

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES D'AGRONOMIE ET DES FORETS



Mémoire De Fin D'études

En vue de L'obtention Du Diplôme De Master En Agronomie

OPTION : Amélioration de la production végétale

Présenté Par :

- ◆ BELAYACHI Djihad Aziz
- ◆ BELHADJ AMARA Karim

Thème

Etude de l'intérêt de *Dunaliella salina* (micro-algue halophile) sur la culture de l'*Artémie* en Oranie

Soutenu publiquement devant le jury composé de:

- Président** : Dr. Azzi Noureddine.....M.A.A....U.A.B. Tlemcen
- Promoteur** : Dr. Ghezlaoui S.B.....M.C.A....U.A.B. Tlemcen
- Examineur** :Dr.Barka Salih.....M.C.B....U.A.B. Tlemcen
- Examineur** : Dr.El Haitoum Ahmed..... .M.C.A.... U.A.B. Tlemcen

Année Universitaire : 2013 - 2014

TABLE DES MATIERES

Liste Des Abréviations

Liste Des Figures

Liste Des Tableaux

Introduction générale 1

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Généralités sur l'aquaculture dans le monde et en Algérie

I.1 Le poisson et l'alimentation humaine	3
I.1.1 Les protéines	4
I.1.2 Les Lipides.....	5
I.1.3 Vitamines et minéraux du poisson	5
I.2 Besoins nutritionnels des poissons	6
I.2.1 Besoin en protéines	6
I.2.2 Besoin en lipides	6
I.2.3 Besoin en glucides.....	7
I.2.4 Besoin en vitamines.....	7
I.2.5 Besoin en minéraux	7
I.3 Fabrication des aliments destinés aux poissons	8
I.4 L'aquaculture dans le monde et en Algérie.....	9
I.4.1. Définition de l'aquaculture	9
I.4.2 Objectifs de l'aquaculture	9
I.5 L'aquaculture dans le monde.....	10
I.5.1 Production mondiale des pêches et de l'aquaculture.....	10
I.6 L'aquaculture en Algérie	12

I.6.1 Historique	12
I.6.2 Contraintes affectant le développement de l'aquaculture en Algérie.....	14
I.6.3 L'aquaculture au Sud algérien.....	14
I.7 La pisciculture.....	15
I.7.1 Définition	15

Chapitre II : Etude et intérêt de *Dunaliella salina*

II.1. Définition des algues.....	19
II.2. Classification, description et types d'algue.....	19
II.2.1. Les principaux groupes phylogénétiques d'algues.....	20
II.2.2. Micro-algues.....	22
II.3. Les algues et les plantes aquatiques.....	23
II.4. Physiologie.....	24
II.5. Ecologie	24
II.6. Habitat.....	25
II.7. Reproduction.....	25
II.8. Utilisation, exploitation et valorisation des algues.....	27
A. Composition biochimique.....	27
B. Production de la biomasse.....	28
II.9. <i>Dunaliella salina</i>.....	29
II.9.1 Historique.....	29
II.9.2. Taxonomie.....	31
II.9.3 Cycle de vie.....	32
II.9.4. Facteurs du milieu.....	33

II.9.6. Bio constituants actifs disponible.....	34
II.9.7 Ecologie.....	35
II.9.8 Culture de <i>Dunaliella salina</i>	36
II.9.9. Intérêts des cultures.....	37
II.10 <i>Dunaliella salina</i> : un aliment indispensable des <i>Artémia</i>.....	37

Chapitre III : Présentation des milieux d'étude

III.1 Les salines de sidi Bouziane	39
III.1.1 Cadre physique	40
III.1.2 Climatologie	40
III.2 Les salines de Bethioua	42
III.2.1 Cadre Physique.....	42
III .2.2 Climatologie.....	43

Chapitre IV: Biologie et Ecologie de l'*Artemia*

IV.1 Biologie de l'<i>Artemia</i>	44
IV.1.1 Systématique	44
IV.1.2 Ecologie de l'espèce	45
IV.1.3Description	45
IV.2 Morphologie et cycle de Vie	46
IV.2.1 Le cyste	47
IV.2.2 Morphologie du cyste	48
IV.2.3 Reprise du métabolisme du cyste et son éclosion	49

IV.2.4 Développement larvaire et morphologie de la larve	50
IV.2.5 Mode de reproduction	52
IV.2.6 Morphologie de l'adulte	53
IV.3 Alimentation et respiration	55
IV.4 Valeur nutritionnelle	56
IV.4.1 Protéines	57
IV.4.2 Lipides	58
IV.4.3 Vitamine C	58
IV.4.4 Pigments	58
IV.5 Répartition géographique de l'<i>Artemia</i>	58
IV.5.1 Artémia dans le monde	58
IV.5.2 Artémia En Algérie	60

CHAPITRE V : Intérêt et valorisation d'Artémia comme aliment en aquaculture

V.1 Alimentation des poissons	62
V.1.1 La nutrition énergétique	63
V.1.2 La nutrition protéinique	63
V.2 Les besoins nutritionnelles des différentes espèces d'aquaculture.....	63
V.2.1 Besoin en Protéine	63
V.2.2 Besoin en lipides	64
V.3 Valorisation des cystes d'artémia de Relizane comme aliment en aquaculture	66

ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE VI : Matériel et Méthodes

VI.1. Matériel et Méthodes	67
VI.1 Choix et intérêt de l'espèce	67
VI.2 La collecte des cystes	67
VI.3 Estimation de la biomasse naturelle des cystes	68
VI.4 Purification des cystes	68
VI.5 Incubation des cystes	70
VI.6 Détermination du taux d'éclosion.....	70
VI.7 Décapsulations des cystes	71
VI.8 Dosage de la teneur en Eau	72
VI.9 Dosages de la teneur en cendres	72
VI.10. Dosage des protéines	73
VI.11 Dosage des lipides.....	74

Chapitre VII : Résultats et discussions

VII.1 Mesure biométrique.....	75
VII.2 Biomasse naturelle des cystes de la saline	76
VII.3 Composition biochimique.....	78
Conclusion générale.....	79
Références bibliographique.....	81
Annexe.....	97

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur **Dr. Ghezlaoui S.B** sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire ont été déterminants dans la réalisation de notre travail.*

*Nous exprimons nos sincères remerciements à monsieur **Dr. Azzi Noureddine** Professeur à l'Université Abou bekr Belkaid Tlemcen, d'avoir accepté de présider le Jury de ce travail.*

*Nos vifs remerciements vont également à **Dr.Barka Salih** d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous remercions sincèrement : **Dr.El Haitoum Ahmed** pour avoir accepté de juger ce modeste travail.*

Un très grand merci à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué l'élaboration de ce travail.

Liste des figures

Figure 01 : Production mondiale de l'aquaculture en 2010 (FAO)

Figure 02. Production mondiale des pêches et de l'aquaculture (FAO, 2008)

Figure 03 : Evolution annuelle de la production aquacole en Algérie 2000-2009(FAO, 2010)

Figure 04 : La production piscicole dans le monde (%) (FAO, 2010)

Figure 05 : Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Figure06 : Dessins de Hamburger (1905) de globules rouges (*Dunaliella salina*)

Figure07 : *Dunaliella salina* (1-17) conservé avec différentes techniques de fixation, (3), cristaux de pigment; (8), les granules d'amidon; (10-13), les étapes de division; (14,15), aplanospores; (16 - 17), et les cellules vertes (*Dunaliellaviridis*) (**Hamburger. 1905**)

Figure 08: Agrégation du rouge et du vert sous la forme de *Dunaliella salina* (partie supérieure) et la formation du zygote de *Dunaliella salina* (vert et rouge forme) (partie inférieure) (**Lerche, 1937**)

Figure09 : *Dunaliella salina* (Phytoplankton) Sebkhha de Bethioua(Belayachi et Belhadj- Amara, 2013)

Figure 10 : Observation microscopique de *Dunaliella salina* x100 (**Segoriaet al, 2003**).

Figure 11 : Localisation des salines de Sidi Bouziane (Oued El Djemââ : Relizane) (Image satellite Google Earth)

Figure 12 : Une table du lac salé de Sidi Bouziane ((Belayachi et Belhadj-Amara, 2013))

Figure 13 : lac salé de Sidi Bouziane (W.Relizane) (Belayachi et Belhadj-Amara, 2013)

Figure 14: Situation des salines de Bethioua (Oran)(Source: Google Earth 2013)

Figure 15-16 : Le lac salé de Bethioua (Belayachi et Belhadj-Amara, 2013)

Figure 17 :Formes des adultes d'*Artemia*(Abatzopolulos et al., 2010)

Figure 18 : Schéma du cycle de vie (Defaye et al., 1998)

Figure19 : Les cystes secs d'*Artemia* (Dahloum, 2007)

Figure 20 : Structure du cyste de l'*Artemia*(Dhont ; Van Stappen, 2003)

Figure 21 : L'éclosion du cyste d'*Artemia* (Robbins et al., 2010)

Figure 22: Membrane embryonnaire (à gauche), nauplius (à droite) x100(Robbins et al., 2010)

Figure 23 : Tête et partie thoracique d'un pré-adulte d'*Artémia*(Dhont ; Van Stappen, 2003)

Figure 24 : Le cycle métabolique du cyste (Hayo et Schwars, 1996)

Figure 25 : Mâle et femelle adulte (Abatzopolulos et al., 2010)

Figure 26 : La couleur rouge dû a la présence de *Dunaliella salina* (Phytoplancton) Sebkhha de Bethioua (Belayachi et Belhadj- Amara, 2013)

Figure 27 : Répartition D'Artémia dans le monde (Lavens et Sorgeloos, 2000)

Figure 28 : les aliments naturels du poisson peuvent satisfaire totalement ses besoins alimentaires

Figure 29: composition de l'aliment du poisson (ex : saumon) **FAO 2012.**

Figure 30: Collecte des cystes sur les berges du lac salé (**Belayachi et Belhadj-Amara**)

Figure 31 : Hydratation des cystes d'*Artemia* (**Belayachi et Belhadj-Amara**)

Figure 32 : Incubation des cystes d'*Artemia* (**Belayachi et Belhadj-Amara**)

Figure 33: Corrélation entre la taille de la femelle et le nombre de cystes dans l'utérus

Introduction générale

Aujourd'hui, la communauté mondiale doit faire face à une multitude de défis interdépendants, qui vont des impacts de la crise financière et économique actuelle à une vulnérabilité accrue face au changement climatique, en passant par des épisodes climatiques extrêmes. Elle doit en parallèle concilier la nécessité de répondre aux besoins alimentaires et nutritionnels urgents d'une population en expansion avec le caractère limité des ressources naturelles.

La pêche et l'aquaculture contribuent de façon déterminante au bien-être et à la prospérité des habitants de ce monde. Ces dernières 50 années, l'offre mondiale de poisson de consommation a progressé à un rythme supérieur à la croissance démographique mondiale, et le poisson constitue aujourd'hui une source importante d'aliments nutritifs et de protéines animales pour une grande part de la population mondiale. Par ailleurs, le secteur procure des moyens d'existence et des revenus, tant directement qu'indirectement, à une part importante de la population mondiale.

Jusqu'à présent, le développement de l'aquaculture a porté principalement sur l'élevage intensif de poissons et de crustacés, le succès d'une culture en masse dépend surtout de la disponibilité d'une nourriture abondante et adéquate pour les jeunes stades, leur alimentation est une phase critique surtout dans le cas des larves issues d'œufs de petite taille et dont les réserves endogènes sont limitées. Les larves n'acceptent pas d'entrée des aliments inertes du type granulés fins et il faut avoir recours à des proies vivantes (**BILLARD, 2005**).

Très vite, il s'est avéré que la culture en masse du zooplancton, qui constitue la nourriture naturelle pour les stades larvaires, n'était pas économiquement réalisable (**ALLOUI, 1994**).

Une des proies les plus utilisées en élevage larvaire des poissons et crustacés est l'*Artemia*, qui constitue le produit alimentaire le plus largement utilisé, dû principalement à sa valeur nutritionnelle élevée. En effet, la petite crustacée possède une propriété unique qui se manifeste par la production de cystes, c'est-à-dire des embryons en phase dormantes qui peuvent être conservés pendant plusieurs années. Chaque année, plus de 2000 tonnes de cystes d'*Artemia* secs sont commercialisés dans le monde entier.

Cette nourriture vivante peut en effet être produite facilement à partir d'œufs trouvés sur les berges des lacs salés (**ALLOUI, 1994**).

En cas de nécessité, les cystes (œufs) sont traités d'une forme simple et rapide pour avoir à tout moment des nauplius (première phase larvaire de l'*Artemia*) qui peuvent être directement utilisés comme une source de nourriture nutritive vivante pour les larves de variété marine ainsi que des organismes d'eau douce, ce qui les rend plus commode.

L'utilisation d'*Artemia* n'est pas limitée seulement à des fins de nutrition en l'aviculture, son emploi s'est élargi jusqu'au domaine de la médication (**Chair, 1991**). D'autres recherches ont confirmé que la farine d'*Artemia* peut être utilisée comme source de protéines dans l'alimentation du poulet de chair. (**ZAREI et al., 2006 ; Aghakhanian et al., 2009**).

En Afrique du Nord, l'*Artemia* est particulièrement associée à sebkhas et chotts termes d'origine arabe et qui désigne son milieu naturel. Ce sont des dépressions remplies d'eaux salines. Certaines d'entre elles étaient des lacs au cours des périodes d'amortissement de la fin du Quaternaire.

L'Algérie compte plus de neuf plans d'eaux qui constituent les hyper-salines (**Sorgeloos et al., 1986**) susceptibles d'abriter la crevette de saumure. De ce fait il est intéressant d'examiner les possibilités d'amélioration des rendements de production de cystes et de biomasse d'*Artemia* en salines pour répondre à la demande locale du secteur aquacole, ou d'exporter ce produit de plus en plus recherché.

L'objectif de notre étude est d'évaluer la biomasse et la qualité des cystes d'*Artemia* de deux salines de l'ouest algérien (Relizane et Bethioua), afin d'estimer son potentiel pour des applications en aquaculture. La composition biochimique des cystes a été également étudiée.

Synthèse

Bibliographique

Chapitre I

Généralités sur l'aquaculture dans le monde et en Algérie

I.1 Le poisson et l'alimentation humaine :

Le poisson est réputé pour être un aliment santé. Ses apports nutritionnels pour notre alimentation sont reconnus. Lipides, acides gras, protéines, acides aminés, vitamines et minéraux.

Les poissons apportent une bonne quantité de protéine sans apporter trop de matière grasse. les matières grasses apportées sont de bonnes qualités et nécessaire au corps humain , ce sont des acides gras longs poly-insaturés (AGLPI) de la série ω_3 , comme l'acide eicosapentanoïque (20: 5 EPA) ou le docosahexanoïque (22: 6 DHA). L'effet bénéfique d'un apport régulier en AGLPI de la série ω_3 sur la santé humaine commence à être bien démontré (Gissi, 1999 ; Bucher et al., 2002).

Les AGLPI ω_3 comme l'EPA et le DHA sont impliqués dans diverses actions connues :

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

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

Tableau 01: Composition des filets de diverses espèces de poissons d'eau douce. Murray et Burt, (1969), Poulter et Nicolaidis (1985a), Poulter et Nicolaidis (1985b)

Espèce	Nom scientifique	Eau (%)	Lipides (%)	Protéines (%)	Valeur énergétique (KJ/100)
Anguille	<i>Anguilla anguilla</i>	60-71	8,0-31,0	14,4	295-332
Saumon	<i>Salmosalar</i>	67-77	0,3-14,0	21,5	-
Truite	<i>Salmotrutta</i>	70-79	1,2-10,8	18,8-19,1	-
Carpe	<i>Cyprinus carpio</i>	81,6	2,1	16.0	-

I.1.1 Les protéines :

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

- **Les protéines structurelles** : actine, myosine, tropomyosine et actomyosine constituent de 70 à 80 % de la teneur totale en protéines (comparée à 40 % chez les mammifères). Elles constituent le système contractile responsable du mouvement des muscles.
- **Les protéines sarcoplasmiques** : myoalbumine, globuline et enzymes représentent de 25 à 30 % des protéines et sont des enzymes participant au métabolisme de la cellule comme la transformation anaérobie de l'énergie du glycogène en ATP.
- **Les protéines du tissu conjonctif (collagène)** : constituent environ 3 % des protéines chez les téléostéens et environ 10 % chez les élasmobranches (comparé à 17 % chez les mammifères). Les propriétés chimiques et physiques des protéines de collagène sont différentes dans les tissus tels que la peau, la vessie natatoire et dans le muscle (Mohr, 1971),(FAO 1994).

Tableau 2 : Pourcentage d'acides aminés essentiels de différentes protéines. (Braekkan 1976), (Moustgard, 1957)

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

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

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

I.1.2 Les lipides :

Les lipides présents peuvent être divisés en deux groupes : les phospholipides et les triglycérides :

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

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

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

I.1.3 Vitamines et minéraux du poisson :

La teneur en vitamines et sels minéraux est spécifique aux espèces et peut, de plus, varier selon la saison. En général, la chair du poisson est une bonne source de vitamines B et également, dans le cas des espèces grasses, de vitamines A et D. Quelques espèces d'eau douce comme la carpe ont une grande activité thiaminase.

En ce qui concerne les éléments minéraux, la chair du poisson est considérée comme une source appréciable de calcium et de phosphore en particulier mais également de fer, cuivre et sélénium. Les poissons d'eau de mer ont une forte teneur en iode.

La teneur en vitamines est comparable à celle des mammifères exceptions faite pour les vitamines A et D que l'on trouve en grandes quantités dans la chair des espèces grasses et en abondance dans le foie de certaines espèces. Il faut noter que la teneur en sodium dans la chair du poisson est relativement basse, ce qui le rend compatible avec un régime hyposodé.

il a été démontré que le niveau de vitamine E dans les tissus du poisson correspondait à sa concentration dans son alimentation (**Waagboet al., 1991**).

I.2 Besoins nutritionnels des poissons :

I.2.1 Besoin en protéines :

Le besoin en protéines des animaux aquatiques est plus élevé que celui des mammifères (**Guillaume et al., 1999**). Ainsi, pour les poissons ce besoin est de 30 à 55% selon l'espèce. Cependant il varie aussi selon leur stade de développement et la source protéique utilisée. Si la teneur en protéines dans l'aliment est trop basse, le poids de l'animal diminuera car il utilisera ses propres protéines pour maintenir ses activités essentielles. A l'inverse, si la teneur en protéines dans l'aliment est trop élevée, seule une partie des protéines sera utilisée pour synthétiser les nouvelles protéines dans le corps, le reste sera transformé en énergie ou sera excrété.

Comme les vertébrés et nombre d'invertébrés, les poissons sont incapables de synthétiser certains acides aminés qui doivent être obligatoirement apportés par l'aliment. Ces acides aminés sont qualifiés d'indispensables ou d'essentiels (arginine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane et valine ...). (**Guillaume et al., 1999**).

I.2.2 Besoin en lipides :

Les lipides constituent une source importante d'énergie nutritionnelle, et sont présents sous forme de deux grandes classes, les lipides neutres et les phospholipides. Le besoin en lipides pour soutenir le développement des poissons est de 12% au maximum (**Akiyama et al., 1992**). Une teneur en lipides trop élevée dans l'aliment peut diminuer la croissance

Des poissons en raison du déséquilibre nutritionnel. Parmi les sources lipidiques appropriées aux poissons, l'huile et farine de poisson sont les plus utilisées pour fabriquer les aliments.

Parmi les acides gras qui s'avèrent nécessaires au bon développement des poissons : l'EPA et le DHA car ils interviennent comme composants des membranes cellulaires, l'acide linoléique (C18:2c ω 6) et l'acide linoléique (C18:3 c ω 3) (**Glencross et al., 2002**).

I.2.3 Besoin en glucides:

Les hydrates de carbone constituent une source d'énergie peu onéreuse. Les hydrates de carbone dans l'aliment des poissons d'élevage se divisent en deux groupes: la fibre brute et l'extrait non azoté.

La fibre brute comprend principalement des polysaccharides non assimilables (la cellulose et la lignine). Une teneur élevée de l'aliment en cellulose perturbe la capacité digestive du poisson. L'extrait non azoté (hydrates de carbone assimilables) comprend l'amidon et les sucres simples (mono ou disaccharides...). (**Guillaume et al., 1999**).

I.2.4 Besoin en vitamines :

Les vitamines se répartissent en 2 groupes suivant leurs propriétés physiques: les 4 vitamines liposolubles (vitamine A, D, E et K) ou vitamines du groupe A, solubles dans les huiles et leurs solvants, et les 11 vitamines hydrosolubles que l'on assimile parfois à celles du groupe B (B₁, B₂, B₆, B₁₂, PP, C, la biotine, l'acide folique, l'acide pantothénique, la choline et l'inositol). En fait au sens strict, ces dernières sont au nombre de 8, mais il s'y ajoute la vitamine C ainsi que la choline et l'inositol, également solubles dans l'eau (**Guillaume et al., 1999**).

Pour avoir un développement correct, les poissons ont besoin de vitamines, ces besoins dépendent de plusieurs facteurs tels que l'espèce et les conditions d'apport dans l'aliment. La vitamine E (α-tocophérol) et la vitamine C ont un rôle comme antioxydant biologique des acides gras.

I.2.5 Besoin en minéraux :

Tout comme les vitamines, les minéraux se divisent en 2 groupes : les macroéléments et les oligo-éléments. Pour les poissons, les besoins en macroéléments sont très importants.

Ces derniers comprennent le calcium, le phosphore, le magnésium, le sodium, le potassium, le chlore et le soufre.

Les besoins en oligo-éléments des poissons sont plutôt faibles mais nécessaires notamment en fer, cuivre, zinc, manganèse, sélénium, et iode... Il faut cependant noter que les poissons sont capables d'absorber le calcium, le phosphore et beaucoup d'autres éléments dissous dans l'eau de mer (**Guillaume et al., 1999**).

1.3 Fabrication des aliments destinés aux poissons :

La fabrication d'un aliment composé consiste en une série d'opérations dont le but est d'associer plusieurs matières premières dans des proportions fixées à l'avance pour un objectif nutritionnel précis. Cette association est réalisée par mélange de composants sous forme solide (farines animales, tourteaux, produits céréaliers, minéraux, vitamines) ou sous forme liquide (huile de poissons). Un broyage préalable des composants solides les plus grossiers restreint l'hétérogénéité du produit et en accroît dans une certaine mesure l'utilisation digestive (**Guillaume et al., 1999**).

Les ingrédients étant mélangés entre eux, l'aliment est ensuite mis en forme. Plus aisé à transporter et à manipuler, il est aussi plus facile à saisir par des animaux et permet de limiter la pollution des bassins. La texturation est l'opération clé permettant d'adapter l'aliment au comportement alimentaire de l'animal.

Les aliments destinés aux poissons et aux crustacés renferment des matières premières qui sont des coproduits d'autres industries (huilerie, amidonner maïserie), ou des produits élaborés spécifiquement (farines de poissons, huiles). Toutes ces matières premières ont à des degrés divers, subi des traitements technologiques variés avant d'être associées dans un aliment composé. La diversité des présentations (miettes, granulés de différentes tailles) et des propriétés (résistance mécanique aux manipulations et au délitement dans l'eau, aptitude à se réhydrater, à couler, à flotter) demandée aux aliments pour animaux aquatiques impose des adaptations importantes des chaînes de fabrication existantes. La plupart du temps, les fabricants préfèrent concevoir des chaînes spécialisées qui associent, en les adaptant, des opérations particulières traditionnelles (broyage, dosage, mélange) et des opérations particulières plus spécifiques (pressage, extrusion, séchage, enrobage, émiettage) (**Guillaume et al., 1999**).

I.4 L'aquaculture dans le monde et en Algérie

Introduction :

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

I.4.1. Définition de l'aquaculture :

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

I.4.2 Objectifs de l'aquaculture :

Le but fondamental, au sens commun, des activités aquacoles est de produire de la matière vivante à partir de l'élément aquatique, c'est à dire la production pour la consommation humaine d'aliments riches en protéines. Elle consiste en fait à manipuler les milieux aquatiques, naturels ou artificiels, pour réaliser la production d'espèces utiles à l'homme.

Les objectifs de l'aquaculture sont cependant relativement variés selon le contexte économique dans lequel ils s'inscrivent.

Dans les pays industrialisés, c'est l'obtention de produits aquatiques très appréciés et de haute valeur commerciale que la pêche ne peut pas fournir en quantité suffisante. En Europe occidentale et au Japon c'est le Saumon, la Truite, le Loup, la Daurade, les Algues, Crevettes, Perles,... En outre, dans ces pays il y a une forte demande sur les produits ayant des caractéristiques diététiques (faible teneur en graisse, richesse en vitamines et oligo-éléments,...).

Dans les pays en voie de développement, l'objectif est de produire des protéines animales que les élevages traditionnels ne peuvent fournir en quantité suffisante du fait de la surpopulation ou de la désertification des sols. L'Inde, par exemple, connaît une production d'espèces tropicales très appréciées.

I.5 L'aquaculture dans le monde

I.5.1 Production mondiale des pêches et de l'aquaculture

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la production halieutique mondiale a atteint 143,6 millions de tonnes en 2006 (FAO, 2008). Depuis l'année 1990, il y a une stagnation des volumes capturés dans les océans (de l'ordre de 90 millions de tonnes par an) et ce malgré le perfectionnement des techniques et l'allongement des campagnes de pêche. Par contre, si les pêches de capture n'évoluent guère depuis 20 ans, les volumes produits par l'aquaculture ne cessent d'augmenter. D'un niveau inférieur à un million de tonnes au début des années 50, la production aquacole mondiale est montée à plus de 51 millions de tonnes en 2006. Cette aquaculture mondiale est largement dominée par la région Asie-Pacifique, qui a elle seule produit actuellement 89% de la production en volume. Cette domination est due essentiellement à l'énorme production de la Chine, qui représente 67% du volume (FAO, 2008).

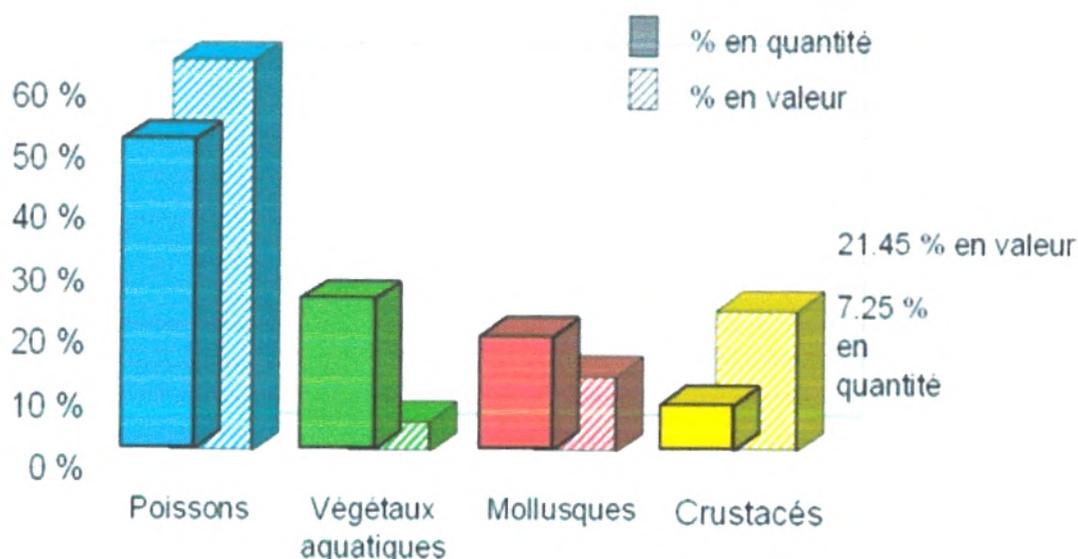


Figure 01 : Production mondiale de l'aquaculture en 2010 (FAO)

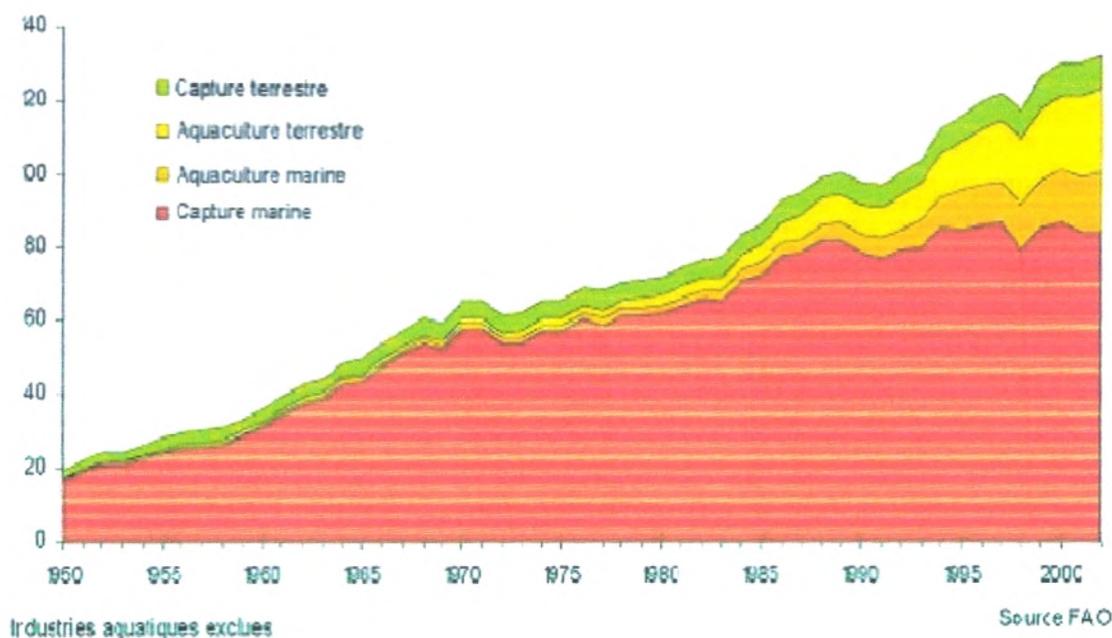


Figure 02. Production mondiale des pêches et de l'aquaculture (FAO, 2008)

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

Tableau 3 :Consommation mondiale de poissons (FAO, 2008)

	2002	2003	2004	2005	2006
Consommation humaine (million de tonnes)	100,7	103,4	104,5	107,1	110,3
Utilisation à fins non alimentaires (million de tonnes)	32,9	29,8	36	35,6	33,3
Population (milliards)	6,3	6,4	6,4	6,5	6,6
Approvisionnements en poissons de consommation par habitant (kg)	16	16,3	16,2	16,4	16,7

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

I.6 L'aquaculture en Algérie :

I.6.1 Historique :

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

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

Différentes opérations ont marquées l'histoire de l'aquaculture algérienne ;

Selon le biologiste français « Novella » les premiers essais furent en 1880 au niveau de l'embouchure d'Arzew.

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

La vulgarisation et l'introduction sur le marché national d'espèces nouvelles, ayant une valeur marchande intéressante, ont incité le secteur privé à s'intéresser à l'aquaculture, en particulier la pisciculture continentale, ceci est démontré par le nombre de demandes de concessions qui ne cesse d'affluer à l'administration des pêches.

Cependant, l'Algérie se distingue parmi les pays Méditerranéens par sa très faible production 476T (2002). Cette production ne peut compenser le déficit en produits de la pêche. Bien que le ratio alimentaire soit passé de 3,02 en 1999 à 5,12 kg/hab/an en 2003, cela reste bien en dessous de celui de 2 pays maghrébins : le Maroc 8,5 (1996) et la Tunisie 10,5 (1996). Quant à la moyenne mondiale, elle est de 13,4 kg/hab/an.

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

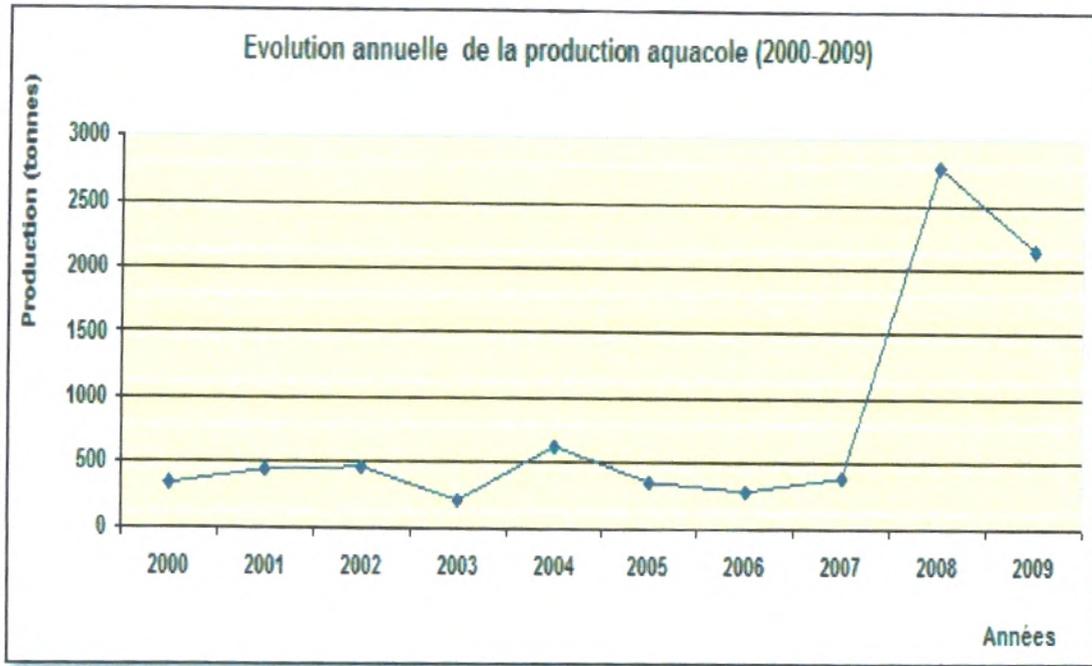


Figure 03 : Evolution annuelle de la production aquacole en Algérie 2000-2009(FAO, 2010)

I.6.2 Contraintes affectant le développement de l'aquaculture en Algérie :

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

I.6.3 L'aquaculture au Sud algérien

Le Sud algérien offre la possibilité de l'intégration de la pisciculture à l'agriculture, où les eaux souterraines pourraient contribuer à la diversification et le développement de certaines espèces des eaux chaudes.

Les observateurs décrivent maintenant le Sud-Ouest algérien comme un futur Eldorado. Après l'agriculture, c'est à l'aquaculture de prendre une place dans l'économie régionale.

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

I.7 La pisciculture

II.7.1 Définition :

La pisciculture est une des branches de l'aquaculture qui désigne l'élevage des poissons en eaux douces, saumâtres ou salées. La pisciculture a été inventée en Chine, le premier traité de pisciculture y fut écrit par Fan Li en 473. Il existe deux familles principales de pisciculture :

- La production en étang, avec un bassin en terre, dans lequel les poissons se nourrissent complètement ou partiellement à partir de la production biologique du milieu.
- La production intensive en bassin artificiel ou cages, dans lesquels les poissons sont exclusivement nourris avec de l'aliment apporté par le pisciculteur.

La majorité du poisson consommé dans le monde provient de l'élevage, et 90% du poisson d'élevage est produit en Asie. Les espèces les plus élevées sont les carpes, suivies du tilapia, des salmonidés et des siluriformes.

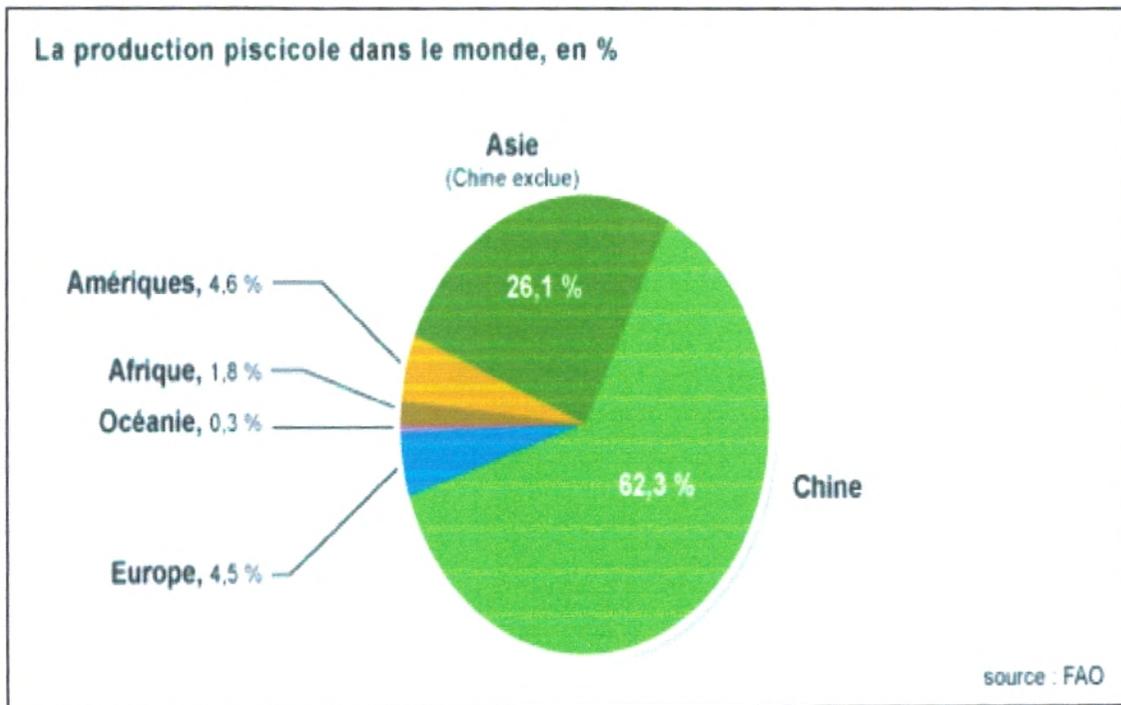


Figure 04 : La production piscicole dans le monde (%) (FAO, 2010)

Tableau 04 : Les espèces élevées des poissons les plus populaires (FAO, 2010)

	Nom scientifique	Origine	Taille	Espérance de vie	élevage ou capture
Poisson rouge	<i>Carassius auratus</i>	Nord et centre de la Chine, Japon	10 à 30 cm	20 ans	domestiqué
Scalaire	<i>Pterophyllum scalare</i>	Amazonie	15 cm	8 ans	élevage et capture
Discus	<i>Symphysodon</i>	Amazonie	20 cm	8 ans	le plus souvent élevage
Néon	<i>Paracheirodon innesi</i>	Rio Negro	2,5 cm	5 ans	le plus souvent capture (élevage plus coûteux)
Guppy	<i>Poecilia reticulata</i>	Amérique centrale	4 cm	2 ans	domestiqué
Gourami	<i>Trichogaster</i>	Asie du Sud-Est	8 à 15 cm	8 ans	élevage
Combattant du Siam	<i>Betta splendens</i>	Asie du Sud-Est	7 cm	2 ans	domestiqué

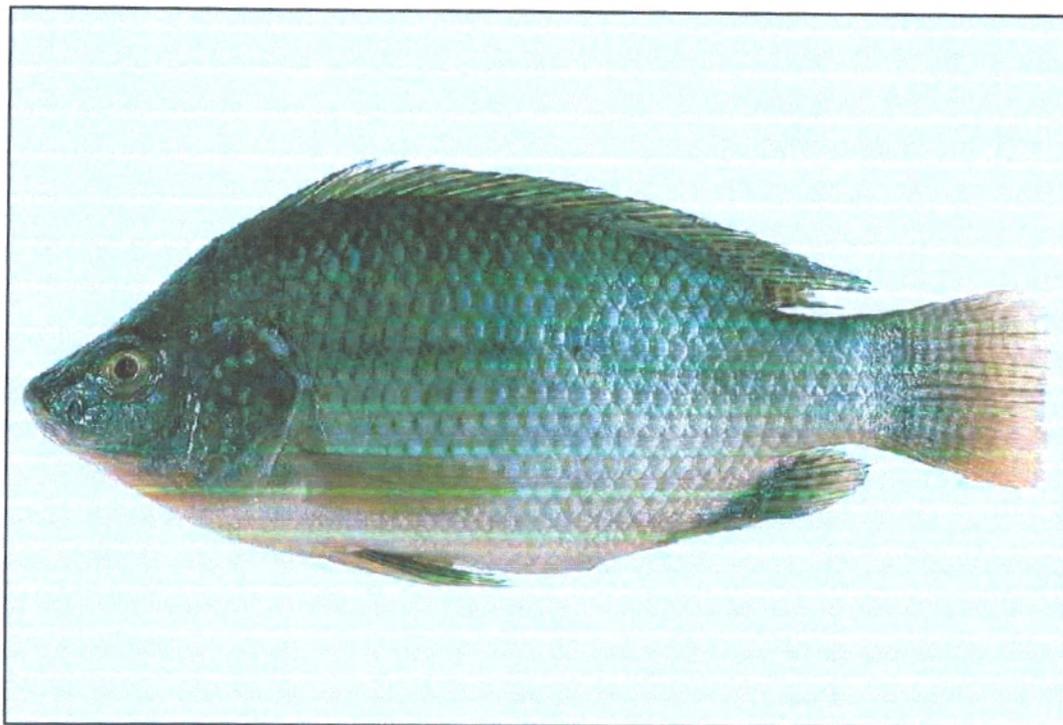


Figure 05 : Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

En Algérie la pisciculture est à ses débuts alors que les potentialités sont importantes. Le Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques vise le développement de l'aquaculture et la création de fermes aquacoles. Le début de l'expérience algérienne dans le domaine de la pisciculture continentale promet des changements importants tant sur les plans techniques que socio-économiques. Le volume financier des investissements dans ce volet étant considérable.

Chapitre II

*Etude et intérêt de
Dunaliella salina*

II.1. Définition des algues :

Les algues sont des végétaux beaucoup moins connus que les plantes terrestres, et beaucoup plus difficiles à appréhender. Elles occupent en grande partie les milieux aquatiques, en particulier marins et sous-marins et constituent un ensemble d'organismes extrêmement divers qu'il est fort difficile de présenter de manière univoque. Un grand nombre d'entre elles, pour ne pas dire une large majorité, sont des formes unicellulaires (micro-algues) dont la reconnaissance nécessite des techniques microscopiques parfois très élaborées. Sur le plan de la systématique, les algues sont également très diversifiées ce qui témoigne de leur très longue histoire génétique. Elles ne constituent pas au sein des végétaux un ensemble homogène, mais se répartissent entre plusieurs lignées évolutives complètement indépendantes les unes des autres (**Julie, 2011**).

Ainsi, pour ce qui concerne les algues marines, on distingue essentiellement trois voies d'évolution : la lignée brun-jaunes avec les algues brunes, la lignée rouge avec les algues rouges et la lignée verte qui regroupe à la fois les algues vertes, les mousses, les fougères et les plantes à fleurs.

Mais combien y a-t-il d'espèces d'algues ?

Difficile de répondre à cette question, notamment pour les algues unicellulaires, tant leur nombre est grand, leur diversité inconnue et leur recensement et classification en constante évolution. La base de données internationale sur les algues AlgaeBase recense environ 127 000 noms d'espèces, dont la majorité de micro-algues. Il y aurait environ 9 000 espèces de macro algues, dont 1 500 peuplent les mers d'Europe, et le nombre total de micro-algues, quant à lui, varie selon les estimations de 100 000 à plusieurs millions ! (**Mathieu, 2011**).

II.2. Classification, description et types d'algue :

Les algues possèdent des chloroplastes et pratiquent donc la photosynthèse de composés organiques. Hormis la chlorophylle, d'autres pigments sont responsables de colorations caractéristiques (brune, jaune, rouge...), la nature biochimique de ces pigments constituant d'ailleurs la base de la classification des algues. C'est ainsi que l'on distingue les *algues vertes*, dont la plupart constituent le groupe des chlorophycées, les *algues brunes* comme les phéophycées et les *algues rouges*, ou rhodophycées. Il existe également des *algues jaunes*, les xanthophycées (**LANDO D, 2011**).

Les algues peuvent être des individus unicellulaires, tels *Chlorococcum* vivant sur le tronc des arbres ou *Chlamydomonas* vivant en eau douce. À l'opposé, les laminaires peuvent atteindre près de 4 m et les sargasses sont longues de plusieurs dizaines de mètres (**Pruvost, 2011**)

La diversité se retrouve également dans les formes. Beaucoup d'algues sont filamenteuses, et *Ulothrix*, une algue verte, est ainsi constituée de compartiments ou de cellules mises bout à bout. Certaines d'entre elles sont même ramifiées. On trouve également des algues membraneuses très aplaties, comme *Ulva* (ulve, ou « laitue de mer »), composées d'une ou deux assises cellulaires seulement. Les algues rouges et brunes comportent, elles, de nombreuses formes massives et variées.

II.2.1. Les principaux groupes phylogénétiques d'algues sont:

Diatomées: organismes unicellulaires de la famille des protistes, caractérisées par une coque en silice d'une sculpture souvent belle et complexe. La plupart des diatomées existent séparément, bien que certaines se joignent en colonies. Elles sont généralement jaunâtres ou brunâtres, et sont trouvées dans les eaux salées et les eaux douces, dans les sols humides, et sur la surface humide des plantes. Les diatomées marines et d'eau douce apparaissent en grande abondance au début de l'année en tant qu'élément du phénomène connu sous le nom de *spring bloom*, qui se produit en raison de la disponibilité de la lumière et des nutriments (régénérés de l'hiver). Elles se reproduisent de manière asexuée par division cellulaire. Lorsque les diatomées aquatiques meurent, elles tombent dans le fond, et les coques n'étant pas sujettes au pourrissement, se rassemblent en boue et éventuellement forment le matériel connu sous le nom de terre diatomée. Les diatomées peuvent se produire sous forme plus compacte en tant que roche molle, crayeuse, légère, appelée *diatomite*.

La diatomite est utilisée comme matériel isolant contre la chaleur et le bruit, dans la fabrication de dynamite et d'autres explosifs, et pour des filtres, des abrasifs, et des produits similaires (**Potin, 2011**).

Chrysophyte: grand groupe d'algues eucaryotes couramment appelées *algues dorées*, trouvées principalement dans l'eau douce. A l'origine, elles ont été prises pour inclure toutes les formes exceptées les diatomées et les algues brunes multicellulaires, mais depuis elles ont été divisées en divers groupes basés sur la pigmentation et la structure cellulaire. Pour beaucoup de chrysophytes, les parois des cellules sont composées de cellulose avec de grandes quantités de silice. Autrefois classées parmi les plantes, elles contiennent les pigments photosynthétiques de chlorophylle *a* et *c*. Sous certaines circonstances, elles se

reproduiront de manière sexuée, mais la forme courante de la reproduction est la division cellulaire (**Lando, 2011**).

Cyanobactérie: Embranchement de bactéries aquatiques procaryotes obtiennent leurs énergies par la photosynthèse. Elles sont souvent référées aux *algues vertes*, quoiqu'on sache maintenant qu'elles ne sont liées à aucuns autres groupes d'algues, qui sont tous des eucaryotes. Les cyanobactéries peuvent être de structure cellulaire simple ou colonial. En fonction des espèces et des conditions environnementales, les colonies peuvent former des filaments ou des feuilles. En dépit de leur nom, les différences espèces peuvent être rouges, brunes ou jaunes; on dit que les fleurs d'eau (masses denses sur la surface des plans d'eau) des espèces rouges donnent à la Mer Rouge son nom. Il existe deux principales sortes de pigmentation. La plupart des cyanobactéries contiennent de la chlorophylle *a*, ensemble avec divers protéines appelées phycobilines, qui donne aux cellules une couleur typiquement verte à brunâtre.

Quelques genres, cependant, manquent de phycobilines et ont la chlorophylle *b* aussi bien que *a*, leur donnant une couleur vert claire (**Lando, 2011**).

Contrairement aux bactéries, qui sont des décomposeurs hétérotrophes des déchets et des corps d'autres organismes, les cyanobactéries contiennent le pigment vert de la chlorophylle (aussi bien que les autres pigments), qui piège l'énergie du soleil et permet à ces organismes de procéder à la photosynthèse. Les cyanobactéries sont ainsi des producteurs auto-trophiques de leur propre nourriture à partir de matières premières simples.

Les cyanobactéries fixant l'azote ont seulement besoin d'azote et de dioxyde de carbone pour vivre: elles sont capables de fixer le gaz d'azote, qui ne peut être absorbé par les plantes, par l'ammoniaque (NH_3), les nitrites (NO_2) ou les nitrates (NO_3), qui peut être absorbé par les plantes et être converti en protéines et acides nucléiques (**Potin , 2011**)

Les cyanobactéries sont trouvées dans presque tous les habitats imaginables, des océans à l'eau douce. Les cyanobactéries produisent les composés responsables des odeurs *terreuses* que nous détectons dans le sol et dans certains plans d'eau. La boue verdâtre sur le côté de vos pots de fleurs, sur le mur de votre maison ou sur le tronc des grands arbres est plus susceptible d'être des cyanobactéries plutôt qu'autre chose. Les cyanobactéries ont même été trouvées sur la fourrure des ours polaires, auxquels elles donnent une teinte verdâtre. En bref, les cyanobactéries n'ont aucun habitat parce que vous pouvez les trouver partout dans le monde.

II.2.2. Micro-algues :

Les micro-algues utilisées depuis longtemps comme source alimentaire au Tchad ou en Amérique latine (la Spiruline est en fait une cyanobactérie souvent assimilée à une micro-algue), ne sont cultivées et exploitées industriellement que depuis quelques dizaines d'années. Leur développement s'est fait en parallèle à celui de l'aquaculture de poissons et de coquillages bivalves. Leur usage principal est en effet de nourrir les larves d'aquaculture. Elles sont aussi cultivées pour produire du bêta-carotène ainsi que différentes autres molécules d'intérêt pour l'alimentation humaine, la cosmétique, la pharmacie. Leur usage à des fins énergétiques n'a été envisagé que depuis les années 1980, suite au premier choc pétrolier, et ce n'est que récemment qu'elles ont attiré à nouveau l'attention de la recherche et de l'industrie comme source de biocarburant, notamment pour l'aviation.

En effet, la quantité de lipides qu'elles contiennent les prédispose à ce type d'usage, tout comme leur richesse en protéines et en acides gras polyinsaturés (oméga 3) en font de bonnes candidates pour l'alimentation aquacole (**Mathieu, 2011**).

Mais, aujourd'hui, le pas important à franchir reste celui de leur exploitation à grande échelle afin qu'elles puissent jouer un rôle significatif sur le marché mondial dans les années à venir. Là est tout l'enjeu des travaux en cours dont ce rapport permettra de mieux appréhender les enjeux et les défis qui restent à lever (**Julie, 2011**). (**Mathieu, 2011**).

Principaux composants du phytoplancton, les micro-algues (en incluant les cyanobactéries) sont des êtres photosynthétiques unicellulaires peuplant les océans et cours d'eau depuis plus de trois milliards et demi d'années (**Gandolfo, 2011**).

La consommation des algues remonterait à des millénaires. Les scientifiques ont découvert que le phytoplancton était consommé au Mexique depuis le temps des aztèques et que les tchadiens consomment la spiruline séchée depuis plusieurs décennies. (**Julie P. 2011**).

En Europe, c'est dans un contexte de pénurie alimentaire que les chercheurs ont commencé à s'intéresser aux algues microscopiques en tant qu'aliment ou complément alimentaire, dès 1940 : leurs teneurs en protéines auraient permis de palier les problèmes de malnutrition. La première installation industrielle (**Julie. 2011**).

La culture de chlorelle, développée pour l'alimentation des proies utilisées pour l'alimentation des juvéniles de poissons d'élevage, a vu le jour dans les années 1960, au Japon.

La courbe de croissance de la production mondiale des micro-algues entre 1975 et 2000 est exponentielle passant de moins de 5 tonnes à 3 500 tonnes. En 2004, la production mondiale de micro-algues toutes espèces confondue était estimée entre 7 000 et 10 000 tonnes de matière sèche, pour une valeur marchande globale de plus de 4,5 milliards de dollars. 276 entreprises étaient alors référencées dans ce domaine à l'échelle mondiale, un tiers d'entre elles produisant essentiellement les trois espèces dominantes : *Spirulina*, *Chlorella* et *Dunaliella* (Julie, 2011).

Aujourd'hui, avec seulement quelques dizaines d'espèces de micro-algues cultivées, la production mondiale plafonne à 10 000 tonnes chaque année. Cette valeur reste négligeable en comparaison à celle de la production mondiale de macro-algues (15 millions de tonnes).

Les espèces de micro-algues les plus cultivées sont par ordre décroissant : la cyanobactérie *Arthrospira* (la spiruline, qui représenterait 50% de la production mondiale), suivie par les microalgues vertes *Chlorella*, *Dunaliella*, *Haematococcus*, *Nannochloropsis* et la diatomée *Odontella* (Legrand, 2011).

L'Asie est le premier producteur de micro-algues au monde, et représente à elle seule environ 50% de la production mondiale. Les principaux autres pays producteurs sont les USA, le Chili, l'Argentine, Israël, l'Australie. En Europe, l'Allemagne et les Pays-Bas sont les premiers producteurs avec environ 50 tonnes chaque année.

La France quant à elle, a développé les premières unités de production de micro-algues plus tardivement – à la fin des années 80 – et l'on dénombre aujourd'hui une trentaine de sites de production sur le territoire et pour une production d'environ 10 à 15 tonnes par an (Julie, 2011).

De manière générale, en dehors de quelques espèces, les micro-algues n'ont pas encore atteint leur niveau de maturité industrielle. Des problématiques de constance de qualité et de coût de production se posent encore, ce qui limite leur accès à certains marchés (Gandolfo, 2011).

II.3. Les algues et les plantes aquatiques :

Les biologistes distinguent clairement les algues des plantes aquatiques; la plus part confondent ces notions. Établissons ici les définitions.

Algue: végétal primitif non vasculaire retrouvé en milieu aquatique ou humide. Les algues sont plus évoluées que les cyanobactéries. La plupart des algues sont microscopiques.

Certaines sont macroscopiques, donc visibles à l'oeil nu (**Guide d'identification des fleurs d'eau de cyanobactéries 2006**).

Plante aquatique : végétal très évolué composé de feuilles (ou de thalles), généralement de tiges ainsi que de racines. Ces structures comprennent des vaisseaux. Ces derniers ont l'apparence de nervures au niveau des feuilles. Ces vaisseaux servent à transporter l'eau et les sels minéraux nécessaires à la croissance de la plante. En raison de leurs vaisseaux, les plantes aquatiques sont des macrophytes vasculaires (**Guide d'identification des fleurs d'eau de cyanobactéries 2006**).

Retenons ainsi que les algues sont pour la plus part microscopiques, alors que, ce que nous observons au fond du lac sont des plantes aquatiques.

II.4. Physiologie :

Dans l'ensemble, les cellules des algues présentent tous les caractères communs aux cellules eucaryotes. Elles possèdent généralement un noyau unique, mais le cytoplasme d'une forme filamenteuse comme *Vaucheriaen* contient plusieurs. Quelques algues unicellulaires sont capables de mouvements amiboïdes tandis que d'autres disposent d'un ou de plusieurs flagelles pour se déplacer. Chez les diatomées, les mouvements sont liés à une sortie de l'eau par des orifices de la membrane.

Les plastes sont des organites qui renferment des pigments de nature et de couleur variables dont le rôle est de capter l'énergie lumineuse au cours du processus de photosynthèse. Le pigment vert est la chlorophylle, le brun la fucoxanthine, le rouge la phycoérythrine.

II.5. Ecologie :

Les algues assurent plus de la moitié de toute la photosynthèse de la terre et sont à la base de toutes les chaînes alimentaires aquatiques. Les algues brunes, majoritaires dans le varech, sont utilisées comme engrais, car elles sont riches en iode, en potasse et en soude. Certaines algues offrent un intérêt thérapeutique ou pour la fabrication de produits cosmétiques (mucilages, notamment). Enfin, la thalassothérapie recourt aux algues pour des bains ou des massages corporels.

II.6. Habitat :

Les algues sont surtout des plantes aquatiques, d'eau douce ou d'eau salée, voire de milieu humide. Elles sont tout particulièrement bien représentées dans les régions côtières. Lorsque la mer se retire, les zones les plus hautes de la grève montrent, accrochées à leurs rochers, des algues de couleur verte. *Ulva lactuca* avec ses éléments ressemblant à des feuilles de laitue est une des plus communes. Apparaissent ensuite les algues brunes, plus tardivement découvertes par la mer. C'est la zone de développement des *Fucus*.

Au niveau inférieur, seulement découvert lors des grandes marées d'équinoxe, on trouve encore des algues brunes mais du type laminaire. Peu à peu, jusqu'à une profondeur de 50 m, des algues rouges vont se substituer aux algues brunes.

II.7. Reproduction :

La reproduction des algues fait appel, comme chez tous les végétaux, à des spores et à des gamètes, mais selon des cycles variés et parfois complexes.

Plusieurs espèces de micro-algues sont capables de passer d'une croissance photoautotrophe (grâce à de la lumière qui fournit l'énergie pour convertir le CO₂ en chaînes carbonées) à une croissance hétérotrophe (sans lumière) utilisant le glucose ou d'autres substrats carbonés utilisables pour le métabolisme du carbone et de l'énergie. Certaines algues peuvent également se développer par mixotrophie en combinant les deux modes (**Cadoret, 2011**).

Les micro-algues présentent l'avantage d'avoir un cycle de division très court, de l'ordre de quelques heures, permettant la production rapide de biomasse (plusieurs grammes de matière sèche par litre (**Bernard, 2011**), leur développement fait intervenir plusieurs facteurs de croissance et conditions de culture comme : l'eau, les nutriments, la lumière, le CO₂, la température et le pH de la culture, ainsi que l'agitation. En fonction des souches cultivées l'eau est douce, marine ou saumâtre.

L'apport en eau et sa qualité vont conditionner et influencer la culture des algues. Pour une croissance optimale en photobioréacteurs, il est souvent nécessaire de débiter la culture dans une eau stérile dépourvue de tout autre micro-organisme ou molécule pouvant inhiber ou concurrencer la croissance des algues, ou au moins ensemercer avec une quantité significative de biomasse (**Julie, 2011**).

Les nutriments nécessaires à la croissance des algues varient en fonction du mode trophique, de la souche cultivée et de la source d'eau choisie.

Dans le mode autotrophe, les micro-algues sont capables d'utiliser des formes minérales azotées (nitrate, nitrite, ammonium), et phosphatées (phosphate). Quel que soit le mode de croissance, les algues nécessitent également du potassium, du fer et de la silice (pour les diatomées), du soufre, des métaux sous forme de traces, et des vitamines.

Il est à noter que certaines carences en nutriments sont appliquées volontairement dans le but de stimuler la production de certains métabolites. Par exemple, une carence azotée, phosphorée ou siliciée peut induire, chez certaines espèces, une forte accumulation de lipides.

Pour le mode hétérotrophe, une source de carbone organique est utilisée (sucres, acides organiques, glycérol, etc.) (Laura, 2011). Comme pour tout végétal chlorophyllien, la photosynthèse permet de fixer le dioxyde de carbone atmosphérique ou dissous dans l'eau à partir de l'énergie lumineuse pour produire de la biomasse. Les algues utilisent différents pigments chlorophylliens leur permettant de capter des photons de diverses longueurs d'onde (Julie, 2011).

En fonction des applications et des superficies de culture, la lumière naturelle (solaire) est utilisée ou bien les algues sont éclairées par une source lumineuse artificielle (néons, ...).

La température, le pH, le carbone inorganique dissous et le taux d'homogénéisation de la culture sont des facteurs importants pour la culture. En effet, en fonction de la souche cultivée, il existe des gammes pour ces paramètres garantissant une croissance optimale. Les performances de la culture peuvent être significativement dégradées loin de ces conditions optimales. (Boyen, 2011).

Parmi les facteurs limitant la croissance il y a l'accumulation d'oxygène dans le milieu produit par la photosynthèse en système clos.

Il faut par ailleurs veiller aux risques de contamination par d'autres microorganismes dont la croissance plus rapide pourrait l'emporter sur les souches recherchées, ou bien par des prédateurs qui peuvent rapidement consommer la biomasse. Des virus peuvent également être responsables de dysfonctionnements des procédés de culture. Ce problème est en grande partie résolu pour les algues croissant en milieu extrêmophile, comme les eaux hyper-salées (telle que *Dunaliella salina*) ou hyper alcalines (telle que la spiruline) qui limitent la croissance des prédateurs et des microorganismes concurrents (Sassi, 2011)

II.8. Utilisation, exploitation et valorisation des algues :

Concernant la valorisation de cette immense richesse, elle n'en est qu'à ses balbutiements. En effet, bien que certaines macro-algues soient exploitées depuis l'antiquité dans la plupart des pays maritimes, notamment dans les pays d'extrême orient, leur exploitation à l'échelle mondiale reste marginale par rapport à la production végétale terrestre : 15 millions de tonnes de macro-algues (dont 13,5 Mt de culture) et 7 à 10 000 tonnes de micro-algues (□100% en culture), contre 4 milliards de tonnes pour la production agricole. La France, et l'Europe sont aujourd'hui en retard face aux pays asiatiques qui ont eu développé des techniques de production leur permettant aujourd'hui de satisfaire à leurs besoins qui sont énormes, notamment en termes de consommation alimentaire. Mais leur production permet également de pouvoir exporter de la matière première dans le monde entier (**Findeling, 2011**).

Les micro-algues quant à elles ne pèsent aujourd'hui que 10 mille tonnes par an en culture contrôlée, c'est-à-dire en dehors des micro-algues utilisées pour le traitement des eaux résiduaires. Cette faible exploitation quantitative des algues, comparativement à la ressource potentiellement disponible en France, s'explique principalement par le manque de maturité industrielle d'une filière qui est en émergence. Elles jouent cependant un rôle important dans le domaine de l'agroalimentaire en fournissant des gélifiants comme les carraghénanes et les alginates, qui n'ont pas d'équivalents d'origine terrestre. Leur utilisation dans le domaine de la cosmétique et de la chimie est en plein essor, indiquant un renouveau dans leur valorisation à l'échelle industrielle (**Mathieu, 2011**).

A. Composition biochimique :

Les micro-algues présentent une très grande diversité de molécules au sein de leurs cellules. Cette biomasse se différencie principalement des autres végétaux par sa richesse en lipides, en protéines, en vitamines, en pigments et en antioxydants. Elles représentent une source importante de quasi toutes les vitamines essentielles : B1, B6, B12, C, E, K1, et possèdent un large panel de pigments, fluorescents ou non, pouvant aussi avoir un rôle d'antioxydants. En plus de la chlorophylle (0,5 à 1% de la matière sèche) qui est le pigment photosynthétique primaire chez toutes les algues photosynthétiques, on trouve toute une gamme de pigments supplémentaires de type caroténoïdes (0,1 à 0,2% de la matière sèche) et phycobiliprotéines (phycoérythrine et phycocyanine) (**Findeling, 2011**).

Les pigments principalement exploités sont la phycocyanine de la spiruline (colorant bleu), la phycoérythrine (couleur rouge) de *Porphyridium purpureum*, l'astaxanthine de *Haematococcus pluvialis* ou le bêta-carotène de *Dunaliella salina*.

Les micro-algues peuvent accumuler plus de 50% de leur poids sec en lipides. Ces derniers sont principalement constitués de triglycérides, de phospholipides, et de glycolipides. Ces lipides contiennent des acides gras saturés et polyinsaturés (AGPI) comme les oméga-3 : ALA, EPA, DHA, ou les oméga-6 : ARA. (Julie P. 2011).

Le contenu élevé en protéines, peptides et acides aminés (entre 12 et 65% de matière sèche) de plusieurs espèces de micro-algues est une des principales raisons pour les considérer comme une source non conventionnelle de protéines dans l'alimentation humaine et animale (pisciculture) (Sassi, 2011). Certaines espèces présentent aussi une richesse en oligosaccharides et polysaccharides, d'autres encore peuvent produire des molécules à activité antivirales, antibiotiques, ou antiprolifératrices chez l'homme.

Beaucoup de molécules restent probablement encore à découvrir et font l'objet de recherches dans beaucoup de laboratoires à travers le monde (Lepine, 2011).

B. Production de la biomasse :

La production de la biomasse algale a évolué au cours du temps, sur le territoire français les premiers producteurs d'algues sont apparus avec les premières écloséries à fin des années 1970 (Laura, 2011). Les micro-algues étaient alors produites à ciel ouvert le plus souvent dans des bassins en mode discontinu et en conditions semi-contrôlées.

Depuis, les techniques de production ont évolué pour arriver aujourd'hui à des productions en mode continu et contrôlé en photobioréacteurs ; les systèmes ouverts ayant également bénéficié d'optimisation et d'automatisation des cultures (Deslandes, 2011).

Dans certains cas, micro- et macro-algues sont cultivées conjointement, dans des conditions symbiotiques qui bénéficient aux deux productions (par exemple, cas d'*Odontella* et de *Chondrus* cultivés dans les mêmes raceways chez Innovalg, photo page 156).

Les micro-algues et cyanobactéries peuvent être cultivées en photoautotrophie, en systèmes ouverts ou fermés qui peuvent être de tailles et de géométries variées et utiliser la lumière solaire et/ou artificielle, ou par hétérotrophie, bien connue et maîtrisée depuis des années pour la culture des bactéries (Boyen, 2011).

II.9. *Dunaliella salina*

Dunaliella salina est une algue verte unicellulaire (Oren, 2005), bi-flagellé (Borowitzka, 1990), qui se développe spontanément dans les milieux lagunaires très salés. Sa taille varie entre 16 et 24 μm de long et entre 10 et 15 μm de large (Cadoret et Bernard, 2008). Elle produit une couleur distincte rose et rouge souvent caractéristique des mares salines (Oren et Rodriguez, 2001) (figure ci dessous), et se caractérise par ses capacités à se protéger des espèces invasives (Chabert, 2011).

C'est une espèce unique de micro-algues qui a évolué pour vivre dans des conditions environnementales extrêmes. Elle est considérée comme une extrémophile (Rothschild et Mancinelli, 2005).

II.9.1 Historique

Michel Félix Dunal été le premier qui découvre "*Dunaliella salina*" en 1838 (Oren, 2005), dans les bassins d'évaporation saline dans le sud de la France (Dunal, F in Oren, 2005), mais elle n'a pas été nommé jusqu'en 1905 par Teodoresco (Oren, 2005).

Téodoresco étudié le matériel recueilli dans un lac de sel roumain, tandis que Hambourg a travaillé avec des échantillons envoyés à elle des marais salants de Cagliari, en Sardaigne. Les deux auteurs ont présenté des dessins détaillés des organismes (Figure 02 et 03) et fournit des informations détaillées sur la morphologie, la structure cellulaire, la reproduction, le comportement et l'écologie.



Teodoresco.

Verlag von Georg Thieme in Leipzig

Figure06 : Dessins de Hamburger (1905) de globules rouges (*Dunaliella salina*)

(1-4) et les cellules vertes (*Dunaliellaviridis*) (5-8), des formes diverses observées dans une chute qui devient plus concentré par évaporation (9-29), des formes sphériques obtenues par dilution.

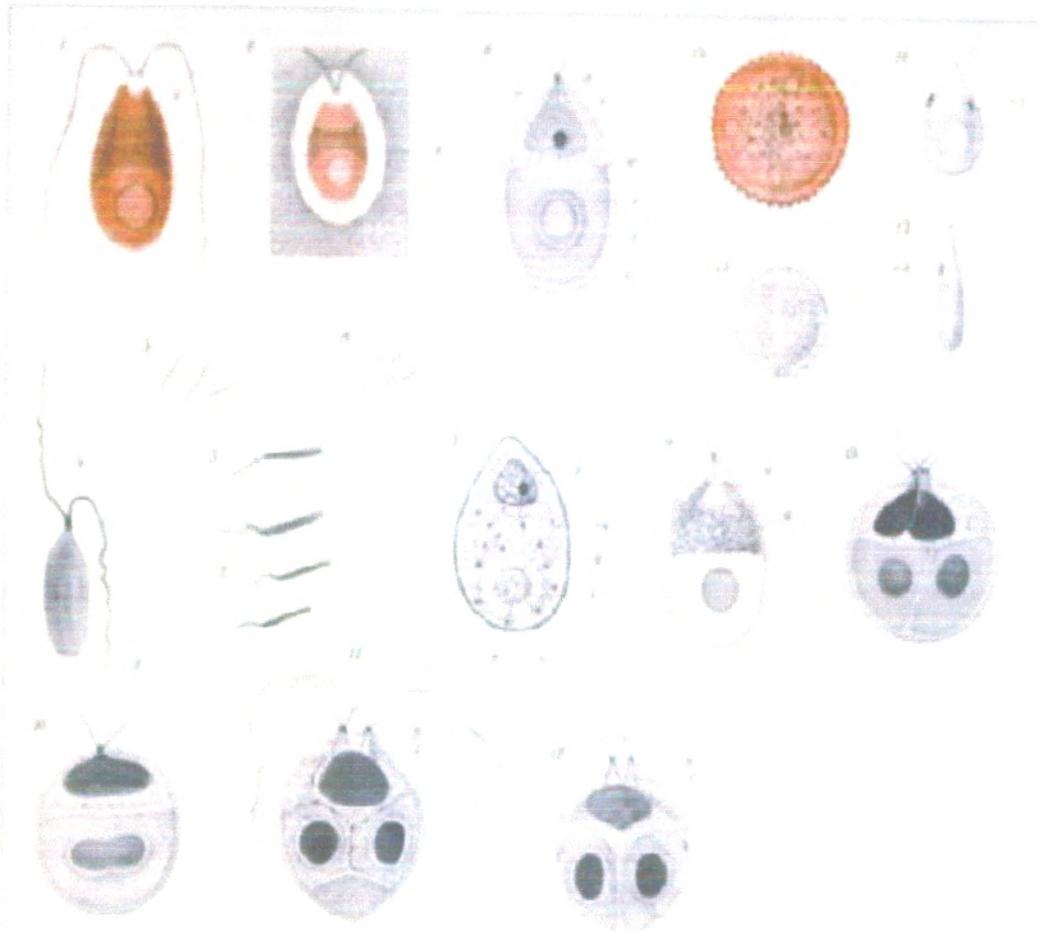


Figure07 : *Dunaliella salina* (1-17) conservé avec différentes techniques de fixation, (3), cristaux de pigment; (8), les granules d'amidon; (10-13), les étapes de division; (14,15), aplanospores; (16 - 17), et les cellules vertes (*Dunaliellaviridis*) (**Hamburger. 1905**)

Dunaliella salina est un organisme très primitif appartenant à une division des eucaryotes, qui ont évolué plus de 1.5 milliard d'année (**Segoriaet al, 2003**).

II.9.2. Taxonomie

Au cours du siècle qui s'est écoulé depuis sa description formelle, *Dunaliella* est devenu un organisme modèle idéal pour l'étude de l'adaptation de sel dans les algues. La mise en place du concept de bio soluté compatible pour assurer l'équilibre osmotique a été en grande partie basée sur l'étude de l'espèce *Dunaliella salina* (**Oren, 2005**).

Dunaliella est un genre d'algues unicellulaire appartenant à la famille Polyblepharidaceae. Ses cellules n'ont pas de paroi cellulaire rigide.

(Teodoresco, 1905-1906, in Oren, 2005) ont décrit deux espèces: *Dunaliella salina* et *Dunaliellaviridis*. *Dunaliella salina* a un peu plus grandes cellules, et dans des conditions appropriées, il synthétise des quantités massives de pigments caroténoïdes, la coloration des cellules de couleurs vives rouge. *Dunaliellaviridis* ne produit jamais de tels globules rouges (Teodoresco, 1905 in Oren 2005).

D'autres espèces ont été ajoutées ultérieurement au genre, notamment grâce à des études approfondies par Lerche (1937) et Butcher (1959) (tableau N° 1). Lerche (1937) a étudié le matériel collecté à partir des lacs salés en Roumanie et en Californie. Elle a conclu que la première espèce *Dunaliella viridis* est hétérogène et devrait être divisé en plusieurs nouvelles espèces. Ainsi, les espèces *Dunaliella médias*, *Dunaliella euchlora*, *Dunaliella minuta*, et *Dunaliellaparva* ont été créés. Il faut souligner ici que toutes les espèces mentionnées tolérer des concentrations extrêmement élevées de sel dans laquelle *Dunaliella salina* et *Dunaliellaviridis* se trouvent dans la nature.

Certains sont généralement des organismes marins qui n'ont jamais été signalés à se produire dans les zones hyper.

Dunaliella salina est morphologiquement similaire à *Chlamydomonas*, la principale différence étant l'absence d'une paroi cellulaire chez *Dunaliellasalina*. Elle a deux flagelles de longueur égale (Borowitzka, MA et Borowitzka, LJ in Borowitzka, 1990).

Dunaliella est classé comme une espèce comestible de phytoplancton (micro-algues). Aucune étude toxicologie humaine formelle ont été menées sur cette algue, cependant les effets néfastes de la consommation de l'ensemble des cellules de phytoplancton ou de bêta-carotène extrait de *Dunaliella* ont été rapportés dans les études cliniques humaines (InterClinicalLaboratories, 2010).

II.9.3 Cycle de vie :

Dunaliella salina peut se reproduire de façon asexuée, sexuée et par la division des cellules végétatives mobiles (figure ci-dessous). La reproduction sexuée, la formation de deux gamètes dans la zygospore est affectée par des concentrations de sel (Oren, 2005).

Martinez et al ont déterminé l'activité sexuelle de cette algue à partir du rapport d'évaluation des zygotes et des zygospores de cellules totales observées dans la culture. Faible concentrations en sel de 2% et 5% induit l'activité sexuelle, tandis que les taux élevés en sel de 30% diminue la reproduction sexuée.

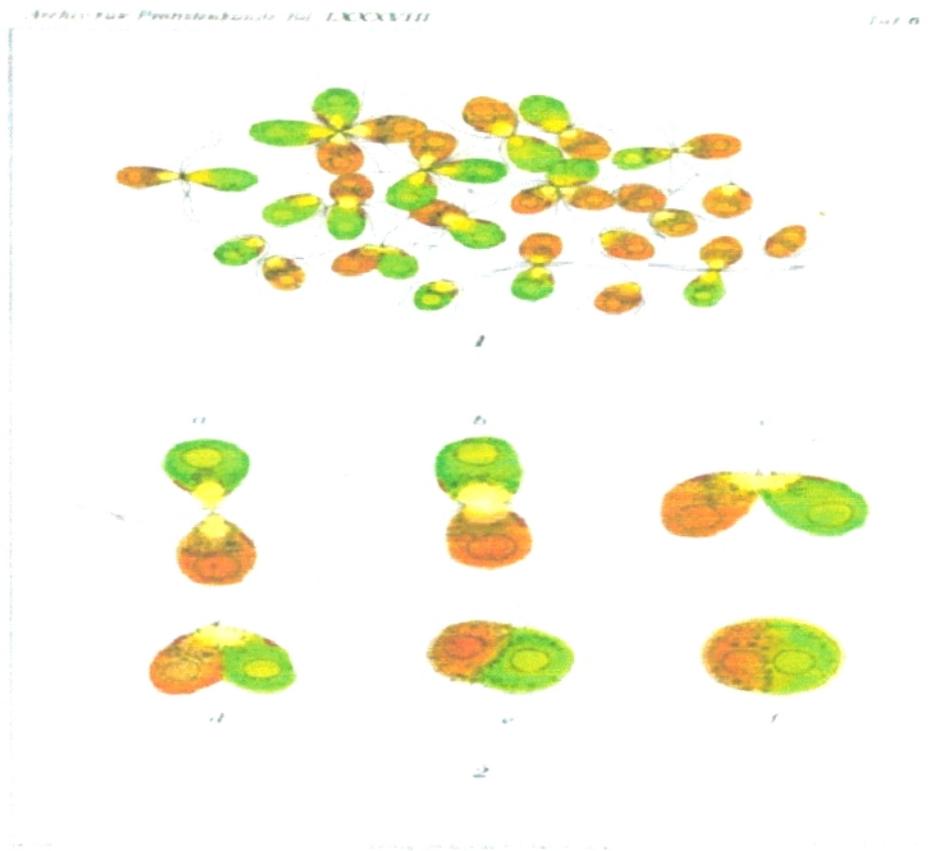


Figure 08: Agrégation du rouge et du vert sous la forme de *Dunaliella salina* (partie supérieure) et la formation du zygote de *Dunaliella salina* (vert et rouge forme) (partie inférieure)

(Lerche, 1937)

II.9.4. Facteurs du milieu

❖ pH

Le pH optimal pour la croissance de la marine *D. tertiolecta* est un pH de 6, alors que pour la halophile *D. salina* et *D. viridis* est un pH d'environ 9 (Loeblich in Borowitzka, 1990).

❖ Température

La température optimale de croissance de *D. salina* est de l'ordre de 20 à 40 ° C (**Borowitzka, LJ in Borowitzka, MA, 1990**) selon la souche. *Dunaliella salina* peuvent tolérer des températures extrêmement basses en dessous de zéro (**Siegel et al., in Borowitzka, MA, 1990**), mais des températures supérieures à 40 ° C sont habituellement mortelles. Il ya aussi une forte interaction entre le taux de croissance, la température et la salinité (**Gimmler et al, Borowitzka, MA & Borowitzka (1988) in Borowitzka, 1990**) et entre l'intensité de la lumière et de la tolérance de température (**Federov et al in Borowitzka, 1990**). (Tableau N°2).

II.9.6. Bio constituants actifs disponible

Dans son état naturel, chaque cellule de *Dunaliella salina* fournit un équilibre holistique de vitamines, minéraux et phytonutriments.

a) Caroténoïdes

L'activité antioxydante de phytoplancton *Dunaliella salina* est due à sa forte teneur en caroténoïdes mélangés, une classe des pigments jaunes, oranges et rouges synthétisées par les plantes, les algues et les micro-organismes photosynthétiques. Parmi environ 600 caroténoïdes identifiés dans la nature, plus de 500 ont été trouvés dans *Dunaliella salina*.

Elle est extrêmement riche en caroténoïdes antioxydants bêta carotène, alpha carotène, la lutéine, la zéaxanthine, la cryptoxanthine. De manière significative, il est plus riche dans la nature des sources alimentaires connues de bêta-carotène.

b) Minéraux

Cette algue est très riche en minéraux, y compris le magnésium, le potassium, le zinc, le fer, le manganèse, le bore, sélénium et lithium. C'est son teneur en magnésium qui est particulièrement élevé (**InterClinical Laboratories, 2010**).

Tableau 5. Résumé de l'influence de divers facteurs de l'environnement sur la production de biomasse et β -carotène des cultures de *D. salina* (+ = Effet stimulant; - = effet inhibiteur; 0 = aucun effet).

Facteur	Biomasse	β -carotène
Augmentation de la salinité	-	++++
Diminution de la salinité	+	(-) ^a =
Carence en N	-	+++
P carence	-	+
Augmentation du carbone inorganique	+++	0
Augmentation de la lumière	+	++++
Diminution de la lumière	-	---
Augmentation de la température	+	++
Diminution de la température	-	-
Augmentation de O ₂	-	-

^a=Taux de diminution est très lent.

(Basé sur Mil'ko, 1963; Borowitzka, LJ & Borowitzka, 1989).

II.9.7 Ecologie :

Dunaliella salina se trouvent dans des endroits à haute salinité telles que des saumures salées, marais salants et lacs hypersalines (Brock, 1975). Elle s'est adaptée à ces conditions par l'accumulation de glycérol pour équilibrer la pression osmotique. *Dunaliella salina* est également adapté aux rayonnements solaires à l'aide de β -carotène pour protéger contre l'énergie ionisante (Schilipaulis, 1991).

Labbé (1921, 1922) ont montré des changements dans la structure de la communauté algale et en reliant ces facteurs aux variations de salinité (la pression osmotique, viscosité) de la saumure, mais il a également reconnu le rôle de l'intensité lumineuse et la température de l'eau, ainsi que du pH. Il a décrit un cycle annuel qui, au début de l'hiver quelques cellules rouges mobiles (érythrospores) et les petites cellules vertes mobiles (chlorospores) sont présents (**Labbé, 1921**).

La dilution de l'eau par les pluies d'hiver déclenche la formation de kystes rouges ("érythrocytes"), mais les "chlorospores" se développent rapidement, conjugué, et forment des «chlorocystes". Lorsque la concentration en sel augmente durant la saison estivale, les cellules rouges mobiles commencent à apparaître, toujours accompagnées par les cellules vertes:

Progressivement les erythrospores qui sont formés à partir de chlorospores prolifèrent, et leur domination est fonction de la concentration en sel.

Les zones où les rayons UV sont plus élevés et une faible pluviométrie fournissent un parfait environnement pour la croissance de cette algue. Pour plus d'avantages bénéfiques pour la santé, le phytoplancton doivent être cultivées dans un endroit propre, riches en minéraux des eaux marines et récoltées et séchées mécaniquement, sans l'utilisation des produits chimiques ou solvants (**InterClinicalLaboratories, 2010**).

II.9.8 Culture de *Dunaliella salina*

Quel que soit le système de production, la culture d'algues nécessite une source d'énergie lumineuse, et un apport en dioxyde de carbone et sels inorganiques dans le milieu de culture.

Pour cela, on peut soit utiliser des systèmes de culture ouverts sur l'environnement, soit des systèmes fermés. Les deux principales méthodes de production utilisées sont les bassins de type « raceway » pour les bassins ouverts et les photobioréacteurs en système fermé (**Guillaume Caluin Bourge et al, 2009**).

II.9.9. Intérêts des cultures

Les micros algues se trouvent en abondance dans les milieux aquatiques (océans, rivières, lacs...). De plus, leur biodiversité est énorme et constitue un réel potentiel pour la recherche et l'industrie.

Dunaliella salina est connue pour ses propriétés anti-oxydantes grâce à une concentration de 5% de matière sèche en β -carotène, Ce qui laisse entrevoir un potentiel de développement et de commercialisation important (Chabert, 2011). Le β -carotène est un important pigment végétal, 10 fois plus actif que le β -carotène de synthèse. Il est utilisé comme colorant alimentaire, comme source de vitamine A dans l'alimentation animale et humaine et comme additif en cosmétologie. Les carotènes inhibent les radicaux libres produits par les ultraviolets, grâce à leur potentiel antioxydant. Ils offrent ainsi une protection aux phospholipides membranaires des cellules de la peau. Ainsi pour se protéger du stress oxydatif provoqué par l'action conjointe d'une salinité importante et d'un rayonnement solaire élevé, la *Dunaliella salina* rougit en produisant le β -carotène (Cadoret et Bernard, 2008).

En raison de ses propriétés antioxydants et de piégeage des radicaux libres (Burton et Ingold, 1984; Terao, 1989) le β -carotène semble également avoir une action préventive du cancer, en particulier contre les cancers épithéliaux tels que le cancer du poumon (Peto et al, 1981). Les doses quotidiennes actuelles recommandées pour le β -carotène sont autour de 6 mg, et 20-25 mg sont utilisées dans les essais anti-cancer aux États-Unis et en Finlande.

II.10 *Dunaliella salina* : un aliment indispensable des *Artemia*

Par son abondance dans ces eaux sursalées, *Dunaliella salina* constitue, avec les diatomées présentes dans les parties plus douces, l'un des principaux éléments de la **production primaire** des marais salants. Ce phytoplancton est un aliment de choix pour les larves du zooplancton marin et tout particulièrement pour celles de l'*Artemia salina*, zooplancton temporaire de crustacé qui se développe considérablement dans les salines du fait de l'absence de prédateurs capables de résister aux fortes salures du milieu. *Artemia salina* sert elle-même de nourriture aux alevins de poissons et aux larves de crustacés. En automne, au moment où les paludiers remplissent la saline des eaux marines, les juvéniles de poissons pénètrent dans les marais et trouvent, avec l'*Artemia salina*, une alimentation adaptée à leur taille.

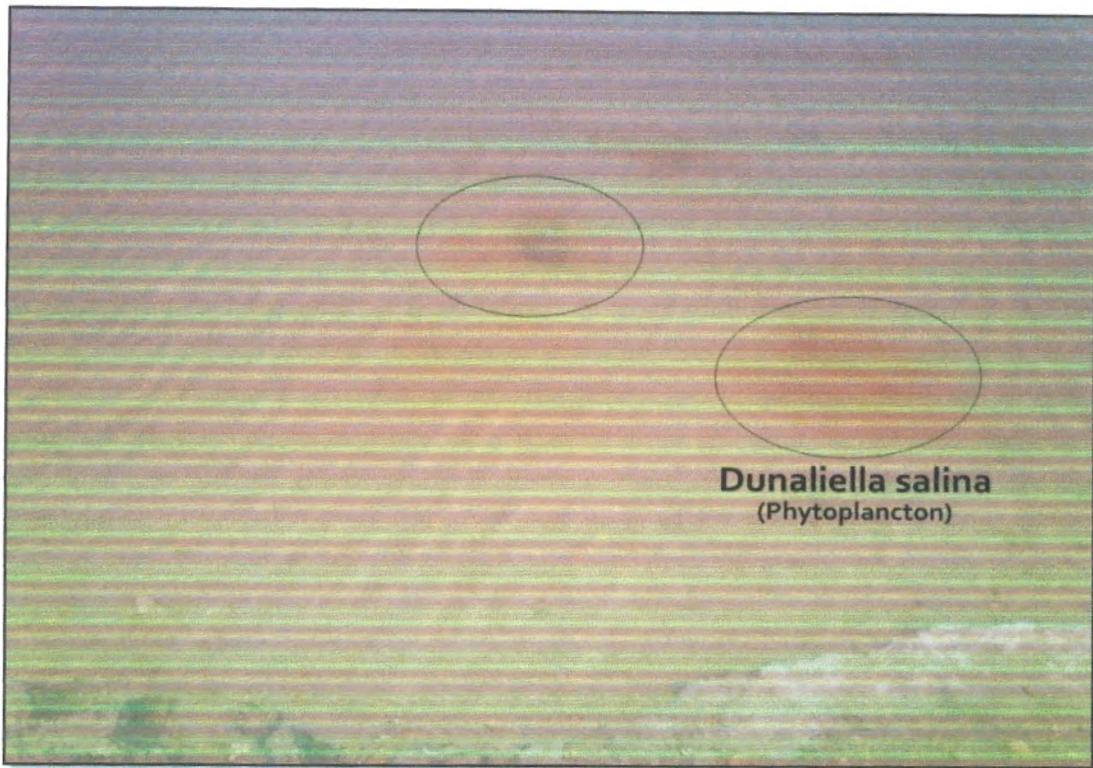


Figure09 : *Dunaliella salina* (Phytoplancton) Sebkhia de Bethioua(Belayachi et Belhadj-Amara, 2013)

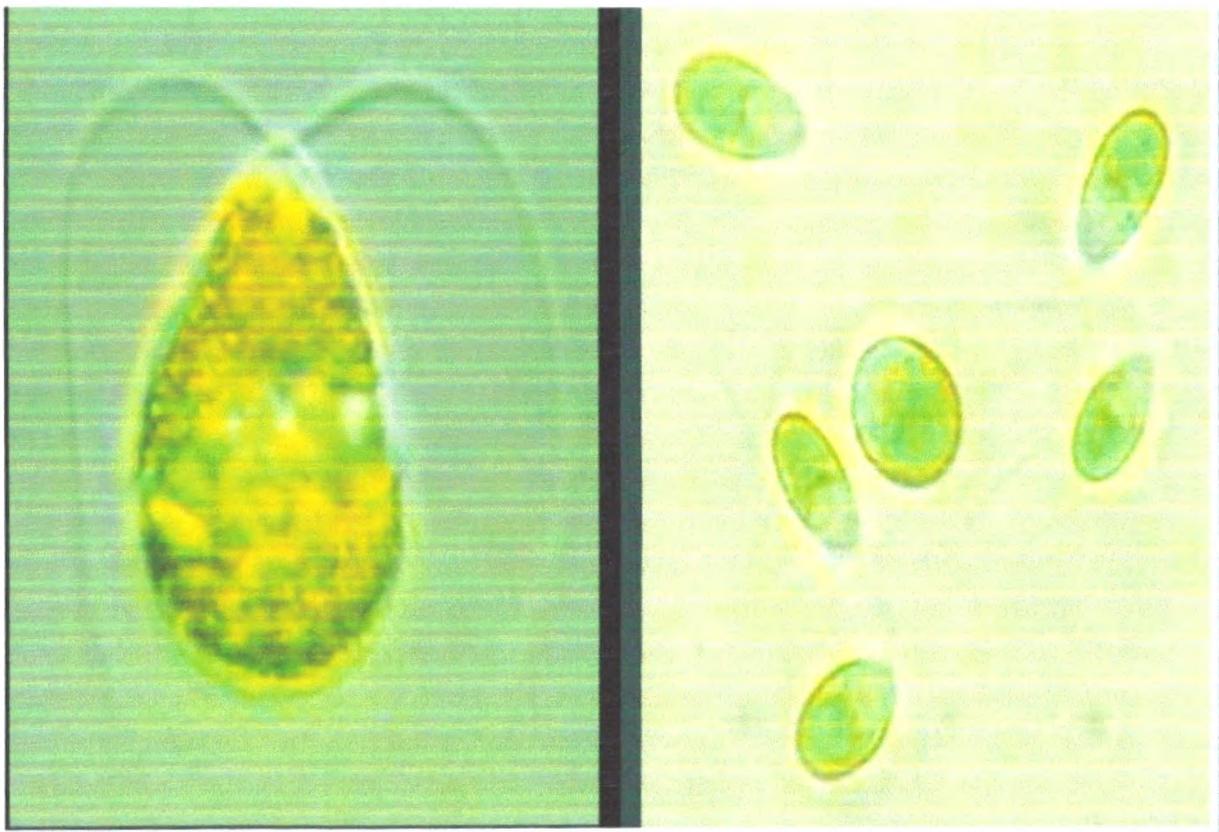


Figure 10 : Observation microscopique de *Dunaliella salina* x100 (Segoriaet al, 2003).

Chapitre III

Présentation des milieux d'étude

Qu'est-ce qu'une sebkha ?

Une « sebkha » désigne un bassin occupant le fond d'une dépression à forte salinité et plus ou moins séparé d'un milieu marin, dans des régions arides. Néanmoins, il peut être toujours en contact avec le milieu marin par un très faible filet d'eau (bassin d'eau profonde), ou au contraire par des infiltrations (bassins d'eau peu profonde). Dans ce dernier cas, il peut se produire des débordements périodiques d'eau vers le bassin.

Elle se distingue d'une « Daïa » d'une part, qui admet un drainage par le fond et un « chott » d'autre part qui à l'inverse bénéficierait d'une alimentation par voie artésienne.

III.1 Les salines de Sidi Bouziane :

La société des salins de ferry exploite le lac salé de sidi Bouziane (Relizane) depuis 1942 (**figure 6**). En 1962, les salines fut appelée «MASOME», et actuellement elle régit sous la direction de l'Entreprise National Du Sel (ENASEL).



Figure 11 : Localisation des salines de Sidi Bouziane (Oued El Djemââ : Relizane)
(Image satellite Google Earth)

L'exploitation du sel brut se fait à partir de cette sebkha d'une superficie totale de 1890 hectares dont 32 hectares répartis en huit surfaces constituant les tables de cristallisation. La

production moyenne annuelle de cette saline avoisine les 35 000 tonnes, qui représente à peu près 30% de la production nationale. Cette production n'a fait apparaître aucun indice de diminution de la source.

III.1.1 Cadre physique :

La saline de Sidi Bouziane (*Oued El Djemaa : W.Relizane*) est située à 35°51' Nord et une longitude de 0°38'47 Est ; le lac est distant de 1,5 Km des ateliers de production du Sel, et de 4 Km du chef-lieu de la commune d'Oued El Djamaa. Le lac salé est né à une cinquantaine de kilomètres de la mer sur des terrains alluvionnaires strictement continentaux séparés de la cote du point de vue morphologique par la chaîne du Dahra, indemne de sels d'origine marine directe et dont le lessivage ne peut apporter que de très faibles quantités de produits solubles pratiquement non renouvelables.

III.1.2 Climatologie :

Du point de vue climatologique, la région est caractérisée par un climat méditerranéen semi-aride à hiver doux, climat accompagné de températures moyennes annuelles de 15,9° C, avec de fortes variations saisonnières. L'amplitude thermique est de 15,5°C et de 7,7°C en janvier. D'autre part, la région est caractérisée par une faible hauteur de pluie (285mm) et une intense évaporation (1063mm).

Tableau 6 : Composition en sel de la saline de Sidi Bouziane

Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO ₃	SO ₄	NO ₃	Résidus secs à 100°	PH
3928	14726	62100	64	153360	93	3430	2	338400	6,87



Figure 12 : Une table du lac salé de Sidi Bouziane ((Belayachi et Belhadj-Amara, 2013))



Figure 13 : lac salé de Sidi Bouziane (W.Relizane) (Belayachi et Belhadj-Amara, 2013)

III.2 : Les salines de Bethioua :

Les salines d'Arzew, ou sebkha d'Arzew, situées en totalité dans la commune de Bethioua, à son extrémité sud-ouest, sont classées depuis le 12 décembre 2004 en site « Ramsar », zone humide d'importance internationale pour l'avifaune.

III.2.1 Cadre Physique :

La saline de Bethioua est située à 35° 48' Nord et une longitude de 0° 15'34 ouest ; le lac est distant de 500 mètres des ateliers de production.

L'unité de Bethioua (du nom de la daïra dans laquelle elle est localisée) est située à 25 km au sud-ouest d'Arzew et à 50 km d'Oran. Elle a pour mission de produire, de traiter et de commercialiser le sel de chott sur le marché national et celui de l'exportation. L'unité exploite un gisement naturel de sel de Sebkhha d'une superficie de 84 060 m², les capacités de production de sel brut de l'unité sont estimées aujourd'hui à 40 000 t/an.

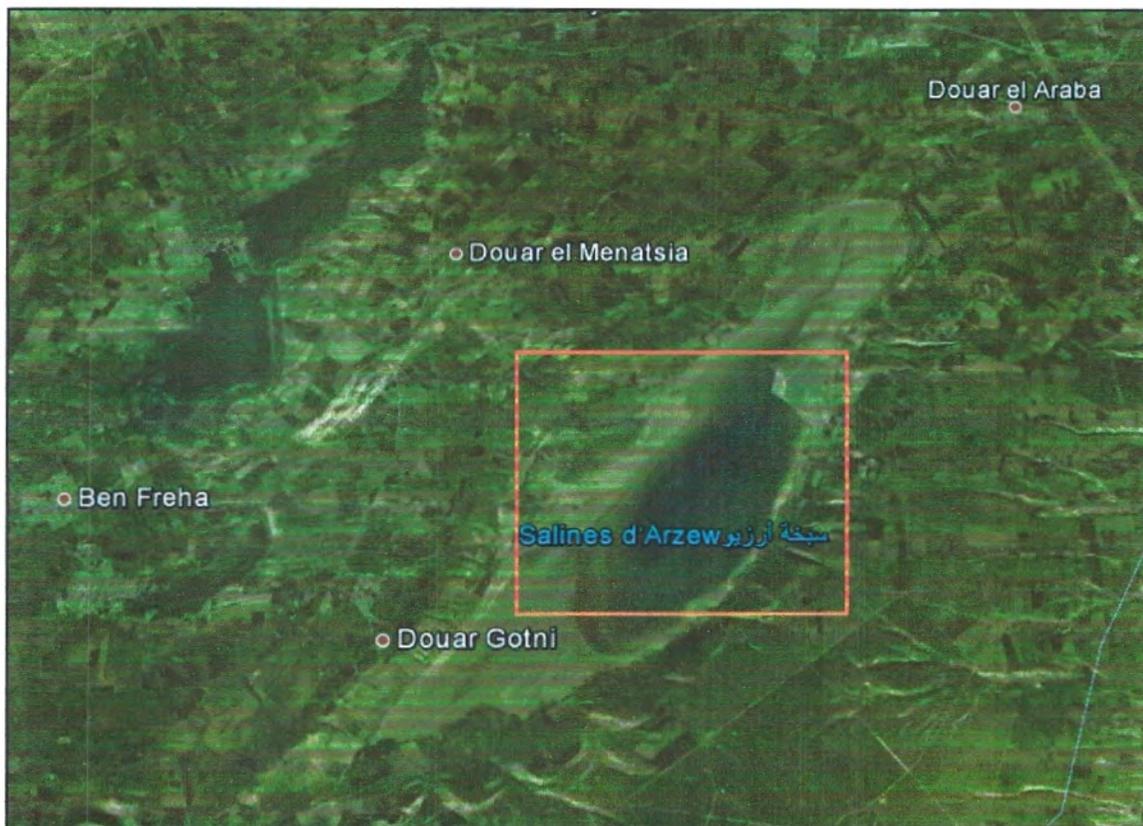


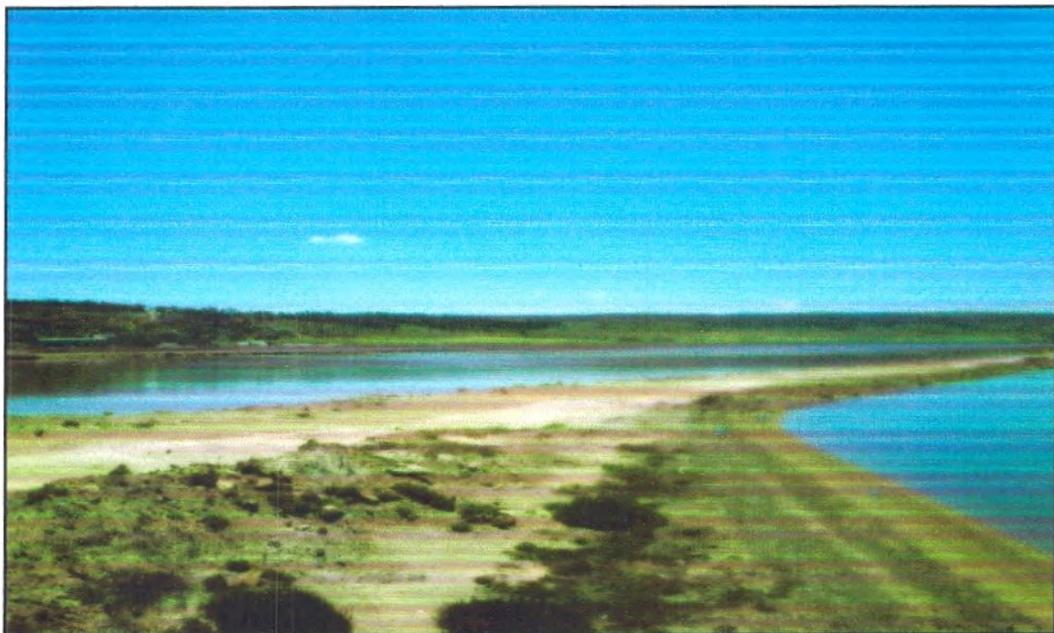
Figure 14: Situation des salines de Bethioua (Oran)(Source: Google Earth 2013)

III .2.2 Climatologie:

La région se caractérise par un climat méditerranéen classique marqué par une sécheresse estivale, des hivers doux, un ciel lumineux et dégagé. Pendant les mois d'été, les précipitations deviennent rares voire inexistantes, et le ciel est lumineux et dégagé. L'anticyclone subtropical recouvre la région oranaise pendant près de quatre mois. En revanche la région est bien arrosée pendant l'hiver. Les faibles précipitations (420 mm de pluie) et leur fréquence (72,9 jours par an) sont aussi caractéristiques de ce climat.



Figure 15-16 : Le lac salé de Bethioua (Belayachi et Belhadj-Amara, 2013)



Chapitre IV

Biologie et écologie de l'Artémia

IV.1 Biologie de l'*Artemia* :

IV.1.1 Systématique :

C'est en 1755 que l'*Artemia* fut découverte par le Docteur Schlosser, un Anglais, tout près de Limington (Angleterre) et qu'il la décrit comme la crevette des marais salants (**Kunen et Baas-Becking, 1938**).

Mais elle a été signalé pour la première fois dans le lac Urmia (Iran) en 982 par un géographe iranien (**Asem, 2010**).

Puis, en 1818 vient Leach en l'a renommant *Artemia Salina* (**Artom, 1931**). Enfin en 1840 le Docteur Joly apporte une description plus complète de ce petit crustacé (**Mura, 1990, Triantaphylidis et al, 1997**).

La nomination de *Artemia salina* a été remplacée par *ArtemiaTunisiannaet* qui est actuellement valable pour tous les espèces sexuées rencontrées dans la région méditerranéennes.

Règne :	<i>Animal</i>
Embranchement :	<i>Arthropodes</i>
Sous-embranchement :	<i>Crustacés</i>
Classe :	<i>Branchiopodes</i>
Sous-classe :	<i>Sarsostraca</i>
Ordre :	<i>Anostraca</i>
Sous-ordre :	<i>Artemiina</i>
Famille :	<i>Artemiidae</i>
Genre :	<i>Artemia</i> Leach, 1819
Nom binominal :	<i>Artemia salina</i> (Linnaeus, 1758)

IV.1.2 Ecologie de l'espèce :

L'*Artemia salina* est une espèce de crevette aquatique miniature avec un âge d'environ 100 millions d'années, qui ne peut vivre que dans des lacs ou des étangs avec une forte salinité (qui varie entre 60 et 300 ppt jusqu'à 300 grammes de sel par litre), mais aussi vivre de façon très différente dans des solutions d'eau de mers telles que le permanganate de potassium ou le nitrate d'argent. C'est une espèce endémique de la Méditerranée, mais on la trouve sur tous les continents. Ces animaux ont la capacité de réduire la pression osmotique de l'hémolymphe par excrétion de NaCl contre le gradient de concentration. Il a été démontré qu'ils pouvaient mettre en place un mécanisme pour maintenir l'hémolymphe extrême hypotonique dans les conditions d'extrêmes salinités (Croghan, 1957). En outre, cette espèce peut survivre dans l'eau à une carence en oxygène élevée ; la concentration minimale d'oxygène pour un adulte est très faible 0,5 milligrammes par litre tandis que pour un Nauplie, elle est moins de 0,3 milligrammes par litre.

Le plus étrange comportement des *Artemia* est qu'elles nagent de haut vers le bas, contrairement à la majorité des animaux aquatiques. Il s'agit d'un résultat de phototaxie positive, ce qui signifie que la crevette est attirée par la lumière. Dans la nature, elle se trouve avec ses appendices pointés vers le haut, parce que le soleil est la source de lumière naturelle, Elle se hisse vers la surface pendant la journée et descend au fond la nuit.

IV.1.3 Description :

L'*Artemia* est un petit crustacé aquatique de forme allongée et dépourvu de carapace, il connaît 14 mues son corps se compose d'au moins 20 segments et de 10 paires d'appendices plates attachées à son tronc, semblables à des feuilles appelés phyllopoies (pattes), lesquels battent à un rythme régulier.

L'espèce présente un dimorphisme sexuel, Le mâle est généralement plus petit que la femelle, il nage plus rapidement, mange moins et est moins coloré.

Les adultes d'*Artemia* sont habituellement d'environ 8-12 mm, mais peuvent atteindre jusqu'à 15 mm en fonction de leur environnement. Ils ont des yeux composés fixés sur des tiges et des pièces buccales réduites.

La Couleur des adultes varie en fonction de la concentration du sel dans l'eau, Elle peut être d'un blanc pâle, rose, rouge, vert ou transparent, leurs sang contient de l'hémoglobine.

Le manque de concurrence dans cet environnement extrême leur permet de développer des populations importantes lorsque les conditions sont favorables pour la reproduction (chaleur, lumière du soleil, une large gamme de concentrations de sel).

Cet organisme peut résister à de longues périodes de sécheresse. Les mâles ont deux organes de reproduction. L'utérus d'une femelle peut contenir jusqu'à 200 œufs. L'espérance de vie, même dans les meilleures conditions ne dépasse pas un an. Dans des conditions naturelles l'*Artémia* se nourrit d'algues, de protozoaires et de débris. (Abatzopolulos et al., 2010).

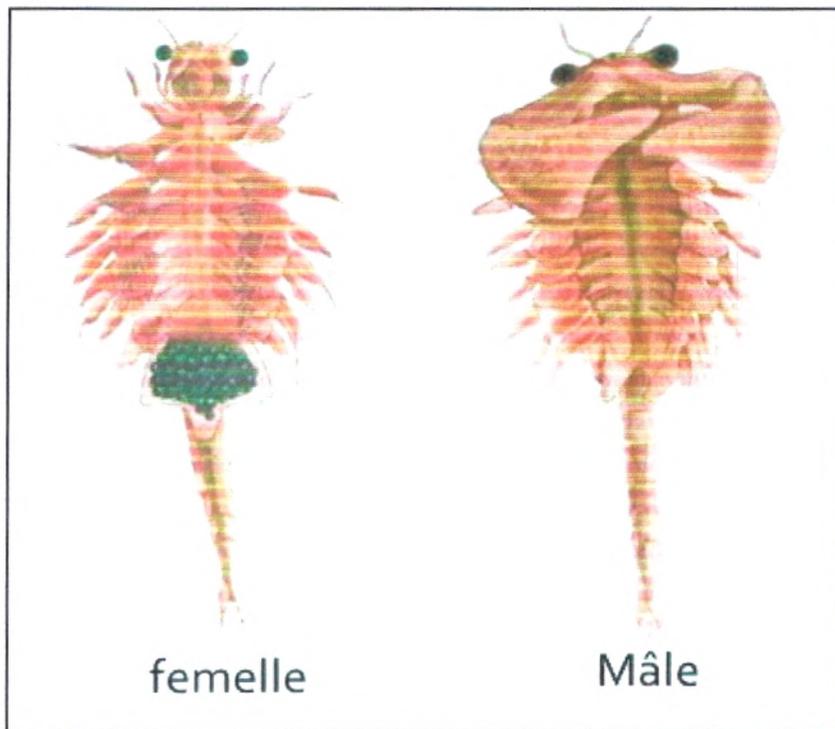


Figure 17 :Formes des adultes d'*Artemia*(Abatzopolulos et al., 2010)

IV.2 Morphologie et cycle de Vie :

Dans son environnement naturel sous certaines conditions, l'*Artemia* produit des cystes ou plus communément des œufs, qui flottent à la surface de l'eau et finissent sur les rivages sous l'action des vents et des vagues.

Ces cystes sont métaboliquement inactifs et incapables de se développer tant qu'ils sont gardés à sec. (Dhont, Van Stappen ; 2003).

Une fois immergé à l'eau, le cyste d'*Artemia* donne naissance à une première larve de couleur blanchâtre appelée «nauplius», ce dernier atteint le l'âge adulte après plusieurs phases de développement caractérisées par une série de transformations morphologiques et physiologiques au cours desquelles le nauplius porte le nom de «méta-nauplius».

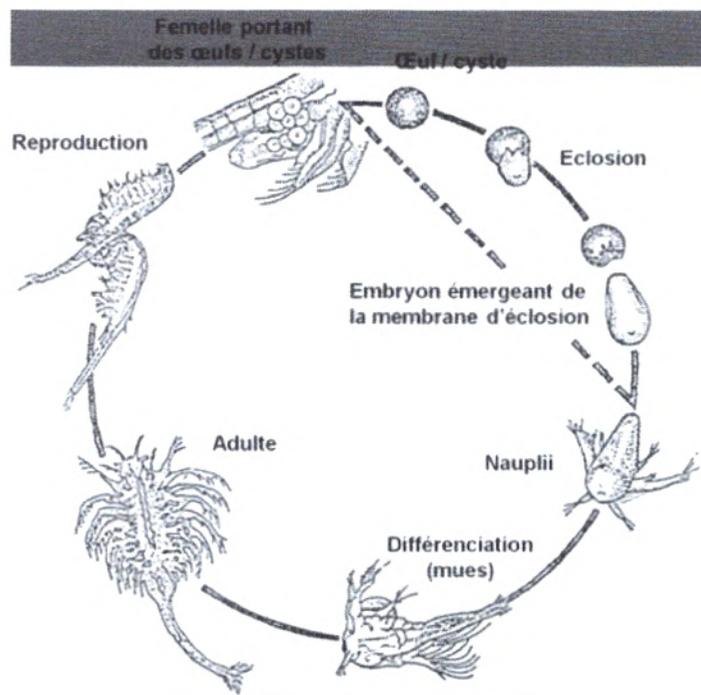


Figure 18 : Schéma du cycle de vie (Defaye et al., 1998)

IV.2.1 Le cyste :

Le cyste tel qu'il est dans son milieu naturel a une forme biconcave, après hydratation il devient sphérique (Van Stappen, Sorgeloos ; 1996) et mesure 200 à 300 micromètre.

Cette particule apparemment inerte, demeure dans un état assoupi dit « en diapause », et peut ainsi supporter des températures extrêmes de 0°C à plus de 100°C. Le cyste sec résiste également aux fortes radiations, une variété de solvants organiques (même à des pesticides), le manque d'oxygène et peut être entreposé pendant des mois ou des années sans toutefois perdre sa capacité d'éclosion (Granvill, Treece ; 2000).

Aux États-Unis en 1976, lors d'un forage The Great Salt Lake en Utah, les cystes d'*Artemia Salina* ont été trouvés dans un échantillon du sol entre deux couches de sel. L'analyse du carbone a montré que l'âge des cystes serait de 10.000 ans.

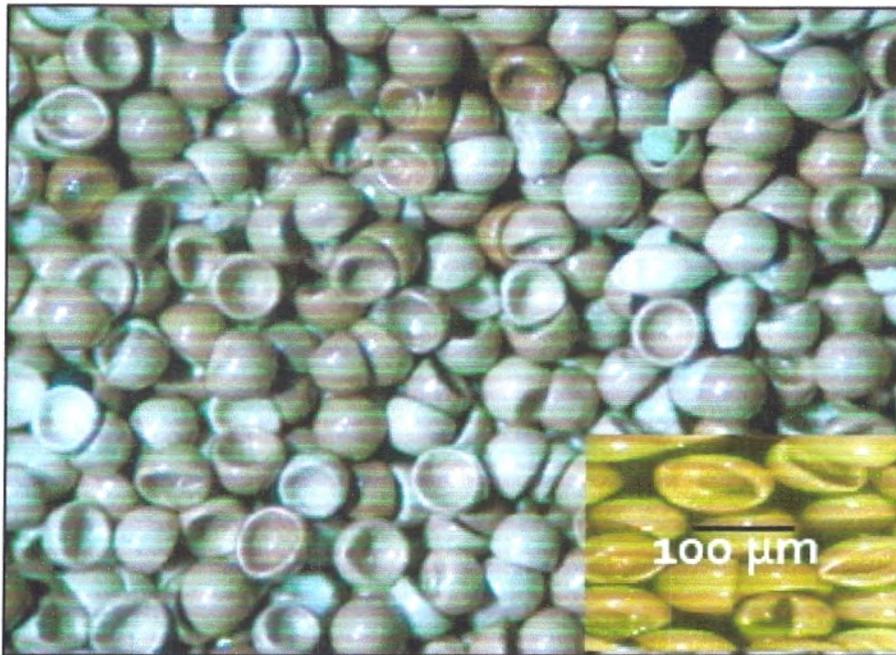


Figure19 : Les cystes secs d'*Artemia* (Dahloum, 2007)

IV.2.2 Morphologie du cyste :

L'enveloppe du cyste est constituée de trois structures :

-Le chorion (coquille) : il est constitué essentiellement de lipoprotéines, C'est un mélange de chitine et de hématine, Sa fonction est la protection de l'embryon. La concentration de l'hématine détermine la couleur de la coquille du pâle au marron sombre.

La couche de chorion peut être complètement enlevée par la technique de décapsulation.

-La cuticule membraneuse : Protège l'embryon, c'est une membrane externe qui adhère directement au chorion empêchant toute particule d'une taille supérieure à celle d'une molécule de CO₂ de pénétrer, elle sert en fait de filtre de perméabilité.

-La cuticule embryonnaire : c'est une membrane très élastique et transparente qui sépare l'embryon de la cuticule membraneuse. (Dhont ; Van Stappen, 2003).

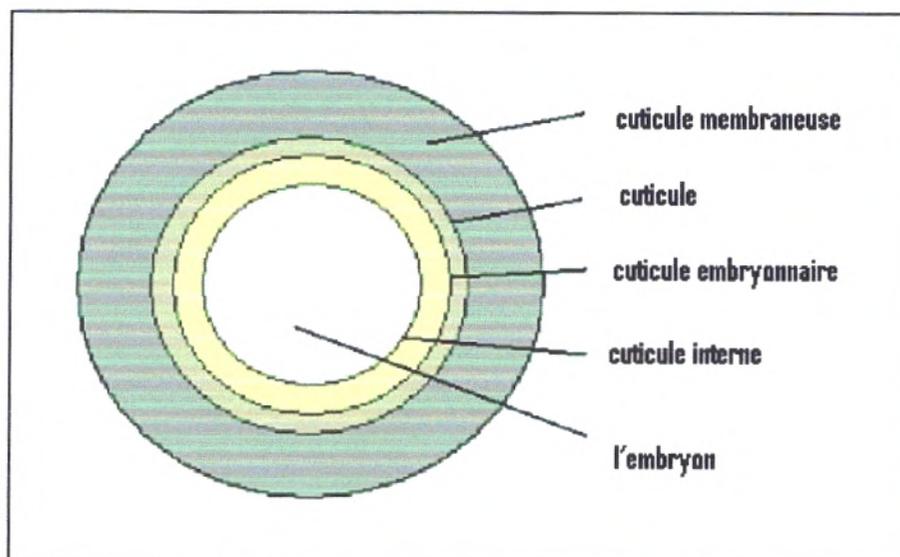


Figure 20 : Structure du cyste de l'*Artemia* (Dhont ; Van Stappen, 2003)

IV.2.3 Reprise du métabolisme du cyste et son éclosion :

Après environ 15 à 20 heures (Granvill, 2000) d'hydratation, la coquille se déchire et l'embryon apparaît partiellement car il reste toujours entouré par la cuticule embryonnaire (Dhont ; Van Stappen, 2003) : un œil bien visible émerge à travers la fissure de la coquille ce qui caractérise cette phase (figure 16).

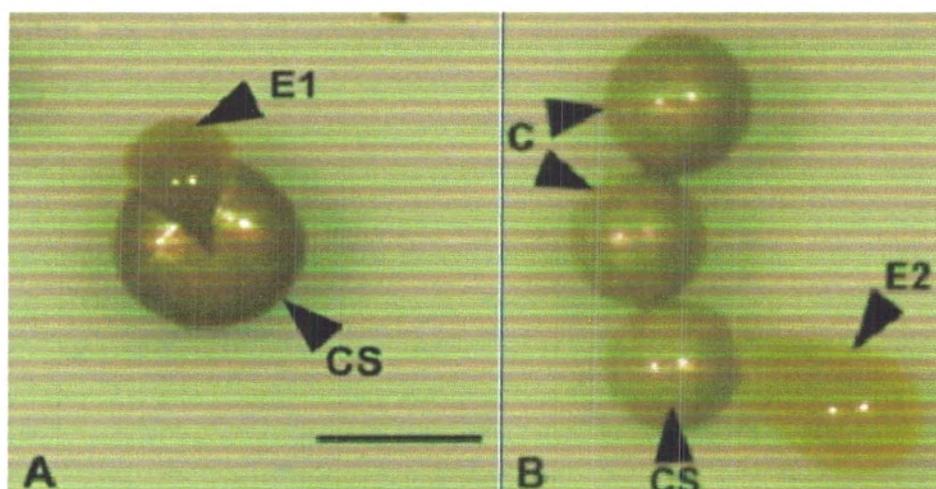


Figure 21 : L'éclosion du cyste d'*Artemia* (Robbins et al., 2010)

- (A) Une larve E1 émerge à travers la fissure de la coquille.
 (B) Une larve E2 complètement émergée enfermée dans une membrane d'éclosion et attachée à une coquille de cyste. C; Cyste, CS ; La Coquille du cyste

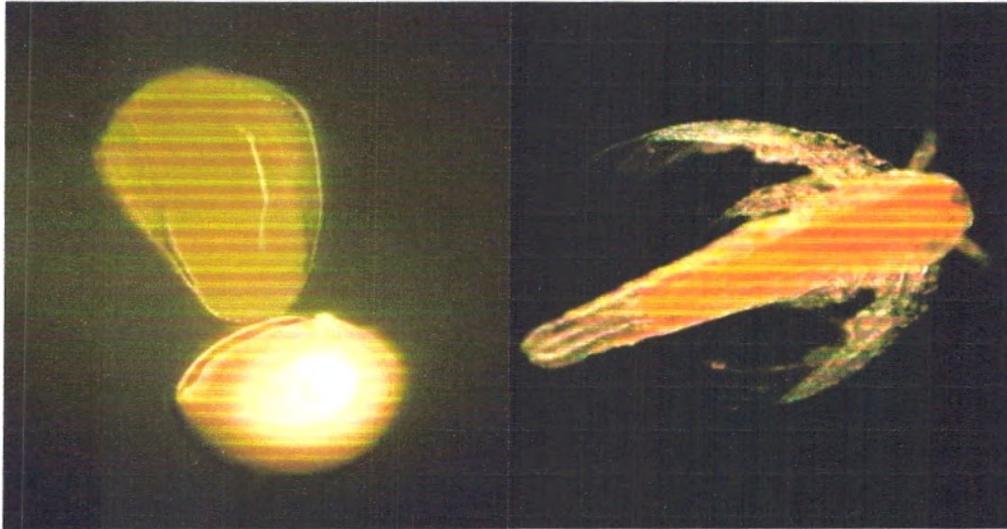


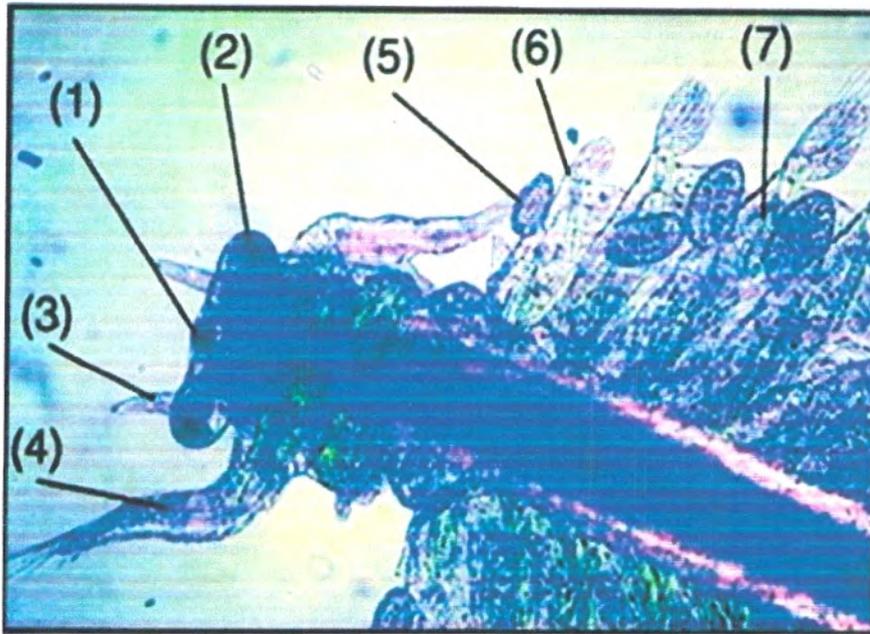
Figure 22: Membrane embryonnaire (à gauche), nauplius (à droite) x100(Robbins et al., 2010)

Quelques heures après, la larve «pré-nauplius» se libère complètement de la cuticule membranaire ; permettant ainsi de percevoir les mouvements des premiers appendices. Finalement (juste après quelques minutes) l'embryon se détache totalement de la membrane, et la première larve «nauplius» commence à nager instantanément (**Dhont ; Van Stappen, 2003**).

III.2.4 Développement larvaire et morphologie de la larve :

Au premier stade larvaire, la larve mesurant environ 400 à 500µm est caractérisée par une couleur orange brunâtre, un œil nauplien bien visible de couleur rouge dans la partie de la tête, et trois paires d'appendices qui comprennent.

- Les antennes : fonction sensorielle.
- Les antennules : double fonction, filtration de la nourriture et locomotion.
- Les mandibules : servent pour attraper la nourriture (**Dhont ; Van Stappen, 2003**)



(1) Œil nauplien (2) Yeux complexes latéraux (3) Antennule (4) Antenne (5) Exopodite
(6) Telopodite (7) Endopodite

Figure 23 : Tête et partie thoracique d'un pré-adulte d'*Artemia*(Dhont ; Van Stappen, 2003)

Après 8 heures environ, le nauplius subit une première mue pour se transformer en larve « méta-nauplius », à ce moment, le tube digestif devient fonctionnel, la bouche et l'anus sont également ouverts. A l'aide de ces antennules, l'animal peut ainsi ingérer des petites particules alimentaires d'une taille ne dépassant pas 50 μ m. Ensuite la larve se développe et se différencie suivant une série de dix-sept mues : un stade « nauplien », quatre « méta-nauplien », sept « post-méta-nauplien » et cinq stades « post-larvaire »(Henstschel, 1968 ;Schehardt,1987).

A partir du dixième stade, d'importantes transformations morphologiques et fonctionnelles se mettent en place. On assiste à l'élancement et à une segmentation prononcée du corps de la larve, ainsi les huit premières paires de pattes thoraciques (thoracopodes) se forment en entraînant une progression plus soutenue de celle-ci. A ce moment, les yeux complexes se pigmentent et la larve atteint environ une taille de 1.4mm.

Par ailleurs, les antennes perdent leur fonction de locomotion et subissent une différenciation sexuelle (Dhont ; Van Stappen, 2003).

Chez le mâle, elles se développent en grappes, tandis que chez la femelle, elles se dégénèrent en appendices sensorielles.

Le développement des thoracopodes se poursuit et d'autres paires de thoracopodes continuent à se développer, en même temps apparaissent les premiers segments abdominaux, on distingue :

Les télopodites et les endopodites (locomotion et filtration de la nourriture), ainsi que les exopodites (ouïes et respiration).

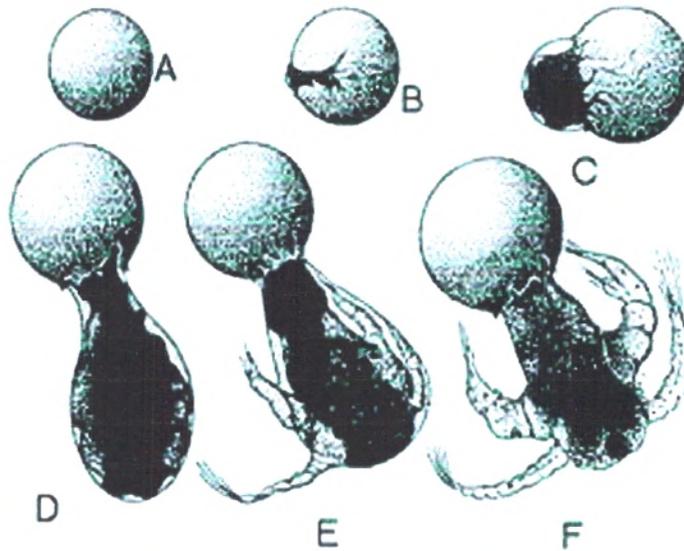


Figure 24 : Le cycle métabolique du cyste (Hayo et Schwars, 1996)

A + B : fracture du cyste (breaking)

C + D + E : évolution

F : naissance (hatching)

IV.2.5 Mode de reproduction :

L'*Artemia* se reproduit de deux façons différentes suivant des facteurs environnementaux: la concentration d'oxygène dans l'eau et sa fluctuation, le type de nourriture, et la salinité. (Tableau 7) Il y a une corrélation entre le niveau de salinité de l'eau et la méthode de reproduction. Ovovivipares à moins de 150 ppt de salinité et ovipare principalement entre 150-200ppt de salinité.

Tableau 7 :Les modalités de reproduction (Abatzopolulos et al., 2010)

Conditions défavorables	Conditions favorables
Ovipares	ovovivipares
faible teneur en oxygène (haute salinité)	haute teneur en oxygène (faible salinité)
Forte fluctuation d'O ₂	Faible fluctuation d'O ₂
Aliments riches (comme les algues vertes)	aliments (tels que les débris organiques)

Dans des conditions idéales, la femelle est ovovivipare et "pond " jusqu'à 50 Nauplie par jour, Lorsque les conditions ne sont pas idéales (salinité ou température trop faible ou trop forte, changement de saison, pollution, manque de nourriture) la femelle pond des cystes en diapause qui vont flotter, s'échouer sur les berges et sécher.

Le séchage est indispensable pour que les cystes puissent éclore, Afin d'aboutir à un nauplius libre, les cystes ont besoin d'eau (hydratation) et de l'oxygène pour initier et compléter le métabolisme.(Abatzopolulos et al., 2010).

IV.2.6 Morphologie de l'adulte :

Les adultes d'*Artemia* sont des arthropodes primitifs typiques mesurant 8 à 12 mm de longueur (Dhont ; Van Stappen, 2003). La taille du mâle est généralement inférieure à celle de la femelle (Figure 20).

Le corps allongé de l'*Artemia* adulte est composé en totalité de 20 segments (d'autres auteurs rapportent 19) (Dhont ; Van Stappen, 2003) et comprend trois parties bien distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen.

- **La tête** ; elle comprend un œil nauplien médian, une paire des yeux latéraux et un simple cerveau en forme d'anneau comme une structure autour de la bouche (typique de la plupart des invertébrés). Dans sa partie antérieure on remarque une paire d'antennes courbées portant à leur extrémité 3 petites soies. Les antennes sont un critère de détermination des sexes ; chez le mâle les antennes prennent la forme d'une grosse pince qui sert à enlacer fermement la femelle et lui permettent de passer plusieurs jours accroché à elle lors de l'accouplement, chez cette dernière la paire d'antennes est beaucoup plus petite. On trouve sur la tête 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 à l'œsophage, qui, aboutit dans l'estomac.

- **Le thorax** : il comprend 11 segments, chacun portant une paire d'appendices natatoires foliacés qui ont une fonction motrice et respiratoire, permettant la filtration de la nourriture et son acheminement vers les deux mandibules (Haddag, 1991).
- **L'abdomen** : il se distingue nettement du thorax, il est composé de huit segments : les deux premiers contiennent l'appareil de reproduction. L'appareil reproducteur mâle est formé d'une paire de testicules, une paire de vésicules séminales et une paire de pénis. Celui de la femelle est constitué d'une paire d'ovaires localisés de chaque côté du troisième segment abdominal (Dhont ; Van Stappen, 2003). Deux oviductes aboutissent dans l'utérus qui est en forme de poche et qui finit dans l'orifice génital. Le dernier segment abdominal porte deux appendices portant de longues soies entre lesquels s'ouvre l'orifice anal.

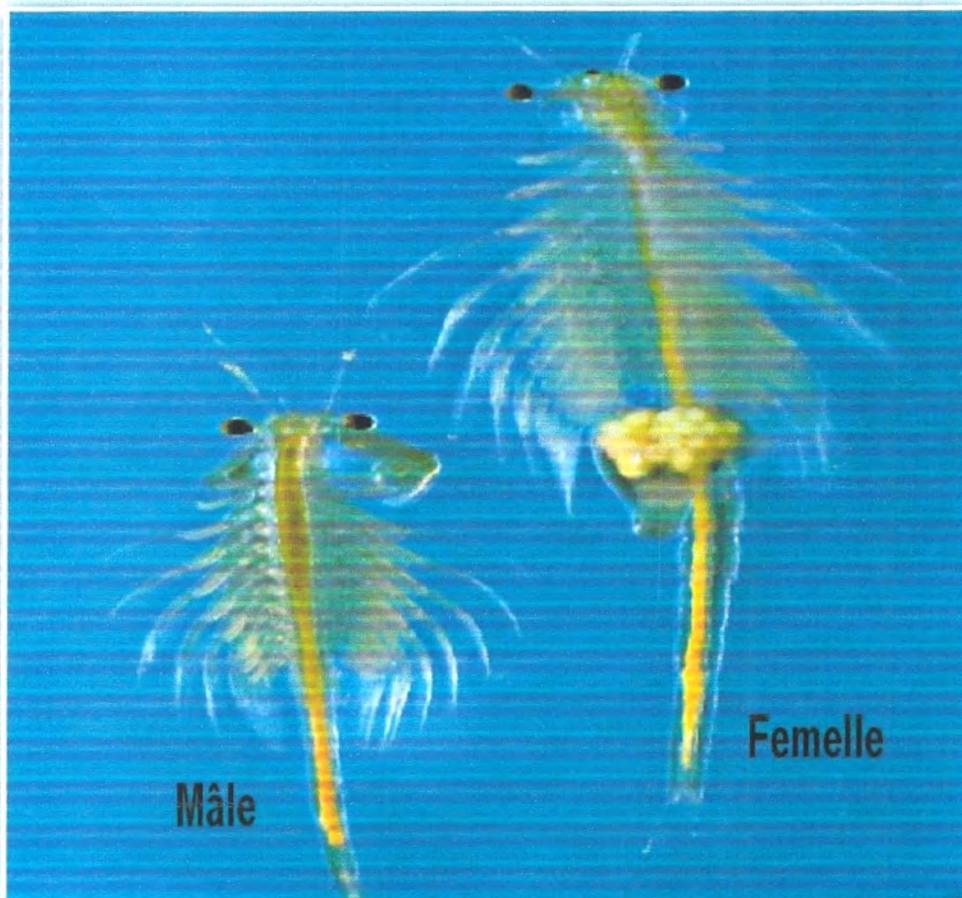


Figure25 : Mâle et femelle adulte (Abatzopolulos et al., 2010)

IV.3 Alimentation et respiration :

Ces deux processus physiologiques furent étudiés par (**Provasoli et Shiraichi 1959**). Pour vivre dans ces environnements hyper salins, les *Artemias* possèdent des adaptations physiologiques exceptionnelles. L'*Artémia* est capable de synthétiser des pigments respiratoires très efficaces qui lui permettent de survivre à des niveaux d'oxygène très bas, rencontrés dans les hautes salinités (**Van Stappen, 1996**).

D'autre part, le règlement ionique est maintenu à travers les branchies, l'*Artemia* est capable d'excréter l'urine avec une forte pression osmotique (**Ruppert et Barnes, 1994**).

Concernant l'alimentation, (**Masters 1975 ; Sorgeloos 1977**) rapportent que l'*Artemia* est un animal filtreur obligatoire non sélectif, qui à l'aide de ses antennes et thoracopodes capte les particules alimentaires en suspension, constituées notamment de bactéries (*Halobacterium Halococcus*), algues unicellulaires (*Dunaliella salina*, *D. viridis*), et débris finement divisés.

Grace aux battements des thoracopodes, des courants d'air se créent le long de la surface ventrale de l'animal. Les télépodites concentrent les particules alimentaires qui sont transférés ensuite vers le labrum, où une sécrétion visqueuse les entoure avant que les maxillaires et les mandibules ne les expédient dans l'œsophage.

L'*Artemia* est en mesure d'ingérer toute particule dont la taille est inférieure à 60µm. (**Reeve, 1963 ; Dobbeileir et al, 1980**).

L'alimentation essentielle est avec sa nourriture naturelle la plus adaptée, c'est à dire le phytoplancton vivant, constitué d'algues microscopiques. *Dunaliella salina* est la souche de phytoplancton la plus utilisée car cette espèce est relativement facile à cultiver et est de plus, une nourriture considérée comme de bonne qualité. Cette algue, très commune, se rencontre dans les marais salants, les lacs hyper salés (y compris la Mer Morte). Elle peut devenir rouge en cas de milieu hyper-salé et colorer ainsi très intensément les artémies. Nous pouvons accélérer sa croissance avec de l'engrais pour plantes vertes.

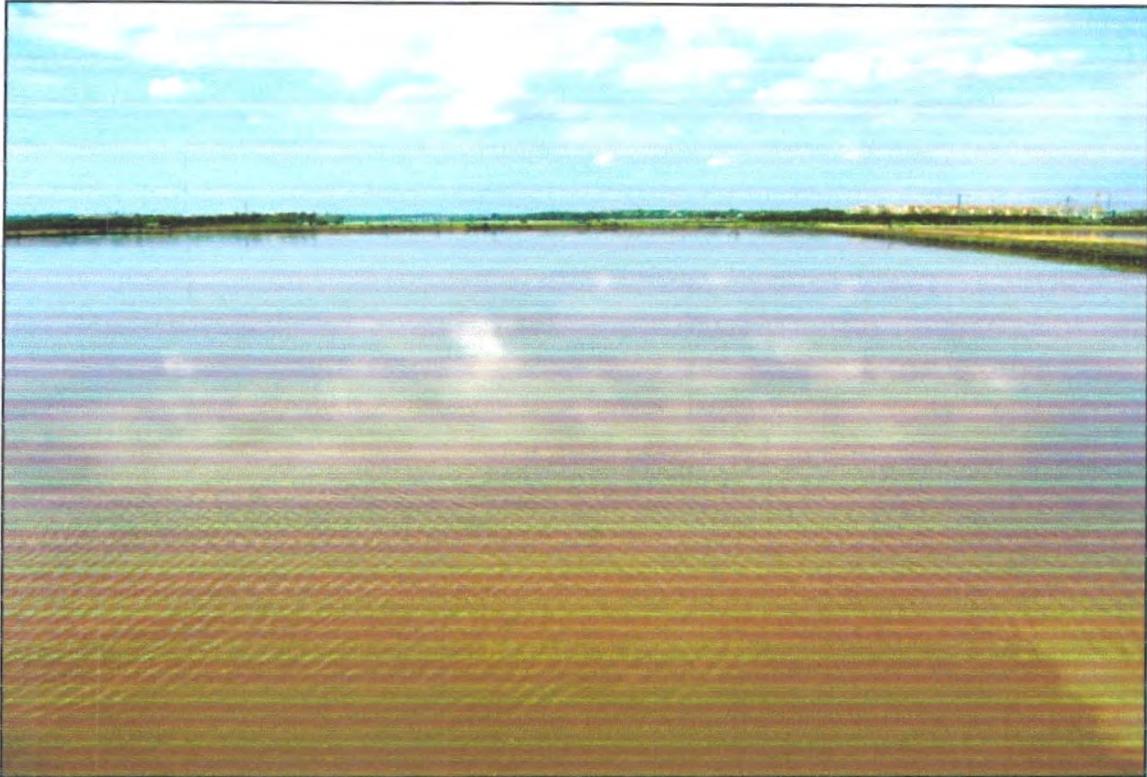


Figure 26 : La couleur rouge dû a la présence de *Dunaliella salina* (Phytoplancton)
Sebkha de Bethioua (Belayachi et Belhadj- Amara, 2013)

IV.4 Valeur nutritionnelle :

Depuis la découverte de la haute valeur nutritionnelle de l'*Artemia* notamment les protéines, et de la variation de son contenu biochimique acides aminés, acides gras, vitamine C, pigments (canthaxanthine), minéraux et oligo-éléments (**Van Stappen, 1996**). Un très grand intérêt a été porté sur la recherche et l'exploitation de cette dernière.

C'est ainsi que de nombreuses études ont été effectuées sur la nutrition larvaire (**Barnabé ; Divanach et Kentouri ; Gatesoupe et al. 1984**), (**Girin et Person-Le- Ruet 1977**) (**Sorgeloos, 1981a, 1981b**). Les résultats obtenus montrent que les nauplius d'*Artemia* constituent un maillon essentiel dans la nutrition en élevage des larves de poissons.

Les résultats d'une expérimentation effectuée sur le poisson-chat montrent que les larves qui ont subi un régime alimentaire basé exclusivement sur l'*Artemia* sont plus performantes que ce qui ont subi un régime alimentaire complexes (*Artemia* + d'autres ingrédients alimentaires). (**Lavens et Sorgeloos, 1996**).

L'*Artemia* dans tous ses stades de vie a le grand avantage de satisfaire les exigences nutritionnelles d'une grande variété d'organismes (**Espinosa-Fuentes et al., 1997**). Cependant

l'*Artémia* adulte possède une valeur nutritionnelle supérieure à celle des nauplius (**Léger et al.,1986**).

C'est ainsi que la biomasse d'*Artemia* peut être utilisée comme ingrédient alimentaire dans l'alimentation artificielle des larves de poissons et crustacés. Par ailleurs, La technique de bio-encapsulation offre des possibilités intéressantes en utilisant l'*Artemia* comme vecteur pour l'administration aux prédateurs des éléments nutritifs, des pigments, des hormones et bien d'autres agents thérapeutiques. (**Léger et al. 1986, Majacket al. 2000, Malpica Sanchez et al., 2004.**).

L'efficacité nutritionnelle d'un aliment est déterminée essentiellement par sa digestibilité et par conséquent, par sa taille et sa forme. (**Van Stappen,1996**),

IV.4.1 Protéines :

La teneur en acides aminés de l'*Artemia* a été déterminée dans différentes zones (**Sidel, 1980; Ahmadi et al, 1990; Aragao et al, 2004.**) Et cela a montré que les protéines d'*Artémia* sont riches en plusieurs acides aminés ; Acide aspartique, Thréonine, Serine, Acide glutamique, Proline, Glycine, Alanine, Cystine, Valine, Méthionine, Isoleucine, Leucine, Tyrosine, Phénylalanine, Histidine, Lysine, Arginine, Tryptophane (**Aghakhanian et al ; 2009**).

Tableau 8 : Composition biochimique de la biomasse d'*Artemia* (cultivée et sauvage) provenant des salines de Mexico et de la baie de San Francisco (Teresita et al; 2004)

Composition (%)	Les salines Real de Mexico (cultivée)	Les salines Real de Mexico (sauvage)	Baie de San Francisco (USA) ¹	Baie de San Francisco, (USA) ²
Protéines	53.1	50.3	62.5	13.69
Lipides	10.6	4.0	10.8	6.54
Cendres	15.4	33.9	19.1	10.77
Fibres	0.32	0.1	-	-
ENA	20.5	11.7	-	60.70

ENA : Extrait non azoté, ¹ nourrie par spiruline sèche, ² nourri par le riz

IV.4.2 Lipides ;

Une étude faite par (Navarro et al;1992a) a montré que les cystes de différentes populations d'*Artemia* de l'Espagne sont composés de onze classes de lipides, dont six appartiennent aux phospholipides (sphingomyelines, phosphatidylcholine, phosphatidylserine, phosphatidylinositol, acide phosphatidique /cardiolipide et phosphatidylethanolamine) et cinq aux lipides neutres (les pigments, le cholestérol, les acides gras libres, les triacylglycerides et les cholestérols-esters).

Les acides gras les plus répandus dans les cystes, les nauplii et les adultes sont : l'acide palmitique (16 :0) ; l'acide palmitoleique (16 :1) ; l'acide oléique (18 :1) ; l'acide linoléique (18 :2) ; l'acide linoléique (18 :3) et l'acide eicosapentaénoïque (20 :5). (Navarro et al ; 1992b).

IV.4.3 Vitamine C :

La vitamine C est considérée comme un nutriment essentiel au cours de la l'aviculture. Dans les cystes d'*Artemia*, la vitamine C se trouve sous forme d'acide ascorbique 2-sulfate (AAS), une forme très stable, mais à faible biodisponibilité. Pendant le processus d'éclosion le AAS est hydrolysé en acide ascorbique libre, une forme plus instable, mais directement disponible dans les nauplius pour les prédateurs. La décapsulation des cystes ne conduit pas à l'hydrolyse du sulfate ascorbique. (Van Stappen, 1996).

IV.4.4 Pigments :

Les Caroténoïdes, et plus particulièrement les Canthaxanthines montrent des différences qualitatives, La forme *Cis* est rencontrée dans les cystes et se transforme en forme *Trans*, plus stable, pendant les phases de développement des nauplius (Van Stappen, 1996).

IV.5 Répartition géographique de l'*Artemia* :

IV.5.1 Artémia dans le monde :

L'*Artemia* occupe des biotopes à climat tropical, subtropical ou tempéré (Lavens et Sorgeloos, 2000). L'animal est rencontré abondamment dans les milieux thalasso halins (riches en chlorure de sodium) et athalasso halins (riche en sulfates, en carbonates et/ou potassium) (Haddag, 1991 ; Camargo et al., 2003).

La diversité écologique de ces biotopes isolés et la flexibilité génétique de l'espèce ont mené à l'évolution de plus de 350 populations (**Van Stappen, Sorgeloos ; 1993**).

L'*Artemia* est considéré comme un organisme euryhalin et eurytherme rencontré à des salinités entre 80 et 220 g/l selon les populations et les espèces.

Les tolérances à la salinité et la température sont très élevées. Cependant, il est largement accepté que l'*Artemia* ne puisse pas survivre plus de 1 à 2 jours à une salinité extrême de 340 g/l (**Camargo et al., 2003**). Concernant la température, la plupart des populations ne supportent pas des températures au-dessous de 5°C (**Clegg et al., 2001**), tandis qu'elle peut varier entre 6°C à 40°C pour les larves. La tolérance des cystes secs est encore plus élevée ; les limites oscillent entre -273 °C à plus de 60°C. (**Skoultchi et Motowitz, 1964**).

Par ailleurs l'*Artemia* parvient à survivre à des concentrations d'oxygène allant au-dessous de 1ppm jusqu'à plus de 150% de saturation. Pour ce qui est du pH, l'*Artemia* préfère des milieux alcalins. (**Sato, 1967**).

Puisque l'*Artemia* ne possède aucun moyen de dispersion active, les vents et les oiseaux aquatiques (surtout les flamants roses) constituent les vecteurs les plus importants de la dispersion de cystes à travers la nature (**Lavens et Sorgeloos, 2000**) de manière que ces derniers lorsqu'ils flottent sur la surface de l'eau s'adhèrent aux pieds et aux plumages des oiseaux aquatiques. Même quand ils sont ingérés, les cystes restent intacts pour au moins 2 jours dans leur système digestif. En conséquence, l'absence des oiseaux est probablement la raison pour laquelle certaines régions convenables pour la présence de l'*Artemia* (par exemple les salines de la côte nord-est du Brésil) ne sont pas naturellement habitées par ce petit crustacé (**Lavens et Sorgeloos, 2000**).

Les populations d'*Artemia* sont trouvées dans environ 500 lacs salés naturels et artificiels dispersés dans toutes les zones climatiques à savoir les régions tropicales, subtropicales et tempérées.

En Afrique, 37.7% de la superficie totale du continent, soit 11.3 millions de Km² sont des régions arides ou semi arides dans lesquelles les lacs salés ont tendance à se retrouver (**Williams, 1996**). La majorité des populations d'*Artemia* se trouvent dans les pays méditerranéens (**Kaiser, 2003**) car le climat de cette région convient idéalement pour leur

développement (Vanhaecke et al.,1987). Au Maghreb, on appelle les sites : Chott, Sebkhha ou encore Mellah.

Les études de (Vanhaeckeeet al.,1987) portées sur des habitats ont été basées surtout sur les conditions climatiques. Ils ont constaté que 97% des populations d'Artemia connues à cette époque furent trouvées dans les biotopes où l'évaporation annuelle dépasse la précipitation annuelle.



Figure 27 : Répartition D'Artémia dans le monde(Lavens et Sorgeloos, 2000)

IV.5.2 Artémia En Algérie :

En Algérie, les travaux réalisés sur l'Artemia sont peu nombreux, d'après (Haddag, 1991) et(KARA, 1994) l'espèce se rencontre dans les chotts et sebkhas.

A l'état actuel, aucun site en Algérie ne fait l'objet d'une exploitation, il est indispensable de faire une estimation de la biomasse avant toute exploitation du gisement

existant afin de maintenir l'équilibre naturel des milieux et permettre un renouvellement continu de la biomasse(KARA, 1994).

Tableau 9 : les sites potentiels d'*Artemia* connus en Algérie(Kara et Amarouayache, 2012)

Région	Superficie (ha)	Coordonnées géographiques	Espèce	Références
Sebkhat Oran	43,000	35°43'N 00°08'W	inconnue	1, 13
Chott Ouargla	6,853	31°57'N 05°20'E	inconnue	1
Chott Marouane (El Oued)	36,000	34°03'N 06'20'E	<i>A.Salina</i>	1,2,7,8,9,10
Sebkha Ez-Zemoul (Oum El Bouaghi)	6,100	35°53'N- 06°33'E	<i>A.Salina</i>	1,2,5,8,10,11,12, 13
Arzew Saltern (Bethioua, Oran)	2,900	35°41'N- 00°17'W	<i>A.tunisiana</i>	2,3,8,13
Garaet El Tarf (Oum El Bouaghi)	33,460	35°42'N 07°07'E	<i>A.Salina</i>	5,6,13,13
Chott Melghir (Biskra)	48,000	34°10'N 06°17'E	<i>A.Salina</i>	8,13
Relizane Sebkh (Sidi Bouziane)	1,740	35°50'N 00°39'W	<i>A. salina</i>	2,13
El-Bahira Lake (Sétif)	10	35°50'N 05°15'E	inconnue	1,4,13
Goléa Salt Lake (Ghardaia)	18,947	30°28'N 02°55'E	inconnue	13
DayetMorseli (Oran)	150	35°30'N 00°46'W	inconnue	1

(1)(Sorgelooset *al.*, 1986)(2)(Zemmouri, 1991)(3)(Haddag, 1991)(4)(Derbalet *al.*, 2010)(5)(Kara, 1998)(6)(Gagneur and Kara, 2001)(7)(Kara *etal.*, 2004)(8)(Samraoui *et al.*,2006)(9)(Amarouayache *et al.*, 2009a) (10)(Amarouayache and Kara, 2010) (11)(Amarouayache *et al.*, 2010)(12) (Amarouayache *et al.*, 2012) (13)(Ghomariet *al.*, 2011)

Chapitre V

Intérêt et valorisation

*d'artémia comme aliment en
aquaculture*

V.1 Alimentation des poissons :

Le poisson grandit rapidement et reste en bonne santé s'il dispose d'une nourriture suffisante et de qualité. Les organismes vivants, qui constituent une nourriture naturelle pour le poisson, se développent dans l'eau où vit celui-ci.

Le phytoplancton (plantes microscopiques), le zooplancton (animaux microscopiques), les insectes et certaines plantes constituent tous des exemples d'aliments naturels. Les aliments naturels du poisson peuvent satisfaire totalement ses besoins alimentaires.

Quand les aliments naturels ne sont pas disponibles en quantité suffisante pour procurer au poisson la nourriture nécessaire pour sa croissance, on peut apporter, à intervalles réguliers (par jour, par semaine, etc.) des aliments fabriqués ou cultivés hors de l'étang piscicole. Ces aliments constituent un complément à la nourriture naturelle. Ils ne constituent pas un aliment complet, et ne suffiraient pas à la croissance du poisson en l'absence d'aliments naturels. Les éléments nutritifs essentiels sont fournis par les organismes aquatiques. Si la nourriture naturelle fait défaut, il faut donner au poisson des aliments fabriqués, de valeur nutritive complète, contenant tous les éléments nutritifs et les vitamines essentiels. (Guillaume et al., 1999).

Les poissons ont besoin d'une alimentation saine et équilibrée, mais il est surtout primordial de leur apporter des aliments les plus proches du régime alimentaire de leur milieu d'origine. Ainsi, selon l'espèce, la provenance et l'habitat, ces derniers ont besoin ;

- de molécules organiques qu'ils dégradent afin d'en tirer l'énergie nécessaire à la vie ou les sources de carbone ; servant à la synthèse de leurs tissus,
- de molécules organiques qu'ils ne peuvent synthétiser (acides aminés et acides gras indispensables, vitamines) et jouent un rôle, soit plastique, soit catalytique,
- d'éléments minéraux qui peuvent provenir de molécules organiques particulières aussi bien que de molécules ou d'ions minéraux.

Les poissons présentent certes, de nombreuses particularités nutritionnelles provenant du caractère primitif du groupe (début de vie à l'état de larves), du caractère ectotherme (sang-froid), c'est à dire absence de thermorégulation, des propriétés du milieu aquatique lui-même (flottaison, présence de minéraux dans l'eau), ainsi que de la nature des nutriments présents dans ce milieu (abondance des protéines, rareté des glucides).

Mais ces particularités se répercutent plus souvent sur les besoins quantitatifs que sur la nature des nutriments indispensables au poisson. . (Guillaume et al., 1999).

V.1.1 La nutrition énergétique :

Les dépenses énergétiques du poisson sont considérablement plus faibles que celles des vertébrés supérieurs terrestres : au repos, la flottaison permet une quasi absence de travail musculaire, et surtout l'ectothermie, qui amène à ne dépenser pour les fonctions vitales qu'un minimum d'énergie d'autant plus grand que la température est plus élevée ; en d'autres termes, l'absence de thermorégulation se traduit par une diminution du besoin d'entretien (pour un animal de poids donné) d'autant plus marquée que la température de l'eau est basse.

V.1.2 La nutrition protéinique :

Les protéines sont les premiers macronutriments dont les besoins ont été étudiés chez les poissons. C'est dans ce domaine que les connaissances sont les plus avancées. Les protéines sont également presque toujours les nutriments les plus abondants dans les aliments pour poissons, qui en renferment de 35 à 55%.

Les acides aminés ont des fonctions multiples : ils participent à la synthèse de nombreux composés de l'organisme animal, tels qu'acides nucléiques, hormones, pigments, sels biliaires, agents osmorégulateurs, etc.

Une part sert également de source d'énergie. Elle est d'autant plus grande que l'apport de protéines est pléthorique. Mais le rôle principal des acides aminés est d'assurer l'entretien et la synthèse des protéines corporelles. A cet égard, toutes les protéines alimentaires n'ont pas la même efficacité. Il faut d'abord bien entendu tenir compte de leur digestibilité. Même à digestibilité égale, toutes les protéines n'ont pas la même efficacité. C'est pour cette raison que l'on a introduit la notion de valeur biologique, aptitude d'une protéine alimentaire, une fois digérée, à permettre la synthèse de protéines corporelles plutôt qu'à servir simplement de source d'énergie. . (Guillaume et al., 1999).

V.2 Les besoins nutritionnelles des différentes espèces d'aquaculture :

V.2.1 Besoin en Protéine :

Le besoin en protéines des animaux aquatiques est plus élevé, Cependant il varie aussi selon leur stade de développement et la source protéique utilisée. Si la teneur en protéines

dans l'aliment est trop basse, le poids de l'animal diminuera car il utilisera ses propres protéines pour maintenir ses activités essentielles. A l'inverse, si la teneur en protéines dans l'aliment est trop élevée, seule une partie des protéines sera utilisée pour synthétiser les nouvelles protéines dans le corps, le reste sera transformé en énergie ou sera excrété. Comme les vertébrés les poissons sont incapables de synthétiser certains acides aminés qui doivent être obligatoirement apportés par l'aliment. (Guillaume et al., 1999).

Le poisson est réputé pour être un aliment santé. Ses apports nutritionnels pour notre alimentation sont reconnus. Lipides, acides gras, protéines, acides aminés, vitamines et minéraux.

Les poissons apportent une bonne quantité de protéine sans apporter trop de matière grasse. Les matières grasses apportées sont de bonnes qualités et nécessaire au corps humain.



Phytoplancton

Zooplancton

Figure 38 Les aliments naturels du poisson peuvent satisfaire totalement ses besoins alimentaires.

V.2.2 Besoin en lipides :

Les lipides constituent une source importante d'énergie nutritionnelle, et sont présents sous forme de deux grandes classes, les lipides neutres et les phospholipides. Le besoin en lipides pour soutenir le développement des poissons est de 12% au maximum (Akiyama et al., 1992). Une teneur en lipides trop élevée dans l'aliment peut diminuer la croissance des poissons en raison du déséquilibre nutritionnel. Parmi les sources lipidiques appropriées aux poissons, l'huile et farine de poisson sont les plus utilisées pour fabriquer les aliments.

Parmi les acides gras qui s'avèrent nécessaires au bon développement des poissons : l'EPA et le DHA car ils interviennent comme composants des membranes cellulaires, l'acide linoléique (C18:2 ω 6) et l'acide linoléique (C18:3 ω 3) (Glencross et al., 2002).

Une étude faite par (Navarro et al;1992a) a montré que les cystes de différentes populations d'*Artemia* de l'Espagne sont composés de onze classes de lipides, dont six appartiennent aux phospholipides (sphingomyelines, phosphatidylcholine, phosphatidylserine, phosphatidylinositol, acide phosphatidique /cardiolipide et phosphatidylethanolamine) et cinq aux lipides neutres (les pigments, le cholestérol, les acides gras libres, les triacylglycerides et les cholestérols-esters).

Les acides gras les plus répandus dans les cystes, les nauplii et les adultes sont : l'acide palmitique (16 :0) ; l'acide palmitoleique (16 :1) ; l'acide oléique (18 :1) ; l'acide linoléique (18 :2) ; l'acide linoléique (18 :3) et l'acide eicosapentaénoïque (20 :5). (Navarro et al ; 1992b).

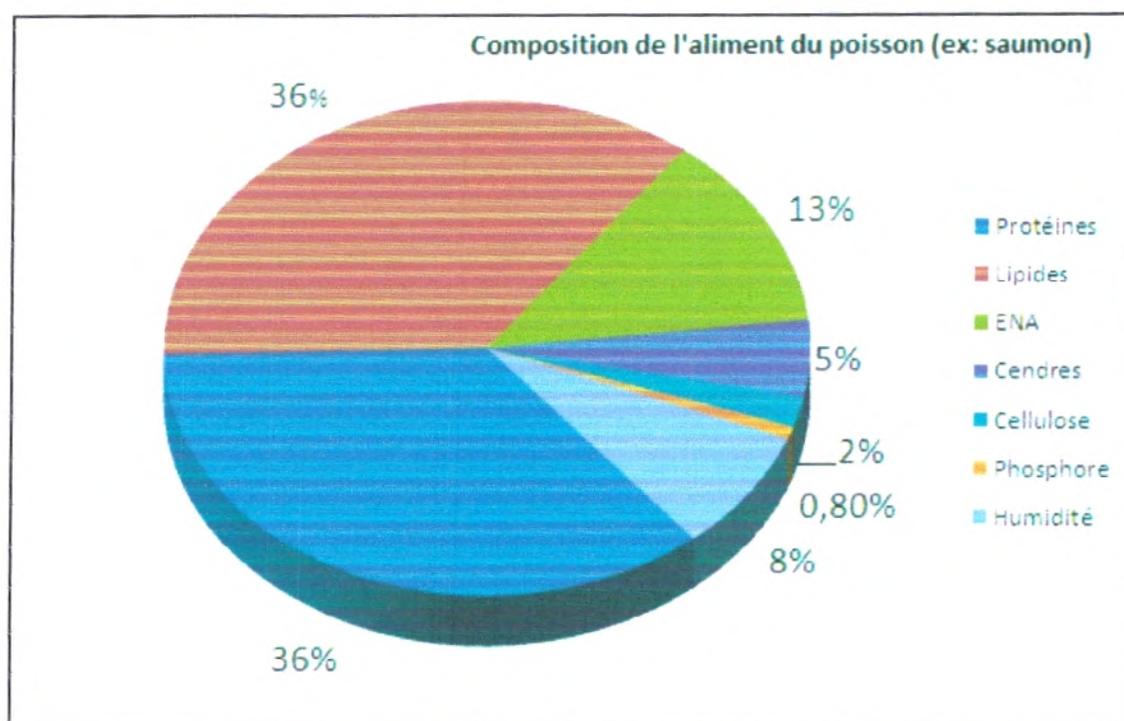


Figure 29: composition de l'aliment du poisson (ex : saumon) FAO 2012.

V.3 Valorisation des cystes d'artémia de relizane comme aliment en aquaculture :

Depuis la découverte de la haute valeur nutritionnelle de l'*Artemia* notamment les protéines, et de la variation de son contenu biochimique acides aminés, acides gras, vitamine C, pigments (canthaxanthine), minéraux et oligo-éléments (**Van Stappen, 1996**). Un très grand intérêt a été porté sur la recherche et l'exploitation de cette dernière.

C'est ainsi que de nombreuses études ont été effectuées sur la nutrition larvaire (**Barnabé ; Divanach et Kentouri ; Gatesoupe et al. 1984**), (**Girin et Person-Le- Ruet 1977**) (**Sorgeloos, 1981a, 1981b**). Les résultats obtenus montrent que les nauplius d'*Artemia* constituent un maillon essentiel dans la nutrition en élevage des larves de poissons.

Les résultats d'une expérimentation effectuée sur le poisson-chat montrent que les larves qui ont subi un régime alimentaire basé exclusivement sur l'*Artemia* sont plus performantes que ceux qui ont subi un régime alimentaire complexes (*Artemia* + d'autres ingrédients alimentaires). (**Lavens et Sorgeloos, 1996**).

L'*Artemia* dans tous ses stades de vie a le grand avantage de satisfaire les exigences nutritionnelles d'une grande variété d'organismes (**Espinosa-Fuentes et al., 1997**). Cependant l'*Artémia* adulte possède une valeur nutritionnelle supérieure à celle des nauplius (**Leger et al., 1986**).

C'est ainsi que la biomasse d'*Artemia* peut être utilisée comme ingrédient alimentaire dans l'alimentation artificielle des larves de poissons et crustacés. Par ailleurs, La technique de bio-encapsulation offre des possibilités intéressantes en utilisant l'*Artemia* comme vecteur pour l'administration aux prédateurs des éléments nutritifs, des pigments, des hormones et bien d'autres agents thérapeutiques. (**Léger et al. 1986, Majacket al. 2000, Malpica Sanchez et al., 2004**).

L'efficacité nutritionnelle d'un aliment est déterminée essentiellement par sa digestibilité et par conséquent, par sa taille et sa forme. (**Van Stappen, 1996**).

D'après les paramètres étudiés les cystes d'*Artemia* produits au niveau de la saline de Sidi Bouziane (W.Relizane) peuvent représenter une excellente source nutritionnelle pour le stade larvaire des poissons et des crustacés. En effet, l'étude de la composition biochimique des cystes de la saline de Sidi Bouziane (Relizane) montre que notre produit est comparable à celui actuellement commercialisé dans le monde.

Etude Expérimentale

Chapitre VI

Matériel et Méthodes

ETUDE EXPERIMENTALE

Pour cette étude, deux sites caractérisés par une eau hyper salée ont été échantillonnés. Des cystes et des adultes (lorsqu'ils sont présents) ont été collectés sur les bords de chaque site.

VI.1. Choix et intérêt de l'espèce :

L'aquaculture est devenue l'un des secteurs majeurs de la production alimentaire pour répondre aux besoins des individus et son développement permet, aujourd'hui, d'assurer la moitié de la production du poisson consommé dans le monde.

L'utilisation d'*Artemia* représente un maillon trophique indispensable pour nourrir plus de 80% des alevins des poissons et des larves de crustacés.

Cette importance est due à la disponibilité, à la simplicité et à la valeur nutritionnelle par rapport à d'autres aliments.

VI.2 La collecte des cystes :

Pour obtenir des résultats précis, l'intégrité de la collecte, du stockage et du transport des échantillons constitue un élément fondamental et essentiel, afin d'assurer une chaîne de transformation adéquate.

Les cystes d'*Artemia* ont été récoltés sur les berges du lac salés de Relizane (*Oued el Djemaa*) et de Bethioua.

Les cystes ont été ramassés à différents endroits à l'aide d'une pelle. En totalité nous avons prélevé deux échantillons de cystes a deux périodes différentes, les échantillons ont été récupérés directement sur le rivage du bassin mère à l'aide d'une pelle, les cystes sont ensuite transférés dans des tamis d'un maillage allant de 125 à 300 μm (Van Stappen et al., 2001).

Après la récolte, les cystes sont immédiatement enveloppés dans des sacs noirs en plastique après avoir ajouté du sel provenant de la saline afin de conserver les cystes à l'abri de l'obscurité et de l'humidité.

VI.3 Estimation de la biomasse naturelle des cystes :

Les cystes se déposent sur les berges sous forme de bandes et se déshydratent en formant une croûte de couleur brun foncé.

L'étude de leur biomasse consiste d'abord à mesurer la superficie de la bande de cystes échantillonnée.

Plusieurs échantillons de cystes sont prélevés dans un quadra de 40cmx40cm. Etant donné que les cystes pondus flottent et sont entraînés par les vents dominants, ils sont déposés sur la partie du lac qui en est exposée et dont la longueur est estimée géométriquement à 20 Km. La largeur de la bande étant estimée à 1 m, la superficie totale du dépôt est de 2 ha. La biomasse trouvée dans la partie étudiée est extrapolée sur les 2 ha de dépôt et le résultat final représente la biomasse totale de cystes produite par le lac salé de Sidi Bouziane.

VI.4 Purification des cystes :

La purification des cystes a été réalisée selon la méthode décrite par (Sorgeloos et al., 1986).

A l'aide d'une série de tamis allant de 125 μm à 500 μm , les cystes sont tamisés tout en ajoutant de la saumure. Cette étape permet de se débarrasser de la grande partie des impuretés. Un mélange composé de cystes pleins et de cystes vides est ainsi récupéré.

Ensuite, le mélange est transféré dans un récipient cylindro conique contenant de l'eau douce et qui subit une aération par le fond de l'ampoule pendant 15 minutes. L'aération est stoppée, les cystes vides flottent à la surface, tandis que les cystes pleins sédimentent au fond et seront siphonnés et récupérés au-dessus d'un tamis de 125 μm . Enfin, les cystes sont séchés à 30 °C.



Figure 30: Collecte des cystes sur les berges du lac salé (Belayachi et Belhadj-Amara)

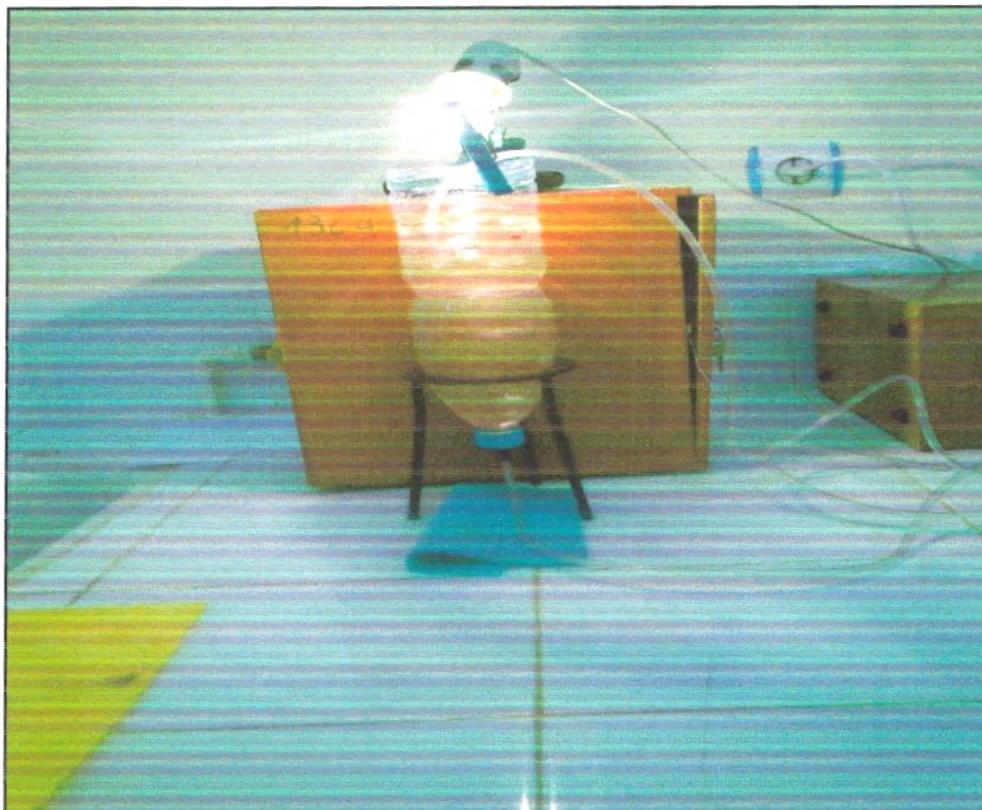


Figure 31 : Hydratation des cystes d'Artemia (Belayachi et Belhadj-Amara)

VI.5 Incubation des cystes :

La méthode employée est celle décrite par (Sorgeloos et al.,1986). Les cystes d'*Artemia* doivent être incubés dans un récipient cylindro-conique en verre ou plastique contenant de l'eau salée (35 à 40 g de NaCl par litre), la densité des cystes ne doit pas dépasser les 2g par litre, à une température de 25-31 degrés Celsius, un pH légèrement basique de 8.2 et avec un éclairage permanent (une ampoule de 100 Watts est suffisante pour trois récipients d'incubation). Pour maintenir les cystes en suspension, une aération par le fond du récipient est appliquée.

Le cyste légèrement ovoïde se gonfle pour devenir sphérique en 1 h environ. Entre 19 à 66 h, la coquille se fracture puis éclate et apparaît l'embryon entouré par une membrane. L'embryon migre complètement hors de la coquille et reste accroché sous la coquille vide. A travers la membrane commence le développement de pré-nauplius en nauplius en 6 heures. Au bout de 25 à 72 heures, les nauplius sortent de leurs enveloppes et nagent avec vélocité. Tous les cystes n'éclosent pas en même temps.

VI.6 Détermination du taux d'éclosion :

C'est le paramètre qui exprime le nombre de nauplius obtenu à partir de 100 cystes, sans prendre en considération le degré d'impureté de l'échantillon, autrement dit ; les cystes peuvent être de bonne qualité d'éclosion mais inutilisable vu la multitude de débris auxquels ils pourraient être mélangés. Le taux d'éclosion est très variable. Il dépend aussi de la qualité des cystes. Des cystes de bonne qualité doivent dépasser un taux d'éclosion de 80%.

La procédure appliquée est celle de (Bruggeman et al.,1980).

- **Méthode :** Les étapes suivantes sont respectées :
 - ✓ Incubation des cystes pendant deux heures.
 - ✓ Prélever dix échantillons de 250 µl chacun en utilisant une micropipette.
 - ✓ Compter le nombre exact de cystes dans chaque boîte à l'aide d'une loupe.
 - ✓ Calculer la moyenne des cystes (C).
 - ✓ Compléter les boîtes de pétri avec de l'eau de mer naturelle ou artificielle.
 - ✓ Incuber les cystes pendant 48 heures.
 - ✓ Fixer les nauplius en ajoutant quelques gouttes d'une solution de chloroforme.
 - ✓ Compter les nauplius dans chaque boîte.
 - ✓ Calculer la moyenne des nauplius (N).

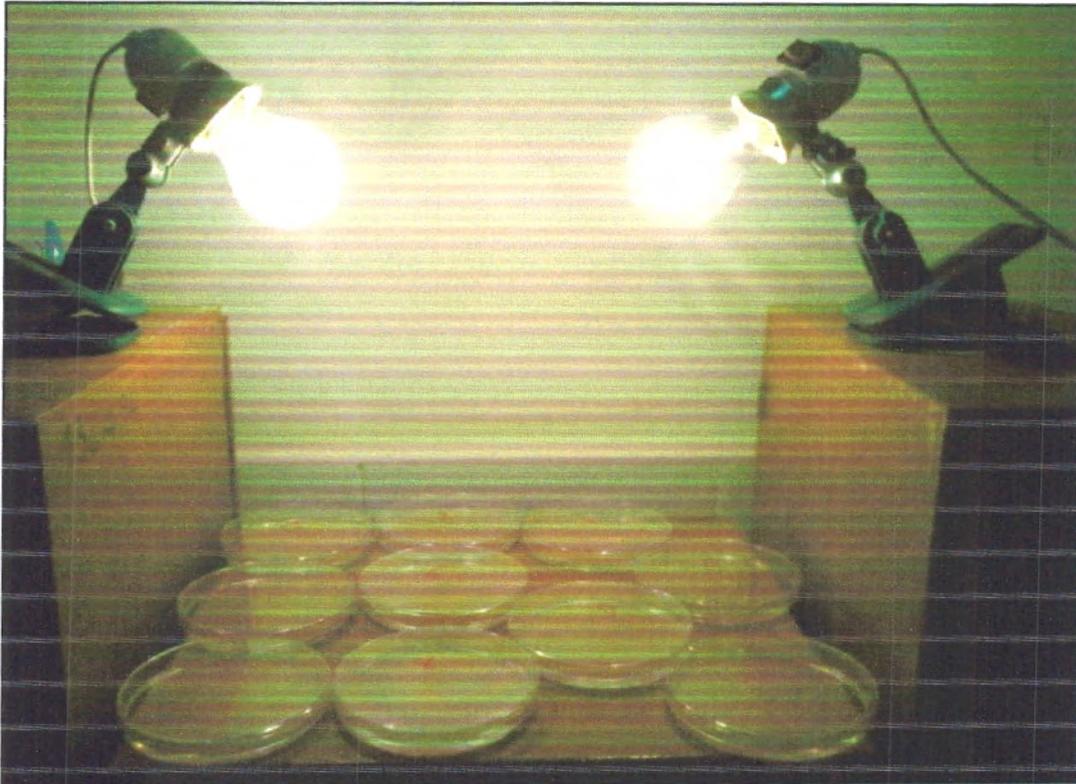


Figure 32 : Incubation des cystes d'*Artemia* (Belayachi et Belhadj-Amara)

Le taux d'éclosion (H%) est déterminé en appliquant la formule suivante :

$$H\% = \frac{N \cdot 100}{C}$$

VL.7 Décapsulations des cystes (Bruggeman et al.,1980) :

Le principe de la décapsulation est la destruction du chorion par l'action oxydante des ions de l'hypochlorite (ClO^-) contenu dans l'eau de javel, en milieu basique. Pour la décapsulation de 100 g de cystes, on procède comme suit :

Les cystes sont hydratés pendant 1 à 2 heures ; ensuite transférés dans une solution de décapsulation, qui doit contenir :

- ✓ L'eau de javel (13°).
- ✓ Une solution de NaOH afin de créer un PH basique dans la solution.
- ✓ Eau salée 35g/l.

Avant la mise en incubation des cystes, ceux-ci sont récupérés au-dessus d'un tamis de $125 \mu\text{m}$, ils sont traités ensuite avec du HCL pour neutraliser les traces de la solution basique, et rincés soigneusement avec de l'eau douce.

▪ **Avantages de la décapsulation :**

Ce traitement a l'avantage de désinfecter les cystes et de rendre leurs coquilles digestes, en dissolvant la première couche de chitine qui protège le cyste. Donnés directement, les cystes décapsulés sont une nourriture d'excellente qualité. La décapsulation permet aussi de diminuer de quelques heures la durée d'incubation.

VI.8 Dosage de la teneur en Eau :

La teneur en eau des échantillons est déterminée par dessiccation à l'étuve à 105°C selon le mode opératoire suivant:

Une coupelle métallique est séchée environ 30 minutes à 105°C et refroidie dans un dessiccateur. Elle est ensuite tarée. 3g d'échantillon sec (ou 10 g d'échantillon humide) sont pesés dans cette coupelle et placés dans l'étuve à 105°C pendant 6 heures minimum. La coupelle est ensuite déposée dans un dessiccateur jusqu'à son retour à température ambiante puis pesée sur une balance, L'échantillon est séché jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

La teneur en eau de l'échantillon est calculée par la formule suivante :

$$X = \frac{(G1 - G2) \cdot 100}{G1 - G}$$

X : Teneur en eau (%).

G : La masse de la coupelle (g).

G1: La masse de la coupelle et de l'échantillon avant séchage (g).

G2: La masse de la coupelle et de l'échantillon après séchage (g).

VI.9 Dosages de la teneur en cendres :

La teneur en cendres a été déterminée en incinérant des échantillons dans un four à moufle à 600°C.

Un creuset en porcelaine est tout d'abord séché dans une étuve à 105° C pendant environ 30 minutes puis refroidi dans un dessiccateur. Ce creuset est ensuite taré soigneusement. 3g d'échantillon sec ou 10 g d'échantillon humide sont pesés précisément dans ce creuset. Le tout est alors introduit dans un four à moufle à 600°C et incinéré jusqu'à l'obtention de cendres blanches ou grises claires (en moyenne 4 à 5h). Le creuset contenant les cendres est alors placé dans un dessiccateur pour retour à température ambiante puis pesé.

La teneur en cendre de l'échantillon est calculée par la formule suivante:

$$X = \frac{(G2 - G) \cdot 100}{G1 - G}$$

X: Teneur en cendres (%).

G: Masse du creuset à vide (g).

G1: Masse du creuset et de l'échantillon (g)

G2: Masse du creuset et de la cendre blanche (g)

VI.10. Dosage des protéines :

Le dosage des protéines est réalisé par la méthode de **Kjeldahl (Crooke et Simpson, 1971)**.

▪ Méthode :

Environ 1 g de matière sèche (MS), ou 4 g de matière fraîche (MF) sont introduits dans des tubes à minéralisation. Une pastille de minéralisation et 20 ml d'acide sulfurique concentré sont ajoutés dans les tubes. Puis les tubes coiffés de leurs capteurs de fumée sont mis à chauffer progressivement jusqu'à 450°C.

Lorsque la solution est devenue vert pâle, la minéralisation est arrêtée. Après refroidissement des tubes, les capteurs de fumée sont rincés avec de l'eau récupérée dans les tubes. Le contenu des tubes est mis en suspension avec 20 ml d'eau, puis installé dans l'unité de distillation.

Dans un erlenmeyer de 250 ml, 20 ml de solution d'acide borique à 4% contenant un indicateur coloré (vert de bromocrésol et rouge de méthyle) sont versés. L'erlenmeyer est ensuite installé dans l'unité de distillation en prenant bien soin à ce que la tige plonge dans la solution. L'échantillon minéralisé est neutralisé à l'aide de soude 10 M de façon à obtenir un volume total de 80 ml. La distillation est réalisée et stoppée lorsque le volume de distillat atteint 150 ml. La titration de l'azote par l'acide chlorhydrique 1N est alors réalisée. Le volume ajouté est noté V (en ml).

La teneur en azote total est donnée par la formule :

$$N (\%) = (1,4 * V) / M$$

V : Le volume de HCl 1N. **M** : La masse d'échantillon introduite dans le tube.

La teneur en protéines brutes est déterminée en multipliant la teneur en azote total par le facteur 6,25, facteur utilisé pour la conversion de l'azote en protéine.

VI.11 Dosage des lipides :

▪ Méthode Soxhlet

La méthode Soxhlet est la méthode de référence utilisée pour la détermination de la matière grasse dans les aliments solides déshydratés. C'est une méthode gravimétrique, puisqu'on pèse l'échantillon au début et la matière grasse à la fin de l'extraction.

▪ Principe de la méthode

L'aliment solide est pesé et placé dans une capsule de cellulose. L'échantillon est extrait en continu par de l'éther éthylique à ébullition (P.E. 35°C) qui dissout graduellement la matière grasse. Le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversements successifs causés par un effet de siphon dans le coude latéral. Comme seul le solvant peut s'évaporer de nouveau, la matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète. Une fois l'extraction terminée, l'éther est évaporé, généralement sur un évaporateur rotatif, et la matière grasse est pesée.

$$\% \text{ lipides} = \frac{M(\text{lipides})}{M(\text{échantillon})} \times 100$$

Chapitre VII

Résultats et discussions

VII.1 Mesure biométrique :

Afin d'étudier la population d'*Artemia* provenant des deux salines (Relizane et Bethioua) nous avons effectué des mesures biométriques sur les cystes hydratés pendant 2 heures ainsi que les cystes décapsulés selon la méthode de **Vanhaecke et al 1980**.

Les mesures ont été portées également sur l'utérus de la femelle (n =50)

Les cystes collectés sur les berges de la sebkha ont été lavés et séchés. Le diamètre des cystes hydratés non décapsulés (n =30) et des cystes hydratés (n = 30) a été mesuré à l'aide d'une lame micrométrique sous un microscope (**Vanhaeke et Sorgeloos., 1980**). La différence entre les deux diamètres moyens divisée par deux, permet de déterminer l'épaisseur du chorion.

Tableau 10: Mesures biométriques des cystes de la population d'*Artemia* de Sidi Bouziane

	Moyenne	Ecart-type	Coefficient de variation
Diamètre	n= 30		
Cystes hydratés	247,7	25,8	0,1
Cystes décapsulés	160,3	26,2	0,2
Epaisseur du chorion	43	-	-

D'après les données du tableau, il ressort que le diamètre des cystes d'*Artemia* de Sidi Bouziane varie entre 221,9 et 273,5 dépassant ainsi celui trouvés par (**Vanhaecke et al.,1987**) sur *A. franciscana* du GSL (244,2 et 252,5 μm) ainsi que celui des populations tunisiennes (**Ben Naceuret a.l, 2012**). Nos résultats sont intermédiaires entre 243,1 et 285,4 caractérisant les cystes provenant de différentes régions iraniennes (**Agh,2007**) Tout en restant inférieurs.

La décapsulation des cystes nous a permis de calculer par la suite l'épaisseur moyenne du chorion. Celle-ci est plus grande que celle des cystes récoltés dans les salines de Sahline et SebkhathMoknine en Tunisie (8,64 et 9,87 μm respectivement)(**Mahdi et al, 2010**).

En effet, des travaux précédents sur la population d'*Artemia* de Sidi bouziane(**Dahloum, 2007; Ghomariet al, 2009 ; Benbigua, 2011**) ont rapporté également des valeurs plus faibles.

Par contre, les populations d'*Artemia* de différentes régions d'Iran semblent avoir des cystes plus grands variant entre 280 et 285 μ m (**Paykaran et Mana ; 2010**).

Selon (**Camargo et al.,2003**) les variations constatées sur le diamètre des cystes ainsi que l'épaisseur du chorion sont dues probablement à l'effet de certains facteurs physico-chimiques (salinité par exemple).

Tableau 11: Taille moyenne et rendement en cystes par femelle d'*Artemia* des salines deBethioua

Paramètre	Moyenne	Ecart-type	Coefficient de variation	Test-t
Taille (mm)				0,02NS
Prélèvement du 05-05-2013 n=20	11,1a	0,71	0,064	
Prélèvement du 15-05-2013 n=20	11,65a	0,98	0,084	
Nombre de cystes/femelle				6,44***
Prélèvement du 05-05-2013	44,35b	15,65	0,16	
Prélèvement du 15-05-2013	95,9a	13,33	0,3	

Les lettres différentes indiquent des différences significatives *** $p < 0,001$ au test de Student.

Les résultats du tableau ci-dessus montrent que la taille moyenne des femelles d'*Artemia* provenant des salines de Bethioua varie entre 12,32 et 9,72 mm. Aucune différence ($p > 0,05$) de taille n'a été toutefois constatée entre les femelles récoltées le 05 et le 15Mai. Des tailles plus élevées variant entre 11,6 et 16,26 ont été observées par (**Agh, 2007**). Les valeurs rapportées par (**Teresita et al.,2002**) sur l'*Artemia* élevée pendant 15 jours en milieu contrôlé semblent par contre inférieures.

En effet, le nombre de cystes produits par femelle varie entre 28,7 et 109,3, et ce d'une manière très hautement significative ($p < 0,001$) d'une période à l'autre. Selon (**agh, 2007**) certaines populations d'*Artemia* d'Iran produisent entre 58,2 et 285,6 cystes. Il a été constaté par ailleurs une relation positive ($r=0,4$; $p < 0,01$) entre la taille des femelles et le nombre de cystes portées dans leurs utérus.

VII.2.Biomasse naturelle des cystes de la saline :

L'estimation de la productivité des deux biotopes en matière de cystes, nous a permis de constater un rendement très faible au niveau des salines de Bethioua. Des quantités de cystes

ne dépassant généralement pas 3 grammes ont été obtenues en purifiant une dizaine de kilogrammes de sable.

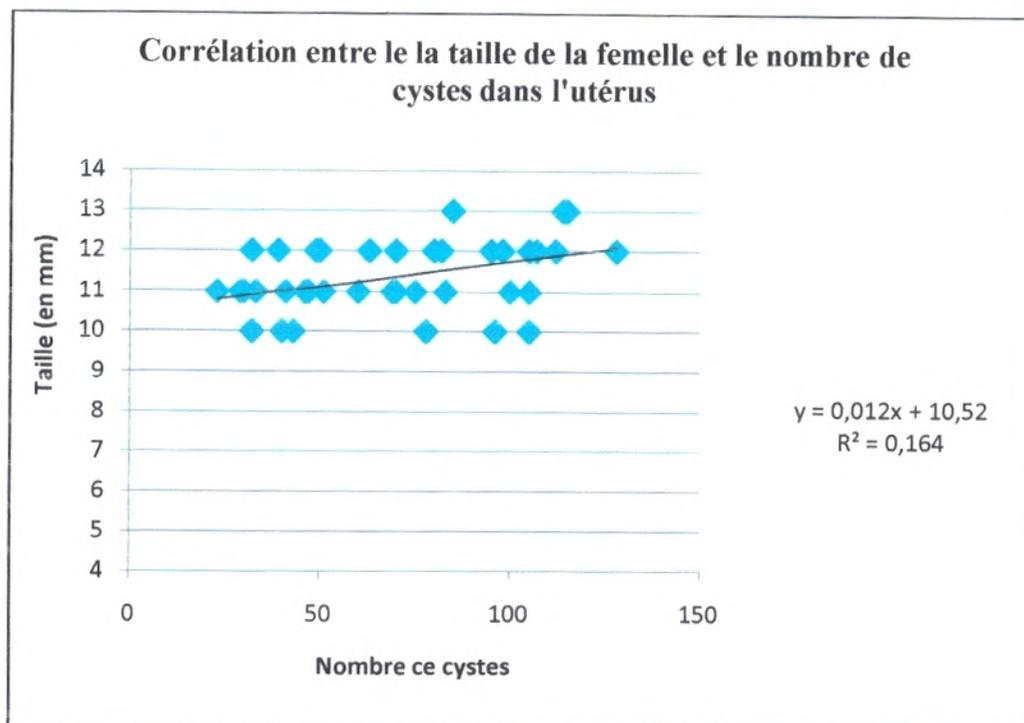


Figure 33: Corrélation entre la taille de la femelle et le nombre de cystes dans l'utérus

Il a été constaté par contre que les salines de Relizane est meilleur en matière de rendement. Des quantités significativement plus importantes allant jusqu'à 450g ont été obtenues suite à la purification de 25 Kg de sable (superficie du dépôt 200 m²) soit un rendement de 200 Kg/tonne de sable.

En d'autre terme, la biomasse dans la bande totale est sous-estimée à 8 tonnes. Selon (Amarouayech et Kara, 2010) la productivité di chott merouane est estimée à 7,6 tonnes. Aussi, il importe de signaler que la qualité des cystes provenant de sebkhats Sidi Bouziane est de loin meilleure puisqu'il s'agit de cystes pleins et intacts. Les échantillons de cystes de sebkhats Bethioua analysés contiennent trop d'impuretés avec des cystes vides.

Toutefois, lors de nos campagnes de récolte, nous avons enregistré de grandes pertes de cystes occasionnées par les vents emportant les cystes qui seront mélangés avec le sable, les mêmes constatations ont été rapportées par (Aloui et Amorri, 2009) au niveau de la saline de Sfax (Tunisie).

VII.3 Composition biochimique :

Tableau 12 : Composition biochimique (g/100g MH) des cystes d'*Artémia* des salines de Sidi Bouziane.

	Eau	Protéines	Lipides	Cendre	Carbohydrates*
Echantillon 1	11,37	32,40	3,10	7,10	46,03
Echantillon 2	10,40	32,20	3,60	6,50	47,30
Moyenne	10,88	32,30	3,35	6,80	46,66
Ecart-type	0,68	0,14	0,35	0,42	0,89

Les données de la composition biochimique des cystes d'*Artemia* sont présentées au tableau (11). Les valeurs trouvées sur les protéines semblent intéressantes bien qu'elles soient inférieures à celles d'*A. franciscana* (Sandoval, 1993). Des teneurs également plus élevées (47,6%) ont été rapportées par (Dahloum, 2007) en ce qui concerne la population de Béthioua.

Les lipides sont considérés parmi les principaux constituants biochimiques de la matière vivante. Les valeurs trouvées sont sensiblement inférieures à celles trouvées par (Ghomariet al., 2009) lors de leurs travaux précédents en rapportant 4,6% et 5,2% de matière grasse dans les populations de Relizane et de Bethioua respectivement. Cependant, elles restent de loin inférieures à celles trouvées sur les cystes de Thamaraiikulam (Inde) qui contiennent environ 15,6% (Cristopheret al., 2004).

Les expériences faites avec des *Artemia* de différents sites géographiques ont révélé des différences de la valeur nutritionnelle entre les différentes populations (Navaroet al., 1992). Aussi, il importe de signaler la teneur surprenante en glucide dépassant significativement des données fournies par la littérature scientifique. Etant donné que cette valeur a été obtenu par calcul, il convient de confirmer les résultats trouvés sur les protéines et les lipides par d'autres techniques de dosage en l'occurrence la technique de lowry et celle de folch respectivement.

Conclusion

Les cystes d'*Artemia* produits au niveau de la saline de Sidi Bouziane (W.Relizane) peuvent représenter une excellente source nutritionnelle pour le stade larvaire des poissons et des crustacés. En effet, l'étude de la composition biochimique des cystes de la saline de Sidi Bouziane (Relizane) montre que notre produit est comparable à celui actuellement commercialisé dans le monde.

A l'état actuel aucun site en Algérie ne fait l'objet d'une exploitation selon (**Kara, 2004**), il est nécessaire de faire une estimation de la biomasse avant toute exploitation du gisement existant afin de maintenir l'équilibre naturel des milieux et admettre un renouvellement de la biomasse.

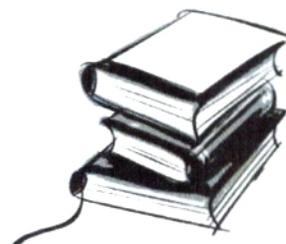
La tendance actuelle à accroître la production aquacole peut être maintenue soit par l'intensification soit par l'extension des surfaces réservées à la production aquacole. Dans les terres intérieures, l'expansion des systèmes de culture du sol offre le plus de possibilités dans la mesure où, sur les terres agricoles ordinaires des petites exploitations et des exploitations commerciales, l'aquaculture peut être intégrée à l'agriculture. L'intégration de l'aquaculture et des systèmes d'irrigation offre des possibilités considérables, d'autant plus que l'aquaculture peut également utiliser des terres qui ne sont pas aptes à l'agriculture, les marécages et les terres salines, par exemple.

L'aquaculture est devenue l'un des secteurs majeurs de la production alimentaire pour répondre aux besoins des individus et son développement permet, aujourd'hui, d'assurer la moitié de la production du poisson consommé dans le monde. Secteur en devenir, l'aquaculture doit cependant s'inscrire dans un processus durable et responsable.

Les microalgues utilisées depuis longtemps comme source alimentaire ne sont cultivées et exploitées industriellement que depuis quelques dizaines d'années. Leur usage principal est en effet de nourrir les larves d'aquaculture. Elles sont aussi cultivées pour produire du bêta-carotène ainsi que différentes autres molécules d'intérêt pour l'alimentation humaine, la cosmétique, la pharmacie.

Les microalgues présentent l'avantage d'avoir un cycle de division très court, de l'ordre de quelques heures, permettant la production rapide de biomasse, leur développement

Références Bibliographiques



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abatzopolulos, T., Beardmore, J., Clegg, J. and Sorgeloos, P. (2010)

Artemia. Basic and applied biology. Kluwer Academic Publishers.

Agh, Naser. (2007)

Characterization of *Artemia* populations from Iran. PhD thesis, Ghent University, Belgium.

Aghakhanian, F., Zarei, A., Lotfollahian, H et Eila, N. (2009)

Apparent and true amino acid digestibility of *Artemia* meal in broiler chicks. South African Journal of Animal Science 2009, 39 (2) © South African Society for Animal Science.

Ahmadi, M.R., Leibovitz, H. & Simpson, K.L. (1996)

Nutrition composition of brine shrimp (*Artemia urmiana*). Comp. Biochem. Physiol. 95, 225-228.

Akiyama, D.M., Dominy, W. G. and, Lawrence, A. L. (1992)

Penaeid shrimp nutrition, In Marine Shrimp Culture: Principles and Practices, Eds. Arlo, W. Fast and L. James Lester, 1992 Elsevier Science Publishers, B.V.

Aloui Néji. (1994)

Mediterranean *Artemia* training course and site survey, Tunisia and Lybia, May Fisheries and Aquaculture Department. Communication; L'*Artemia* en Tunisie. FAO.

ALOUÏ, N., AMORRI, M. (2009)

Exploitation et Optimisation de la production des cystes du crustacé *Artemia tunisiana* (Bowen et Sterling, 1978) DANS LA SALINE DE SFAX (2009) Bull. inst. natn. scien. tech. mer de Salammbô. vol 36.

Amarouayache, M., Derbal, F. and Kara, M.H. (2009a)

Biological data on *Artemia salina* (Branchiopoda, Anostraca) from Chott Marouane (northeastAlgeria). *Crustaceana*, 82: 997-1005.

Amarouayache, M. and Kara, M.H. (2010)

Qualité etbiomasse exploitable d'*Artemia salina* du Chott Marouane. *Synthèse*, 21: 39-48.

Amarouayache, M. and Kara, M.H. (2010)

Qualité etbiomasse exploitable d'*Artemia salina* du Chott Marouane. *Synthèse*, 21: 39-48.

Amarouayache, M., Derbal, F. and Kara, M.H. (2012)

Noteon the carcinologicalfaunaassociatedwith*Artemia salina* (Branchiopoda: Anostraca) from Sebkhaz Zemoul (northeastAlgeria). *Crustaceana*, 85: 129-137.

Aragao, C., Conciao, L.E.C., Danis, M.T. & Fyhn, H.J. (2004).

Amino acid pools of rotifers and *Artemia* under different conditions: nutritional implication for fish larvae. *Aquaculture* 234, 429-445.

Artom, C. (1931)

L'origine e l'evoluzionedellapartenogenesiattraverso I differentibiotope di una speciecollective (*Artemia salina* L) con specialerefiremento al biotipo partenogenetico di sete..*Mem. Accad. Ital. Ct.Sci.fsi. mat. Nat.*, 2, 1-57.

Asem, A., Rastegar-Pouyani, N and Rios-Escalante, P. (2010)

The genus *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Branchiopoda). I. True and false taxonomical descriptions. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* v.38 n.3.

Ben Naceur, H., Ben RejebJenhani, A. and RomdhaneM.S. (2012)

Quality characterization of cysts of the brine shrimp *Artemia* population from Tunisia focusing on its potential use in aquaculture. *J. Biol. Res. Thessaloniki.*, 17: 16-25.

Bernabé, G. (1984)

Utilisation de plancton collecté pour l'élevage de masse de poissons marins ; In : G. Barnabé et R. Billard, l'aquaculture du bar et des sparidés, pp. 185-207. Inra publ., Paris, 542pp.

Bernard, O. (2011)

Olivier BERNARD [INRIA] LIVRE TURQUOISE, Algues, filières du futur Édition *Adebiotech- Romainville* 182p. 2011.

Billard Roland. (2005)

Introduction à l'aquaculture ; Editions Tec&Doc. Collection Aquaculture-Pisciculture. Dirigée par Jacques Arrignon. Lavoisier.

Borowitzka Michael A. (1990)

Laboratoire de biotechnologie des algues, School of Biological and Environmental Sciences, *Université Murdoch Murdoch*, WA 6150. Australie.

Boyen, C. (2011)

Catherine BOYEN [CNRS - SB Roscoff] LIVRE TURQUOISE, Algues, filières du futur Édition *Adebiotech - Romainville* 182p. 2011.

Braekkan, O.R. and G. Boge.(1964)

Growth inhibitory effect of extracts from milt (testis) of different fishes and pure protamines on microorganisms. *Fiskeridir. Skr. IV*, 1-22.

Braekkan, O.R. (1976)

Den emæringstriessigebetydningavfisk. *Fiskets Gang*, 35, 1976.

Broadhurst, C.L., Cunnane, S.C., Crawford, M.A. (1998)

Rift Valley lake fish and shellfish provided brain-specific nutrition for early Homo. *Br. J. Nutr.*, 79, 3-21.

Brock, T. (1975)

“Salinity and the Ecology of *Dunaliella* from Great Salt Lake” *Journal of General Microbiology*.

Bruggeman, E., Sorgeloos, P., Vanhaecke, P. (1980)

Improvements in the decapsulation technique of *Artemiacysts*. In: *The Brine shrimp Artemia*, Vol.3, Ecology, Culturing, Use in Aquaculture (Ed, by G. Perssone., P. Sorgeloos., O, Roelset E, Jzspers), pp. 261-269, Universa Press, Wetteren.

Bucher, H. C., Hengstler, P., Schindler, C., Meier, G. (2002)

N-3 polyunsaturated fatty acids in coronary heart disease: ameta-analysis of randomized controlled trials. *Am. J.Medicine*, 112, 298-304.

Butcher, RW. (1959)

Un compte d'introduction de la plus petite des algues du littoral de la Colombie-I Eaux partie. *Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, de la pêche enquêtes, série IV. Stationery Office de Sa Majesté.*

Cadore J-Paul, (2011)

LIVRE TURQUOISE, Algues, filières du futur Édition *Adebiotech – Romainville* 182p. 2011.

Cadore, J.-P. Bernard, O. (2008)

La production de biocarburant lipidique avec des micro algues. *Journal de la Société de Biologie*, 202 (3), 201-211

Camargo, W.N., Ely, J.S., Sorgeloos, P. (2003)

Morphometric characterization of thalassohaline *Artemiafransiscana* populations from the Colombian Caribbean. *Journal of biogeography*, 30,697-702.

Chabert-Louis Dubois-Jean. (2011)

Biocarburant : l'algue miracle sera cultivée à Gruissan. *LA DEPECHE*. P02.

Chair, M., Romdhane, M., Dehasque, M., Nelis H., DE Leenheer, A., Sorgeloos, P. (1991)

Live food mediated drug delivery as a tool for disease treatment in larviculture. II. A case study with European sea bass. European Aquaculture Society, Special Publication No.15, Ghent, Belgium. P:412-413.

Clegg, J.S, Hoa, N.V., Sorgeloos, P. (2001)

Thermal tolerance and heat shock proteins in encysted embryos of *Artemia* from widely different thermal habitats. *Hydrobiologia*, 466,221-229.

Crawford, M.A., Bloom, M., Broadhurst, C.L., Schmidt, W.F., Cunnane, S.C., Galli, C., Gehbremeskel, K., Linseisen, F., Lloyd-Smith, J., Parkington, J. (1999)

Evidence for the unique function of docosahexaenoic acid during the evolution of the modern hominid brain. *Lipids*, 34 Suppl., S39-47.

Croghan, C. (1957)

The osmotic and ionic regulation of *Artemia salina*(L.). Department of Zoology, University of Cambridge.

Crooke, W.M. and Simpson, W.E. (1971)

Determination of ammonium Kjeldahl digest of crops by an automated procedure. *J. Sci. Food Agric.* 22:9-10.

Dahloum, L. (2007)

Contribution à l'étude de trois populations d'*artemia* endémiques aux eaux des salines de Bethiou, de Sidi Bouziane et le lac salé d'El Meniâ. Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques, option : Hygiène et Sécurité Agro-alimentaire. Université Abd El Hamid Ibn Badis -Mostaganem.

Defaye, D., Rabet N. &Thirry A. (1998)

Atlas et Bibliographie des crustacés branchiopodes (Anostraca, Notostraca, Spinicaudata) de France métropolitaine. Coll. Patrimoines Naturels, volume 32, Service du Patrimoine Naturel/IEGB/MNHN, Paris.

Derbal, F., Amarouyache, M. and Kara, M.H. (2010)

Preliminary data on a new *Artemia* strain from El-Bahiralake (Northeast of Algeria),
Rapp. Com. Int.MerMéditer, 39.

Deslandes, E. (2011)

Éric DESLANDES [*Pôle Mer Bretagne*] LIVRE TURQUOISE, Algues, filières du futur Édition *Adebiotech – Romainville* 182p. 2011.

Dhont, J., Van Stappen, G. (2003)

Biology, Tank production and Nutritional Value of *Artemia*

Divanch, P., Kentouri, M. (1984)

Sur les possibilités de production de juvéniles de poissons marins par la filière extensive dans le languedoc. Influence de l'époque et des conditions climatiques ; In : G. Barnabé et R. Billard, l'aquaculture du bar et des sparidés, pp. 175-184. InraPuli., Paris, 542pp.

Dobbeileir, J., Adam, N., Bossuyt, E., Bruggman, E., Sorgeloos, P. (1980)

New aspects of the use of inert diets for high culturing of brine shrimp: 165-174. In: The brine shrimp *Artemia*. Vol 3. Ecology, culturing use in aquaculture. Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O., Jaspers, E. (Eds.) Universa Press Wetteren, Belgium, 456pp..

Epinosa- Fuentes A., Ortega-Salas, A., Laguarda-Figueras, A. (1997)

Two experimental assays to produce biomass of *Artemia franciscana* (Anostraca). Rev. Boiol. Trop. 44(3): 565-572.

FAO. (1994)

Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fish. Tech. Pap. 348.

Findeling, A. (2011)

[*Veolia Environnement*] LIVRE TURQUOISE, Algues, filières du futur Édition *Adebiotech – Romainville* 182p. 2011.

Gagneur, J. and Kara, M.H. (2001)

Limnology in Algeria. In :Wetzel and Gopal (eds). *Limnology in Developing Countries* Vol. 3., Int. Ass. Limn., (SIL): 1-34.

Gandolfo, R. (2011)

Robert GANDOLFO [*Pôle Mer PACA*] LIVRE TURQUOISE, Algues, filières du futur *Édition Adebitech – Romainville* 182p. 2011.

Gatesoupe, F. J., Robin, J. H., Lemilinaire, C., Lebeuge, E. (1984)

Amélioration de la valeur nutritive des filtreurs-proies par leur alimentation composée ; In : G. Barnabé et R. Billard, l'aquaculture du bar et des sparidés, pp. 209-222. Inra Publ., Paris, 542pp.

Ghomari, M.S., Selselet, G.S., Hontoria, F. and Amat, F. (2011)

Artemia Biodiversity in Algerian Sebkhass. *Crustaceana*, 84: 1025-1039.

Girin, M., Person-Le- Ruet, J. (1977)

L'élevage larvaire des poissons marins : chaînes alimentaires et aliments composés. *Bull. Fr. Pisc.*, 264: 88-101.

Gissi. (1999)

Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione trial. *The Lancet*, 354(9177), 447-455.

Glencross, B., C. Carter, J. Gunn, R. van Barneveld, K. Rough & S. Clarke. (2002)

Southern Bluefin Tuna, *Thunnus maccoyii*. In: Webster, C.D. & C.E. Lim, eds. *Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture*. Wallingford, UK: CABI Publishing.

Granvill, D., Treece (2000)

Artemia Production for Marine Larval Fish Culture. Southern Aquaculture Regional Center. SRAC publication No.702.

Guide d'identification des fleurs d'eau de cyanobactéries.(2006)

Publié par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2006.

Guillaume, J., Kauchik, S., Bergot, P. and Metailler, R. (1999)

Nutrition et Alimentation des Poissons et Crustacés. INRA, France.

Haddag, M. (1991)

Contribution à l'étude d'une souche d'*Artemia*(*ArtemiaTunisiana*) endémique aux eaux de la saline d'Arzew, Algérie. Thèse Magister. Ins. Sciences de la mer et de l'aménagement du littoral, ALGER.

Hayo, M. and Schwars, G. (1996)

Artemia : der Urzeitkrebs - mehralsnur Fischfutter.1976.

Henstschel, E. (1968)

DiepodtembryonalenEntwicklungssatadienvou*Artemia salina*
LeachbeiverchiedenenTemperatureo (anostraca, Crustacea). Zoll.Anz., 180.372-384.

InterClinical Laboratories. (2010)

Botanical Monograph. Marine Phytoplankton–Improve vitality; support healthy skin and eyes; enhance immunity, natural detoxification and general well being. Australia. P 01.

Julie, P. (2011)

Julie PERSON [*Trimatec*] Livre turquoise, Algues, *filères du futur* ÉditionAdebiotech – Romainville 182p.

Kaiser, H., Hecht, T. (2003)

Bidiversity of *Artemia*in Africa. Inco partner 9: RU. Partner name: Department of Inchyology and Fisheries Science, PO Box 94, Rhodes University, Prince Alfred street, Grahamstown 6140, South Africa.

Kamal, M., T. Motohiro and T. Itakura. (1986)

Inhibitory effect of salmine sulfate on the growth of molds. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 52, 1061-1064.

Kara, M.H., Bengraine, K.A., Derbal, F. (1994)

Evaluation de la qualité de deux nouvelles souches d'*Artemia* du Nord-est de l'Algérie

Kara, M.H. (1998)

Bases biologiques et écologiques de l'élevage du loup *Dicentrarchus labrax* dans la région d'Annaba. Thèse de Doctorat d'Etat, Alger, Algérie 172 p.

Kara, M.H., Bengraine, K.A., Derbal, F., Chaoui, L. and Amarouyache, M. (2004)

Quality evaluation of a new strain of *Artemia* from Chott Merouane. Aquaculture, 235: 361-369.

Kara, M.H., Amarouyache, M. (2012)

Review of the biogeography of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Algeria. International Journal of *Artemia* Biology. ISSN: 2228-754X. 2012, Vol 2, No 1: 40-50.

Karali, A., Echikh F. (2010)

L'Aquaculture en Algérie. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Universitaires Appliquées en Sciences de la Mer. Université d'Alger.

Kunen, D.J., Baas-becking, I.G.M. (1938)

Historical notes on *Artemia salina*. Zool. Meded., 20: 220-230.

Lando, D. (2011)

Danielle LANDO [Adebiotech] LIVRE TURQUOISE, Algues, filières du futur Édition Adebiotech – Romainville 182p. 2011.

Laura, L. (2011)

Laura LECURIEUX-BELFOND [*Trimatec*] LIVRE TURQUOISE, Algues, filières du futur Édition *Adebiotech – Romainville* 182p. 2011.

Lavens, P., Sorgeloos, P. (1996)

Manuel on the production and the use of live food for aquaculture. FAO Technical paper No.361. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.

Lavens, P., Sorgeloos, P. (2000)

The history, present status and prospect of the availability of *Artemiacysts* for aquaculture. *Aquaculture*, 181, 397-403.

Legrand, J. (2011)

Jack LEGRAND [*CNRS - Université de Nantes*] LIVRE TURQUOISE, Algues, filières du futur Édition *Adebiotech – Romainville* 182p. 2011.

Lepine, O. (2011)

Olivier LÉPINE [*Alpha Biotech*] LIVRE TURQUOISE, Algues, filières du futur Édition *Adebiotech – Romainville* 182p. 2011.

Lerche, W. (1937)

Untersuchungen über Fortpflanzung und Entwicklung in der Gattung *Dunaliella*. *Arche f Protistenkd.* 88 :236-268.

Léger, P.H., Bengtson, D.A., Simpson, K.L., Sorgeloos, P. (1986)

The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 24: 521-623.

Love, R. M. (1970)

The Chemical Biology of Fishes. Academic Press, London.

Malpica Sanchez, A., T. Castro Barrera, H. Sandoval Trujillo, J. Castro Mejia, R. DeLara Andrade G Castro Mejía. (2004)

Composición del contenido de ácidos grasos en tres poblaciones mexicanas de *Artemia franciscana* de aguas epicontinentales. Rev. Biol. Trop. 52: 297-300.

Majack, T.J., Rust, M.B., Masee, K.C., Kissil, G.W., Hardy, R.W., Peterson, M.E. (2000)

Bioencapsulation of erythromycin using adult brine shrimp, *Artemia franciscana*(Latreille). J. Fish. Dis. 23: 71-76.

Masters, C.O. (1975)

Encyclopedia of live foods. T.F.H. Publications, Inc., Ltd: 336pp.

Mathieu, D. (2011)

Daniel MATHIEU, Pôle Trimatec, LIVRE TURQUOISE, Algues, filières du futur
Édition Adebitech – Romainville 182p. 2011.

Mohr, V. (1971)

On the constitution and physical-chemical properties of the connective tissue of mammalian and fish skeletal muscle. Ph.D. Thesis, University of Aberdeen.

Moustgard, J. (1957)

Laerebog i Husdvrenes Fysiologi og Ernæringsfysiologi, A/S C.Fr. Mortensen, Danish.

Mura, G. (1990)

Artemiasalina(Linnaeus, 1758) from Limington, England: frontal knob morphology by scanning electron microscopy. J. Crustacean Biol., 10:364-368.

Murray, J. and J.R. Burt (1969)

The composition of fish. Torry Advis. Note 38, Torry Research Station, Aberdeen.

Navarro, J.C., Amat, F. et Sargent, J.R. (1992a)

Fatty acid composition of coastal and inland *Artemiasp.* Populations from Spain
Aquaculture, 102 (1992) 2 19-230 Elsevier Publishers B.V., Amsterdam.

Navarro, J.C., Amat, F. et Sargent, J.R. (1992b)

Lipid composition of cysts of the brine shrimp *Artemiasp.* From Spanish populations. J.
Exp. Mar. Biol. Ecol., 155 (1992) 123-131 © 1992 Elsevier Science Publishers B.V.

Oren, A. (2005)

A century years of *Dunaliella* research: 1905-2005."Saline System.

Oren, A. 2005. Cent ans des recherches sur *Dunaliella salina*: (1905-2005)

Biomedical central (The Open Access Publisher).Saline systems.

Oren, A. Rodriguez-Valera, F. (2001)

The contribution of halophilic Bacteria to the red coloration of saltern crystallizer
ponds."FEMS Microbiology Ecology, 2001.inwebmaster 4.

Potain, P, (2011)

Philippe POTIN [CNRS - SB Roscoff] LIVRE TURQUOISE, Algues, filières du futur
Édition AdebioTech – Romainville 182p. 2011.

Poulter, N.H. and L. Nicolaides (1985a)

Studies of the iced storage characteristics and composition of a variety of Bolivian
freshwater fish. 1. Altiplano fish. J. Food Technol. 20, 437-449.

Poulter, N.H. and L. Nicolaides (1985b)

Studies of the iced storage characteristics and composition of a variety of Bolivian
freshwater fish. 2. Parana and Amazon Basins fish. J. Food Technol. 20, 451-465.

Provasoli, L., Shiraichi, K. (1959)

Axenic cultivation of the brine shrimp *Artemiasalina*. Boil. Bull. 117:347-355.

Reeve, M.R. (1963)

The filter feeding of *Artemia*. II. IN suspension of various particles. J. exp. Biol. 40(1): 207-214.

Robbins, J.H.M., Van Stappen, G., Sorgeloos, P., YeongyikSoung., MacRae, T.H., Bossier, P. (2010)

Diapause termination and development of encysted *Artemia* embryos: roles for nitric oxide and hydrogen peroxide. The Journal of Experimental Biology 213, P.1465. © 2010. Published by The Company of Biologists Ltd doi:10.1242/jeb.041772.

Ruppert, Edward E. and Robert D. Barnes. (1994)

Invertebrate Zoology, Sixth Edition. Saunders College Publishing, Harcourt Brace and Company, Orlando, Florida. Hardcover.

Samraoui, B., Chakri, K. and Samraoui, F. (2006)

Largebranchiopods (Branchiopoda: Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) from the salt lakes of Algeria. J. Limnol., 65: 83-88.

Sassi, j. (2011)

Jean-François SASSI [CEVA] livre turquoise, Algues, filières du futur Édition Adebitech – Romainville 182p. 2011.

Sato, N.L. (1967)

Enzymatic contribution to the excystment of *Artemiasalina*. Sci. perp. Tohoku Univ. 33(3-4): 319-327.

Schehardt, A. (1987)

Scanning electron microscope study of the post-embryonic development of *Artemia*. In: *Artemia Research and its Applications*, Vol.1. (Ed By P, Sorgeloos., D.A, Bengston., W, Declair et E, Jaspers), pp.5-32. UniversaPress, Wetteren.

Schilipaulis, L. (1991)

“The Extensive Commercial Cultivation of *Dunaliella*.” *Bioresource Technology*. DOI: 10.1016/0960-8524(91)90162-D. *inwebmawter* 4.

SegoriaM, Haramaty L, Berges JA, Falkowski PG (2003)

Cell Death in the unicellular Chlorophyte *Dunaliella tertiolecta*. *A Hypothesis on the Evolution of Apoptosis in Higher Plants and Metazoans Plant Physiology*. 132(1): 99-105.

Seidel, C.R. (1980)

Amino acid composition and electrophoretic protein patterns of *Artemia* from five geographical locations. In : *The Brine Shrimp Artemia*. Eds Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O. & Japers, E., Universa Press, Wetteren, Belgium. pp. 357-382.

Simopoulos, A.P. (2001)

Evolutionary aspects of diet and essential fatty acids. *World Review of Nutrition & Dietetics*, 88, 18-27.

Skoultchi, A.L., Motowitz, H.J. (1964)

Information storage and survival of biological systems and temperatures near absolute zero. *Yale J. boil. Med.*, 3, 158-163.

Sorgeloos, P., Bossuyt, E., Lavina, E., BaezaMaesa, M., 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. (1981a)

Live animal food for larval rearing in aquaculture: The brine shrimp *Artemia*. Review paper presented at the World Conference on Aquaculture, Venice, Italy, 21- 25 Sept. 1981.

Sorgeloos, P. (1981b)

Availability of reference *Artemia* Cysts. *Aquaculture*, 23: 81-382.

Sorgeloos, P., Lavens, P., Leger, P., Tackaert, W and Versichele, D. (1986)

Manual for the culture and use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture. *Artemia* Reference Center, State of Univ. Ghent, Belgium: 319 p.

Stansby, M.E. and A.S. Hall. (1967)

Chemical composition of commercially important fish of the USA. *Fish. Ind. Res.*, 3, 29- 34.

Teresita, D.N.J., Maldonado-Montiel & Leticia G. Rodriguez-canché. (2004)

Biomasse production and nutritional value of *Artemia* sp. (Anostraca :Artemiidae) in Campeche, México. Facultad de ciencias Químico biológicas, Universidad autónoma de Campeche, Av. Agustín Melgar s/n Campeche 24030, Campeche, Mexico.

Triantaphylidis, G.V., Criel, G.R.J., Abatzopoulos, T.J., Thomas, K.M., Peleman, J., Beardmore, J., Sorgeloos, P. (1997)

International study of *Artemia*. LVII. Morphological and molecular characters suggest conspecificity of all bissexual European and north African *Artemia* populations, *Mars. Boil.*, 129, 477-487.

Vanhaecke, P., Tackaert, W., Sorgeloos, P. (1987)

The biogeography of *Artemia*: an updated review. *Artemia* research and its applications. Vol 1. Morphology, Genetics, Strain characterization. Toxicology (ed by P. Sorgeloos., D.A, Bengston., W. Decler and E. Jaspers). Pg. 129-155. Universal Press, Wetteren, Belgium.

Van Stappen, G., Sorgeloos, P. (1993)

The compolitan brine shrimp. *Aquaculture, INFOFIBS. International* 493.

Van Stappen, G. (1996)

Artemia. Introduction, biology and ecology of *Artemia*. In: Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper No.361. Rome, FAO, pp 79-136.

Van Stappen, G., Sorgeloos, P. (1996)

Guppy laps e, Bulletin. April 2004 issue.

Van Stappen, G., Fayazi, G., Sorgeloos, P. (2001)

International study on ArtemiaLXIII. Field Study of the *Artemia urmiana* (Günther, 1890) Population in Lake Urmiah, Iran Hydrobiologia, vol. 466, pp. 133–143.

Waagboe, R., K. Sandnes, A. Sandvin and Oe. Lie. (1991)

Feeding three levels of n-3 polyunsaturated fatty acids at two levels of vitamin E to Atlantic salmon (*Salmo salar*). Growth and chemical composition. *Fiskeridir. Skr., Ser. Ernaering IV*, 51-63.

Williams, W.D. (1996)

The largest, highest and lowest lakes of the world: salina lakes. *Verhandlungen der internationalen vereinigung für limnologie*, 26 :61-79.

Zarei, A., Shivazad, M et Mirhadi, A. (2006)

Use of *Artemia* Meal as a Protein Supplement in Broiler Diet. *International Journal of Poultry Science* 5(2): 142-148;2006. ISSN 1682-8356. Asian Network for Scientific Information. 2006.

Zemmouri, A. (1991)

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

ANNEXE

ANNEXE

Les sites d'Algérie inscrits sur la Liste de la convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale entre 1982 et 2006.

Nom de la zone humide	Année d'inscription	Superficie (ha)	Type de zone humide	Wilaya	Critères Ramsar d'inscription
1-Lac Tonga	1982	2.700	Lac d'eau douce côtier, marais et aulnaie	El Tarf, commune de Oum Tboul, Parc National d'El kala	5 critères sur 8 (1, 2, 3, 5, et 6).
2-Lac Oubeïra	1982	2.200	Lac d'eau douce côtier. Végétation périphérique	El Tarf, commune d'El Frine, Parc National d'El kala	3 critères sur 8 (1, 5 et 6).
3-Le lac des oiseaux	1999	170	Lac d'eau douce côtier. Végétation en périphérie	El Tarf, commune du lac des oiseaux	2 critères sur 8 (3, et 6).
4-Chott Ech Chergui	2001	855.500	Chott salé, continental saumâtre et d'eau douce. Forêt humide de Tamarix	Wilaya de Saïda, Nâama, El Bayadh	3 critères sur 8 (1, 2, et 4).
5-Guerbes	2001	42.100	Plaine d'inondation côtière, lacs d'eau douce et saumâtres, marais, aulnaie.	Wilaya de Skikda	5 critères sur 8 (1, 2, 3, 6, et 8).
6-Chott El Hodna	2001	362.000	Chott et sebkha continentaux, sources d'eau douce	Wilaya de M'Sila et Batna	4 critères sur 8 (1, 2, 3 et 7).
7-Valée d'Iherir	2001	6.500	Gueltates d'eau douce continentales sahariennes	Wilaya de Illizi	4 critères sur 8 (1, 2, 3 et 4).
8-Gueltates d'issikarassene	2001	35.100	Gueltates d'eau douce continentales sahariennes	Wilaya de Tamanrasset	4 critères sur 8 (1, 2, 3 et 7).

9-Chott Merouane et Oued Khrouf	2001	337.700	Chott continental alimenté d'eau de drainage et oued	Wilaya d'El Oued et de Biskra	2 critères sur 8 (5 et 6).
10-Marais de la Macta	2001	44.500	Marais côtier et Oued	Wilaya de Mascara, Oran et Mostaganem	3 critères sur 8 (1, 3 et 5).
11-Oasis de Ouled Saïd	2001	25.400	Oasis et foggara	Wilaya de Adrar Commune de Ouled Saïd	1 critère sur 8 (1).
12-Sebkha d'Oran	2001	56.870	Sebkha ou lac salé continental	Wilaya d'Oran	1 critère sur 8 (6).
13-Oasis de Tamentit et Sid Ahmed Timmi	2001	95.700	Oasis et foggara	Wilaya de Adrar Commune de Tamentit	1 critère sur 8 (3).
14-Oasis de Moghrar et Tiout	2002	195.500	Oasis et foggara	Wilaya de Nâama	2 critères sur 8 (1 et 3).
15-Zehrez Chergui	2002	50.985	Chott et sebkha continentaux	Wilaya de Djelfa	2 critères sur 8 (1 et 2).
16-Zehrez Gharbi	2002	52.500	Chott et sebkha continentaux	Wilaya de Djelfa	2 critères sur 8 (1 et 2).
17-Gueltatés d'Affilal	2002	20.900	Gueltatés d'eau douce continentales sahariennes	Wilaya de Tamanrasset	2 critères sur 8 (1 et 2).
18-Grotte de Ghar Boumâaza	2002	20.000	Grotte karstique continentale et oued	Wilaya de Tlemcen	1 critères sur 8 (1).
19-Marais de la Mekhada	2002	8.900	Marais d'eaux douces et saumâtres	Wilaya d'El Tarf	4 critères sur 8 (1, 4, 5 et 6)
20-Chott Melghir	2002	551.500	Chott et Sekha salés continentaux	Wilaya d'El Oued et de Biskra	2 critères sur 8 (1 et 2).
21-Lac de Réghaïa	2002	842	Lac, marais et oued côtiers	Wilaya d'Alger Communes de Réghaïa et	3 critères sur 8 (1, 2 et 3)

				Heraoua	
22-Lac Noir	2002	5	Tourbière morte	Wilaya d'El Tarf, Commune de, Parc National d'El Kala	1 critère sur 8 (1).
23-Aulnaies de Aïn Khiair	2002	170	Aulnaie et oued d'eau douce	Wilaya d'El Tarf, Commune de Aïn Khiair, Parc National d'El Kala	1 critère sur 8 (1).
24-Lac de Béni Bélaïd	2002	600	Lac, marais, aulnaie et oued côtiers d'eau douce	Wilaya de Jijel	3 critères sur 8 (1, 2 et 2)
25-Cirque de Aïn Ouarka	2002	2.350	Lacs et sources d'eaux chaudes et froide, cirque géologique	Wilaya de Nâama	1 critère sur 8 (1).
26-Lac de Fetzara	2002	20.680	Lac d'eau douce	Wilaya de Annaba	3 critères sur 8 (1, 5 et 6)
27- Sebket El Hamiet	2006	2 509	Lac salé saisonnier	Sétif	1 critère sur 8 (6)
28-Sebket Bazer	2006	4 379	Lac salé permanent	Sétif	1 critère sur 8 (6)
29-Chott El Beïdha-Hammam Essoukhna	2006	12 223	Lac salé saisonnier, prairie humide	Sétif	1 critère sur 8 (6)
30-Garaet Annk Djemel-El Merhssel	2006	18 140	Lac salé saisonnier	Oum el Bouaghi	1 critère sur 8 (6)
31-Garaet Guellif	2006	24 000	Lac salé saisonnier	Oum el Bouaghi	1 critère sur 8 (6)
32-Chott Tinsilt	2006	2 154	Chott et sebka	Oum el Bouaghi	1 critère sur 8 (6)
33-Garaet El	2006	33	Lac salé permanent	Oum el Bouaghi	1 critère sur 8 (6)

Taref		460			
34- Dayet El Ferd	2006	3 323	Lac saumâtre permanent	Tlemcen	3 critères sur 8 (1,5 et 6)
35-Oglat Edaïra	2006	23 430	Lac saumâtre	Naama	3 critères sur 8 (1,3 et 6)
36-Les Salines d'Arzew	2006	5 778	Lac salé saisonnier	Oran	2 critères sur 8 (1 et 6)
37-Le lac de Tellamine	2006	2 399	Lac salé saisonnier	Oran	2 critères sur 8 (1 et 6)
38-Le Lac Mellah	2006	2 257	Lac d'eau saumâtre	El Tarf	3 critères sur 8 (1, 6 et 8)
39-Sebkhet El Meleh (Lac d'El Goléa)	2006	18 947	Lac salé	Ghardaia	3 critères sur 8 (3,4 et 6)
40-Chott Oum Raneb	2006	7 155	Lac salé	Ouargla	2 critères sur 8 (3 et 6)
41-Chott Sidi Slimane	2006	616	Lac saumâtre permanent	Ouargla	2 critères sur 8 (1 et 6)
42-Chott Aïn El Beïda	2006	6 853	Lac salé	Ouargla	1 critère (6)
Superficie Totale (ha)	2958 704				

(DGF, 2007).

ملخص

إن الارتميا المسماة عامة بقريديس المياه المالحة هي صنف عالمي تحتل البيئات المائية المالحة وقوية الملوحة. يرقات الارتميا تمثل ارتباطا للمستوى الغذائي لا غنى عنه لتغذية أكثر من 80% من صغار الأسماك والقشريات, هذه الأهمية هي نتيجة لتوافرها وبساطتها وقيمتها الغذائية مقارنة مع غيرها من الأطعمة .

لقد قمنا من خلال هذه الدراسة بوصف الأرتيميا المتواجدة في سبخة سيدي بوزيان (غليزان) و بطيوة (وهران) بغية تقدير إمكانية تطبيقها في تربية الحيوانات البحرية.

كما بينت الدراسة البيوكيميائية وأساسا دراسة تركيز البروتينات والدهن أن بيض الأرتيميا لسبخة غليزان يقارن بالسلالات التي تسوق حاليا في العالم.

دونالبيلا صالينا هو نوع فريد من الطحالب التي تطورت للعيش في الظروف البيئية القاسية. فهي اذا تعتبر مقاومة للظروف القسوى.

دونالبيلا صالينا و الدياتومات المتواجدة في المناطق الرطبة هي أحد العوامل الأساسية في تشكيل البيئات المائية المالحة هذا النوع من الطحالب يعتبر أحد الأغذية الأساسية ليرقات العوالق الحيوانية البحرية و تحديدا للأرتيميا صالينا.

الكلمات المفتاحية : الأرتيميا, يرقات, سبخة, تربية الحيوانات البحرية. *دونالبيلا صالينا*.

RESUME :

L'Artemia communément appelée crevette des marais salants est une espèce cosmopolite qui colonise les milieux aquatiques salés et hyper salés, Les nauplii d'*Artemia* représentent un maillon trophique indispensable pour nourrir plus de 80% des alevins des poissons et des larves de crustacés. Cette importance est due à la disponibilité, à la simplicité et à la valeur nutritionnelle par rapport à d'autres aliments.

Dans le présent travail, nous avons procédé à une caractérisation d'*Artemia* des deux salines de l'ouest algérien (Relizane et Bethioua), afin d'estimer son potentiel pour des applications en aquaculture.

En effet, l'étude de la composition biochimique des cystes basée essentiellement sur le dosage des protéines et lipides montre que les cystes d'*Artemia* de Relizane est comparables aux souches actuellement commercialisé dans le monde.

Dunaliella salina est une espèce unique de micro algues qui a évolué pour vivre dans des conditions environnementales extrêmes. Elle est considérée comme une extrémophile.

Dunaliella salina, avec les diatomées présentes dans les parties plus douces, l'un des principaux éléments de la production primaire des marais salantes. Ce phytoplancton est un aliment de choix pour les larves du zooplancton marin et tous particulièrement pour celle de l'*Artémia salina*.

Mots clés : *Artemia*, Nauplii, Saline, Aquaculture, *Dunaliella salina*

ABSTRACT:

Artemia collectively called shrimp of salterns is a cosmopolitan species which colonizes the salty aquatic circles and hyper salty. The nauplius of *Artemia* represents a link essential trophique to feed more than 80 % of the alevins of fishes and larvas of shellfish. This importance is due to the availability, to the simplicity and to the nutritional value compared with other food.

In the present work, we proceeded to a characterization of Algerian western *Artemia* of both saltworks (Relizane and Bethioua), in order to estimate its potential for applications in aquaculture.

Indeed, the study of the biochemical composition of cystes based essentially on the dosage of proteins and lipids watch that *Artemia* Relizane's cystes is comparable to the strains currently marketed around the world.

Dunaliella salina is a unique species of microalgae seaweeds which evolved to live in extreme environmental conditions. It is considered as an extrémophile.

Dunaliella salina is one of the main elements of the primary production of swamps sealants. This phytoplankton is a food choice for the larvas of the marine and all particularly for that of the *Artémia salina*.

Key words: *Artemia*, Nauplii, Saline, Aquaculture, *Dunaliella salina*