

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل  
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



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

**OPTION : AQUACULTURE**

**Sujet :**

**Etude biométrique de l'Artémia (*Artemia salina*) du Chott  
Marouane  
(Wilaya d'El Oued) et possibilités d'exploitation des cystes**

Présenté par :

- M. CHEKAOUI Samir
- M. SALHI Fouad

Soutenu le mercredi 24 juin 2009 devant la commission de jury suivante:

M. SEMROUD. R.....Président  
M. KACHER. M.....Examineur  
M. LOURGUIOUI. H..... Examineur  
M. BELHASNET. K..... ..Promoteur

-Promotion 2009-

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chers à mes yeux, pour ma mère qui n'a pas pu réaliser son rêve et à mon père, que le Bon Dieu les protège pour moi.*

*Je le dédie à toute ma famille en particulier mon frère Nabil et ma petite sœur Amel.*

*Mes dédicaces vont aussi à mes grandes mères, mes oncles et tantes, cousins et cousines.*

*Je tiens vivement à dédier ce travail à tous mes amis à savoir Lyacine, Younes, Hmimi, Bachir, Fares, Ibrahim, Sofiane, Zakus et à toute ma section d'aquaculture... et sans oublier mon binôme Fouad.*

*Comme je vais le dédier aussi au personnel de l'ENSSMAL en particulier Kamel, Mustafa, Ghanou, Hamid et sa mère, Sidi Ali et Aami Kamel...*

*A mes amis (es) et à toutes les personnes qui m'ont connu...*

*S. CHEKAOUI*

# Remerciements

*D'abord nous tenons à exprimer notre gratitude et notre reconnaissance à toutes les personnes ayant contribué, chacune à sa manière, pour le bon déroulement de notre formation, ainsi qu'à la réalisation de ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier Monsieur BELHASNET G., pour avoir accepté, de diriger et de suivre constamment le progrès de ce travail, par ses suggestions et ses critiques constructives, dont la patience et la sympathie m'ont fait aimer le domaine de l'aquaculture.*

*Nous tenons à exprimer nos vives gratitudees à tous nos enseignants, depuis la première année, jusqu'à la cinquième année universitaire.*

*Nous tenons aussi à remercier ;*

*Monsieur R. SEMROUD (ENSSMAL) d'avoir accepté de présider ce jury et pour sa disponibilité et surtout sa grande amabilité.*

*Monsieur KACHER (ENSSMAL), pour avoir pris le temps d'examiner ce travail.*

*Monsieur H. LOURGUIOUI (ENSSMAL), qui a bien voulu examiner et corriger ce travail.*

*Comme nous remercions aussi Monsieur P. SORGELLOOS, Monsieur G. VAN STAPPEN et Monsieur ZEMMOURI pour leurs aides et orientations.*

*Tous nos sincères remerciements s'adressent aussi au personnel de l'ENSSMAL.*

*Enfin, nous tenons vivement à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce présent mémoire.*

*« L'artémia, crevette des salines, comme catalyseur de la collaboration internationale en ce qui concerne la formation et la recherche en aquaculture et l'aspect commercial de cette activité »*

***P. Sorgeloos***

# SOMMAIRE

---

<b>INTRODUCTION:</b> .....	1
<b>CHAPITRE I : BIOLOGIE DE L'ARTEMIA.</b> .....	3
I. Systématique et classification: .....	3
II. Biogéographie de l' <i>Artémia</i> : .....	5
III. Morphologie : .....	8
1. Morphologie des cystes: .....	8
2. Nauplii : .....	10
3. Adultes : .....	12
IV. Physiologie : .....	14
V. Alimentation et respiration : .....	14
VI. Cycle biologique et reproduction : .....	14
VII. La diapause : .....	17
VIII. Ecologie : .....	18
IX. Utilisation et valeur nutritive : .....	20
1. Utilisation : .....	20
2. La valeur nutritive : .....	21
<b>CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES</b> .....	22
I. Description du site Chott Marouane : .....	22
2. Climat : .....	22
3. Paramètres physicochimiques <i>in situ</i> : .....	22
II. Choix et localisation des stations : .....	25
III. Méthode de prélèvement, de traitement et de conservation des cystes : .....	26
1. Echantillonnage: .....	26
2. Méthode de traitement des cystes : .....	27

a)	<i>Séparation selon la granulométrie (Tamisage) :</i>	28
b)	<i>Séparation selon la densité dans la saumure (300 g/l) :</i>	28
c)	<i>Lavage à l'eau douce :</i>	29
d)	<i>Séparation selon la densité en eau douce :</i>	30
e)	<i>Le séchage :</i>	31
f)	<i>La conservation :</i>	31
IV.	<i>Estimation du stock :</i>	32
V.	<i>Incubation et détermination des paramètres d'éclosion :</i>	32
1.	<i>Conditions optimales d'incubation et d'éclosion des cystes :</i>	32
a)	<i>La température :</i>	32
b)	<i>La salinité :</i>	32
c)	<i>Le pH :</i>	32
d)	<i>L'oxygène :</i>	33
e)	<i>La lumière :</i>	33
f)	<i>La densité des cystes:</i>	33
2.	<i>Incubation des cystes :</i>	33
3.	<i>Détermination des paramètres d'éclosion des cyste :</i>	34
a)	<i>Taux d'éclosion :</i>	34
b)	<i>Efficacité d'éclosion:</i>	35
VI.	<i>Mesures biométriques:</i>	36
1.	<i>Diamètres des cystes:</i>	36
2.	<i>Longueur totale des nauplii:</i>	38
3.	<i>L'analyse statistique :</i>	38

<b>CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>39</b>
I. Estimation de l'état de stock des cystes de l' <i>Artémia</i> dans le chott Marouane : .....	39
II. Etude biométrique :.....	40
1. Les cystes :.....	40
2. Les Nauplii :.....	43
III. Paramètres d'éclosion : .....	45
<b>CONCLUSION GENERALE : .....</b>	<b>47</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	
<b>ANNEXES</b>	

# Liste des illustrations

---

## Liste des figures :

Figure 1: Répartition géographique des différentes espèces d' <i>Artémia</i> d'après VAN STAPPEN, 2002.....	7
Figure 2: Schéma des structures microscopique des membranes et coquille des cystes d' <i>Artémia</i> . (D'après Sorgeloos, 1977).....	9
Figure 3: Schéma représentant un dessin d'un nauplii d' <i>Artémia</i> avec l'organe dorsal et (A, B) une image sous microscope électronique à balayage de cette organe par (DUMONT, 2002). ...	16
Figure 4: Schéma représentant le cycle de vie de l' <i>Artémia</i> (TACKAERT et SORGeloos, 1993) .....	16
Figure 5: Schéma expliquant le principe de la Bioencapsulation.....	21
Figure 6: Variation d'énergie et du poids sec de différentes formes d' <i>Artémia</i> (nauplii à l'adulte) (DHONT et <i>al.</i> , 1993).....	21
Figure 7: Graphe représentant des données météorologiques moyenne entre 2007-2009 du chott Marouane (Station météorologique de l'ENASEL El-Melgheir).....	23
Figure 8: Carte des différents chotts en Algérie (Fiche descriptive des zones humides à caractère RAMSAR, 2002) .....	24
Figure 9: Image satellitaire du site de Chott Marouane avec les 5 stations de prélèvement (Google earth 2009).....	25
Figure 10: Caractéristiques biométriques d'un cyste. A : diamètre de cyste hydraté, a: diamètre de cyste décapsulé et a': épaisseur du chorion. ....	38
Figure 11: Caractéristiques biométriques d'un Nauplii. b : longueur du Nauplii. ....	38
Figure 12 : Histogramme représentant la quantité de cyste (g) de chaque station. ....	39
Figure 13: Histogramme de la biométrie des cystes des différentes espèces. ....	42
Figure 14 : Distribution des fréquences de la biometrie des cystes de <i>A. salina</i> du chott Marouane en (A) cystes non décapsulés ; (B) cystes décapsulés. ....	43
Figure 15 : Distribution des fréquence de la taille des Nauplii d' <i>Artémia</i> du Chott Marouane...	44
Figure 16: Résultats des paramètres d'éclosion: T.E (Taux d'Eclosion) et E.E (Efficacité d'éclosion). ....	45

Figure 17: Variation de la pluviométrie et de l'évaporation du chott Marouane des 3 dernières années (2007-2009). (1): Hydratation, (2): déshydrations. (Données de la station météorologique ENASEL El-Meghaier).....46

### **Liste des photos:**

Photo 1: Photographie sous loupe binoculaire des cystes déshydratés (biconcave) (X 40). .....	9
Photo 2: Photographie sous loupe binoculaire des cystes (sphérique) : (A) hydratés, (B) décapsulés (X 40).....	9
Photo 3: Photographie sous loupe binoculaire (X 45) des cystes (A) stade breaking, (B) stade parachute. ....	11
Photo 4: Photographie sous loupe binoculaire (X 45) d'un nauplii de 24 heures. (a : antennules, .....	11
Photo 5: Photographie sous loupe binoculaire (X 45) d'un metanauplius (instar II). ....	11
Photo 6: Photographie sous loupe binoculaire (X 15) d'Artémie adulte (femelle et mâle) avec les 11 paires de thoracopodes. ....	13
Photo 7: Photographie sous loupe binoculaire (X 20) de l' <i>Artémia</i> mâle et femelle en phase d'accouplement.....	13
Photo 8 : Photographie présentant le site de chott Marouane. ....	24
Photo 9: Photographie d'un échantillonnage des cystes avec une petite pelle. ....	26
Photo 10: Photographie du séchage (A) et du broyage (B) des échantillons brutes. ....	27
Photo 11: Photographie du tamisage (B) à différents tamis (C) d'un échantillon brut (A).....	28
Photo 12: La séparation selon la densité et la récupération dans un filet de petites mailles. ....	29
Photo 13: Lavage à l'eau douce pour l'élimination du sel. ....	30
Photo 14: Séparation à l'eau douce pour récupérer que les cystes pleins. ....	30
Photo 15: étuvage et séchage des cystes. ....	31
Photo 16: présentation de dispositif d'incubation, sur l'angle les 2g de cystes incubés.....	34
Photo 17: L'échelle de micromètre (cyste près de zéro).....	37

## **Liste des tableaux:**

Tableau 1: Les différentes souches d' <i>Artémia</i> bisexuelles dans le monde.....	4
Tableau 2: Importants sites d' <i>Artémia</i> en Algérie (VAN STAPPEN, 2002). .....	6
Tableau 3: Présentation de l'effet de l'oxygène et de la nourriture sur le mode de reproduction de l' <i>Artémia</i> .....	15
Tableau 4: Données climatique de l'air du chott Marouane entre 2007-2009 (Station météorologique de l'ENASEL El-Melgheir).....	23
Tableau 5: Positionnement des stations de prélèvement de Nsigha à l'aide d'un GPS. ....	25
Tableau 6: Résultats des quantités de cystes trouvés dans chaque station : .....	39
Tableau 7 : Données biométrique des cyste de différentes espèces( n= 100).....	40
Tableau 8: Comparaison des différent résultats biométrique des cystes de différente souches d' <i>Artémia</i> algérienne. ....	41
Tableau 9 : Taille des des Nauplii des différentes espèces d' <i>Artémia</i> . ....	44
Tableau 10 : Détermination des paramètres d'éclosion des cystes du chott Marouane. ....	45

## INTRODUCTION:

L'aquaculture a pris des allures de développement depuis ces dernières décennies avec la praticabilité commerciale de domestication complète de nouvelles espèces (**LAVENS et SORGELLOOS, 1996**). L'élevage contrôlé des post-larves issues de la reproduction artificielle, ou en d'autres termes l'existence des écloséries, est devenue dans le monde entier une pratique générale pour beaucoup d'espèce de poissons, de mollusques et de crustacés.

Aujourd'hui, par exemple, des milliards de post-larves de crevette, de salmonidés, plus de 150 millions de jeunes bar européens et de daurade, quelques 200 millions de la brème... etc. Sont produits annuellement à partir des œufs incubés (**LAVENS et SORGELLOOS, 1996**). L'élevage de ces larves est en générale réalisé dans des conditions contrôlées qui exigent des techniques spécifiques, particulièrement ce qui concerne la zootechnie et les stratégies d'alimentation en particulier. De par leur ontogenèse, les larves de poisson doivent se nourrir activement bien avant que le développement de leur système digestif ne soit achevé. Dans l'état actuel des connaissances, pour la plupart des espèces marines, les aliments inertes proposés ne conviennent pas aux premières phases de la vie larvaire. Il est donc nécessaire d'alimenter ces larves avec des proies vivantes depuis la première prise de nourriture (larves de 0,2 à 0,4 mg selon les espèces) jusqu'à un stade post-larves (de plus de 50 mg). Cette phase représente une période courte (1 à 2 mois), mais cruciale où la croissance est rapide (**GUILLAUME et al., 1999**). La bouche de **petite taille**, le développement inachevé de l'appareil digestif, sont des facteurs de limitation dans le choix et l'utilisation appropriés d'alimentation au cours de la période dite « startfeeding ».

Par conséquent, le succès de cette aquaculture dépend essentiellement de la disponibilité d'une nourriture abondante et adéquate pour les jeunes stades. Il s'est avéré que la culture en masse de zooplancton (Daphnies, rotifères et copépodes), constitue la nourriture naturelle vivante pour ces stades larvaires. La découverte par **Seale (1933)** et **Rollefsen (1939)** que les larves d'*Artémia* constituaient une excellente source de nourriture pour des jeunes alevins, représente une percée importante dans le développement de l'aquaculture (**VERSICHELE et al., 1989 ; VANDEKERKHOVE et al., 2008**). Cette nourriture vivante peut en effet être produite facilement à partir de cystes trouvés en grandes quantités sur les berges des lacs salés (**GRANVIL, 2000**). Ces cystes sont en fait des embryons en stade de diapause qui peuvent être conservés pendant des années et qui, après hydratation pendant 24 h dans de l'eau de mer, produisent des larves nageantes (**SORGELLOOS, 1980**).

Aujourd'hui, l'*Artémia* est considérée comme une proie vivante irremplaçable dans les élevages larvaires de nombreux poissons et crustacés (**SORGELLOOS et al., 2001**).

De ce fait, La demande de cyste d'*Artémia* en aquaculture a grimpé jusqu'à plus de 2000 tonnes annuellement (**SORGELLOOS et al., 2001 ; DHONT et VAN STAPPEN, 2003**). Afin de soutenir le secteur de l'aquaculture à croissance rapide (**LAVENS et SORGELLOOS, 2000**), des ressources naturelles autres que le Grand Lac Salé en Utah (Etats-Unis) devraient être exploitées en tant que sources commerciales alternatives (**TRANTAPHYLLIDIS et al., 1994 ; LAVENS et SORGELLOOS, 2000**).

En Afrique, onze (11) pays dont fait partie l'Algérie possèdent cette ressource précieuse. L'Algérie avec ses neuf (9) sites (**VAN STAPPEN, 2002**), Cinq (5) de ces sites ont été décrits par (**ZEMMOURI, 1991**), et celui de la saline d'Arzew est étudié par (**HADDAG, 1991**) et récemment c'est le chott Marouane (wilaya d'El Oued) qui est étudié par (**KARA et al., 2004**).

Néanmoins, ces travaux restent restreints. Donc dans ce contexte complémentaire et nouveau que s'inscrit ce présent travail. L'objectif visé c'est de fournir une appréciation de la qualité d'*Artémia* du Chott Marouane. La morphométrie des cystes, des nauplii et la qualité d'éclosion seront examinés ainsi qu'une estimation du stock existant. En outre, sur la base du stock existant une unité de traitement et de conditionnement des cystes « unité techniquement réalisable, humainement maîtrisable et économiquement rentable » sera proposée, et qui est prévue dans le schéma national directeur horizon 2025 que le Ministère de la Pêche et les Ressources Halieutique a mit pour le développement de la pêche et de l'aquaculture.

Pour cette étude nous avons entrepris la démarche suivante :

Dans le premier chapitre, nous avons abordé la biologie du genre *Artemia* à travers de nombreux recueils bibliographiques existants.

Puis, dans le deuxième chapitre, nous avons décrit la méthodologie suivie pour l'échantillonnage, le traitement, l'incubation et l'étude biométrique ainsi que le matériel utilisé.

Et enfin, dans le troisième et dernier chapitre, nous avons interprété et discuté les résultats obtenus par rapport aux autres souches d'*Artémia* qui existent dans le monde.

En dernier lieu, une conclusion générale a été dégagée avec des propositions des actions d'exploitations de l'*Artémia* dans le futur pour le Chott Marouane.

## CHAPITRE I : BIOLOGIE DE L'ARTEMIA.

### I. Systématique et classification:

- Embranchement : Arthropodes
- Classe : Crustacés
- Sous classe : Branchiopodes
- Ordre : Anostracés<sup>1</sup>
- Famille : Artemiidae
- Genre : *Artemia*, **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 artémies désignées sous le nom *d'Artemia salina* (**Linnaeus 1758**).

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

1. La morphologie générale des adultes aussi bien que certaines caractéristiques telles que la forme et la morphologie des claspers des mâles (**GRETA et al., 1979**).
2. Le nombre spécifique des chromosomes (**TRIANANTAPHYLIDIS et al., 1996**).
3. La distance génétique déterminée par électrophorèse des allosomes.
4. Expériences de croisement pour la démonstration et l'isolement des reproducteurs dans les conditions du laboratoire.

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

---

<sup>1</sup> Espèces dépourvues de carapace.

Les résultats de ces travaux ont montré qu'en plus des aspects morphologiques, ces populations se distinguent entre elle par des caractéristiques liées à la génétique et les mécanismes de reproduction (KAPPAS *et al.*, 2004).

Récemment, Pilla et Beardmore (1994) ont étudié les populations orientales (Asie). Ils ont expliqué que *A. urmiana*, *A. sinica* et des populations du Kazakhstan (origine inconnue) montrent une grande différenciation morphologique et génétique. Il est donc évident qu'une combinaison des critères devrait être considérée pour caractériser les populations nouvelles d'*Artémia* (MUNOZ *et al.*, 2008) (c.-à-d. morphologie, distance génétique, cytogénétique, isolement écologique et expériences de croisement).

L'*Artémia* se compose d'un certain nombre d'espèce bisexuelle et d'un grand nombre d'espèces 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 différents ploïdies (ABATZOPOULOS, 2003a).

Parmi les souches bisexuelles d'*Artémia* (populations composées de mâles et femelles), six espèces ciblées sont décrites (SORGELLOOS *et al.*, 1986 ; SORGELLOOS et BEARDMORE, 1996), et récemment la découverte d'une nouvelle espèce au Tibet (tableau 1).

**Tableau 1: Les différentes souches d'*Artémia* bisexuelles dans le monde.**

Espèce	Répartition (biotope)
<i>Artemia salina</i> (Linnaeus ; 1758)	Angleterre et mer méditerranée
<i>Artemia tunisiana</i> synonyme d' <i>Artemia salina</i> (Bowen, et Sterling; 1978)	Tunisie.
<i>Artemia urmiana</i> (Gunther ; 1900)	Iran
<i>Artemia sinica</i> (Yanege ; 1989)	Asie.
<i>Artemia Persimilis</i> (Piccinelit et Prosdocimi ;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 <i>et al.</i> , 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) et sont désignées par le nom de « *Artemia parthenogenetica* ».

On a remarqué aussi la coexistence de deux espèces dans le même habitat, des mélanges des populations parthénogénétiques et zygotique ont été enregistrés dans des salines méditerranéennes (**SORGELOOS et BEARDMORE, 1996**).

## II. Biogéographie de l'*Artémia* :

L'*Artémia* a été décrite pour la première fois à Lymington (Angleterre) par **Schlosser en 1755 (ABATZOPOULOS, 2006)**. Depuis plusieurs sites ont été découverts qui contenaient cette espèce. De ce fait, il est important de connaître sa répartition dans le monde et la recherche de nouvelles espèces.

La biogéographie de l'*Artémia* est discutée par rapport à la différenciation entre les espèces d'un même ancêtre et par rapport au mode de reproduction (**GAJARDO et al., 1998**).

L'*Artémia* est largement distribuée sur les cinq continents (**VANHAECKE et SORGELOOS, 1980**) dans beaucoup de lacs salés, de lagunes côtières et de salines (**figure 1**).

Dès 1915 **Abonyi** a édité une liste de 80 emplacements dans le monde d'*Artémia*, située dans 21 pays. Des listes semblables ont été éditées par **Artom (1922)**, avec 18 emplacements, **Stella (1933)** 28 emplacements, et **Barigozzi (1946)** 29 emplacements. **Persone et Sorgeloos (1980)** ont passé en revue la biogéographie d'*Artémia*, qui a compris une liste d'environ 250 emplacements réparti sur 48 pays dont l'Algérie. **VANHAECKE et al., (1987)** ont édité une liste actualisée, couvrant 350 emplacements naturels d'*Artémia*, et la complétant avec des coordonnées géographiques, des informations sur le mode de reproduction et les noms d'espèces si elles sont disponibles.

Dix ans après **TRANTAPHYLIDIS et al., (1998)** ont compilé des revues précédentes, des rapports récents et des communications personnelles dans une liste d'environ 500 emplacements d'*Artémia* dans le monde à l'exception de l'antarctique (**SALINE SYSTEMS, 2006**), et ont discuté les données biogéographiques par rapport à la connaissance la plus récente de la génétique et à la morphométrie du genre *Artémia* (**figure 1**).

Au Maghreb par exemple, on trouve l'*Artemia* dans des sites appelé Chott, Sebkhah ou encore Mellaha. Les Chotts et les Sebkhahs sont de grandes dépressions fermées, alimentées par les eaux de pluies et de ruissellement mais les Chotts sont plus grands en superficie que les Sebkhahs. Quand aux Mellaha, elles constituent un ensemble de mares, où l'eau de mer s'évapore sous l'effet du soleil jusqu'à la cristallisation du sel (**HADDAG M., 1991**).

Jusqu'ici, il n'y a aucun exemple connu de la coexistence naturelle de différentes espèces bisexuelles. Mais l'existence des populations sexuelles et des populations parthénogénétiques sont observées dans certains sites de la méditerranée (**TRANTAPHYLIDIS et al., 1997**).

Chez nous, en Algérie peu d'études ont été faites sur l'Artémia (AMAROUAYACHE et KARA, 2006) et elle se retrouve dans de nombreux sites, décrit par (SORGELOOS, 1980). Les sites où il existe de l'Artémia sont représentés dans le **tableau 2** :

**Tableau 2: Importants sites d'Artémia en Algérie (VAN STAPPEN, 2002).**

Les localités	Coordonnées géographiques	Mode de reproduction
Oasis de Chegga	34°29'N ; 05°53'E	Inconnu
<b>Chott Marouane</b>	<b>34°03'N ; 06°20'E</b>	-
Chott Ouargla	31°57'N ; 05°20'E	-
Dayet Morselli	35°30'N ; 00°46'E	-
Saline de Gharbas	35°35'N ; 00°25'E	-
Sebkhet Djendi	35°43'N ; 06°32'E	-
Sebkhet Ez Zemoul	35°53'N ; 06°33'E	-
Sebkhet Oran	35°32'N ; 00°48'E	-
Tougourt	33°06'N ; 06°07'E	-
Sebkhet d'Arzew	35°43' N ; 00°08'O	-

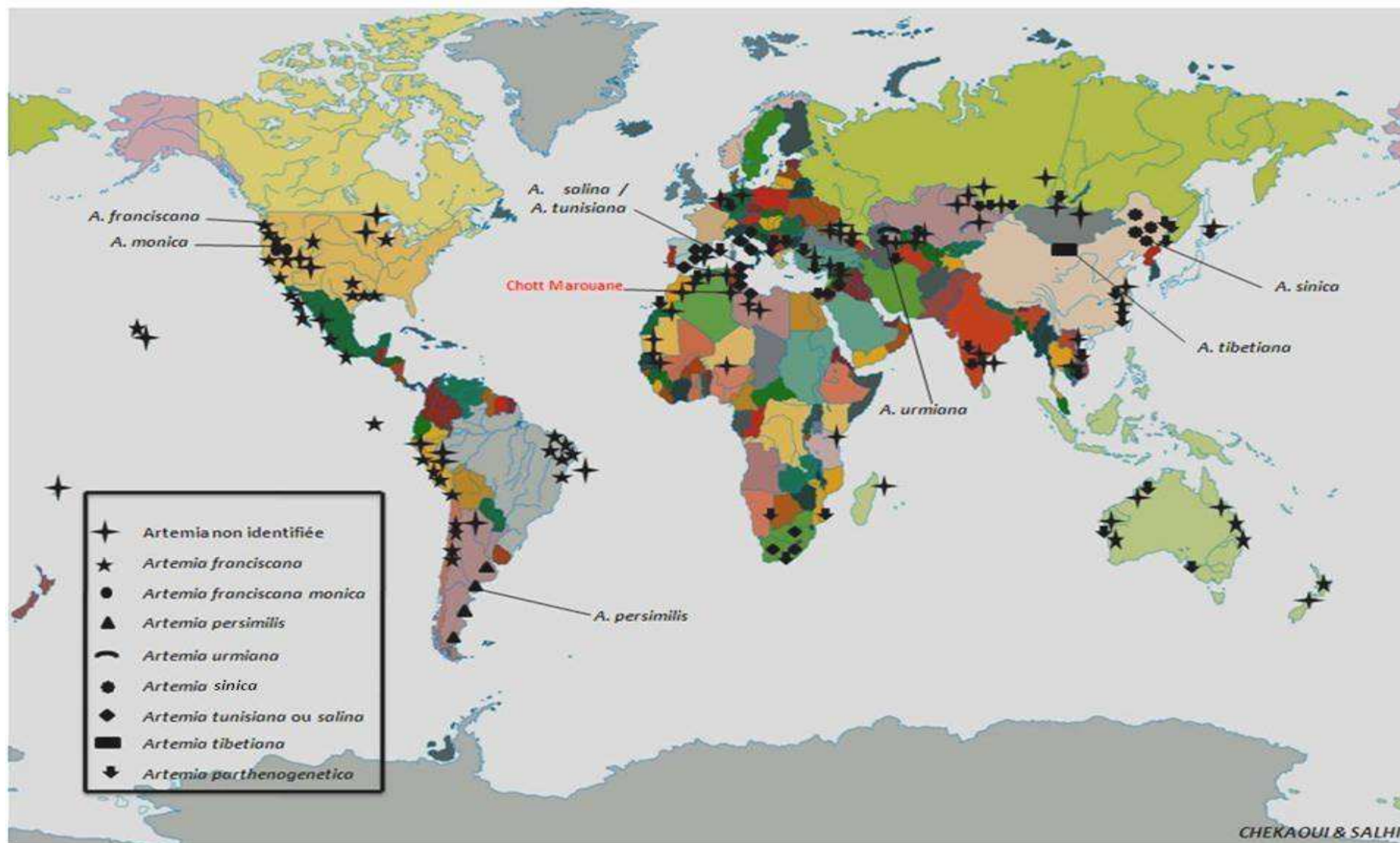


Figure 1: Répartition géographique des différentes espèces d'*Artemia* d'après VAN STAPPEN, 2002.

### III. Morphologie :

Dans son environnement naturel, à certains moments de l'année lorsque les conditions sont défavorables, l'*Artémia* produit des cystes qui flottent sur la surface de l'eau et qui sont projetés à terre par le vent et ondule, s'accumulent sur le rivage des salines ou ils pourraient séjourner plusieurs années sans que leur état ne soit altéré...

#### 1. Morphologie des cystes:

Les cystes sont les œufs de l'*Artémia*. Ils ont une couleur brunâtre grâce à la présence d'hématine dans la composition de la coquille et ils ont une forme sphérique biconcave (déshydraté par les conditions d'hyper salinité) (**Photo1**). Ces cystes sont métaboliquement inactifs et ne se développent pas, tant qu'ils sont gardés à sec.

Les cystes ont une mince couche cuticuleuse qui est la membrane Chorionique d'un diamètre de 3-16  $\mu\text{m}$  (**ABATZOPOULOS et al., 2006**) et qui se sépare en trois (3) couches (**figure 2**) successives (**SORGEOS et al., 1977 ;VAN STAPPEN, 1996**) :

- a. **Couche alvéolaire:** c'est une couche dure de 1,2  $\mu\text{m}$  d'épaisseur (**WHEELER et al., 1972**) se composant des lipoprotéines imbibées de la chitine et de l'hématine, la concentration en hématine détermine la couleur du cyste. c.-à-d. à partir de pâle au brun foncé. Son fonctionnement principal est d'assurer la protection de l'embryon contre les perturbations mécanique et le rayonnement UV. Cette couche peut complètement être retirée par traitement d'oxydation avec de l'hypochlorite (eaux de Javel).
- b. **Membrane cuticulaire:** seconde couche avec 4,7  $\mu\text{m}$  d'épaisseur (**WHEELER et al., 1972**) et qui protège l'embryon contre la pénétration des molécules plus grandes que la molécule de  $\text{CO}_2$  (= membrane multicouche avec le fonctionnement très spécial de filtre ; agit en tant que barrage de perméabilité).
- c. **Cuticule embryonnaire :** couche transparente et hautement élastique qui sépare l'embryon de la membrane cuticuleuse intérieure avec une épaisseur de 1,8  $\mu\text{m}$  (**WHEELER et al., 1972**).

Tant que le cyste reste déshydraté, le métabolisme de l'embryon reste à l'arrêt. Cet état est réversible ; cela après immersion du cyste dans de l'eau (hydratation). Dans deux heures maximum (**ZEMMOURI, 1987**) les cystes deviennent sphérique (**Photo 2**) et suivant la race géographique leur diamètres vari entre 200-300  $\mu\text{m}$  (**SORGELOOS, 1999**). Après une incubation de 24 heures, la coquille éclate et laisse apparaitre une partie du futur nauplius (**VERSICHELE et al., 1991**).

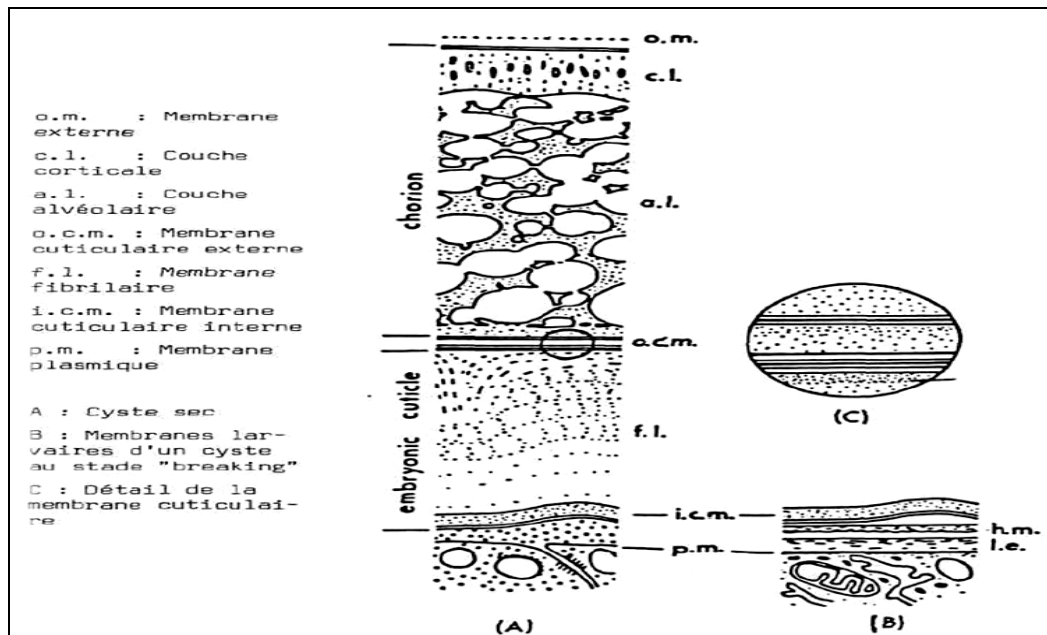


Figure 2: Schéma des structures microscopique des membranes et coquille des cystes d'Artémia. (D'après Sorgeloos, 1977).



Photo 1: Photographie sous loupe binoculaire des cystes déshydratés (biconcave) (X 40).

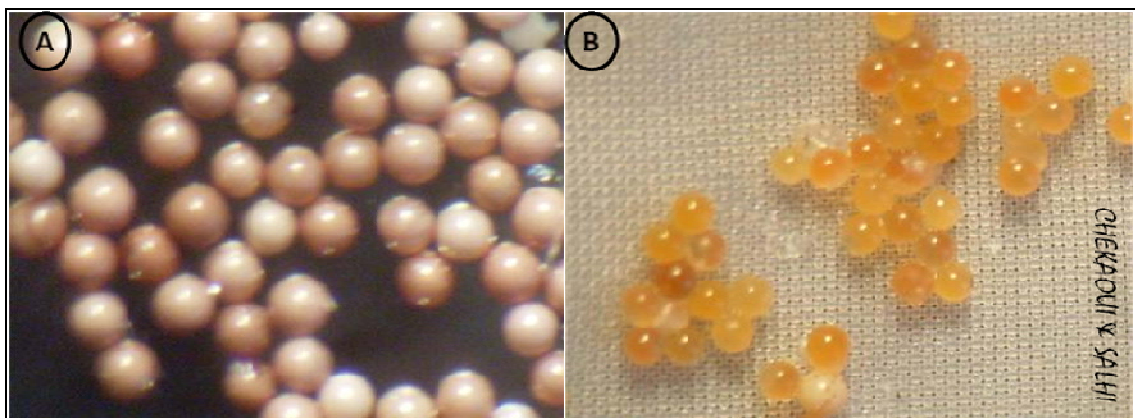


Photo 2: Photographie sous loupe binoculaire des cystes (sphérique) : (A) hydratés, (B) décapsulés (X 40).

## 2. Nauplii :

Le pré-nauplius est expulsé petit à petit de sa coquille jusqu'à la quitter complètement : c'est l'étape « parachute » ou encore « parapluie » (**Photo 3**).

Une fois hors de sa coquille la larve future reste entourée de sa membrane d'éclosion qui après peu de temps subit une rupture par le battement continu des appendices. Ainsi le nauplius est né, d'une taille moyenne de 400  $\mu\text{m}$  selon (**VAN STAPPEN, 1996**) et 400-550  $\mu\text{m}$  selon (**ABATZOPOULOS et al., 2006**). Cette étape s'appelle également l'étape de « breaking ».

Le développement de Nauplius se fait en 9 étapes regroupées (**Annex 2**).

La première étape larvaire, également appelée **Instar I**, le nauplius a une couleur orange en raison de sa teneur élevée des réserves vitellines. Un oeil naupliaire rouge peut être discerné dans la région centrale de la tête (**SORGELOOS, 1980**), appelés aussi « Ocelle ».

Le nauplius a trois paires d'appendices (photo 4):

- les premières antennules (fonctionnement sensoriel),
- les deuxièmes antennes (locomotion + fonction de filtration d'aliment)
- les mandibules (pour la prise de nourriture).

Le côté ventral est couvert par un grand labrum (sac de réserves pour prise de nourriture : transfert des particules à partir des antennes de filtrage dans la bouche), mais la larve **Instar I** ne prend pas la nourriture car son appareil digestif n'est pas fonctionnel encore ; elle s'alimente complètement de ses réserves vitellines (**VAN STAPPEN, 1996**).

Du côté dorsal est situé l'organe osmoregulateur en forme de dôme (voir physiologie).

Au deuxième stade larvaire **Instar II** qui groupe 4 étapes de développements, l'individu croit en longueur, sur la tête aucun changement ne se fait voir ; les particules retenues par les soies sont transférées au labre ou mandibules. Sur le reste du corps, par transparence on peut suivre l'intestin qui aboutit à une petite écorchure à l'extrémité postérieure : « l'anus ». ainsi à ce stade l'appareil digestif devient fonctionnel (**ZEMMOURI, 1987**).

Les antennes lobulaires appareillées apparaissent dans la région de réseau joncteur et se différencient en thoracopodes. Des deux côtés d'œil naupliaire les yeux transversaux complexes se développent (**SORGELOOS, 1980**).

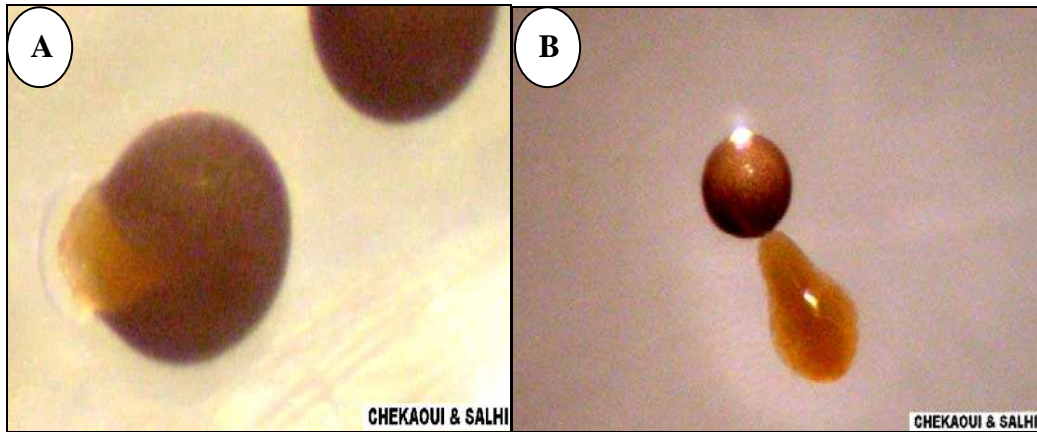


Photo 3: Photographie sous loupe binoculaire (X 45) des cystes (A) stade breaking, (B) stade parachute.



Photo 4: Photographie sous loupe binoculaire (X 45) d'un nauplii de 24 heures. (a : antennules, an : antennes, mn : mandibules, on : œil naupliaire, rv : réserves vitellines)



Photo 5: Photographie sous loupe binoculaire (X 45) d'un metanauplius (instar II).

### 3. Adultes :

Le corps d'une Artemia adulte mesure environ 10 mm de longueur (VAN STAPPEN, 1996) chez les populations bisexuelles, alors que chez les races parthénogénétiques elle atteint 20 mm (ZEMMOURI, 1987). Il est dépourvu de carapace (anostracé) mais clairement segmenté (HADDAG, 1991). Il comprend trois parties bien distinctes: la tête, le thorax et l'abdomen.

La tête est relativement large comportant une paire d'yeux complexes, l'œil naupliar, 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 qui constituent la cavité buccale sont reliées linéairement à l'oesophage, qui aboutit dans l'estomac. (VAN STAPPEN, 1996).

Le thorax comprend 11 segments portant chacun une paire de thoracopodes qui assurent la respiration, la locomotion et la fonction alimentaire de l'animal (HADDAG, 1991). Le segment externe du thoracopode (exopodite) joue le rôle de branchies. La partie médiane du thoracopode (endopodite) permet la propulsion et les mouvements du corps de l'animal. Le segment interne du thoracopode (télopodite) intervient lors de la filtration de l'eau par l'animal, afin de retenir les particules alimentaires qui se trouvent suspendues dans l'eau (VAN STAPPEN, 1996).

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). L'abdomen 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).

A la 9ème étape, des modifications morphologiques et fonctionnelles importantes ont lieu : c.-à-d. les antennes perdent leur fonction locomotrice et subiront la différenciation sexuelle : dans les mâles elles se développent en **claspers** accrochés, alors que les antennes femelles se dégènèrent en annexes sensorielles (SORGELOOS, 1980).

Le mâle adulte est caractérisé par deux claspers dans la région de la tête et les organes reproducteurs appareillés, situés derrière les thoracopodes (**Photo 6**).

La femelle adulte est caractérisée par une deuxième antenne primitive et une poche ou utérus (deux sacs ovariens). Les oeufs se développent dans les deux ovaires tubulaires. Une fois qu'ils sont mûrs ils deviennent sphériques et émigrent par l'intermédiaire de deux oviductes dans le sac ovarien (**Photo 6-7**).

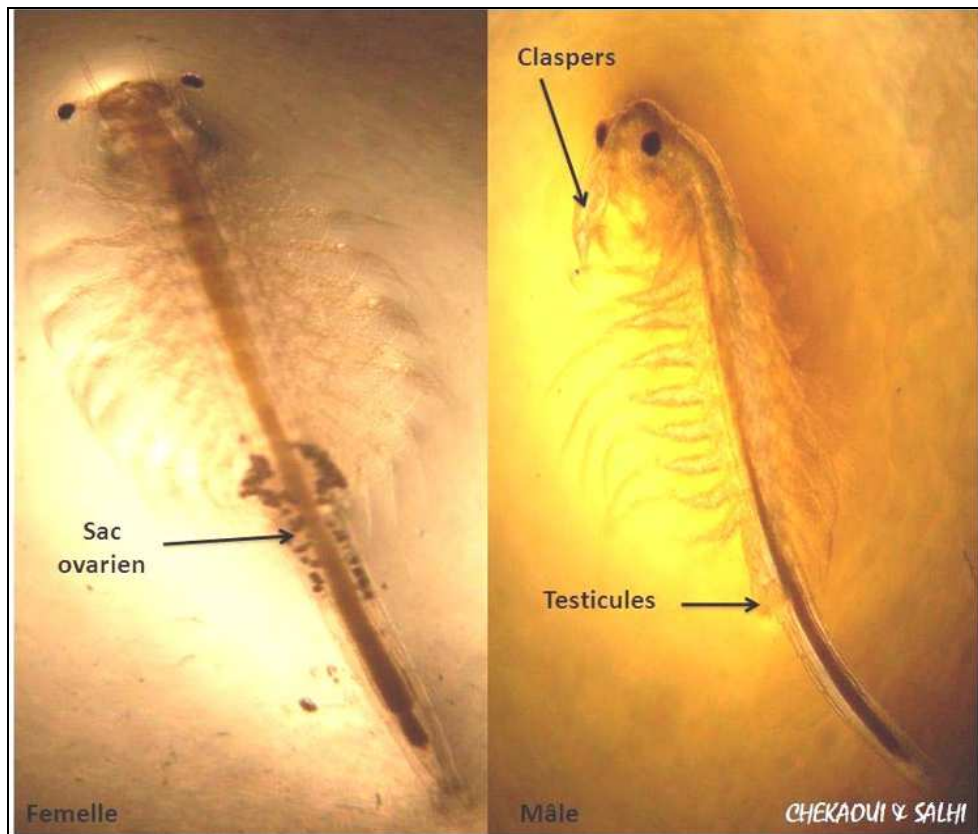


Photo 6: Photographie sous loupe binoculaire (X 15) d'Artémia adulte (femelle et mâle) avec les 11 paires de thoracopodes.



Photo 7: Photographie sous loupe binoculaire (X 20) de l'Artémia mâle et femelle en phase d'accouplement.

#### IV. Physiologie :

*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 (**Figure 3**) qui excrète des sels (**DUMONT et al., 2002**). Au cours des variations assez larges, elle peut même maintenir son sang à concentration à peu près constante.

Les pigments du sang chez *Artémia* sont en solution (**ZEMMOURI, 1986**) 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.

#### V. Alimentation et respiration :

Ces deux processus physiologiques furent 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. Concernant l'alimentation, *l'Artemia* est un animal filtreur obligatoire non sélectif, qui, à l'aide de ses antennes et thoracopodes capte les particules alimentaires en suspensions. Grâce aux battements des thoracopodes, des courants d'eau se créent le long de la surface ventrale de l'animal. Les telepodites concentrent 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 dans l'œsophage. *L'Artemia* est en mesure d'ingérer de petites particules comme les microalgues (**PROVASOLI et AGOSTINO, 1969**).

#### VI. Cycle biologique et reproduction :

La reproduction de *l' Artémia* fut étudiée par **GOLDSHMITT (1952), FAUTREZ et FURLEFEAN (1957)**. Une population d'*Artemia* peut être bisexuelle ou parthénogénétique sans, toutefois, présenter la capacité d'alterner son mode de reproduction comme cela se passe chez la *Daphnie* et les rotifères (**ABATZOPOULOS et al., 2003**). Donc elles peuvent être, soit bisexuées, soit parthénogénétiques. Il existe deux types de reproduction chez *l'Artémia* (**Figure 4**) (**TACKAERT et SORGELOOS, 1993**) :

Soit **ovovivipare** (production de **nauplii**) : lorsque les conditions de développement sont favorables. Après la fertilisation, les œufs ne sont pas entourés d'un chorion mais vont se développer immédiatement en **nauplii** dans le sac ovarien de la femelle.

Ces nauplii sont alors relâchés dans l'eau en tant que nauplii libres prêts à nager. Et ce type de reproduction est généralement lié aux parthénogénétiques (**DUMONT et al., 2002**).

Soit **ovipare** (production d'**œufs**), lorsque les conditions sont défavorables, la femelle pond des œufs appelés œufs de duré ou **cystes** de l'embryon peut rester vivant à l'intérieur de la coque pendant des années quant l'œuf est bien conservé contre l'humidité. Ces œufs, une fois incubés dans l'eau de mer préparée aux conditions d'incubation, se gonflent, atteignent le maximum de leur diamètre qui varie entre (100 et 300  $\mu\text{m}$ ) et donnent naissance à des nauplii dont la taille est de l'ordre de (400  $\mu\text{m}$ ). Le nauplius passe par plusieurs stades de développement (mue) pour arriver au stade adulte (0,8 à 2 cm).

Chez l'*Artémia* il y a deux types d'œufs (**DUMONT et al., 2002**) : œufs parthénogénétiques de fuselage polaire unique tandis que les œufs gaméto-génétique ont besoin de la fécondation et de l'expulsion de deux fuselages polaires. Dans la formation de vitellus, les mitochondries sont d'importance essentielle. Les cellules annexes (de départ) deviennent polyploïdes par l'endomitoses et rejettent leur ADN nucléaire dans le cytoplasme avant d'être phagocyté par l'oocyste de développement. Le mode de reproduction est contrôlé par des facteurs environnementaux tels que le taux d'oxygène et/ou la fluctuation de type d'aliments (**VOS et al., 1980**). Dans la pratique les suppositions présentées dans le tableau 3 sont admissibles:

**Tableau 3: Présentation de l'effet de l'oxygène et de la nourriture sur le mode de reproduction de l'Artémia.**

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)

Le mode de la reproduction est déterminé une fois que les œufs sont descendus dans le sac ovarien de la femelle et sont fécondés.

Dans une série d'œufs produits chez une femelle tous les œufs sont des cystes ou des œufs ovovivipares. En d'autres termes seulement un mode de reproduction se produit selon le lot. L'*Artemia* adulte peut vivre pendant plusieurs mois (dans les bonnes conditions) et la femelle produit une série neuve d'œufs tous les 5 jours. Dans la reproduction ovipare le nombre de la progéniture est généralement supérieur à celui de la reproduction ovovivipare.

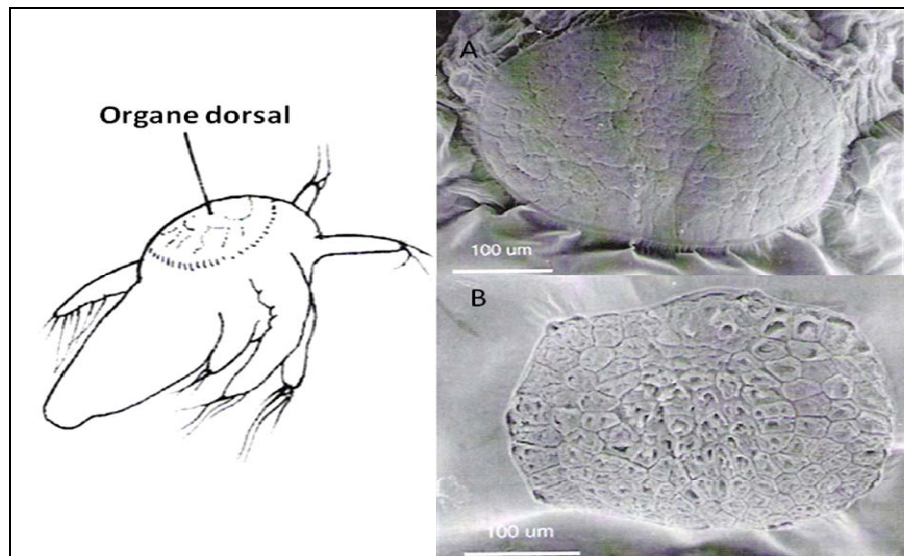


Figure 3: Schéma représentant un dessin d'un nauplii d'*Artémia* avec l'organe dorsal et (A, B) une image sous microscope électronique à balayage de cette organe par (DUMONT, 2002).

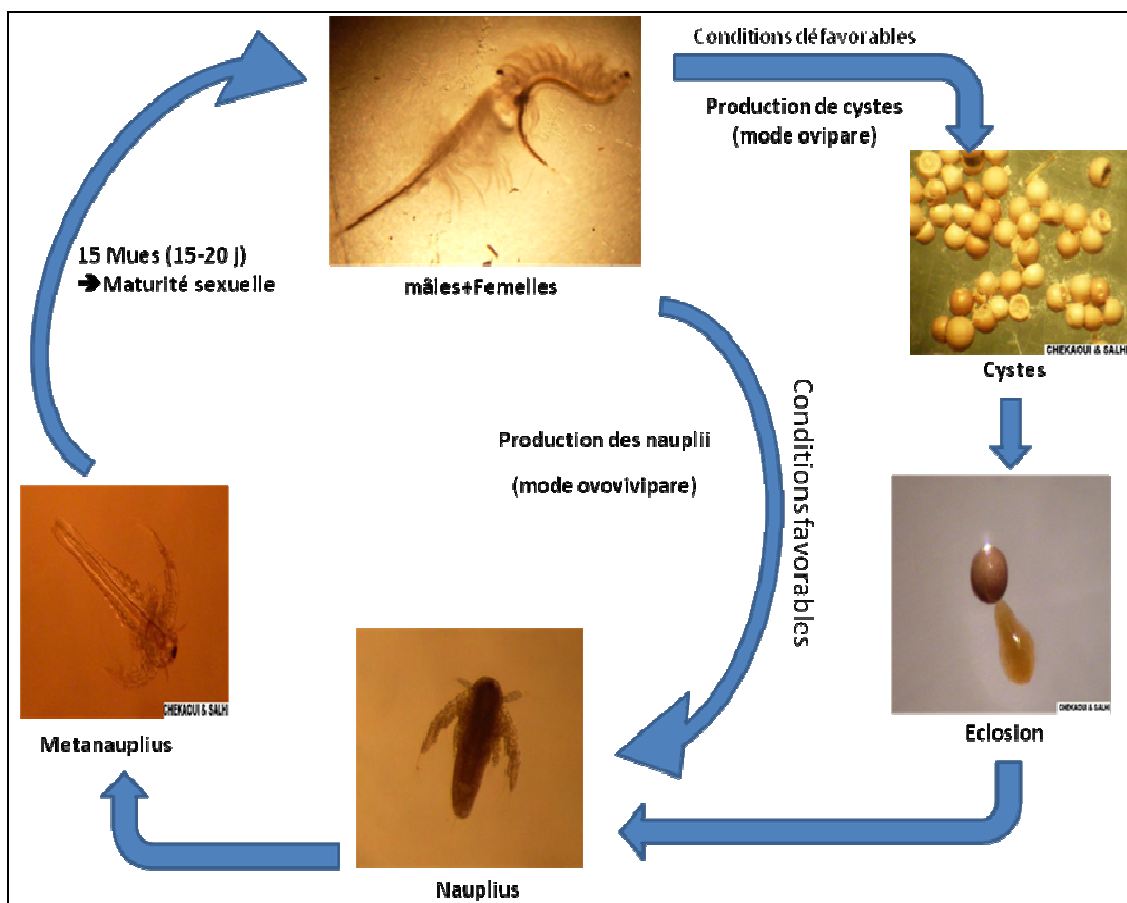


Figure 4: Schéma représentant le cycle de vie de l'*Artémia* (TACKAERT et SORGELOOS, 1993).

## VII. 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 elle ne peut pas être distinguée 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 ou 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 (VAN STAPPEN, 1996) 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).

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).

## VIII. Ecologie :

L'*Artémia* (Crustacée, Anostracés) est un organisme qui habite des environnements des hypersalins partout dans le monde, telles que les lacs salés et salines, dans des localités intérieures et côtières, excepté l'Antarctique (**TRANTAPHYLLIDIS et al., 1998**).

Les plupart des études faites par de nombreux auteurs sur la détermination des facteurs environnementaux et les composantes génétiques influençant la durée de vie et les traits reproducteurs de l'*Artémia* se sont concentrés sur la température et la salinité qui sont des paramètres physiques les plus importants (**ABATZOPOULOS, 2003a**) affectant la vie des organismes hypersalins.

Ce branchiopode a acquis des fluctuations adaptatives larges et souvent brusques et extrêmes dans la salinité, l'irradiation UV, la température et la concentration en oxygène (**PERSOONE ET SORGELOOS, 1980**). L'hétérogénéité de son habitat, particulièrement la composition ionique, est corrélée avec le diamètre des cystes et le poids des nauplii des différentes espèces (**VAN STAPPEN et al., 2001**). Les populations d'*Artémia* sont répandues dans les zones tropicales, subtropicales, zones a climat tempérés, le long du littoral et a l'intérieure des terres allant de 100 à 1000km de la mer (**SORGELOOS et al., 1996**). Comme: les lagunes, les lacs, les étangs et les salines naturelles ou aménagées. Les milieux côtiers sont dits thalassohalins en raison de leur richesse en chlorure de sodium (l'exemple de Chaplin Lake, Canada). Alors que les autres, intérieurs, sont dits athalassohalins, riches en Sulfate, en Carbonate ou encore en Potassium (Mono Lake, USA). (**ZEMMOURI, 1985**).

Les biotopes typiques d'*Artémia* montrent une structure trophique très simple et peu de diversité d'espèces, l'absence de prédateurs et de compétiteurs en nourriture lui permet de se développer en monoculture (**SORGELOOS et al., 1996**), et vue que la salinité est un facteur essentiel pour sa présence (présence de prédateurs dans les salinités les plus basses ou intermédiaires) (**VAN STAPPEN, 2002**). Le vent, vagues et oiseaux sont les facteurs principaux qui interviennent dans la dispersion des cystes a travers la nature, les cystes flottant adhérent aux pattes et plumes d'oiseaux et restent intacts, quelques jours, dans leurs tubes digestifs (**CLAUS et al., 1978**). Depuis les années 70 à nos jours, c'est l'homme qui joue aussi un rôle important dans cette dispersion au moyen d'inoculation au niveau des salines destinées a l'exploitation du sel. Cette opération est très fructueuse, car elle est bénéfique à la fois pour l'aquaculture et pour l'amélioration de la qualité et quantité du sel.

L'Artémia se caractérise par :

- Une grande capacité d'osmorégulation.
- Une capacité de synthétiser efficacement les pigments respiratoires.
- Une capacité de produire des cystes dormant quand les conditions de l'environnement peuvent mettre en danger la survie de l'espèce.

Elle est considérée comme un organisme euryhalin et eurytherme; Ces exigences écologiques sont:

- Une salinité de 20 à 300‰ (**DUMONT et al., 2002**). Elles peuvent même survivre à des courtes périodes dans d'eau douce, mais ne peuvent pas se reproduire (**GRANVIL, 2000**). L'augmentation de la salinité (> 300‰) diminue la maturité sexuelle de l'Artémia (**TRANTAPHYLIDIS et al., 1995 ; BAXEVANIS et al., 2004**).
- Par rapport à la composition ionique, l'Artémia peut supporter les environnements dans lesquels le taux des principaux anions et des cations peut être totalement différent 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**).
- Une température variant de 6 à 40°C pour les larves tandis que les cystes tolèrent une température de -273°C à plus de 100°C, mais il a été démontré que cette dernière affecte la sexualité et la reproduction. (**BROWNE et al., 1988**)
- 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.
- L'Artémia vit dans des biotopes à PH légèrement alcalin (**CAMARGO et al., 2004**) ; un PH de 8 à 8.5 pour favoriser l'activité enzymatique qui provoque la destruction de la membrane et favorise l'éclosion.
- Elle tolère une luminosité de 1000 lux dans l'eau de mer (**VANHEACKE et al., 1981**).
- Une densité optimale de 5g/l.

## IX. Utilisation et valeur nutritive :

### 1. 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 (**GRANVIL, 2000**) n'était pas économiquement réalisable.

Mais la découverte par **Seale (1933)** et **Rollefsen (1939)** que les larves d'*Artemia* 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'*Artemia* le plus vite possible après leur éclosion pour pouvoir les distribuer aux prédateurs sous leur forme la plus énergétique (**SORGELOOS, 1980**).
- l'utilisation d'animaux 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. Hélas, mises à part quelques expériences, l'utilisation d'*Artemia* adultes n'a jamais été faite à grande échelle.

D'autre application montre un potentiel très élevé comme source de protéines animale, et même dans l'utilisation directe en nutrition humaine (**SORGELOOS, 1980a**). Bien que l'acceptabilité de l'*Artémia* comme nourriture pour l'homme pourrait sembler être spéculative ou restreinte à quelques endroits dans le monde. Pour 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**).

L'*Artémia* diffère de la taille et de la qualité nutritionnelle, en particulier dans son contenu hautement riche en acides gras insaturés (HUFA<sup>1</sup>). Pour compenser un niveau pauvre de HUFA dans les *Artémia*, ils sont enrichis avec des Omega-3 tels les DHA<sup>2</sup> et EPA<sup>3</sup>, les vitamines (E, D, C et B12), les pétroles marins ainsi qu'avec des solutions commerciales d'enrichissement (super Selco®, Algamac®...etc) pour une utilisation en larviculture.

---

<sup>1</sup> HUFA= Highly Unsaturated Fatty Acid

<sup>2</sup> DHA= Docosa-Hexaenoic Acid

<sup>3</sup> EPA= Eicosa-Pentaenoic Acid

Dans ce cas, l'Artémia peut être utilisé aussi comme **vecteur** (ARTEMIA SYSTEMS, 1987), en administrant des éléments essentiels (acides gras, colorants, produits thérapeutique...etc) au prédateur (larve de poisson par la voie de l'accumulation dans ces organismes (DIXON et al., 1995) en phase de nourriture (Artémia). cette méthode est appelé la **Bioencapsulation** (Figure 5).

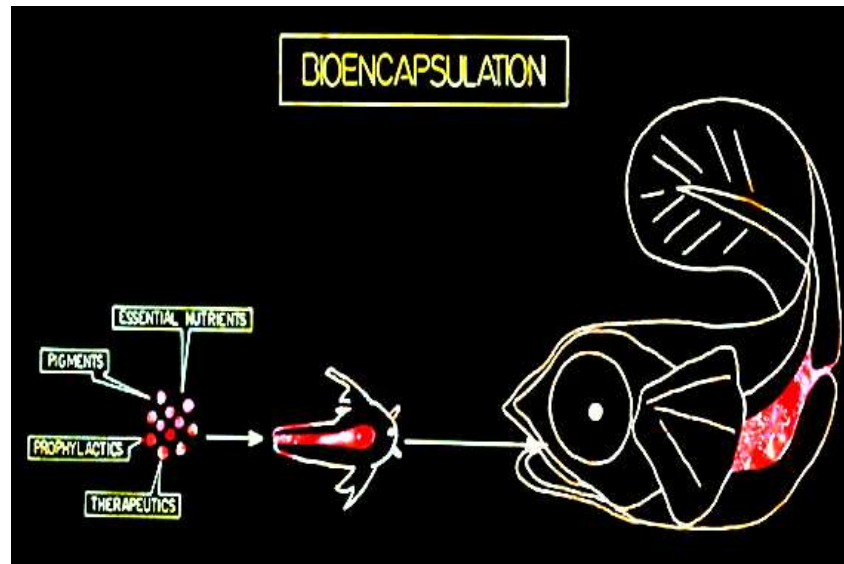


Figure 5: Schéma expliquant le principe de la Bioencapsulation.

**2. La valeur nutritive :**

La valeur énergétique et nutritive de l'Artémia varie au cours de son développement (Annexe 4) et de se qu'elle consomme (FABREGAS et al., 2001). Dans les premiers stades de son développement (Nauplii) c'est les acides gras insaturés (HUFA) qui dominent mais chez les adultes c'est les protéines (DHONT et LAVENS, 1996). (Figure 6)

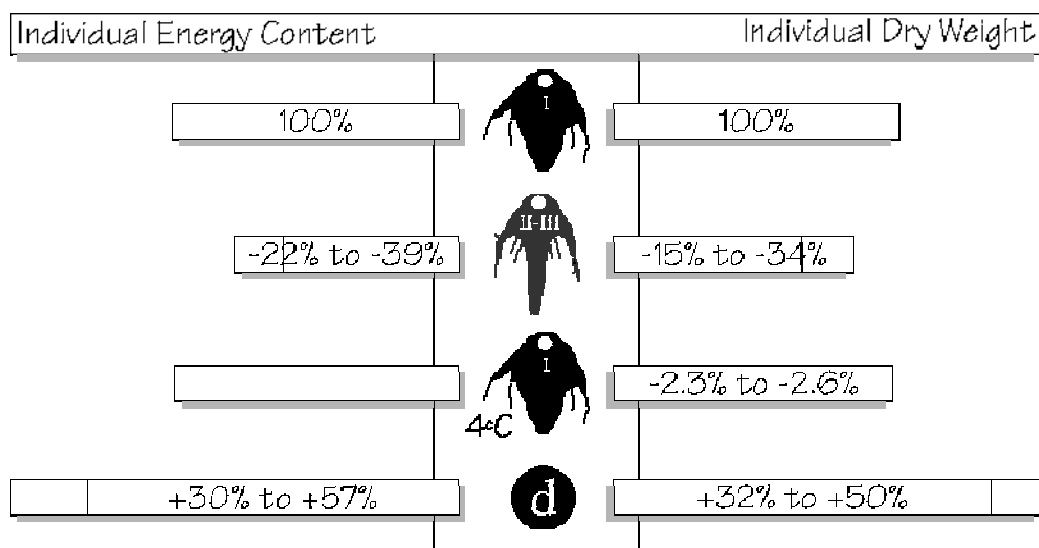


Figure 6: Variation d'énergie et du poids sec de différentes formes d'Artémia (nauplii à l'adulte) (DHONT et al., 1993)..

## CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.

### I. Description du site Chott Marouane :

Le chott Marouane (33°50' et 34°00' N - 06°00' et 06°20' E) est une zone humide dont les eaux sont salées et permanentes car elles bénéficient d'apports de l'Oued-Khrouf, exutoire des eaux d'évacuation permanentes issues des eaux de drainage des palmeraies (excès d'irrigation) et de rejets d'eaux usées des communes de Touggourt et de Djamâa (remontée de la nappe phréatique) (wilaya d'El-Oued). Situé en région steppique caractérisée par un climat aride, le Chott Marouane est un biotope adéquat pour l'avifaune sédentaire et de passage d'importance internationale. La zone humide de Chott Marouane et Oued Khrouf est située à 9 km d'El-Meghaïer dans la wilaya d'El-Oued, zone dite de L'Oued-Righ. Il est limité à l'est par la commune de Hamraya et la R .N 48, à l'ouest par le village Ourir, commune d'El Meghaïer, au nord par la commune de Nguibra et Stil et par la R.N 48 et au sud par Aïn Chikh, commune de Sidi Khelil.

Le Chott Merouane s'étend sur une superficie totale de 27 .000 ha, dont 70 ha sont exploités par une entreprise nationale d'exploitation de sel (ENASEL).

#### 1. Mode d'accès: Deux voies permettent d'accéder au chott :

- El Meghaïer -Nsigha, route goudronnée sur 7 km avec 2 km de piste de Nsigha au chott.
- El Meghaïer - Nsigha par la R.N 3, route goudronnée sur 14 km et Nsigha – chott Marouane avec 2 km piste.

#### 2. Climat :

Le climat continental est caractérisé par de grandes chaleurs en été, avec un sirocco (vent chaud) soufflant de direction nord-est et par un froid en hiver accompagné de vents de sable de direction sud-est. Alors le bioclimat est Aride à hiver frais. (Données ENASEL) voir tableau 1 et (Figure 9).

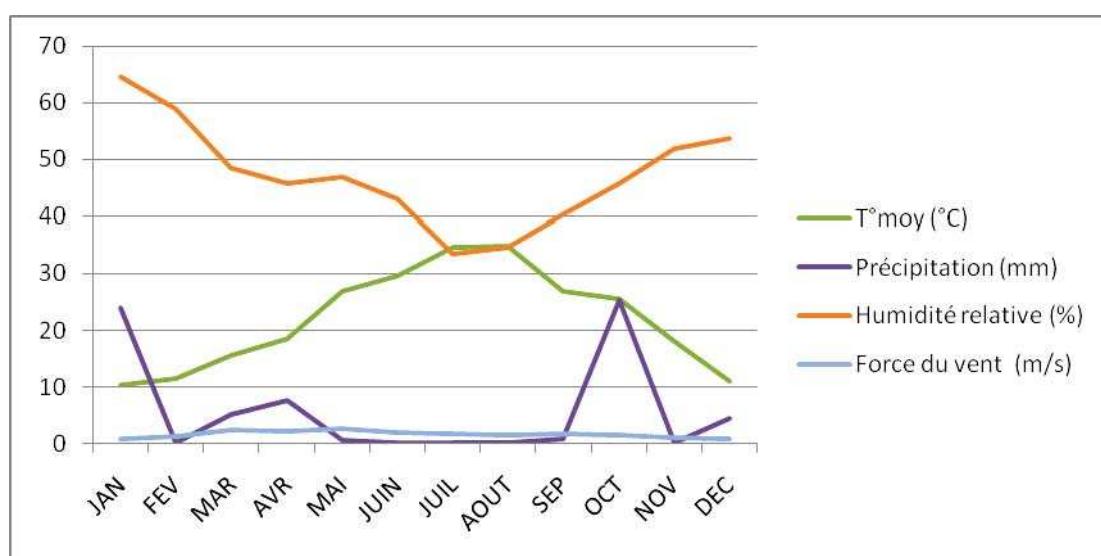
#### 3. Paramètres physicochimiques *in situ* :

Ces paramètres ont été relevés dans le chott Marouane site de Nsigha près des tables salines, lors de la sortie effectuée le 21/04/2009 pour voir la cause d'absence de l'*Artémia* adulte qui est due aux fortes salinités.

Température (°C)	pH	Salinité (‰)	Oxygène dissous (mg/l)
20,5	7,61	250	6,5

**Tableau 4: Données climatique de l'air du chott Marouane entre 2007-2009 (Station météorologique de l'ENASEL El-Melgheir).**

Mois	Dir. vents	T° max (°C)	T° min (°C)	T° moy (°C)	Précipitation (mm)	Evap. (mm)	Humidité relative (%)	Force du vent (m/s)
<b>JAN</b>	N/W	15,99	4,81	10,40	23,95	70,30	64,68	0,9493
<b>FEV</b>	N/W	17,40	5,74	11,57	0,07	130,24	58,92	1,35829
<b>MAR</b>	N/W	21,86	9,38	15,62	5,02	207,15	48,48	2,33386
<b>AVR</b>	N/W	24,61	12,62	18,62	7,45	251,40	45,69	2,21747
<b>MAI</b>	N/E	33,81	20,01	26,91	0,50	399,17	46,81	2,56552
<b>JUIN</b>	E	34,05	25,32	29,68	0,00	413,95	43,03	1,94888
<b>JUIL</b>	E	42,49	26,89	34,69	0,00	504,66	33,43	1,66041
<b>AOUT</b>	E	42,07	27,73	34,90	0,00	373,64	34,60	1,60972
<b>SEP</b>	N/W	32,79	21,07	26,93	0,71	279,77	40,16	1,79813
<b>OCT</b>	N/W	33,21	18,04	25,62	25,30	148,00	45,85	1,44784
<b>NOV</b>	N.W	28,16	7,84	18,00	0,00	80,40	51,88	1,0414
<b>DEC</b>	W	18,23	4,06	11,14	4,25	46,83	53,75	0,88288



**Figure 7: Graphe représentant des données météorologiques moyenne entre 2007-2009 du chott Marouane (Station météorologique de l'ENASEL El-Melgheir).**

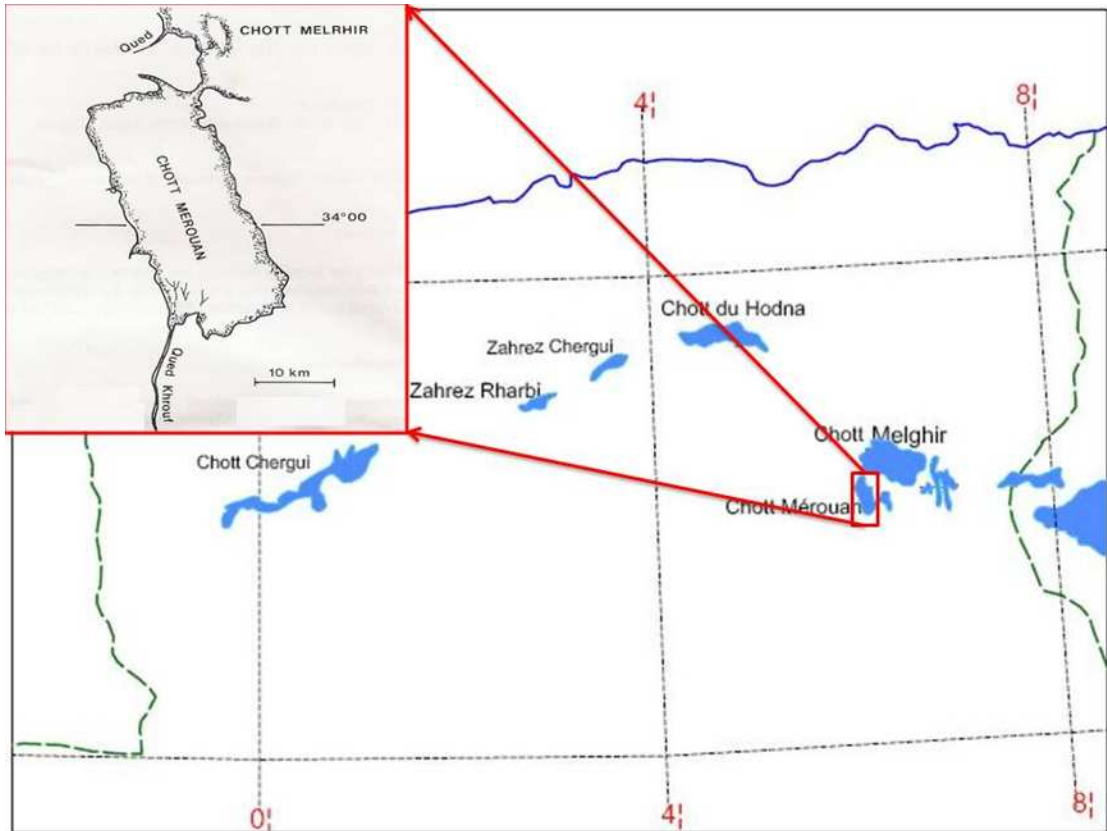


Figure 8: Carte des différents chotts en Algérie (Fiche descriptive des zones humides à caractère RAMSAR, 2002)



Photo 8 : Photographie présentant le site de chott Marouane.

## II. Choix et localisation des stations :

Le prélèvement et l'échantillonnage ont été effectués entre le 21 et 23 avril 2009, du côté des tables salines de l'ENASEL. Les conditions météorologiques étaient plutôt favorables avec une température de 22,5°C, un ciel dégagé avec des vents légers de direction Nord-Ouest.

On a choisit une station (station 3) au hasard, puis de part et d'autre de cette dernière, nous avons ajouté 4 stations. Cinq prélèvements d'un (1) m<sup>2</sup> sur 5 m de rivage et espacés de 100 m ont été désignées aléatoirement sur un rivage de 400 m.

Les stations sont situées du côté des tables salines de l'ENASEL. Ces points sont accessibles par le chemin de Nsigha vers la station de l'ENASEL sur la piste de 2 km non goudronnée et sont identifiables sur la carte de la (Figure 9).

**Tableau 5: Positionnement des stations de prélèvement de Nsigha à l'aide d'un GPS.**

Station	Localisation de la station
Station1	Latitude : 34° 2'43.16"N, Longitude : 5°58'45.76"E
Station2	Latitude : 34° 2'41.15"N, Longitude : 5°58'47.70"E
Station3	Latitude : 34° 2'38.50"N, Longitude : 5°58'50.52"E
Station4	Latitude : 34° 2'36.58"N, Longitude : 5°58'51.51"E
Station5	Latitude : 34° 2'34.65"N, Longitude : 5°58'52.81"E

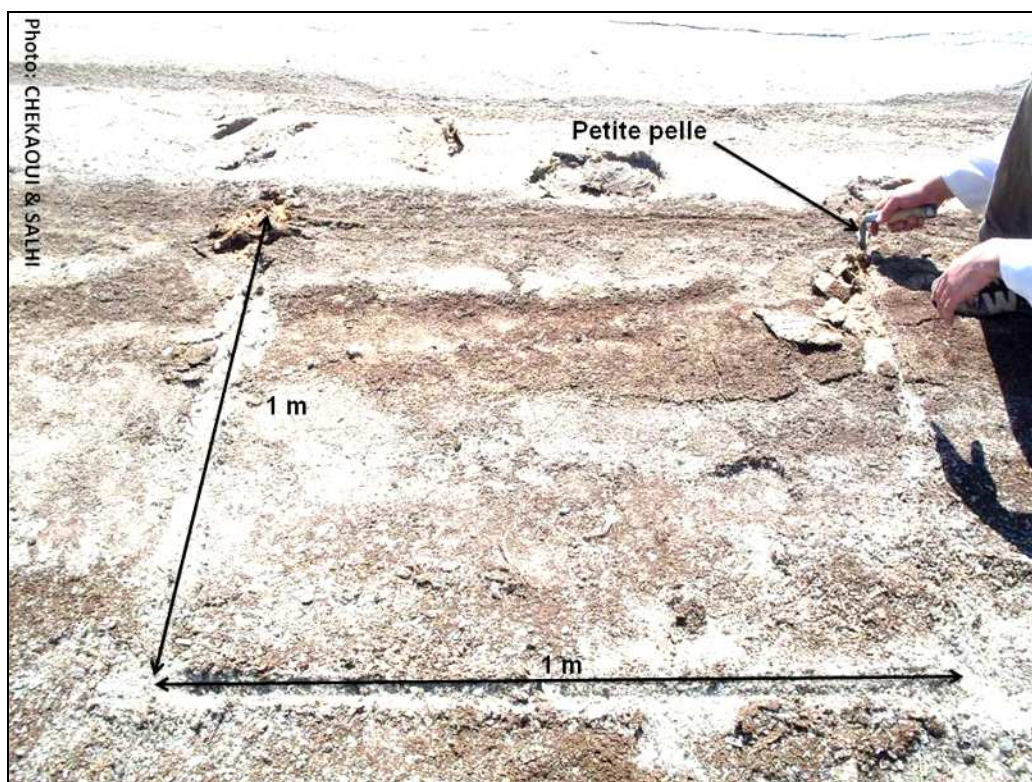


**Figure 9: Image satellitaire du site de Chott Marouane avec les 5 stations de prélèvement (Google earth 2009).**

### III. Méthode de prélèvement, de traitement et de conservation des cystes :

#### 1. Echantillonnage:

L'échantillonnage et la récolte des cystes a été faite pendant le mois d'avril. C'est une période au cours de laquelle la saline (Chott) se trouve à sec. Les cystes seront ramassés directement sur le rivage du bassin mère à l'aide d'une petite pelle (**Photo 9**) puis seront mélangés avec du sel provenant de la saline seront transportés dans des sacs en plastique. Le sel de la saline ajouté pour conserver les cystes à l'abri de l'humidité pendant la période du transport. Les échantillons bruts provenant de ce chott sont transférés au sein de notre laboratoire (laboratoire d'aquaculture de Sidi Fredj). Pour traiter ces échantillons nous nous sommes référés à la méthode décrite par **SORGELOOS et al., (1986)** qui a pour but le nettoyage (récupération des cystes pleins) le séchage, et la conservation des cystes.



**Photo 9:** Photographie d'un échantillonnage avec une petite pelle.

Mais avant de commencer le traitement proprement dit, il faut faire quelques prétraitements qui sont : Le séchage à l'air libre des échantillons bruts pour faciliter le passage à travers les mailles du tamis.

Le broyage des échantillons permet la séparation des cystes du sel (**Photo 10**).

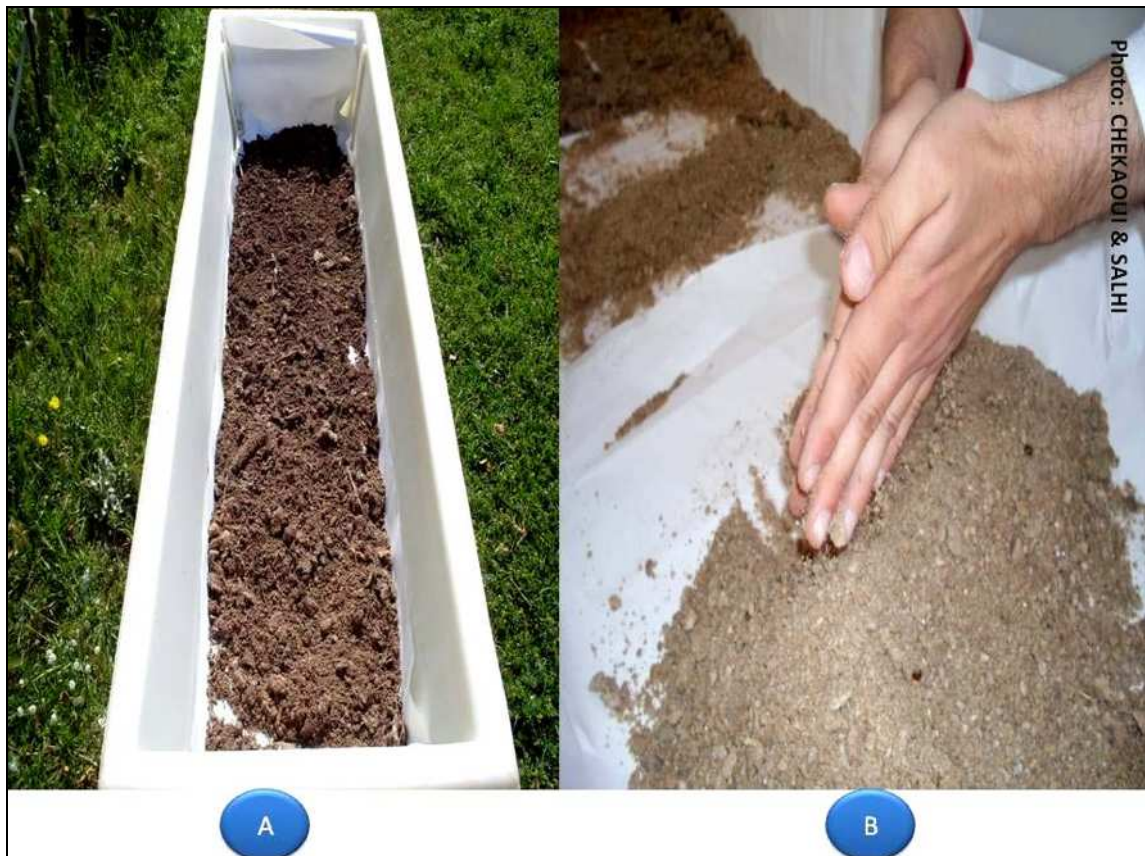


Photo 10: Photographie du séchage (A) et du broyage (B) des échantillons brutes.

## 2. Méthode de traitement des cystes :

Un traitement correct des cystes garantit une qualité maximale d'éclosion des cystes produits. Cette méthode de traitement comporte les étapes suivantes (selon la méthode décrite par SORGELLOOS et al. 1986) :

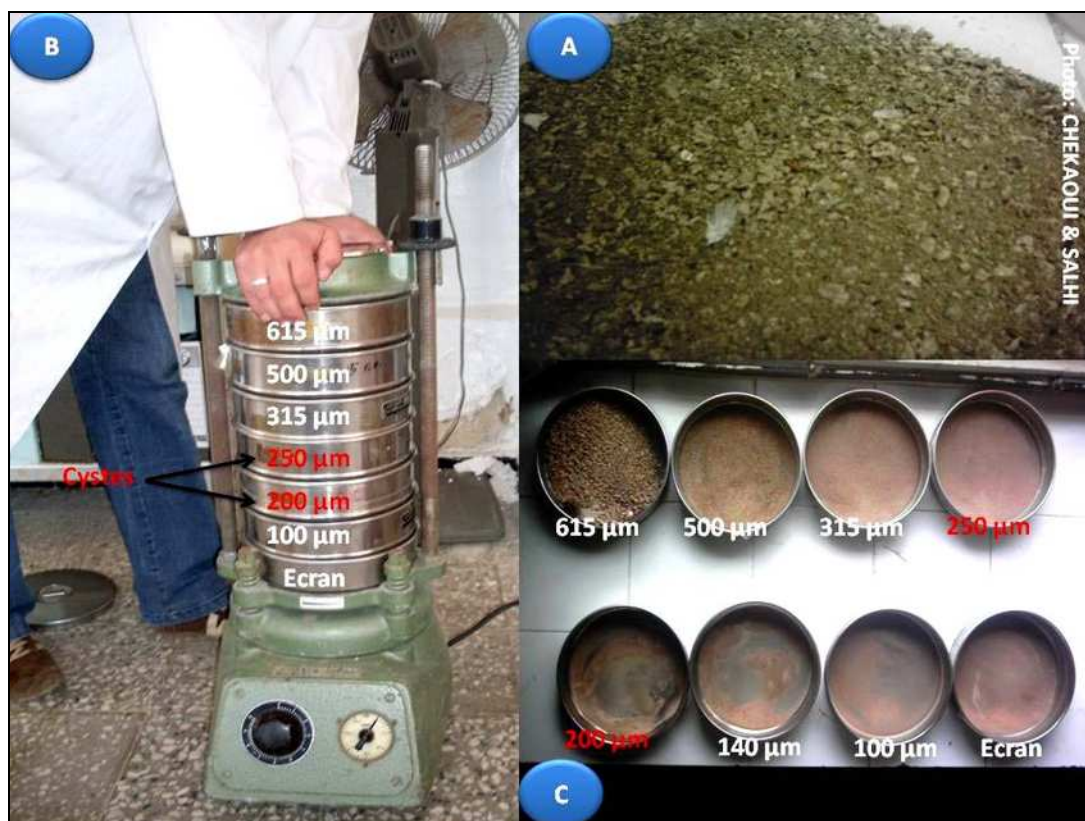
- Séparation selon le diamètre (tamisage de 1000 à 100  $\mu\text{m}$  sur une colonne).
- Séparation selon la densité, dans une saumure à (300 g/l).
- Lavage à l'eau douce.
- Séparation selon la densité dans l'eau douce.
- Séchage.
- Conservation.

**a) Séparation selon la granulométrie (Tamisage) :**

C'est l'élimination des débris (dont le diamètre est plus grand et plus petit que le diamètre des cystes telles que les plumes d'oiseau, les insectes, les morceaux de bois...), en faisant passer le produit récolté sur des tamis de différents diamètres (1000, 615, 500, 400, 300, 250, 200, 140 et 100  $\mu\text{m}$ ).

Les cystes (embryon intact aussi bien que les coquilles vides) en plus des particules de même grosseur sont aussi collectés du fond des tamis 200-250  $\mu\text{m}$ . (**Photo 11**)

Les cystes peuvent être mis à l'abri dans des sacs ou des bouteilles hermétiquement fermées. Pour une meilleure conservation, on peut rajouter de la saumure ou du gros sel.



**Photo 11: Photographie du tamisage (B) à différents tamis (C) d'un échantillon brut (A).**

**b) Séparation selon la densité dans la saumure (300 g/l) :**

Pour mieux enlever les petits débris de même diamètre que les cystes tel que le sable, l'échantillon collecté à partir des tamis 200-250  $\mu\text{m}$  de la tamiseuse doit être transféré dans un bac cylindro-conique de préférence (exemple : bouteille de Zoug) rempli de saumure saturée (300 g/l) et sous une aération en continue, une première séparation se produit entre les cystes et les autres débris.

Les cystes pleins, les cystes vides et les petits débris flottent à la surface de l'eau, alors que les débris lourds vont décanter au fond. Lorsque tous les débris lourds se sédimentent, l'aération est stoppée, et les cystes sont récupérés par siphonage à l'aide d'une pipette ou même avec un filet de petit diamètre ( $< 100\mu\text{m}$ ) avec le quel on récupère les cystes de la surface avec un écoulement (**Photo 12**).



**Photo 12:** La séparation selon la densité et la récupération dans un filet de petites mailles.

*c) Lavage à l'eau douce :*

Pour un meilleur traitement les cystes doivent être lavés avec de l'eau douce dans le but d'enlever l'excès de sel (**Photo 13**). L'étape de lavage ne doit pas être plus longue que 5 à 10 minutes pour ne pas hydrater les cystes et faciliter le séchage.

Nous allons utiliser un tamis d'un diamètre de  $100\mu\text{m}$  pour récupérer les cystes en admettant que le diamètre moyen des cystes est de  $250\mu\text{m}$ .



Photo 13: Lavage à l'eau douce pour l'élimination du sel.

*d) Séparation selon la densité en eau douce :*

Les cystes sont transférés dans des ampoules à décanter en verre contenant de l'eau douce (il ne faut pas utiliser de l'eau froide car sa densité est élevée donc la flottaison et la séparation serait inférieure). Pour disperser les amas de cystes, l'aération doit être maintenue en continue. Les cystes pleins coulent au fond alors que les cystes vides flottent à la surface (**Photo 14**).

Cette séparation en eau douce ne doit pas être plus longue que 15 minutes, autrement les cystes vont atteindre le niveau d'hydratation qui met en route leur métabolisme. Les cystes pleins seront récupérés sur un tamis de 100  $\mu\text{m}$ . Par la suite on va les mettre sur un papier absorbant pour éliminer l'excès d'eau.

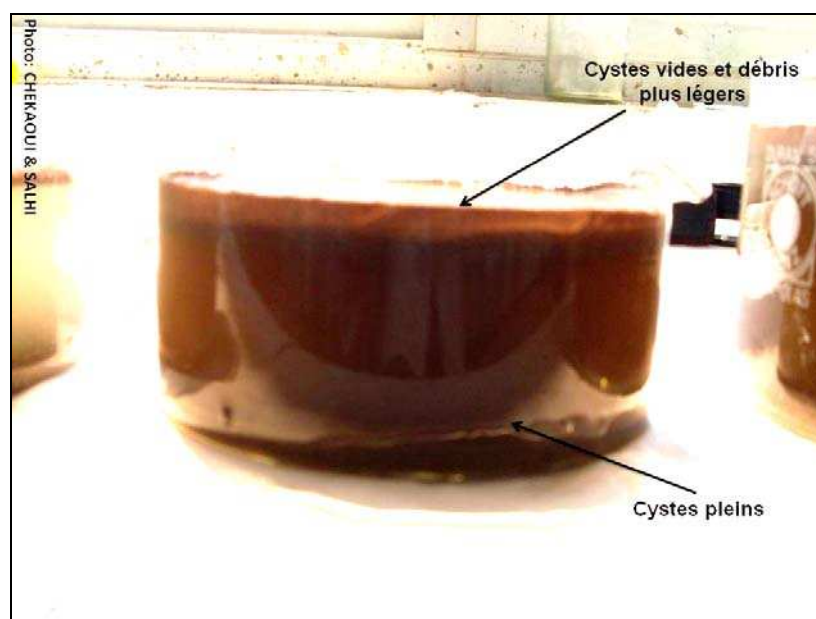


Photo 14: Séparation à l'eau douce pour récupérer que les cystes pleins.

*e) Le séchage :*

Bien que les effets du métabolisme n'aient pas été entièrement compris, il a été démontré par de nombreuses expériences que cela dépendait de la procédure de séchage et de la qualité des cystes (efficacité et taux d'éclosion et l'énergie qu'il contient peuvent être affectés).

Les cystes sont mis dans l'étuve à 30-40°C (**Photo 15**), pendant quelques jours (2 à 3 jours).



**Photo 15:** Etuvage et séchage des cystes.

*f) La conservation :*

Pour une conservation **prolongée** (au-delà d'un mois), après séchage à l'étuve les cystes ainsi déshydratés, peuvent être conservés pour des mois ou des années (**GRANVIL, 2000**) et doivent être emballés 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 et mis dans des bouteilles en verre hermétiquement fermées contenant de la saumure puis stockés immédiatement au réfrigérateur à une température comprise entre 0° et 4°C.

#### IV. Estimation du stock :

Le stock est estimé de la manière suivante :

- 5 stations de 1 m<sup>2</sup> de chaque, ont été prélevées aléatoirement sur une bande de 5m (voir choix des stations).
- Chaque station est traitée à part (voir traitement des cystes).
- Après traitement, la quantité de cyste de chaque échantillon de chaque station est déterminé.
- La moyenne de la quantité des cystes des cinq (5) échantillons de chaque station est calculée.
- Une quantité de cyste est alors calculée par extrapolation sur tout la zone d'étude de 2000 m<sup>2</sup> (5m X 400m).

#### V. Incubation et détermination des paramètres d'éclosion :

##### 1. Conditions optimales d'incubation et d'éclosion des cystes :

###### a) La température :

La température préférentielle de l'eau de mer doit être maintenue à 25°C (77°F) et une température optimale de 28°C (82°F), (Il est préférable de garder le milieu d'éclosion à une température constante) (GRANVIL, 2000) car le choc thermique (40°C) provoque des anomalies des appendices thoraciques et génitaux chez les nauplii (HERNANDORENA, 1988).

###### b) La salinité :

L'éclosion optimale peut être obtenue à un taux de salinité de 15 à 35 g/l (DHONT et VAN STAPPEN, 2003). Pour des raisons de commodité pratique, l'eau de mer naturelle est utilisée principalement pour l'éclosion des cystes (SORGELOOS, 1980).

Le taux d'éclosion des cystes à 5g/l de salinité augmente rapidement ; de L'eau de mer à basse salinité (diluée), procure aux cystes une grande efficacité d'éclosion et les nauplius ont un plus grand contenu d'énergie (SORGELOOS et al., 1998).

###### c) Le pH :

Le pH doit rester au-dessus de 8,3 (CAMARGO et al., 2005) pendant le processus d'éclosion pour assurer le fonctionnement optimal des enzymes de l'éclosion.

*d) L'oxygène :*

Dans le but d'assurer l'éclosion maximale (taux ainsi qu'efficacité), il est recommandé de maintenir le niveau d'oxygène au-dessus de 5 g/l (**VAN STAPPEN, 1996 ; DHONT et VAN STAPPEN, 2003**).

*e) La lumière :*

L'intensité lumineuse doit être d'environ 2000 lux à la surface de l'eau est essentielle du moins durant les premières heures après l'hydratation complète du cystes pour déclencher le début du développement embryonnaire et assurer un résultat maximal d'éclosion (**SORGELLOOS, 1972 ; VAN STAPPEN, 1996**).

*f) La densité des cystes:*

La densité peut être 5 g de cystes par litre pour les petits volumes (inférieur à 20 litres), cependant pour minimiser les lésions mécaniques du nauplius, elle devra être diminuée au maximum à 2g/l pour les plus grands volumes (supérieur à 20 litres) (**VAN STAPPEN, 1996**).

## **2. Incubation des cystes :**

L'obtention des nauplii se fait par hydratation des œufs de duré (cystes) disponibles dans notre laboratoire. Les œufs en provenance du chott Marouane sont mis à incuber en employant la procédure standard de **Sorgeloos et al., (1986)**.

La méthode consiste à incuber 2,5 g de cyste dans 1litre d'eau de mer d'une salinité de 35‰, (laissée reposer 24 h pour que le chlore dégaze) à 28°C dans des bouteilles cylindro-coniques transparentes (Bouteille à parois lisse de 2L) comme le montre la **Photo 16**. Les cystes sont préalablement trempés dans l'eau douce pendant une heure en pleine lumière pour améliorer le taux d'éclosion.

Les bouteilles sont soumises à un bullage important grâce à une pompe à air et reçoivent comme seul éclairage, la lumière d'un néon.

L'incubation dure 48 heures. Environ 15 min avant la récupération, l'aération est stoppée ce qui a pour but de faire sédimenter d'abord les cystes non éclos, puis les nauplii, avec remontée des coques vides en surface.

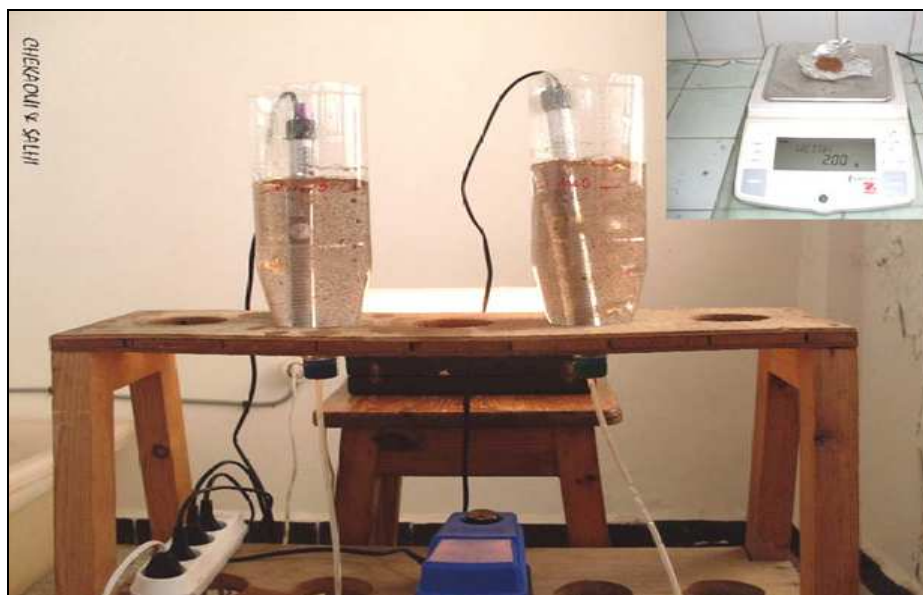


Photo 16: présentation de dispositif d'incubation, sur l'angle les 2g de cystes incubés.

### 3. Détermination des paramètres d'éclosion des cyste :

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.

#### a) Taux d'éclosion :

Le taux d'éclosion exprime le nombre de nauplii éclos de 100 cystes. 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. Deux heures après le début de l'incubation les étapes suivantes sont respectées:

- 10 échantillons de cystes sont prélevés à l'aide d'une micropipette de 250  $\mu$ l.
- Sous une loupe binoculaire, le nombre exact de cyste est compté sur chaque échantillon.

- La moyenne des cystes (**C**) est calculée.
- Les cystes de chaque échantillon sont ensuite placés dans une boîte de pétri contenant de l'eau de mer (35‰) suffisamment aérée au préalable.
- Fermer les couvercles des boîtes et laisser incubés pendant 48 heures.
- Après cette période d'incubation, les nauplii sont fixés en ajoutant quelques gouttes de Lugol.
- Sous la loupe binoculaire, le nombre des nauplii est compté.
- La moyenne des nauplii (**N**) est calculée.

Le taux d'éclosion exprimé en % est déterminé en appliquant la formule suivante:

$$\text{Taux d'éclosion} = (N \cdot 100) / C$$

Avec :

**N** : moyenne des nauplii

**C** : moyenne des cystes

#### ***b) Efficacité d'éclosion:***

L'efficacité d'éclosions exprime le nombre de nauplii produit à partir d'un gramme 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 des récipients cylindro-coniques en verre (2 répliques). Au bout d'une heure d'incubation les étapes suivantes sont respectées:

- De chaque récipient sont prélevés 10 échantillons de cystes à l'aide d'une micropipette de 250 µl.
- Les cystes de chaque échantillon sont mis dans des tubes en plastique d'une capacité de 5 ml. Le volume d'eau est ajusté jusqu'à 4 ml à l'aide d'eau de mer (35‰). Les tubes sont ensuite fermés à l'aide d'un bouchon.
- Pour maintenir les cystes en suspension les tubes sont soumis à l'action uniforme d'un moteur qui fait tourner les tubes.
- Les cystes sont incubés dans ces tubes pendant 48 heures.
- Après cette période d'incubation, les nauplii sont fixés en ajoutant quelques gouttes de Lugol.

- Le nombre de nauplii est déterminé sous une loupe binoculaire pour chaque échantillon.
- La moyenne des nauplii est calculée pour chaque réplica.
- La moyenne générale des nauplii (**N**) est aussi calculée pour l'ensemble des deux réplicas.

L'efficacité d'éclosions des cystes exprimée en nombre de nauplii/1g de cyste sec est donnée par la formule suivante:

$$\text{Efficacité d'éclosion (E.E)} = \frac{N \cdot 4 \cdot 100}{4}$$

Avec:

**N**: Moyenne générale des nauplii calculée pour les deux répétitions.

**4**: Pour convertir en g l'échantillon de cystes qui est incubés (250 mg).

**100**: Pour ramener le volume d'eau qui est utilise pour l'incubation des cystes à 100 ml.

**4**: Pour convertir les microlitres (250  $\mu$ l) en millilitres.

## VI. Mesures biométriques:

L'étude biométrique de *I'Artemia* est basée sur la mesure des paramètres, tels que: les diamètres des cystes et la longueur totale des nauplii fraîchement éclos. Afin d'étudier la souche d'*Artemia* de chott Marouane, nous avons effectué des mesures sur les cystes hydratés non-décapsulés, des cystes décapsulés (Voir Annexe 2 pour la décapsulation) et la longueur des nauplii, conformément a la méthode d'**AMAT (1980)**.

### 1. Diamètres des cystes:

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 périodes pour atteindre l'hydratation maximale (**VANHAECKE et al., 1980**). Un petit échantillon représentatif 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 (**ASSEM et al., 2006**).

Le diamètre de 100 cystes dans un échantillon est déterminé sous une loupe équipée d'un micromètre (**Photo 17**). 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.

Pour la décapsulation, nous avons suivi la méthode décrite par (**BRUGGEMAN et al., 1980**), voir annexe 2. 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 (**Figure 10**) :

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

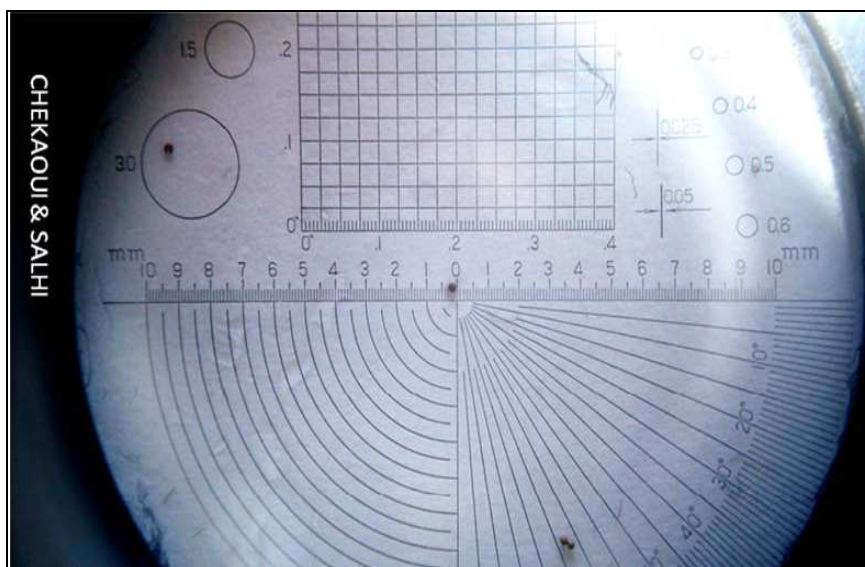
Avec :

**a'** : épaisseur du chorion ( $\mu\text{m}$ ).

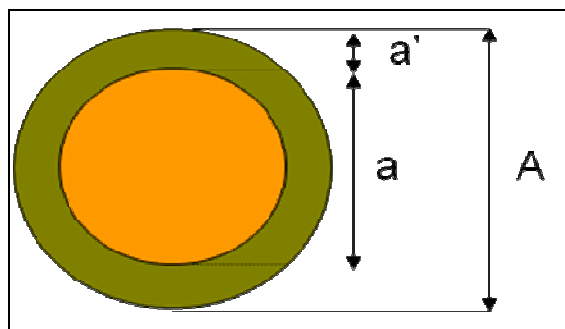
**A** : diamètre de cyste hydraté non décapsulé ( $\mu\text{m}$ ).

**a** : diamètre de cyste décapsulé ( $\mu\text{m}$ ).

En conséquence, cette valeur est présentée sans écart-type (**VANHAECKE et SORGELOOS, 1980**).



**Photo 17:** L'échelle de micromètre (cyste près de zéro).

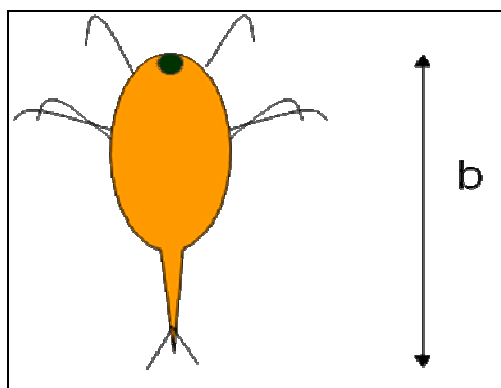


**Figure 10:** Caractéristiques biométriques d'un cyste. A : diamètre de cyste hydraté, a: diamètre de cyste décapsulé et a': épaisseur du chorion.

Après avoir fait ces mesures pour les différents cystes des espèces d'*Artémia* que nous avons dans notre laboratoire à savoir : *A. franciscana*, *A. tunisiana*, *A. urmiana* et *A. sinica*, une comparaison a été faite par rapport à notre espèce.

## 2. Longueur totale des nauplii:

Après l'éclosion des cystes (voir V-2), les nauplii sont récoltés et fixés à l'aide de quelques gouttes du lugol. La longueur totale de 50 nauplii est mesurée ( $n=50$ ) à l'aide d'une loupe équipée d'un micromètre. La longueur moyenne des nauplii est ensuite déterminée (**Figure11**).



**Figure 11:** Caractéristiques biométriques d'un Nauplii. b : longueur du Nauplii.

## 3. L'analyse statistique :

L'analyse statistique telle que les moyennes, l'écart type et les représentations graphiques sont faites par l'utilisation du logiciel STATISTICA (logiciel d'analyse de données), version 6 (StatSoft, France).

## CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION.

### I. Estimation de l'état de stock des cystes de l'*Artémia* dans le chott Marouane :

Tableau 6: Résultats des quantités de cystes trouvés dans chaque station :

Stations	Quantité des cyste (g)/m <sup>2</sup>
Station 1	10
Station 2	964,72
Station 3	305,7
Station 4	20,5
Station 5	57,75
Moyenne	<b>271,734 ± 405,83</b>

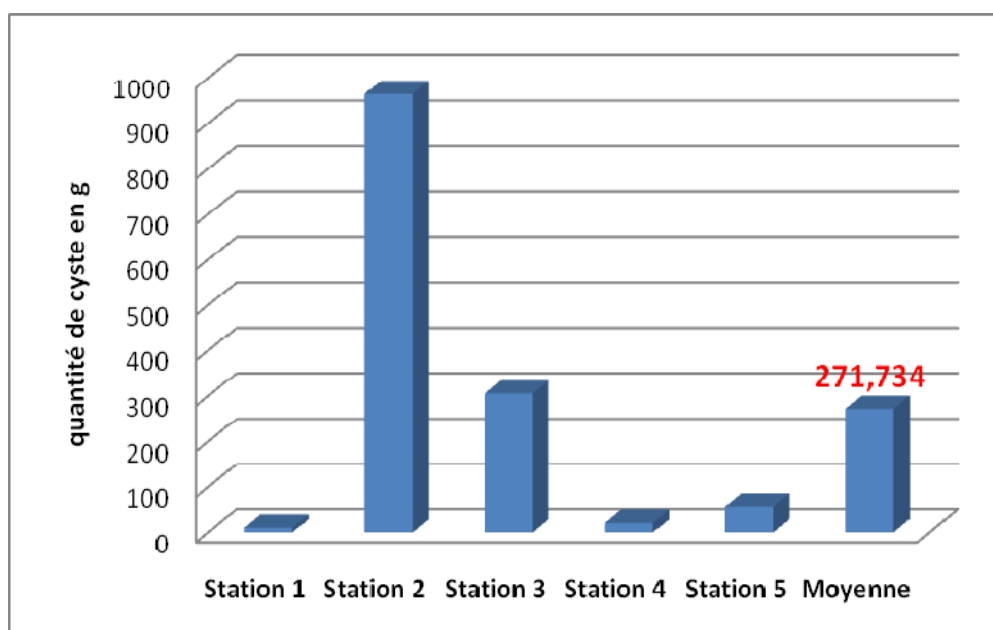


Figure 12 : Histogramme représentant la quantité de cyste (g) de chaque station.

Après que la moyenne des 5 stations est faite, il ne reste plus qu'à extrapoler vers la surface d'étude ( $400 \times 5 \text{ m}^2 = 0,2 \text{ hectares}$ ). Donc la quantité de cystes pour cette surface d'étude est de **543,468 kg**.

**Remarque :** L'apparition des deux stations 2 et 3 avec une plus grande quantité de cyste est due à l'accumulation vue la direction du vent dominant durant les périodes sèches qui est du sens Nord-Ouest.

## II. Etude biométrique :

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 (VANHEACKE 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), l'épaisseur du chorion et la longueur des Nauplii.

### 1. Les cystes :

Le diamètre des cystes non décapsulé des différentes espèces varie entre (224,7-284,9  $\mu\text{m}$ ), de (207,3-266,3  $\mu\text{m}$ ) pour les cystes décapsulés et entre (3-13,34  $\mu\text{m}$ ) pour l'épaisseur du chorion (VANHEACKE, 1983), et ca avant la découverte de l'espèce *A. tibetiana* en 1999 (voir plus loin).

Le diamètre moyen des cystes hydratés, décapsulés et l'épaisseur du chorion de chaque espèce est représenté dans le (Tableau 7) :

Tableau 7 : Données biométrique des cyste de différentes espèces( n= 100).

Diamètre ( $\mu\text{m}$ )	Cystes hydratés non décapsulés	Cystes hydratés décapsulés	Epaisseur du chorion
Souches			
<i>A. salina</i> (chott Marouane)	232,75 $\pm$ 25,30	209,75 $\pm$ 25,09	11,5
<i>A. franciscana</i>	228,25 $\pm$ 24,01	206,5 $\pm$ 22,92	10,87
<i>A. sinica</i>	236,75 $\pm$ 25,73	208,25 $\pm$ 19,48	14,25
<i>A. urmiana</i>	261,75 $\pm$ 27,16	250,75 $\pm$ 26,46	5,5
<i>A. tunisiana</i>	265, 25 $\pm$ 29,27	244,5 $\pm$ 22,35	10,37

L'analyse biométrique des cystes de notre souche (chott Marouane) révèle que le diamètre moyen des cystes non décapsulés est de  $(232,75 \pm 25,30 \mu\text{m})$  et celles décapsulés de  $(209 \pm 25,09 \mu\text{m})$  avec  $11,5 \mu\text{m}$  d'épaisseur du chorion. On remarque aussi que plus de 35% des cystes ont une taille comprise entre  $(220-230 \mu\text{m})$  comme le montre la **Figure 14**.

Il n'y a pas une différence significative en comparant nos résultats (**Tableau 8**) à l'étude faite en 2003 ou ils ont trouvé un diamètre moyen de  $(236,5 \pm 13,4 \mu\text{m})$  pour les cystes non décapsulés et  $(209,4 \pm 13,3 \mu\text{m})$  pour les cystes décapsulés et pour une épaisseur du chorion de  $13,5 \mu\text{m}$  (**KARA et al., 2004**).

**Tableau 8: Comparaison des différent résultats biométrique des cystes de différente souches d'Artémia algérienne.**

	Cystes hydratés ( $\mu\text{m}$ )	Cystes décapsulés ( $\mu\text{m}$ )	Epaisseur du chorion ( $\mu\text{m}$ )
<b>Chott Marouane 2009</b>	$232,75 \pm 25,30$	$209 \pm 25,09$	11,5
<b>Chott Marouane 2003</b>	$236,5 \pm 13,4$	$209,4 \pm 13,3$	13,5
<b>Arzew</b>	$239,1 \pm 12,2$	$222,2 \pm 12,6$	8,5

En le comparant aussi à la même espèce de la saline de Arzew en 1991 ou **HADDAG, (1991)** a trouvé un diamètre moyen des cystes non décapsulé de  $(239,1 \pm 12,2 \mu\text{m})$ , des cyste décapsulés de  $(222,2 \pm 12,6 \mu\text{m})$  et pour une épaisseur chorionique de  $8,5 \mu\text{m}$ , on remarque que les cystes de cette saline sont légèrement plus grand avec une épaisseur chorionique plus mince que la notre.

La plus grande taille observée chez des cystes des espèces sexuelles est celle de l'espèce *A. tibetiana* avec  $(323,0-330,0 \mu\text{m})$  et sont plus grand que ceux des espèces parthénogénétiques qui ont entre  $(280-285 \mu\text{m})$  (**VAN STAPPEN et al., 2003**). En comparant notre souche à celle des autres souches (**Figure 14**) qui existent dans le marché entre autre, l'espèce américaine *A. franciscana* qui a un diamètre moyen des cystes non décapsulé de  $(228,25 \pm 24,01 \mu\text{m})$  et de  $(206,5 \pm 22,92 \mu\text{m})$  des cystes décapsulés de la population de San Francisco Bay, concernant les populations de Great Salt Lake qui ont un diamètre moyen de  $(244,2 \mu\text{m})$  pour les cystes non décapsulés et de  $(234,8 \mu\text{m})$  pour les cystes décapsulés (**LEGER et al., 1986**). On déduit que notre souche est comparable à celle des souches commercialisées.

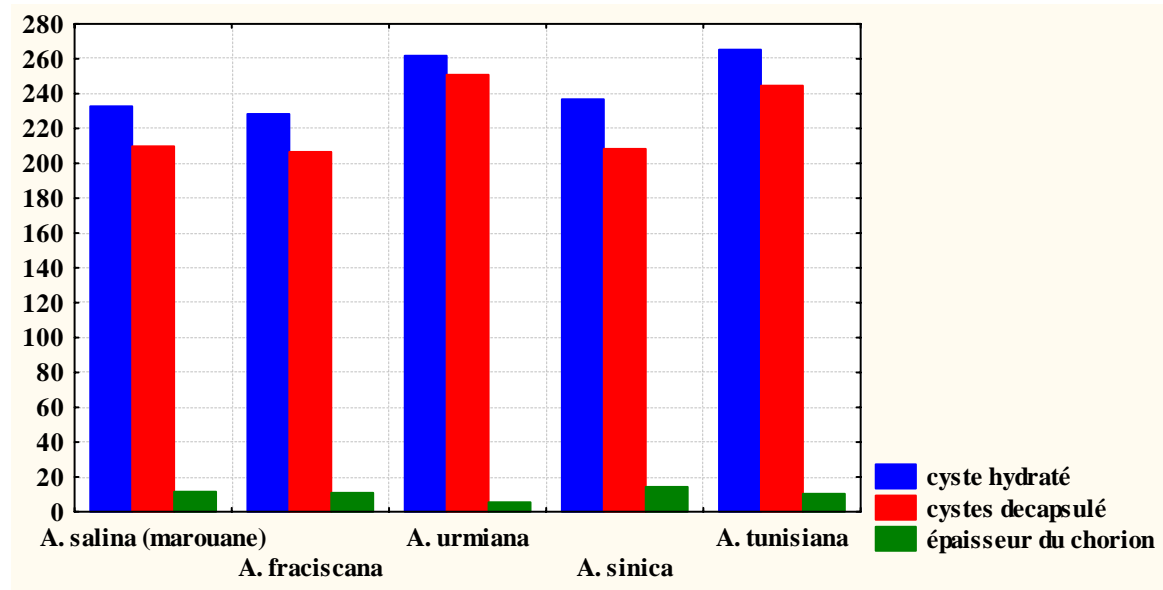
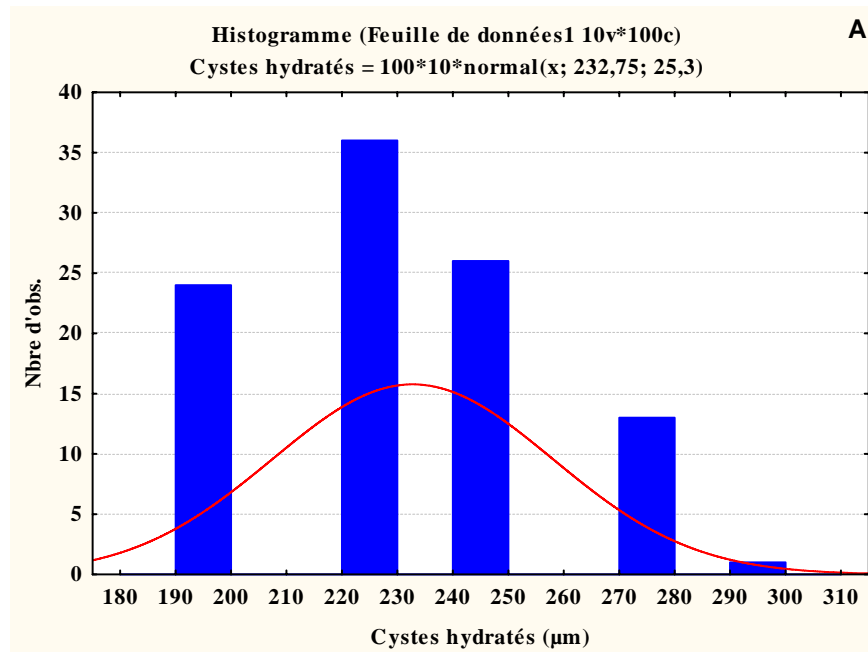
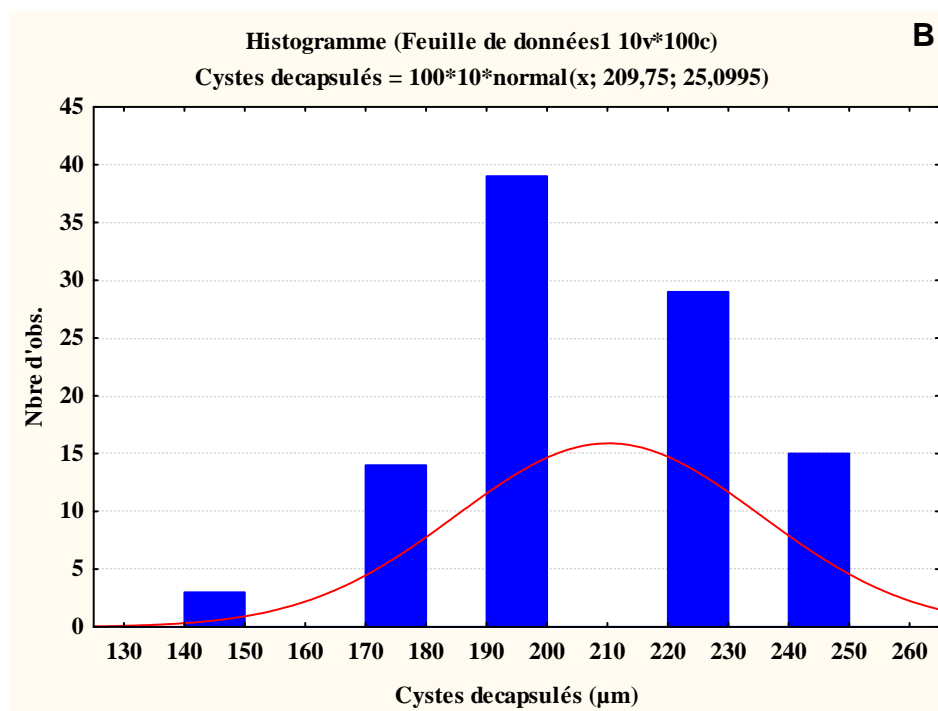


Figure 13: Histogramme de la biométrie des cystes des différentes espèces.

L'épaisseur du chorion n'est pas en aucun cas en fonction du diamètre des cyste (VANHEACKE et SORGELOOS, 1980 ; CASTRORO *et al.*, 2006). Autrement dit, de gros cystes peuvent avoir un chorion mince et inversement, comme le montre la figure 13 pour l'espèce *A. urmiana* avec une épaisseur du chorion de 5,5 µm qui est contraire à l'espèce *A. sinica* qui a 14,25 µm d'épaisseur du chorion.





**Figure 14 :** Distribution des fréquences de la biométrie des cystes de *A. salina* du chott Marouane en (A) cystes non décapsulés ; (B) cystes décapsulés.

## 2. Les Nauplii :

La taille des Nauplii semble être le premier critère qui (au moins pour quelques espèces prédatrices) détermine l'ingestion du nauplii d'*Artémia* (SORGELLOOS *et al.*, 2001).

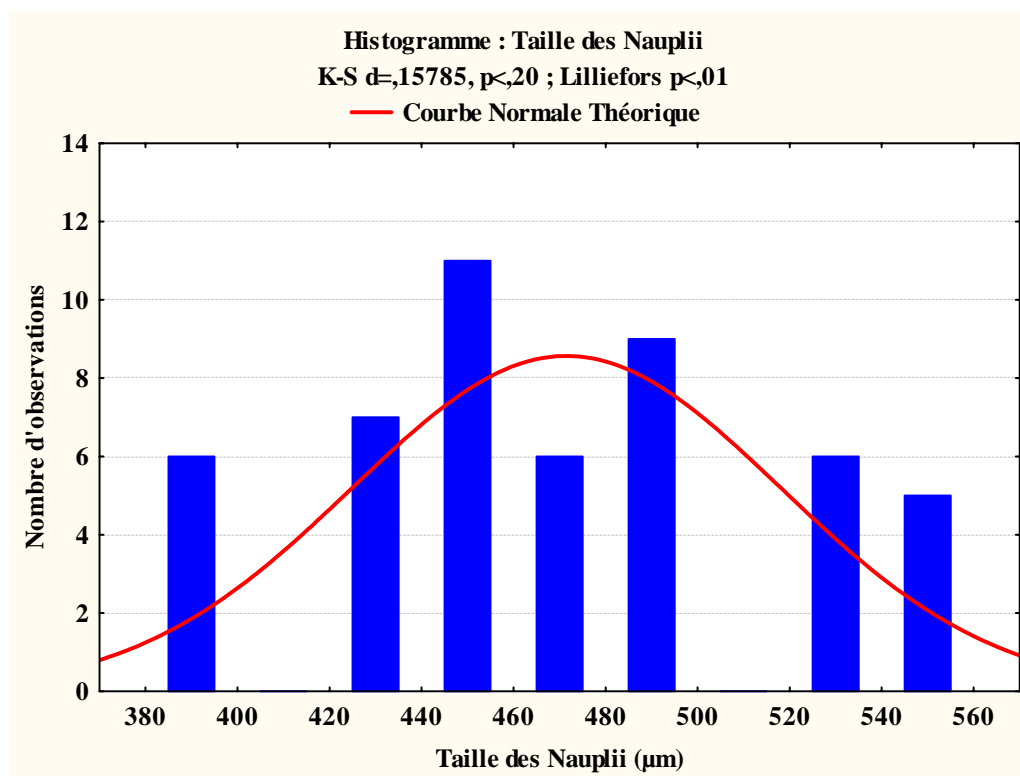
La plus grande taille du nauplii rapportée jusqu'ici est celle du lac Lagkor Co (Tibet, P.R. Chine) décrite par ABATZOPOULOS *et al.*, (1998) et le lac Jingyu (plateau du Qinghai-Tibet, P.R. Chine) décrite par VAN STAPPEN, (2002) appartenant à l'espèce *A. tibetiana* avec une longueur moyenne du 667 µm et de 607.1µm respectivement.

Les nauplii fraîchement éclos produit par des cystes d'*Artemia salina* que nous avons récoltés du chott Marouane ont une moyenne de  $(471 \pm 46,56 \mu\text{m})$  et sont plus petit que ceux de toutes les espèces (Tableau 9), sauf ceux du Great Salt Lake qui ont une taille de 482 µm (LEGER *et al.*, 1986) mais sont plus grand que ceux de San Francisco Bay qui ont une taille de 428 µm (LEGER *et al.*, 1986). KARA *et al.*, (2004) ont trouvé une taille de  $(428.7 \pm 34.3 \mu\text{m})$  comparable à celle de San Francisco Bay. Les études faites HADDAG, (1991) en 1991 sur la population de la saline d'Arzew, ont montré que la taille moyenne des Nauplii est de  $(460,0 \pm 0,4 \mu\text{m})$ , et elle est semblable à celle que nous avons trouvé dans le Chott Marouane.

Tableau 9 : Taille des des Nauplii des différentes espèces d'*Artémia*.

Espèce	Taille des Nauplii ( $\mu\text{m}$ )
<i>A. salina</i> (chott Marouane)	471 $\pm$ 46,56
<i>A. franciscana</i>	424-482 (LEGER et al., 1986)
<i>A. sinica</i>	493-515 (VANHEACKE et SORGELOOS, 1980)
<i>A. urmiana</i>	466.3–505 (ABATZOPOULOS et al., 2006)
<i>A. Tunisiana</i>	348.7 -553.8 (BEN NACEUR et al., 2008)
<i>A. tibetiana</i>	540,2-607,1 (VAN STAPPEN et al., 2003)
<i>A. parthenogenetica</i>	517 (LEGER et al., 1986)

La distribution des fréquences de la taille des Nauplii (**Figure 15**) montre que celle-ci a une large variation de 380-560  $\mu\text{m}$  et que la taille la plus dominante est comprise entre 440-460  $\mu\text{m}$  (des petites tailles) ce qui confirme la taille idéal pour une utilisation en larviculture.

Figure 15 : Distribution des fréquences de la taille des Nauplii d'*Artémia* du Chott Marouane.

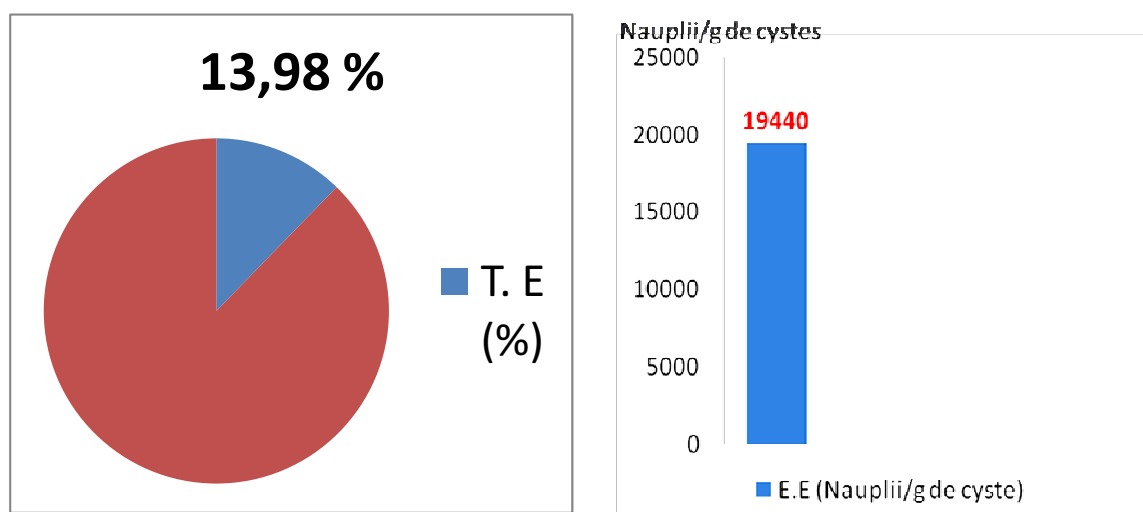
### III. Paramètres d'éclosion :

Le tableau 10 et figure 16 regroupent les résultats concernant la détermination des paramètres d'éclosion de cystes de la souche d'*Artémia* du Chott Marouane, à savoir le taux d'éclosion et l'efficacité d'éclosion.

**Tableau 10 : Détermination des paramètres d'éclosion des cystes du chott Marouane.**

Paramètres	Taux d'éclosion (%)	Efficacité d'éclosion (Nauplii/g de cystes sec)
Données	13,98	19.440

Les données de ce tableau, indiquent apparemment que la qualité d'éclosion des cystes de cette souche est faible en le comparant aux résultats obtenus par (KARA *et al.*, 2004) ou ils ont trouvé pour les années 1994, 2000 et 2001 respectivement les taux d'éclosions suivant 0,9, 55 et 35%. Et pour une efficacité de 143.223 pour l'année 2000 et de 34.040 Nauplii/g cyste pour l'année 2001.



**Figure 16: Résultats des paramètres d'éclosion: T.E (Taux d'Éclosion) et E.E (Efficacité d'éclosion).**

Ces valeurs sont insuffisantes et nettement inférieures à celle des souches commerciales (voir annexe 5) entre autre celle de l'*A. franciscana* de la San Francisco Bay qui avoisine les 90% (VANHEACKE et SORGELOOS, 1983) ou leurs étude a démontré qu'il y a une variation considérable de taux d'éclosion et l'efficacité d'éclosion parmi des cystes des différentes origines géographiques.

Vu la faible qualité d'éclosion qui est obtenue avec les cystes de la souche du Chott Marouane, nous estimons, toutefois utile d'évoquer qu'en général l'éclosion des cystes d'*Artémia* dépend

largement des conditions de l'environnement, sous lesquelles les cystes sont produits (VANHEACKE et SORGELOOS, 1980 ; BRISKI, et al., 2008), de ce fait nous supposons que les faibles taux et efficacité d'éclosion obtenus, sont probablement en grande partie dus à cela. En particulier les excès de chaleur et les nombreux cycles répétitifs d'hydratation et de déshydratation qui ont pu survenir au cours des trois dernières années comme le confirme la Figure 17.

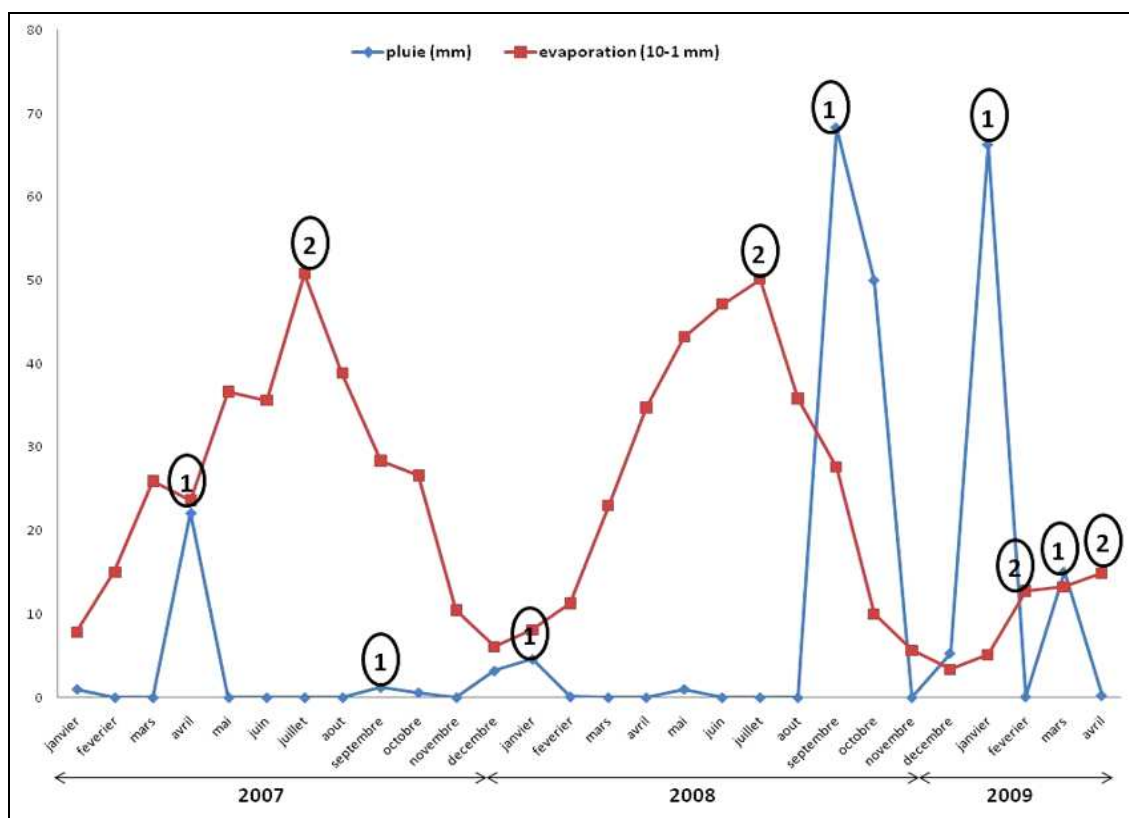


Figure 17: Variation de la pluviométrie et de l'évaporation du chott Marouane des 3 dernières années (2007-2009). (1): Hydratation, (2): déshydrations. (Données de la station météorologique ENASEL El-Meghaier)

## CONCLUSION GENERALE :

Cette étude est une contribution à la caractérisation de la population d'*Artémia* (Crustacés, Anostracés) du chott Marouane (wilaya d'El Oued) qui a mis en lumière l'existence d'un gisement de cystes d'*Artémia* exploitable qui s'estime à **2,71 tonnes/ hectare** dans la rive Ouest du Chott.

Les données recueillies de l'étude biométrique, ont montré que les cystes et les nauplii de cette souche ont des caractéristiques bien distinctes du point de vue biométrique, les cystes non décapsulés ont une taille de **(232,75 ± 25,30 µm)**, les cystes décapsulés **(209,75 ± 25,09 µm)** et les nauplii **(471 ± 46,56 µm)**, et c'est ces caractéristiques qui font de cette souche une proie qui pourrait répondre aux exigences des stades larvaires des organismes prédateur. Autrement dit la taille des cystes décapsulés et nauplii sera adapté à la taille de leurs bouche.

Les cystes de cette souche d'*Artémia* sont caractérisés par un faible rendement au niveau de taux d'éclosion (**13,98%**) et de l'efficacité d'éclosion (**19.440 Nauplii/g de cyste sec**) et ça, comme nous l'avons supposé que c'est due à la composante de l'environnement en particulier les cycles répétitifs d'hydratation et de déshydratation qui ont pu survenir au cours des derniers mois qui ont précédé le prélèvement. Il peut être souligné que cette souche d'*Artémia* est en générale, d'une qualité comparable à celle des souches commercialisées de nos jours (San Francisco Bay- Great Salt Lake, USA).

En conclusion, l'exploitation de cette souche notamment les cystes pourrait être facilement récoltée du Chott et il sera sans doute profitable d'installer une petite unité de traitement et de conditionnement des cystes qui servira d'une source d'alimentation pour les futurs projets de larviculture, envisagés actuellement en Algérie.

Mais cette exploitation reste néanmoins limitée, il faudra donc envisager une autre alternative pour ne pas épuiser ce stock. Pour ça nous proposons, d'associer les tables salines de l'ENASEL à l'*Artémia* par inoculation (voir annexe 6), car ce petit crustacé est bénéfique pour ces tables en améliorant le sel de point de vue qualité et quantité.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abatzopoulos T.J., Bo Z. and Sorgeloos P., 1998.** *Artemia tibetiana*: preliminary characterization of a new *Artemia* species found in Tibet (People's Republic of China). International Study on *Artemia*. LIX. *Int. J. Salt Lake Res.* 7: 41–44.
- Abatzopoulos T.J., El-Bermawi N., Vasdekis C., Baxevanis A.D. and Sorgeloos P., 2003.** Effects of salinity and temperature on reproductive and life span characteristics of clonal *Artemia*. (International Study on *Artemia*, LXVI). *Hydrobiologia* 492: 191–199.
- Abatzopoulos T.J., Triantaphyllidis V.G., Roadaki N., Baxivanis, A.D., Triantafyllidis A. and Sorgeloos P., 2003a.** 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.
- Abatzopoulos T.J., Agh N., Van Stappen G., Razavi Rouhani S.M. and Sorgeloos P., 2006.** *Artemia* sites in Iran. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 86: 299–307.
- Abatzopoulos T.J., Baxevanis D.A., Triantaphyllidis G.V., Criel G., Pador L.E., Van Stappen G. and Sorgeloos P., 2006a.** Quality evaluation of *Artemia urmiana* Günther (Urmia Lake, Iran) with special emphasis on its particular cyst characteristics (International Study on *Artemia* LXIX), *Aquaculture*, 254: 442–454.
- Amarouayache M. and Kara M.H., 2006.** Modifications morphologiques d'*Artémia* sp. (Crustacé Branchiopode) en fonction de la salinité du milieu dans les conditions naturelles et en élevage. N° spécial : 2ème Colloque euro-méditerranéen de biologie environnementale, Mésogée Vol. 62 : 77.
- Artemia systems NV-SA., 1987.** User's guide. Member of the PETROFINA GROUP, Ghent, Belgium. 72 pages.
- Asem A., Rastegar-Pouyani N. and Agh N., 2007.** Biometrical study of *Artemia urmiana* (Anostraca: Artemiidae). Cysts harvested from Lake Urmia (west Azerbaijan, Iran), *Turk. J. Zool.* 31: 171–180.
- Baxevanis A.D., El-Bermawi N., Abatzopoulos T.J. and Sorgeloos P., 2004.** Salinity effects on maturation, reproductive and life span characteristics of four Egyptian *Artemia* populations (International Study on *Artemia*. LXVIII). *Hydrobiologia* 513: 87–100.
- Ben Naceur H., Ben Rejeb Jenhani A., El Cafsi M. and Romdhane M.S., 2008.** Determination of biological characteristics of *Artemia salina* (Crustacea: Anostraca) population from Sabkhet Sijoumi (NE Tunisia). *TWB, Transit. Waters Bull.* 3: 65–74.
- Briski E., Van Stappen G., Bossier P. and Sorgeloos P., 2008.** Laboratory production of early hatching *Artemia* sp. cysts by selection. *Aquaculture* 282: 19–25.

- Browne R.A., Davis L.E. and Sallee S.E., 1988.** Effects of temperature and relative fitness of sexual and asexual brine shrimp *Artemia*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, Vol.124: 1–20.
- Bruggeman E., Sorgeloos P. and Vanhaecke P., 1980.** Improvements in the decapsulation technique of *Artemia* cysts. pp 262-269. In: Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O. and Jaspers, E., 1980. *The Brine Shrimp Artemia. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture*, *Universa Press, Welleren, Belgium*. Vol.3: 456.
- Camargo W.N., Ely J.S., Duran-Cobo G.M. and Sorgeloos P., 2004.** Influence of some physicochemical parameters on *Artemia* biomass and cyst production in some Thalassohaline aquatic environments in the Colombian Caribbean. *journal of the world aquaculture society*, Vol. 35, N°2: 274-283.
- Camargo W.N., Durán G.C., Rada O.C., Hernández L.C., Linero Juan-Carlos G., Muelle Igor M. and Sorgeloos P., 2005.** Determination of biological and physicochemical parameters of *Artemia franciscana* strains in hypersaline environments for aquaculture in the Colombian Caribbean. *Saline Systems*, Vol. 1: 9.
- Castro Thalía B., Gajardo G., Castro Jorge M. and Castro G.M., 2006.** A biometric and ecologic comparison between *Artemia* from Mexico and Chile. *Saline Systems*, 2:13.
- Claus C., Benijts F., Sorgeloos P., 1977.** Comparative study of different geographical strains of the brine shrimp, *Artemia salina*. Universite of Ghent, Belgium, 17.
- Clegg J.S., Drinkwater L.E., Sorgeloos P., 1996.** The metabolic status of diapause embryos of *Artemia franciscana* (SFB). *Physiological zoology, university of Chicago* 69, Vol. 1: 49-66.
- Clegg J.S., 1997.** Embryos of *Artemia franciscana* survive four years of continuous anoxia: the case for complete metabolic rate depression. *The Journal of Experimental Biology*, Vol. 200: 467–475.
- Dhont J., Lavens P. and Sorgeloos P., 1993.** Preparation and use of *Artemia* as food for shrimp and pawn larvae. *CRC handbook of mariculture, Vol. 1: Crustacean aquaculture*. 61-93.
- Dhont J. and Van Stappen G., 2003.** Biology, Tank Production and Nutritional Value of *Artemia*. *Live Feeds in Marine Aquaculture*, 65-121.
- Direction générale des forets, 2002.** Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar, Chott Melghir (Wilaya d'El Oued, Algérie), 14 pages.
- Dixon B.A., Van Poucke S.O., Chair M., Dehasque M., Nelis H.J., Sorgeloos P. and De Leenheer A.P., 1995.** Bioencapsulation of the antibacterial drug sarafloxacin in Nauplii of the brine shrimp *Artemia franciscana*. *Journal of aquatic animal health* 7: 42-45.
- Dumont J.H. and Stefan N.V., 2002.** Introduction to the class branchiopoda, guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world 19. *Backhuys Publishers*, 398.

- Fabregas J., Otero A., Dominguez A. and Patino M., 2001.** Growth Rate of the Microalgae *Tetraselmis suecica* Changes the Biochemical Composition of *Artemia* Species. *Mar. Biotechnology*, 3: 256–263.
- Gajardo G., Colihueque N., Parraguez M. and Sorgeloos P., 1998.** International study on artemia LVIII. Morphologic differentiation and reproductive isolation of *Artemia* populations from South America. *International journal of Salt lake research*, 7: 133-151.
- Granvil D.T., 2000.** *Artemia* Production for Marine Larval Fish Culture. *SRAC Publication*, No. 702. 8 pages.
- Greta E., Tyson and Sullivan M.L., 1979.** Antennular sensila of the *Artemia salina*. *Biol. Bull.*, 156: 382-392.
- Guillaume J., Kaushik S., Bergot P. and Métailler R., 1999.** Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. *INRA Editions et Ifremer*, 13: 265-283.
- Haddag M., 1991.** Contribution à l'étude d'une souche d'*Artémia* (*Artemia tunisiana*) endémiques aux eaux de la saline d'Arzew, Algérie. *Thèse de magistère, ISMAL*, 68 p.
- Hernandorena A., 1988.** Action des chocs thermique sur le développement de l'*Artemia*. Aspects récents de la Biologie des Crustacés, *Actes de Colloques*, 8 : *IFREMER*: 65 -68.
- Kappas I., Abatzopoulos T.J., Van Hoa N., Sorgeloos P. and Beardmore J.A., 2004.** Genetic and reproductive differentiation of *Artemia franciscana* in a new environment. *Marine Biology*, 146: 103–117.
- Kara M.H., Bengrainec K.A., Derbal F., Chaoui L., Amarouyache M., 2004.** Quality evaluation of a new strain of *Artemia* from Chott Marouane (Northeast Algeria), *Aquaculture*, 235: 361–369.
- Léger P., Bengtson D.A., Simpson K.L. and Sorgeloos P., 1986.** The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 24: 521-623.
- Lavens P., Tackaert W. and Sorgeloos P., 1986.** International Study on Artemia. XLL Influence of culture conditions and specific diapause deactivation methods on the hatchability of *Artemia* cysts produced in a standard culture system. *Marine ecology - Progress Series Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 31: 197-203.
- Lavens P. and Sorgeloos P., 1987.** The cryptobiotic state of *Anemia* cysts, its diapause deactivation and hatching. In: Sorgeloos, P., Bengtson, D. A., Decler, W. and Jaspers, E. a review *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. *Ecology, Culturing, Use in aquaculture*. *Universa Press, Weueren, Belgium*. 27-63.
- Lavens P., Sorgeloos P., 1996.** Manual on the production and the use of live food in aquaculture. *FAO Fisheries Technical Paper*, 361: 295.
- Lavens P., Sorgeloos P., 2000.** The history, present status and prospects of the availability of *Artemia* cysts for aquaculture. *Aquaculture* 181: 397–403.

- Merchie G., 1996.** Use of nauplii and meta-nauplii in the manual of production the live food of aquaculture. 4.3: 137-163.
- Munoz J., Gomez A., Green A.J., Figuerola J., Amat F. and Rico C., 2008.** Phylogeography and local endemism of the native Mediterranean brine shrimp *Artemia salina* (Branchiopoda: Anostraca). *Molecular Ecology* 17, 3160–3177.
- Provasoli L. and Agostino A., 1969.** Developement of artificial media for *Artemia salina*. *Biol. Bull.*, 136: 434-453.
- Sorgeloos P., 1972.** The influence of light on the growth rate of larvae of the brine shrimp, *Artemia salina* L. *Biol. Jaarb., Dodonaea*, 40:317-322.
- Sorgeloos P., Bossuyt E., Lavina E., Baeza Mesa M. and Persoone G., 1977.** Decapsulation of *Artemia* cysts: a simple technique for the improvement of the use of brine shrimp in aquaculture. *Aquaculture*, 12: 311–315.
- Sorgeloos P., Persoone G., Baeza-Mesa M., 1978.** The use of *artemia* cysts in aquaculture: the concept of "hatching efficiency" and description Of a new method for cyst processing. Proceedings of the ninth annual meeting world mariculture society: 715-721.
- Sorgeloos P., 1980.** Life history of the brine shrimp *Artemia*: p.xix-xxiii. In: **Persoone G., Sorgeloos P., Roels O. et Jaspers E.** The brine shrimp *Artemia*. Vol. 1. Morphology, genetics, radiobiology, toxicology. *Universa Press*, Wetteren, Belgium, 380 pages.
- Sorgeloos P., 1980a.**The use of the brine shrimp *Anemia* in aquaculture. In: Persoon, G., Sorgeloos, P., Roels, O., Jaspers, E. The Brine Shrimp *Artemia*: Ecology, Culturing, Use in Aquaculture Vol. 3: 25-46.
- Sorgeloos P., Dhert P., Candreva P. 2001.** Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture, *Aquaculture*, 200: 147–159.
- Tackaert W. & Sorgeloos P., 1993.** The Use of Brine Shrimp *Artemia* in Biological Management of Solar Saltworks. *Eventh Symposium on Salt*, Vol. I: 617 -622.
- Triantaphyllidis G.V., Pilla Ernani J.S., Thomas Kathleen M., Abatzopoulos T.J., Beardmore J.A. and Sorgeloos P., 1994.** International Study on *Anemia*. LII. Incubation of *Anemia* cyst samples at high temperature reveals mixed nature with *Anemia franciscana* cysts, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 183: 273-282.
- Triantaphyllidis G.V., Pouloupoulou K., Abatzopoulos T.J., Pinto Perez C.A. and Sorgeloos P., 1995.** International study on *Artemia*: XLIX. Salinity effects on survival, maturity, growth, biometrics, reproductive and lifespan characteristics of a bisexual and a parthenogenetic population of *Artemia*. *Hydrobiologia* 302: 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: cytogenetic, biometry, hatching characteristics and fatty acid profiles. *Hydrobiologia*, 335: 97–106.
- Triantaphyllidis G.V., Criel G.R.J., Abatzopoulos T.J., Thomas K., Peleman J., Beardmore, J.A. and Sorgeloos P., 1997.** International study on Artemia: LVII. Morphological and molecular characters suggest conspecificity of all bisexual European and North African Artemia populations. *Mar. Biol.*, 129: 477–487.
- Triantaphyllidis G.V., Abatzopoulos T.J. and Sorgeloos P., 1998.** Review of the biogeography of the genus Artemia (Crustacea, Anostraca). *J. Biogeography*, 25: 213–226.
- Van Stappen G., 1996.** Introduction, 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.
- Van Stappen G., Fayazi G. and Sorgeloos P., 2001.** International Study on Artemia LXIII. Field study of the Artemia urmiana (Günter, 1890) population in Lake Urmiah, Iran, *Hydrobiologia* 466: 133–143.
- Van Stappen G., 2002.** Zoogeography. In: Abatzopoulos, Th. J. and *al.*, Artemia: Basic and Applied Biology. 171-224.
- Vandekerckhove B., Parmentier L., Van Stappen G., Grenier S., Febvay G., Rey M. and De Clercq P., 2008.** Artemia cysts as an alternative food for the predatory bug Macrolophus pygmaeus. *Journal compilation: 2008. Blackwell Verlag, Berlin*, 1-10.
- Vanhaecke P. and Sorgeloos P., 1980.** International Study on Artemia. IV. The biometrics of Artemia strains from different geographical origin. In: Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O. and Jaspers, E., The Brine Shrimp Artemia. Vol. 3. *Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Belgium*: 393–405.
- Vanhaecke P., Coorema A. and Sorgeloos P., 1981.** International Study on Artemia. XV. Effect of Light Intensity on Hatching Rate of Artemia Cysts from Different Geographical Origin. *marine ecology - progress series.*, Vol. 5: 111-114.
- Vanhaecke P., Lavens P. and Sorgeloos P., 1983.** International study on artemia. XVII. Energy consumption in cysts and early larval stages of various geographical Strains of artemia. *Annals Soc. r. zool. Belg. tom: 113. Fasc., 2*: 155-164.
- Vanhaecke P. and Sorgeloos P., 1983a.** International study on artemia XIX, hatching data for ten commercial sources of brine shrimp cysts and re-evaluation of the "hatching efficiency concept. *Aquaculture*: Vol. 30.
- Vanhaecke P., Tackaert W. and Sorgeloos P., 1987.** The biogeography of Artemia: An updated review. In: **Sorgeloos P., Bengtson D. A., Declair W. and Jaspers E.** a review Artemia Research and its Applications. Vol. 3. *Ecology, Culturing, Use in aquaculture. Universa Press, Weuereen, Belgium*, 380 pages.

- Versichelle D., Leger P., Lavens P. and Sorgeloos P., 1989.** L'utilisation de l'*Artémia*. In: Barnabé. G., Aquaculture, Vol.1. Chapitre 7. 243-259.
- Vos L., De la Rosa N.L., 1980.** Manual on Artemia production in salt ponds in the Philippines. *FAO/UNDP-BFAR Project Manual. PHI/75/005 WP6*, 48.
- Wheeler Ray A.I. Yudin and Clark W.H., 1979.** Hatching events in the cyst of artemia salina. *Aquaculture volume 18 N°1*. 59-67.
- Zemmouri A., 1985.** Développement larvaire et utilisation du crustacé branchiopode du genre *Artémia*. Thèse de T.S en biologie des pêches, ISMAL. 39 pages.
- Zemmouri A., 1987.** Rapport de stage effectué à l'Artemia Référence Center. Universite of Ghent, Belgium, 17 pages.
- Zemmouri A., 1991.** A note on the genus Artemia in Algeria. *Hydrobiologia*, 212: 231-233.

# ANNEXES

---

# Annexe 1

---

## **LES ETAPES DE DECAPSULATION :**

La coquille dure des cystes d'artémia dont les embryons dormant 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- Préparations 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 que les cystes soient maintenus en suspension pendant une heure à une température de 25°C en respectant une densité < 100 g/l.

### **2. Préparation des solutions de décapsulation :**

La solution d'hypochlorite peut être préparée avec un décolorant liquide (eau de Javel) NaOCl, ou poudre de décolorant Ca(OCl)<sub>2</sub>, dans les proportions suivante :

- 0,5g d'hypochlorite active par gramme de cystes.
- Un produit alcalin, pour garder un pH >10, par gramme de cystes utilisés :  
0,15g de NaOH quand on utilise un décolorant liquide (eau de Javel).

0,67g de NaCO<sub>3</sub> ou CaO pour le décolorant en poudre.

Dissolvez le décolorant en poudre en ajoutant le produit alcalin ; utiliser seulement le super nageant de cette solution.

Ajouter l'eau de mer pour préparer la solution finale à 14ml par gramme de cystes.

### **3. Transfert des cystes dans les solutions de décapsulation :**

Après récolte des cystes sur un tamis de 125µm de diamètre, rinçage et sont ensuite transférer dans la solution d'hypochlorite.

#### **4. Décapsulation :**

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

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

Vérifier l'évolution du processus de décapsulation régulièrement sous loupe binoculaire.

#### **5. Lavage et désactivation :**

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

Enlever les cystes de la suspension de décapsulation et rincés 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 dans la solution de décapsulation plus longtemps, puisque ceci affectera leur viabilité.

Pour la désactivation ; il faut éliminer toute traces d'hypochlorite en plongeant les cystes (< 1 mn) dans une solution de HCL de 0.1 N ou dans la solution  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  de 0.1 %, puis les rincer avec de l'eau. Des résidus d'hypochlorite peuvent être détectés en mettant quelques cystes décapsulés en petite quantité d'indicateur d'amidon-iodine. Quand le réactif vire au bleu, le lavage et la désactivation doit être continué.

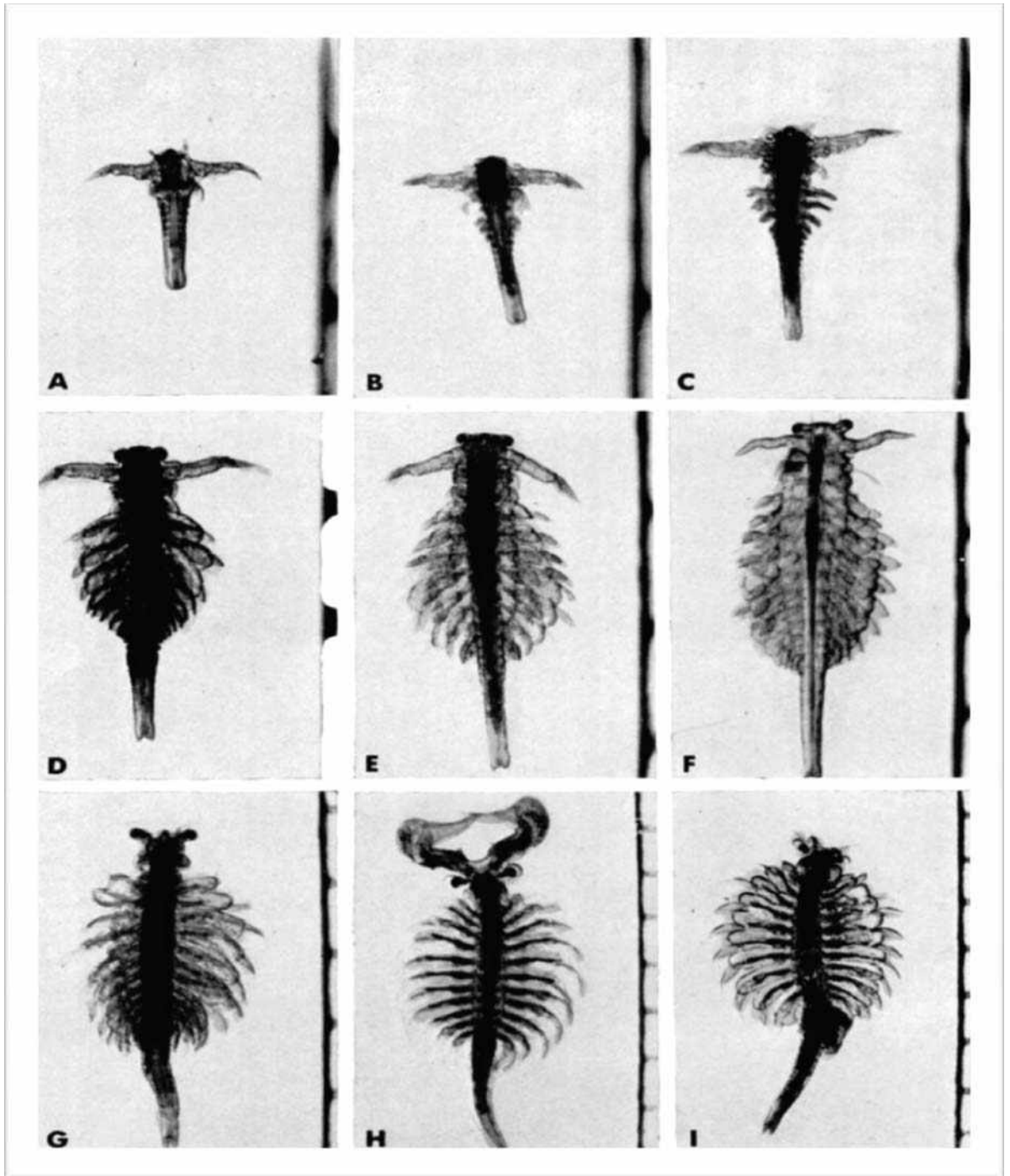
#### **6. Stockage :**

Les cystes peuvent être stockés pendant quelques jours dans le réfrigérateur (0-4°C) ou tous autres entreposages au froid avant l'incubation pour l'éclosion.

Pour l'entreposage à long terme des cystes doivent être déshydratés dans une solution de saumure saturée (1 g de cystes secs par 10 ml de saumure de 300g de NaCl /l). La saumure doit être renouvelée après 24h. Leurs teneur en eau a été abaissée environ à 20 % et ils peuvent être stockés dans un réfrigérateur pendant plusieurs semaines sans perdre leur viabilité.

## Annexe 2

Description des étapes de développement de l'artémia :



A : Nauplius (Instar I) de 24-48 heures, B-E : Metanauplius III à IV (Instar II), F-G : juvénile,  
H : Adult mâle, I adulte femelle.

## Annexe 3

**Tableau:** Composition approximative du poids sec individuel d'*Artémia* à différents stades de développement en fonction de temps d'incubation.

	Uncapsulated cysts	Time of development (h)					
		1	6	11	16	21	25
<i>Protein</i>							
% dw	55.8 ± 0.1	50.6 ± 0.1 <sup>e</sup>	53.8 ± 0.1 <sup>d</sup>	54.7 ± 0.1 <sup>c</sup>	55.7 ± 0.2 <sup>b</sup>	56.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	56.2 ± 0.0 <sup>a</sup>
μg ind <sup>-1</sup> *	2.70 ± 0.1	1.73 ± 0.07	1.77 ± 0.08	1.67 ± 0.07	1.70 ± 0.08	1.48 ± 0.06	1.30 ± 0.06
<i>Lipid</i>							
% dw	11.2 ± 0.2	14.7 ± 0.1 <sup>d</sup>	16.2 ± 0.5 <sup>c</sup>	16.4 ± 0.3 <sup>bc</sup>	16.9 ± 0.3 <sup>b</sup>	18.0 ± 0.2 <sup>a</sup>	17.0 ± 0.3 <sup>b</sup>
μg ind <sup>-1</sup> *	0.54 ± 0.03	0.51 ± 0.02	0.53 ± 0.03	0.51 ± 0.02	0.52 ± 0.02	0.48 ± 0.02	0.40 ± 0.02
<i>Carbohydrate</i>							
% dw	6.9 ± 0.7	6.6 ± 0.5 <sup>a</sup>	6.6 ± 1.1 <sup>a</sup>	4.2 ± 0.3 <sup>b</sup>	4.3 ± 0.2 <sup>b</sup>	4.3 ± 0.7 <sup>b</sup>	3.6 ± 0.4 <sup>b</sup>
μg ind <sup>-1</sup> *	0.33 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.22 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.12 ± 0.01	0.09 ± 0.01
<i>Ash</i>							
% dw	5.9 ± 0.2	10.6 ± 0.3 <sup>a</sup>	11.1 ± 0.2 <sup>a</sup>	9.0 ± 0.2 <sup>bc</sup>	9.8 ± 0.8 <sup>ab</sup>	7.2 ± 0.1 <sup>d</sup>	7.6 ± 1.2 <sup>cd</sup>
μg ind <sup>-1</sup> *	0.29 ± 0.01	0.36 ± 0.01	0.36 ± 0.01	0.28 ± 0.01	0.30 ± 0.01	0.19 ± 0.01	0.18 ± 0.01
<i>Individual dry weight</i>							
μg *	4.83 ± 0.2	3.42 ± 0.2	3.28 ± 0.2	3.06 ± 0.1	3.05 ± 0.1	2.62 ± 0.1	2.31 ± 0.1
<i>Digestible protein</i>							
% Total protein	—	82.8 ± 1.3	79.7 ± 7.1	81.5 ± 4.0	79.5 ± 2.8	82.5 ± 1.0	77.8 ± 1.6

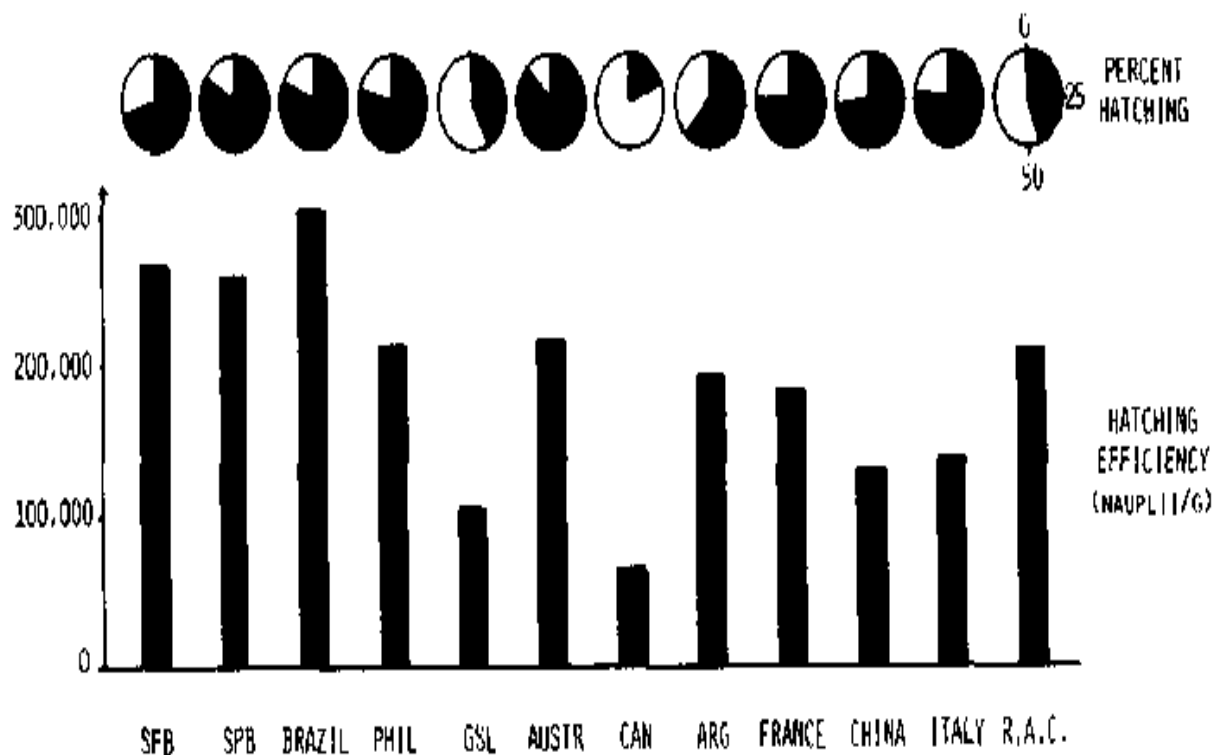
# Annexe 4

**Tableau :** Taux d'éclosion de l'Artémia du Chott Marouane (prélevé Avril 2009).

ECHANTILLON	NOMBRE DE CYSTES	NOMBRE DE NAUPLII
1	112	17
2	113	7
3	123	9
4	98	25
5	110	13
6	125	18
7	107	12
8	85	11
9	67	15
10	90	17
<b>MOYENNE</b>	<b>103</b>	<b>14,4</b>
<b>Taux d'éclosion (%)</b>	<b>13,98058252</b>	

**Tableau :** Efficacité de l'Artémia du chott Marouane (prélevé Avril 2009).

Echantillons	Essai 1	Essai 2	moyenne des essais
TUBE1	11	8	9,5
TUBE2	18	11	14,5
TUBE3	14	9	11,5
TUBE4	11	13	12
TUBE5	9	10	9,5
TUBE6	11	8	9,5
TUBE7	9	9	9
TUBE8	19	11	15
TUBE9	22	12	17
TUBE10	17	11	14
Moyenne des Nauplii	<b>14,1</b>	<b>10,2</b>	<b>12,15</b>
<b>Efficacité d'éclosion</b>	<b>22560</b>	<b>16320</b>	<b>19440</b>



**Figure :** Taux et efficacités d'éclosion de différentes souches mondiales d'*Artémia*.

SFB : San Francisco bay

SPB : São Polo bay

Phil : philippine

Austr : Australie

CAN : Canada

ARG : Argentine

R.A.C : Reference Artemia Center.

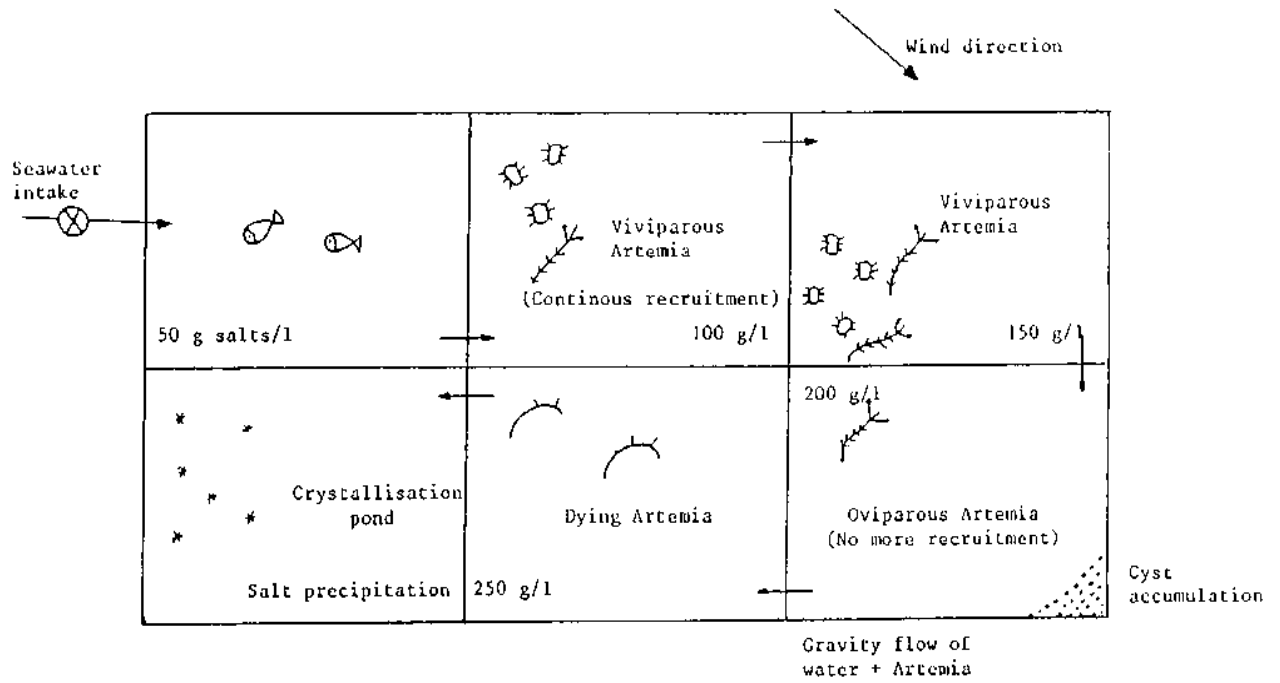
## Annexe 5

---

**Tableau :** Variation de la pluie et de l'évaporation de janvier 2007-Avril 2009 du Chott Marouane (Station météorologique ENASEL EL-Meghaier)

	Pluie (mm)	Evaporation (mm)
janvier	1	78,17
février	0	150,05
mars	0	259,08
avril	22,1	236,23
mai	0	366,19
juin	0	356,18
juillet	0	507,85
aout	0	388,93
septembre	1,2	283,83
octobre	0,6	266,22
novembre	0	104,67
décembre	3,2	60,6
janvier	4,6	81,25
février	0,1	112,96
mars	0	229,77
avril	0	347,3
mai	1	432,15
juin	0	471,71
juillet	0	501,46
aout	0	358,35
septembre	68,3	276,1
octobre	50	99,77
novembre	0	56,12
décembre	5,3	33,66
janvier	66,25	51,49
février	0,1	127,7
mars	15,05	132,59
avril	0,25	148,58

# Annexe 6



**Figure :** Schéma des tables salines avec l'impacte naturel de l'Artemia.

# Annexe 7

**Tableau :** Résultats de l'étude biométrique des cyste des différentes souches.

A. salina (chott Marouane)		A. tunisiana		A. franciscana		A. sinica		A. urmiana	
hydratés	décapsulés	hydratés	décapsulés	hydratés	décapsulés	hydratés	décapsulés	hydratés	décapsulés
225	150	250	300	225	250	225	200	300	275
225	225	275	250	200	225	200	200	275	275
250	200	250	275	225	200	225	175	300	225
250	225	250	275	225	200	225	200	250	250
250	250	300	300	250	175	250	225	225	250
250	200	275	275	275	175	200	225	275	225
225	250	300	275	200	225	200	200	250	225
225	225	225	300	225	175	200	225	250	200
250	250	275	250	250	175	225	200	250	275
275	250	300	225	225	200	250	200	250	275
275	200	275	250	250	200	250	200	300	200
300	150	300	225	225	225	200	175	275	200
275	200	275	250	250	200	250	200	275	225
250	250	250	225	250	150	200	175	250	250
250	250	325	225	250	175	250	250	275	250
250	250	225	250	225	225	250	225	275	225
225	225	250	250	225	225	250	200	250	225
275	225	250	275	225	150	250	225	275	250
250	250	200	275	250	200	250	200	250	275
250	225	300	250	225	200	250	200	225	200
225	175	250	275	250	200	200	225	300	250
250	200	250	225	250	225	225	200	250	200
225	200	325	225	250	175	200	200	250	250
225	200	300	250	200	225	225	225	250	250
250	200	250	250	200	200	225	225	275	300
250	175	250	225	250	200	225	175	250	200
225	200	250	250	200	225	225	200	300	275
225	200	250	225	200	225	250	200	250	275
225	250	275	275	200	200	225	225	250	250
225	250	300	225	250	200	225	225	225	250
200	225	275	250	225	225	250	200	275	275
250	225	250	250	250	200	250	200	250	275
250	200	300	300	200	175	200	225	275	300
225	175	250	225	250	225	250	200	300	275

275	200	250	275	225	225	250	200	275	250
225	225	250	250	200	250	250	200	250	200
225	225	300	250	200	250	200	225	250	250
250	225	250	225	300	175	225	200	275	250
250	175	325	250	250	200	200	200	250	250
225	200	250	275	200	225	250	225	275	275
275	175	225	225	200	200	225	200	300	275
275	225	225	250	225	250	250	200	275	250
275	225	250	250	200	200	300	225	300	275
275	175	325	225	200	225	250	175	275	225
200	200	250	250	200	200	250	225	275	200
250	250	250	225	300	200	225	175	200	250
250	225	225	250	250	250	200	225	275	250
200	200	225	275	250	200	225	200	250	275
200	200	225	225	250	200	250	250	250	275
225	225	250	200	200	175	225	225	250	250
225	225	250	225	200	200	300	175	200	225
250	200	250	250	225	200	250	200	275	275
200	250	275	225	250	175	250	250	300	275
200	225	300	250	200	200	225	200	300	275
225	200	300	250	250	225	225	225	200	300
200	225	275	225	250	200	250	225	250	225
225	200	250	275	250	225	250	200	275	225
250	200	250	225	250	200	300	200	250	225
225	175	250	275	200	250	225	225	250	200
200	175	225	225	250	200	200	200	275	250
200	225	250	250	250	225	200	225	250	250
200	200	300	225	250	175	200	200	250	275
200	175	275	225	200	200	250	200	275	275
225	150	225	250	200	225	250	200	200	225
200	200	225	250	225	175	225	200	300	250
250	175	300	275	225	225	200	175	225	250
200	200	275	225	200	200	250	175	300	250
225	225	300	225	200	200	275	200	250	275
225	200	275	250	200	200	250	250	250	300
225	200	225	250	225	175	250	200	250	250
200	175	250	275	250	200	225	225	250	225
275	200	250	250	225	200	200	200	250	275
225	175	250	225	250	250	250	250	250	275
200	175	225	250	200	250	200	200	200	225
225	200	325	225	250	200	225	200	275	250
250	225	300	225	225	200	250	200	275	250
275	200	200	225	200	225	250	200	250	275
225	200	250	250	200	200	250	225	300	250

200	175	300	275	250	200	275	250	300	225
200	200	275	225	225	225	200	175	250	300
225	200	275	225	225	250	250	200	275	275
225	225	275	225	225	200	225	175	200	275
275	225	250	250	250	250	275	200	225	250
200	250	250	225	225	225	225	225	250	250
225	250	300	250	225	200	250	225	275	250
200	200	300	250	250	200	250	200	275	250
225	225	250	225	225	225	300	225	250	275
225	200	275	225	200	200	250	225	300	225
275	225	250	250	250	175	300	200	275	200
225	200	275	250	250	175	250	250	275	200
200	200	325	250	250	200	225	225	250	250
250	225	250	225	250	200	250	225	250	250
200	225	250	200	225	175	225	225	325	275
225	200	300	225	225	200	225	200	300	250
200	200	275	200	250	200	200	200	300	250
225	250	250	225	225	225	275	225	250	275
200	200	250	225	200	200	275	200	250	275
250	200	300	225	200	225	250	200	275	250
250	225	275	250	225	200	250	175	200	275
200	225	250	225	175	225	225	200	250	250

**Tableau :** Résultats de l'étude biométrique des nauplii de la souche du chott Marouane.

taille des nauplii (µm)
450
525
450
550
425
425
500
475
525
400
525
525
475
475
425
500
500
450
450
450
500
475
425
425
500
450
475
500
400

550
500
450
400
450
525
425
500
400
550
450
550
525
500
450
450
450
475
400
400
425
550

