

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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR EN
SCIENCES DE LA MER

OPTION : AQUACULTURE

Étude comparative de la qualité d'éclosion des deux souches
de cystes d'Artémia : *Artemia Salina* (chott Ezzamoul) et
Artemia Franciscana (Great Salt Lake Utah)



Présenté par :

- BOUAOUD Bilal
- DJEBARRI Med Arezki

Soutenu le 02/10/2014 devant la commission de jury :

| | | |
|--------------------|-----------------------------------|--------------|
| Mme AISSOU .A | Maître de Conférences B (ENSSMAL) | Présidente |
| Mme BOUBECHICHE .Z | Maître Assistante A (ENSSMAL) | Examinatrice |
| Mme MESLEM .N | Maître Assistante A (ENSSMAL) | Examinatrice |
| Mr BELHASNAT.K | Maître de Conférences B (ENSSMAL) | Promoteur |
| Mr CHIBANE.N | Ingénieur Chercheur (CNRDPA) | Invité |

Année universitaire: 2013 /2014

Remerciements

Nous tenons en premier lieu à remercier le BON DIEU de nous avoir procuré : santé, patience et amour ainsi aux membres de nos familles qui nous ont soutenu durant ce petit séjour pour réaliser ce modeste travail.

Ensuite, nous adressons nos remerciements à notre promoteur **BELHASNET K.** et aux membres du jury : à notre présidente du jury Madame : **AISSOU C.**, à nos examinatrices Mesdames : **BOUBECHICHE** et **MESLEM.**

Nous tenons également à exprimer nos remerciements à Monsieur **CHIBANE N.** qui grâce à son aide et ses suggestions a contribué à l'élaboration de ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à toute personne ayant, de près ou de loin, aidé à la réalisation ainsi qu'à la finalisation de ce travail.

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 01: Schéma de la structure des membranes et coquille de cystes d'Artémia | 12 |
| Figure 02: Cystes d'Artémia déshydratés | 12 |
| Figure 03: Cystes d'Artémia hydratés | 12 |
| Figure 04: Différents stades larvaires de l'Artémia | 14 |
| Figure 05: Sous loupe binoculaire (X 45) d'un nauplii de 24 heures | 15 |
| Figure 06: Mâle d'Artémia adulte | 17 |
| Figure 07: Répartition géographique des différentes espèces d'Artémia | 18 |
| Figure 08: Sous loupe binoculaire (X 20) d'Artémie adulte (femelle et mâle) | 23 |
| Figure 09: Sous loupe binoculaire (X 20) d'Artémia mâle et femelle en phase d'accouplement | 23 |
| Figure 10: Schéma représentant le cycle de vie de l'Artémia | 24 |
| Figure 11: Chott Ezzamoul prise par Europa Technologie en 2014 | 29 |
| Figure 12: Présentation de site de chott Ezzamoul | 30 |
| Figure 13: Situation géographique de Great Salt Lake Utah (USA) | 31 |
| Figure 14: Image d' <i>Artémia franciscana</i> | 31 |
| Figure 15: Tamisage d'un échantillon brut | 33 |
| Figure 16: La séparation selon la densité et la récupération des cystes | 33 |
| Figure 17 : Lavage à l'eau douce pour l'élimination du sel | 34 |
| Figure 18: Séparation à l'eau douce pour récupérer que les cystes pleins | 35 |
| Figure 19: Séchage des cystes | 35 |
| Figure 20: Présentation de dispositif d'incubation | 37 |
| Figure 21: Les piluliers pour comptage de (n, u, e) | 38 |
| Figure 22: Différents stades larvaires de nauplius | 38 |
| Figure 23: Observation des cystes sous une loupe (X15) équipée d'un micromètre | 40 |
| Figure 24: Résultats du taux d'éclosion des souches de chott Ezzamoul et de Great Salt lake | 44 |
| Figure 25: Résultats d'efficacité d'éclosion des souches de chott Ezzamoul et de Great Salt Lake | 45 |
| Figure 26: Histogramme des diamètres des cystes décapsulés et non décapsulés des deux souches | 46 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 01: Les différentes souches d'Artémia bisexuelles dans le monde | 10 |
| Tableau 02: Souches d'Artémia parthénogénétiques dans le monde | 11 |
| Tableau 03: Important sites d'Artémia en Algérie | 19 |
| Tableau 04: Effet de l'oxygène et de la nourriture sur le mode de reproduction de l'Artémia | 22 |
| Tableau 05: La valeur nutritive des nauplii d'Artémia | 26 |
| Tableau 06: Résultats du taux d'éclosion des trois comptages de la souche de chott Ezzamoul. | 43 |
| Tableau 07: Résultats du taux d'éclosion des trois bouteilles de la souche de Great Salt Lake. | 43 |
| Tableau 08: Résultats du taux et d'efficacité d'éclosion des deux souches | 44 |
| Tableau 09: Résultats d'étude biométrique des cystes des deux souches | 46 |

Sommaire

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION | 7 |
| I) GÉNÉRALITÉS | 8 |
| 1. Historique de l'Artémia | 9 |
| 2. Systématique | 9 |
| 3. Différentes espèces d'Artémia | 10 |
| 4. Morphologie | 11 |
| 4.1. Morphologie des cystes | 11 |
| 4.2. Nauplii | 13 |
| 4.2.1. Reprise du métabolisme du cyste et son éclosion | 13 |
| 4.2.2. Développement larvaire (nauplius) | 13 |
| 4.3. Morphologie des adultes | 16 |
| 5. Biologie | 16 |
| 5.1. Écologie | 16 |
| 5.1.1. Répartition géographique | 16 |
| 5.1.1.1. L'Artémia dans le monde | 12 |
| 5.1.1.2. L'Artémia en Algérie | 19 |
| 5.1.2. Limites écologiques | 19 |
| 5.1.3. Propagation de l'Artémia dans le monde | 20 |
| 5.1.4. Alimentation et respiration | 20 |
| 5.2. Reproduction | 21 |
| 5.2.1. Mode de la reproduction | 21 |
| 5.2.2. Cycle sexuel | 23 |
| 5.3. La diapause | 23 |
| 5.4. Physiologie | 25 |
| 6. Valeur nutritive et utilisation de l'Artémia | 26 |
| 6.1. Valeur nutritive | 26 |
| 6.2. Utilisation | 26 |
| II) MATERIEL ET METHODES | |
| 1. Présentation des sites d'étude | 29 |
| 1.1. Présentation du site Sebkhet Ezzamoul (Algérie) | 29 |
| 1.1.1. Situation géographique | 29 |

| | |
|---|----|
| 1.1.2. Climats | 29 |
| 1.2. Présentation du site Great Salt Lake Utah (USA) | 30 |
| 1.2.2. <i>Artémia Franciscana</i> | 31 |
| 2. Préparation des cystes | 32 |
| 2.1. Traitement des échantillons | 32 |
| 2.1.1. Séparation selon la granulométrie | 32 |
| 2.1.2. Séparation selon la densité dans la saumure | 33 |
| 2.1.3. Lavage à l'eau douce | 34 |
| 2.1.4. Séparation selon la densité en eau douce | 34 |
| 2.1.5. Séchage | 35 |
| 2.2. La conservation | 36 |
| 3. L'incubation | 36 |
| 3.1. Matériel utilisés | 36 |
| 4. Détermination des paramètres d'éclosion des cystes | 37 |
| 4.1. Taux d'éclosion | 37 |
| 4.2. Efficacité d'éclosion | 39 |
| 5. Etudes biométriques | 40 |

III) RÉSULTATS ET DISCUSSION

| | |
|--|----|
| 1. Étude de la qualité d'éclosion des cystes de deux souches d'artémia : <i>A. salina</i> (chott Ezzamoul) et <i>A. Franciscana</i> (Great Salt Lake Utah) | 43 |
| 2. Étude biométrique des cystes de deux souches d'artémia : <i>A. salina</i> (chott Ezzamoul) et <i>A. Franciscana</i> (Great Salt Lake Utah) | 45 |

IV) CONCLUSION

| | |
|-----------------------------------|----|
| IV) CONCLUSION | 48 |
| Références bibliographiques | 50 |
| Annexes | 56 |

INTRODUCTION

Introduction

Le secteur de l'aquaculture est devenu une réalité économique à travers le monde (**Lavens et al., 1996**). L'Algérie avec une façade maritime plus de 1200 km, de nombreux barrages, des lacs, des chotts très important, des retenues collinaires et des forages au sud à un débit très élevé présente un atout majeur pour l'implantation et le développement des activités aquacoles.

Sur le plan des proies vivantes, l'Artémia occupe une place importante dans les activités aquacoles. (**Sorgeloos, 1980**). La découverte faite par **SEALE** en 1933 et **RDEFSEN** en 1939 que les larves d'artémia constituaient une excellente source de nourriture pour les jeunes alevins, représente une percée importante dans le développement de l'aquaculture (**Versichele et al., 1989 ; Vandekerkhove et al., 2008**). Maintenant l'Artémia est considérée comme une proie vivante irremplaçable dans l'élevage larvaire de nombreux poissons et crustacés (**Sorgeloos et al., 2001**). Cette nourriture vivante peut en effet être produite à partir des cystes trouvés en grandes quantités sur les berges des lacs salés (**Granvil, 2000**) et ces cystes sont en fait des embryons au stade de diapause qui peuvent être conservés des années et qui après un certain moment d'hydratation dans l'eau de mer donnent des larves nageantes convenables et très appréciées par les larves en aquaculture (**Sorgeloos, 1980**).

Par rapport à d'autres proies vivantes, l'Artémia garde l'avantage d'être produite et conditionnée à la demande à partir des cystes conservable (**Sorgeloos et al., 1986**). La production mondiale des cystes d'Artémia s'élève aux environs de 2000 tonnes /an afin de répondre aux besoins des écloséries de poissons et de crevettes (**Dhont et Van Stappen., 2003**). Les nauplii d'Artémia fraîchement éclos (Instar I) représentent la forme conventionnelle la plus utilisée en aquaculture (**Sorgeloos et al., 2000**). Ces nauplii sont obtenus au bout d'une incubation des cystes en eau de mer en conditions standardisées pendant 24 heures.

En Algérie il existe des potentialités importantes avec neuf (9) sites (**Sorgeloos et al., 1986**). Cinq (05) ont été décrits par (**Zemmouri, 1991**), et celui de la saline d'Arzew est étudié par (**Haddag, 1991**) et récemment le chott Marouane (wilaya d'El Oued) qui est étudié par (**Kara et al., 2004**).

L'objectif de notre travail consiste à faire une étude comparative entre deux souche d'Artémia celle de Chott Ezzemoul (Algérie) et de Great Salt lake Utah (USA).

Le premier chapitre traite les généralités comme la biologie et l'écologie tirées des nombreux recueils bibliographiques qui existent sur le genre Artémia.

Le deuxième chapitre nous avons décrit les différents matériels et méthodes utilisés pour faire l'échantillonnage, le traitement et la détermination de la qualité des cystes d'Artémia (taux et efficacité d'éclosion) et étude biométrique des cystes.

En ce qui concerne le dernier chapitre nous avons interprété et discuté les résultats obtenus pour déterminer la qualité des cystes de Chott Ezzemoul.

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

1. Historique d'Artémia:

L'Artémia a été décrite pour la première fois par **SCHLÖSSER** en 1755 au niveau du lac salé de Lymington, Hampshire (England, UK) (**Kuenen & Baas-Becking., 1938**), et c'est **Leach** en 1819 qui lui a attribué l'appellation *Artémia salina* (**Artom, 1931**). Au début du vingtième siècle, plusieurs scientifiques italiens ont utilisé la nomenclature d'*Artémia salina* pour se référer aux populations qui vivent en Europe (**Barigozzi, 1974**). **Bowen** et **Sterling** ont suggéré que la nomenclature d'*Artémia salina* doit être restreinte à la population qui a existé au lac Lymington et d'utiliser la nomenclature d'*A. tunisiana* pour décrire les populations bisexuelles de la région méditerranéenne (**Bowen et Sterling., 1978**). **Browne** en 1988 a montré que toutes les souches d'artémia collectées au niveau du bassin méditerranéen sont capables de se croiser entre elles, et peuvent être classées comme *Artémia salina*.

2. Systématique :

La systématique de l'Artémia est décrite ci-dessous :

- Embranchement : Arthropodes
- Classe : Crustacés
- Sous classe : Branchiopodes
- Ordre : Anostracés
- Famille : Artemiidae
- Genre : *Artémia*, **Leach 1819**

Le genre Artémia est composé des espèces et des sous espèces de même descendance parentale. Les premiers taxonomistes ont affecté des noms d'espèces aux populations avec différentes morphologies, rassemblées aux différentes températures et salinités, plus tard, la profusion des noms a été abandonnée et toutes les Artémias désignées sous le nom d'*Artémia salina* (**Linnaeus, 1758**).

Dans la taxonomie de l'Artémia, les critères suivants ont été employés pour la nomination de l'espèce:

- La morphologie générale des adultes aussi bien que certaines caractéristiques telles que la forme et la morphologie des clapets des mâles. (**Greta et al., 1979**)
- Le nombre spécifique des chromosomes (**Triantaphylidis et al., 1996**).
- Expériences de croisement pour la démonstration et l'isolement des reproducteurs dans les conditions du laboratoire (**Triantaphylidis et al., 1996**).

Un siècle plus tard d'autres travaux de recherche ont été réalisés essentiellement sur l'identification des populations d'artémia sur les cinq continents.

Les résultats des travaux ont montrés qu'en plus des aspects morphologiques, ces populations se distinguent entre elles par des caractéristiques liées à la génétique et aux mécanismes de reproduction (Kappas et al., 2004).

Récemment, PILLA et BEARDMORE en 1994 ont étudié les populations orientales d'Asie et ont expliqué que l'*A. urmiana*, l'*A. Salina* et des populations du Kazakhstan (d'origines inconnues) montrent une grande différenciation morphologique et génétique. Il est évident qu'une combinaison des critères devrait être considéré pour caractériser les populations nouvelles d'Artémia (Munoz et al., 2008).

3. Différentes espèces d'Artémia :

L'Artémia se compose d'un certain nombre d'espèces sexuelles et un grand nombre obligatoirement parthénogénétique à cause des contraintes d'hyper salinité. Toutes les espèces bisexuelles sont diploïdes tandis que les espèces asexuées peuvent être diploïdes, polyploïdes ou des mélanges de différentes ploïdies (Abatzopoulos, 2003). Comme aussi ils ont remarqué la coexistence de deux espèces dans le même habitat salin des mélanges des populations parthénogénétiques et zygoténétiques ont été enregistrés.

Dans des salines méditerranéennes, Parmi les souches bisexuelles d'artémia (populations composés de mâles et de femelles), six espèces ciblées sont décrites (Tableau 01). Et récemment la découverte d'une nouvelle espèce au Tibet (Sorgeloos et al., 1986 ; Sorgeloos et Beardmore., 1995).

Les différentes souches d'Artémia bisexuelles dans le monde sont citées dans le tableau suivant :

Tableau 01: Les différentes souches d'artémia bisexuelles dans le monde.

| Espèce | Répartition géographique |
|--|--------------------------------|
| <i>Artemia salina</i> (Linnaeus, 1758) | Angleterre et mer méditerranée |
| <i>Artemia tunisiana</i> synonyme d' <i>Artemia salina</i> (Bowen, et Sterling., 1978) | Méditerranée |
| <i>Artemia urmiana</i> (Gunther, 1899) | Iran |
| <i>Artemia sinica</i> (Yanage, 1989) | Asie |
| <i>Artemia Persimilis</i> (Piccinelit et Prosdoeim., 1986) | Argentine |
| <i>Artemia franciscana</i> | Amérique, les îles Caraïbes |
| <i>Artemia franciscana monica</i> (Verril, 1869) | Lac mono de Californie |
| <i>Artemia tibetiana</i> (Sun et al., 1999) | Tibet |

Et pour les espèces parthénogénétiques (espèce composée uniquement de femelles dont les œufs n'ont pas besoin d'être fécondés pour la reproduction) sont désignées par le nom de « *Artémia Parthenogenetica* ». Ils ont remarqué aussi la coexistence de deux espèces dans le même habitat, des mélanges des populations parthénogénétiques et zygotogénétique ont été enregistrés dans des salines méditerranéennes (Sorgeloos et Beardmore., 1995).

Tableau 02: Souches d'Artémia parthénogénétiques dans le monde.

| Espèce | Répartition géographique |
|--|----------------------------------|
| <i>Artémia Parthenogenetica</i> (Bariogozzi 1974 ; Bowen et Sterling., 1978) | Europe, Afrique, Asie, Australie |
| <i>Artémia</i> sp (Pilla et Beardome., 1994) | Kazakhstan |

4. Morphologie :

Dans cette partie seront présentés les divers aspects morphologiques sous lesquels l'artémia fait son apparition dans la nature. L'œuf d'Artémia, appelé couramment « cyste », donne naissance à une première larve "nauplius", quand les conditions de l'environnement sont favorables. Après plusieurs étapes de développement, le nauplius subit des transformations physiologiques et morphologiques qui vont le conduire au stade adulte. Ces étapes de développement au cours desquelles le nauplius porte le nom de "méta-nauplius", sont à chaque fois accompagnées de mues. Pour faire cette description morphologique, nous nous sommes référés aux travaux de CLEGG et CONTE 1980.

4.1 Morphologie des cystes :

Les cystes sont les œufs produits par les femelles matures de l'artémia. Tel qu'il est récolté dans la nature, le cyste d'artémia a une forme biconcave (Figure 02) et mesure 200 à 300 microns de diamètre. Quand il se trouve dans l'eau, le cyste flotte en surface. Cependant sous l'action des vents et des vagues, il finit sur les rivages où il pourrait séjourner plusieurs années sans que son état ne soit altéré. Cette particule, apparemment inerte, demeure dans un état dormant jusqu'à ce que des conditions favorables permettent la reprise de son activité métabolique. Les cystes ont une mince couche cuticuleuse qui est la membrane chorionique d'un diamètre de 3 à 16 μm (Abatzopoulos et al., 2006) et qui se sépare en trois (03) couches successives (Sorgeloos et al., 1977; Van Stappen, 1996) :

- a- **Couche alvéolaire** : c'est une couche de 1,2 μm d'épaisseur composée de lipoprotéines imbibées de chitine et d'hématine, la concentration de cette dernière détermine la couleur du cyste allant de pale au brun foncé. Sa fonction principale est de protéger l'embryon

contre les contraintes mécaniques et les rayons UV. Cette couche peut être complètement retirée par traitement d'oxydation par de l'hypochlorite de sodium (eau de javel) (Wheeler et al., 1972).

b- Membrane cuticulaire : seconde couche avec $4,7\mu\text{m}$ d'épaisseur elle protège l'embryons contre la pénétration des molécules plus grandes que celle de CO_2 (membrane multicouches avec une fonction très spéciale de filtre, c'est un barrage de perméabilité) (Wheeler et al., 1972).

c- Cuticule embryonnaire : couche transparente, hautement élastique, d'une épaisseur de $1,8\mu\text{m}$, qui sépare l'embryon de la membrane cuticuleuse intérieure (Wheeler et al., 1972).

La figure suivante représente la structure des membranes et coquille de cystes d'Artémia :

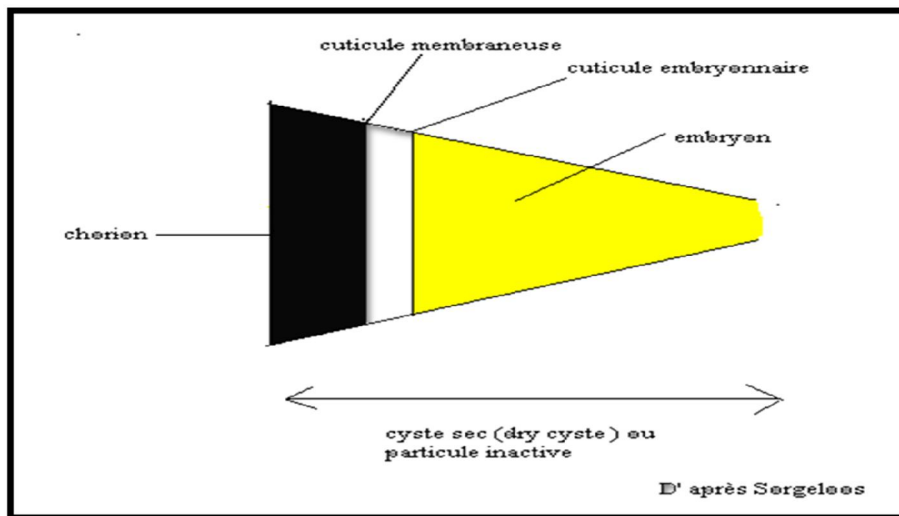


Figure 01 : Schéma de la structure des membranes et coquille de cystes d'Artémia (Sorgeloos, 1977).



Figure 02: Cystes d'Artémia déshydratés

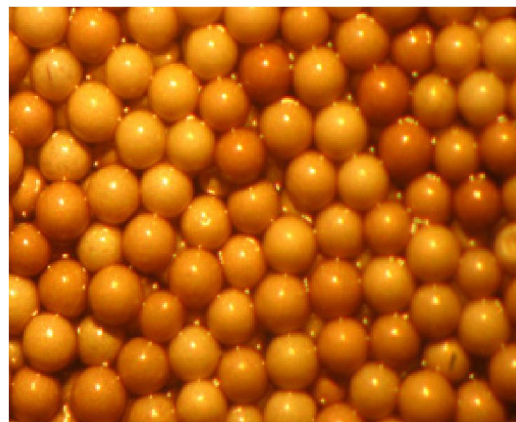


Figure 03: Cystes d'Artémia hydratés

4.2. Nauplii :

4.2.1. Reprise du métabolisme du cyste et son éclosion:

Le cycle de vie de l'Artémia commence par l'éclosion du cyste (dormant), qui renferme un embryon métaboliquement inactif. Lors de l'incubation dans l'eau de mer, le cyste biconcave se gonfle et atteint une structure sphérique après 1 à 2 heures (figure 03). Une fois hydraté le diamètre du cyste ne change plus. 12 à 20 heures après hydratation, la carapace du cyste (membrane cuticulaire externe incluse), éclate «stade Breaking », et le pré-nauplius entouré par la membrane d'éclosion devient visible (figure 04 A).

À ce stade l'œil naupliaire est bien visible sous forme de point noir. L'embryon ensuite quitte complètement sa coquille «stade Umbrella », et reste suspendu sous la coquille vide (figure 04 B) (la membrane d'éclosion peut rester attaché à la coquille) (**Sorgeloos et al ; 1986**).

À travers la membrane d'éclosion transparente on peut suivre les différenciations du pré-nauplius (stade I) qui commence à bouger ces appendices (figure 04 C) ». Quelques minutes après, la membrane d'éclosion s'ouvre (éclosion) par l'action de l'enzyme d'éclosion sécrétée dans la région céphalique du nauplius, qui affaiblit la membrane d'éclosion et permet aux nauplius de se libérer dans le milieu de culture ; la larve libre nageuse (la tête en premier) est née, c'est le premier stade larvaire (figure 04 D) (**Sorgeloos et al ; 1986**).

4.2.2. Développement larvaire (nauplius) :

La croissance de la larve s'accomplit suite à une série de mues. La durée séparant deux mues successives est fortement affectée par la température. Par exemple, **HENTSGHEL (1968)** indique qu'à 20°C la période entre deux mues successives est de 24 heures, alors que celle-ci est réduite à 6 heures à une température de 30°C. Le nauplius fraîchement éclos mesure entre 400 à 500 µm. Il est formé de trois paires d'appendices qui comprennent : les antennes (Figure 05, B) relativement larges qui servent à la locomotion, les antennules (Figure 05, A) et les mandibules (Figure 05, C), qui elles joueront un rôle alimentaire dès le deuxième stade larvaire (méta-nauplius). (**Sorgeloos et al ; 1986**).

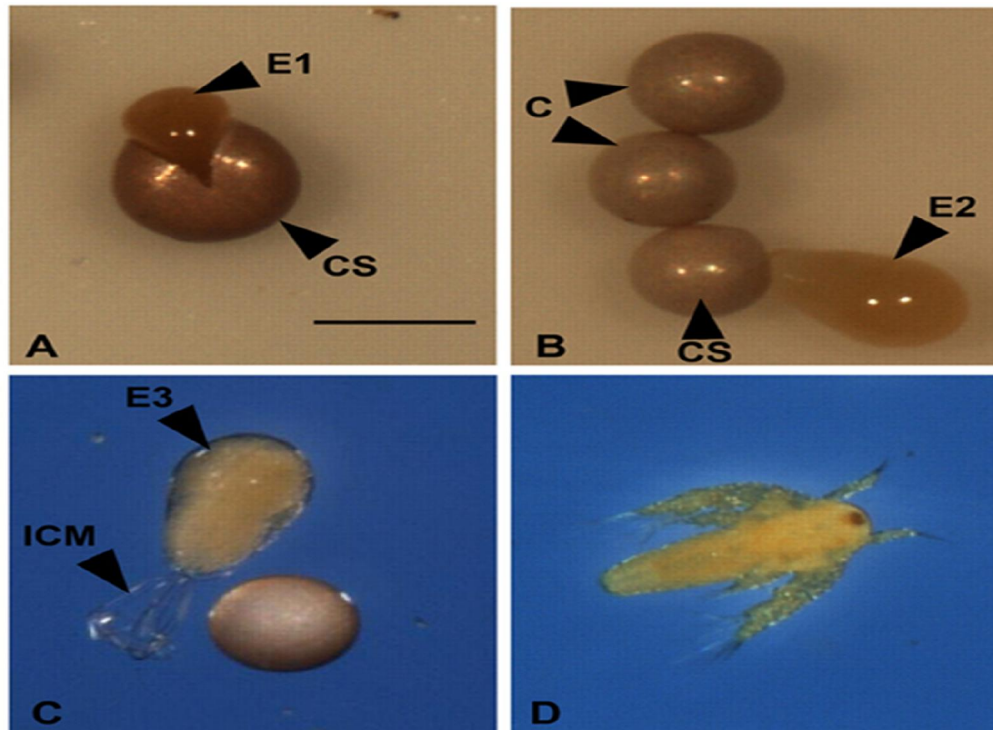


Figure 04 : Différents stades larvaires d'Artémia

Source : (<http://jeb.biologists.org>)

Avec :

A : stade embryon (CS : coquille de cyste, E1 : embryon).

B et **C** : stade umbrella (C : cyste, E2: larve fixé à une coque de cyste, E3 : larve libéré enfermé dans la membrane cuticule interne, ICM, membrane cuticulaire interne).

D : stade nauplii

Durant le premier stade larvaire, en effet, le tube digestif n'est pas complètement développé et le nauplii se nourrit uniquement de ses réserves vitellines (Figure 05 F). Entre les antennules on distingue une paire d'ocelles, et du côté ventral un large labrum. (Zemmouri, 1987). Environ deux heures après cette première étape, le nauplii s'allonge en subissant une première mue pour se transformer en larve "méta-nauplius". Pendant cette seconde phase du développement larvaire, la larve est parfaitement apte à ingérer de petites particules, telles que des cellules de microalgues, des bactéries et des levures. La collecte de ces particules se fait à l'aide des antennes et sont apportées en direction de la cavité buccale. Durant ce deuxième stade larvaire le tube digestif devient fonctionnel, la bouche et l'anus sont également ouverts. Par la suite, les autres stades de développement se succèdent rapidement.

Au cours des six premiers stades larvaires on assiste à un élancement et à une segmentation prononcée du corps de la larve méta-nauplius. Des transformations morphologiques et physiologiques accompagnées de mues successives surviennent, permettant ainsi le développement et la croissance de la larve. Les huit premières paires de pattes thoraciques (thoracopodes) se forment et entraînent une progression plus soutenue de la larve. A partir de ce moment, les yeux complexes se pigmentent et la larve atteint environ une taille de 1,4 millimètre. Jusqu'aux stades 10 et 11, le développement des thoracopodes se poursuit et d'autres paires de thoracopodes continuent à se développer, en même temps apparaissent les premiers segments abdominaux. À la quinzième mue la segmentation abdominale s'achève, les 11 paires de thoracopodes sont complètement formées. A cette étape la vie de la larve est devenue adulte et la maturité sexuelle est atteinte. Celle-ci se caractérise par la présence d'une sorte d'excroissance (une paire de protubérance) qui apparaît à la base des antennes chez le mâle, de même qu'une paire de pénis à la partie inférieure du corps. Chez la femelle l'utérus se différencie en une poche utérine, pendant que le premier cycle ovarien se d'éclanche. A ce stade de développement on peut déjà remarquer le couple en position de pré-accouplement. Les deux partenaires peuvent se déplacer dans cette position pendant plusieurs heures avant de s'accoupler (Van Stappen , 1996).

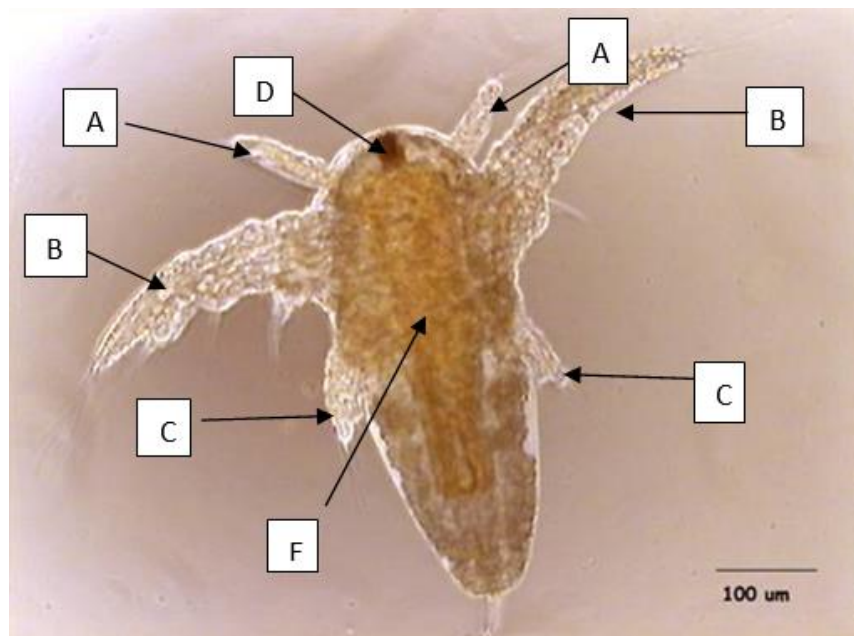


Figure 05 : Sous loupe binoculaire (X 45) d'un nauplii de 24 heures,
 (A : antennules, B : antennes, C : mandibules, D: œil naupliaire, F : réserves vitellines)

4.3. Morphologie des adultes :

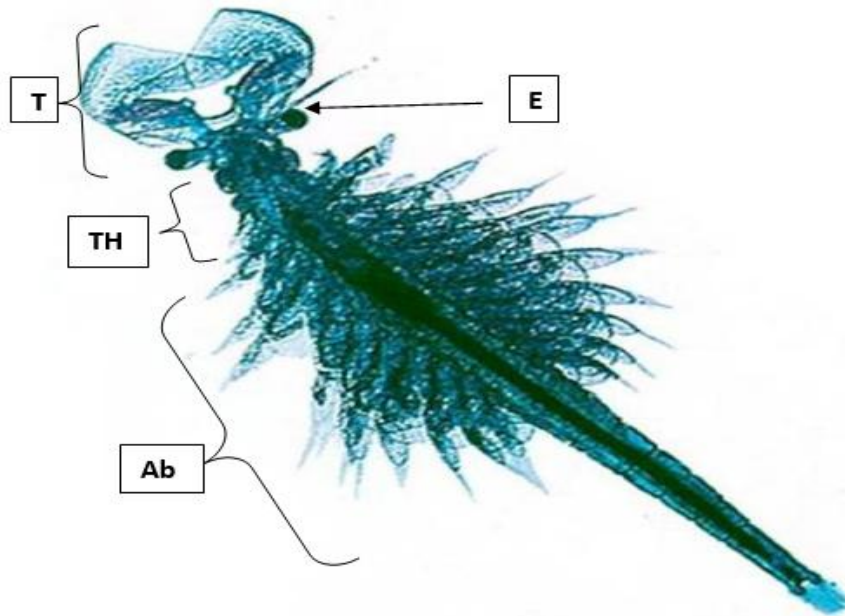
Le corps d'une Artémia adulte mesure environs 10 mm de longueur chez les populations bisexuelles (**Van Stappen, 1996**), alors que chez les races parthénogénétiques elle atteint 20 mm (**Zemmouri, 1987**). Les adultes sont dépourvus de carapace (anostracé) mais clairement segmentés, et comprend trois (03) parties bien distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen (figure 06) (**Haddag, 1991**).

La tête de l'adulte est relativement large et comprend une paire d'yeux complexes, l'œil naupliaire, les antennes, les antennules et la cavité buccale, cette dernière est représentée par un large labrum, une paire de mandibules et deux paires de maxillaires. Ces diverses pièces de la cavité buccale sont reliées linéairement à l'œsophage, qui aboutit dans l'estomac (**Van Stappen, 1996**).

Le thorax de l'animal comprend onze (11) segments, chacun se terminant par une paire de thoracopodes assurant simultanément les fonctions locomotrices, respiratoires et alimentaires. Le segment externe du thoracopode (exopodite) joue le rôle de branchies, la partie médiane du thoracopode (endopodite) permet la propulsion et les différents mouvements du corps. Le segment interne du thoracopode (telopodite) assure la filtration de l'eau afin de retenir les particules alimentaires en suspension dans l'eau (**Haddag, 1991**).

L'abdomen se distingue nettement du thorax, il est formé de huit segments ; les deux premiers contiennent l'appareil de reproduction. L'appareil reproducteur mâle est formé d'une paire de testicules, d'une paire de vésicules séminales et d'une paire de pénis (**Zemmouri, 1987**). Celui de la femelle est constitué d'une paire d'ovaires localisés de chaque côté du troisième segment abdominal, deux oviductes aboutissent dans l'utérus qui est en forme de poche et qui finit dans l'orifice génital. Le huitième segment est différencié en telson. Et est constitué de deux lobes entre lesquels s'ouvre l'orifice anal (**Haddag, 1991**).

La taille de mâle est inférieure à celle de la femelle, c'est l'un des caractéristiques de dimorphisme sexuel.



**Figure 06 : Mâle d'artemia adulte (T : La tête, Th : Le thorax, Ab : L'abdomen, E : Œil)
(Jeandel, 2002).**

5. Biologie :

5.1. Écologie :

5.1.1. Répartition géographique :

5.1.1.1. L'artémia dans le monde :

L'artémia a été décrit pour la première fois dans Lymington (Angleterre) par **Schlosser en 1755** (in **Abatzopoulos, 2006**).

Dès 1915 **Abonyi** a édité une liste de 80 emplacements d'artémia situés dans 21 pays. En 1980, environ 250 emplacements ont été déclarés dans une revue de biogéographie d'artémia éditée par **Persone et Sorgeloos** sur 48 pays dont l'Algérie. **VANHAECKE** a édité une liste actualisée contenant 350 emplacements avec des coordonnées géographiques, des informations sur le mode de reproduction et les espèces si elles sont disponibles (**Vanhaecke et al., 1987**).

Dix ans plus tard TRIANTAPHYLLIDIS a complété des revues précédentes, des rapports récents de littérature et des communications personnelles dans une liste d'environ 500 emplacements d'artémia à l'exception de l'antarctique et ont discuté les données biogéographiques par rapport à la connaissance la plus récente de la génétique et la morphométrie du genre Artémia. Évidemment la correspondance, les communications informelles et les rapports de voyage étaient une source d'information, aussi objet de valeur que les articles scientifiques publiés aux journaux officiels (Saline Systems, 2006).

En Afrique, l'Artémia est assez bien répandue. Au Maghreb par exemple, on appelle les sites : CHOTT, SEBKHA, ou encore MELLAHA. Les chotts et les sebkhas sont des grandes dépressions fermées, alimentées par les eaux de pluies et de ruissellements. Les plus petites d'entre elles n'excèdent généralement pas 21 Km et forment des petits lacs pendant les périodes de pluies. Les plus grandes peuvent atteindre plus de 100 Km de long et s'appelle Chotts. Quand aux MELLAHA, elles constituent un ensemble de mares, où l'eau de mer est évaporée sous l'effet du soleil jusqu'à la cristallisation du sel (Haddag, 1991).

Les principaux sites de répartition des différentes souches d'Artémia dans le monde sont présentés dans la carte ci-dessous :

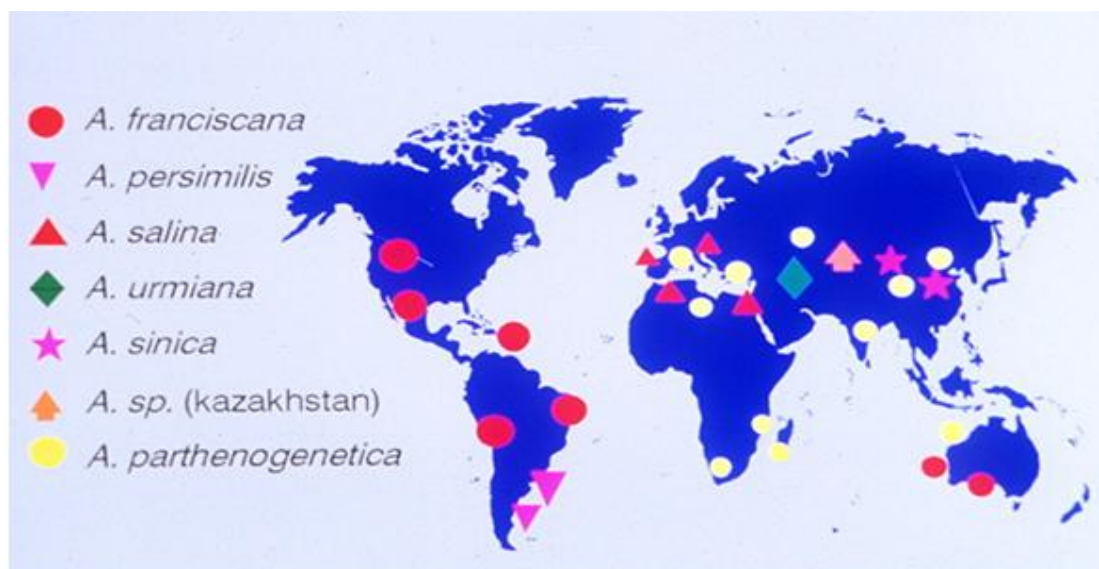


Figure 07: répartition géographique des différentes espèces d'Artémia (VAN STAPPEN, 2002).

5.1.1.2. L'Artémia en Algérie :

Chez nous, en Algérie peu d'études ont été faites sur l'Artémia et elle se retrouve dans de nombreux sites, décrit par **SORGELLOOS**. Les sites où il existe de l'Artémia sont représentés dans le tableau 03 :

Tableau 03: Important sites d'artémia en Algérie (**Van Stappen, 2002**).

| Les localités | Coordonnées géographiques | Wilaya |
|-------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Oasis de Chegga | 34°29'N ; 05°53'E | Biskra |
| Chott Marouane | 34°03'N ; 06°20'E | El Oued |
| Chott Ouargla | 31°57'N ; 05°20'E | Ouargla |
| Dayet Morselli | 35°30'N ; 00°46'E | Oran |
| Saline de Gharbas | 35°35'N ; 00°25'E | Mostaganem |
| Sebkhet Djendi | 35°43'N ; 06°32'E | Oum El Bouaghi |
| Sebkhet Ezzamoul | 35°53'N ; 06°33'E | Oum El Bouaghi |
| Sebkhet Oran | 35°32'N ; 00°48'E | Oran |
| Tougourt | 33°06'N ; 06°07'E | Ouargla |
| Sebkhet d'Arzew | 35°43'N ; 00°08'O | Oran |

5.1.2. Limites écologiques :

L'Artémia occupe des biotopes à climat tropical, subtropical ou encore tempéré. Ces climats pouvant être côtiers ou intérieurs, parfois 100 à 1000 Kilomètres de la mer, se caractérise par une hyper-salinité, comme les lagunes, les lacs, les étangs et les salines naturelles ou aménagées. Les milieux côtiers sont dits thalasso-halins en raison de leur richesse en chlorure de sodium. Alors que les autres, intérieurs, sont dits athalasso-halins, riches en sulfate, en carbonate ou encore en potassium (**Soorgeloos et al., 2001**).

L'Artémia est considéré comme un organisme euryhalin et eurytherme ; les tolérances à la salinité et à la température sont très élevées.

- **Température :** La température peut varier entre 6 °C à 40 °C pour les larves, tandis que les cystes tolèrent une température de -273°C à plus de 100°C, mais il été démontré que cette dernière affecte la sexualité et la reproduction. (**Browne et al., 1988**).

- **Salinité :** Une salinité de 20 à 300 ‰ (**Dumont et al., 2002**).elle peut même survivre à des courtes périodes dans l'eau douce, mais ne peut se reproduire (**Granvil, 2000**). L'augmentation de la salinité diminue la maturité de l'artémia (**Triantaphylidis et al., 1995 ; Baxevanis et al., 2004**).

- **Oxygène :**

Un taux minimum d'oxygène est de 1 ppm/l, jusqu'à 150 ‰ de saturation. Il a été apporté par (**Clegg, 1997**) que l'embryon de l'artémia peut vivre 4 ans dans un milieu anoxique.

- **PH :**

Selon (**Camargo et al., 2004**) l'artémia vit dans des biotopes légèrement alcalins entre 8 et 8.5 pour favoriser l'activité enzymatique qui provoque la destruction de la membrane et favorise l'éclosion.

- **Composition ionique :**

Par rapport à la composition ionique, l'artémia peut supporter les environnements dans les quels le taux des principaux anions et cations peut être totalement différents de celui d'eau de mer, et atteint même des valeurs extrêmement élevées ou basses par rapport à l'eau de mer naturelle (**Persoone et Sorgeloos., 1980**).

- **Luminosité :**

Elle tolère une luminosité de 1000 Lux dans l'eau de mer (**Vanheacke et al., 1981**).

5.1.3. Propagation de l'Artémia dans le monde:

Le vent et les oiseaux (surtout migrateurs) sont les facteurs principaux de la dispersion des cystes d'artémia dans la nature. Il est encore nécessaire de citer le rôle de l'homme dans cette dispersion par inoculation. Cette opération est très fructueuse, surtout quand elle se produit au niveau des salines destinées à l'exploitation de sel, car elle contribue à la fois à l'aquaculture et à une amélioration de la qualité et de la quantité du sel (**Horne, 1966 ; Macdonald, 1980 ; Loffler, 1964**).

5.1.4. Alimentation et respiration:

Ces deux processus physiologiques ont été étudiés par **PROVASOLI et SHIRAICHI (1959)**. L'alimentation et la respiration sont deux processus physiologiques assurés, en même temps, par les mouvements continus des thoracopodes qui créent des courants d'eau le long de la surface ventrale de l'animal.

Concernant l'alimentation, l'artémia est un animal filtreur obligatoire non sélectif des détritiques organiques, algues microscopiques, bactéries...

À l'aide de ses télépodes, l'artémia concentre les particules alimentaires qui sont transférées ensuite vers le labrum, où une sécrétion visqueuse les entoure avant que les maxillaires et les mandibules les expédient vers l'œsophage.

La taille des particules alimentaires qui sont ingérées par l'artémia doit être inférieure à 60 microns (Reeve, 1963 ; Dobbeleir et al., 1980).

5.2. Reproduction:

5.2.1. Mode de la reproduction:

La reproduction chez l'Artémia fut étudiée par **GOLDSHMITT** en 1952 et par **FAUTREZ et FURLEFEAN** en 1957. Une population d'artémia peut être bisexuelle ou parthénogénétique sans toutefois présenter la capacité d'alterner son mode de reproduction comme cela est possible chez les daphnies et les rotifères (**Abatzopoulos et al., 2003**).

Chez l'Artémia parthénogénétique, le développement embryonnaire commence dès que les œufs atteignent l'utérus, sans que la fertilisation n'ait lieu. Les œufs se développent dans deux ovaires tubulaires situés dans l'abdomen (Figure 08). Une fois arrivés à maturité ils deviennent sphériques et migrent par la voie de l'oviducte (sacs latéraux) dans l'utérus (**Sorgeloos et al., 1986**).

Le mode de reproduction est déterminé seulement une fois que les œufs sont descendus dans le sac ovarien de la femelle et sont fécondés. Dans une série d'œuf présent dans une femelle les œufs sont soit des cystes, soit des œufs ovovivipares, en d'autres termes les œufs une fois fécondés suivent tous un seul et même mode de reproduction soit ovipare ou ovovivipare :

➤ **Ovovivipare:** (production de nauplii)

Après la fertilisation des œufs, si les conditions de développement sont favorables, les œufs présents dans le sac ovariens de la femelle ne seront pas entourés par un chorion mais se développeront directement en nauplii et sont alors relâchés dans l'eau libre et prêts à nager. Ce type de reproduction est généralement lié aux espèces parthénogénétiques (**Dumont et al., 2002**).

➤ **Ovipare:** (production de cystes)

Lorsque les conditions sont défavorables, les œufs fertilisés présents encore dans le sac ovarien de la femelle sont entourés par un chorion protecteur de l'embryon avant d'être relâchés dans le milieu sous forme de cystes. Ces derniers peuvent rester des années sans qu'il y ait d'éclosion et sans être altérés. Les cystes une fois incubés dans l'eau mer aux conditions

d'incubation, se gonflent, atteignent le maximum de leurs diamètres (jusqu'à 300 µm) et donnent naissance à des nauplii dont la taille est de l'ordre de 400µm. les nauplius passent par plusieurs stades de développement (mue) pour arriver au stade d'adulte avec une taille entre 0,8 et 2 cm (**Dumont et al., 2002**).

Dans la reproduction ovipare le nombre de la progéniture est généralement supérieur que dans la reproduction ovovivipare.

L'Artémia adulte peut vivre plusieurs mois (dans de bonnes conditions toute fois) et la femelle produit une série neuve d'œufs tous les 5 jours.

Tableau 04: Effet de l'oxygène et de la nourriture sur le mode de reproduction de l'artémia (**Dumont et al., 2002**)

| Ovipare | Ovovivipare |
|---|---|
| Oxygène dissous faible (Exemple : forte salinité) | Oxygène dissous important (Exemple : salinité basse) |
| Grande variation d'oxygène | Pas de variation d'oxygène |
| Importante quantité de nourriture (exemple : Algues vertes) | Quantité de nourriture faible (Exemple : débris organiques) |

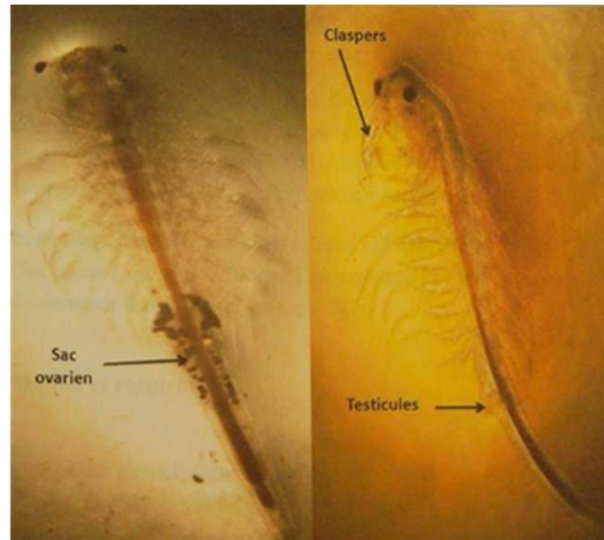


Figure 08: Sous loupe binoculaire (X 15) d'Artémie adulte (femelle et mâle)
(Jeandel, 2002)



Figure 09: Sous loupe binoculaire (X 20) d'Artémia mâle et femelle en phase
d'accouplement (Jeandel, 2002)

5.2.2. Cycle sexuel :

La précopulation chez l'adulte d'Artémia est lancée par le mâle lorsqu'il saisit la femelle avec ses antennes recourbées entre l'utérus et la dernière paire de thoracopodes.

Le couple peut nager pendant de longues périodes en une position dite "Riding Position" (Figure 09), battant leurs thoracopodes en une vitesse synchrone.

La copulation en elle-même est un réflexe rapide: l'abdomen du mâle est incliné en avant, un pénis est introduit dans l'utérus et les œufs sont fertilisés (Sorgeloos et al., 1986).

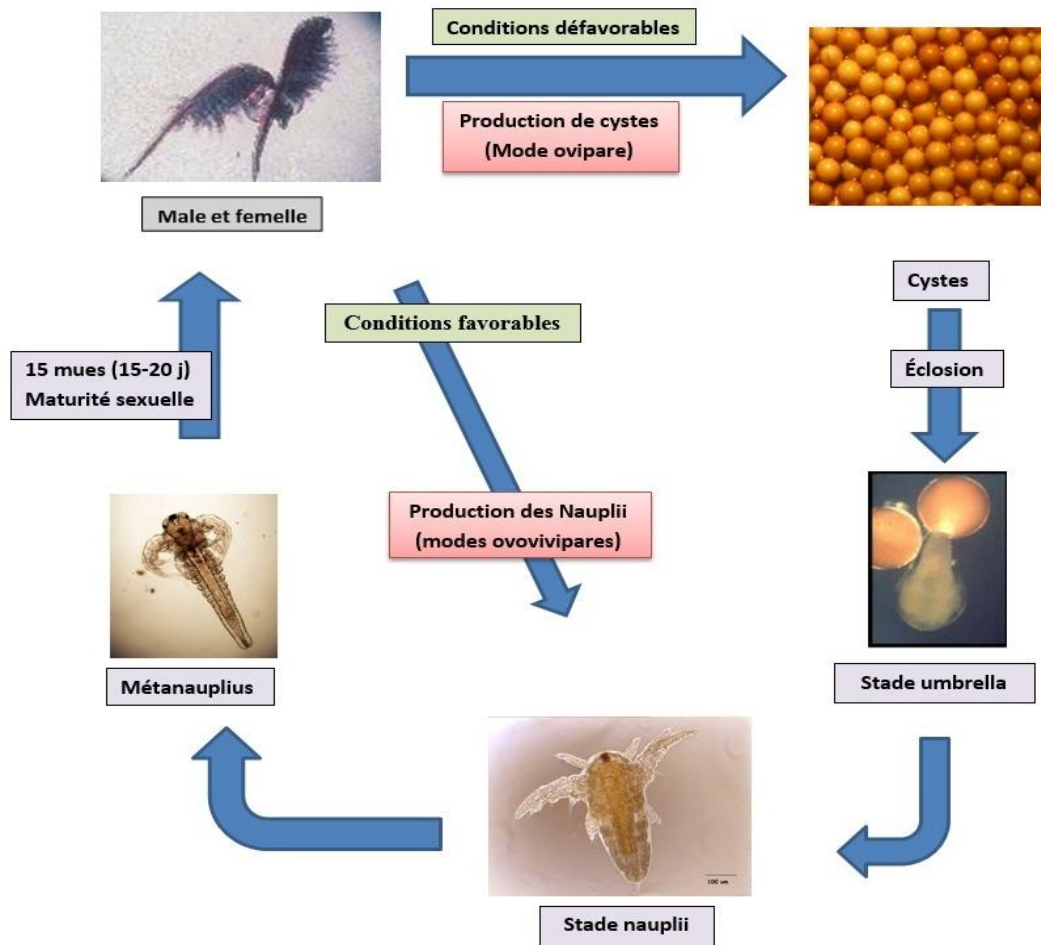


Figure 10 : Schéma représentant le cycle de vie de l'Artémia (Tachaert et Sorgeloos., 1993).

5.3. La diapause:

Le mécanisme de déclenchement pour l'induction de l'état de diapause n'est pas encore connu. En principe, les embryons d'artémia libérés comme cystes dans le milieu sont dans l'état de diapause et reprendront leur développement, et cela sous des conditions favorables de milieu (Clegg *et al.*, 1996).

L'arrêt métabolique est réglé par les mécanismes internes et il ne peut pas être distingué d'un embryon non-vivant. Sur l'interruption de la diapause, les cystes entrent dans l'étape de

quiétude, signifiant que l'activité métabolique peut être reprise à l'heure où ils sont apportés en états favorables d'éclosion. Cette phase d'arrêt métabolique est dépendante des facteurs externes.

En conséquence, une éclosion synchrone se produit, ayant pour résultat un début rapide et un développement conséquent de population peu de temps après le rétablissement des conditions environnementales favorables. Ceci permet la colonisation efficace dans les biotopes temporels. Pour l'utilisateur des cystes d'artémia plusieurs techniques ont été couronnées de succès en mettant fin à la diapause. Dans beaucoup de cas le déplacement de l'eau de milieu externe vers le cyste est une manière efficace de mettre fin à l'état de diapause. Ceci peut être réalisé en séchant les cystes aux températures ne dépassant pas 35-40°C ou en suspendant les cystes dans une solution saturée de saumure de NaCl (300 g/l). Certaines formes de la déshydratation font partie de la plupart des procédures de traitement et/ou de stockage, l'arrêt de diapause n'exige aucune manipulation supplémentaire particulière. Néanmoins, avec quelques cystes d'*artémia*, les techniques de traitement habituelles de cyste ne rapportent pas une qualité d'éclosion suffisamment élevée indiquant qu'une méthode plus spécifique de désactivation de diapause est nécessaire (hydratation) (Van Stappen, 1996).

En général, d'autres techniques (déshydratation/hydratation cyclique, décapsulation, d'autres produits chimiques...) d'arrêt de la diapause ne peuvent être facilement utilisées. Actuellement l'hydratation des cystes par le peroxyde d'hydrogène reste la meilleure méthode pour désactivation de la diapause (Lavens et al., 1986 ; Briski et al., 2008).

5.4. Physiologie :

L'Artémia est l'une des rares espèces qui peut garder son sang hypertonique, dans un milieu concentré, aussi bien hypotonique dans un milieu concentré et grâce à l'organe dorsal qui excrète des sels. Au cours des variations assez larges, elle peut même maintenir son sang à concentration a peu près constante (Dumont et al., 2002).

Les pigments du sang chez artémia sont en solution et non sous forme de corpuscules, comme chez les vertèbres, l'hémoglobine est présente et, c'est la pression sanguine qui commande le mouvement des appendices (Zemmouri, 1986).

6. Valeur nutritive et utilisation de l'Artémia :

6.1. Valeur nutritive :

La qualité des nauplii est d'autre part évaluée par sa valeur nutritive à l'égard de larves en élevage. La composition biochimique et la valeur énergétique des nauplii d'artémia revue par (**Artémia Reference Center ARC 1986**), révèle en moyenne les caractéristiques suivantes:

Tableau05: la valeur nutritif des nauplii d'artémia (**Artémia Reference Center ARC 1986**)

| Composition biochimique | Valeur nutritive |
|-------------------------|------------------|
| Proteins (%) | 37-71 |
| Carbohydrates (%) | 11-23 |
| Lipides (%) | 12-30 |
| Cendres (%) | 4-21 |
| Poids sec (µg) | 1,6-2,3 |
| Energie (J) | 0,03-0,073 |

6.2. Utilisation :

Le succès d'une culture en masse de poissons et de crustacés dépend surtout de la disponibilité d'une nourriture abondante et adéquate pour les jeunes stades. Très vite, il s'est avéré que la culture en masse du zooplancton, qui constitue la nourriture naturelle pour les stades larvaires n'était pas économiquement réalisable (**Granvil, 2000**).

Mais la découverte par **Seale** en **1933** et **Rollefsen** en **1939** que les larves d'Artémia constituaient une excellente source de nourriture pour des jeunes alevins vue la petite taille de leurs bouche, représentait une percée importante dans le développement de l'aquaculture (**Versichele et al., 1989**). Donc on utilise soit :

- Les nauplii fraîchement éclos, puisque les premiers stades larvaires (Instar I) vivent uniquement de leurs réserves énergétiques (**Dhont et al., 1993 ; Merchie., 1996 ; Granvil, 2000**). Il faut récolter les larves d'Artémia le plus vite possible après leur éclosion pour pouvoir les distribuer aux prédateurs sous leur forme la plus énergétique (**Sorgeloos, 1980**).

- L'utilisation des adultes présente un certain avantage. En effet, les adultes contiennent 60 % de protéines, sont très riches en acides aminés essentiels, en acides gras polyinsaturés et ne contiennent que 10 % de cendres. (**Sorgeloos, 1980**).
- D'autre application montre un potentiel très élevé comme source de protéines animale, et même dans l'utilisation directe en nutrition humaine (**Sorgeloos, 1980**). Bien que l'acceptabilité de l'Artémia comme nourriture pour l'homme puisse sembler être spéculative ou restreinte à quelques endroits dans le monde. les recherches à venir, on compte même l'utiliser avec la spiruline comme alimentation des astronautes d'ici 2030. L'Artémia peut être employé comme source riche de protéine animale dans des régimes de bétail. À cet égard l'Artémia sèche peut- être utilisée comme alternative valable à la farine de poisson (**Sorgeloos et al., 2001**).

CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES

1. Présentation des sites d'étude :

1.1. Présentation du site Sebkha Ezzamoul (Algérie):

Le Sebkha Ezzamoul ou Garaêt Ezzamoul, aussi connu sous le nom suivant "Ezzamoul" est un lac salé exploité en partie pour l'extraction du sel, et constitue la plus grande zone de nidification de flamants roses de la Méditerranée, situé au nord-est de l'Algérie à Oum-El-Bouaghi dans la commune Ouled Zouaï, il est d'une superficie de 6765 ha.

1.1.1. Situation géographique :

Le lac est situé sur la route nationale 3 reliant Ain Mlila à Batna, à 17 km au sud de la ville d'Aïn Mlila et à 10 km à l'Est de la commune de Souk Naamane à proximité du chott Tinsilt aussi classé site Ramsar en 2004. La rive sud du lac est à 200 m de la commune d'Ouled Zouaï. Les daïras de Souk Naamane et Aïn Kercha dans la wilaya d'Oum-El-Bouaghi sont administrativement responsables de la zone humide Ezzamoul.



Figure 11: Chott Ezzamoul prise par Europa Technologie en 2014

Source : *(Google Earth)*

1.1.2. Climats :

Le site est situé dans les étages bioclimatiques semi-aride à aride, les précipitations varient de 100 à 400 mm par an, le lac fait partie des zones humides. L'hiver est froid et pluvieux avec une température minimale de 2,9 °C, l'été est chaud et sec et la sécheresse peut durer six mois et plus avec une température maximale de 36,9 °C. Les vents du Nord-Ouest et de l'Ouest sont dominants, ils apportent avec eux des pluies irrégulières et souvent torrentielles suivie d'inondations, le vent qui vient du sud est sec et chaud.



Figure12 : Présentation de site de chott Ezzamoul

1.2. Présentation du site Great Salt Lake Utah (USA) :

Le Grand Lac Salé, en anglais Great Salt Lake, est un lac du nord de l'État de l'Utah aux États-Unis. Il s'agit du plus grand lac salé du continent américain, le quatrième lac endoréique du monde et il fait partie des cinquante plus grands lacs de la planète.

La superficie du lac est de 4 400 km² mais sa taille fluctue selon le volume des précipitations. Le lac est à une altitude de 1 280 mètres, dans la région aride du Grand Bassin, privé de toute influence océanique par les montagnes Rocheuses. Sa présence adoucit les températures et a favorisé l'île lac est endoréique ce qui signifie que toute l'eau rentrant dans le lac en ressort uniquement par évaporation et non par un cours d'eau. Le lac est de ce fait beaucoup plus salé que les océans. En effet, les sels s'accumulent au fil des ans sans pouvoir être transportés hors du lac. La profondeur maximale du lac est de 10,7 mètres, avec une moyenne de 4 mètres plantation des mormons à Salt Lake City dès 1847 (*Wikipedia*).

La récolte d'œufs d'artémie dont le prix est d'environ 70 dollars par kilogramme est une industrie locale importante. L'industrie se développa au départ dans les années 1950 pour servir de nourriture aux poissons. Dans les années 1970, les ventes se sont surtout développées à l'exportation pour nourrir des crevettes et des poissons d'élevage. Aujourd'hui, les œufs sont surtout vendus en Asie et en Amérique du Sud. La quantité d'œufs dépend fortement de la salinité de l'eau et la production est optimale aux alentours de 10 % en sel. Si la concentration diminue vers 5 %, les œufs coulent et la récolte est rendue plus difficile (*Wikipedia*).



Figure 13 : Situation géographique de Great Salt Lake Utah (USA)

Source : (Wikipedia).

1.2.2. *Artémia franciscana* :

L'Artémia de San Francisco de l'espèce *Artémia franciscana*, est la préférée parmi toutes les espèces en aquarium, en aquariophilie et en aquaculture. C'est même la seule souche qui soit exploitable en remplacement d'autres nourritures planctoniques en élevage de poissons marins.



Figure14: Image d'Artémia Franciscana

Source : (<http://www.aquaportal.com/fiche-invertebre-2685-artemia>)

2. Préparation des cystes des deux souches :

L'échantillon a été récolté à partir de trois stations différentes de chott Ezzamoul et conservé au niveau de la ferme de l'ENSSMAL. La souche de Fransiscana est une souche commercialisée, dont nous avons acheté une boîte de 10g des cystes.

L'échantillon brut de chott Ezamoul est traité pour récupérer les cystes et avant de commencer le traitement proprement il est nécessaire de faire quelques prétraitements qui sont :

Le séchage et le broyage des échantillons bruts qui facilitera le passage des cystes à travers les tamis lors du traitement. Un traitement correct des cystes garantit un taux maximal d'éclosion des cystes produits, la méthode décrite par **SORGELOOS** requière de faire les étapes suivantes (**Sorgeloos et al, 1986**):

- Séparation selon la granulométrie (le diamètre) c a d un tamisage de 100 a 1000 μm .
- Séparation selon la densité, dans une saumure de Na Cl à (300g/L).
- Séparation selon la densité dans l'eau douce.
- Séchage.
- Conservation.

2.1. Traitement des cystes :

2.1.1. Séparation selon la granulométrie (tamisage) :

c'est l'élimination des débris (dont le diamètre est supérieur ou inférieur à celui des cystes, telles que les plumes d'oiseau, les insectes, les morceau de bois, morceau de coquillage et autre déchets organiques ou inorganiques soient-t-ils)en faisant passer l'échantillon (séché et broyé préalablement) sur une tamiseuse sur laquelle sont monté une série de tamis de diamètre de l'ordre de 80, 100, 125, 160, 250, 315, 400, 500 μm (nous avons pas eu à utiliser de plus gros diamètre pour le tamisage vue que l'échantillon a très bien été broyé) . La partie de l'échantillon qui allait poursuivre le traitement été déterminé sous loupe binoculaire afin de voir quel diamètre avait retenu le plus de cystes.

Les cystes (pleins et vides) au fond des tamis 160 et 250 μm ont été collecté ainsi que les débris de même diamètre. Le tout a été mis dans des sacs en plastique bien fermé.



Figure 15: Tamisage d'un échantillon brut

2.1.2. Séparation selon la densité dans la saumure (300g/L) :

Pour enlever les petit débris de même diamètre que les cystes tel que le sable, l'échantillon doit être transféré dans un récipient cylindro-conique de préférence (exemple : bouteille de Zoug) rempli de saumure saturé a 300 g/L et sous une aération en continue.

Les cystes pleins, les cystes vides, ainsi que les déchets légers flottent à la surface de la saumure alors que les débris lourds vont se décanter au fond. Lorsque ces derniers se sédimentent complètement, les cystes sont récupérés par siphonage à l'aide d'une pipette, ou d'un filet a petites mailles (< 100 μ m) avec lequel on récupère les cystes de la surface avec un écoulement.



Figure16: La séparation selon la densité et la récupération des cystes

2.1.3. Lavage à l'eau douce :

Pour un meilleur traitement les cystes doivent être lavés avec de l'eau douce directement après leur sortie de la saumure dans le but d'enlever l'excès de sel. Nous avons utilisé un tamis de diamètre 100 μ m et on a placé les cystes sous un écoulement d'eau douce durant 3 minutes seulement pour éviter leur hydratation et faciliter leurs séchages.



Figure 17 : Lavage à l'eau douce pour l'élimination du sel.

2.1.4. Séparation selon la densité en eau douce :

Les cystes sont transférés dans des cristallisoirs contenant de l'eau douce (pas très froide pour une meilleure séparation car sa densité est inversement liée à la température de l'eau). Nous avons remué le mélange (eau douce + cystes) pour disperser les amas de cystes et nous avons laissé se décanter les cystes pleins au fond alors que les coquilles vides et les débris légers flottent en surface.

Cette opération ne doit pas durer plus de 15 minutes autrement les cystes atteindront un niveau suffisant d'hydratation pour reprendre leurs activités métaboliques.

Les cystes seront récupérés sur un tamis de 100 μ m et mis sur un papier absorbant pour éliminer tout de suite l'excès d'eau avant de passer à l'étape suivante : le séchage.

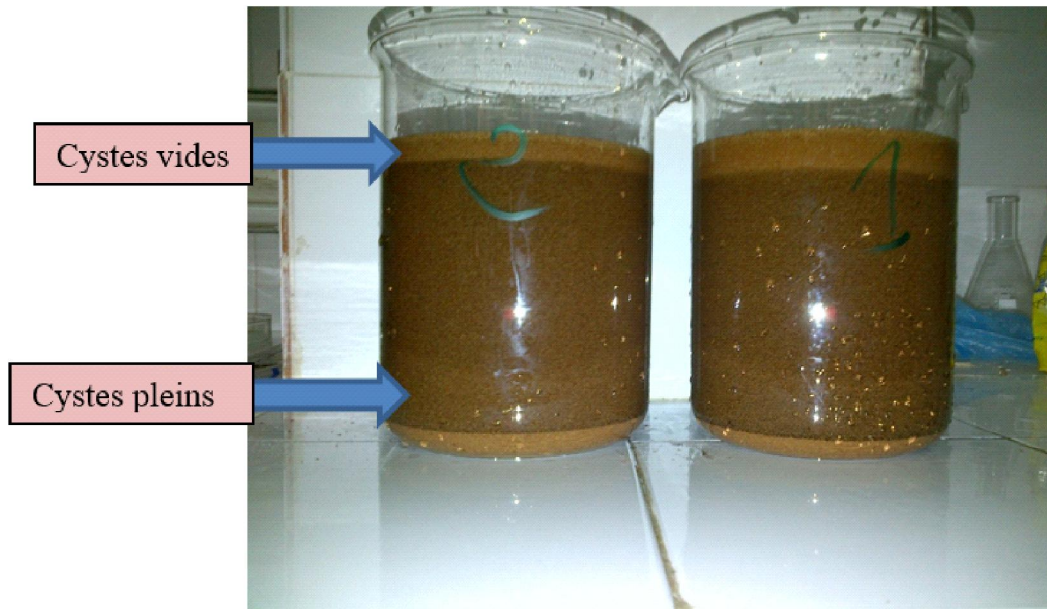


Figure 18: Séparation à l'eau douce pour récupérer que les cystes pleins

2.1.5. Séchage :

Les cystes sont récupérés, mis dans des boites de pétries et mis en étuve réglé à 50°C pour 2 à 3 jours. Cette procédure a pour but de réduire le taux d'eau de constitution des cystes à moins du niveau critique de 10% afin de stopper toute éventuelle activité métabolique de l'animal. Bien que les effets n'aient pas été entièrement compris, il a été démontré par de nombreuses expériences que la qualité des cystes (efficacité, taux d'éclosion et énergie qu'ils contiennent) dépendait de la procédure de séchage.



Figure 19: Séchage des cystes

2.2. La conservation :

Après séchage à l'étuve les cystes ainsi déshydraté, peuvent être conservé pour des mois ou des années (**Granvil, 2000**) et doivent être emballé sous vide ou sous azote afin de conserver au maximum leur potentialité d'éclosion.

Sinon, pour une conservation d'une semaine à un mois, les cystes sont récupérés, mis dans des bouteilles hermétiquement fermées et remplies de saumure puis stocké immédiatement au réfrigérateur à une température comprise entre 0 et 4°C.

3. L'incubation :**3.1. Matériels utilisés :**

- 06 bouteilles cylindro-conique de 1 litre.
- 01 bain marie.
- 02 résistances.
- 06 diffuseurs.
- 02 pompes à air.
- Micropipette.
- Loupes binoculaires équipée d'un micromètre .
- Eau de mer à 35 ppt.

L'expérience a porté sur 02 souches d'Artémia, sur lesquelles il a été prélevé trois échantillons de 1,6 g de cystes secs de chaque souche.

- chaque échantillon est placé dans 3 bouteilles coniques d'un litre remplies à 800 ml d'eau de mer à 35 ‰ avec une aération continue.
- Les bouteilles coniques sont ensuite immergées dans un bain marie et maintenues à une température de 28 °C sous une lumière d'une intensité de 2000 lux. (Figure 20)
- Temps d'incubation = 24 H.

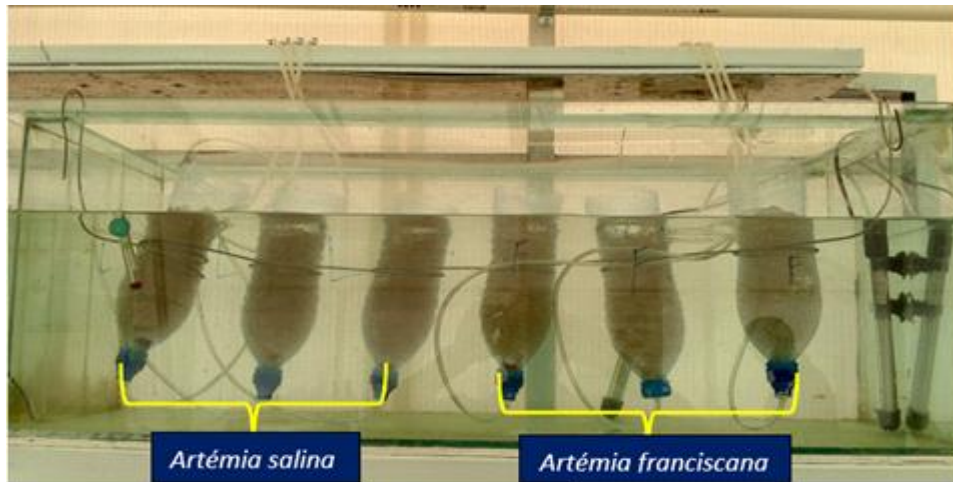


Figure 20: Présentation de dispositif d'incubation

4. Détermination des paramètres d'éclosion des cystes :

L'étude de la qualité d'éclosion des cystes d'Artémia est basée sur la détermination des paramètres, qui sont :

- Taux d'éclosion (**Bruggman et al, 1980**).
- Efficacité d'éclosion (**Sorgeloos et al, 1978**)

La connaissance de ces deux paramètres est très importante. Ils ont un intérêt important sur le plan économique, car c'est ces paramètres qui déterminent la bonne qualité des cystes. Donc au cours de nos expériences c'est ces méthodes qui seront utilisées.

4.1. Taux d'éclosion :

Le taux d'éclosion exprime le nombre des cystes éclos. L'unique usage de ce paramètre présente toutefois, un inconvénient, vu que le degré d'impureté des cystes n'est pas pris en considération. Ceux-ci peuvent par exemple être d'une bonne qualité mais inutilisables vu la multitude de débris auxquels ils pourraient être mélangés.

La méthode commence par l'incubation des cystes, Après 24 heures d'incubation, nous prélèverons, à l'aide d'une micropipette et sur des piluliers, six sous échantillons de 250 microlitres de chaque bouteille de souche (figure21).

Les échantillons sont observés sous la loupe binoculaire pour le comptage des stades: Nauplii (N), Umbrella (U) et Embryon (E).

On introduit 2 gouttes de Lugol pour la fixation des stades (N) et (U).

Pour observation du stade (E), on doit rajouter quelques gouttes de Soude (NaOH), Si les analyses n'ont pas conduit à des résultats positifs (faible taux d'éclosion), on doit prolonger l'incubation à 48 heures pour les cystes non éclos.



Figure 21: Les piluliers pour comptage de (n, u, e)

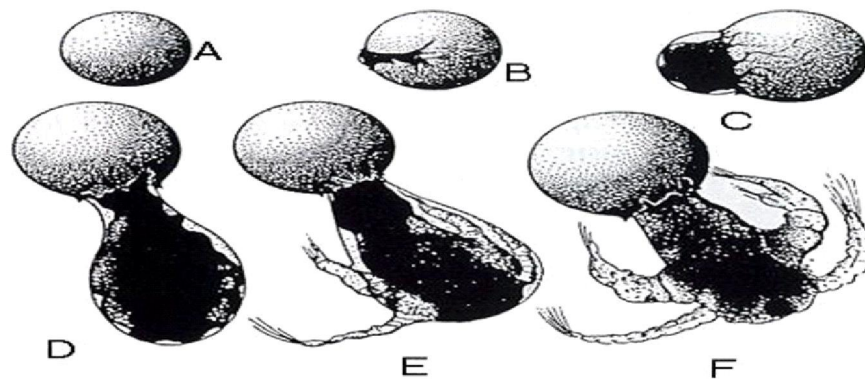


Figure 22: Différents stades larvaires de nauplius (Sorgeloos, 1977).

A: cyste plein (hydraté), **B - C:** cyste éclos (stade embryon)

D: stade umbrella, **E - F:** stade nauplii

Après 48 heures d'incubation on détermine le taux d'éclosion H% (Hatching Percentage).

Le taux d'éclosion est déterminé en appliquant la formule suivante (**Bruggman et al, 1980**):

$$H \% = \left(\frac{\text{nauplii}}{\text{nauplii} + \text{umbrellae} + \text{embryo}} \right) \times 100$$

4.2. Efficacité d'éclosion:

L'efficacité d'éclosions exprime le nombre des nauplii produit à partir de 1,6g de cyste sec.

A la différence du taux d'éclosion, l'efficacité d'éclosion tient compte de la pureté de l'échantillon de cystes.

Les cystes sont incubés dans six bouteilles cylindro-coniques (dont trois pour chaque souche).

Au bout de 24 heure d'incubation les étapes suivantes sont prises :

- De chaque bouteille sont prélevés six échantillons à l'aide d'une micropipette de 250 microlitre.
- On introduit deux gouttes de Lugol pour la fixation des nauplii.
- Le nombre des nauplii est déterminé sous une loupe binoculaire pour chaque échantillon.
- La moyenne des nauplii est calculée pour chaque bouteille.
- La moyenne générale des nauplii (N) est aussi calculée pour l'ensemble des trois bouteilles de chaque souche.

L'efficacité d'éclosions HE(N/g) des cystes exprimée en nombre de nauplii/g de cyste sec est donnée par la formule suivante (**Sorgeloos et al, 1978**):

$$HE = \left(\frac{\text{nauplii} \times 4 \times 800 \text{ ml}}{1.6 \text{ g}} \right)$$

5. Étude biométriques :

Le diamètre des cystes est normalement déterminé sur des cystes entièrement hydratés, quand les cystes deviennent sphériques. Généralement ces cystes sont entièrement hydratés après incubation à température ambiante pendant 2 h (Lavens et Sorgeloos, 1987). Néanmoins, quelques espèces peuvent avoir besoin d'une plus longue période pour atteindre l'hydratation maximale (Vanhaecke et al, 1980).

Un échantillon d'une centaine (100) de cystes est incubé dans une petite fiole pour au moins 2 h à la température ambiante (28° C). Afin d'empêcher l'activité métabolique dans les cystes quelques gouttes de lugol sont ajoutées (Asem et al, 2007).

Le diamètre de chaque cystes est déterminé sous une loupe équipée d'un micromètre. Les cystes sont mesurés au hasard pour éviter des résultats faussés. Les cystes qui sont mesurés sont pris au hasard, de sorte qu'aucune polarisation ne se produise. Par exemple, de plus grands cystes, brisé ou cystes éclos, des coquilles vides, évidemment les cystes pas entièrement hydratés...etc. ne sont pas pris en compte. La moyenne et l'écart-type sont calculés, et les données sont exprimées en micromètres.

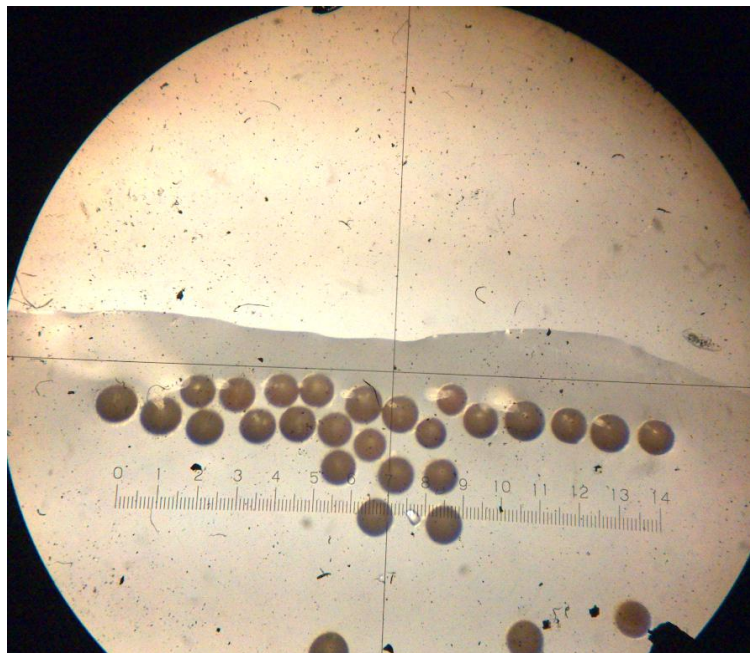


Figure23 : Observation des cystes sous une loupe (X15) équipée d'un micromètre

Pour la décapsulation, nous avons suivi la méthode décrite par (**Bruggeman et al, 1980**) voir annexe1. La même méthodologie que les cystes hydratés non décapsulés est suivie, à noter que les cystes pas entièrement décapsulé ne sont pas pris en compte.

L'épaisseur du chorion est calculée selon la formule suivante:

$$a' = (A-a)/2$$

Avec :

a' : épaisseur du chorion (um).

A : diamètre de cyste hydraté non décapsulé (um).

a : diamètre de cyste décapsulé (um).

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Étude de la qualité d'éclosion des cystes de deux souches d'artémia : *A. salina* (chott Ezzamoul) et *A. franciscana* (Great Salt Lake Utah)

Le taux et l'efficacité d'éclosion :

Dans le Tableau 06 et 07 sont regroupés les résultats concernant la détermination du taux d'éclosion des cystes de chott Ezzamoul et de Great Salt Lake Utah.

Tableau 06: Résultats du taux d'éclosion des trois comptages de la souche de chott Ezzamoul.

| Nbre de bouteille | N° des échantillon | Taux d'éclosion des échantillons (%) | Taux d'éclosion moyen des bouteilles (%) |
|-------------------|--------------------|--------------------------------------|--|
| 1ère bouteille | 1 | 72,22 | 73,36 |
| | 2 | 68,18 | |
| | 3 | 72,91 | |
| | 4 | 73,07 | |
| | 5 | 81,81 | |
| | 6 | 72,00 | |
| 2ème bouteille | 1 | 70,58 | 76,15 |
| | 2 | 74,07 | |
| | 3 | 70,00 | |
| | 4 | 81,08 | |
| | 5 | 76,74 | |
| | 6 | 84,44 | |
| 3ème bouteille | 1 | 66,66 | 68,59 |
| | 2 | 60,00 | |
| | 3 | 75,00 | |
| | 4 | 73,91 | |
| | 5 | 64,00 | |
| | 6 | 72,00 | |

Tableau 07: Résultats du taux d'éclosion des trois bouteilles de la souche de Great Salt Lake

| Nbre de bouteille | N° des échantillons | Taux d'éclosion des échantillon(%) | Moyen de taux d'éclosion des bouteilles (%) |
|-------------------|---------------------|------------------------------------|---|
| 1ère bouteille | 1 | 93,75 | 91,59 |
| | 2 | 92,59 | |
| | 3 | 96,00 | |
| | 4 | 82,08 | |
| | 5 | 90,24 | |
| | 6 | 94,91 | |
| 2ème bouteille | 1 | 92,30 | 91,76 |
| | 2 | 92,10 | |
| | 3 | 91,60 | |
| | 4 | 93,70 | |
| | 5 | 92,80 | |
| | 6 | 88,05 | |
| 3ème bouteille | 1 | 86,95 | 88,17 |
| | 2 | 89,09 | |
| | 3 | 91,89 | |
| | 4 | 85,45 | |
| | 5 | 85,43 | |
| | 6 | 90,19 | |

Tableau 08:Résultats du taux et d’efficacité d’éclosion des deux souches

| Souche | Taux d’éclosion (%) | Efficacité d’éclosion (N/g) |
|----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Chott Ezzamoul (AinM’lila) | 72,70 | 38555 |
| Great salt lake Utah (USA) | 90,50 | 190555 |

D’après le tableau08, le taux d’éclosion de la souche *Artemia fransiscana* (USA) est de 90.50%; cela confirme que cette souche est de très bonne qualité, vu un taux d’éclosion élevé, et son utilisation, de par le monde en larviculture.

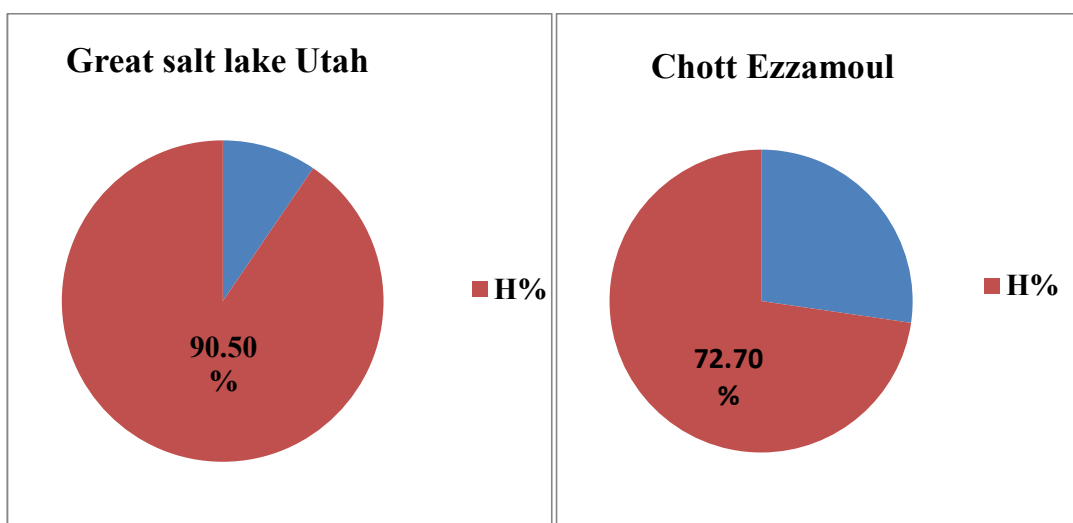


Figure24:Résultats du taux d’éclosion des souches de chott Ezzamoul et de Great Salt lake

Nous avons remarqué que la différence entre H% de souche Chott Ezzamoul et H% de la souche de Great Salt lake est importante (20% environ). cependant la souche de chott Ezzamoul qui a donnée un pourcentage intéressant peut faire l’objet d’une exploitation, vu son prix beaucoup plus faible de celui de la souche de Franciscana.

A cet effet, pour permettre d’évaluer cette différence il sera nécessaire de ce baser sur :

- Le degré du stade de diapause c'est-à-dire que les cyste qui sont en stade de diapause n’éclosent pas même si ils sont en conditions favorables (criptobiose).
- Le contenu d’énergie des cystes, il peut être trop bas pour permettre de rompre la coque et sortir et cela en raison des conditions de stockage.
- Le montant d’embryons morts/non viables/abortif, à cause du procédé incorrect ou du mauvais stockage.

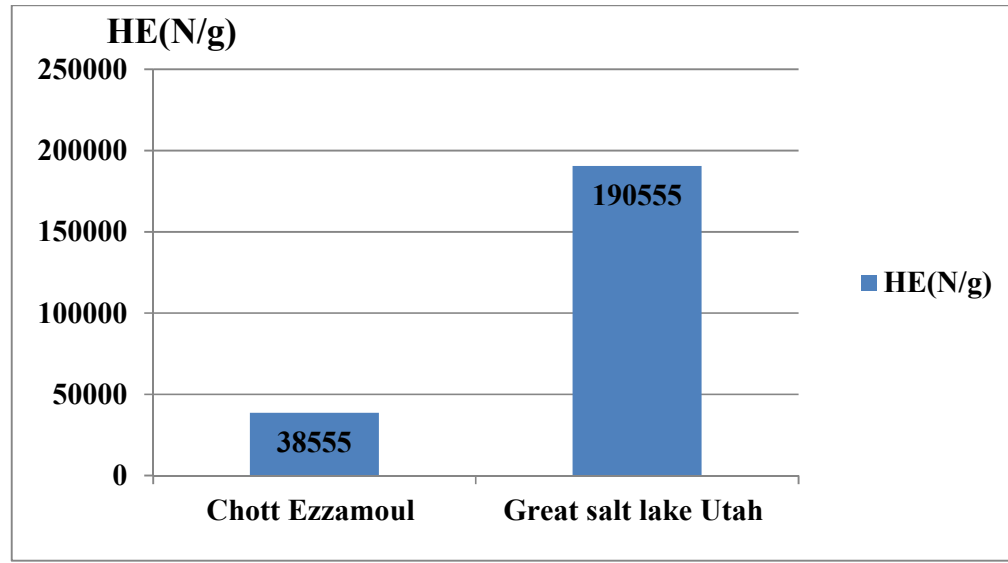


Figure 25: Résultats d'efficacité d'éclosion des souches de chott Ezzamoul et de Great Salt Lake

La cause de faible efficacité d'éclosion du chott Ezzamoul par rapport à la souche Great Salt Lake est probablement due à un biais lors de la récolte des cystes d'artémia, tel que le non-respect du processus de traitements d'échantillon et de conservation à la saumure durant la récolte et cela afin de garder les cystes déshydratés dans un bon état de diapause.

Ainsi qu'une étude sous la loupe binoculaire des cystes de Chott Ezzamoul a montré des cystes ouverts et fragmentés.

2. Étude biométrique des cystes de deux souches d'artémia : *A. salina* (chott Ezzamoul) et *A. franciscana* (Great Salt Lake Utah)

L'aspect biométrique des cystes a surtout une importance particulière en larviculture qui est une étape cruciale en aquaculture car c'est la taille des cystes qui détermine la taille des nauplii utilisés comme proie vivante.

Plusieurs auteurs ont démontré que la biométrie des cystes et nauplii peut considérablement varier d'une population d'artémia à une autre et dans différentes régions géographiques (Vanhecke et Sorgeloos, 1980 ; Van Stappen, 1996). De ce fait, les caractéristiques biologiques qui sont prises en compte dans notre étude sont : le diamètre des cystes (hydratés et décapsulés) et l'épaisseur du chorion. Les résultats d'étude biométrique des cystes des deux souches sont regroupés dans le tableau (09).

Tableau 09: Résultats d'étude biométrique des cystes des deux souches

| Site | Ø moyen des cystes non décapsulés (µm) | Ø moyen des cystes décapsulés (µm) | l'épaisseur du chorion (µm) |
|--------------------------------|--|------------------------------------|-----------------------------|
| Chott Ezzamoul (Ain M'lila) | 258.5 (±52.45) | 248.75 (±45.25) | 4.87 |
| Great Salt Lake Utah (USA) | 242.75 (±39.85) | 236.25 (±35.85) | 3.23 |

L'analyse biométrique des cystes de notre souche (chott Ezzamoul) révèle que le diamètre moyen des cystes non décapsulés est de (258.5µm) et celles décapsulés est de (248.75 µm) avec une épaisseur du chorion de 4.87µm, par contre celle de l'USA (Great Salt Lake Utah) révèle que le diamètre moyen des cystes non décapsulés est de (242.75µm) et celles décapsulés est de (236.25 µm) avec une épaisseur du chorion de 3.23µm

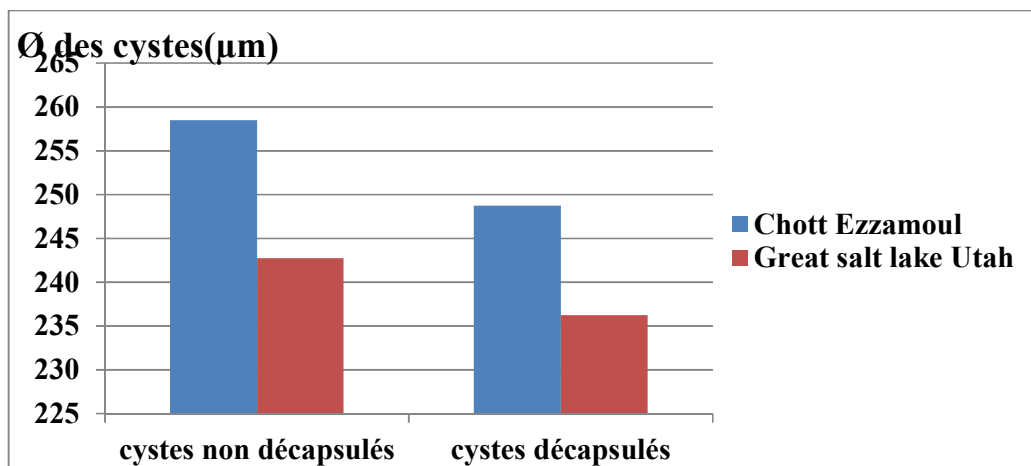


Figure26: Histogramme des diamètres des cystes décapsulés et non décapsulés des deux souche

En comparant la biométrie des deux souches d'artémia nous avons observé que le diamètre moyen des cystes hydratés non décapsulés ainsi que décapsulés de Chott Ezzamoul est légèrement supérieur à celui des cystes de Great Salt Lake Utah.

La plus grande taille observés chez les cystes des espèces bisexuelles est celle de l'espèce *A.tibetiana* avec (323,0-330,0 µm) et sont plus grands que ceux des espaces parthénogénétiques qui ont entre (280-285 µm) (Van Stappen et al, 2003).

L'épaisseur du chorion n'est en aucun cas en fonction du diamètre des cystes autrement dit de gros cystes peuvent avoir un chorion fin et inversement (Vanhecke et Sorgeloos, 1980 ; Castroro et al, 2006).

CONCLUSION

Conclusion

Cette étude a fait l'objet d'une contribution à la caractérisation de la population d'Artémia de Sebket Ez-zemoul (wilaya d'Oum El-Bouaghi). Notre étude a mis en lumière sur la qualité des cystes de l'Artémia, du chott Ezzamoul en comparaison avec la souche la plus utilisée au monde artémia Franciscana d'origine de Great Salt Lake Utah (USA).

Les résultats obtenus sur la qualité des souches des cystes d'artémia du chott Ezzamoul et la souche de Great Salt Lake Utah USA, nous ont permis de tirer certaines explications tout en tenant compte des observations faites sur le mode de reproduction des populations d'artémia. Ces données nous montrent clairement que ces populations sont typiquement des populations parthénogénétiques.

La différence sur le taux d'éclosion constaté entre les deux souches, celle de la Great Salt Lake (**90,50 %**) et chott Ezzamoul (**72,70 %**) est élevé, cette dernière restera malgré tout parmi l'une des meilleures souches à l'échelle national du faite que l'espèce Great Salt Lake est l'espèce dominante dans le monde.

Du point de vu biométrique les cystes de la souche *Artémia Fransiscana* (USA) présentent une épaisseur de chorion de 3,23µm, qui est plus fine par rapport à ceux de chott Ezzamoul qui présentent une épaisseur de chorion de 4,87µm.

En conclusion, l'exploitation de l'artémia à usage commerciale du chott Ezzamoul est indispensable quoiqu'elle nécessite une étude de faisabilité du milieu afin de déterminer la rationalité de la production pour une longue durée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) **Abatzopoulos T J., Triantaphyllidis V.G et al., 2003.** Elevated salinities may enhance the recovery of hydrated heat-shocked *Artemia franciscana* cysts (International Study on Artemia. LXV). *Belg. J. Zool* , 133(2): 103- 109.
- 2) **Abatzopoulos T.J., Baxevanis, A.D et al., 2006.** Quality evaluation of *Ariemia urmiana* Günther (Urmia Lake Iran) With special emphasis on its particular cyst characteristics (International Study on Artemia LXIX), *Aquaculture*, 254:442-454.
- 3) **Amarouyache M and Kara M.H., 2006.** Modifications morphologiques d'*Artémia sp* en fonction de la salinité du milieu dans les conditions naturelles et en élevage. *N° spécial* 2ème Colloque euro-méditerranéen de biologie environnementale, Mésogées Vol. 62 :77.
- 4) **Artémia Reference Center ARC 1986** .State Univ.Ghent, Belgium. 319 p.
- 5) **Asem A et al., 2007.** Biometrical study of *Artemia urmlana* (Anostraca: Anemiidae). Cysts harvested from Lake Urmia (west Azerbaijan, Iran), *Turk. J Zool.* 31:171-180.
- 6) **Bariogozzi C ., 1974.** Artemia : A survey of its significance in genetic problem : 221- 252 In : Evolutionary Biology. Vol 7. Dob Thansky T.j., Hech M.K., Steere W.C. (Eds). *Plenum Press, New York USA*, 314 p.
- 7) **Baxevanis A.D., El-Bermawi N et al., 2004.** Salinity effects on maturation, reproductive and life span characteristics of four Egyptian Artemia populations (International Study on Artemia. LXVIII). *Hydrobiologia* S13: 87-100.
- 8) **Bowen S.T., J.P. Durkin et al., 1978.** *Artemia* hemoglobins : genetic variation in parthenogenetic and lyogogtnatic populations. *Biol* 155:273-287.
- 9) **Briski F., Van Stappen G et al., 2008.** Laboratory production of early hatching *Artemia sp* cysts by sélection. *Aquaculture* 282:19-25.
- 10) **Browne K.A., Davis L.E. et al., 1988.** Effects of température and relative fitness of sexual and asexual brine shrimp Artemia. *Exp. Mar. BioL EcoL*, Vol. 124:1-20.
- 11) **Bruggman E., Sorgeloos P et al., 1980.** Improvements in the decapsulation technique of Artemia cysts. pp 262-269.
- 12) **Camargo W.N., Ely J.S., et al., 2004.** Influence of some physicochemical panuneters on Artemia biomass and cyst production in some Thalassohaline aquatic environment in the Colombian Caribbean. *journal of the world aquaculture society.* Vol 3 : 274-283.

- 13) **Camargo W.N., Duran G.C et al., 2005.** Determination of biological and physicochemical parameters of *Artemia franciscana* strains in hypenaline environment for aquaculture in the Colombian Caribbeun *Saline System*, Vol. 1:9.
- 14) **Castro Thalia B., Gajardo G et al., 2006.** A biometry and ecology comparison between *Artemia* from Mexico and Chile. *Saline System*, 2:13.
- 15) **Clegg J.S., P.P. Conte., 1980.** A review of the cellular and developmental biology of Artemai. pp:11-54.
- 16) **Clegg J.S et al., 1996.** The metabolic of diapause embryos of *Artemia franciscana* (SFB). *Physiological zoology. University of Chicago* 69. Vol.1 : 49-66.
- 17) **Clegg J.S., 1997.** Embryos of *Artemia franciscana* survive four years of continuous anoxia : the case for complete metabolic rate depression. *The Journal of Expérimental Biology*, Vol. 200: 467-475.
- 18) **Dhont J et al., 1993.** Preparation and use of *Artemia* as food for shrimp and pawn larvae. *CRC handbook of mariculture, Vol.1:* 61-93.
- 19) **Dhont J. and Van Stappen G., 2003.** Biology, tank production and nutritional value of artemia. *Live Feeds in Marine Aquaculture*, 65-121.
- 20) **Dobbeleir .J ., N. Adam et al., 1980.** New aspects of the use of inert diets for high density culturing of brine shimps : 165-174.
- 21) **Dumont J.H. and Stefan N.V., 2002.** Introduction to the dut branchiopoda, guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world 19. *Backhuys Pablishers*, 398p.
- 22) **Granvil D.T., 2000.** *Artemia* production for marine larval fish culture. *SRAC Publication*, N. 702 : 8 .
- 23) **Greta E et al., 1979.** Antennular sensila of the *Artemia salina*. *Biol. Bull.* 156: 382-392.
- 24) **Günther R.T., 1890.** Contribution to the natural history of Lake Urmia. Persia and its neighbourhood. *Transcript of Linnean Society London*, 27: 345-453.
- 25) **Guillaume J., Kaushik S et al., 1999.** Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. *INRA Editiom Ifremer*, 13: 265-283.
- 26) **Haddag M., 1991.** Contribution à l'étude d'une souche d'*Artémia tunisiana* endémiques aux eaux de la saline d'Arzew, Algérie. *Thèse de magistère ISMAL* : 68 p.
- 27) **Hernandorena A., 1988.** Action des chocs thermique sur le développement de l'artemia. Aspects récents de la biologie des Crustacés. *Actex des Colloque,Ifremer* : 65 -68.
- 28) **Horne F.R ., 1966.** The effect of digestive enzymes on the hatchability of *Artemia salina*. *Soc.* 85(2) : 271-274

- 29) **Kappas I., Abatzopoulos TJ et al., 2004.** Genetic and reproductive differentiation of *Artemia franciscana* in a new environments *Marine Biology*. 146: 103-117.
- 30) **kara M.H., Bengraïne K.A et al., 2004.** Quality evaluation of a new strain of *Artemia* from Chott Marouane (Northeast Algeria), *Aquaculture*. 235: 361 - 369.
- 31) **Lavens P., Taekaert W et al., 1986.** International Study on *Artemia*. Influence of culture conditions and specific diapause deactivation methods on the hatchability of *Artemia* cysts produced in a standard culture system. *Marine ecology* Vol. 31: 197-203.
- 32) **Lavens P and Sorgeloos P., 1987.** The cryptobiotic state of *Artemia* cysts, its diapause deactivation and hatching. Vol. 3. *Ecology. Culturing, use in aquaculture. Belgium*. 27-63.
- 33) **Lavens P., Sorgeloos P., 1996.** Manual on the production and the use of live food in aquaculture. *FAO Fisheries Technical Paper*, 361:295.
- 34) **Lavens P., Sorgeloos P., 2000.** The history, present status and prospects of the availability of *Artemia* cysts for aquaculture. *Aquaculture* 181: 397-403.
- 35) **Leach, W.E. 1819.** Entomostraca, Dictionnaire des Science Naturelles. 524 p.
- 36) **Linnaeus, C. 1758.** Systema naturae. Hofniae. 1: 634.
- 37) **Löffler H., 1964.** Vogelzug and Crustace envertebre. Zool, pp:311-316
- 38) **Macdonald G., 1980.** The use of *Artemia* cysts as food by the flamingo (*Phoenicopterus ruber roscus*) and the shellduck (*tadorna tadorna*): 97-104
- 39) **Merchie G., 1996.** Use of nauplii and meta-nauplii in the manual of production the live food of aquaculture. 43:137-163.
- 40) **Munoz J., Comez A et al., 2008.** Phylogeography and local endemism of the native Mediterranean brine shrimp *Artemia salina* (Branchiopoda: Anostraca). *Molecular Ecology* 17 : 3160-3177.
- 41) **Persoone G., Sorgeloos P et al., 1980.** The brine shrimp *Artemia* : ecology, culturing, use in aquaculture. *Universa Press. Welleren, Belgium*.
- 42) **Piccinelli, M. & T. Prosdocimi, 1968.** Descrizione tassonomica delle due species *Artemia salina* y *Artemia persimilis*. *Genetica*, 102: 113-118.
- 43) **Pilla, E.J.S., & Beardmore, J.A., 1994.** Genetic and morphometric differentiation in old world bisexual species of the brine shrimp (*Artemia*). *Heredity* 72: 47-56.
- 44) **Provasoli L., Shiraichi K., 1959.** Axenic cultivation of the brine shrimp *Artemia salina*. *Biol. Bull.* 117 : 347-355.
- 45) **Reeve M.R. 1963.** The filter feeding of *Artemia*. In suspension of various particules. *J. exp. Biol.* 40(1): 207-214.

- 46) **Sorgeloos P., Bossuyt E et al., 1977.** Decapsulation of artemia cysts a simple technique for the improvement of the use of brine shrimp in aquaculture. *Aquaculture*, 12: 311-315.
- 47) **Sorgeloos P., Personne G et al., 1979.** The use of artemia cysts in aquaculture: the concept "hatching efficiency" and description of a new method for cyst processing. Proceedings of the ninth annual meeting world mariculture society: 715-721.
- 48) **Sorgeloos P., 1980.** The use of the brine shrimp *artémia* in aquaculture. In: Persoone. G, Sorgeloos P., Roels O., Jaspers E 1980. The Brine Shrimp *Artemia*: Ecology. Culturing, Use in Aquaculture Vol. 3:25-46.
- 49) **Sorgeloos P., 1980a.** Life history of the brine shrimp *Artemia*. In: Persoone G., Sorgeloos P., Roels O and Jaspers E., 1980. The Brine Shrimp *artemia* :Vol.1 Morphology, genetics, radiobiology, toxicology. *Universa Press. Welleren, Belgium.* 380 pages.
- 50) **Sorgeloos P., Lavens P et al., 1986.** Manual for the culture and use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture.
- 51) **Sorgeloos P and J. A. Beardmore., 1995.** Editorial note: correct taxonomic identification of *Artemia* species. *Aquaculture Research* 26:147.
- 52) **Sorgeloos P., Coutteau P et al., 1998.** Use of brine shrimp, *Artemia* spp., in larval crustacean nutrition: A review. *Reviews in Fisheries Science* 6, 55-68.
- 53) **Sorgeloos P., Dhert P et al., 2001.** Use of the brine shrimp, *Artemia spp* in marine fish larviculture, *Aquaculture*, 200: 147-159.
- 54) **Sun Y., Song W.Q et al., 1999.** Diversity and genetic differentiation in *Artemia* species and populations detected by AFLP markers *International Journal of Salt Lake Research* 8: 341-350.
- 55) **Tachaert W and Sorgeloos P., 1993.** The use of brine shrimp *Artemia* in biological management of Sotar Salt works. *Eventh Symposium on Salt*, Vol.1: 617-622.
- 56) **Triantaphyllidis G.V., Pilla Ernani J.S et al., 1994.** International study on *Artemia*. Incubation of *artémia* cyst samples at high temperature reveals mixed nature with *Artemia franciscana* cysts, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 183:273-282.
- 57) **Triantaphyllidis G.V., Pouloupoulou K et al., 1995.** International study on *Artemia*: Salinity effects on survival, maturity, growth, biometrics, reproductive and lifespan characteristics of a bisexual and a parthenogenetic population of *Artemia*. *Hydrobiologia* 302: 215-227.
- 58) **Vandekerckhove B., Parmentier L et al., 2008.** *Artemia* cysts as an alternative food for the predatory bug *Macrolophus pygmaeus* *Journal compilation: 2008. Blackwell Verlag. Berlin.* 1-10.

- 59) **Vanhaecke P. and Sorgeloos P., 1980.** International study on Artemia. The biométries of Artemia strains from different geographical origin.
- 60) **Vanhaecke P., Coorema A. and Sorgeloos P., 1981.** International Study on Artemia. Effect intensity on hatching rate of Artemia cysts front different geographical origin *marine ecology progress sériés.*. Vol. 5: 111-114.
- 61) **Van Stappen G., 1996.** Introduction in biology and ecology of Artemia. In: Sorgeloos, P., Lavens, P. Manual on the production and use of live food for aquaculture. *Fisheries technical paper, FAO of the United Nations, Rome. Italy, No 361:* 79-137.
- 62) **Van Stappen G., 2002.** Zoogeography. In: Abatzopoulos T.J. and al. Artemia: Basic and Applied Biology. 171-224.
- 63) **Van Stappen G et al., 2003.** Characterisation of high-altitude *Artemia* populations from the Qinghai-Tibet Plateau, PR China. - *Hydrobiologia* **500**: 179-192.
- 64) **Verrill A.E., 1869.** Contributions to zoology from the Museum of Yale College. III. Descriptions of some new America Phyllopod Crustacea. *Scie. Arts*, 142: 244-254.
- 65) **Versichelle D., Leger P et al., 1989.** L'utilisation de l'artémia. In: Barnabé G., Aquaculture, Vol 1 Chapitre 7 : 243-259.
- 66) **Wheeler Kay A.I ., Yudin and Cark W.H., 1979.** Hatching events in the cyst of *artemia salina*. *Aquaculture volume 18 N°1.* 59-67.
- 67) **Zemmouri A., 1985.** Développement larvaire et utilisation du crustacé branchiopode du genre *artémia*. Thèse de T, S en biologie des pêches. ISMAL. 39 p.
- 68) **Zemmouri A., 1987.** Rapport de stage effectué a l'Artemia Reference Center : Université of Ghent, Belgium. 17 p.
- 69) **Zemmouri A., 1991.** A note on the genus *Artemia* in Algeria. *Hydrobiology*, 212: 231-233.

Web graphie :

Froese R and Pauly D. Editors. 2014. Aqualiment. electronic publication. Disponible sur le Web : <http://www.aqualiment.com> version (08/2014).

Rochlin K and Caplan M. Edition 2014. *Artemia Franciscana* [08/2014] Disponible sur le Web : <http://www.aquaportail.com> version.

Matlin S. Edition 2014. Diversity and genetic differentiation in Artemia species [08/2014] Disponible sur le Web : <http://jeb.biologists.org>

[http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Grand Lac Salé&oldid=101124452](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Grand_Lac_Salé&oldid=101124452)

ANNEXES

Annexe 1

LES ETAPES DE DECAPSULATION DES CYSTES :

La coquille dure des cystes d'artémia dont les embryons peuvent être complètement enlevés par exposition à court terme à une solution d'hypochlorite. Ce procédé s'appelle la décapsulation.

1. Hydratation des cystes.
2. Préparation des solutions de décapsulation.
3. Transfert des cystes hydratés dans la solution de décapsulation.
4. Décapsulation.
5. Lavage et désactivation.
6. Stockage.

1. hydratation des cystes :

Les cystes sont placés dans un bac d'eau avec une aération en continue pour les cystes soient maintenus en suspension pendant une heure à une température de 25°C en respectant une densité <100g/l.

2. préparation des solutions de décapsulation :

La solution d'hypochlorite peut être préparée à partir d'un décolorant liquide (eau de javel) NaOCl, ou poudre de décolorant Ca(Col) 2, dans les proportions suivantes :

- 0,5 g d'hypochlorite active par gramme de cystes.
- Un produit alcalin, pour garder un pH>10, par gramme de cystes utilisés :
 - 0,15g de NaOH quant on utilise un décolorant liquide (eau de javel).
 - 0,67g de NaCO₃ ou CaO pour le décolorant en poudre.
 - Dissolver le décolorant en poudre en ajoutant le produit alcalin : utiliser uniquement le super nageant de cette solution.
 - Ajouter de l'eau de mer pour préparer la solution finale à 14ml par gramme de cystes.

3. Transfert des cystes dans la solution de décapsulation :

Après récolte des cystes sur un tamis de 125µm de diamètre, rincer et sont ensuite

4. Décapsulation

Dès que les cystes hydratés seront mis dans la solution de décapsulation la réaction exothermique des ions d'hypochlorite avec la chitine et les lipoprotéines du chorion, la couleur des cystes changera graduellement.

Refroidir la solution au 15-20°C (en plaçant par exemple le bac de décapsulation dans un bain rempli avec de l'eau). Vérifier la température régulièrement, puisque la réaction est exothermique ; ne jamais dépasser les 40°C (si nécessaire ajouter de la glace a la solution de décapsulation).

Vérifier le processus de décapsulation régulièrement sous loupe binoculaire.

5. Lavage et désactivation :

Quand les cystes deviennent orange (avec le décolorant liquide) ou gris (avec le décolorant en poudre), l'examen microscopique montre la dissolution presque complète de la coquille du cystes (après 3 à 15 min).

Enlever les cystes de la suspension de décapsulation et rincer avec de l'eau sur un tamis de

125 µm jusqu'à ce qu'aucune odeur de chlore ne soit détectée. Il est crucial de ne pas laisser les embryons dans la solution de décapsulation plus longtemps puisque ceci affectera leurs viabilités.

Pour la désactivation : il faut éliminer toutes traces d'hypochlorite en plongeant les cystes (<1min) dans une solution de HCl de 0,1N ou dans la solution de Na₂S₂O₃ de 0,1 %, puis les rincer avec de l'eau. Des résidus d'hypochlorite peuvent être détectés en mettant quelques cystes décapsulés en petites quantités d'indicateur d'amidon-iodine, quand les réactifs virent au bleu, le lavage et la désactivation doivent être poursuivis.

6. Stockage

Les cystes peuvent être stockés pendant quelques jours dans le réfrigérateur (0 à 4°C) ou tout autre entreposage au froid avant l'incubation pour l'éclosion.

Pour l'entreposage a long termes, les cystes doivent être déshydratés dans une solution de saumure saturée (1g de cystes secs par 10 ml de saumure a 300g de NaCl/L). La saumure doit être renouvelé après 24h, leurs teneur en eau a été abaissé a environ 20% et ils peuvent être stockés dans un réfrigérateur pendant plusieurs semaines sans perdre leurs viabilités.

Annexe 2

Tableau : resultats de comptage des différents stades larvaires (N, U, E) de la souche *Artemia salina* de chott Ezzamoul des trois bouteilles

Bouteille 1

| nauplii | Umbrella | embryon | H% |
|---------|----------|---------|-------|
| 13 | 4 | 1 | 72,22 |
| 15 | 5 | 2 | 68,18 |
| 35 | 10 | 3 | 72,91 |
| 19 | 4 | 3 | 73,07 |
| 18 | 3 | 1 | 81,81 |
| 18 | 5 | 2 | 72 |

Bouteille 2

| Nauplii | Umbrella | embryon | H% |
|---------|----------|---------|-------|
| 12 | 4 | 1 | 70,58 |
| 20 | 5 | 2 | 74,07 |
| 14 | 4 | 2 | 70 |
| 30 | 6 | 1 | 81,08 |
| 33 | 6 | 4 | 76,74 |
| 38 | 5 | 2 | 84,44 |

Bouteille 2

| nauplii | Umbrella | embryon | H% |
|---------|----------|---------|-------|
| 10 | 3 | 2 | 66,66 |
| 6 | 2 | 2 | 60 |
| 15 | 4 | 1 | 75 |
| 17 | 4 | 2 | 73,91 |
| 16 | 5 | 4 | 64 |
| 18 | 4 | 3 | 72 |

Tableau : résultats de comptage des différents stades larvaires (N, U, E) de la souche *Artémia franciscana* de Great Salt lake Utah (USA) des trois bouteilles

Bouteille 1

| Nauplii | Umbrella | embryon | H% |
|---------|----------|---------|-------|
| 60 | 2 | 2 | 93,75 |
| 75 | 5 | 1 | 92,59 |
| 48 | 1 | 1 | 96 |
| 55 | 8 | 4 | 82,08 |
| 74 | 5 | 3 | 90,24 |

Bouteille 2

| Nauplii | Umbrella | embryon | H% |
|---------|----------|---------|-------|
| 96 | 3 | 5 | 92,30 |
| 105 | 5 | 4 | 92,10 |
| 120 | 9 | 2 | 91,60 |
| 119 | 7 | 1 | 93,70 |
| 116 | 6 | 3 | 92,80 |

Bouteille 3

| Nauplii | Umbrella | embryon | H% |
|---------|----------|---------|-------|
| 80 | 4 | 8 | 86,95 |
| 98 | 7 | 5 | 89,09 |
| 102 | 2 | 7 | 91,89 |
| 94 | 12 | 4 | 85,45 |
| 129 | 14 | 8 | 85,43 |

Annexe 3

Tableau : résultats de l'étude biométrique des 100 cystes de deux souche d'artémia : *A. salina* (chott Ezzamoul) et *A. Franciscana* (Great Salt Lake Utah).

| <i>Artémia salina</i> (chott Ezzamoul) | | <i>Artémia franciscana</i> (Great Salt Lake Utah) | |
|--|-------------------|---|-----------------------|
| Cystes non décapsulés | Cystes décapsulés | Cystes non décapsulés | Cystes non décapsulés |
| 275 | 250 | 250 | 225 |
| 250 | 250 | 275 | 250 |
| 275 | 225 | 275 | 240 |
| 237,5 | 200 | 225 | 237,5 |
| 250 | 225 | 225 | 225 |
| 262,5 | 250 | 225 | 250 |
| 250 | 225 | 275 | 250 |
| 275 | 250 | 237,5 | 250 |
| 250 | 237,5 | 250 | 250 |
| 275 | 200 | 225 | 275 |
| 250 | 225 | 200 | 250 |
| 250 | 237,5 | 250 | 275 |
| 250 | 225 | 275 | 225 |
| 250 | 235 | 200 | 250 |
| 250 | 225 | 250 | 250 |
| 250 | 220 | 262,5 | 225 |
| 250 | 230 | 225 | 212,5 |
| 275 | 275 | 237 | 250 |
| 250 | 225 | 250 | 250 |
| 250 | 250 | 250 | 237,5 |
| 275 | 250 | 250 | 250 |
| 250 | 225 | 262,5 | 200 |
| 237,5 | 200 | 250 | 200 |
| 300 | 275 | 237,5 | 225 |
| 225 | 20 | 250 | 250 |
| 250 | 275 | 250 | 200 |
| 300 | 250 | 237,5 | 225 |
| 250 | 225 | 250 | 212,5 |
| 262,5 | 250 | 250 | 250 |
| 250 | 250 | 225 | 250 |
| 275 | 250 | 225 | 250 |
| 275 | 250 | 250 | 250 |
| 250 | 287,5 | 250 | 262,5 |

| | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| 300 | 250 | 212,5 | 225 |
| 250 | 225 | 225 | 200 |
| 275 | 287,5 | 212,5 | 250 |
| 287,5 | 250 | 225 | 225 |
| 275 | 250 | 262,5 | 225 |
| 250 | 225 | 237,5 | 225 |
| 250 | 275 | 225 | 200 |
| 287,5 | 275 | 250 | 212,5 |
| 250 | 225 | 212,5 | 250 |
| 275 | 275 | 237,5 | 250 |
| 225 | 250 | 225 | 275 |
| 275 | 225 | 275 | 250 |
| 275 | 275 | 262,5 | 250 |
| 250 | 287,5 | 225 | 250 |
| 250 | 275 | 250 | 225 |
| 275 | 250 | 225 | 250 |
| 287,5 | 275 | 275 | 250 |
| 250 | 275 | 250 | 250 |
| 275 | 250 | 225 | 225 |
| 250 | 250 | 250 | 250 |
| 250 | 225 | 250 | 250 |
| 300 | 250 | 275 | 250 |
| 250 | 250 | 275 | 250 |
| 250 | 225 | 225 | 275 |
| 250 | 275 | 250 | 225 |
| 237,5 | 250 | 250 | 250 |
| 262,5 | 275 | 250 | 250 |
| 225 | 250 | 200 | 200 |
| 250 | 250 | 237,5 | 225 |
| 275 | 225 | 250 | 225 |
| 250 | 250 | 250 | 200 |
| 250 | 225 | 225 | 225 |
| 225 | 250 | 250 | 250 |
| 250 | 250 | 225 | 250 |
| 250 | 275 | 237,5 | 250 |
| 300 | 225 | 262,5 | 250 |
| 275 | 275 | 250 | 225 |
| 250 | 250 | 262,5 | 225 |
| 250 | 250 | 225 | 200 |
| 275 | 225 | 250 | 275 |
| 250 | 225 | 250 | 250 |
| 250 | 250 | 250 | 250 |
| 225 | 250 | 225 | 262,5 |
| 262,5 | 275 | 225 | 200 |
| 237,5 | 225 | 225 | 225 |

| | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| 275 | 250 | 275 | 250 |
| 275 | 250 | 250 | 250 |
| 250 | 275 | 225 | 200 |
| 275 | 225 | 200 | 212,5 |
| 250 | 250 | 250 | 230 |
| 250 | 275 | 262,5 | 200 |
| 300 | 250 | 250 | 275 |
| 287,5 | 250 | 225 | 250 |
| 250 | 250 | 250 | 250 |
| 250 | 225 | 225 | 250 |
| 275 | 250 | 250 | 225 |
| 225 | 275 | 212,5 | 250 |
| 250 | 225 | 262,5 | 250 |
| 275 | 250 | 275 | 200 |
| 250 | 250 | 225 | 225 |
| 225 | 275 | 225 | 250 |
| 250 | 250 | 287,5 | 250 |
| 275 | 250 | 225 | 275 |
| 250 | 237,5 | 200 | 225 |
| 275 | 225 | 250 | 200 |
| 250 | 250 | 262,5 | 225 |
| 250 | 250 | 260 | 225 |