 10-20 g/l et plus de 300 g/l, est due à sa grande capacité d'osmo-régulation. Son hémolymphe est maintenue hypotonique par rapport au milieu environnant (Croghan, 1985) grâce à l'excrétion active des sels par le biais des exopodites des thoracopodes ou périopodes. On peut rencontrer les populations de ce crustacé dans des eaux riches en chlorures, sulfates, carbonates, potasses etc., dont la composition ionique est totalement différente à ceux de l'eau de mer (Cole et Browne, 1967). La température vitale optimale de l'*Artemia* est au tour de 25-27°C, en général l'intervalle minimal et maximal de survie est entre 5 et 35°C. Ces limites ne sont pas fixes et restent liés aux caractéristiques de chaque population et espèce (Amat, 1985). Par ailleurs l'artémia parvient à des concentrations d'oxygène allant au-dessous de 1 ppm jusqu'à plus de 150% de saturation. Pour ce qui est du pH, l'artémia préfère des milieux alcalins (Sato, 1967). Puisque l'artémia ne possède aucun moyen de dispersion active, les vents et les oiseaux aquatiques (surtout flamants roses) constituent les vecteurs les plus importants de la dispersion des cystes à travers la nature (Lavens et Sorgeloos, 2000) de manière que ces

derniers lorsqu'ils flottent sur la surface de l'eau s'adhèrent aux pieds et aux plumages des oiseaux aquatiques. Même quand ils sont ingérés, les cystes restent intacts pour au moins 2 jours dans leur système digestif. En conséquence, l'absence des oiseaux est probablement la raison pour laquelle certaines régions convenables pour la présence de l'artémia (par exemple les salines de la côte nord-est du Brésil) ne sont pas naturellement habitées par ce petit crustacé (Lavens et Sorgeloos, 2000). De ce fait, les différentes populations d'*Artemia* sont rencontrées dans plus de 500 lacs salés naturels et artificiels appelés Chott, Sebkhah ou saline qui sont repartis sur toutes les zones climatiques tropicales, subtropicales et tempérées (Figure 6).

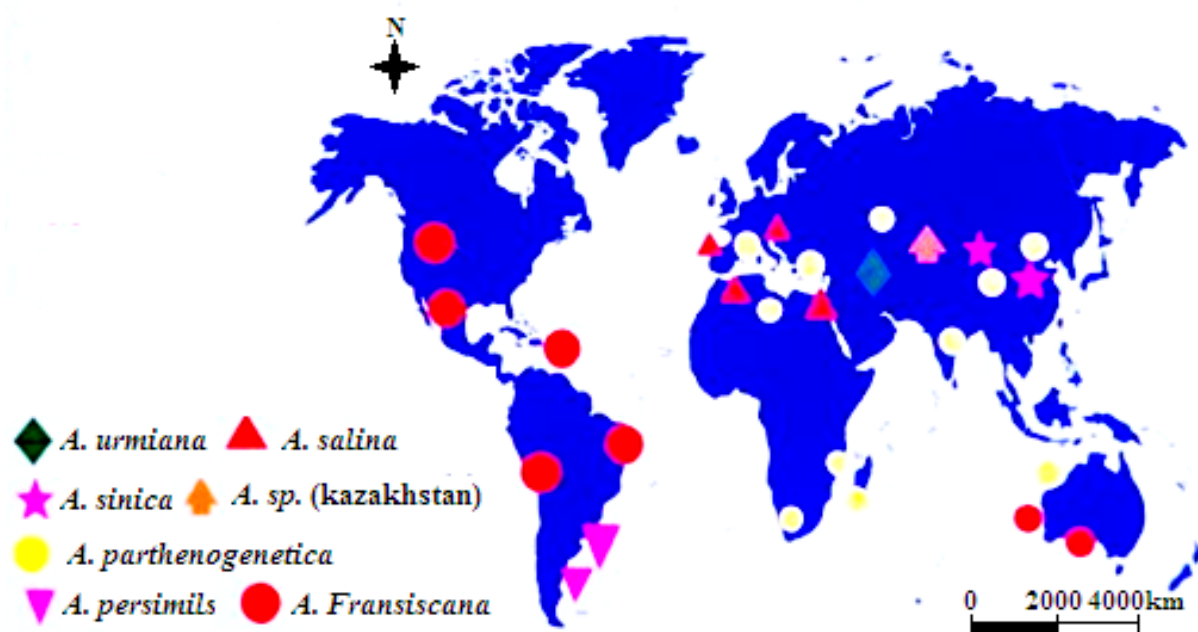


Figure 6 ; Répartition géographique du genre *Artémia* (A) dans le monde

3.2. En Algérie

Selon Kara et Amrouayache (2012), 11 sites potentiels de présence d'*Artemia* sont signalés en Algérie, l'espèce se rencontre dans les chotts et sebkhas (Tableau 5), et à l'état actuel, aucun site en Algérie ne fait l'objet d'une exploitation.

Tableau 5 : Les sites potentiels d'*Artemia* connus en Algérie (références)

Régions	Superficies (ha)	Coordonnées géographiques	Espèces	Références
Sebkhat Oran	43,000	35°43'N 00°08'W	Inconnue	Sorgeloos et <i>al.</i> , 1986 ; Ghomari et <i>al.</i> , 2011
Chott Ouargla	6,853	31°57'N 05°20'E	Inconnue	Sorgeloos et <i>al.</i> , 1986
Chott Marouane (El Oued)	36,000	34°03'N 06°20'E	<i>A. Salina</i>	(Sorgeloos et <i>al.</i> , 1986 ; Zemmouri, 1991 ; Kara et <i>al.</i> 2004; Samraoui et <i>al.</i> , 2006 ; Amarouayache et Kara, 2010
Sebkhat Ez-Zemoul (Oum El Bouagui)	6,100	35°53'N-06°33'E	<i>A. Salina</i>	Sorgeloos et <i>al.</i> , 1986 ; Zemmouri, 1991 ; Kara, 1998 ; Samraoui et <i>al.</i> , 2006 ; Amarouayache et Kara, 2010 ; Amaraouayache et <i>al.</i> , 2012
Arzew Saltern (Bathioua, Oran)	2,900	35°41'N-00°17'W	<i>A. tunisiana</i>	Zemmouri, 1991 ; Haddag, 1991 ; Samraoui et <i>al.</i> , 2006 ; Ghomari et <i>al.</i> , 2011
Garaet El Tarf (Oum El Bouagui)	33,460	35°42'N 07°07'E	<i>A. Salina</i>	Kara, 1998;Haddag, 1991; Gagneur et Kara, 2001; Ghomari et <i>al.</i> , 2011
Chott Melghir (Biskra)	48,000	34°10'N 06°17'E	<i>A. Salina</i>	Samraoui et <i>al.</i> , 2006 ; Ghomari et <i>al.</i> , 2011
Sebkhat Sidi Bouziane (Relizane)	1,740	35°50'N 00°39'W	<i>A. Salina</i>	Zemmouri, 1991 ; Ghomari et <i>al.</i> , 2011
Lac El-Bahira (Setif)	10	35°50'N 05°15'E	Inconnue	Sorgeloos et <i>al.</i> , 1986 ; Derbal et <i>al.</i> , 2010 ; Ghomari et <i>al.</i> , 2011
Lac salé de Goléa (Ghardaia)	18,947	30°28'N 02°55'E	Inconnue	Ghomari et <i>al.</i> , 2011

Dayet Morseli (Oran)	150	35°30'N 00°46'W	Inconnue	Sorgeloos et <i>al.</i> , 1986
-------------------------	-----	-----------------	----------	-----------------------------------

4. Reproduction et Cycle de vie

Les populations *d'Artemia* présentent deux types de reproduction : sexuelle avec la présence de mâles et femelles chez l'espèce sexuée et asexuée ou parthénogénétique avec la présence exclusive de femelles chez la souche asexuée (clones parthénogénétiques) (Trigui, 2017). Les deux types de femelles (sexuées ou asexuées), peuvent donner deux classes de descendance, selon les conditions environnementales (dans les conditions optimales de disponibilité d'aliment, salinité et oxygène), et selon l'espèce: un embryon qui achève son développement embryonnaire à l'intérieur de l'utérus de la femelle, et naît comme nauplii parfaitement formé, aussi connues sous le nom « d'œufs d'été » (reproduction ovovivipare), ou bien et en face des conditions adverses (salinité élevée, ou niveaux faibles d'oxygène), ils sont produits des formes d'œufs de résistances connues sous le nom de cystes, ou aussi appelés "des œufs d'hiver" (Trigui, 2017). Ces embryons qui une fois, atteignent le stade blastula avancé ou début du gastrula, entrent en stade de diapause, se recouvrent de l'enveloppe tertiaire résistante sécrétée par une glande au niveau de l'utérus (glande coquillière). Ils sont ensuite émis dans le milieu comme cystes ou œufs de durée (ovipare). Après déshydratation, le cyste présente une forme semi-sphérique avec un hémisphère totalement invaginé dans l'autre. Une fois réhydratée, il récupère sa forme totalement sphérique. L'embryon en diapause est enfermé dans le cyste (Figure 7). Exceptionnellement certains cystes éclosent immédiatement après être émis par la femelle, appelés cystes spontanés (Trigui, 2017), La majorité des cystes restent dans l'état de cryptobiose ou de diapause avec un métabolisme suspendu jusqu'à ce que les conditions du milieu soient favorables pour amorcer la désactivation de la diapause. Chez les espèces sexuées, lorsque les individus atteignent la maturité sexuelle, chaque mâle par son réflexe d'accouplement s'unit à une femelle par le biais de ses appendices céphaliques (antennes). Il la maintient par-dessus l'utérus, tout en fléchissant son abdomen et introduit l'un de ses deux pénis dans l'appareil génital de la femelle et libère ainsi son sperme. Le processus de l'ovogenèse se présente comme suit :

- Avant le processus de l'ovogenèse au niveau de l'abdomen des femelles, on observe uniquement l'allure du tube digestif (stade A) ;

- La formation des oocytes débute dans les ovaires et montre l'apparition de petites tâches opaques de couleur rosâtre le long des ovaires de chaque côté du tube digestif (stade B), où vont se développer en accumulant le vitellus dans leur cytoplasme. Durant les phases B et C croissent des oocytes, le (stade C) est très courte ;
- Par la suite ils migrent vers les sacs latéraux des oviductes (Stade D), puis vers l'utérus en forme d'ovules ;
- Durant cette phase les ovules se rencontrent dans la première métaphase méiotique ou en phase équivalente pour les souches parthénogénétiques. La fécondation des ovules a lieu durant cette phase. Une fois les oocytes fécondés, passent à l'utérus, où s'effectuera le reste du développement embryonnaire (phase E). Quand la ponte atteint le stade D, se déclenche une nouvelle activité des ovaires, on assiste à une superposition des générations mais jamais de mélange entre pontes (Figure 7). Suite à cette fréquence a lieu des pontes de nauplii ou cystes en nombre variable selon la population, l'âge de l'animal et autres conditions écophysiologiques. Dans les conditions les plus favorables, une femelle peut dépasser 400 nauplii par ponte.

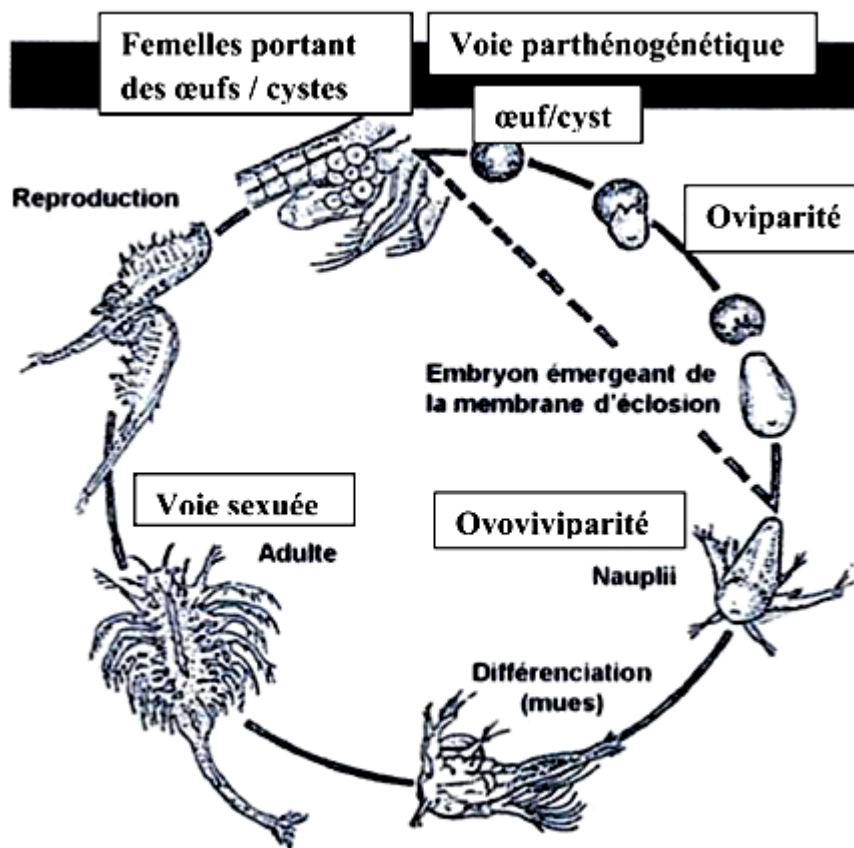


Figure 7 : Mode de reproduction et cycle de vie chez les espèces du genre *Artémia*
(Defaye et *al.*, 1998)

5. Écologie

Sept facteurs interviennent directement dans la vitalité de l'espèce : la salinité, la température, l'oxygène, le pH, dispersion des cystes, la compétition, prédation et parasitisme, l'alimentation ... etc.

5.1. Composition ionique et salinité

Dans la nature, le genre prolifère dans les milieux hypersalés à salinité supérieure à 100g/kg (Hedgpeth, 1959), qui sont de deux catégories :

Milieux athalassohalins : comme les lacs salés intérieurs (ou continentaux), les étangs salés, les sebkhas et les chotts. Ces milieux sont caractérisés par des eaux riches en carbonates, en potassium ou en sulfates et sont alimentés uniquement par les eaux des oueds et des pluies (Persoone et Sorgeloos, 1980 ; Spitchak, 1980) ;

Milieux thalassohalins : comme les salines côtières et les lacs en communication directe avec la mer. Ce type de milieu est caractérisé par une composition chimique chlorée (Persoone et

Sorgeloos, 1980 ; Spitchak, 1980). Ces milieux sont caractérisés par un climat tropical, subtropical et tempéré. Les espèces du genre *Artemia* sont dites euryhalines grâce à leur capacité de tolérer des valeurs très élevées de salinité. En effet, elles ont développé un système de défense écologique qui les permet de supporter des compositions ioniques et des salinités létales pour la majorité des autres espèces aquatiques. Ce système d'osmorégulation exceptionnel a fait d'elles les meilleures espèces des métazoaires aquatiques en termes de résistance à la salinité (Cole et Brown, 1967) puisqu'elles peuvent vivre dans des eaux de salinités comprises entre 9 g/Kg et 340 g/Kg (Post et Youssef, 1977). La salinité a un impact très important sur la production des cystes du fait que la femelle ne peut l'émettre qu'à partir d'un certain niveau qui est de 85 g/Kg pour la souche californienne de la baie de San Francisco (Sorgeloos, 1980).

5.2. Température

Les espèces sont eurytherme pouvant vivre dans des milieux à température comprise entre 6°C et 37°C et survivre pendant quelques jours à une température de 40°C (Vos et Transutapanit, 1979), alors que leurs optimums de croissance, variable entre les souches, est compris entre 25°C et 30°C. La tolérance vis-à-vis de ce paramètre varie en fonction des stades du développement :

- Les cystes peuvent tolérer des températures élevées ;
- Les larves peuvent tolérer des températures comprises entre 6°C et 40°C (Skoultschi et Morowitz, 1964 ; Hinton, 1964).

5.3. Oxygène

Euroxybionte, car elles peuvent vivre dans une gamme très large d'oxygène dissous. Elles peuvent proliférer dans des milieux où le taux de saturation d'oxygène est de 150 % (lors d'un « bloom » algal) ainsi qu'à un taux de 1% (milieux pauvres en oxygène dissous) (Trigui, 2017).

5.4. pH

L'*Artemia* n'est rencontrée qu'en milieu neutre (pH= 7) ou alcalin (pH> 7). En effet, les informations relatives à l'influence du pH sur la croissance des juvéniles et sur le maintien des adultes sont rares ; en revanche, ce paramètre joue un rôle capital lors de l'éclosion (Sato, 1967) et à des valeurs inférieures à 6 devient létales pour l'*Artémia* (Brisset, 1984).

5.5. Dispersion des cystes

Les principaux facteurs qui sont à l'origine de la dispersion des cystes sont le vent et les oiseaux (Loffler, 1964 ; Mac Donald, 1980). Cependant, de nos jours, l'homme joue également un rôle important dans la dispersion de cette espèce par l'inoculation.

5.6. Compétition, prédation et parasitisme

Les espèces du genre *Artemia* n'ont pas de compétiteurs, du moins dans les milieux hypersalés, mais à des salinités inférieures à 70 g/kg, quelques groupes d'invertébrés peuvent entrer en compétition avec elles comme les rotifères, les ciliés et plus rarement divers crustacés (anostracés et copépodes). Les prédateurs sont nombreux et le sont d'autant plus lorsque la salinité est proche de celle de l'eau de mer, car tous les zooplanctophages trouvent dans l'artémia un aliment facile à capturer à cause de la lenteur de sa nage en pleine eau en position renversée (Aloui, 2003). L'*Artemia* est sujette à des maladies dues à des parasites mais peu de littérature existe sur ce point (Sorgeloos, 1980).

5.7. Alimentation

Les artémias sont des espèces typiquement « filter feeder » phagotrophes (Provasoli et Shiraishi, 1959) qui s'alimentent en se déplaçant perpétuellement.

Le processus d'alimentation diffère selon les stades de développement :

- Chez les nauplii, elle est assurée par la deuxième paire d'antennes ;
- Chez l'adulte, elle est assurée par les thoracopodes (11 paires d'appendices thoraciques remplacés au fil des mues) (Tobias et *al.*, 1980).

L'Artémia capte, par battements rythmiques et coordonnés, toutes particules inertes ou vivantes en suspension grâce aux soies garnissant les thoracopodes (Volmer, 1952). L'artémia peut absorber des particules de quelques micromètres (comme les bactéries) jusqu'à des tailles de 25 microns (Seki, 1966 ; Takano, 1967) ; mais d'une façon générale, elle est capable d'ingérer toute particule dont la taille est inférieure à 60µm (Reeve, 1963). Des études faites à "*Artemia Reference Center*" (ARC) ont permis de déterminer la taille optimale des particules alimentaires qui est de 25 à 30 µm pour le nauplius et 40 à 50 µm pour l'adulte (Dobelleir et *al.*, 1980). La composition des aliments ne présente pas une préférence particulière chez l'Artémia, d'où l'intérêt économique indéniable pour son élevage. Cette absence de sélectivité augmente considérablement l'éventail des aliments nécessaires au développement de l'Artémia. Donc, quel que soit la matière choisie, vivante ou inerte, elle doit présenter deux

caractéristiques primordiales pour être ingérée par l'*Artémia* : l'insolubilité et la petitesse de la taille (<50 µm).

6. Importance aquacole et intérêt économique

Depuis la découverte de la valeur nutritionnelle des larves de l'*artémia* pour les élevages larvaires de poissons et de crustacés par Seale (1933) et ensuite par Rollefson (1939), ses espèces ont fait l'objet de nombreux travaux de recherches en vue d'exploiter les cystes. L'exploitation et la commercialisation ont commencé en 1948 aux Etats-Unis (San Francisco-Bay et Utah : Great Salt Lake), car les espèces sont indispensables au niveau des écloséries pour les raisons suivantes :

- La facilité d'utilisation : récolte des cystes du milieu naturel, ensuite leur traitement et enfin leur stockage ;
- Les nauplii fraîchement éclos constituent une bonne nourriture aussi bien sur le plan sanitaire qu'énergétique ;
- La dimension des nauplii est adaptée à la dimension de la bouche des larves ;
- La facilité de conservation des cystes pendant plusieurs années ;
- La facilité de l'obtention des nauplii : l'incubation des cystes dans l'eau de mer pendant 24 heures permet la libération des nauplii.

Toutefois, la demande de cystes d'*Artémia* a augmenté de façon exponentielle en réponse au développement de la pisciculture dans tous les pays du monde. Actuellement, 2000 tonnes environ de cystes d'*Artémia* sont commercialisés annuellement dans le monde, à raison de 200 à 500 €/Kg de cystes en Europe (Sorgeloos et *al.* 2001). Les pays producteurs de cystes d'*Artémia* peu nombreux, sont les suivants : USA (Souche de Great Salt Lake et San Francisco : 4400 Km²), Argentine (Souche Argentine), Brésil (Souche Macau), Chine (Souche chinoise), France (Souche Lavalduc) et Espagne (Souche Espagnole) (Aloui, 2003). Par conséquent, le développement des projets aquacoles 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. Les cystes importés dans les pays magrébine appartiennent à deux souches : AF et EG (Zouari, 2016). Le prix du kilogramme de cystes varie selon la souche importée (Tableau 6).

Tableau 6 : Prix du kilo de cystes de l'Artémia.

Souche importée	Prix du Kg	Références
Souche AF (Belgique) (diamètre faible)	110 à 140 euro	(Zouari, 2016)
Souche EG (Belgique) (diamètre important)	70 à 80 euro	(Zouari, 2016)

7. Exploitation

7.1. Dans les habitats naturels

Il s'agit de récolter les espèces dans les salines au moment de sa prolifération de façon spectaculaire en période printanière et pré-estivale. L'exploitation de l'Artémia, sous forme de cystes ou biomasses dans les habitats naturels, pour des fins aquacoles est pratiquée dans tous les pays possédant des salines et où l'activité aquacole est développée. Divanach et *al.* (1983) ont signalé que les récoltes des espèces dans les bassins de la saline de Villeroy (France) d'une manière rationnelle et sélective accroissent aussi bien sa production que la durée de son exploitation. L'augmentation de la biomasse de l'Artémia dans les salines dépend de la température, la salinité et l'oxygène dissous. L'existence de quantités suffisantes de phytoplancton dans le milieu joue un rôle dans la présence de l'Artémia, car il constitue la base essentielle de la nourriture de l'Artémia (*Dunaliella salina*) (Amat, 1979).

7.2. Exploitation intensive de l'Artémia

Le choix de la souche de l'Artémia dépend essentiellement de la taille des cystes et du taux de fécondité (Amat, 1979). Pour une meilleure exploitation des espèces et une augmentation de la valeur nutritionnelle, un enrichissement en acides gras (AG) polyinsaturés est nécessaire. L'Artémia peut être exploitée aussi pour la vente ou pour la distribution à des larves de poissons ou de crustacés durant les premiers stades larvaires. L'élevage intensif n'est pas développé au regard du coût de production élevé comparé aux frais relativement faibles engagés par la récolte en milieu naturel (Amat, 1979).

8. Elevage

8.1. Elevage extensif

L'élevage extensif de l'*Artémia* s'effectue en milieu naturel (étang et lagune) pouvant produire 1 à 5 Kg de cystes/ha/an (Brisset, 1984). La récolte des cystes se fait le long des berges. L'inoculation d'autres milieux naturels par des nauplii, juvéniles et adultes, est plus au moins facile mais la plus simple et la plus pratique est celle des nauplii dont le transport et les manipulations nécessitent de moindres volumes d'eau (les nauplii supportent sans problèmes des chocs de salinité). L'inoculation à partir des cystes est peu pratique puisqu'il est nécessaire de travailler à des faibles salinités, ce qui favorise la pénétration des prédateurs. Les nauplii sont transportés dans l'eau de la saline réfrigérée à 6°C et à des densités ne dépassent pas 1 million/litre avec une agitation mécanique ou un bullage dans le fond pour éviter toute accumulation (Brisset, 1984). Les productions extensives sont jusqu'à maintenant réalisées dans trois types de biotopes : lac salés, lagunes côtières et marais salants (Brisset, 1984). Les sites d'élevage extensif doivent être sélectionnés, car certains sont malheureusement sujets à de diverses attaques physiques ou chimiques qui peuvent provoquer la disparition ou la modification définitive de leur biocénose. C'est le cas de Mono Lake qui n'est plus suffisamment alimenté suite à des pompages inconsidérés effectués par les industriels dans les zones urbaines (Brisset, 1984). D'autres biotopes sont atteints par des pollutions chimiques comme le DDT, le chlordane et dieldrin, ou métalliques comme le mercure, le plomb, etc... (Brisset, 1984).

8.2. Elevage semi-intensif

L'élevage semi-intensif consiste à effectuer l'inoculation sous forme de nauplii dans des bassins en terre aménagés dans des salines. La profondeur des bassins doit être de 50 à 100 cm; la salinité de l'eau est de 100 à 200 psu. Cet élevage est basé sur un apport d'aliment en plus de l'aliment naturel existant dans le bassin. Les conditions d'élevage comme la température, la salinité et l'oxygène dissous sont contrôlées et corrélées avec la biomasse d'*Artémia*. Ce type d'élevage peut produire 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 et sorgeloos, 1991).

8.3. Elevage intensif

Il s'agit de pratiquer l'inoculation des nauplii dans des structures d'élevage (bacs en polyesters ou bassins en béton) de faible volume (1 m³) à une densité élevée (10 000 à 12 000 nauplii/litre). Le milieu de culture est constitué de l'eau de la saline (50-70 g/Kg) 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 de résistances chauffantes. 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 ; James et *al.*, 1981). Cet élevage est réalisé dans des bassins appelés (air-water-lift) sans renouvellement d'eau, du stade nauplius jusqu'au stade adulte (Bossuyt et Sorgeloos, 1980). Ce système de culture permet de récolter de façon régulière 5 à 7 Kg d'*Artémia* adulte/m³ après une période de culture de 14 jours en utilisant du son de riz (Sorgeloos et *al.*, 1983).

8.4. Conservation et éclosion des cystes

8.4.1. Conservation

Bien que déshydratés les cystes présentent un faible métabolisme qu'il sera nécessaire de diminuer voire éliminer pour assurer une conservation de plusieurs années sans chute du taux d'éclosion. Les cystes devront être maintenus déshydratés, à basse température et surtout à l'abri de l'oxygène (Bowen, 1963 ; Clegg et Conte, 1980). Suivant la durée de conservation désirée on peut utiliser diverses méthodes. Pour quelques mois, les cystes peuvent être placés directement dans la saumure saturée. Si le stockage doit se prolonger ils doivent être déshydratés dans une étuve puis placés sous vide ou en atmosphère inerte (azote).

8.4.2. Éclosion

Au niveau des écloséries, étant donné le prix actuel des cystes, l'impératif sera de réaliser des éclosions où le rapport poids de nauplii obtenus sur poids de cystes soit le plus haut possible. Pour une éclosion optimale certains critères de base devront être observés en les adaptant à la souche utilisée. Résumons en premier lieu, par les schémas proposés par Morris en 1971 et modifiés par Benijts et Vandeputte en 1977, le déroulement de l'éclosion (Figure 8).

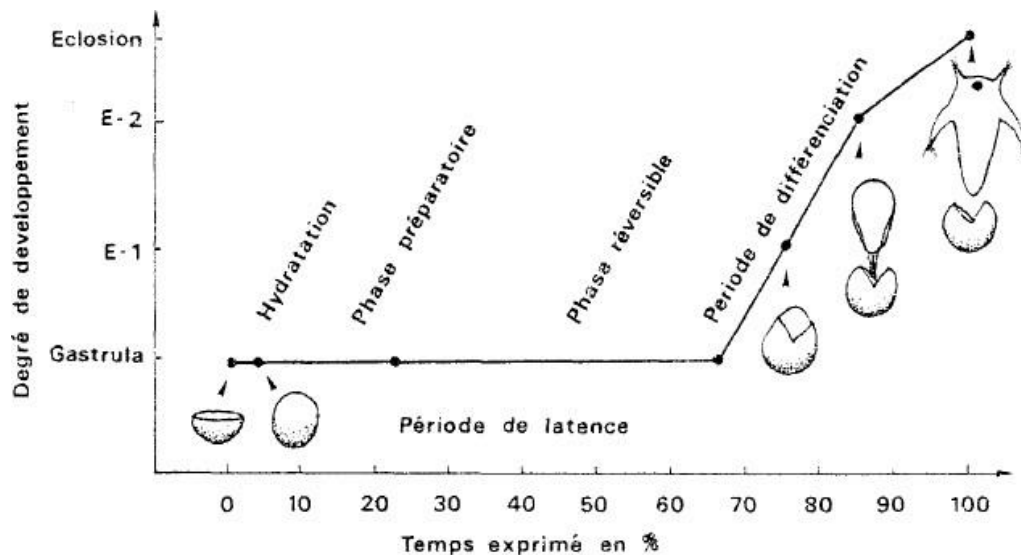


Figure 8 : Déroulement de l'éclosion (Morris, 1971 ; Benijts et Vandeputte, 1977)

Première étape de l'éclosion l'hydratation, ne dure qu'une à deux heures suivant la salinité du milieu. L'incubation peut être divisée en deux périodes : une de latence et une de différenciation. La première peut être divisée en deux phases : une de préparation et une de réversibilité. Durant la première, si le cyste subit une déshydratation, replacé dans de bonnes conditions il reprendra son développement à partir du stade auquel il était arrivé avant la déshydratation. Par contre dans la phase de réversibilité le cyste déshydraté reprendra son développement au début de la période de réversibilité même s'il était en fin de celle-ci. Les précipitations en périodes de dessiccation dans le milieu naturel pouvant se succéder rapidement, ce phénomène peut être considéré comme un moyen de protection de l'espèce.

Il nécessite toutefois des dépenses énergétiques qui provoqueront des baisses du rendement de l'éclosion d'où l'intérêt de récolter les cystes le plus rapidement possible. Passé la période de latence qui représente 70 % du temps de l'éclosion, le chorion se fend très rapidement et le nauplius apparaît enveloppé dans la membrane d'éclosion, pendu au chorion plus léger que lui d'où le nom de ce stade "parapluie". Le nauplius d'artémia finit par rompre la membrane et devient un être libre.

Chapitre IV : Présentation des zones d'étude

1. La saline de Bathioua (Arzew)

1.1. Approche

La saline de Bathioua a été exploitée depuis 1884 par la société française Nobel Bozel et sa filiale Bozel Maltera, est actuellement régie sous la direction de l'ENASEL. (Entreprise nationale du sel) qui l'a repris en 1984 de la SONAREM. Cette dernière l'avait achetée en 1970. Ces salines sont établies sur la rive sud de la dépression appelée « lac salé d'Arzew » d'une superficie de 2700 hectares. Les pluies d'hivers remplissent le lac et dissolvent la couche de sel qui tapisse le sol.

Vers la fin d'avril, quand les eaux atteignent la concentration voulue, elles sont envoyées par pompage sur des tables salantes d'une superficie d'environ 60 hectares chacune ou elles déposent leur sel ; la récolte se fait à l'automne. Depuis quelques années, à cause notamment de la faible pluviométrie, la production du sel ne dépasse plus 44500 t/an.

Depuis 2002, une attention accrue fut accordée à la gestion et aux installations techniques (construction de hangars de stockage et de laboratoire, ainsi de l'acquisition de certains équipements) afin d'améliorer la production et surtout la qualité du sel pour l'exportation (ENASEL, 2012).

1.2. Cadre physique

Située à 20 km au sud de la ville d'Arzew et à 50 km du chef lieu de la wilaya d'Oran, la saline de Bathioua se localise à une altitude de 58,6 m, à une latitude de 35°43 nord et à une longitude de 00°80 ouest. Elle s'éloigne de 15 km de la côte méditerranéenne (Figure 9).

Elle est alimentée par les eaux de pluies et les eaux de ruissellement, et atteint une profondeur moyenne maximale d'environ 1,2 m (ENASEL, 2012).

Dans ces dépressions s'accumulent des dépôts continentaux transportés par l'eau avec notamment d'importante accumulation de sel par lessivage des terrains salifères superficiels souterrains du miocène et du trias. Cette dernière renferme dans les régions proches de la côte une certaine quantité de chlorure qui va en diminuant au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer (Scholler, 1963). La production du sel à partir de cette salée se réalise grâce à des conditions climatologiques favorables.

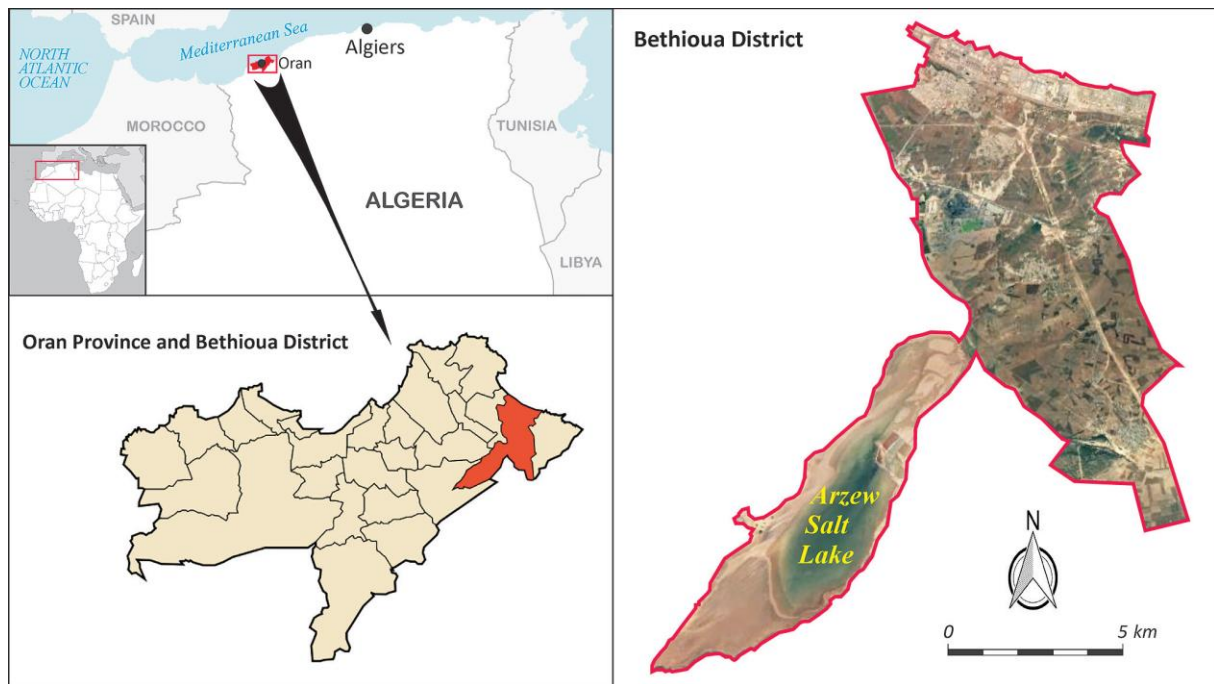


Figure 9 : situation géographique de la saline de bathioua (Carte établie par ArcGis10)

1.2.1. Hydro climat

Le salin de Bathioua disposait de 2 stations météorologiques, qui sont à l'arrêt depuis 1990. Actuellement, il y a eu la remise en service de l'une des deux stations.

A partir de ces données climatiques, la région d'Oran se trouve dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver doux. Le climat de cette région est caractérisé par une température annuelle moyenne de 14.4 C, les amplitudes thermiques sont plus importantes avec une moyenne annuelle d'environ 18.2 C. (Stewart, 1974).

La station d'Oran reçoit 280.7 mm de précipitation par an ce qui laisse dire que le régime pluviométrique de cette région se caractérise par une pluviosité faible la saison pluvieuse est apparemment situé en hiver avec une quantité de pluie représentant approximativement 43 (ENASEL, 2012).

1.2.2. Présentation de l'unité (Bathioua)

La saline de Bathioua est située à 14 kilomètres au sud d'Arzew d'orientation nord et sud-ouest présentant une longueur totale de 12 km sur 2.4 km de large.

La surface totale est de 2680 ha son altitude au-dessus du niveau de la mer est de :

- 58 m sur berge ;
- 57 m au point le plus profond ;

- La profondeur d'eau maximale est de 1m.20.
La saumure nécessaire à la formation de sel provient :
- Des sources d'eau salée alimentées par les pluies qui se déversent dans le lac, sources situées au tour de la cuvette ;
- La remontée du niveau d'eau salée pierrée dans le sous-sol.

Les saumures qui arrivent dans le lac sont inégalement chargées de sel suivant leur itinéraire. Suivi, la saumure de remontée de sous-sol est plus chargée que celle des sources, elles même plus chargées que celle des eaux de ruissellement.

1.2.3. Saumure du lac

Après une bonne pluviométrie, le lac se remplit de saumure que la station de pompage repartit sur 5 tables salantes totalisant 63 ha de surface d'évaporation.

La concentration de la saumure dans la prise d'eau varie entre 18° baumé au début du pompage généralement situé au mois d'avril, et 25° baumé vers la fin du pompage à la fin du mois de Mai et début Juin.

La production du sel brute varié suivant les saisons. Nous donnons ci-après la quantité produite en fonction des années selon le Tableau et la Figure ci-dessous.

Tableau 7: production des sels des salines de Bathioua

Années	Production (tonnes)
1980	71000
1981	73800
1982	84000
1983	85300
1984	78200
1985	65000
1986	82000
1987	85000
1988	83500

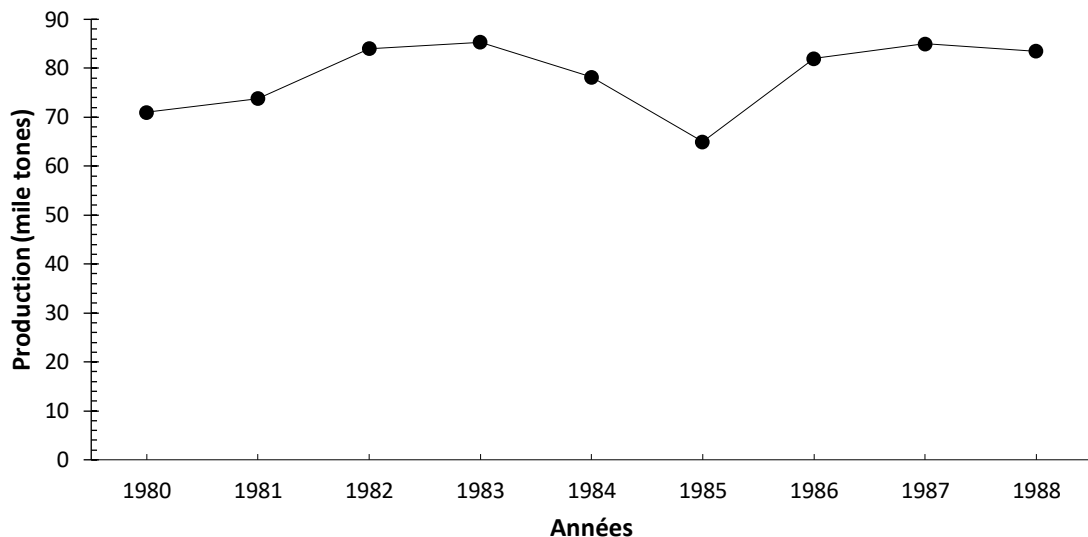


Figure 10 : production des sels des salines de Bathioua des années (1980-1988) (ENASEL, 2012)

1.3. La saline d'Oued Djemaa

1.3.1. Historique

L'unité D'Oued Djemaa, baptisée « les salins de Sidi Bouziane » est une unité de production et de commercialisation des sels (alimentaire et industriel).

Elle est située à 13 km à l'est du chef-lieu de la wilaya de Relizane, donc proche des zones urbaines et de l'axe principale liant le centre à l'ouest Algérien.

La création et la mise en activité de cette unité remontant à l'année 1943 en société anonyme sous l'appellation « salins de ferry » spécialisée dans l'extraction et la commercialisation du sel salin.

En date du 08 juillet 1969 et après la nationalisation du secteur des mines, l'unité fut rattachée à la SONAREM « société nationale de recherche et d'exploitation minières »

Depuis la restauration de la SONARAM en 1983, l'unité dépend de l'ENASEL « entreprise nationale de sels ».

En récompense des efforts consentis en matière de management et de satisfaction des exigences réglementaires et des exigences requises par la norme internationale, AFAQ (organisme internationale) a certifié l'ENASEL, le 27/07/2004 selon la norme ISO 9001 version 2000.

Elle traite annuellement entre 35000 et 40000 tonnes de sel récolté à partir des tables salines situées à proximité de l'unité (500 m environ).

L'unité de Sidi Bouziane, de par sa position géographique, elle a pour mission la commercialisation des sels alimentaires et des sels industriels dans la région ouest du pays et approvisionne, par des cessions, le centre de distributions des sels en sel alimentaire (ENASEL, 2012).

1.3.2. Données hydrologiques

Du point de vue ressource hydrique au niveau de la zone d'étude, le comblement argileux épais qui caractérise le site ne permet pas la mise en place d'une nappe souterraine importante. Les rares puits d'une profondeur de 15 à 20m répertoriés au niveau de la zone sont utilisés à des fins agricoles. Ces derniers offrent des possibilités d'utilisation très limitées et dépendent de l'importance des saisons pluviales (ENASEL, 2012).

Concernant la qualité d'eau de réseau, pratiquement tous les éléments polluants sont en dessous des normes OMS de potabilité prescrites.

Toutefois, on remarque que la composition de l'eau varie selon la période de l'année. La présence d'ammonium dans l'analyse du mois de juin 2007 semble indiquer une pollution par engrais. L'augmentation du taux du chlorure en septembre 2007, en janvier 2008 semble indiquer des sels en surface, venant augmenter la salinité.

Globalement, l'eau brute délivrée en limite du site est une eau potable. (Figure 11).

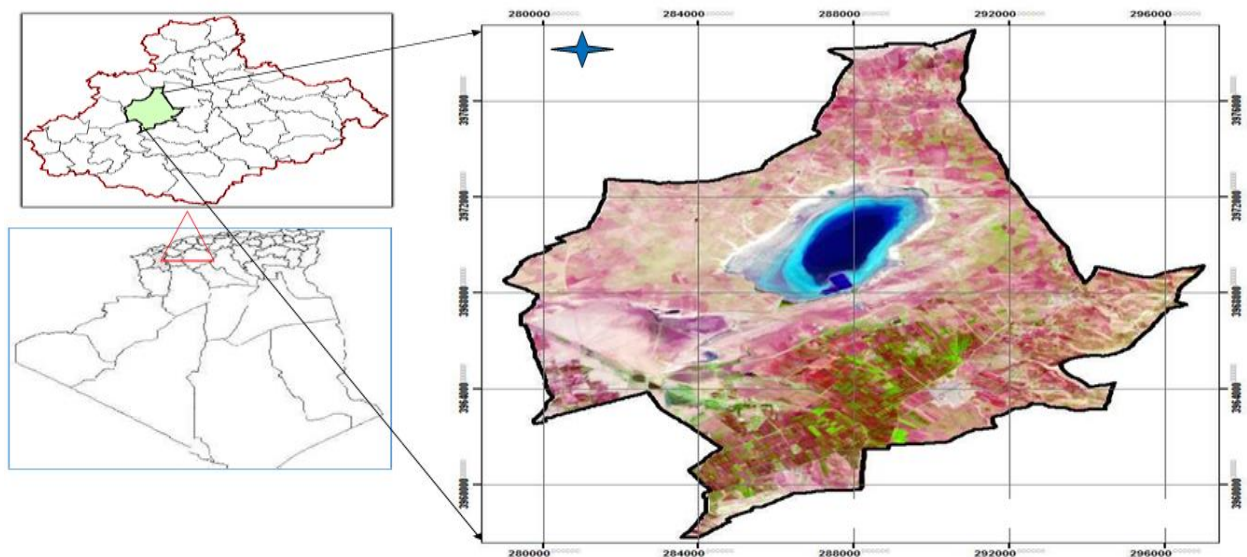


Figure 11: situation géographique de la saline d'Oued Djemaa (Carte établie par ArcGis10)

1.3.3. Environnement Physique

Les Données météorologique sont tirées du document de l'office national de la météorologie de la station de CHLEF, et cela de la période allant de 1996_2005.les paramètres climatiques sont portés dans les tableaux ci-dessous ;

a) La température

Tableau 8: Température moyenne mensuelle, maximale et minimale mensuelles absolus (C°) (ONM, 2008).

T (C°)	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Température moyenne mensuelle	11,1	11,6	14,9	16,8	21,1	27,3	29,8	30	25,9	21,6	14,9	11,9
Température maximale absolue	25,3	25,3	36	38,3	41,6	44,1	46,9	46,9	44	38	30,1	26
Température minimale absolue	-1,5	-1	0	2,6	5,6	11,5	15	15	12	6,5	2,5	0

b) Les précipitations

A partir de la station de Relizane, on a pu récupérer les moyennes mensuelles des précipitations de la décennie 1996-2005 (Tableau 9).

Tableau 9: Moyennes mensuelles des précipitations en mm

Mois/ Année	Précipitations en mm	Nombre de jours
Janvier	16,2	05
Février	30,6	05
Mars	14,0	04
Avril	12,8	02
Mai	29,1	08
Juin	06,2	02
Juillet	05,6	01
Aout	00,0	00
Septembre	07,7	05
Octobre	33,9	10
Novembre	80,5	12
Décembre	82,3	14
Total annuel	318,9	68
Moy annuelle	26,5	5,6

c) L'humidité relative

Tableau 10: Humidité relative moyenne mensuelle (%) (ONM Chlef ,2008)

HR (%)	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Humidité relative (%)	78	75	70	63	57	43	41	44	54	62	75	79

d) La pression atmosphérique

Tableau 11 : Pression atmosphérique moyenne mensuelle (millibars) (ONM Chlef, 2008)

Pression (mb)	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Pression moyenne mensuelle	1004	1004,4	1001,1	998	998,1	999	997,6	997,8	998,7	1000,5	1001,1	1002

e) Les vents

Tableau 12: Distribution de fréquence du vent à la station de CHLEF Période : 1996-2005

Direction du vent	Classes de vitesse de vent (en m/s)				Total
	01-06	06-11	11-16	≥ 16	
Nord	7,94	3,04	0,09	0,00	11,07
Nord- Est	14,60	1,01	0,03	0,00	15,65
Est	13,09	1,32	0,03	0,00	14,43
Sud –Est	1,31	0,05	0,00	0,00	1,37
Sud	1,92	0,11	0,00	0,00	2,04
Sud- Ouest	12,94	2,17	0,20	0,00	15,32
Ouest	11,71	2,43	0,46	0,02	14,62
Nord-Ouest	3,50	0,87	0,05	0,00	4,42
Total	67,01	11,02	0,87	0,02	100,00
Vent calme					21,08

1.3.4. Installation et production du sel

L'exploitation du sel brute se fait à partir de cette sebkha d'une superficie totale de 1890 hectares, dont 32 hectares répartis en huit 8 surfaces constituant les tables de cristallisation. (ENASEL ,2012).

La production moyenne annuelle de cette saline avoisine les 37000 tonnes, qui représentent à peu près 30/100de la production nationale. (ENASEL, 2012).

a) Utilisation des tables

La fabrication du sel se fait dans 8 bassins de 4 hectares chacune.

Les eaux pompées dans le lac à 24.5 degrés baumé sont réparties sous fortes épaisseurs dans chaque bassin dont le fond est constitué d'une forte couche de sel appelée « contre sel » (ENASEL, 2012).

b) Méthode de production

À la fin de pompage, un suivi régulier d'évaporation et du dépôt de sel se fait. Cette opération d'évaporation est tributaire des conditions climatiques (chaleur ambiante, vent dominant, etc...)

Au cours de l'opération d'extraction, le sel est récolté mécaniquement sous une épaisseur moyenne de 10 centimètres à l'aide d'un engin spécialement conçu pour ce travail et transporté jusqu'à l'installation de « lavage-stockage ».

À cet endroit le sel subit un traitement mécanique qui le débarrasse des impuretés. Il est ensuite égoutté et stocké en un tas circulaire en forme de prisme courbe d'une hauteur de 14 mètres et d'une longueur de 38 mètres.

L'installation d'emballage automatique peut débiter 20 tonnes par jours de sel de table lavé et séché présente en sachets polyéthylène de 1 kg (ENASEL, 2012).

Partie expérimentale

Chapitre V : Matériel et Méthodes

L'étude de l'*Artémia* dans les deux salines (Bathioua et Oued Djemaa), a été entreprise depuis 2015. A partir de cette année, des prospections spatio-temporelles nous ont permis de repérer les stations contenant l'espèce. De plus, nos investigations ont porté sur la qualité de l'eau des deux salines, d'une part et sur l'*Artémia*, d'autre part. Au total 34 sorties sur terrain ont été effectuées.

Il est à noter que trois prélèvements d'eau et d'espèces dans les deux salines ont été effectués durant le printemps de l'année 2014.

1. Intérêt et Choix de l'espèce

L'objectif de ce présent travail consiste dans son premier volet, à étudier l'aspect écobioologique d'*artémia* vivant dans les salines de Bathioua et d'Oued Djemaa, cette étude porte sur l'adaptation de l'espèce, sujette de notre étude, à différentes concentration de salinités. Lorsque les conditions du milieu de vie ne sont plus favorables, l'*Artémia* est capable de produire des cystes, qui ont la faculté de pouvoir après réhydratation donner naissance à une larve appelée nauplius, et ce, parfois même après des années. La résistance des cystes aux changements de milieu, en état de cryptobiose, leur permet de survivre à des températures à des salinités extrêmes. Dans ce même contexte, les cystes sont alors eux aussi, soumis au stress salin afin de déterminer ses potentialités de résistance aux changements des paramètres du milieu. Les cystes représentent la nourriture de choix pour la plupart des écloséries de poissons et de crustacés dans le monde, pour sa qualité nutritionnelle et la facilité de ses stockages. Les élevages aquicoles sont donc de gros consommateurs d'œufs d'*Artemia*. Dans le deuxième volet de cette étude, des analyses physico-chimiques d'eau des deux salines ont été entamés, pour une éventuelle comparaison des deux sites. Par ailleurs, une étude toxicologique a été réalisée sur des espèces adultes saines d'*Artemia* qui ont récupérés après un élevage a partir des cystes. Dans le quatrième volet, une étude biochimique à été effectuée sur la souche d'*artemia* de Bathioua (l'extraction de bêta carotène, des protéines et des sucres). Le cinquième volet, la détermination de l'espèce *Artemia* habitant les deux sites sur le plan génétique. En sixième volet, une analyse des composantes principales (ACP) de nos résultats.

2. Choix des sites et des stations de prélèvement

2.1. Site 1 : Le site de Bathioua

Il est localisé au Nord Est de Bathioua à une altitude de 0° 11 et à une longitude de 36° 48. Le site est caractérisé par une concentration en sel et en pH favorisant l'adaptation d'*Artemia salina* ; néanmoins, sa reproduction peut être perturbée par la présence des polluants. Pour cela, nous avons choisi de prélever les échantillons pour l'étude de l'espèce et de la qualité d'eau, à partir de trois stations différentes, dont la première station (SB₁) on a soupçonné la présence des polluants ce qui touche directement la présence et l'abondance de l'espèce (Figure 12). Par contre pour les deux autres stations (SB₂, SB₃) où on a remarqué son abondance (Figures 13, 14).

2.2. Site 2 : Le site d'Oued Djemaa

L'unité d'Oued Djemaa, baptisée « les salins de sidi Bouziane » est une unité de production et de commercialisation des sels, (alimentaire et industriel). Elle est située à 13 km à l'est du chef-lieu de la wilaya de Relizane, donc proche des zones urbaines et de l'axe principale liant le centre à l'ouest algérien. Les mêmes opérations de prélèvements sont effectuées aussi au niveau de cette saline pour procéder à une comparaison entre les deux sites d'étude, au point de vue qualité de l'eau et possibilité de présence et dénombrement d'*Artemia* dans les conditions du milieu et dans des conditions du stress salin (Figures 15, 16,17).

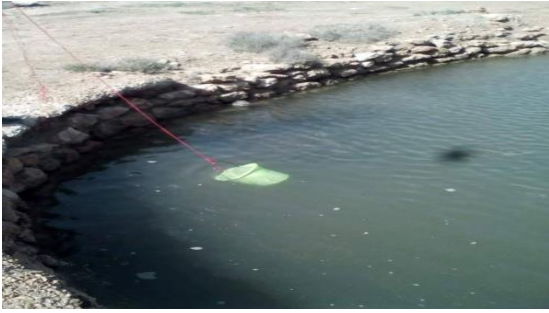


Figure 12 : station 1 SB



Figure 15 : station1 SOD



Figure 13 : station 2 SB



Figure 16 : station2 SOD



Figure 14 : station 3 SB



Figure 17: station3 SOD

3. Etude écobioologique

3.1. Prélèvement et conservation des échantillons

Les échantillons destinés à l'étude écobioologique (sont prélevés sur un filtre de 80 µm de maille, triés, puis stockés à -4°C. Les récoltes effectuées toujours le matin entre 8 et 12h. Les échantillons prélevés sont fixés avec du formol neutralisé à 5%. L'étude a porté sur les paramètres suivants : l'abondance, la composition de la population, la reproduction (mode, modalité, sex-ratio et taille) (Trigui, 2017).

3.2. Récolte, transport et acclimatation des animaux

L'Artémia adulte a été récoltée, dans les bassins à Artémia pendant la période printanière et pré-estivale, puis transportée dans des bassines de 10 litres avec oxygénation soutenue jusqu'au laboratoire. A l'arrivée, les Artémis sont mis dans deux grands bacs aérés de 40 litres chacun pour acclimatation durant 5 à 7 jours. Au cours de cette phase et pendant toutes les expérimentations, les animaux sont nourris à l'aide de farine de riz et de la levure, à raison de deux fois par jour (matin et nuit) (Trigui, 2017).

3.3. Abondance

Les échantillons ont été récoltés à une fréquence de 1 fois/mois. Pour chacune des 6 stations nous avons filtré 40 litres d'eau au moyen de l'épuisette. Au laboratoire, le comptage a été fait sous la loupe binoculaire sur un sous-échantillon obtenu par fractionnement, puis le résultat est extrapolé à la totalité de l'échantillon. Les résultats obtenus sont donnés en ind/l.

3.4. Composition de la population

Les échantillons ont été récoltés mensuellement. Les Artémis ont été dénombrés suivant les trois catégories proposées par (Sorgeloos et *al.*, 1986) (*in* Trigui, 2017) nauplius, juvénile et adulte.

3.5. Reproduction

La reproduction a été étudiée sur les adultes d'artémia. Les observations à l'aide de la loupe binoculaire ont porté sur les paramètres suivants :

- Mode de reproduction : Selon la composition de la population, la souche de l'Artémia peut être bisexuée ou parthénogénétique
- Modalité de reproduction : Les femelles de l'Artémia peuvent être soit ovipares (sac ovigère renferme des cystes) soit ovovivipares (sac ovigère renferme des nauplii) (Trigui, 2017).

3.6. Protocole expérimental

Le dispositif d'expérimentation est constitué de 8 aquariums d'un volume total de 10 litres et 2 grands aquariums de 40 litres chacun (Figure 19), Nous avons travaillé avec une densité de 10 individus/litre ; soit 100 individus/aquarium pour les 8 bacs. Une aération continue pendant 24 h est assurée pour avoir une oxygénation satisfaisante durant la période de l'expérience. Les Artémis sont nourris quotidiennement à raison de deux fois par jour (matin et nuit) à l'aide de la farine de riz et la levure (Trigui, 2017).



Figure 18 : 8 bacs aquarium de 10 litres

4. Etude physico-chimique de l'eau des deux salines

Les analyses physico-chimiques nous ont permis de statuer sur la qualité d'eau des deux salines, choisis pour cette étude. Les paramètres physico-chimiques ont été mesurés au niveau de l'ENIE-SBA pour certains et l'ONA pour les autres, en utilisant les modes opératoires et les principes utilisés sur les lieux. Le spectrophotomètre est généralement le matériel utilisé pour les analyses de cette étude. (Figure 19).



Figure 19 : spectrophotomètre aquamat-lecture des paramètres chimiques

5. Étude écotoxicologique

Pour avoir des espèces adultes saines pour la réalisation du test de toxicité, un élevage *in vitro* à partir des cystes est effectué. Dans un premier temps pour avoir un nombre maximal de cystes, sept concentrations en NaCl brute (50, 75, 100, 125, 150, 175, 200g/l) sont préparés dans des béchers contenant chacun 10 femelles. Un témoin est réalisé en parallèle avec des femelles misent dans un bécher contenant de l'eau de la saline. La récupération des œufs est faite selon la technique décrite par Person-Le Ruyet (Trigui *et al.*, 2016). Une fois les cystes récupérés, une mise en éclosion et un élevage est réalisé afin d'obtenir notre matériel biologique pour le test de toxicité. Le test de toxicité est réalisé selon la méthode OECD (1992). Pour ce faire, nous avons effectué un test de toxicité aigu de 72 heures sur les spécimens d'*Artemia salina* L. récupérés de notre élevage. Six concentrations de sulfate d'ammonium sont préparées (50, 75, 100, 125, 150 et 200mg/l) pour tester la tolérance de cette espèce ainsi que pour déterminer la CL₅₀ (OECD, 1992).

6. Etude Biochimique

6.1. Dosage des protéines

6.1.1. Dosage par la méthode au réactif de Bradford

Nous avons préparé une gamme d'étalonnage de 6 microcuvettes s'étalant régulièrement de 0 à 10 mg. L⁻¹ à partir d'une solution de SAB à 500 mg.L⁻¹, en prévoyant des volumes d'étalon adaptés au matériel que nous possédons et d'un volume maximal de 1 mL. La solution inconnue est comprise entre 160 et 360 mg.L⁻¹. Puis nous avons dilué l'inconnue et préparé ensuite 3 tubes « inconnue diluée » de 1 mL de prise d'essai maximal. Le volume final de chaque tube est de 1 mL. Le diluant est de l'eau distillée. Le volume de réactif de Bradford est de 0,25 mL dans tous les tubes. après on détermine la concentration à l'aide d'une courbe d'étalonnage.

6.1.2. Dosage des caroténoïdes

L'extraction est réalisée selon la méthode décrite par Sass-Kiss et *al.* (2005) ; 1 g de broyat de matière sèche est additionné de 10 ml du mélange hexane/acétone/éthanol (2 : 1 : 1). Après 30 min d'agitation, le mélange est filtré, et après séparation des deux Phases, la phase supérieure de couleur jaunâtre renfermant les caroténoïdes est Récupérée. Le dosage des caroténoïdes totaux est fait par spectrophotométrie à 420 nm. Les teneurs en caroténoïdes sont exprimées en mg équivalent β -carotène/100g de matière sèche (MS). Une courbe d'étalonnage est préparée avec du β -carotène ($y=119,7x$; $R^2= 0,9915$).

6.1.3. Dosage des sucres

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosés par la méthode au phénol de Dubois et *al.*, (1956). Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche placées dans des tubes à essais, on ajoute 3 ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres. On laisse à température ambiante pendant 48h à l'obscurité. Au moment du dosage les tubes sont placés dans l'étuve à 80°C pour faire évaporer l'alcool. Dans chaque tube on ajoute 20ml d'eau distillée à l'extrait. C'est la solution à analyser. Dans des tubes à essais propres, on met 2ml de la solution à analyser, on ajoute 1ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée) ; on ajoute rapidement 5ml d'acide sulfurique concentré 96% tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube. On obtient, une solution jaune/orange à la surface, on passe au vortex pour homogénéiser la

couleur de la solution. On laisse les tubes pendant 10 mn et on les place au bain-marie pour 10 à 20 mn à une température de 30°C (La couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures.). Les mesures d'absorbances sont effectuées à une longueur d'ondes de 485 nm.

La courbe d'étalonnage est réalisée selon l'équation suivante :

$$Y = 3,868X.$$

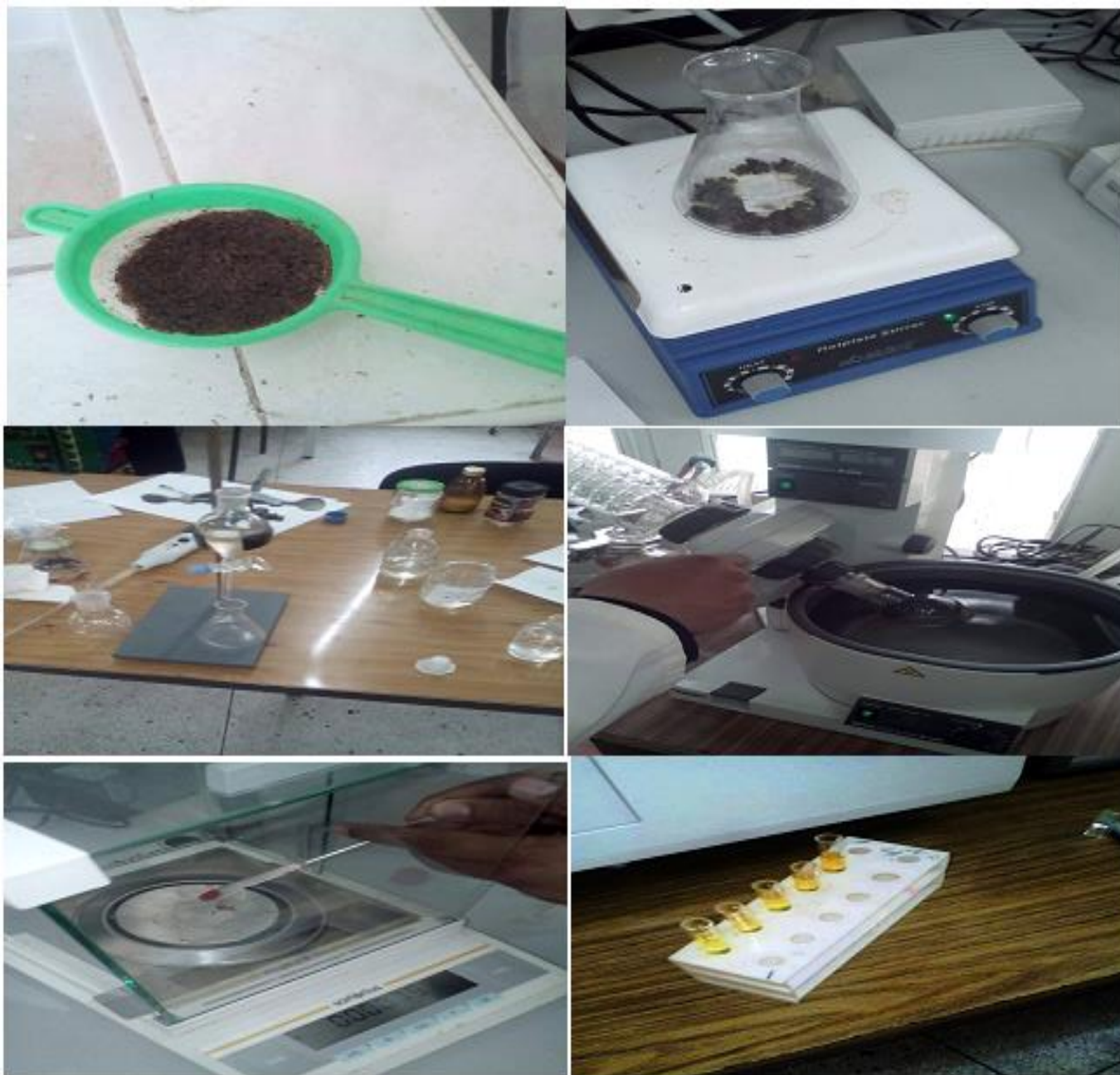


Figure 20: Différentes étapes de l'étude biochimique

7. Etude génétique

7.1. Prélèvement et conservation des échantillons

Les échantillons destinés à l'étude de la structure génétique ont été prélevés sur un filtre de 150 μm de maille (pour optimiser la récolte d'adultes).

7.2. Extraction de l'ADN d'un tissu congelé

7.2.1. Lyse

Avant de commencer l'étape de lyse :

- Vérifier que tous les tampons ne contiennent pas des précipités.
- Immédiatement avant d'ajouter la solution PK, mélanger délicatement en pivotant à la main.
- Immédiatement avant d'ajouter le tampon de lyse, mélanger délicatement en pivotant à la main. Éviter de générer des bulles ou de la mousse. Si un précipité est présent, réchauffer le tampon à 56 °C pendant 5 à 10 minutes ou jusqu'à ce qu'une solution claire soit obtenue.
- Gardez l'échantillon de tissu sur la glace en tout temps durant les étapes 1 et 2.
- Ajouter 5-10 mg de tissu broyé à l'aide de l'azote liquide à un tube à centrifuger propre de 2 ml (Figures 21, 22).
- Homogénéiser le tissu dans 200 μl de tampon TE (10 mM Tris-HCl, 1mM EDTA [pH 8.0]) en utilisant un broyeur de tissus. Une suspension uniforme doit être obtenue dans les 5-10 minutes.
- Ajouter 20 μl de la solution PK et bien mélanger dans le tube, au centre très bas. Éviter de toucher les côtés du tube pendant le pipetage.
- Mélanger doucement par rotations manuelles. Prenez soin de ne pas permettre à la solution de l'échantillon/PK d'être pris dans le bouchon du tube.
- Ajouter 20 μl de 20 mg/ml du RNase A de la solution mère au tube pour dégrader l'ARN. Fermer le bouchon du tube et mélangé doucement par impulsion au vortex pendant 15 secondes. Incubé à température ambiante pendant 5 minutes.
- Ajouter 200 μl de tampon de lyse clair parfaitement agités au tube.
- Bien mélanger par agitation au vortex par impulsions jusqu'à ce qu'un mélange homogène soit obtenu, généralement de 15 secondes.

- Incubé dans un bain-marie d'eau à 56 C ° pendant 10 minutes.
- Enlever le tube du bain-marie et sécher l'extérieur du tube avec un papier serviette.



Figure 21 : broyage à l'aide de l'azote liquide



Figure 22 : centrifugation

7.2.2. Fixation

Avant de commencer les étapes de la fixation :

- Immédiatement, avant d'ajouter le tampon de fixation, mélanger le tampon par inversion ou par impulsion vortex.
- Immédiatement, avant d'ajouter le MagaZorb® réactif, mélanger le réactif au vortex ou tourbillon de main vigoureuse jusqu'à ce que les particules soient en suspension. Le MagaZorb® réactif doit être mélangé entre chaque addition.
- Ajouter 500 µl du tampon de fixation bien mélangé à l'échantillon.
- Bien mélanger par agitation au vortex par impulsions jusqu'à ce qu'un mélange homogène soit obtenu, généralement de 15 secondes. Appuyez doucement le tube pour libérer toute solution prise dans le bouchon.

-
- Ajouter 20 µl de réactif MagaZorb® parfaitement agité directement dans la solution.
 - Mélanger par impulsion douce-vortex, généralement 15 secondes.
 - Incuber à température ambiante pendant 10 minutes tout en mélangeant manuellement toutes les 2 minutes.
 - Sédimer les particules MagaZorb®, en utilisant un support magnétique. Les particules sédimentent habituellement dans les 60 à 90 secondes. Tout en maintenant les tubes sur l'aimant, inverser 2-3 fois pour rincer le bouchon, avec le surnageant.
 - Éliminez-le surnageant par aspiration. Le tube doit être étroitement appliqué contre l'aimant lors de l'aspiration pour que les particules magnétiques dans le tube soient fortement attachées à l'aimant. Retirez autant de liquide que possible, y compris tout liquide emprisonné dans le bouchon du tube, en prenant soin de ne pas retirer toutes les particules.

7.2.3. Lavage

Avant de commencer l'étape de lavage, mélanger le tampon de lavage par inversion ou tourbillonnement.

- Ajouter 1 ml de tampon de lavage parfaitement agité au tube.
- Retirer le tube de l'aimant et bien mélanger en inversant le tube plusieurs fois pour assurer que les particules sont complètement dispersées.
- Sédimer les particules sur la grille magnétique.
- Éliminez-le surnageant par aspiration.
- Répétez les étapes de lavage, le surnageant doit être très clair après le second lavage. Veillez à retirer tout le liquide par aspiration après le second lavage, y compris tout liquide emprisonné dans le bouchon du tube. Prenez soin de ne pas enlever toutes les particules. Le tube doit être sec, avec seulement les particules sédimentées MagaZorb® fermement au fond du tube.

7.2.4. L'élution

Avant de commencer l'étape d'élution :

Juste avant d'ajouter le tampon d'élution, mélanger le tampon en inversant ou impulsion vortex (Figure 23).

- Ajouter 200 µl, du tampon d'élution bien mélangé sur le tube.
- Mélanger doucement par retournement et tourbillonnant, après le retrait de l'aimant.

- Incuber le tube pendant 10 minutes à température ambiante avec agitation manuelle toutes les 2 minutes.
- Sédimer les particules sur la grille magnétique.
- Soigneusement, transférez-le surnageant dans un tube propre. Éviter de recueillir des particules pendant le transfert. Le surnageant transféré contient de l'ADN purifié.

L'ADN isolé est prêt pour une analyse ultérieure. Si l'échantillon ne va pas être testé le même jour, le stocker à -20 °C jusqu'au moment de l'analyse

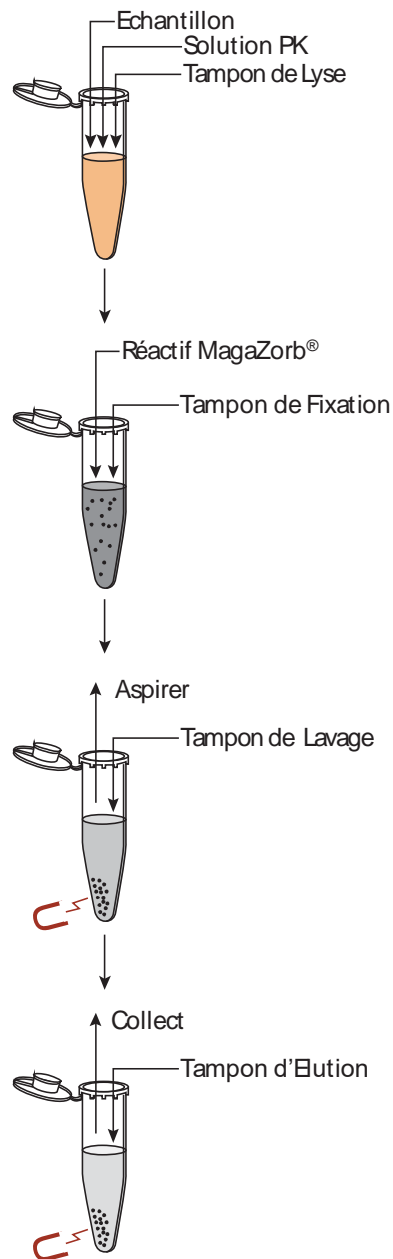


Figure 23 : Protocole simplifié du Kit MagaZorb® selon le fournisseur (Promega)

7.2.5. Préparation du Mix PCR

Le milieu réactionnel de la PCR (Mix PCR) contient pour chaque tube de réaction de chaque échantillon dans un volume final de 25 μ l :

- 25-50 ng d'ADN ;
- 150 mM de chaque dNTP (dATP, dCTP, dTTP et dGTP) (Promega) ;
- 6,25 pmol chaque amorce oligonucléotidique (Eurogentec) ;
- 1 Unité de Taq d'ADN polymérase GoTaq® G2 Hot Start Polymerase (Promega),
- 5 % de DMSO (SIGMA) ;
- 4 mM de MgCl₂ (Promega) ;
- 5 μ l de 5x du tampon de PCR GoTaq (Promega) ;
- Chaque réaction est réalisée dans un micro tube à PCR de 200 μ l.

7.2.6. La technique d'amplification de l'ADN par la réaction de polymérisation en chaîne

PCR pour (*polymerase chain reaction*) permet d'amplifier, selon un mode exponentiel, un fragment d'ADN double brin. L'ADN est synthétisé par la polymérase de la bactérie thermophile *Thermusaquaticus* (Taq polymérase) par extension à partir de deux amorces oligonucléotidiques, capables de s'hybrider de part et d'autre de la séquence cible à amplifier, l'une avec le brin sens et l'autre avec le brin anti-sens. La taille des oligonucléotides utilisés comme amorces est généralement comprise entre 18 et 25 bases. La température utilisée pour l'hybridation des amorces sur la matrice de l'ADN est égale à la température de dissociation des brins complémentaires diminuée de 5 °C. La température de dissociation est la température à laquelle 50 % des molécules d'ADN sont dénaturées par rupture des liaisons hydrogène entre les deux brins. La réaction commence par une étape de dénaturation à température élevée (95 °C) pendant 3 minutes de l'ADN double-brin en simples brins qui serviront de matrice pour la procédure d'amplification. Après cette première étape de dénaturation de la matrice d'ADN, 40 cycles d'amplifications ont été effectués, comportant chacun une étape de dénaturation à 95 °C pendant 30 secondes, une étape d'hybridation des amorces (des oligonucléotides enjambant la séquence à amplifier, chacune complémentaire d'un des deux brins d'ADN). Les amorces s'hybrident avec l'ADN matrice à une température qui dépend de la séquence de ces oligonucléotides à une température T_m pendant environ 30 secondes. Synthétisées artificiellement, ces amorces confèrent à la réaction sa spécificité. La troisième étape est une étape d'élongation de l'ADN à 72 °C pendant environ 30 secondes

selon la taille du fragment à amplifier. Après les 40 cycles d'amplification, la réaction se termine par une étape d'élongation finale à 72 °C pendant 5 minutes permettant d'achever l'élongation de tous les brins d'ADN néo-synthétisés. Il en résulte à la fin de l'amplification un dédoublement par un facteur de 2ⁿ de la quantité de l'ADN cible. Ces cycles thermiques ont été réalisés à l'aide d'un thermocycleur Cyler TM (BIO-RAD, USA) qui permet de programmer les différentes températures, la durée de chaque étape et le nombre de cycles (n) selon les conditions décrites pour chaque analyse. Pour chaque série de cas testé, il est nécessaire de réaliser en parallèle un témoin négatif ne contenant pas d'ADN matrice, afin de vérifier l'absence de contamination éventuelle des réactifs utilisés. Un témoin positif est également testé parallèlement avec chaque série de cas. À la fin de la série des cycles thermiques, un aliquote du produit amplifié est chargé sur un gel d'agarose et soumis à une électrophorèse. Une réaction positive se traduit par la présence d'une bande colorée de l'ADN par le GelRedTMNucleic Acid Gel Stain, 10 000 X (Biotium) dont la taille est estimée grâce à un marqueur de poids moléculaire ayant migré simultanément.

7.2.7. L'électrophorèse

L'électrophorèse sur gel d'agarose est une méthode utilisée pour séparer l'ADN, l'ARN ou des protéines en fonction de leur poids moléculaire basée sur la séparation des acides nucléiques chargés négativement sous l'effet d'un champ électrique. Cette séparation s'effectue à travers la matrice du gel d'agarose : les molécules de plus petite taille se déplacent plus rapidement et migreront plus loin que les molécules de tailles supérieures.

Préparation du gel d'agarose à 2,5 % pour avoir un gel discriminant.

- Préparer 50 ml de tampon TAE (40mM Tris, 20 mM Acide acétique et 1mM EDTA) à pH 8 dans un flacon ;
- Ajouter 1,25 gr d'agarose dans 50 ml de TAE au flacon ;
- Mélanger dans un agitateur magnétique ;
- Fermer le flacon avec du papier aluminium pour éviter l'évaporation pendant le chauffage ;
- Faire fondre l'agarose au four à micro-ondes en surveillant pour éviter les projections. Agiter de temps à autre pour homogénéiser le mélange ;
- Laisser refroidir jusqu'à ce qu'il devienne possible de saisir le flacon à main nue (environ 60 °C) ;

- Avant la gélification de la préparation, ajouter 5 μ l de l'intercalaire de l'acide nucléique GelRedTMNucleic Acid Gel Stain, 10 000 X (Biotium) à la solution (annexe 4) ;
- Placer les joints de coulage fournis avec la cuve pour fermer le support de gel et positionner le peigne à 1 mm du fond et à environ 0,5 cm de l'extrémité du support et régler le niveau pour que le support de gel soit horizontal;
- Couler lentement le gel sur 3 à 5 mm d'épaisseur en veillant à ce qu'il entoure bien les dents du peigne, et laisser refroidir ;
- Enlever le peigne et les joints après refroidissement du gel. Le gel est prêt pour le dépôt des échantillons ;
- Remplir les puits avec environ 7 μ l de chaque échantillon d'amplification en faisant attention de ne pas déchirer le fond du gel avec la pointe de la pipette ;
- Un marqueur de poids moléculaire (100 – 1 500 pb, Promega) a été utilisé pour permettre la détermination de la taille des fragments d'ADN amplifiés. ;
- Préparation de la cuve électrophorèse ;
- Placer le support avec le gel chargé dans la cuve d'électrophorèse en positionnant les puits du côté de la cathode ;
- Remplir la cuve avec du tampon TAE (réutilisable plusieurs fois) en versant délicatement et très lentement lorsque le gel commence à être recouvert pour éviter les fuites d'ADN vers le tampon ;
- L'électrophorèse a été réalisée dans une minicuve à électrophorèse raccordée à un générateur électrique (ALLSHENG, Mini-ES2, Chine) (Figure 24) ;
- Fermer la cuve, brancher les fils et mettre sous tension ;
- Laisser migrer jusqu'à ce que le colorant de charge arrive à proximité du bord du gel (environ 37 min à 100 V pour un gel de 60 mm dans une minicuve).



Figure 24: électrophorèse

7.2.8. Révélation des bandes d'ADN

- Couper l'alimentation, débrancher les connexions et récupérer le gel dans son support,
- Les bandes de l'ADN sont visualisé en plaçant le gel sur un Trans-illuminateur UV (300 nm) (Tableau 13).

Tableau 13 : Les amorces et condition PCR

Polymorphismes	Amorces	Tm
FAs18sa	5'-CGT GGT GTG GTT GAA AGT TG-3'	64 ° C
RAs18sa	5'-TCC CTC AAA CAA GGC CAA T-3'	63 ° C

Tm : Température d'hybridation ; F : Sens (*Forward*) ; R : Anti-sens(*Reverse*)

8. Analyse statistique

Les représentations graphiques sont réalisées avec Microsoft Excel 2019. Les données collectées de l'étude toxicologique sont exprimées en moyenne \pm écart type. L'analyse statistique est réalisée avec le logiciel IBM SPSS v26. L'analyse de la variance à un seul facteur été utilisé suivi avec un test de Dunnet *a posteriori*. La différence est significative si $p < 0,05$, hautement significative si $p < 0,01$ ou fortement significatif si $p < 0,001$.

L'analyse en composantes principales (ACP) est une technique qui permet de faire la synthèse de l'information contenue dans un grand nombre de variables. Les composantes principales sont de nouvelles variables, indépendantes, combinaison linéaire des variables initiales possédant une variance maximum. Ces nouvelles variables permettent parfois d'éclairer les mécanismes intimes mis en œuvre par la genèse des données. Elles permettent aussi d'utiliser dans de meilleures conditions des techniques multi variées classiques comme la régression linéaire. Les composantes principales autorisent en outre la représentation graphique de grands tableaux de données trop complexes à décrire par les méthodes graphiques habituelles. C'est incontestablement cette dernière propriété qui est à l'origine de leur large utilisation. En toute rigueur, une ACP ne nécessite (Saidi, 2017).

Chapitre VI :Résultats et discussion

1. Étude écobioologique

1.1. Étude biologique et dynamique de reproduction de l'espèce de la saline de Bathioua

Les résultats de l'étude biologique et dynamique de reproduction d'*Artemia salina* dans la (SB) sont illustrés sous forme de Tableau ci-dessous :

Tableau 14 : Nombre d'individus d'*Artemia salina* des salines de Bathioua en fonction des périodes de prélèvement

Période	Le nombre d'espèces artémia	Station 1	Station 2
24 Mars 2014	Adultes	9	79
	Juvéniles	45	416
	Nauplii	314	2957
23 Avril 2014	Adultes	17	2887
	Juvéniles	9	623
	Nauplii	176	2003
25 Mai 2014	Adultes	17	1952
	Juvéniles	11	176
	Nauplii	382	1423

Les résultats obtenus au niveau du site 1, indiquent qu'on ne retrouve qu'une faible population d'individus adultes dans le premier prélèvement, de l'ordre de quelque dizaine d'individus surtout au 2ème et 3ème stade, et ceux à cause de la date de prélèvement (c'était une semaine pluvieuse), le milieu est comme on peut s'y attendre extrêmement aqueux et donc il y a une réduction considérable de salinité, ce qui entrave la reproduction et le bon développement de l'espèce.

Dans les prélèvements qui suivent, on voit une population considérable des planctons, cela est due aux conditions du milieu qui sont favorable à leur croissance, notamment la concentration en sel. Dans les derniers prélèvements –celui de mai- on voit une tendance baissière de la population et spécialement au individus mâles qui ont une capacité adaptative difficile par rapport aux femelles et ceux à cause d'une forte évaporation induisant une hyper salinité de l'eau créant un milieu de moins en moins favorable à ce genre de formes vivantes, contrairement aux femelles qui résistent, toute fois, à ces conditions d'hyersalinité. Ce changement dans la structure même de la population de l'échantillon a induit un changement radical dans la voie de reproduction de l'espèce étudié ; en effet, suite à la raréfaction des individus mâles, la reproduction est passée d'une reproduction sexuée par méiose à une

reproduction par parthénogénèse (Tableau 14) Par ailleurs, quel que soit le prélèvement on note que la population de la première station reste largement inférieure par rapport à la deuxième station et ceux à cause d'un environnement saturé par des hydrocarbures et des métaux lourds déversés par l'usine et qui sont relativement toxiques pour la reproduction et le développement d'*Artemia salina*.

1.2. Étude biologique et dynamique de reproduction de l'espèce de la saline d'Oued Djemaa

Au niveau de ce site, l'échantillonnage n'a été réalisé qu'à la fin du mois d'avril (29 avril 2014, problème d'accès à la saline). A cet effet, les prélèvements ont été effectués dans deux stations seulement ; l'une à l'entrée de la saline et l'autre station près de la pompe.

Les résultats de l'étude biologique et dynamique de reproduction d'*Artémia* dans la (SOD) sont mentionnés sur le Tableau n°15 ci-dessous

Tableau 15 : Nombre d'individus d'*Artemia* des salines d'Oued Djemaa en fonction des périodes de prélèvement

Période	Le nombre d'espèces artémia	Station 1	Station 2
29 avril 2014	Les adultes	0	0
	Juvéniles	0	7
	Nauplii	0	2
28 Mai 2014	Les adultes	0	0
	Juvéniles	0	0
	Nauplii	0	14

Contrairement au site1, on a constaté un manque d'individus adultes (mâle et femelle), et seulement quelques sujets jeunes du stade 2 et 3, notamment dans la station 2. Par contre, à la fin du mois de mai, les individus d'*Artemia* sont pratiquement absents à part quelques sujets de taille petite qui ne dépassent pas le premier stade, sont observés, au niveau de la station 2. Les adultes ont disparu. La station 1 enregistre une absence totale de tous les individus d'artémia que ce soit pour les prélèvements d'avril ou de la fin mai, de ce fait les conditions extrêmes du milieu de ce site, en particulier la concentration du NaCl due à la forte évaporation à la fin du mois de Mai, induisent un taux de mortalité remarquable. En plus, on considère que les conditions de ce milieu d'étude sont défavorables à la reproduction et le bon développement d'*Artémia*, notamment pendant la période estivale. Une coloration rougeâtre est constatée dans ce site au mois de Mai, qui traduit une forme de défense photochimique de certains phytoplanctons, face aux différents stress due à la forte évaporation (Figure 25).



Figure 25: la coloration rougeâtre dans la (SOD) (clichée Benmeddah ; 2014)

Ces crustacés sont presque absents dans la saline d'Oued Djemaa à cause du taux élevé de la salinité (+ 217 g/l le mois d'avril). L'augmentation de la salinité peut donc être considérée comme un facteur limitant pour l'abondance de l'artémia. Ce résultat est en accord avec des autres études réalisées dans différents milieux salins dans le monde (Britton et Johnson, 1987 ; Colburn, 1988 ; Williams, 1998 ; Amaral et Costa, 1999 ; Thiéry et Puente, 2002 ; Evagelopoulos et *al.*, 2007 ; Ladhar, 2014). Les stations de saline de Bathioua maintiennent des caractéristiques typiques d'un milieu plus ou moins méditerranéen alors que les stations d'Oued Djemaa sont caractérisées par un environnement hypersalé où les conditions sont particulièrement stressantes et défavorables surtout dans la période printanière et pré estivale (Sánchez et *al.*, 2006). Pour les 2 sites on conclut que la densité qui fluctue tout au long de la période de notre étude. Toutefois, l'éclosion des cystes se trouvant sur les berges à lieu en hiver. Les nauplii vont se développer et passer par différents stades de développement pour atteindre le stade adulte à un nombre important à partir du mois de mars. Au cours de cette période, ces adultes entrent en reproduction selon une modalité d'ovoviviparité (obtention des nauplii) étant donné que toutes les conditions environnementales sont optimales. Au cours de la période allant d'avril jusqu'à la fin du mois de Mai, nous avons enregistré le maximum d'individus d'Artémia qui s'est manifesté par un changement dans la modalité de reproduction et ceci en donnant des cystes. Ce changement est vraisemblablement lié aux conditions environnementales. L'Artémia disparaît complètement du milieu sous l'effet de l'élévation de la température et de la salinité. (Trigui, 2017) Ces résultats sont assez concordés aux ceux trouvés par (Dahesht et *al.* 2013) (Trigui, 2017) qui ont montré que les densités de l'Artémia diminuent au mois de juillet.

1.3. Viabilité de l'espèce sous stress salin

Les résultats de la viabilité de l'espèce sous stress salin sont mentionnés dans le Tableau ci-dessous :

Tableau 16 : taux de mortalité des adultes *Artémia* à différentes concentrations du NaCl

Différentes doses de NaCl Taux de Mortalité (%)	50 g/l	75 g/l	100 g/l	200 g/l
Après 48 h	20%	10%	30%	50%
Après 4 jours	30%	10%	50%	90%
Après 6 jours	30%	20%	70%	100%
Après 8 jours	60%	30%	90%	100%
Après 10 jours	60%	50%	100%	100%
Après 20 jours	90%	70%	100%	100%
Après 25 jours	100%	80%	100%	100%

La salinité est un facteur très important dans la vitalité des populations des *Artémis* dans les milieux salés (Van stappen, 2002). Les individus d'*artémia* arrivent à s'adapter à un stress salin allant jusqu'à 200g/l pendant seulement cinq jours, en donnant un taux de mortalité de 30%, 10%, 50%, et 90%, respectivement avec les concentrations en sel de 50g/l, 75g/l, 100g/l, et 200g/l. Les individus d'*artémia* ne supportent plus les fortes salinités et enregistrent un taux de mortalité de 100% à partir du 6ème jours, pour une concentration de 200g/l. De ce fait, on conclut que le taux de salinité optimal pour la viabilité et par conséquent la dynamique de reproduction d'*artemia salina* ne dépasse pas les 75g/l, à cette concentration L'*Artémie* peut vivre jusqu'à 25 jours. Certains chercheurs confirment que les femelles d'*artémia* s'adaptent beaucoup mieux au stress salin que les mâles. L'absence d'individus adultes d'*Artemia* dans la saline d'Oued Djemaa, nous a incités à introduire les individus d'*artémie* prélevés de la station de Bathioua en date du 25mai 2014, dans les échantillons d'eau d'Oued Djemaa prélevés à peu près la même période, 28 mai 2014, afin de comprendre la cause de l'absence totale d'*artémies* adultes dans ce site. Les résultats de viabilité de l'espèce sont illustrés sous forme du tableau ci-contre :

Tableau 17 : Taux de mortalité d'*Artémia* introduite dans l'eau de la saline (SOD)

Milieu naturel	Taux de mortalité (%)
Après 24h	30%
Après 48 h	70%
Après 96 h	100%

Les résultats obtenus montrent clairement que les individus d'*Artemia* introduites dans le milieu de la saline d'Oued Djemaa n'arrivent pas à s'adapter aux conditions de ce milieu, notamment la concentration en sel, qui dépasse la concentration de son milieu d'origine (celui de la saline de Bathioua, 223g/l), ce qui a provoqué la mortalité de tous les individus après 96 heures seulement. La tolérance ou l'intolérance des Artémis à la salinité est probablement liée à leur capacité d'adaptation ou à leur inaptitude à réagir métaboliquement au stress salin. Seuls les organismes halophiles ont des caractéristiques écophysiologiques et biologiques spécifiques qui leur permettent de résister et adapter à un tel stress (Elevi, Bardavid et Oren, 2008, Ladhar, 2014). Avec cela, nous avons entamé dans le deuxième volet l'étude de la qualité physico-chimique des eaux des deux salines sujettes de notre étude, dont les résultats sont entamés ci-dessous.

2. Analyses physico-chimiques des échantillons d'eau prélevés

2.1. Analyses physiques

2.1.1. Analyses physiques de la saline de Bathioua

Les résultats des analyses physiques de l'eau prélevée de la (SB) sont mentionnés sous forme de Tableau ci-dessous :

Tableau 18: Résultats des analyses physiques de l'eau prélevé de la saline de Bathioua

Paramètres	Période	Station1	Station2	Station3
Température (C°)	24 Mars 2014	21	17	18
Turbidité (U.J)		19	12	06
Résidus insolubles (g/l)		1.83	0.68	1.93
pH		5.91	9.04	8.69
Salinité (g/l)		130.24	27.32	38.65
Densité en b (mg/l)		25.12	3.78	5.41
Température		23 Avril 2014	21	17
Turbidité	23		12	0.7
Résidus insolubles	2.04		1.13	1.43
pH	6.18		8.92	9.24
Salinité	217.12		62.35	67.85
Densité en b	26.28		4.12	4.93
Température	25 Mai 2014		23	20
Turbidité		22	10	08
Résidus insolubles		2.39	1.12	2.18
pH		6.32	7.87	7.93
Salinité		223.25	70.32	85.88
Densité en b		28.14	5.53	6.92

2.1.2. Analyses physiques de la saline d'Oued Djemaa

Ces résultats sont aussi Présentés sous forme de Tableau ci-dessous :

Tableau 19 : Résultats des analyses physiques de l'eau prélevés de la (SOD)

Paramètres	Période	Station1	Station2	Station3
Température	28 Avril 2014	26	24	26
Turbidité		13	11	13
Densité en b		12	18	7
Résidus insolubles		1.63	1.42	1.56
pH		7.1	8.32	7.98
Salinité		117.24	98.38	106.08
Température	28 mai 2014	27	28	28
Turbidité		9	11	11
Salinité		237.12	127	118.32
Résidus insolubles		2.03	2.21	2.14
pH		6.86	10.4	10.02

Les résultats indiquent que les paramètres physiques sont fortement importants dans la station 1, notamment la salinité, la turbidité, la densité en b et le pH. **La température** de l'eau qui est un facteur écologique, agissant sur la densité, la solubilité de gaz dans l'eau, la dissociation des sels minéraux et la croissance des organismes, montre une variation dans les trois stations de **SB**, Les valeurs thermiques minimales dans la saison printanière et pré-estivale sont variées entre (17 et 23°C) , notamment au niveau de la station1 de SB, elle atteint 23°C, mais elle reste inférieure aux normes recommandées par OMS « 25°C », pour **la SOD** Les résultats indiquent que les paramètres physiques sont fortement importants dans la station 2, notamment la salinité, la turbidité, et la température. Cette dernière montre une augmentation considérable pour les trois stations, quel que soit la date de prélèvement, elle varie de 26°C à 28°C, donc des valeurs qui dépassent les normes établies par les normes de l'OMS « 25°C ». Ce qui été confirmé par Certains auteurs qui sont signalés que l'Artémia se maintient à des températures entre 13 et 32°C (Khemakhem, 1988) (Trigui, 2017) et entre 10 et 26°C (Mahdi et *al.*, 2010) et selon Browne et *al* 1982 , l'Artémia peut tolérer à des températures qui varient entre 6 et 32°. De ce fait, le suivi de l'évolution de la température a montré que son élévation provoque une augmentation de la salinité durant les mois de mai et juin favorise un changement dans le type de reproduction de l'Artémia par oviparité (production des cystes). **La salinité** est définie par la quantité totale des éléments dissous dans l'eau. Une conductivité élevée traduit le plus souvent une salinité élevée aux ions de calcium. Les eaux analysées présentent des valeurs importantes dans la station1 (110,24g/l- 117,12g/l

et 223,25g/l) respectivement avec les trois prélèvements ; par contre pour les deux autres stations, on enregistre les valeurs suivantes (27,23g/l et 38,65g/l), (62,35 et 67,85), (70, 32 et 85,88), respectivement avec les trois prélèvements effectuées dans la SB. **Pour la SOD** La salinité des eaux analysées de ce site présente des valeurs importantes dans la station 1 (117,24g/l- 237,12g/l) respectivement avec les deux prélèvements ; par contre pour les deux autres stations, on enregistre les valeurs suivantes (98,38g/l-106,08mg/l), (127mg/l-118,32mg/l), respectivement avec les deux prélèvements. Les valeurs enregistrées pour la salinité varient entre 27 et 224 psu. Nos résultats sont accordés avec les résultats de Khemakhem (1988) qui a montré que l'Artémia tolère à des salinités de 70 à 280 psu. D'autres travaux ont montré que l'Artémia peut s'adapter à des salinités comprises entre 60 et 220 psu (Dana et Lenz, 1986; Hammer et Hulbert, 1992; Triantaphyllidis et al., 1994; Camargo et al., 2004; Litvinenko et al., 2007 ; Trigui, 2017). Le suivi mensuel des éléments physico-chimique montre que l'augmentation de la température provoque une augmentation du taux de salinité dans les deux périodes (Printanière et pré estivale) constituent des conditions de stress pour l'adaptation et le cycle de vie de l'Artemia qui devient ovipare et se reproduit en donnant des œufs (cystes). **La turbidité** est hautement élevée dans la station 1 pendant les trois prélèvements à raison de 19 UJ, 23 UJ, et 22 UJ, respectivement. Elle reste moins élevée dans les deux autres stations mais supérieure aux normes établies par l'OMS (5UJ). Par ailleurs dans la saline d'Oued Djemaa La turbidité est hautement élevée dans la station 1 pendant les trois prélèvements, à raison de 13 UJ, et 9 UJ, respectivement. Elle reste moins élevée dans les deux autres stations (11NTU- 13NTU) mais aussi supérieur aux normes établies par l'OMS (5UJ). **Le pH** de l'eau est acide pour les deux prélèvements de la première station, mais il est plutôt fortement alcalin pour la 2ème et la 3ème station de SB, les valeurs comprises entre 6 et 8. Dans l'ensemble, les valeurs mesurées sont conformes aux normes fixées par l'OMS (6,5-9,5) Ces valeurs sont proches de celles trouvées par Khemakhem (1988) et Trigui (2017) mais au cours du mois de mai, les valeurs dépassent les normes pour **la SOD₂ et SOD₃**, de l'ordre de 10,4 et 10,2. L'élévation de la température et de la salinité dans les deux salines constituent des facteurs de stress salin pour l'Artemia dans la période pré estivale.

2.2. Analyses chimiques

2.2.1. Résultats des analyses chimiques de la saline de Bathioua

Les résultats des analyses chimiques de l'eau prélevée de la (SB) sont mentionnés sous forme de Tableau ci-dessous :

Tableau 20 : Résultats des analyses chimiques de l'eau prélevé de la saline de Bathioua

Paramètres (mg/l)	Période	Station1	Station2	Station3
Nitrate	24 Mars 2014	0.49	0.3	0.4
Nitrite		0	0.0003	0
Fer		0.23	0.06	0.09
Cuivre		1.1	1.88	0.02
Sulfate		3.21	1.14	1.17
Nitrate	23 Avril 2014	0.86	0.21	0.62
Nitrite		0.01	0.0004	0.0006
Fer		0.16	0.09	0.12
Cuivre		0.72	2.01	2.09
Sulfate		2.84	1.46	1.32
Nitrate	25 Mai 2014	2.54	0.95	0.02
Nitrite		0.1	0.06	0.024
Fer		0.24	0.09	0.02
Cuivre		1.25	0.67	1.44
Sulfate		2.19	1.68	1.64

2.2.2. Analyses chimiques de la saline d'Oued Djemaa

Les résultats de cette étude, sont représentés sous forme de Tableau ci-dessous

Tableau 21 : Résultats des analyses chimiques de l'eau prélevé de la saline d'Oued Djemaa

Paramètres	Période	Station1	Station2	Station3
Nitrate	28 Avril 2014	0.06	0.0003	0.011
Nitrite		0	0.005	0
Fer		0.49	0.03	0.01
Cuivre		0.88	0.80	0.73
Sulf		1.23	1.12	0.42
Nitrate	28 Mai 2014	2.56	1.16	0.08
Nitrite		0.08	0	0.003
Fer		1.2	0.6	0.7
Cuivre		1.42	0.96	0.46
Sulfate		0.96	0.54	0.55

Les paramètres chimiques étudiés au cours de cette étude révèlent des valeurs pratiquement élevées dans la station 1 à l'exception de ce qui enregistre des valeurs plus importantes dans la station 2 et 3. Néanmoins, ces valeurs ne dépassent pas les normes établies par l'OMS. Ainsi, **les nitrates** qui sont les principaux responsables de l'eutrophisation des milieux aquatiques, présente une concentration minimale en mars, de l'ordre de 0,49mg/l; 0,30mg/l et 4 mg/l respectivement avec les stations, ensuite elle s'élève en mois de mai, pour atteindre un maximum de 2,54mg/l à la station 1. **Les nitrites** présentent elles aussi des concentrations minimales dans les deux premiers prélèvements, à raison de 0mg/l- 0,006mg/l en moyenne pour les trois stations ; elles augmentent pour atteindre une valeur maximale, dans la station 1 pour le 3ème prélèvement, de l'ordre de 0,1mg/l. La valeur moyenne de concentration en cuivre est faible dans toutes les stations, mais elle est plus tôt supérieure en Avril pour la station 2 et la station 3, (2,01 mg/l et 2,09 mg/l) respectivement. De ce fait, les valeurs dépassent les normes établies par l'OMS (2mg/l). La station 1 enregistre des valeurs élevées en Mai, à raison de 1,25mg/l, mais qui restent inférieure à la norme. Les sulfates sont exprimés en mg/l se sont des composés naturels des eaux, ils sont liés aux cations majeurs tels que le calcium, le potassium, et le sodium. Sur l'ensemble de la colonne 1, les teneurs en **sulfates** varient entre 2,19mg/l et 3,21mg/l, enregistrées respectivement, pendant les trois prélèvements, la plus haute concentration a été enregistrée en Mars 2014 à raison de 3,21mg/l. les valeurs enregistrées au niveau de la colonne 2 et 3 restent plus ou moins homogènes au cours des trois prélèvements, allant de 1,14mg/l à 1,64mg/l. **Pour la SOD** Les paramètres chimiques étudiés au cours de cette étude révèlent des valeurs pratiquement élevées dans la station 1 par rapport aux deux autres stations et cela pour les deux prélèvements. Néanmoins, ces valeurs ne dépassent pas les normes établies par l'OMS. Ainsi, **les nitrates** présentent une concentration minimale en avril, de l'ordre de 0,06 mg/l; 0,030mg/l et 0,01 mg/l respectivement avec les stations, ensuite elle s'élève en mois de mai, pour atteindre un maximum de 2,56mg/l à la station 1. Ces valeurs restent toujours inférieures à la norme. **Les nitrites** présentent elles aussi des concentrations minimales dans les deux prélèvements, à raison de 0 mg/l- 0,005 mg/l en moyenne pour les trois stations ; elles augmentent pour atteindre une valeur maximale, dans la station 1 pour le 2ème prélèvement, de l'ordre de 0,08mg/l. La valeur moyenne de concentration en **cuivre** est faible dans toutes les stations, mais elle est plus tôt supérieure en mai pour la station 1, (1,02 mg/l), mais qui restent inférieure à la norme de l'OMS (2mg/l). Les sulfates sont sur l'ensemble de la colonne 1, les teneurs en sulfates sont de l'ordre de 1,23mg/l et 0,96mg/l, enregistrées respectivement, pendant les deux prélèvements, les valeurs enregistrées au niveau de la colonne 2 et 3 restent

plus ou moins homogènes au cours des deux prélèvements, allant de 0,42mg/l à 1,12mg/l. les résultats obtenus reflètent la richesse en éléments azotés (nitrates et azote total) et en éléments phosphorés. Nos résultats sont accordés à celles de (Ben Naceur et *al.* 2009) (Trigui, 2017).

2.3. Analyses des éléments minéraux

2.3.1. Analyses des éléments minéraux de saline de Bathioua

Les résultats des éléments minéraux de l'eau prélevée de la (SB) sont illustrés sous forme de Tableau ci-dessous :

Tableau 22 : Résultats des analyses des éléments minéraux de l'eau prélevé de la saline de Bathioua

Paramètres (mg/l)	Période	Station1	Station2	Station3
Carbonate	24 Mars 2014	0	0,7.100	1,2.100
Bicarbonate		0	0,3.100	0,8.100
Ca ²⁺		3,82	2,91	1,67
Magnésium		10,16	6,21	5,97
Manganèse		0,7	0,1	0,2
Chlorure		111,12	46,32	28,35
Carbonate	23 Avril 2014	0	0,3.100	0,2.100
Bicarbonate		0,82.100	0,8.100	0,68.100
Ca ²⁺		10,21	2,5	2,5
Magnésium		9,22	2,29	1,02
Manganèse		0,7	0,1	0,2
Chlorures		194,06	52,71	68,32
Carbonate	25 Mai 2014	0	0,7.100	0,2.100
Bicarbonate		0	0,55.100	0,75.100
Ca ²⁺		5	2,5	2,5
Magnésium		16,03	5,21	3,85
Manganèse		3,78	0,9	3,96
Chlorures		207,02	56,98	57,95

2.3.2. Analyses des éléments minéraux de saline d'Oued Djemaa

Ils sont mentionnés dans le Tableau suivant :

Tableau 23 : Résultats des analyses des éléments minéraux de l'eau prélevé de la saline d'Oued Djemaa

Paramètres	Période	Station1	Station2	Station3
Carbonate	28 Avril 2014	3.1000	2.1000	4.1000
Bicarbonate		0	4.1000	6.1000
Ca ²⁺		1,16	1,27	0,93
Magnésium		3,06	2,67	3,71
Manganèse		0,2	0,09	0,1
Chlorure	28 Mai 2014	155	129,13	72,19
Carbonate		0	0	5.1000
Bicarbonate		0	2.1000	0
Ca ²⁺		2,06	0,96	0,87
Magnésium		1,28	1,36	1,25
Manganèse		0,18	0,02	0,09
Chlorure		127,21	164,16	69,12

Les éléments minéraux enregistrent des valeurs plus au moins remarquables dans les trois stations et pour les 3 prélèvements. Cependant, la station1, occupe la 1^{ère} place, avec des pourcentages assez importants pour **le magnésium**, qui est de l'ordre de 10,16mg/l ; 9,22mg/l et 16,03mg/l respectivement .Pour les trois prélèvements. **Les chlorures** qui sont des anions inorganiques importants contenus en concentration variable dans les eaux aquatiques, généralement sous forme de sels de sodium et du sel de potassium, ils ont une influence sur la croissance de la faune et la flore aquatique.En Mars, les teneurs sont beaucoup plus remarquables dans la station1 avec une valeur de l'ordre de 112,12 mg/l, contrairement à la station 2 et la station 3 où on enregistre des valeurs inférieures de l'ordre de 46,32 mg/l et 28,35 mg/l. La même remarque a été faite pour les prélèvements d'avril et de Mai, pendant lesquelles on constate une fluctuation en fonction des stations et non pas en fonction des prélèvements. Le taux le plus élevé a été remarqué dans la station 1. Les concentrations de magnésium, et de calcium sont beaucoup plus importantes dans la station1 par rapport aux deux autres, avec un taux maximal pendant le 2^{ème} prélèvement.**Pour la SOD** Les éléments minéraux enregistrent des valeurs plus au moins remarquables dans les trois stations et pour les 2 prélèvements. Cependant, la station1, occupe la 1^{ère} place, avec des pourcentages assez importants pour le magnésium, manganèse et les carbonate (3,06mg/l ; 0,2mg/l ; 3,1mg/l) pour le 1^{er}prélèvement. Les teneurs en chlorures sont elles aussi élevées dans ladite station, de l'ordre de 127,21mg/l respectivement avec les deux stations. Au niveau de la station2, les taux de concentration du magnésium, du manganèse et des bicarbonates sont de l'ordre de (1,36 ; 0,02 ; 2,1mg/l) plus ou moins supérieur par rapport à la station3 (3,71mg/l ; 0,1mg/l ; 6,1mg/l). Pendant le 2^{ème} prélèvement les concentrations enregistrent des valeurs qui

fluctuent en fonction des stations ; ainsi, la station 2 marque une valeur de 164mg/l de chlorure et 1,36 mg/l pour le magnésium. Nos résultats ont mis en évidence une richesse du milieu en sels minéraux provoquant un développement intense de micro-algues ce qui donne une très bonne nourriture de l'Artémia surtout dans la SB, ces valeurs sont accordées avec les résultats de (Dahesht et al. ,2013) et (Trigui, 2017).

3. Etude écotoxicologique

3.1. Production de cystes

Après avoir été soumis à des différentes concentrations, l'*Artemia salina* L.a donné un nombre maximal de (87±4) cystes à une salinité égale à 75g/l par rapport aux autres concentrations où le nombre de cystes à été moins importants. Il est égal à (60±3), (61±3), (49±4), (40±3), (27±2), (24±1) respectivement pour 50, 100, 125, 150, 175 et 200g/l (Figure 1). Donc, l'*Artemia salina* L. des salines de la région de Bathioua présente sa production optimale en cystes à une salinité de l'ordre de 75g/l.L'analyse statistique témoigne d'une différence non significative dans le nombre de cystes produit dans le témoin (milieu naturel) et les concentrations 50g/l (p=0,135), 75g/l (p=0,900) et 100g/l (p=0,149). Par contre, cette différence est hautement significative avec les concentrations les plus élevés, en l'occurrence 125g/l (p=0,022), 150g/l (p=0,004) et 175g/l (p=0,001),et fortement significative pour la concentration la plus élevé de notre expérimentation soit 200g/l (p=0,000) (Figure 26).

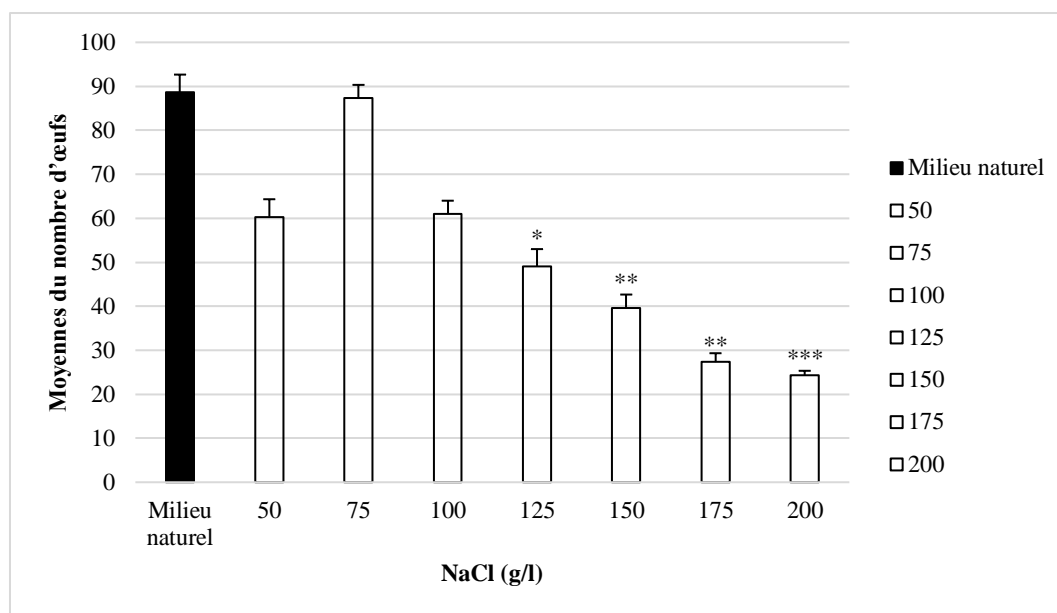


Figure 26 : Moyennes des nombres d'œufs dans différents milieux

Pour les espèces du même genre, Browne *et al.*, (2000) et Triantaphyllidis *et al.*, (1995) ont trouvés que la salinité optimale pour la production de cystes de l'*Artemia parthenogenetica* de Tanggu varie entre 60 et 100 g/l alors que pour l'espèce l'*Artemia franciscana* de la baie de San Francisco la salinité optimale pour la production de cystes est comprise entre 100 et 140g/l.

3.2. Mise en éclosion et élevage

L'éclosion des cystes a été faite dans un aquarium à une concentration en NaCl égale à celle de l'eau de mer (36g/l) à 25°C. L'éclosion des cystes est stimulée par le phénomène d'osmose, ce qui favorise l'éclatement de la paroi, ainsi la naissance de naupliis. Ces derniers obtenus (240 individus), sont nourris à la farine de riz et misent en élevage à une concentration de 75g/l jusqu'à le stade adulte (Sorgeloos *et al.*, 2001).

3.3. Test de toxicité

Les 240 individus d'*Artemia salina* L. obtenus ont été exposés aux différentes concentrations de sulfates d'ammonium à raison de 40 individus par concentration. Généralement, la toxicité est exprimée par une concentration létale, qui provoque la mort de 50% du groupe d'espèces d'expérience (CL_{50}) (Libralato *et al.*, 2016). Les résultats obtenus indiquent une variabilité dans la résistance de l'espèce vis à vis des différentes concentrations en sulfate d'ammonium (Figure 27). Sa tolérance est observée à une concentration égale à

50mg/l où 25% des individus ont survécus même après 72 heures d'exposition. Par contre, 50% des individus n'ont pas résistés après 24 heures pour les autres concentrations. Après 48heures, 75% des individus sont mort pour les concentrations 100mg/l, 125mg/l, 150mg/l, alors que tous les individus non pas résistés après cette période à 200mg/l. Après 72 heures d'expérimentation, une mort totale de tous les individus restant dans les autres concentrations (75mg/l, 100mg/l, 125mg/l et 150mg/l).

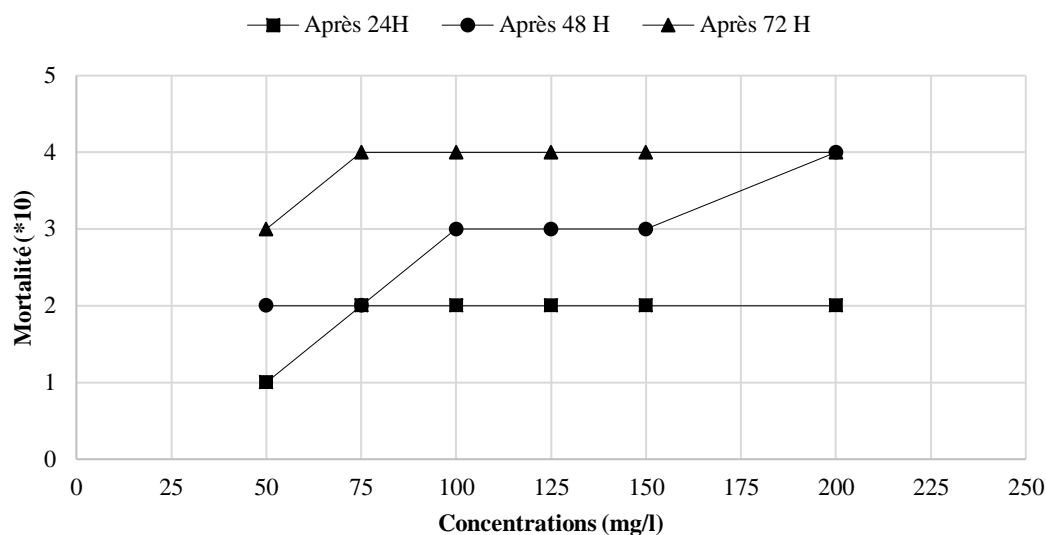


Figure 27 : Evolution de la mortalité en fonction des différentes concentrations de sulfate d'ammonium

En effet, notre test de toxicité a court terme a mis en évidence une CL_{50} égale à 75mg/l pour une durée de 24 heures d'exposition. Dans d'autres travaux de l'effet de toxicité sur *Artemia salina* L., Abu Shaala et al., (2015) ont mis en évidence une $CL_{50} = 23,27\text{mg/l}$ pour la toxicité du diuron sur la morphologie de l'espèce. Pour l'effet du sulfate de cuivre, Manfra et al. (2015) ont trouvé une $CL_{50} = 23.31\text{mg/l}$ et Libralato et al., (2016) ont réalisés des tests de toxicité du pentahydrate de sulfate de cuivre sur l'espèce dont la $CL_{50}=6.6\text{mg/l}$ après 24 heures. Cependant notre travail c'est le premier qui a mis en évidence la toxicité du sulfate d'ammonium sur *Artemia salina* L. de l'ouest algérien. En effet, la toxicité de chaque produit chimique diffère d'un organisme à l'autre (Patel et al., 2013). Delisle et al. (1977) et Greenwood et al. (1984), ont étudiés les sulfates et ont constatés que les valeurs élevées de ce paramètre peuvent être observées dans les cours d'eau polluée, au niveau des zones de rejets industriels (industrie minière, usines de pates et papiers, tanneries, usines de textiles...). On peut le trouver aussi aux activités agricoles de manière excessive des insecticides et des fongicides à base des engrais au sulfate d'ammonium (Derwiche et al., 2010).

4. Etude biochimique

Les résultats des taux de protéines, de caroténoïdes et de glucides sont présentés dans le Tableau 24.

Tableau 24 : taux de protéines, de caroténoïdes et de glucides

Différentes métabolites analysés	Concentrations
Dosage des protéines	18,80mg/g
Dosage des caroténoïdes	68,33 mg / g
Dosage des sucres	4,00 mg /g

Les crustacés présentent de nombreuses formes fossiles dont certaines sont très anciennes, et une grande diversification des formes (Pierre et *al.*,1991). Les analyses de la composition biochimiques de la souche *Artemia salina* de Bathioua permettent d'apprécier leur valeur nutritive. Elle sera par la suite comparée à celle de l'espèce commerciale notamment « *Artemia franciscana* » afin de déterminer sa possible utilisation en aquaculture.

Dosage des protéines et des caroténoïdes: Nos résultats montrent que le taux des protéines d'*Artemia salina* de Bathioua avec de 18,80 mg/g est plus ou moins inférieur à celle de Timimoune et de Bechar avec 19.16 mg/g et 21.33 mg/g respectivement et la souche exogène *Artemia franciscana* avec 49.33 mg/g (Abdat et krachaoui 2017). Selon Liger et *al.*, (1986) le taux de protéines est de 52,2mg/g chez la souche *Artemia franciscana* de San francisco Bay (USA). En ce qui concerne nos résultats, malgré la légère faiblesse de taux de protéines enregistré chez l'*Artemia salina* de Bathioua, mais elle a resté toujours intéressante et promoteur en aquaculture. Par contre, **les pigments caroténoïdes** sont très répandus chez tous les Crustacés. Le pigment principal caractéristique de ce groupe, est *l'astaxanthine*. Elle est exclusivement présente chez certaines formes, tandis que d'autres possèdent divers pigments caroténoïdes. (Gounot et *al.*, 1968), nos résultats montrent que le taux des caroténoïdes chez l'*Artemia salina* de Bathioua est important avec (68,33 mg / g).

Le métabolisme des caroténoïdes varie selon les groupes : les décapodes sont généralement capables d'oxyder le Béta-carotene en astaxanthine, selon (Pierre et *al.*,1991) ; Béta-carotene --> échinénone --> canthaxanthi- ne --> phoenieoxanthine --> astaxanthine. Le fait que l'astaxanthine puisse se complexer à des protéines pour faire des caroténoprotéines diversement colorées ce qui explique la grande richesse des colorations des décapodes. Les isopodes ne métabolisent le bêta-carotene que jusqu'à la canthaxanthine. Ces comparaisons qualitatives ou quantitatives n'ont qu'une portée

évolutive limitée. Les progrès constants de la biochimie appliquée aux crustacés commencent à apporter des résultats exploitables en phylogénie.

Le métabolisme glucidique fait intervenir principalement le tréhalose chez les insectes et le glucose chez les crustacés. Les pigments fournissent des exemples plus précis : les ommochromes tégumentaires ne sont présents que dans certains groupes de crustacés, ce qui nous a encouragés de faire un dosage des sucres sur l'*Artemia salina* de Bathioua.

D'après nos recherches, notre étude à été la seule dans le monde qui a montré le taux de glucose chez la souche d'artémia avec un taux de 4,00 mg /g.

Enfin la différence de nos résultats par rapport les travaux antérieurs peut être expliquée par la variation des conditions environnementaux et le profil biochimiques et génétiques.

5. Etude génétique

L'objectif de cette étude est de réaliser une étude comparative de la phylogénie des 2 souches zooplanctoniques (Figure 28).

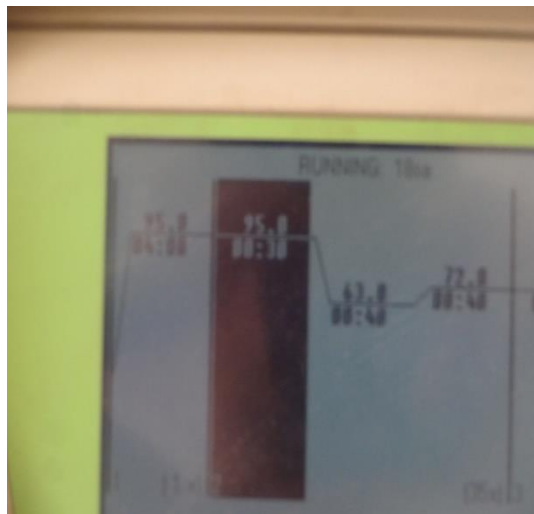


Figure 28: longueur d'onde de fragment d'artémia

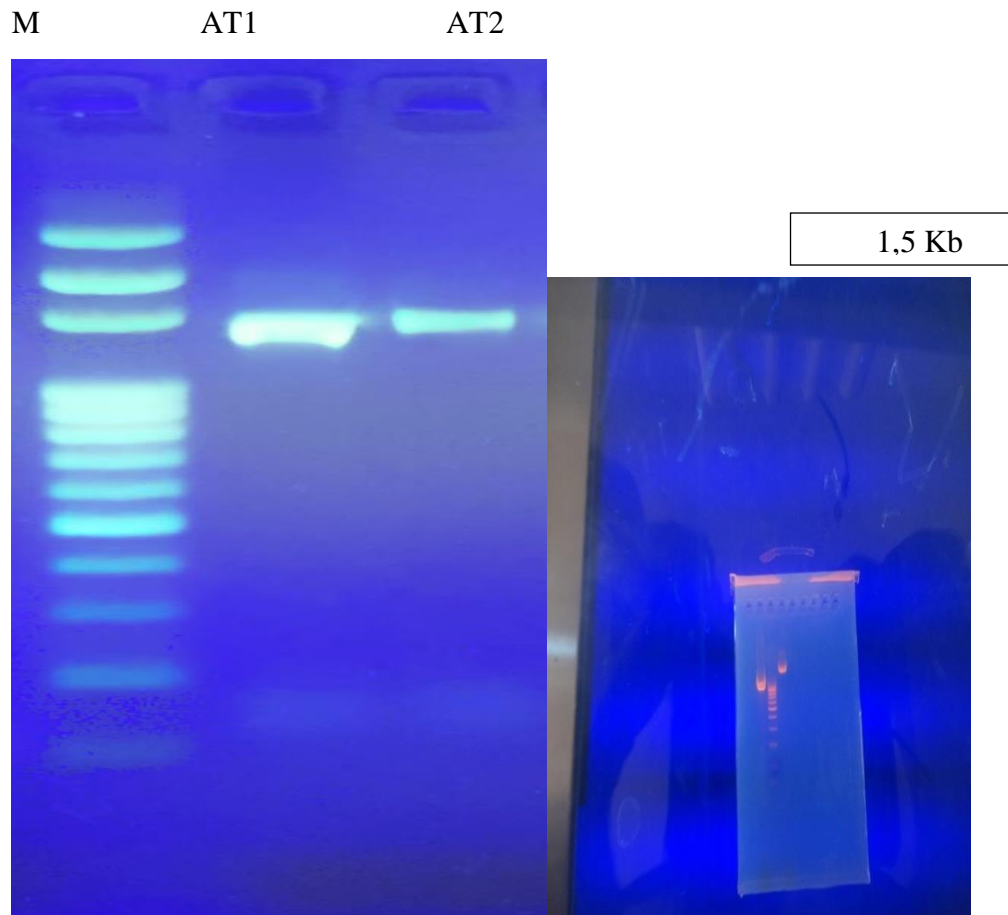


Figure 29: amplification des deux souches d'artémia

>ATM1 : *Artemia parthenogenetica* isolate YGH4_5n 18S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 1, partial sequence 98%

```

GGACCTCTGTAACCCCTAAAGGCCAAGCTATATTGGGGCAAGCTCACCTTCA
CTCCCTTTAGTCTCGCGGAGTGGAAATCCATGATCCTGGAATCATAGAGCCACTCT
AGTCCCAAATGACTATTTTTTCACTACGAATTCACACGTAGAAAATATACATCGA
GAGTTCAAGAGCATGTTGGCTTATTGCTTGCAAATCGATGCTACATTAGTGCAA
TCGCAGTGCAAGACTTTGGCTCACCTGAGGACTCACGCGCCTCTCTTTTGACCAA
GCCAATCCCTTCGTCTTGCACCACTTGGGCCCTCAGGAAGGGTAGAGAGTGCTTC
CCGGGCCCCACCAAATGTTGCTGGGGCAGCAACTACCACAGTGTTAGTAATCTA
ATGTCCACTATTTAGATGGCATGAATTTGGCCCACATACACAACACTACAAAGATT
TATCACCAGCTTTGCATGCTCAGAGAGCCCCACTACAGAGCAAGATATAATCTC
TTGTTGCTGCCAAAATCAAACCCTCCATCCTTGTAATGGATACAGACACCAAGAC
CTCAAGACAATACCCAGTCATCATCTCGTGGCCCCCACACACAAATATGCTGCT
GGGGCAACAACACTCACCTCAGTGTTGGTTCATCTCATCATGACGTCACAGTGAT
TCCATTGAGACTGTCTACCTTAACAGGCTTTGCATGCTCTACTCCTCTGAGAGCCC

```

CAACTACAGAGCCAGCTCAGGTAGTCCTCACAGTCAATAGTCTCACCATTTTCC
 ATTAGTAACAAACCAAACCTTTGAGGCAATCATCCCCACAATTACTGCCTCAAGCC
 CCCATTTCTCAAGACTCCGTTGAACAACCTCTTTTGTTC AACGAATGGACCCCCA
 TGACTGATGCTGCACAAGGGTACTCCTCCACATGCGGAAACCTACTGGTGGCACT
 CAAACACAACACGGAAACGTGTAATCATTAAACAATCGATTTAGAATGATCAATG
 ACCCCAGGGGCCAGAGCTTCCCCTCCGCGTTAATCACG

>ATM2 *Artemia salina* isolate Libya ARC1709 18S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 1, partial sequence 99%

AGACATGACCCCTAAAGCATGCTATATTGGGGCAAGCTCACCTTCACTCCCTT
 TAGTCTTGCGGAATGGTATCCATGATCCTTGAATCACAGAGCCATTCTAGTCCCC
 AAAAGACTATTTTTCACTACGAATTTAACACGTAGAAAATATACATCAAGATTTC
 AAGAGCATGTTAGCTTATTGCTTGCAAAATCGATGCTACATTAGTGCAATCGCAG
 TGCAAGACTTTGGCTCACCTGAGGACTCACGCGCCTCTCTTTTGACCAAGCCAAT
 CCCTTCGTCTTGCAACCACTTGGGCCCTCAGGAAGGGTAAAGAGTGCTTCCCGGGC
 CCCTATCCAAACAATGTTGCTGGGGCAGCAACTAACCACAATGCTAGTAATCTGA
 TGTCCATTATTAAGTTGGCATAAACTTTTGGCCCCATAACA ACTCAAGATGCAT
 CGCAAGCTTTGCATGCTCAATTCCTCAATGAGCCCCACTACAGAGCAGGATACA
 ATCTCTTATTGCTTCCAAAACATTCATTCCCTCCTCTAATGGAATACAGACACCA
 AGACCTCAAGACAATACCCAGTCATTGTCTCGTGGCCCCCATGCCCAAAAATGT
 TGCTGGGGCAGCAACTAACCACAGTGCTAGCATTCTGATGTTCCACTATTCAAAT
 TGTGTATGGATTTTGGCCCCACAACA ACTCAAGACTTATCCACAAGCTTTGTGCGT
 GCTCAATTCCTCAGTGAGCCCTCCACTACAGAGCAAGATCCAGTCTCTTATTGCTG
 CAAAACACCCATTCCCATTATCCTCTAATGGAATACAGA AACTAAGACCTTGA
 GAGACAAAACCCAGTTATCATCTCGTGGCCCCCAAAGGATATGCTGCTGGGGC
 ACAACAATCACCTCAGTGTTGGCTCATCTCTACATAAAGTCCTAGAAATTCCATT
 GGCTTACTTGATTCAAAGGCTTTGCATGCTCTACTCCTCTGAGAGCCCTCAGTACA
 GAGCCAAATTCAAGTTCCTCAATCCAAGGTCTTTACATTTCTCATGAATAATGAACAAACA
 CTTTAGGGATTACC.

Discussion

Les fortes concentrations de salinité ont aboutis l'adaptation à des populations génétiquement distinctes (Baxevanis et *al.*, 2006 ; Hou et *al.*, 2006 ; Kappas et *al.*, 2009, Ladhar, 2014). Ce qui nous a encouragés d'établir une étude phylogénétique des deux espèces zooplanctoniques.

Des nombreux travaux ont été réalisés sur le genre *Artemia*. Cependant, la systématique de ce branchiopode n'a pas été bien exploitée. Au meilleur de nos connaissances, aucune étude phylogénétique sur le genre *Artemia* n'a été réalisée en Algérie. Pour cela, une analyse moléculaire a été effectuée, afin de vérifier les différentes lignées existantes à l'ouest Algérien. Une analyse phylogénétique a été réalisée pour répondre à notre problématique après un séquençage dans deux sites avec des étages bioclimatique différents. À cet effet, une identification moléculaire par le marqueur 18S rRNA a été réalisée afin d'établir un arbre phylogénétique en comparaison avec des modèles dans la région méditerranéenne et dans le monde (Huys *et al.*, 2006 ; Blanco-Bercial *et al.*, 2011 ; Wyngaard *et al.*, 2010; Huys *et al.*, 2012 ; Laakmann *et al.*, 2012 ; Ladhar, 2014).

L'analyse inter-spécifique 18S rRNA d'*Artemia* nous a montré une diversité dans les deux sites étudiés.

L'identification moléculaire nous a montré que le site d'Oued Djemaa contient une population (ATM 1) en occurrence *Artemia parthénogénétique* qui semble être une espèce exotique de notre région, avec une distribution limitée en Afrique. En parallèle, le site de Bathioua contient une population (ATM2) *Artemia salina*, signalée et confirmée sa présence dans ce site (Baxevanis *et al.*, 2006 ; Kappas *et al.*, 2009). Ces deux nouvelles espèces Algériennes méritent d'être décrites. (Figure 29).

La variation génétique de l'*Artemia salina* et l'*Artemia parthenogenitica* peut être accordée à plusieurs facteurs. La comparaison des deux séquences obtenues dans cette étude montre que les caractéristiques biotiques et abiotiques du milieu semblent être un facteur de différenciation génétique et de ségrégation des populations.

La comparaison dans la base de données NCBI a montré un pourcentage d'identité à 98%. Chez *Artemia parthenogenitica* d'Oued Djemaa et 99% chez les échantillons d'*Artemia salina* prélevés dans la saline de Bathioua,

Divergence génétique : l'analyse de la diversité génétique chez les deux souches permettra de définir deux groupes. La réalisation de croisements entre les deux groupes fournira de nouveaux géniteurs pour la création variétale, qui pourront présenter une recombinaison de caractères intéressants.

Par ailleurs, sur le plan spéciation, la divergence intra-spécifique d'*A. salina* remonte à environ 40 millions d'années (Baxevanis *et al.*, 2006, Gomez *et al.*, 2002 ; Petrusek *et al.*, 2008). Mais la diversité morphologique est restée presque la même malgré l'existence d'espèce durant toutes ces millions d'années d'évolution (Ladhar, 2014).

La construction basée sur les différentes espèces de la région et au niveau mondiale nous a permis de tracer l'arbre phylogénétique par la méthode NJ (Neighbour-joining) et l'analyse du maximum de vraisemblance (Maximum Likelihood ML) reconnaissent 7 lignées évolutives distinctes, intégrées dans une grande polytomie (figure 30). Au niveau local une lignée rassemble les populations de souches récupérées au niveau de Saline d'Oued djemaa (wilaya de Relizane), et l'autre, réunie une population de Saline de Bathioua (wilaya d'Oran) avec de 1500 pb. On note la présence des autres lignées séparées qui correspondent à différentes séquences d'espèces d'Artémia dans le monde.

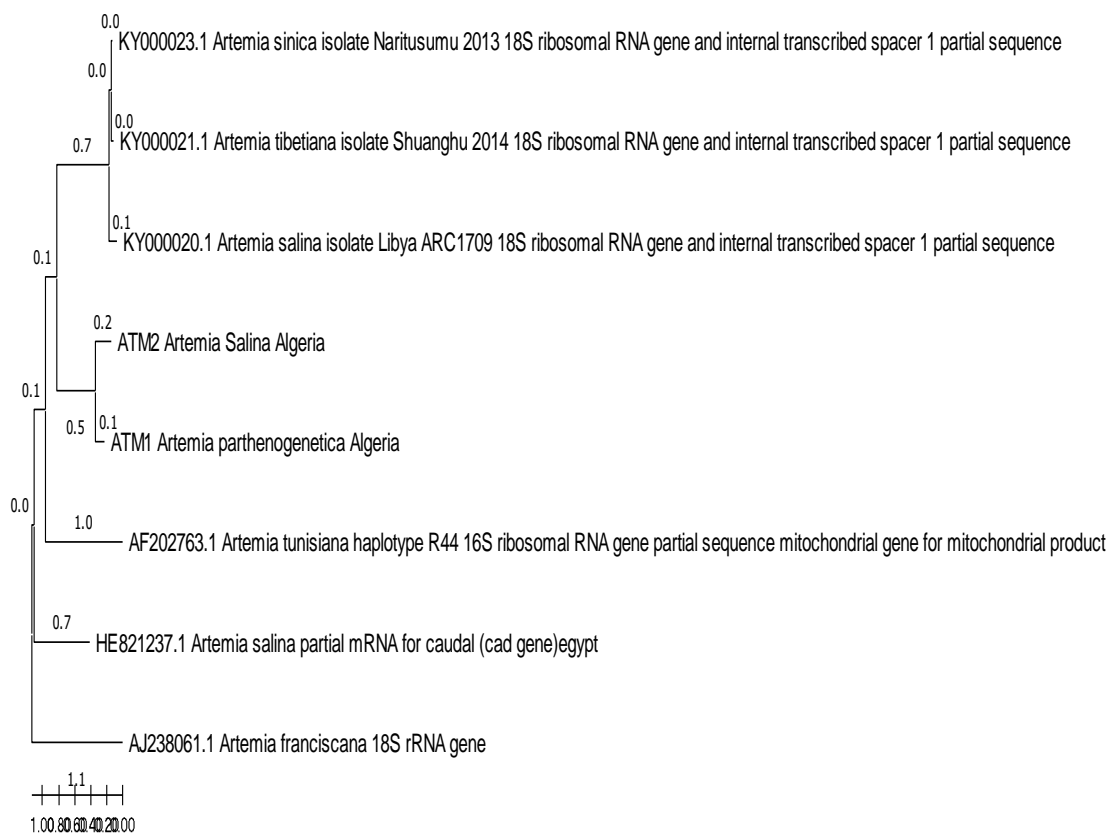


Figure 30: Arbre phylogénétique du genre Artémia

Le clivage génétique marqué entre les deux populations représentées dans l'arbre phylogénétique, révélé par la comparaison des séquences d'origine aux différentes populations, souligne une séparation entre les populations vivant dans les grands taux de salinité dans ces milieux. L'isolement écologique des *A. parthénogénitica* par fréquentation d'habitats différents, marqués par les facteurs éco-biologique particuliers du milieu hyper-

salin, peut entraîner l'existence, l'adaptation et la distribution de groupes en voie de spéciation (Ladhar, 2014).

La variabilité génétique d'artémia résulte souvent de l'action des facteurs éco-biologiques du milieu (physico-chimique, environnementale et climatique...). Les caractéristiques environnementales propres de chaque saline présentent différemment sur les différents génotypes d'artémia. Nos résultats obtenus sur la base du marqueur 18S qui a permis de caractériser et de classer ces souches en fonction phylogénétique comme monophylétique (Blanco-Bercial *et al.*, 2011). Ce qui montre que la génétique de cette espèce est un sujet très intéressant en raison de la complexité des caractères morphologiques et génétiques.

6. Traitement statistique

Plusieurs chercheurs ont montré l'influence des facteurs environnementaux sur le cycle de vie et l'adaptation de l'*Artemia* (Vanhaechke *et al.*, 1984 ; Wear *et al.*, 1986 ; Triantaphyllidis *et al.*, 1995 ; Browne *et al.*, 2002 ; Abatzopoulos *et al.*, 2003 ; Trigui., 2017) dans le présent travail nous avons essayé de préciser l'effet de plus de 20 paramètres avec des différents degrés de corrélation sur la survie et l'adaptation des populations de l'*Artemia*. Le dénombrement de l'*Artemia salina* présente dans la saline de Bathioua n'était pas lié aux facteurs physico-chimiques naturelle du milieu de temps plus que les stades de développement de l'espèce. la reproduction est généralement liée aux différents caractéristiques biotique et abiotique du milieu telle que : la sécheresse, la salinité, l'humidité et les éléments nutritifs du milieu et l'interaction inter espèces (Figure 31).

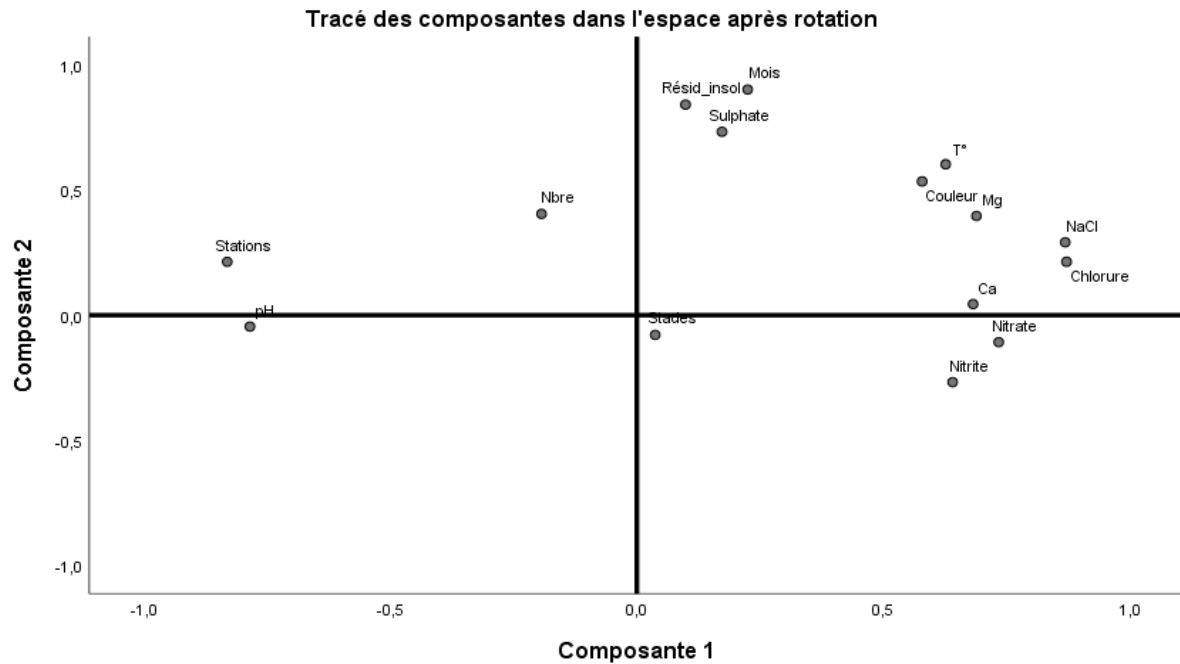


Figure 31: Carte factorielle

L'analyse factorielle en composantes principales en montré deux facteurs ; le premier expliqué par la salinité avec un taux d'inertie de 41% et un deuxième facteur qui est expliqué en mieux par les saisons avec un taux d'inertie de 17%. La variable NaCl est fortement et positivement corrélée avec la composante 2 avec un effet significatif ($p < 0,05$) sur le cycle de vie de l'Artémia, Pedro et *al.* (2013) ont confirmées que la survie de l'Artémia diminue significativement avec l'augmentation de la salinité, Ceci peut être expliqué par l'adaptation à des différentes paramètres physico-chimique locales, particulièrement les caractéristiques de l'eau de la saline. Le nombre d'*Artemia salina* est faiblement et négativement corrélé avec la salinité dans la saline de Bathioua et modérément et positivement corrélé avec les saisons.

Nos travaux antérieurs montrent une relation dose effet de la salinité sur la survie de cette dernière (Bennabi et *al.*, 2015) Les résultats obtenus par Vanhaechke et *al.* (1984) montre qu'il n'existe pas de relation linéaire entre la mortalité de l'Artémia et l'augmentation de taux de la salinité (mortalité égale à 47% ; 14% et 27% à des salinités respectives de 60 psu ; 120 psu et 180 psu) Par ailleurs, Nos résultats corroborent à celle de Browne et *al.* (2000) qui ont montré que la survie d'*Artemia* augmente à des salinités comprises entre 60 et 180 psu. Par contre les études d'El Bermawi et *al.* (2004) sur l'adaptation des souches Egyptiennes de l'Artémia (bisexuée et parthénogénétiques) sous un stress salin ont montré que le meilleur taux de salinité pour le développement est égal 80 psu et ne peut pas adaptés à un taux de salinité plus de 150 psu. Dans le même contexte en remarque aussi la forte corrélation des variables tel

que le chlorure, le calcium et même le magnésium ce qui explique bien le développement de l'Artémia en faveur de taux de salinité. La température et la couleur ont corrélés modérément et positivement avec la composante 2, La population tolère moins les fortes valeurs de température, ce qui est confirmé la résistance à la température et la forte évaporation de l'eau de saline et les différences génétiques entre les deux souches d'Artémia ce qui est confirmé dans une étude précédente (étude génétique). Nos résultats concordent avec ceux trouvés par Vanhaecke et al. (1984) qui ont confirmés que l'Artémia salina ne peut pas survivre à des températures supérieures à 30°C, contrairement à des populations de l'*Artemia franciscana*. De plus Liying Sui et al. (2012) fait une comparaison des deux souches d'Artémia utilisant (*A. franciscana*) et une espèce de l'*Artemia parthénogénétique* de la Chine, ont montré que la température optimale pour l'adaptation et la reproduction est égal à 25°C chez l'*A. franciscana* et 33°C chez l'espèce parthénogénétique originaire de la Chine (Trigui, 2017). On conclut que La dynamique des populations des différentes souches de l'Artémia diminue généralement avec l'augmentation de la température (Pedro et al., 2013 ; Trigui, 2017). Les nitrates et les nitrites sont corrélés fortement et négativement avec les stations et le pH et faiblement et négativement avec les saisons. Ceci traduit par le taux élevé de ces deux paramètres dans la SB₁ à cause des rejets de l'usine, contrairement au SB₂ et SB₃. Des autres paramètres telle que le sulfate qui à corrélé faiblement et positivement avec la salinité, la présence de cet élément due aux rejets des agriculteurs qui ont en voisinage avec la saline notamment SB₁ par le lessivage. La corrélation entre les résidus insolubles qui contiennent la matière organique et les éléments nutritifs avec la salinité est faiblement et positivement avec la salinité et fortement et positivement avec les saisons ce qui exprime la richesse nutritifs de notre site, d'autre part le nombre des Artémis modérément et positivement corrélé avec la variation saisonnière, qui peut être expliqué par la biodisponibilité des aliments, les résidus insolubles et la teneur de sulfate qui est une source alimentaire des micro algues qui sert de nourriture aux Artémis, ce résultat concorde bien avec les résultats de Doukani (2015) qui ont confirmés cette richesse alimentaire du milieu et notamment la présence de la souche phytoplanctonique *Dunaliella salina*, cette dernière est capable d'accumuler du β carotène naturelle, dix fois plus actif que le β carotène de synthèse. Ce pigment est très utilisable est sert la nourriture d'*Artemia salina* (Krinsky et Johnson, 2005). La dynamique de population et le dénombrement de différents stades n'a aucune relation avec les deux facteurs, ce qui montre que : soit la richesse nutritive du SB₂ et SB₃ ou la contamination signalée dans SB₁, ne touche pas la survie de tous les stades de développement sans exception. Le pH est corrélé fortement et négativement avec le taux de salinité. Nos résultats sont en accord avec

plusieurs études similaires qui présente l'influence du pH sur la qualité de l'éclosion et le taux de reproduction (Lavens et Sorgeloos, 1987 ; Metalli et Ballard, 1972 ; Sorgeloos, 1980). Par ailleurs, la distribution de l'Artémia dans les différentes stations corrélée faiblement et négativement avec la salinité et faiblement et positivement avec le pH et les stations avec l'ordre suivants ; lac, station de pompage et début de canal ($p < 0,05$), ce qui confirme l'élévation de taux de survie de l'espèce dans les deux stations SB₂ et SB₃ par rapport la première station SB₁. Presque et comme la majorité des espèces zooplanctonique, l'artémia n'a pas la capacité de déplacement à des distances importantes.

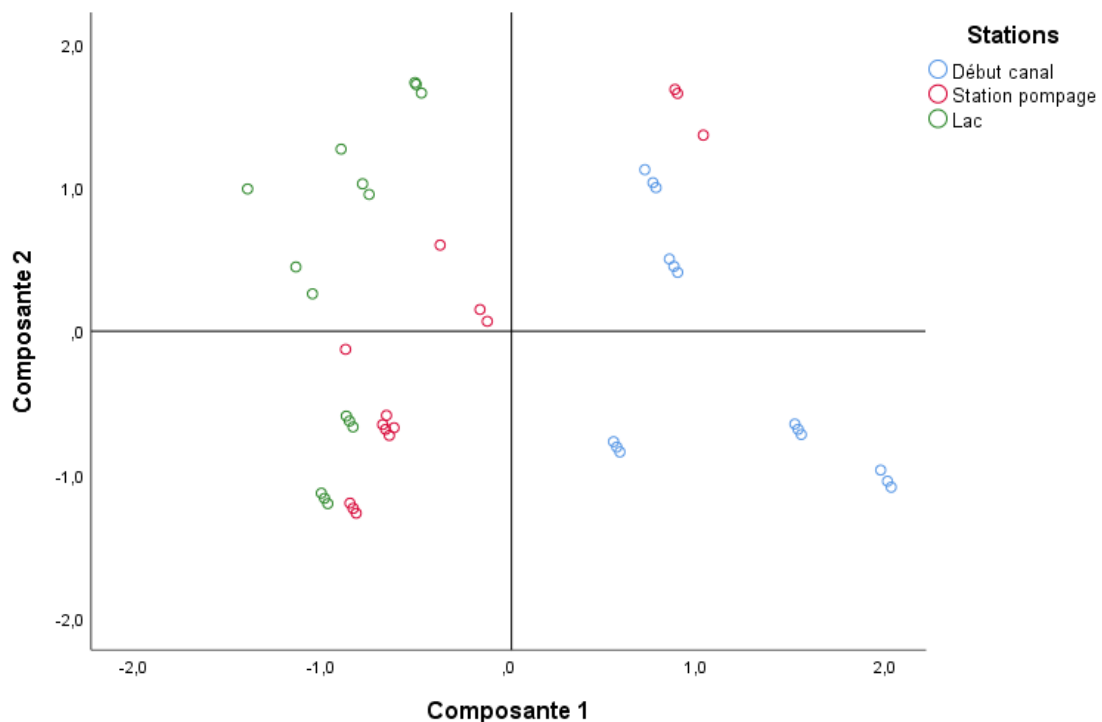


Figure 32: La carte factorielle des prélèvements selon les stations

L'étude statistique a montré une distribution spatiale de l'espèce dans toutes les stations avec une adaptation plus ou moins diminuée dans la SB₁ par rapport au SB₂ et SB₃ à cause de la charge des polluants dans cette station (Figure 32). La présence de ces polluants est due aux rejets de l'usine et aux lessivages des terrains agricoles en voisinage qui s'accompagne avec la présence des herbicides et insecticides. La station de pompage participe dans la migration de l'espèce vers le lac, là où elle sera dispersée par les courants d'eau suite au vent. L'eau stagné au début de lac est caractérisée par un pH faible suite à l'accumulation des déchets acide contrairement au lac qui a un pH alcalin et faiblement salin. Selon (Persoone et Sorgeloos, 1980) la densité d'Artémia dans leur biotope a été rarement abordée par des

contraintes liées à l'échantillonnage, Dans la saline de Bathioua, elle est très variable. Le maximum observé dans la période printanière et prés estivale.

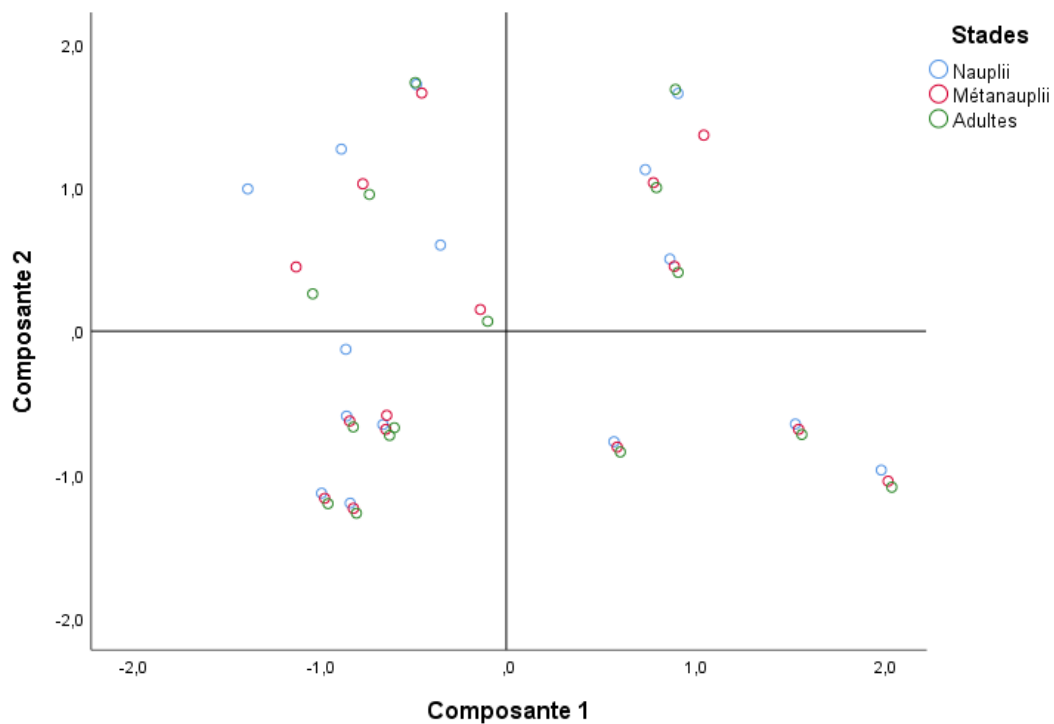


Figure 33: Carte factorielle des prélèvements selon les mois

Le présent travail montre une relation de certains paramètres écologiques par rapport au facteur de temps à l'issue de la variation saisonnière, les changements de la température, pluviométrie, du vent qui conduisent à la variation du nombre d'individus, d'autre part la période de reproduction résulte à la régénération de l'espèce, ceci est lié à l'alternance des deux modes de reproduction exercés par notre espèce, la reproduction sexuée apparaît au début d'hiver, à cause de la capacité des mâles d'artémia à l'adaptation aux faibles températures et salinités puis la reproduction parthénogénétique qui commence à partir du mois de mars permet l'augmentation du nombre d'individus. En plus la variation des autres chaînes trophiques influence sur la survie de l'espèce. Selon (Ghomari, 2013), Le temps de disparition de la population sexuée de l'*Artemia salina* de SB ne dépasse pas les 5 mois (fin du mois de décembre vers la fin du mois de juin). Les rares individus qui résistent au-delà du mois de mai sont représentés par des mâles qui n'ont pas la capacité de survivre sous des températures élevées. Nos résultats montrent une cohabitation entre les deux modes de reproduction au niveau des salines de Bathioua avec une alternance saisonnière bien marquée.

Les populations de saline de Bathioua présentent une forte capacité reproductive notamment dans les périodes (printanière et pré estivale).

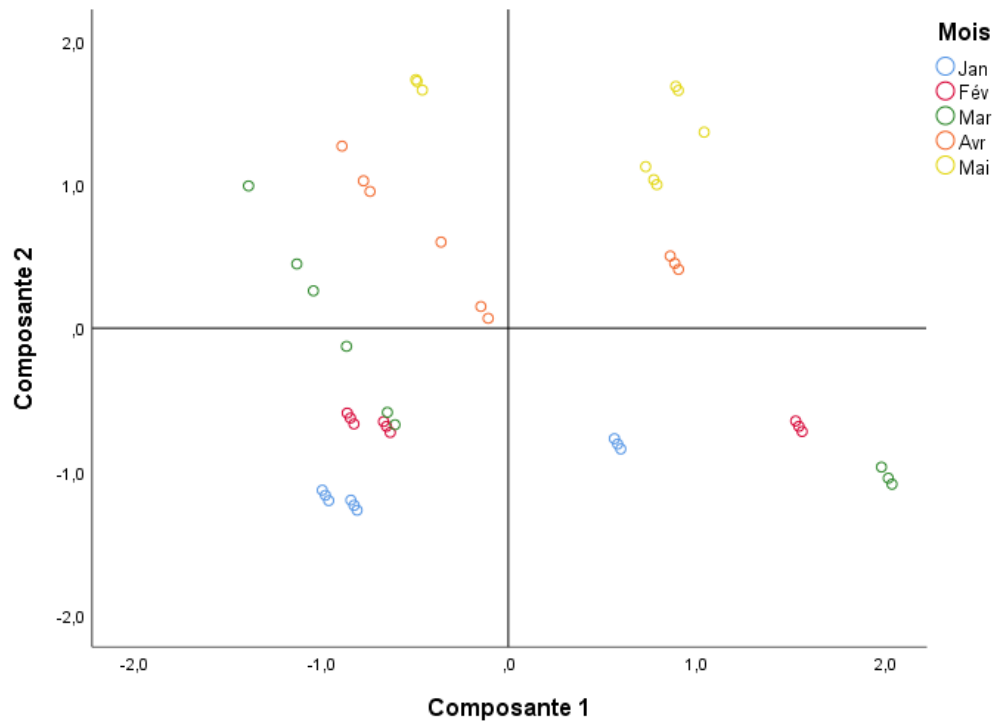


Figure 34: Carte factorielle selon les stades de développement

Les stades de développement d'*artemia salina* n'ont aucune relation avec les différents facteurs écologique, biotique et abiotique (Figure 34). La survie d'*Artemia salina* de SB diminue significativement avec l'augmentation de la salinité, ceci expliqué par les paramètres ovoviviparité et oviparité qui montrent une différence significative entre les différentes populations considérées. Nos résultats montrent que Les populations sexuées affichent un taux de survie à l'âge adulte très faible dans les deux périodes (printanière et pré estivale), par contre les populations parthénogénétiques diploïdes ne montrent pas de grandes variations du taux de survie dans les deux périodes. En écologie, chaque genre présente un certain nombre de stratégies. La reproduction sexuée est préférable chez certaines espèces alors que d'autres sont obligatoirement asexuées. Par contre, le genre *Artémia* présente certaines caractéristiques reproductives spécifique qui lui donnent la capacité d'adaptation aux biotopes hypersalins (Ghomari, 2013) selon les conditions du milieu, le type de reproduction chez l'*artemia* alterne. La reproduction ovipare donnant la naissance des nouveaux individus appelés nauplii, permet une croissance rapide de la population, par contre, quand les conditions sont défavorables le pond des cystes assure la survie de la population (Lenz et Dan ., 1976). Le comportement et la stratégie de reproduction variable permet à l'*Artemia salina* de SB de résister et s'adapter dans les milieux « extrêmes » (Browne, 1980 et Ghomari, 2013).

Conclusion

La dynamique de production chez *Artemia salina* L. varie selon les facteurs écologiques et les conditions du milieu dans lequel, elle survie. Il paraît que les conditions clémentes et le climat doux du littoral convient parfaitement à la production de l'espèce en cause, par contre un climat chaud et continental diminue les potentialités de production de l'*Artemia parthenogenitica* de saline d'Oued Djemaa du fait que la salinité atteint plus de 350g/l durant la saison estival. De ce fait, nous avons confirmé une dynamique d'évolution de la population relativement nette ; alors, elle est satisfaisante au printemps, puis diminue dès l'arrivée des premières chaleurs du mois de mai, ce qui provoque une mauvaise adaptation des mâles, les conduisant, allons à une semi extinctions. Sur le plan d'adaptation au stress salin, bien qu'il soit dit que l'*Artemia salina* soit capable de survivre à un degré de salinité égale à 223g/l, alors que le degré de développement optimal réside dans l'intervalle (50g/l - 100g/l).

En effet, dans les conditions défavorables, la reproduction par parthénogénèse reste la plus efficiente du point de vue nombre d'œufs pendus. ces derniers sont protégés par une coquille dure, qui peuvent être stockés et conservés très longtemps. Cependant, la qualité des eaux des deux saline a été déterminée à travers les analyses physico-chimiques qui révèlent, la présence des polluants en quantité moins remarquable (inférieurs aux normes) dans la saline de oued Djemaa, par contre au niveau de la saline de Bathioua, les analyses physico-chimiques ont révélé la présence de certains polluants, tels que les sulfates, les nitrites et le cuivre, notamment dans la station 1 et 2, en quantité remarquables qui dépassent pour certains les normes établies par l'O.M.S, cette pollution peut influencer le comportement et la dynamique de reproduction d'*Artemia salina*, comme ça était observé au niveau de la station. Il est indispensable de noter que l'action anthropique agit négativement sur la qualité des eaux des salines et par conséquent sur le comportement et la reproduction d'Artémia ; c'est ainsi que les déchets de l'usine du sel du site de Bathioua sont déversés dans la saline (station1) ; toutefois, les déchets de l'usine du site 2 (Oued djemaa) sont déversés dans un terrain plus loin de la saline. Notre étude consiste à suivre l'effet de certains polluants tel que le sulfate l'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ sur le comportement des Artémia. Comme dans la plupart des êtres vivants, les individus adultes sont les plus résistants aux attaques d'un environnement pollué. Mais notre étude sur la toxicité du sulfate d'ammonium, où le sulfate constitue l'élément dominant des rejets que génèrent l'usine du sel sur le biotope de l'espèce, révèle que même à ce stade l'espèce ne peut résister à une concentration excédent 75mg/l. Donc, la conservation de ce milieu demeure une nécessité primordiale si on veut développer une filiale de

production des cystes qui constitue l'élément de base dans secteur aquacole afin d'améliorer le cadre socio-économique des populations avoisinantes.

L'analyse biochimique a montré une richesse des caroténoïdes et des protéines chez l'*Artemia salina* des salines de Bathioua, D'autre part et à nos connaissances, notre étude de dosage des sucres d'*Artemia salina* est la première qui a été faite sur ce branchiopode dans le monde.

Concernant la diversité génétique, les caractéristiques environnementales propres de chaque saline (SB et SOD) présentent différemment sur les différents génotypes d'artémia. Au-delà, avec le gène 18S on peut révéler une divergence génétique entre les deux souches endémiques, cette étude nous a permis de confirmer la présence du genre *Artemia salina* au niveau de SB, et de révéler l'existence d'une nouvelle souche « *Artemia parthénogénétique* » dans la SOD, cette souche n'a jamais été signalée en existence dans les salines algériennes. Les caractéristiques reproductives spécifiques de l'*artemia salina*, notamment, l'alternance de mode de reproduction montre une bonne survie sous les différents facteurs biotique et abiotique de milieu et assure leur existence durant toute l'année. La présence de certaines substances chimiques toxiques issues de l'usine à proximité ainsi que les courants dus aux vents induisent une variation de la répartition de l'*artemia salina*. Une variation considérable. En effet, l'aquaculture est devenue un secteur majeur de la production alimentaire et nutritive pour répondre au développement des différents individus, permet d'assurer, aujourd'hui, la moitié de la production du poisson consommé dans le monde. De cela nous sommes besoin, de s'inscrire ce secteur indispensable et irremplaçable dans un processus durable. En perspective, et toujours dans le cadre de la comparaison, nous souhaitons d'aller vers une étude plus approfondie en élargissant le champ de travail et en proposant d'autres sites pour faire une synthèse sur l'impact des conditions écologiques sur la reproduction, la répartition spatiale et la diversité génétique de l'Artémia. De ce fait, Notre travail vient d'étudier les différents aspects : éco biologique, écotoxique, génétique et même statistique, espérons que notre étude donne une contribution aux études antérieures réalisées sur l'Artémia en Algérie.

Références bibliographiques

- Aubert G., 1976.** Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annales de l'Institut National Agronomique - El Harrach, 7: 185-196.
- Abatzopolulos, T., Beardmore, J., Clegg, J. and Sorgeloos, P., 2010.** Artemia. Basic and applied biology. Kluwer Academic Publishers.
- Abatzopoulos, T. J., N. El-Bermawi, C. Vasdekis, A. D. Baxevanis., P. Sorgeloos. 2003.** Effects of salinity and temperature on reproductive and life span characteristics of clonal Artemia. International Study on Artemia, LXVI. Hydrobiologia., 492: 191-199
- Abdat., F et Krachaoui., Z, 2017 ;** Mémoire de Master, Hydrobiologie marine et continentale, Caractérisation d'Artemiasalina de deux sites : sebkhadé Timimoun et sebkha d'El Melah comparativement à l'espèce Artemia franciscana UDB Khemis Miliana.
- Abu Shaala, N., Zulkifli, S., Ismail, A., Azmai, M., Yusuff, M., 2015.** Lethal concentration 50 (LC50) and effects of Diuron on morphology of brine shrimp Artemia salina (Branchiopoda: Anostraca) Nauplii. International Conference on Environmental Forensics 2015 (iENFORCE2015) Procedia Environmental Sciences 30 (2015) 279 – 284
- Aloui N et Abed A, 2002 ;** Institut National des Sciences et Technologies de la Mer ; 28, rue 2 mars 1934, 2025 Salammbô, Tunisie ; Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô, Vol. 29, P.
- Aloui, N., 2003.** Bio-écologie de l'Artémia: *Artemia salina* (Branchiopodes, Anostracés) et optimisation des conditions de sa production en Tunisie. Ph.D. Thesis. Univ. Tunis Manar. Fac. Sci. Tunis., 1-300.
- Aloui, N., 2013.** Etude comparative de la valeur nutritionnelle des cystes de deux souches d'Artémia sur des larves de Sander lucioperca (Linnaeus, 1758) en élevage: performances de croissance et survie. Crustaceana., 86: 56-66.
- Amaral MJ., Costa MH. 1999.** Macrobenthic communities of salt pans from Sado estuary (Portugal). Acta Oecologica 20 : 327-332.
- Amarouyache, M. et Kara, M.H. 2010.** Qualité et biomasse exploitable d'Artemia salina du Chott Marouane. Synthèse, 21: 39-48
- Amat, F. 1979.** Diferenciación y distribución de las poblaciones de Artemia (Crustaceo Branquiopodo) de España. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. 251 pp.
- Amat, F., 1985.** Biología de Artemia. *Inf. Técn. Inst. Invest. Pesq.* In Spanish., 126–127: 3-53.
- Barigozzi, C., 1980.** Genus Artemia: problems of systematic. *Brine Shrimp Artemia Appl: Morphol, General, Radiobiol, Toxicol.* In: Persoone, G., P. Sorgeloos., O.A. Roels., E. Jaspers (eds). Univ. Press. Wett. Belgium., 1 : 147-154.
-

-
- Baxevanis AD., Kappas I., Abatzopoulos TJ. 2006.** Molecular phylogenetics and asexuality in the brine shrimp *Artemia*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 40 : 724-738.
- Belayachi, D 2013.** Mémoire de master en agronomie ; Etude de l'intérêt de *Dunaliella salina* (micro-algue halophile) sur la culture de l'Artémie en Oranie université abou bakr belkaid.Tlemcen.
- Ben Naceur H., Ben Rejeb Jenhani A., M.S. Romdhane. 2008.** Valorisation de l'*Artemia* (Crustacea; Branchiopoda) de la saline de Sahline (sahel Tunisien). *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 133:181-188.
- Ben Naceur, H., Ben rejeb Jenhani, A., M.S. Romdhane. 2009.** Ecological survey of the brine shrimp *Artemia salina* from Sabkhet El Adhibet (south-east Tunisia). *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 89. 6: 1109-1116.
- Benijts F., G. Vandeputte, P. Sorgeloos, 1977.** Energetic, aspectsofthe metabolism of hydrated *Artemia* cysts : 79-87. In : *Fundamental and applied research on the brine shrimp, Artemia salina (L.) in Belgium*. EMS Special Publication NO 2. Eds Jaspers E. ; G. Persoone. Institute for Marine Scientific Research, Bredene (Belgium), 1 10 pp.
- Bennabi, F., Benmeddah, M., Toumi , F., Hamel, L., Megharbi, A., Koudache, F et Ghomari, S., 2015.** Etude éco-biologique d'*Artémia salina* des zones humides de l'ouest algérien, *Afrique science Journal* 11(2) (2015) 97-106.
- Blanco-Bercial L., Bradford-Grieve J., Bucklin A. 2011.** Molecular phylogeny of the Calanoida (Crustacea : Copepoda). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 59 : 103- 113.
- Bossuyt, E., P. Sorgeloos. 1980.** Technological aspect of 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.
- Boukaba,T, 2015.** Détection paramétrique robuste dans un clutter non gaussien et non stationnaire [ressource textuelle.These de doctorat, Alger, Ecole Nationale Polytechnique : 2015
- Bouldjedri M., De Bélair G., Mayache B., Muler S.D., 2011.** Menaces et conservation des zones humides d'Afrique du nord le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE algérien). *C.R.Biologies*, 334: 757-772.
- Bowen S.T., Davis.ML, Fenster S.R., G.A. Lindwall. 1963.** Sibling species of *Artemia*.*Brine Shrimp Artemia Appl: Morphol, General, Radiobiol, Toxicol*. In: Persoone, G., P.Sorgeloos., O.A. Roels., E. Jaspers (eds). Univ. Press. Wett. Belgium., 1: 155-167.
- Bradford,M 1976.** A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding ,*analytical biochemistry* 72, 248-254 (1976) *Reproduction Research Laboratories, Department of Biochemistry, University of Georgia, Athens, Georgia 30602.*
- Braekkan, O.R. 1976.** Den emær ingstries sigebet ydningav fisk.*Fiskets Gang*, 35, 1976.
-

-
- Brisset P., 1984** Technique d'élevage en masse d'un crustacé branchiopode (*Artemia*) sur nourriture inerte dans un système à renouvellement continu en eau. D.E.A. de Biologie appliquée. Univ. de Lille I., 78 p.
- Brisset, P., 1984.** Elevage et utilisation en aquaculture de l'Artémia. Ph.D. Thesis. Univ.Lille I. 137.
- Britton RH. Johnson AR. 1987.** An ecological account of a Mediterranean salina: the Salin de Giraud, Camargue (S. France). *Biological Conservation* 42 : 185-230.
- Broadhurst, C.L., Cunnane, S.C., Crawford, M.A. 1998.** Rift Valley lake fish and shellfish provided brain-specific nutrition for early Homo.Br. J. Nutr., 79, 3-21.
- Browne, R.A. 1980.** Reproductive pattern and mode in the brine shrimp. *Ecology*, 61(3): 466-470.
- Browne, R.A. Mac Donalad G. H. 1982.** Biogeography of the brine shrimp *Artemia*: distribution of parthenogenetic and sexual populations. *J. Biogeogr.*, 9. 4: 331-338.
- Browne, R. A. Wanigasekera. G 2000.** Combined effects of salinity and temperature on survival and reproduction of five species of *Artemia*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 244: 29-44.
- Browne, R.A., Moller, V., Forbes, V.E., M.H. Depledge. 2002.** Estimating genetic and environmental components of variance using sexual and clonal *Artemia*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 267: 107-119.
- Bucher, H. C., Hengstler, P., Schindler, C., Meier, G. 2002.** N-3 polyunsaturated fatty acids in coronary heart disease: ameta-analysis of randomized controlled trials. *Am. J.Medicine*, 112, 298-304.
- Camargo, W. N., J. S. Ely, G. C. Duran., P. Sorgeloos. 2004.** Influence of some physicochemical parameters on *Artemia* biomass and cyst from the Colombian Caribbean. *J. World. Aquacult. Soc.*, 35: 296-305.
- Clegg J.S., Conte F.P. 1980 .** A review of the cellular and developmental biology of *Artemia*. In : the brine shrimp *Artemia*. Vol. 2, Physiology, Biochemistry, Molecular Biology, Eds Persoone G. ; P. Sorgeloos ; O.A. Roels ; E. Jaspers ;Universa Press, Wetteren (Belgium), 11-54.
- Colburn EA. Brown,T. 1988.** Factors influencing species diversity in saline waters of Death Valley, USA. *Hydrobiologia* 158: 215-226.
- Cole, G.A. et. Brown,R.J. 1967.** The chemistry of *Artemia* habitats. *Ecol.*, 48. 5: 858-861.
- Crawford, M.A., Bloom, M., Broadhurst, C.L., Schmidt, W.F., Cunnane, S.C., Galli, C., Gehbremeskei, K., Linseisen, F., Lloyd-Smith, J., Parkington, J. 1999.**Evidence for the unique function of docosahexaenoic acid during the evolution of the modern hominid brain.*Lipids*, 34 Suppl., S39-47.
- Croghan, C. 1985.** The osmotic and ionic regulation of *Artemia salina* (L). *J Exp Biol* 35(1): 219-233.
-

-
- Dahesht, L. E., Q. Mustafayev., F. Mohebbi., R. Ahmadi. 2013.** *Artemia* and chlorophyll a fluctuations in Urmia Lake. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 17. 2: 1-6.
- Dana, G. L. & P. H. Lenz, 1986.** Effects of increasing salinity on *Artemia* population from Mono Lake. *California. Oecologia.*, 68: 428-436.
- Davis JS. 2000.** Structure, function, and management of the biological system for seasonal solar saltworks. *Global Nest Journal* 2 : 217-226.
- Defaye, D., Rabet N., A. Thirry. 1998.** Atlas et Bibliographie des crustacés branchiopodes (Anostraca, Notostraca, Spinicaudata) de France métropolitaine. *Coll. Patrim. Nat. Serv. Patrim. Nat. IEGB. MNHN. Paris.*, 32 : 61.
- Dhont, J. & G. Van Stappen. 2003.** Biology, Tank production and Nutritional Value of *Artemia*. *Liv. Fed. Mar. Aquacult.* In: Støttrup, J.G and L. A. Mc Evoy (eds). Blackwell. Sci. Ltd. Oxford. UK. 65-121.
- Delisle, C, E., Schmidt, J, W., 1977.** The effect of sulphur on water and aquatic life in Canada. Sulphur and its inorganic derivatives in the canadian environment, Centre National des recherches du Canada, Ottawa NRCC, n°. 15015.
- Demnati, 2013.** Doctorat en Sciences Agronomiques, Biodiversité et Enjeux Socio-économiques des lacs salés (Chotts et Sebkhass) d'Algérie. Cas du Chott Merouane et Melghir, Université Med Khider- Biskra.
- Derbal, F., Amarouayache, M. and Kara, M.H. 2010.** Preliminary data on a new *Artemia* strain from El-Bahiralake (Northeast of Algeria), *Rapp. Coin. Int. Mer Méditer*, 39.
- Derwich, E., Benaabidate, L., Zian, A., Sadki, O., Belghity, D., 2010.** Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut sebou en aval de sa confluence avec oued fes Larhyss *Journal*, ISSN 1112-3680, n° 08, Juin 2010, pp. 101-112.
- Doukani, 2015** Optimisation de la production de la biomasse microalgale Par la méthode des plans d'expériences Cas de *Dunaliella salina*. thèse de magister université Djillali liabes de Sidi bel abbes.
- Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Pebers P.A and Smith F. (1956).** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28, p: 350-356.
- Divanach, P., Kentouri. M., J. Paris. 1983.** Recherches sur la production exploitable au niveau aquacole dans les lagunes à *Artemia salina*. *Acad. Sci. Paris.*, 296: 29-31.
- Dolapsakis NP., Tafas T., Abatzopoulos TJ., Ziller S., Economou-Amilli A. 2005.** Abundance and growth response of microalgae at Megalon Embolon solar saltworks in northern Greece : An aquaculture prospect. *Journal of Applied Phycology* 17 : 39- 49.
- Dobeileir, J., Adam, N., Bossuyt, E., Bruggeman, E., P. Sorgeloos. 1980.** New aspects of the use of inert diets for high culturing of brine shrimp: Brine Shrimp *Artemia*: Ecol, Cult, Use Aquacult. In: Persoone, G., P. Sorgeloos., O.A. Roels., E. Jaspers (eds). Univ. Press. Wett. Belgium., 3: 165-174.
-

- Dutrieu ETL, J., 1960.** Observation phya I sur le developpement â Artemia em aaatim teach. Pub 9 tool. exp. gén. i 99: I -134.
- EI-Bermawi N,Baxevanis, A.D., Abatzopoulos, T.J., P. Sorgeloos. 2004.** Salinity effects on maturation, reproductive and life span characteristics of four Egyptian Artemia populations (International Study on Artemia. LXVIII). Hydrobiologia., 513 : 87-100.
- Elevi Bardavid R., Oren A. 2008.** Dihydroxyacetone metabolism in *Salinibacter ruber* and in *Haloquadratum walsbyi*. Extremophiles 12 : 125-131.
- ENASEL ,2012 .** Les directions de l'entreprise nationale de sel ; Bathioua (Arzew,Oran) et Sidi Bouziane (oued Djemaa,Relizane).
- Evagelopoulos A., Spyrakos E., Koutsoubas D. 2007.** The biological system of the lowersalinity ponds in Kalloni Saltworks (NE. Aegean Sea, Greece) : phytoplankton and macrobenthic invertebrates. Transitional Waters Bulletin 3 : 23-25.
- FAO., 1994** Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fish. Tech. Pap. 348.
- FAO., 2008.** Climate change and food security: a framework document. 110pp.
- FAO., 2009.** The state of world fisheries and aquaculture. Rome. 196 pp.
- FAO.,2018.** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Résumé. CA0191FR/1/07.18.Fish. Soc., 63: 129-130.
- Gagneur, J. And Kara, M.H. 2001.**Limnology in Algeria.In :Wetzel and Gopal (eds). Limnology in Developing Countries Vol.3 ;Int.Ass.Limn .(Sil) :1-34.
- Ghomari S.M, Selselet, G.S., Hontoria, F. and Amat, F. 2011.** Artémia Biodiversity in Algerian Sebkhass.Crustaceana., 84: 1025-1039,ol. 3.,Int. Ass. Limn., (SIL): 1-34.
- 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). Thèse. doct. Univ. Mostaganem Abdelhamid ibn badis. Mostaganem. Algérie.145.
- Gissi.,S. 1999** Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione trial. The Lancet, 354(9 177),447-455.
- Gomez A., Serra M., Carvalho GR., Lunt DH. 2002.** Speciation in ancient cryptic species complexes: evidence from the molecular phylogeny of *Brachionus plicatilis* (Rotifera). Evolution 56 : 1431-1444.
- Gounot, M., 1968.** Milhades d'etude dc la uegüation, Lie Masson, Paris, 314 p
- Gratfeld J., 2004.** Industries dans les zones arides et semi aride. Planification et gestion de l'environnement. Gland et Cambridge : UICN édition.
- Greenwood, N, N., Earnshaw, A., 1984.** Chemistry of the elements,Pergamon Press, Oxford, UK. xxi, 1542 p, ISBN 9780080307121.
- Haddag, M, 1991.** Contribution a l'étude d'une souche d'Artemia (A. tunisiana) endemique aux eaux de la saline de Bathioua ,Arzew-Algérie. Thèse de Magister.

-
- Hammer, U. T. & S. H. Hulbert. 1992.** Is the absence of *Artemia* determined by the presence of predators or by lower salinity in some lakes? *Aquat. Ecosyst in Semi-arid Reg: Resour. Manag.* In: Robarts, D and M. L. Bothwell (eds). Saskatoon, Canada, NHRI Sympos. Series., 7: 91-102.
- Hedgpeth, J.W., 1959.** Some preliminary considerations of the biology of inland mineral waters. *Archivio Oceanogr. Limnol.*, 11: 111-141.
- Hinton, H.E., 1964.** Resistance of the dry eggs of *Artemia salina* (L) to high temperatures. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 7: 664.
- Hou et al., 2006 Hou L., Bi X., Zou X., He C., Yang L., Qu R., Liu Z. 2006.** Molecular systematics of bisexual *Artemia* populations. *Aquaculture Research* 37 : 671-680.
- Huys R., Llewellyn-Hughes J., Olson PD., Nagasawa K. 2006.** Small subunit rDNA and Bayesian inference reveal *Pectenophilus ornatus* (Copepoda incertae sedis) as highly transformed Mytilicolidae, and support assignment of Chondracanthidae and Xarifiidae to Lichomolgoidea (Cyclopoida). *Biological Journal of the Linnean Society* 87 : 403-425.
- Huys R., Fatih F., Ohtsuka S., Llewellyn-Hughes J. 2012.** Evolution of the bomolochiform superfamily complex (Copepoda: Cyclopoida): New insights from ssrDNA and morphology, and origin of umazuracolids from polychaete-infesting ancestors rejected. *International Journal for Parasitology* 42 : 71-92.
- James, C.M., Suhair, A.H., B.A. Makkeya. 1981.** Use of chitin derived microbial detritus for the mass culture of *Artemia*. Contributed papers (Poster session). World. Conf. Aquacult. Venise. Italy. 21-25 Sept.
- Kappas I., Baxevanis AD., Maniatsi S., Abatzopoulos TJ. 2009.** Porous genomes and species integrity in the branchiopod *Artemia*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 52 : 192-204.
- Kara, M.H. 1998** Bases biologiques et écologiques de l'élevage du loup *Dicentrarchus labrax* dans la région d'Annaba. Thèse de Doctorat d'Etat, Alger, Algérie 172 p.
- Kara, M.H., Bengraïne, K.A., Derbal, F., Chaoui, L. and Amarouyache, M. (2004)**
Quality evaluation of a new strain of *Artemia* from Chott Merouane. *Aquaculture*, 235: 361-369.
- Kara, M.H., Amarouyache, M. 2012.** Review of the biogeography of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Algeria. *International Journal of Artemia Biology*. ISSN:2228-754X. 2012, Vol 2, N 1: 40-50.
- Karali, A., Echikh F., 2010** L'Aquaculture en Algérie. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Universitaires Appliquées en Sciences de la Mer. Université d'Alger.
- Khemakhem, M., 1988.** *Artemia* dans les salines de Sfax: Etude biologique et écologique, possibilité d'exploitation à des fins aquacoles. *Mem. Cyc. Ing. Sec. Hali. Spec. Aquacult.* INAT. 114.
-

-
- Krinsky, N.I. and Johnson, E.J. 2005.** Carotenoid Actions and Their Relation to Health And Disease. *Molecular Aspects of Medicine*, 26, 459-516.
- Laakmann S., Auel H., Kochzius M. 2012.** Evolution in the deep sea: Biological traits, ecology and phylogenetics of pelagic copepods. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 65 : 535-546.
- Labbaci .R . ,2017** Doctorat des Sciences En Biologie Animale , Ecologie et santé du canard colvert (*Anas platyrhynchos*) dans le complexe des zones humides du parc national d'EL-Kala (cas du lac Tonga : Nord est Algérien) Université Badji Mokhtar – Annaba.
- Ladhar .C. , 2014 .** Doctorat en Sciences Biologique, Etude de la dynamique, de la composition biochimique et de la variabilité génétique des copépodes et des *Artemia* d'un écosystème extrême : la saline de Sfax (Tunisie). Université du Maine sous le label de L'Université Nantes Angers Le Mans et de la faculté des Sciences de Sfax sous le label de L'Université de Sfax.
- Lavens, P. & P. Sorgeloos. 1987.** The cryptobiotic state of *Artemia* cysts its diapause deactivation and hatching: a review.: 27-63. En: *Artemia Research and its Applications*. Vol. 3.
- Lavens, P., Sorgeloos, P. 1996.** Manuel on the production and the use of live food for aquaculture. FAO. Fish. Tech. Pap. Rome. 361
- Lavens, P., Sorgeloos, P., 2000.** The history, present status and prospect of the availability of *Artemia* cysts for aquaculture. *Aquaculture*, 181, 397-403. Morphometric characterization of thalassohaline *Artemia* *fransiscana* populations from No. 15, Ghent, Belgium. P:412-413.
- Leach, W.E., 1819.** Entomostraca. *Dict. Sci. Nat.*, 14: 524.
- Leger, P. ; Bengtson, D.A ; Simpson, K. J. ; Sorgeloos, P. 1986.** The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 24 ; 512-623.
- Lenz, P. & G.L. Dana. 1976.** Life-cycle studies in *Artemia* : a comparison between a subtropical and a temperate population.: En: *Artemia Research and its Applications*. Vol. 3. 90-100 p.
- Löffler, H., 1964.** Vogelzug and Crustaceen verbreitung. *Zool. Anz.*, 27: 311-316.
- Libralato, G., Prato, E., Migliore, L., Cicero, A, M., Manfra, L, A., 2016.** Review of toxicity testing protocols and endpoints with *Artemia* spp *Ecological Indicators* 69 , 35–49.
- Linnaeus, C., 1758.** *Syst. Nat. Hafnia.*, 1: 634.
- Litvinenko, L. I., A. V. Kozlov, A. I. Kovalenko & D. S. Bauer. 2007.** Salinity of water as a factor to determine the development of the brine shrimp *Artemia* populations in Siberian lakes. *Hydrobiologia.*, 576: 95-101.
-

- Liying, S., Qiang, Z., Jing, W., Hua, H., Sorgeloos, P., V. Gilbert. 2012.** High-temperature adapted *Artemia franciscana* (Kellogg, 1906) from Vietnam is a suitable strain for inoculation in temperature conditions of Bohai bay saltworks, China. *Crustaceana.*, 85. 14 : 1709-1723.
- Mac Donald, G., 1980.** The use of *Artemia* cysts as food by flamingo (*phoenicopterus ruber roseurs*) and the shelduck (*Tadopna tadorna*). *Brine Shrimp Artemia: Ecol, Cult, Use Aquacult.* In: Persoone, G., P. Sorgeloos., O.A. Roels., E. Jaspers (eds). Univ. Press. Wett. Belgium., 3 : 97-104.
- Mahdi, A., K. Chaieb., R. Charfeddine., H. Laachkar., F. Kammoun., A. Bakhrouf. 2010.** Caractérisation préliminaire de deux populations Tunisiennes d'*Artemia salina*. *Mar. Life.*, 17: 3-11.
- Manfra, L., Savorelli, F., Di Lorenzo, B., Libralato, G., Comin, S., Conti, D., Floris, B., Francese, M., Gallo, M, L., Gartner, I., Guida, M., Leoni, T., Marino, G., Martelli, F., Palazzi, D., Prato, E., Righini, P., Rossi, E., Volpi Ghirardini, A., Migliore, L., 2015.** Intercalibration of ecotoxicity testing protocols with *Artemia franciscana*. *Ecol. Indic.* 57, 41–47.
- Mathevet R., 2000.** Usages des zones humides Camarguaises : Enjeux et dynamiques des interactions Environnement/ Usages/Territoire. Thèse de Doctorat, Université Jean Moulin, Lyon 3 (France).
- Metalli, P. and E. Ballard IN. 1972.** Radiobiology of *Artemia*: radiation effects And ploidy. *Current Topics in Radiation Research Quarterly*, 7: 181-240.
- Mohr, V., 1971.** On the constitution and physical-chemical properties of the connective tissue of mammalian and fish skeletal muscle. Ph.D. Thesis, University of Aberdeen.
- Morris J.E. 1971.** Hydration, its reversibility, and the beginning of development in the brine shrimp, *Artemia salina*. *Comp. Biochem. Physiol.*,- 39A :843-857.
- Moustgard, J. 1957.** Laerebog I Husdvrenes Fysiologi og Ernæringsfysiologi, AIS C.Fr. Mortensen, Danish.
- Murray, J. and J.R. Burt 1969.** The composition of fish. *Tony Advis. Note* 3 8, Torry Research Station, Aberdeen.
- O'Connell JL., Johnson LA., Smith LM., McMurry ST., Haukos DA. 2012.** Influence of land-use and conservation programs on wetland plant communities of the semiarid United States Great Plains. *Biological Conservation* 146 : 108-115.
- OECD., 1992 :** Organization for Economic Cooperation and Development, 1992, OECD Guideline for testing of chemicals. Test No. 203: Fish, acute toxicity test, OECD Publishing, Paris, 9 pp.
- ONM., 2008 :** Office national de Météo (Chlef)
- Oulhiz, A. 2019.** Thèse de doctorat en sciences Évaluation, valorisation et utilisation des coproduits de la crevette rouge *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) et du thon *Thunnus*

-
- thynnus (Linné, 1758) pour l'alimentation du tilapia rouge (*Oreochromis* sp). Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem.
- Patel, J. G., Nirmal Kumar, J. I., Rita Kumar, N., Shamiyan, R. K., 2013.** Chronic toxicity of high molecular weight polynuclear aromatic hydrocarbon- pyrene on freshwater cyanobacterium *Anabaena fertilissimarao*, International journal of environment (2) ISSN 2091-2854.
- Pedro, M.P., Bio, A., Hontoria, F., Almeida, V., N. Vieira. 2013.** Portuguese native *Artemia parthenogenetica* and *Artemia franciscana* survival under different abiotic conditions. *J.Exp.Mar.Biol.Ecol.*, 440: 81–89.
- Persoone, G et Sorgeloos, P 1980.** General aspects of the ecology and biogeography of artemia, in the brine shrimp artemia, vol. 3. eds., universa press, wetteren, belgium, 1980. 51.
- Person-Le Ruyet, J. et Girin, M, 1977.** L'élevage larvaire des poissons marins: chaînes alimentaires et aliments composés. *Bull.Fr.Pisc.* 264, 88-101 p.
- Perthuisot, J, P, 1981.** les vicissitudes conceptuelles sur la genèse d'un bassin salin : la sebkhah el melah (tunisie). *travaux du comité français d'histoire de la géologie*, comité français d'histoire de la géologie, 1981, 1ère série (39), pp.49-58. [\(hal-00951448\)](#)
- Petrusek A., Hobaek A., Nilssen JP., Skage M., Cerny M., Brede N., Schwenk K. 2008.** A taxonomic reappraisal of the European *Daphnia longispina* complex (Crustacea, Cladocera, Anomopoda). *Zoologica Scripta* 37 : 507-519.
- Pierre., Noël 1991.** Évolution et phylogénie moléculaire des Crustacés. Laboratoire de Biologie des Invertébrés marins et Malacologie (URA nO 699 du CNRS), Muséum National d'Histoire Naturelle, 55, rue Buffon, F-75231 Paris cedex 05, France. *Cah. Biol. Mar.* (1991), 32: 195-201 Roscoff.
- Post, F.J. & N.N. Youssef. 1977.** A prokaryotic intracellular symbiont of the GSL brine shrimp *Artemia salina* (L). *Can. J. Microbiol.*, 23: 1232-1236.
- Poulter, N.H. and L. Nicolaidis 1985.** Studies of the iced storage characteristics and composition of a variety of Bolivian freshwater fish. 1. Altiplano fish. *J. Food Technol.* 20, 437-449.
- Provasoli, L. & K. Shiraishi. 1959.** Axenic cultivation of the brine shrimp *Artemia salina*. *Biol. Bull.*, 117: 347-355.
- Reeve, M.R., 1963.** The filter-feeding of *Artemia*. II. suspension of various particles. *J. Exp.Biol.*, 40: 207-214.
- Rollefsen, G., 1939.** Artificial rearing of fry of seawater fish. Preliminary communication. *Rapp. P.V. Reun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.*, 30: 204-221.
- Saidi, B, 2017.** Thèse de doctorat 3ème Cycle en Sciences de l'environnement, dynamique de la phytodiversité dans les monts de Tessala (Algérie occidentale), UDL Sidi Bel Abbès.
-

-
- Sánchez MI., Green AJ., Castellanos EM. 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.
- Sass-Kiss A., Kiss J., Milotary P., Kerek M.M. et Toth-Makus M. 2005.** Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, 38:1023-1029.
- Sato, N.L. 1967.** Enzymatic contribution to the ecosystem of *Artemia salina*. *Sci.perp. Tohoku Univ.*33 (3-4): 319-327.
- Samraoui, B., Chakri, K. and Samraoui, F. (2006)** Large branchiopods (Branchiopoda: Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) from the salt lakes of Algeria. *J. Limnol.*, 65: 83-88.
- Seale, A., 1933.** The brine shrimp *Artemia* as a satisfactory live food for fishes. *Trans. Am.*
- Segal RD., Waite AM., Hamilton DP. 2009.** Nutrient limitation of phytoplankton in solar salt ponds in Shark Bay, Western Australia. *Hydrobiologia* 626 : 97-109.
- Seki, H., 1966.** Studies on microbial participation to food cycle in the sea. III. Trial cultivation of brine shrimp to adult in a chemostat. *J. oceanogr. Soc. Japan.*, 22. 3: 105-110.
- Simopoulos, A.P. 2001.** Evolutionary aspects of diet and essential fatty acids. *World Review of Nutrition & Dietetics*, 88,18-27.
- Skoultchi, A.L. & H.J. Morowitz. 1964.** Information storage and survival of biological systems et temperature near absolute zero. *Yale. J. Biol. Med.*, 37: 158-163.
- Smith L., Euliss N., Wilcox D., Brinson M. 2011.** Application of a geomorphic and temporal perspective to wetland management in North America. *Wetlands* 28 : 563- 577.
- Sorgeloos, P., Bruggeman E, 1976.** the brine shrimp *Artemia salina* : abott leneck in mariculture 321-324. In : FAO technical conference on aquaculture , kkyoto 1976. Plary, T.V.R , Dill, Wm A (Eds). fishing new books Ltd Farnham England, 653pp.
- Sorgeloos, P., 1980.** The use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture. *Brine. Shrimp Artemia: Ecol, Cult, Use Aquacult.* In: Persoone, G., P. Sorgeloos., O.A. Roels., E. Jaspers (eds). Univ. Press. Wett. Belgium., 3: 1-456.
- Sorgeloos, P., Persoone, G., Roels, O 1980.** General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia*, in *The Brine Shrimp Artemia*, Vol. 3., P., Eds., Universa Press, Wetteren, Belgium, 1980. 51.
- Sorgeloos, P., E. Bossuyt, P. Lavens, P. Léger., P. Vanhaecke., D. Versichele. 1983.** The use of brine shrimp *Artemia* in crustacean hatcheries and nurseries. *Crustacean. Aquacult. Handbook. Maricult.* In: Mc Vey, J.P (ed). CRC Press. Boca Rat. Florida. USA., 1: 71-96.
-

-
- Sorgeloos, P., et Beardmor, J.A., 1986.** Review of the genetics of Artemia. In: Artemia research and its applications. Vol. 1. Sorgeloos, P.; Bengtson, D.A.; Decler, W.; Jaspers, E. (Eds). Universa Press, Wetteren, Belgium, in press.
- Sorgeloos, P., P. Lavens., P. Léger., W. Tackaert., D. Versichele. 1986.** Manual for the culture and use of brine shrimp Artemia in Aquaculture. Artemia. Ref. Center. Fac. Agri. Sta. Univ. Ghent. Belgium. 91-95.
- Sorgeloos, P., Dhert, P., Candreva, P., 2001.** Use of the brine shrimp Artemia spp in marine larviculture. Aquaculture., 200: 147-159.
- 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. Press. Wett. Belgium., 3: 127-128.
- Stansby, M.E. , Hall A.S.. 1967.** Chemical composition of commercially important fish of the USA. Fish. Ind. Res., 3, 29-34.
- Stewart., B 1974 .** Possible processes of nutritive adaptations for zooplankton a demonstration on Artémia, 543 p 98-106.
- Tackaert, W. & P. Sorgeloos. 1991.** Semi- intensive culturing in fertilized ponds. Artemia Biol. In: Browne, R.A., P. Sorgeloos., C.N.A. Trotman (eds). CRC Press. Boca Rat. Florida. USA. 287-315.
- Takano, H., 1967.** Rearing experiments of brine shrimp on diatom diet. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 52: 1-11.
- 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 : 191-200.
- Tobias., W.J., Sorgeloos, P., Roels, O., B.A. Shrfstein. 1980.** International study on Artemia XIII. A comparison of production data of 17 geographical strains of Artemia in the St. Croix Artificial Up-welling Mariculture System. Brine Shrimp Artemia: Ecol, Cult, Use Aquacult. In: Persoone, G., P. Sorgeloos., O.A. Roels., E. Jaspers (eds). Univ. Press. Wett. Belgium., 3: 383-392.
- Torrentera, L. et S. I. Dodson. 2004.** Ecology of the brine shrimp Artemia in the Yucatan, Mexico, Salterns. J. Plankton. Res., 26. 6: 617-624.
- Triantaphyllidis, G. V., E. J. S. Pilla, K. M. Thomas, T. J. Abatzopoulos, J. A. Beardmore., P. Sorgeloos. 1994.** International study on Artemia. LII. Incubation of Artemia cyst samples at high temperature reveals mixed nature with Artemia franciscana cyst. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 183: 273-282.
- Triantaphyllidis, G. V., Pouloupoulou, K., Abatzopoulos, T. J., Perez, C. A., Sorgeloos, P., 1995.** International study on Artemia. XLIX. Salinity effects on survival maturity, growth biometrics, reproductive and lifespan characteristics of a bisexual and parthenogenetic population of Artemia. Hydrobiologia 302, 215-227.
-

-
- Triantaphyllidis G, V., Abatzopoulos T,J., 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 acid profiles. *Hydrobiologia* 335 : 97-106.
- Trigui, K., Bensaid, R., Akrouf, F., Aloui, N .2016.** Eco-biological study of artemia salina branchiopoda, anostraca in sahline Salt Lake. *Crustaceana*, 89 (8) 949-974.
- Trigui K., 2017,** These de doctorat en Sciences Biologiques, 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, Université de Carthage Faculté des Sciences de Bizerte (tunisie).
- Van Stappen, G., G. Fayazi., P. Sorgeloos. 2001.** Field study of the Artemia urmiana (Günther, 1980) population in lake Urmiah, Iran (International study on Artemia LXIII). *Hydrobiologia.*, 466: 133-143.
- Van Stappen, G., 2002.** Zoogeography. Artemia: Basic. Appl. Biol. In: Abatzopoulos. T.J., J.A. Beardmore., J.S. Clegg., P. Sorgeloos (eds). Kluw. Aca. Publ. Dordrecht. Netherlands. 171-215.
- Vanhaecke, P., Siddall, S.E., P. Sorgeloos. 1984.** Combined effects of temperature and salinity on the survival of Artemia of various geographical origin (International study on Artemia, XXXII). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 80: 259-275.
- Vieira N., Bio A. 2011.** Spatial and temporal variability of water quality and zooplankton in an artisanal salina. *Journal of Sea Research* 65 : 293-303.
- Volmer, C., 1952.** Kiemenfüß, Üpferling und Muschelkrebs. N B B. Band 57.
- Vos, J. & A. Transutapanit. 1979.** Detailed report on Artemia cysts inoculation in Bangpakong. Chachoengsao Province. *FAO/UNDP Field Doc.* 54.
- Waagbo, R., K. Sandnes, A. Sandvin et Lie., e. (1991)** Feeding three levels of n-3 polyunsaturated fatty acids at two levels of vitamin E to Atlantic salmon (*Salmosalar*). Growth and chemical composition. *Fiskeridir. Skr., Ser. Ernaering IV*, 5 1-63.
- Wear, R. G., S. J. Haslett., N. L. Alexander. 1986.** Effect of temperature and salinity on the biology of Artemia franciscana Kellogg from lake Grassmere, New Zealand 2. Maturation, fecundity, and generation times. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 98: 167-183.
- Williams W.D., 1996.** What future saline lakes? *Environment*, 38: 12-20, 38-39. 159.
- Williams WD.,1998.** Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Hydrobiologia* 381 : 191-201.
- Williams W.D., 2001.** Anthropogenic salinisation of inland waters. *Hydrobiologia*, 466: 329-337.
-

Wyngaard GA., Holyn' ska M., Schulte II JA. 2010. Phylogeny of the freshwater copepod *Mesocyclops* (Crustacea: Cyclopidae) based on combined molecular and morphological data, with notes on biogeography. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 55 : 753-764.

Zemmouri, 1991; A note on the genus *Artemia* in Algeria. *Hydrobiologia.*, 212: 231-2.

Zouari, M., 2016 ; Centre Technique d'Aquaculture. CTA. Tunisie.

Webmaster ; <https://figaronautisme.meteoconsult.fr/actus-nautisme-escales/2017-01-30/32597-les-plus-grands-lacs-sales-du-monde>

Annexes

Annexes

Protocole

1.1. Méthode d'analyses physico-chimique

1.1.1. Mesure de turbidité

a) Principe

Le faisceau lumineux traverse horizontalement la cuvette contenant l'échantillon, une partie de cette lumière est diffusée par effet Tyndall grâce aux particules en suspensions. Le photomultiplicateur d'électron situé à un angle de 90° par rapport au faisceau lumineux capte la photo diffusée est transformé cette énergie lumineuse en signal électrique dont le potentiel est fonction de la turbidité.

b) Mode opératoire

- Appuyer sur le bouton d'alimentation électrique situé à l'arrière de l'appareil ;
- Remplir une cuvette propre jusqu'au trait (3 ml) avec de l'eau à analyser en évitant la formation de bulle d'air ;
- Tenir la cuvette par le bouchon et l'essuyer avec un torchon doux sans peluche pour retirer les gouttes d'eau et les traces de doigts ;
- Placer la cuvette dans le puits de mesure et fermer le capot ;
- Presser la touche SIGNAL.AVG pour choisir le mode d'intégration du signal (actif ou non) ;
- Presser la touche UNITS pour sélectionner l'unité de mesure N.T.U ;
- Lire et noter le résultat affiché ;
- Ouvrir le capot et retirer la cuvette du puits de mesure ;
- Vider la cuvette et la rincer avant la mesure suivante.

1.1.2. Mesure de la conductivité

a) Principe

La détermination de la conductivité se fait par la mesure de la résistance de la solution. Un volage est appliqué entre deux électrodes plongées dans l'échantillon, et la chute du

voltage due à la résistance de la solution est utilisée pour calculer la conductivité par centimètre.

b) Mode opératoire

- On mesure la température de l'échantillon de l'eau dont on veut déterminer la conductivité.
- Régler le bouton en bas à gauche sur la température du liquide à mesurer.
- Plonger la sonde dans l'échantillon à mesurer, en prenant garde que des bulles d'air ne se soient pas formées à l'intérieur (le liquide doit recouvrir les orifices de la sonde).

Si la conductivité est plus élevée que l'échelle sélectionnée, l'afficheur indiquera « 1 » sur le chiffre le plus à gauche tandis que les autres chiffres resteront éteints ; il faut alors passer à une échelle supérieure.

1.1.3. Mesure du PH-mètre

Il est de type HNNNA HI 991001, muni d'une sonde de mesure, pour le PH et pour la température.

a) Principe

Pour cette détermination, nous utilisons une méthode électro métrique avec électrode combinée selon la norme AFNOR, cette méthode consiste à plonger dans l'échantillon une électrode spécifique.

b) Mode opératoire

Les mesures avec le pH mètre portable se fait de la manière suivante :

- Assurez que l'instrument à bien été étalonné.
 - Si l'électrode est sèche, réhydratez –la avec la solution de conservation.
 - Immergez le bout de la sonde dans l'échantillon à tester.
 - Remuez brièvement la sonde pendant l'immersion et attendez la disparition de l'horloge en haut à gauche de l'afficheur ; les valeurs pH et température sont affichées simultanément.
-

1.1.4. Mesure de la salinité

Un des calibres de mesure pouvant être sélectionnés au moyen du commutateur, permet d'obtenir une indication directe du contenu en partie par million de carbonate de calcium, au cas où ce sel serait le seul présent dans l'échantillon de mesure ou même des éventuels autres sels mais en quantité négligeables. Le rapport conductibilité contenu en ppm dépend du type de sel dissous ; il est d'environ 0.54 il s'agit de carbonate de calcium et d'environ 0.64 pour le chlorure de sodium. Pour déterminer ce coefficient pour un sel en particulier, il faut mesurer la conductivité d'une solution dont on connaît la concentration et faire le rapport entre la mesure de conductivité d'autre solution de sel, on obtient leur concentration.

1.1.5. Mesure des Nitrates (NO₃⁻)

a) Principe

Les nitrates présents dans l'échantillon réagissent avec l'aide chromotrope en milieu fortement acide pour former un produit de couleur jaune avec un maximum d'absorbance à 507nm.

b) Mode opératoire

- Méthode 8192 (Méthode de réduction au cadmium pour eau brute, eau résiduaire et eau de mer).
 - Remplir une éprouvette graduée avec 30ml d'échantillon.
 - Ajouter le contenu d'une gélule de réactif Nitra ver 6 à l'éprouvette et agiter vigoureusement pendant 3 minutes.
 - Laisser un temps de réaction de 2 minutes.
 - Verser avec précaution 25 ml d'échantillon de l'éprouvette dans une cuvette calorimétrique propre.
 - Ajouter le contenu d'une gélule de réactif Nit river 3 à la cuvette (l'échantillon préparé).
 - Boucher et agiter pour dissoudre.
 - Laisser un temps de réaction de 10 minutes.
 - Lire les résultats par spectrophotomètre avec une longueur de 507 nm.
-

1.1.6. Matières en suspensions

a) Mode opératoire

L'analyse consiste à faire passer sur une membrane filtrante de porosité de 0.45 μm qui aura été préalablement séchée à 105°C pendant 15 mn et pesé (M_0), une quantité connue d'effluent à analyser (1000 ml). après passage à l'étuve à 105°C pendant 1 heure la membrane est à nouveau pesée (M_1). la différence entre (M_1) et (M_0) représentera la quantité de matières retenues sur la membrane filtrante, puis séchée lors du séjour en étuve le taux MES exprimé en mg/l. la concentration des MES s'obtient donc par l'expression :

$$MES (mg/l) = 1000(M_1 - M_0)/v$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V : \text{volume de l'échantillon de l'eau de saline (ml)} \\ M_0 : \text{la masse de membrane filtrante avant utilisation (mg)} \\ M_1 : \text{la masse de la membrane filtrante après utilisation ou étuvage à 105°C.} \end{array} \right.$$

1.1.7. Mesure des nitrites (NO_2^-)

a) Principe

Les nitrites dans l'échantillon réagissent avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium qui réagit avec l'acide chromotrope pour produire un complexe coloré rose dont la coloration est proportionnelle à la quantité de nitrites présents.

b) Mode opératoire

Méthode 8507 (Méthodes Diazotation Approuvée par l'USEPA pour l'analyse des eaux résiduaires et brutes).

- Remplir une cuvette avec 10 ml d'échantillon ;
 - Ajouter le contenu d'une gélule de réactif NitritiVer3 à la cuvette ;
 - Boucher et agiter pour dissoudre la poudre ;
 - Laisser un temps de réaction de 15 minutes ;
 - Lire les résultats par spectrophotomètre avec une longueur d'onde 507nm.
-

1.1.8. Dosages de cuivre

a) Mode opératoire

- Mettre dans une cellule propre 25 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter le contenu d'un sachet de réactif Cuver 1 et agiter. Une coloration violette ;
- Remplir une autre cellule propre 25 ml avec l'eau d'origine (échantillon simple) puis la mettre dans la porte-cellule du spectrophotomètre ;
- Insérer la carte-échelle pour cuivre, étalonné de 0 à 3 puis régler la longueur d'onde à 560nm ;
- Remplacer la cellule par celle contenant notre échantillon traité et lire la concentration du cuivre (Cu) en mg/l.

1.1.9. Les éléments minéraux majeurs

a) Dosage du fer

- **Principe**

Le réactif ferrozine forme un complexe de couleur violette avec les traces de fer dans l'échantillon tamponné à pH 3,5. Cette méthode peut être utilisée aussi pour l'analyse des échantillons contenant de la magnétite (oxyde de fer noir) ou des ferrites.

- **mode opératoire ;**

- Allumer le spectrophotomètre DR/4000.
- Presser la touche de fonction PROGRAM.HACH, sélectionner le numéro de programme mémorisé pour le fer (Fe), méthode ferrozine en entrant 2175 au clavier numérique, Presser ENTER.
- L'affichage indique : PROGRAM.HACH. : 2175 fer, ferrozine. la longueur d'onde (d) 562 nm est automatiquement sélectionnée.
- Remplir une cuvette jusqu'au trait 25 ml avec l'échantillon-ajouter le contenu d'une gélule de solution de ferrozine à la cuvette (échantillon préparé).
- Agiter pour mélanger.
- Presser la touche de fonction DEMAR.MINUT. Une période de réaction de 5 minutes commence.

NB : En présence de fer, une coloration violette se développe.

Lorsque le muniteur sonne, placer le blanc dans le puits de mesure. Fermer le capot.

Pesse la touche de fonction ZERO. L'affichage indique 0.0000 mg/l Fe Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure. Fermer le capot, le résultat en mg/l Fe s'affiche.

b) Les chlorures

• Principe

Le chlore présent dans l'échantillon sous forme d'acide hypochloreux ou d'ion hypochlorite réagit immédiatement avec le DPD (ditthyl-p-phenylne-diamine) en même que le chlore présent dans l'échantillon pour former une coloration rouge proportionnelle à la concentration du chlore.

Note : si la solution vire temporairement au jaune après addition du réactif, ou provoque l'affichage HORS –GAMME, diluer un nouvel échantillon et recommencer l'essai.

Une légère perte de chlore peut se produite lors, de la dilution. Multiplier le résultat par le facteur de dilution approprié.

• mode opératoire

- Mettre l'appareil sous tension, puis faire entrer le numéro 80 du programme mémorisé pour le chlore libre et total ;
- Ajuster la longueur d'onde à 530 nm ;
- Placer le blanc (25 ml d'échantillon) ;
- Ajuster le zéro de l'appareil en appuyant sur la touche zéro ;
- Parallèlement remplir une autre cuvette de 25 ml avec l'échantillon;
- Agiter pendant le contenu d'un sachet de réactif DPD pour chlore libre à l'échantillon ;
- Agiter pendant 20 secondes (en présence de chlore une coloration rose se développe) ;
- Placer immédiatement le mélange d'échantillon plus réactif dans le puits de mesure;
- Appuyer READ et le résultat en mg/l s'affiche.

c) Les sulfates

• Principe

Les ions sulfates réagissent avec le baryum du réactif sulfate ver 4 et produit un précipité de sulfate de baryum insoluble. La quantité de turbidité formée est proportionnelle à

la concentration en sulfates. Le réactif contient aussi un agent stabilisant pour maintenir le précipité en suspension.

- **mode opératoire**

Mettre l'appareil sous tension, puis faire entrer le numéro 680 du programme mémorisé pour les sulfates.

- Ajuster la longueur d'onde 450 nm, ensuite remplir une cuvette de 25 ml avec l'échantillon
- Laisser pendant une période de réaction de 5 minutes (en présence de sulfates une coloration blanche se développe).
- Remplir une autre cuvette avec 25 ml de l'échantillon (blanc)
- Placer le blanc dans le puits de mesure
- Ajuster le zéro de l'appareil en appuyant sur la touche zéro
- Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure ; Appuyer READ, et le résultat en mg/l de sulfates s'affiche.

Annexe A : Matrice de corrélation
--

Annexe B : Partie pratique



Figure : Prélèvement des espèces d'artémia SB : Cliché personnel ,2014



Figure : prélèvement d'eau : SB Cliché personnel ,2014



Figure *Artemia salina* et ses cystes dans les solutions salines Cliché personnel, 2014



Figure : mesure de la conductivité



Figure : mesure du PH



Figure : balance analytique



Figure : séchage de la membrane filtrante



Figure : la coloration rougeâtre dans la (SOD)

Résumé

L'objectif de notre travail est d'effectuer une étude taxonomique, de reproduction, de distribution spatiale, de diversité génétique et d'exploitation du genre *Artemia* dans les salines de l'ouest algérien dont les salines de Bathioua (Wilaya d'Oran) et Oued Djemaa (wilaya de Relizane) ont fait l'objet de notre investigations.

L'étude génétique par PCR (*Polymerase Chain Reaction* ou *Réaction de Polymérisation en Chaîne*), comparer aux bases de données des espèces du genre *Artemia*, nous a permis de mettre en évidence l'existence de deux espèces, à savoir *Artemia salina* L. dans les salines de Bathioua et *Artemia parthenogenetica* Bowen & Sterling, une espèce non portée dans les travaux de recherche en Algérie, dans les salines d'Oued Djemaa.

Les résultats obtenus de l'étude éco-biologique des espèces au niveau des zones d'études, indiquent l'existence d'importantes populations d'individus d'*Artemia salina* L. et d'*Artemia parthenogenetica* Bowen & Sterling adultes dominées par les femelles durant les prélèvements printanières.

De même, les résultats de la résistance au stress salin des espèces montrent que d'*Artemia salina* L. ne peut résister dans une salinité supérieure à 223g/l.

D'autres part, et vue que les salines de Bathioua connaissent une charge importante de déchets riches en sulfate d'ammonium émanant de l'usine de production de sel. Une étude toxicologique a été menée afin d'étudier la résistance des adultes d'*Artemia salina* L. aux différentes concentrations de ce nuisible. Les résultats obtenus indiquent une CL₅₀ égale à 75g/l après 24h.

De plus, l'étude de la composition biochimique indique une richesse nutritionnelle de notre espèce qui est riche en protéines (18,80mg/g), en caroténoïdes (68,33 mg/g) et en sucres (4,00 mg /g).

Il est bien évident que le genre *Artemia* peut-être cultivé en contrôlant sa reproduction, en variant le taux de salinité pour son utilisation durant les différentes saisons de l'année, vue son intérêt économique dans l'aquaculture.

Mots clé: *Artemia salina* L., *Artemia parthenogenetica* Bowen & Sterling, PCR, Eco-biologie, salines, toxicité, compositions biochimiques.