République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme

D'Ingénieur en Sciences de la Mer

Sujet :

ETUDE DE LA CROISSANCE D'ARTEMIA DANS DIFFERENTES CONDITIONS D'ALIMENTS

Réalisé par:

- INCHACOUT Mohamed Djamal Eddine

Soutenu le /07/2024 devant le jury suivant :

M	AIT SAIDI Adel	Maitre de conférence « B »	Président
M	LOURGUIOUI Hichem	Maitre de conférence « B »	Examinateur
MM	CHABET DIS Chalabia	Maitre de recherche « B »	Promotrice
MM	MESLEM Nabila	Maitre de conférence « B »	Co-promotrice

DEDICACE

Dédicace

À ma famille : Merci

INCHACOUT Mohamed Djamal Eddine

REMERCIEMENTS

Remerciement

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements et ma profonde gratitude à Mesdams CHABET DIS Chalabia et MESLEM Nabila de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

Je tiens à remercier M. AIT SAIDI Adel, d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.

Je remercie M. LOURIGUOI Hichem pour avoir bien voulu accepter d'examiner et de juger notre modeste travail.

Je tiens également à remercier profondément MM. CHABET DIS C d'avoir encadré ce mémoire et pour m'avoir proposé ce thème. Je l'exprime ma gratitude pour son soutien, son encouragement, ses conseils, la correction du manuscrit, pour sa patience, parrainé, guide, et son œil critique qui m a été très précieux pour structuré le travail et pour améliorer la qualité des différentes sections de mon mémoire merci pour tout.

Je remercie sincèrement ma co-promotrice MM. MESLEM Nabila. Je garde un très bon souvenir de vous. J'ai pu, au cours de mon cursus universitaire apprécier vos qualités, votre savoir-faire et vos compétence scientifiques.

Un grand Merci au Directeur du CNRDPA (Directeur de recherche BOUFLIH Nabil) et Directeur de la division Aquaculture BOUDJENAH Mustapha (Maitre de recherche classe A), pour m'avoir donné l'opportunité d'effectuer le stage.

Mes remerciements s'étendent également à l'équipe de l'aquaculture (CNRDPA) et surtout à tout personnel qui, malgré leurs multiples taches, ont toujours eu la gentillesse de m'aider en particulier : BOUCHACHI Djilali, ITCHIR Rachida, FERHANI Khadra, DILMI Ammar, GUENACHI Belkacem et AYAD Meriem.

ملخص

الأرتيميا عبارة عن قشري صغير يوفر غذاءً حيًا أساسيًا لتربية اليرقات في تربية الأسماك وتربية القشريات . ونظرا لأهميتها في هذا المجال، أجريت هذه الدراسة بهدف تقدير نمو الأرتيميا من بحيرة البحيرة (ولاية سطيف) في بيئات التكاثر مع نظام غذائي مختلف .

تكشف النتائج أن متوسط قطر البيوض الطبيعية والمرطبة و المعالجة هو 217.1 ± 14.6 ميكرومتر، 235.26 ± 9.4 ميكرومتر و177.4 ± 14.1 ميكرومتر، على التوالي، ومتوسط طول اليرقات هو 377 ± 2.05 ميكرومتر .تبلغ نسبة الفقس لبيوض الأرتيميا من بحيرة البحيرة 55.78%، وتصل كفاءة الفقس إلى 28986.67 يرقة/جرام من الكيسات.

لوحظ وجود علاقة نمو قوية بين الطول الإجمالي لأفراد الأرتيميا ووقت التربية للأنواع الثلاثة من النظام الغذائي، مع معدل نمو لأفراد الأرتيميا أكبر في التربية مع نظام غذائي أساسي من الخميرة ليافعين (1.7 ملم / ي) والبالغين (. 0.3 مم/ي) على عكس التربية الأخرى المعتمدة على الكلوريلا حيث لوحظ أدنى معدل نمو لليافعين (0.24 مم/ي) وعلى أساس مسحوق ألفا حيث لوحظ أدنى معدل نمو للبالغين (0.07 مم/ي).

الكلمات المفتاحية: قشري؛ علاقة؛ الكلوريلا؛ خميرة؛ ألفا

Abstract

Artemia is a small branchiopod which provides an essential living food for the larvae culture in fish and shellfish farming. Due to its importance in this field, the present study was carried out with objective estimating the growth of *Artemia* from El Bahira lake (Setif province) in culture with a different diet.

The results reveal that the average of diameter of normal, hydrated and decapsulated cysts is 217.1 ± 14.6 µm, 235.26 ± 9.4 µm and 177.4 ± 14.1 µm, respectively, and the average length of nauplii is 377 ± 2.05 µm. *Artemia* cysts from El Bahira lake have a hatching rate of 55.78% with a hatching efficiency of 28986.67 nauplii /g of cysts.

A strong growth correlation was observed between the total length of *Artemia* individuals and culture time for the three types of diet, with a greater growth rate of *Artemia* individuals in culture with a diet of yeast for juveniles (1.7 mm/D) and adults (0.3 mm/D) unlike other culture based on Chlorella where a minimum growth rate of juveniles was observed (0.24 mm/D) and based on *Ulva* powder where a minimum growth rate of adults was observed (0.07 mm/D).

Keywords: Branchiopod; Correlation; Chlorella; Yeast; Ulva.

Résumé

L'Artémia est un petit branchiopode qui présente un aliment vivant essentiel pour l'élevage des larves en pisciculture et en carcicoculture. En raison de son importance dans ce domaine, la présente étude a été réalisé pour objectif d'estimer la croissance de l'Artémia du lac El Bahira (W. Sétif) dans des milieux d'élevage avec une alimentation différente.

Les résultats révèlent que le diamètre moyen des cystes normaux, hydratés et décapsulés est de 217.1 ± 14.6 µm, 235.26 ± 9.4 µm et 177.4 ± 14.1 µm, respectivement, et la longueur moyenne des nauplii est de 377 ± 2.05 µm. Les cystes d'Artémia du lac El Bahira présentent un taux d'éclosion de 55.78% avec une efficacité d'éclosion de 28986.67 nauplii /g de cystes.

Une forte corrélation en croissance a été observée entre la longueur totale des individus d'Artémia et le temps d'élevage pour les trois types d'alimentation, avec taux de croissance des individus d'Artémia plus important dans l'levage avec alimentation à base de levure pour les juvéniles (1.7 mm/J) et les adultes (0.3 mm/J) contrairement aux autres élevages à base de Chlorelle ou un taux de croissance minimum des juvéniles a été observé (0.24 mm/ J) et à base de poudre d'*Ulva* ou un taux de croissance minimum des adultes a été observé (0.07 mm/J).

Mots clés : Branchiopode; Corrélation; Chlorelle; Levure; Ulva.

LISTE DES ABREVIATIONS

Liste des abréviations

°C : Degré Celsius.

µm : Micromètre.

Cell : Cellule.

CNRDPA : Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture.

g : Gramme.

J : Jour

L : Litre.

Max : Maximum

Min : Minimum

Moy : Moyenne

ms/cm : Millisiemens par centimètre.

mv : Millivolts.

pH : Potentiel hydrogène.

PSU : Unité de salinité pratique.

r : Coefficient de corrélation.

USA : États-Unis d'Amérique.

WoRMS : World Register of Marine species

LISTE DES FIGURES

Liste des figures

Figure 1. Cystes d'Artémia. 03

Figure 2. Structure des membranes de coquille de cyste d'Artémia. 04

Figure 3. Nauplius d'Artémia. 05

Figure 4. Juvénile d'Artémia. 06

Figure 5. Artémia adulte. 07

Figure 6. Artémia en position d'accouplement. 09

Figure 7. Cycle de vie d'Artémia. 11

Figure 8. Répartition géographique mondiale de l'Artémia. 15

Figure 9. Lac El Bahira (Google maps). 17

Figure 10. Tamisage des cystes. 18

Figure 11. Traitement des échantillons des cystes 19

Figure 12. Incubation des cystes. 20

Figure 13. Mesures biométriques des cystes et des individus d'Artémia. 22

Figure 14. Suivi des paramètres physico-chimiques. 23

Figure 15. Multi- paramètres. 23

Figure 16. Levure utilisée pour alimenter l'Artémia. 25

Figure 17. Préparation de la poudre d'*Ulva* 26

Figure 18. Culture de la micro-algue 27

Figure 19. Taux d'éclosion des différentes cystes d'Artémia. 30

Figure 20. Efficacité d'éclosion des différentes cystes d'Artémia. 31

Figure 21. Comparaison entre le diamètre des différents cystes algériens. 32

Figure 22. Epaisseur de la membrane chorionique de quelques populations d'Artémia. 33

Figure 23. Comparaison entre les différentes longueurs des nauplii d'Artémia (souches algériennes). 34

Figure 24. Courbe de croissance linéaires de l'Artémia du lac El Bahira (alimentation à base de levure). 35

Figure 25. Courbe de croissance linéaires de l'Artémia du lac El Bahira (alimentation à base de la poudre d'*Ulva*). 35

Figure 26. Courbe de croissance de la chlorelle cultivée dans le milieu F/2. 36

Figure 27. Taux de croissance spécifique chez la chlorelle cultivée dans le milieu F/2. 37

Figure 28. Courbe de croissance linéaires de l'Artémia du lac El Bahira (alimentation à base de micro-algue Chlorelle). 37

Figure 29. Taux de croissance d'Artémia du lac El Bahira. 38

LISTE DES TABLEAUX

Liste des tableaux

Tableau 1. Qualité physique et chimique des eaux d'élevage d'Artémia. 28

Tableau 2. Diamètre des cystes de la population d'El Bahira. 31

SOMMAIRE

Sommaire

Introduction		01
Chapitre 1 : Généralités sur l'Artémia		02
1.	Classification de l'Artémia	02
2.	Morphologie d'Artémia	03
2.	1. Morphologie du cyste	03
2.	1.1. Couche alvéolaire	04
2.	1.2. Membrane cuticulaire	04
2.	1.3. Cuticule embryonnaire	04
2.	2. Morphologie du nauplius	05
2.	4. Morphologie du juvénile	06
2.	4. Morphologie d'adulte	06
3.	Biologie d'Artémia	09
3.	1. Cycle de vie et reproduction	09
4.	Ecologie d'Artémia	12
4.	1. Salinité	12
4.	2. Oxygène	12
4.	3. Température	13
4.	4. pH	13
4.	5. Compétition, prédation et parasitisme	13
4.	6. Alimentation	13
5.	Distribution géographique	14
5.	1. Distribution géographique mondiale	14
5.	1. Distribution géographique en Algérie	15
6.	Intérêt économique de l'Artémia	16

Chapitre 2 : Matériel et méthodes 17

1. Site d'étude lac El Bahira 17

2. Collecte et conservation des échantillons des cystes 17

3. Traitement des cystes 18

4. Incubation des cystes 19

5. Qualité d'éclosion 20

6. Mesures biométriques 21

6. 1. Biometrie des cystes 21

6. 2. Biométrie des nauplii 22

7. Elevage 22

7 1. Qualité physique et chimique de l'eau 23

7. 2. Survie et croissance 23

8. Alimentation 24

8. 1. Levure 24

8. 2. Poudre d'une macro-algue (*Ulva lactuca*) 25

8. 3. Micro-algue 26

Chapitre 3 : Résultats et discussion 28

1. Qualité physique et chimique des eaux d'élevage 28

2. Qualité d'éclosion 29

3. Biométrie des cystes 31

4. Biométrie des nauplii 33

5. Croissance 34

5. 1. Croissance de l'Artémia en élevage à base de levure 34

5. 2. Croissance de l'Artémia en élevage avec alimentation à base de poudre d'*Ulva* 35

5. 3. Croissance de l'Artémia en élevage avec alimentation à base la micro-algue Chlorelle 36

5. 4. Taux de croissance de l'Artémia 38

Conclusion 40

Références bibliographique 41

INTRODUCTION

Introduction

Le développement de l'aquaculture dans le monde nécessite une demande accrue d'aliments vivants bien calibrés en élevage larvaire. L'Artémia est le zooplancton le plus utilisé, car il est utilisé comme un aliment pour plus de 85 % des larves des espèces élevées dans le monde (Soundarapandian et al., 2009).

Le développement des projets aquacoles dans de nombreux pays du monde a mis en évidence les cystes d'Artémia et les coûts d'importation sont devenus de plus en plus importants (Zouari, 2016). La sélection des souches d'Artémia dépend principalement de la taille des cystes et du contenu nutritionnel (chabet dis et al., 2021).

Plusieurs travaux ont été réalisés sur l'Artémia en Algérie sur l'identification, caractérisation, dynamique des populations et la qualité nutritionnelle (Haddag, 1991; Amrouayache et al., 2004 ; Kara et al., 2004 ; Amrouayache et al., 2007;Amrouayache, 2009 ; Amrouayache et al., 2009 ; Amrouayache et al., 2010; Ghomari, 2013; Amrouayache et Kara, 2015; Bennabi et al., 2015; de Los rios- Escalante et Amrouayache, 2016; Amrouayache et al, 2017; Amrouayache et Kara, 2017 ; Chabet dis, 2021, 2022 et 2023). Cependant, seulement Ghomari, 2013 et Amrouayache et Belakri, 2015 ont travaillé sur la population d'El Bahira (W . Sétif).

L'objectif de la présente étude est de compléter les informations sur la croissance de la population d'Artémia au niveau du lac El bahira à base de différentes alimentations.

L'étude comporte 3 grands chapitres. Le premier chapitre présente la biologie et l'écologie de l'Artémia, le deuxième chapitre traite le matériel utilisé et les méthodes suivies et le dernier chapitre dévoile les différents résultats obtenus avec la discussion de ces derniers.

CHAPITRE 1 :

GENERALITES SUR L'*ARTEMIA*

1. Classification de l'Artémia

Les branchiopodes sont des crustacés, libres, relativement primitifs, caractérisés par des pattes thoraciques plus ou moins foliacées jouant le rôle de branchies ; d'où le nom de branchiopodes (Nourisson & Thiéry, 1988). Certains sont protégés par une carapace qui peut être constituée de valves ou présenter la forme d'un bouclier dorsal (Nourisson & Thiéry, 1988).

L'Artémia est un petit branchiopode dont la classification selon WoRMS est la suivante :

Embranchement : Arthropoda

Classe : Crustacea

Sous-classe : Branchiopoda

Ordre : Anostraca

Famille : Artemidae

Genre : *Artemia*

Le genre *Artemia* (Crustacea, Anostraca), distribué dans les milieux hyper-salins de tous les continents sauf l'Antarctique (Triantaphyllidis et al., 1998), est un complexe de huit espèces bisexuées et de nombreux types parthénogénétiques (Browne & Bowen, 1991). Bien que dans l'ancien monde (l'Europe, l'Asie et l'Afrique) il existe à la fois des populations bisexuées et parthénogénétiques, seules deux espèces bisexuées ont été décrites pour le Nouveau Monde (les Amériques et l'Océanie), à savoir *Artemia persimilis* (Piccinelli & Prosdocimi, 1968) et *Artemia franciscana* (Kellogg, 1906). Ce dernier est largement distribué en Amérique du Nord, centrale et du Sud et représente l'espèce la plus étudiée, alors que

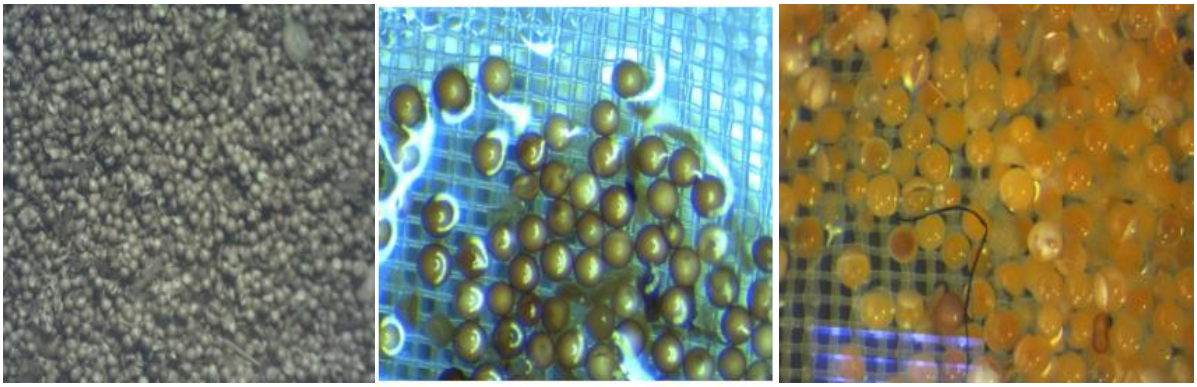
Artemia persimilis est souvent désignée comme une espèce à distribution étroite, restreinte à l'Argentine (Abreu-Grobois, 1987 ; Gajardo & Beardmore, 1993 ; Cohen et al., 1999).

Néanmoins, ce point de vue a été contesté récemment car l'espèce a été trouvée en Patagonie chilienne (Abreu-Grobois & Beardmore, 1991; Gajardo et al., 1998; Gajardo et al., 1999 ; De los rios & Zuniga, 2000).

2. Morphologie d'Artémia

2.1. Morphologie du cyste

Tel qu'il est collecté de la nature, le cyste d'Artémia a une forme biconcave et mesure 200 à 300 micromètres de diamètre (Van stappen, 1996). Il est de couleur brun foncé et parfois pâle (Figure 1). Quand il se trouve dans l'eau, le cyste flotte en surface et reste en suspension sous l'action des vents et des vagues, cette particule apparemment inerte finit sur les rivages où pourrait séjourner plusieurs années sans que son état ne soit altéré (Van stappen, 1996).



a b c

Figure 1. Cystes d'Artémia. a : Cystes normaux ; b : Cystes hydratés ; c : Cystes décapsulés (Chabet dis , 2022).

Les cystes ont une mince couche cuticuleuse qui est la membrane chorionique d'un diamètre de 3 µm à l6 µm (Abatzopoulos et al., 2006) et qui se sépare en trois (03) couches successives (Van stappen, 1996) (Figure 2).

2.1.1. Couche alvéolaire

Une couche lipoprotéique. Sa fonction principale est d'assurer la protection de l'embryon contre la rupture mécanique et le rayonnement UV (Wheeler et al., 1979).

2.1.2. Membrane cuticulaire

La membrane cuticulaire protège l'embryon contre la pénétration des molécules plus grandes que celle de CO_2 (Wheeler et al., 1979).

2.1.3. Cuticule embryonnaire

Une couche transparente et hautement élastique sépare l'embryon de la membrane cuticuleuse intérieure (Treece, 2000).

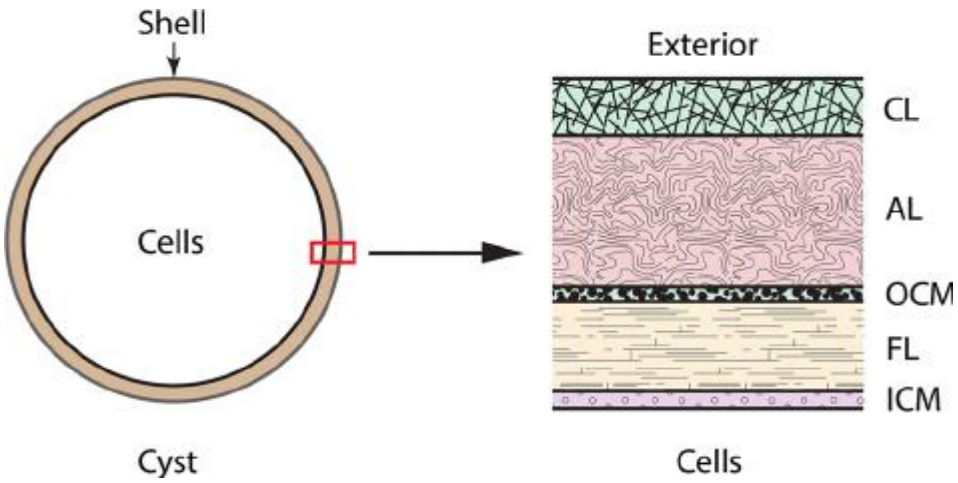


Figure 2. Structure des membranes de coquille de cyste d'Artémia. OCM: Membrane cuticulaire externe. CL: Couche cuticulaire; AL: couche alvéolaire; FL: couche fibreuse; ICM: couche cuticulaire interne (MacRae, 2016).

2.2. Morphologie du nauplius

12 à 20 heures après l'hydratation des cystes (Treece, 2000), le chorion du cyste éclate « stade breakling », et le pré-nauplius est expulsé petit à petit de sa coquille jusqu'à la quitter complètement : c'est l'étape «parachute » ou encore « parapluie » (Dhont & Van stappen, 2003). Une fois hors de la coquille la larve future reste entourée de sa membrane d'éclosion qui après peu de temps subit une rupture par le battement continue des appendices (Dhont & Van stappen, 2003). A ce stade l'œil nauplien est bien visible sous forme de point noir, ensuite l'embryon quitte complètement sa coquille (stade umbrela) et reste suspendu sous la coquille vide (Sorgeloos et al., 1986).

Quelques minutes après, la membrane d'éclosion s'ouvre (éclosion) et le nauplius se libère dans le milieu (Lavens & Sorgeloos, 1996). La croissance de la larve s'accomplit suite à une série de mue (Amat, 1985).

Le nauplius est né avec une taille de 400 à 550 µm (Abatzopoulos et al., 2006). Suite à la présence de caroténoïdes et du vitellus, le nauplius a une couleur orange avec un œil rouge au centre (Figure 3), il possède trois paires d'appendices qui comprennent : des antennes larges qui servent à la locomotion, des antennules (fonction sensorielle) et les mandibules qu'elles joueront un rôle alimentaire dès le 2ème stade larvaire (méta-nauplius) (Sorgeloos et al., 1986).

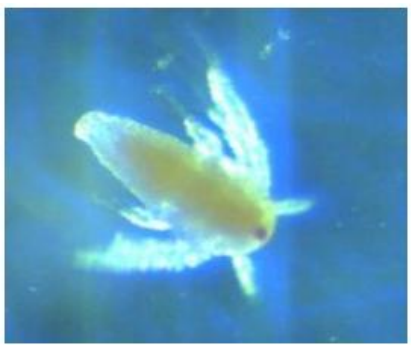


Figure 3. Nauplius d'Artémia (Chabet dis, 2022).

2.3. Morphologie du juvénile

Au stade juvénile, les individus ressemblent essentiellement à des versions miniatures de leurs adultes (Lavens et al., 1986) (Figure 4). Leurs pattes thoraciques deviennent complètement fonctionnelles et commencent à jouer leur rôle dans la locomotion, l'alimentation et la respiration (Lavens et al., 1986). Parallèlement, les antennes se réduisent et perdent leur fonction d'origine (Lavens et al., 1986). À mesure qu'ils se développent, des caractéristiques sexuelles distinctes commencent à se manifester (Lavens et al., 1986). Chez les femelles, on observe un gonflement dans la partie inférieure de leur corps, formant un sac à cystes (Lavens et al., 1986). Quant aux mâles, leurs deuxièmes antennes situées sur la tête commencent à se développer, et elles serviront à saisir les femelles lors de l'accouplement (Lavens et al., 1986). Ces antennes cesseront de se développer chez les individus matures, mais elles auront un rôle crucial dans la reproduction de l'*Artemia* (http://fr.fishseaweed.com).

Figure 4. Juvénile d'Artémia (Lopalco et al., 2019).

2.4. Morphologie d'adulte

Artémia est un arthropode primitif typique, doté d'un corps segmenté comprenant au moins 19 segments (Provasoli & D'agostino, 1969), auxquels sont rattachés de larges appendices en forme de feuilles appelées phyllopodes ou pattes, contribuant ainsi à l'augmentation significative de la taille apparente de l'animal (Lavens et al., 1986).

La longueur totale d'Artémia peut atteindre jusqu'à 20 mm pour les individus issus de reproduction parthénogénétique (Lavens & Sorgeloos, 1996). Pour les souches bisexuées, la longueur moyenne est d'environ 8 à 10 mm pour les mâles adultes et de 10 à 12 mm pour les femelles, mais la largeur des deux sexes, y compris les pattes, est d'environ 4 mm (Lavens & Sorgeloos, 1996). Le corps d'Artémia est divisé en trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen (Figure 5).

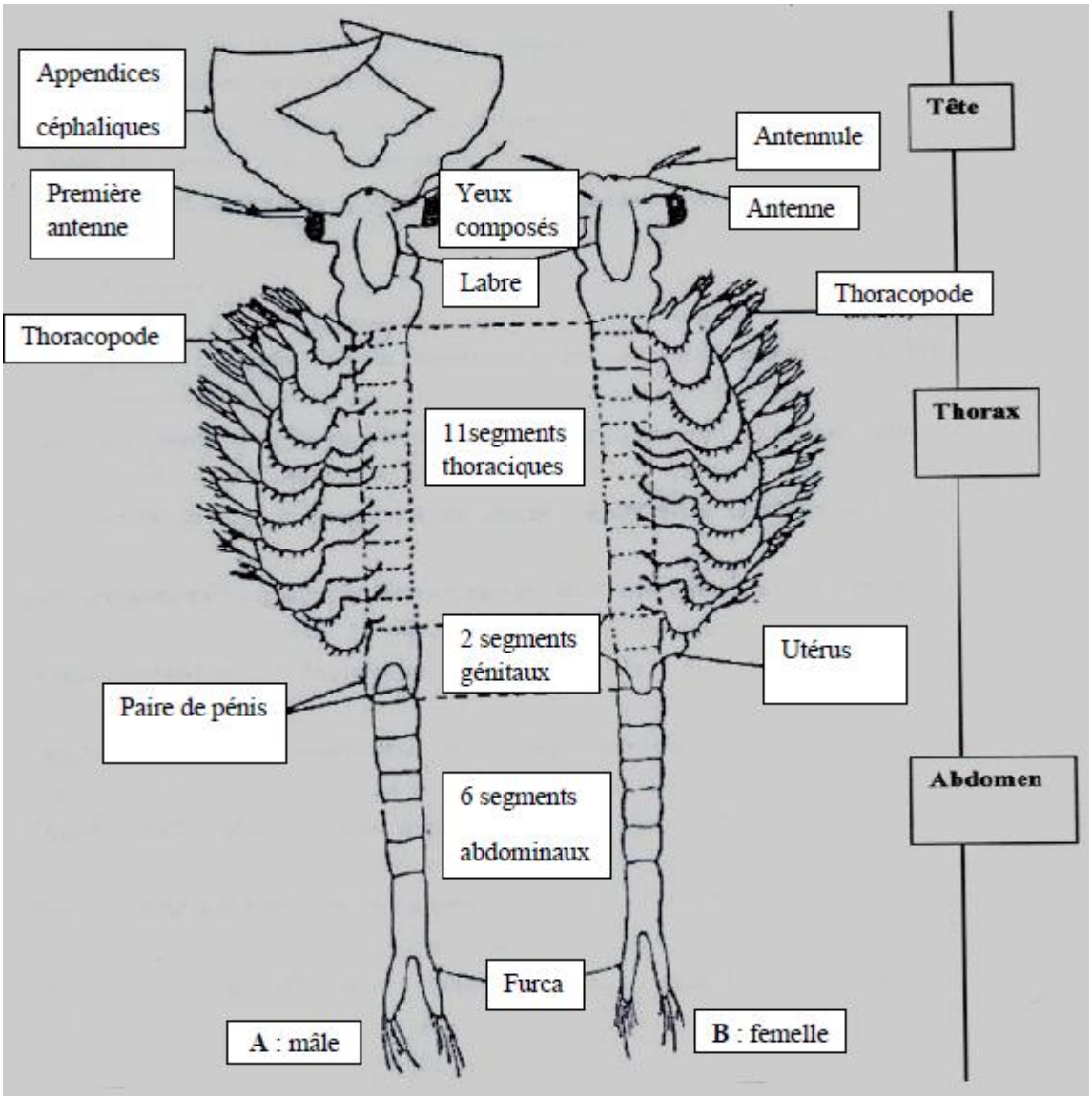


Figure 5. Artémia adulte (Khemakhem, 1988)

La tête se compose d'un segment prostomial et de cinq segments métamériques, qui portent respectivement les yeux médians et composés, le labrum, les premières antennes, les deuxièmes antennes, les mandibules, les premières maxilles ou maxillules, et les deuxièmes maxilles ou maxillules. Le thorax est constitué de onze segments, chacun portant une paire de pattes nageuses, tandis que l'abdomen est composé de huit segments. Les deux premiers segments abdominaux sont souvent appelés segments génitaux, et parmi eux, le premier porte les gonopodes, qui correspondent à l'ovisac (utérus) chez la femelle et aux organes copulateurs chez le mâle. Les segments abdominaux deux à sept sont dépourvus d'appendices. Le huitième (dernier segment abdominal) possède les cercopodes, également connus sous le nom de furca ou telson (Cassel, 1937).

Le corps entier d'*Artemia* est recouvert d'une carapace, qui constitue un exosquelette mince et flexible composé de chitine, à laquelle les muscles sont attachés à l'intérieur. L'exosquelette est périodiquement renouvelé, généralement lors de 15 mues (Provasoli & D'agostino, 1969).

En général, les mâles sont plus petits que les femelles, nagent plus rapidement, consomment moins de nourriture et sont moins colorés (Amat, 1979). Leur coloration varie du blanc laiteux au bleu-vert, en passant par le rouge brique, et elle est en fonction de leur alimentation et de leur environnement, notamment la teneur en oxygène dissous (Amat, 1979). Toutefois, la petite taille des mâles peut être influencée par les conditions environnementales, en particulier les niveaux élevés de salinité (Amat, 1979).

3. Biologie d'Artémia

3.1. Cycle de vie et reproduction

Les populations naturelles d'Artémia peuvent être soit bisexuées, soit parthénogénétiques, capables de se reproduire pendant plusieurs générations sans être fécondées (Sorgeloos et al., 1986).

Chez les espèces sexuées, lorsque les individus atteignent la maturité sexuelle, le comportement reproducteur est le suivant (Lavens & Sorgeloos, 1996) :

- Chaque mâle, par son réflexe d'accouplement, s'unit à une femelle à l'aide de ses appendices céphaliques (antennes).
- Le mâle maintient la femelle au-dessus de son utérus (ovisac), tout en fléchissant son abdomen.
- Le mâle introduit l'un de ses deux pénis dans l'appareil génital de la femelle et libère ainsi son sperme.
- Le couple peut aussi nager pendant une longue période dans cette position (Figure 6).

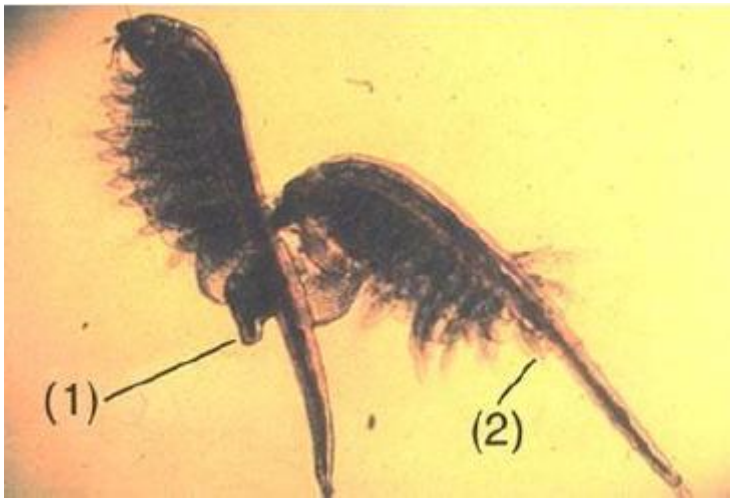


Figure 6. Artémia en position d'accouplement. 1 : Uterus; 2 : Penis. (Lavens & Sorgeloos, 1996)

De plus, le comportement reproducteur des différentes souches d'Artémia dépend également des conditions du milieu (Persoone & Sorgeloos, 1980).

• Si les conditions du milieu sont favorables (disponibilité d'aliment, salinité et oxygène), un embryon achève son développement embryonnaire à l'intérieur de l'utérus de la femelle, et naisse comme nauplius parfaitement formé, alors le mode de reproduction est ovovivipare (production des nauplii) (Drinkwater & Clegg, 1991).

• Si les conditions sont défavorables (salinité élevée, niveaux faibles d'oxygène, .. etc.), les femelles produisent des œufs de résistances connues sous le nom de cystes (Lenz & Dana, 1987), les embryons qui une fois, atteignent le stade blastula avancé ou début de la gastrula, entrent en stade de diapause, se recouvrent de l'enveloppe tertiaire résistante sécrétée par une glande au niveau de l'utérus (Ghomari, 2013). Ils sont ensuite émis dans le milieu comme cystes ou œufs de durée (ovipare) (Ghomari, 2013). Après déshydratation, la majorité des cystes restent dans l'état de cryptobiose ou de diapause avec un métabolisme suspendu pendant plusieurs années consécutives sans perdre leur faculté germinative à condition qu'ils restent secs dans des conditions anaérobiques ou si la salinité du milieu est supérieure à 85 PSU qui est le seuil d'éclosion (Personne & Sorgeloos, 1980). Cette particularité a généralisé l'utilisation des nauplii de l'Artémia à des fins alimentaires dans les écloseries (Sorgeloos et al., 1986).

Le cyste présente une forme semi-sphérique avec un hémisphère totalement invaginé dans l'autre (Ghomari, 2013). Une fois les conditions du milieu soient favorables, le cyste est réhydraté, et récupère sa forme totalement sphérique et permet d'amorcer la désactivation de la diapause (Ghomari, 2013) (Figure 7).

Ces cystes sont emportés par les eaux de pluies à l'intérieur des bassins de la saline (Trigui, 2017). La présence d'eau douce favorise leur éclosion pour donner des nauplii (au

bout de 24 à 36 heures), plus de 300 cystes ou nauplii tous les 4 jours (Lavens & Sorgeloos, 1996).

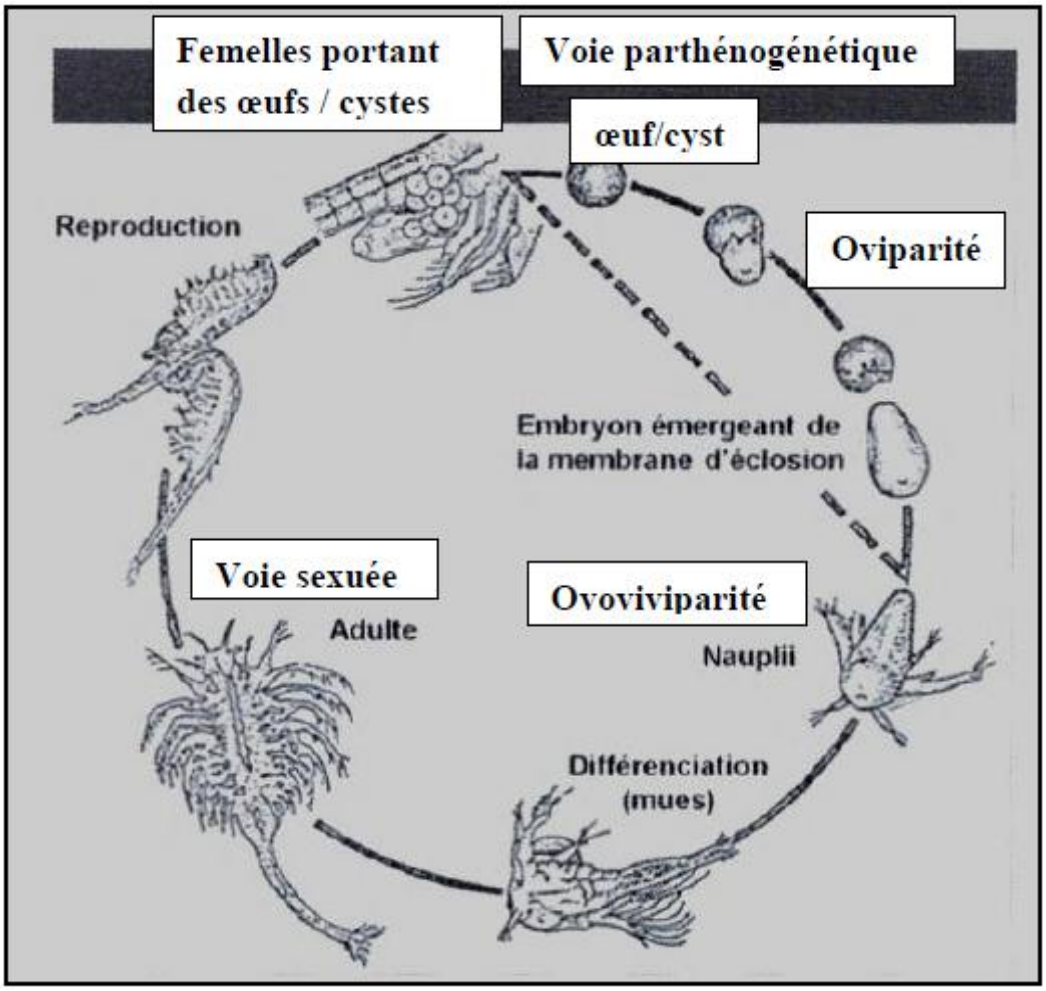


Figure 7. Cycle de vie d'Artémia (Defaye et al., 1998).

Ces derniers passent par plusieurs stades de développement (15 mues) pour arriver au dernier stade qui est le stade adulte après une quarantaine de jours en moyenne et la durée de développement du nauplius à l'adulte a été décrite comme suit : nauplius instar I - nauplius instar II (8 heures) - nauplius instar III – juvénile - pré-adulte (1 à 3 semaines) - adulte (1 à 2 semaines) (Lavens & Sorgeloos, 1996). Dans des conditions optimales, les nauplii de l'Artémia peuvent devenir adultes au bout de 8 jours seulement (Lavens & Sorgeloos, 1996). Ces adultes vont se reproduire et émettre plus de 300 cystes ou nauplii tous les 4 jours (Lavens & Sorgeloos, 1996).

4. Ecologie d'Artémia

4.1. Salinité

L'Artémia ne vit que dans les lacs et étangs à forte salinité, qui varie entre 60-300 PSU (Brisset, 1984). En effet, cette espèce a développé un système de défense écologique (système d'osmorégulation) qui lui permet de supporter des compositions ioniques différentes comme le permanganate de potassium et le nitrate d'argent (Trigui, 2017). Par contre l'iode, que l'on trouve fréquemment dans le sel pour l'usage humain, est nocif pour cette espèce (Trigui, 2017).

L'Artémia prolifère dans les milieux tropicaux, subtropicaux et tempérés, qui sont de deux catégories (Hedgpeth, 1959) :

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

-Milieux thalassohalins : comme les salines côtières et les lacs en communication directe avec la mer. Ce type de milieu est caractérisé par une composition chimique chlorée (Persoone & Sorgeloos, 1980).

4.2. Oxygène

L'Artémia est une espèce euroxybionte (on peut dire euryèce) car elle peut vivre dans une gamme très large de concentration d'oxygène dissout (Trigui, 2017). L'Artémia peut vivre dans des milieux où le taux de saturation d'oxygène est de 150% (lors d'un bloom algal) ainsi qu'à un taux de 1% (milieux pauvres en oxygène dissous) (Trigui, 2017).

4.3. Température

L'Artémia est une espèce eurytherme pouvant vivre dans des milieux à température comprise entre 6°C et 37°C et survivre pendant quelques jours à une température de 40°C (Vos & Transutapanit, 1979), alors que son optimum de croissance, variable entre les souches, est compris entre 25°C et 30°C (Trigui, 2017).

4.4. pH

Selon Camargo et al., (2004), l'Artémia vit dans des biotopes neutres (pH=7) ou légèrement alcalins (pH>7). Le pH qui est entre 8 et 8.5 favorise l'activité enzymatique qui provoque la destruction de la membrane et favorise l'éclosion (Brisset, 1984).

4.5. Compétition, prédation et parasitisme

Cette espèce n'a pas de compétiteurs, du moins dans les milieux hyper-salés, mais à des salinités inférieures à 70 PSU, quelques groupes d'invertébrés peuvent entrer en compétition avec elle, comme les rotifères, les ciliés et plus rarement divers crustacés (anostracés et copépodes) (Trigui, 2017).

Les prédateurs de cette espèce sont nombreux et le sont d'autant plus lorsque la salinité est proche de celle de l'eau de mer, car tous les zooplanctophages trouvent dans l'Artémia un aliment facile à capturer à cause de la lenteur de sa nage en pleine eau en position renversée (Aloui, 2003).

L'Artémia est sujette à des maladies dues à des parasites mais peu de littérature existe sur ce point (Sorgeloos, 1980).

4.6. Alimentation

L'Artémia est une espèce typiquement « filter feeder » phagotrophe qui peut filtrer toutes particules inertes ou vivantes en suspension grâce aux soies garnissant les thoracopodes

(Provasoli & Shiraishi, 1959), capable d'absorber des particules alimentaires (phytoplancton, bactéries et détritus) dont la taille se situe entre 1 et 30 µm, généralement elle peut atteindre jusqu'aux 60 µm (Brisset, 1984).

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

- Chez les nauplii, l'alimentation est assurée par la deuxième paire d'antennes (Trigui, 2017).
- Chez l'adulte, l'alimentation est assurée par les thoracopodes (11 paires d'appendices thoraciques remplacés au fil des mues) (Tobias et al., 1980).

La taille des particules alimentaires est de 25 à 30 µm pour le nauplius et 40 à 50 µm pour l'adulte (Dobelleir et al. 1980). La composition des aliments ne présente pas une préférence particulière chez l'Artémia, d'où l'intérêt économique indéniable pour son élevage. Cette absence de sélectivité augmente considérablement l'éventail des aliments nécessaires au développement de l'Artémia. Donc, quelle que soit la matière choisie, vivante ou inerte, elle doit présenter deux caractéristiques primordiales pour être ingérée par l'Artémia : l'insolubilité et la petitesse de la taille (<50µm) (Trigui, 2017).

5. Distribution géographique

5.1. Distribution géographique mondiale

A l'exception de l'Antarctique (Persoone & Sorgeloos, 1980), l'Artémia se trouve dans plus de 300 biotopes distribués dans les cinq continents (Trigui, 2017) (Figure 8).

Muñoz, & Pacios (2010) ont noté que la compréhension et la connaissance de la biodiversité mondiale, en nombre d'espèces, représentent l'un des principaux défis majeurs auxquels sont confrontés les scientifiques, surtout en particulier pour les espèces habitent qui vivent dans les lacs salins, les lacs hypersalins et les zones humides. En grande partie ces

sites sont liés aux activités humaines depuis plusieurs millénaires, donc la répartition des différentes espèces d'Artémia pourrait provenir d'une introduction délibérée ou accidentelle.

Figure 8. Répartition géographique mondiale de l'Artémia (Lavens & sorgeloos, 2000).

5.2. Distribution géographique en Algérie

L'étude prospective dans certains sites favorable à la production naturelle de l'Artémia fut établie en 1988 en Algérie. Elle révéla la présence d'une population d'Artémia composée de larves, de cystes et d'adultes bisexuels dans la saline de Bethioua. (https://www.fao.org).

En Algérie, la présence d'Artémia a été signalée au moins dans 26 sites. Seize d'entre elles ont été bien étudié et caractérisées par morphométrie (Kara & Amarouayache, 2012 (Dayet Morseli (Oran), Sebkha d'Oran, Chott Ouargla, Chott Marouane (El Oued), Sebkha EZZemoul (Oum El Bouagui, Sebkha de Béthioua (Oran), Garaet El Tarf (Oum El Bouagui), Chott Melghir (Biskra), Sebkha Sidi Bouziane (Relizane), Lac El-Bahira (Setif), Lac Goléa (Ghardaia)) ; Ghomari, 2013 (Sebkha d'Oran, Sebkha Sidi Bouziane (Relizane), Sebkha EZZemoul (Oum El Bouagui), Sebkha de Béthioua (Oran), Garaet El Tarf (Oum El Bouagui),

Chott Melghir (Biskra), Lac El-Bahira (Setif), Lac Goléa (Ghardaia)); Chabet dis et al, 2021 (Sebkha de Béthioua (Oran), Sebkha de Timimoune, Sebkha d'El Melah (Béchar))**.**

6. Intérêt économique de l'Artémia

L'exploitation et la commercialisation de l'Artémia ont débuté en 1948 aux Etats-Unis (Grand Lac Salé de l'Utah) (Trigui, 2017), car cette espèce est nécessaire au niveau des écloseries pour les raisons suivantes :

- Facilité d'utilisation : récolte des cystes, leur traitement et enfin leur stockage.
- Nauplii fraichement éclos constituent une bonne nourriture.
- Taille des nauplii adaptée à la dimension de la bouche des larves.
- Facilité de conservation des cystes.
- Facilité de l'obtention des nauplii.

La production mondiale de cystes d'Artémia oscille autour de 4 000 tonnes/ an (Camara, 2020). Le Grand Lac Salé (Utah, États-Unis) et les biotopes salins de Russie, du Kazakhstan et de Chine sont les principaux fournisseurs de cystes d'Artémia pour l'industrie aquacole mondiale (Litvinenko et al., 2015).

CHAPITRE 2 :

MATERIEL ET METHODES

1. Site d'étude lac El Bahira

En limnologie, un lac est de manière générale, une grande étendue d'eau entourée de terre, où il suffit que la profondeur, la superficie, ou le volume soit suffisant pour provoquer un dépôt de sédiments et /ou une stratification.

Lac El Bahira (aussi appelé Bahr Lehmamide) est un petit lac salé de 10 ha, situé entre Salah-bey et Rafsa (Amarouayache & Belakri, 2015) (Figure 9) au niveau de la wilaya de Sétif.

Figure 9. Lac El Bahira (Google maps).

2. Collecte et conservation des échantillons de cystes

L'échantillon a été offerte par le CNRDPA ou l'échantillonnage des cystes a été réalisé le 30 Septembre 2023 au niveau de trois stations sur les berges (35°50.080' N, 005°15.169' E; 35°50.183'N, 005°15.152' E et 35°50.170 'N, 005°15.143 ' E).

La collecte des échantillons a été effectuée manuellement (à l'aide d'une pelle) sur la couche superficielle de lac, en évitant de ramasser le moins possible les matériaux associés aux cystes comme les débris, les plumes etc.

Les échantillons ont été mis dans des sacs noirs en plastique, mélangés avec du sel de table et transportés au laboratoire du CNRDPA pour un processus complet de purification.

3. Traitement des cystes

L'échantillon collecté est versé en saumure concentrée à saturation (l'eau de mer + du sel de table) sous une aération continue. Par la suite l'aération est interrompue pour laisser le mélange décanter.

Les cystes et les autres particules légères ont tendance à flotter en saumure formant une couche à la surface, par contre les matériaux adhérents se déposent au fond du récipient. Pour séparer les deux fractions, les matériaux décantés sont éliminés par siphonage.

La couche de surface qui contient les cystes est collectée et transférée à travers une série de tamis d'un maillage décroissant du 1000 um à 80 um de diamètre (la marque d'AFNOR), qui permet de retenir les cystes et favorise le passage du matériel plus fin (Figure 10).

Figure 10. Tamisage des cystes (Présente étude).

Afin de séparer les cystes du matériel de taille similaire ou inférieure, l'échantillon est soumis au processus de flottation différentielle en eau distillée à température très basses avec une forte agitation par aération. Après un laps de temps, l'air est coupé, pour entamer la décantation. Les cystes entiers hydratés se déposent au fond du récipient, par contre les débris

de coquilles de cystes et les matériaux légers flottent en surface de l'eau. Les matériaux adhérents aux cystes sont éliminés et les cystes sont immédiatement déshydratés dans une étuve de séchage à 39°C (Marque Memmert). Les cystes purifiés sont conservés à une température inférieure à 4 °C à l'obscurité (Figure 11).

Figure 11. Traitement des échantillons des cystes (Présente étude). a et b : Collecte des cystes ; c : Séparation dans l'eau distillée ; d : Séchage.

4. Incubation des cystes

Le montage expérimental utilisé pour l'incubation, est composé d'un aquarium de 10 L, rempli d'eau douce maintenue à une température de 28°C à l'aide d'un thermostat type Electrical 300W (Figure 12). Dans l'aquarium, nous avons introduit des bouteilles en plastique remplies d'eau de mer à 35 PSU, aérées à l'aide d'un tuyau d'oxygène et une pompe à air sous

un éclairage continu de 1000 lux à l'aide d'un néon. Les cystes incubés sont d'une densité inferieure à 5g de cystes/L selon le protocole de Sorgeloos (1980).

Figure 12. Incubation des cystes.

La salinité a été vérifiée à l'aide d'un salinomètre (Marque ATC).

5. Qualité d'éclosion

Les paramètres d'éclosion ont été évalués en estimant le taux d'éclosion selon le protocole de par Bruggeman et al. (1980) et l'efficacité d'éclosion par la méthode de Sorgeloos et al. (1978).

- Le taux d'éclosion : est le nombre des nauplii obtenus à partir de 100 cystes. Il est calculé à partir de la formule suivante :

  Taux d'éclosion : PE = N× 100/C

  Avec :

  PE : Taux ou pourcentage d'éclosion

  N : Nombre moyen de nauplii

  C : Nombre de cystes incubés.

- L'efficacité d'éclosion : est le nombre de nauplii produits par gramme de cystes.

  L'efficacité d'éclosion (EE) est estimée selon la formule suivante :

EE = (N × V) / (vx C)

Où :

N : Nombre de nauplii observés

V : Volume d'incubation (1000 mL)

v : Volume de l'échantillon prélevé pour le comptage (0,25 mL)

C : Quantité de cystes incubés (1 g)

6. Mesures biométriques

Les mesures biométriques ont été réalisées au sein de l'atelier de traitement ichtyologique du CNRDPA à l'aide d'une loupe de type Optika équipée d'une caméra Eurotek et le logiciel Optika vision lite 2.1.

6.1. Biometrie des cystes

Une quantité de cystes a été hydratée dans l'eau douce pendant deux heures à température ambiante selon le protocole de Lavens et Sorgeloos (1987). Le diamètre de 30 cystes hydratés a été estimé.

Une autre quantité de cystes hydratée dans l'eau douce pendant deux heures à température ambiante a été décapsulée dans l'eau de javel (12° chlorométrique) à une densité de 25 grammes de cystes/50 mL d'eau de javel. La décapsulation dure entre 4 et 8 minutes, dont un changement de couleur (allant du brun foncé à l'orangé vif) se produit. Les cystes décapsulés sont filtrés et rincés à l'eau douce et le diamètre de 30 cystes a été mesuré.

L'épaisseur du Chorion a été aussi mesurée selon le protocole de Vanhaecke et Sorgeloos, (1980) qui est la différence entre les deux diamètres moyens des cystes hydratés non décapsulés et les cystes décapsulés, divisée par deux.

D = (A-a) / 2

Avec :

D : Épaisseur du chorion (µm)

A : Diamètre des cystes hydratés non décapsulés (µm)

a : Diamètre des cystes décapsulés parés hydratation (µm)

6.2. Biométrie des nauplii

La mesure de la longueur totale des nauplii d'Artémia fraichement éclos est réalisée sur 30 individus fixés par le Lugol (Figure 13).

Figure 13. Mesures biométriques des cystes et des individus d'Artémia (Présente étude).

7. Elevage

Les nauplii d'Artémia ont été collecté après éclosion, en couvrant une partie de la bouteille avec un sachet noir et en attirant les nauplii à l'aide de la lumière. La collecte est réalisée par siphonage des nauplii dans la partie exposée à la lumière.

Les nauplii collectés sont mis en élevage selon le protocole de Chabet dis (2023) adapté du protocole de Hontoria et Amat (1992) avec une mise charge est de 0,1 individu/mL. L'alimentation des individus est faite à l'aide une micro-algale *Chlorella vulgaris* (Beijerinck, 1890) avec une concentration de 1,2*105 cell/mL.

7.1. Qualité physique et chimique de l'eau

La qualité physique-chimique de l'eau d'élevage a été déterminée (Température, pH, salinité, conductivité et potentiel redox) à l'aide d'un multi paramètre de type CALYPSO, ODEOA-2348 (Figure 14, 15).

Figure 14. Suivi des paramètres physico-chimiques.

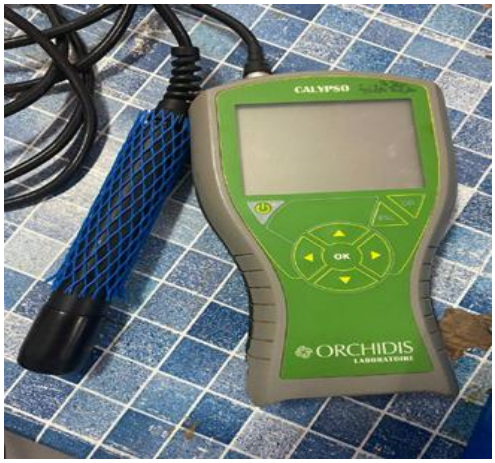


Figure 15. Multi- paramètres.

Des mesures de longueur totale ont été effectuées chaque semaine sur des individus légèrement anesthésiés au chloroforme selon le protocole de Dana et Lenz (1986).

Le taux de croissance absolu (TC) est calculé à l'aide de la formule suivante (Wooton, 1991):

TC = (longueur moyenne de la population finale-longueur moyenne de la

Population initiale) / Temps d'élevage en jours.

8. Alimentation

Trois types d'aliments ont été adoptés : Alimentation avec la levure, alimentation avec une micro-algue et alimentation avec une poudre algale.

8.1. Levure

La levure de boulangerie (Figure 16), aussi appelée *Saccharomyces cerevisiae*, est composée principalement des éléments suivants :

- Eau : 70-75%
- Protéines : 12%
- Glucides : 13%
- Dont glycogène et tréhalose : 5-20%
- Lipides : 1-2%
- Minéraux : 5-7.5%
- Potassium, sodium, calcium, magnésium, phosphore
- Vitamines
- Thiamine (B1), riboflavine (B2), pyridoxine (B6), niacine (PP)

Figure 16. Levure utilisée pour alimenter l'Artémia.

La composition exacte peut varier selon le type de levure, ses conditions de culture et de conservation. Mais de manière générale, la levure est riche en protéines, glucides et minéraux essentiels.

8.2. Poudre d'une macro-algue (*Ulva lactuca*)

L'algue *Ulva lactuca* a été utilisée pour nourrir les individus d'Artémia. *Ulva lactuca* ou « laitue de mer » est une macro-algue verte. La collecte de la laitue de mer fraîches a été réalisée au niveau de la baie de Bou Ismail au niveau des roches ou cette dernière se fixe.

La macro-algue est rincée soigneusement à l'eau douce pour éliminer le sel, le sable et les impuretés, puis égouttée et déshydratée à une température entre de 39°C jusqu'à ce qu'elle soit complètement sèche et cassante. Une fois *Ulva* devient sèche, la macro-algue est broyée à l'aide d'un mortier jusqu'à avoir une poudre fine, cette dernière est passée par la suite dans un tamis de 200 µm pour obtenir une texture homogène. La conservez de la poudre d'*Ulva Lactuca* est faite dans un récipient hermétique, à l'abri de la lumière et de l'humidité (Figure 17).

Figure 17. Préparation de la poudre d'*Ulva* (Présente étude). a : Collecte; b : Nettoyage et rinçage; c : Séchage dans l'étuve; d : Broyage; e : Conservation.

8.3. Micro-algue

La micro-algue unicellulaire marine Chlorelle est cultivée pour servir de nourriture à l'Artémia selon le protocole de la FAO en utilisant le milieu de de culture F/2. La concentration cellulaire dans la culture algale et la quantité donnée aux élevages sont déterminées à l'aide de la cellule de Malassez en suivant les étapes suivantes (Figure 18):

- Prélever un échantillon de culture.
- Homogénéiser l'échantillon.
- Fixer avec du Lugol (2gouttes dans 1mL).
- Humidifier les parties extérieures à la lamelle.
- Déposer la lamelle sur la cellule de Malassez faire adhérer la lamelle a la lame en faisant glisser plusieurs fois la lamelle sur la lame.
- Poser l'échantillon sur le bord de la lame à l'aide d'une pipette pasteur.
- Mettre la lame au microscope pour lecture et prendre des photos sur l'ordinateur.
- Calculer le nombre moyen de cellules par case
- Calculer la concentration cellulaire en cellules par mL.

Figure 18. Culture de la micro-algue (Présente étude).

CHAPITRE 3 :

RESULTATS ET DISCUSSION

1. **Qualité physique et chimique des eaux d'élevage**

Les caractéristiques physiques et chimiques des eaux d'élevage de la population d'Artémia d'El Bahira (Elevage avec alimentation à base levure, élevage avec alimentation à base de poudre algale et élevage avec alimentation à base de micro-algue) sont représentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Qualité physique et chimique des eaux d'élevage d'Artémia. T : température; pH : potentiel hydrogène; S : salinité; C : conductivité; Moy : moyenne; Max : maximum; Min : minimum; El : élevage avec alimentation à base de levure; EP : élevage avec alimentation à base de poudre d'*Ulva*; EM : élevage avec alimentation à base de micro-algue (Chlorelle).

		T (°C)	pH	Potentiel redox (mv)	S (PSU)	C (ms/cm)
Moy	EL	25.95 ± 1.8	8.63 ± 0.12	86.2 ± 0.74	55.29 ± 15.02	72.32 ± 9.1
	EP	25.1 ± 1.4	8.42 ± 0.31	54.7 ± 11.4	68.62 ± 10	94 ± 13.31
	EM	24.53 ± 1.7	8.4 ± 0.42	60.4 ± 1.6	50.02 ± 16	71.34 ± 19
Max	EL	27.9	8.75	86.8	71.59	79.16
	EP	26.65	8.74	67.34	79.12	108.2
	EM	26.13	8.87	62.23	67.18	91.69
Min	EL	24.42	8.5	85.37	42	62
	EP	24.03	8.11	45.19	59.2	81.82
	EM	22.78	8.08	59.3	35.6	54.24

Chabet dis (2022) a étudié les paramètres physico-chimiques en milieu sauvage et en milieu d'élevage de l'Artémia en signalant que ces derniers jouent un rôle important pour la croissance, la reproduction et la survie de ce petit crustacé.

Vos et Transutapanit (1979) ont indiqué que l'Artémia vit dans des milieux à température comprise entre 6°C et 37°C et peut survivre pendant quelques jours à une température de 40°C avec un optimum de croissance variable entre les populations qui de 25°C et 30°C.

Trigui a signalé en 2017 que l'Artémia peut vivre dans un milieu avec un pH neutre (pH= 7) ou alcalin (pH> 7), en développant un système de défense écologique qui lui permet aussi de supporter des salinités critiques pour d'autres espèces aquatiques. Elle peut vivre dans des milieux de salinités comprises entre 9 PSU (Brisset, 1984) et 340 PSU (Post & Youssef, 1977).

2. Qualité d'éclosion

Le taux d'éclosion des cystes de la population d'El Bahira est de 55.78% avec une efficacité d'éclosion de 28986.67 nauplii /g de cystes.

Le taux d'éclosion de cystes de la population d'El Bahira est proche au taux d'éclosion de la population d'El Melah (53.2%) et de Béthioua (64.2%) (Chabet dis et al., 2021) et aussi au taux d'éclosion des cystes de la population du Grand Lac Salé d'Utah *Artemia franciscana*, qui est de 49.74 % (Sorgeloos et al., 1986) (Figure 19).

Chabet dis (2022) a signalé que le pourcentage d'éclosion et l'efficacité d'éclosion sont des critères importants dans l'évaluation de la qualité d'éclosion globale des cystes d'Artémia. En comparaison aves les autres souches, le pourcentage d'éclosion obtenu dans la présente étude peut être considéré comme moyen et acceptable par rapport aux valeurs rapportées par

plusieurs auteurs dont les résultats se situent entre 20% et 90% d'éclosion (Sorgeloos et al., 1986).

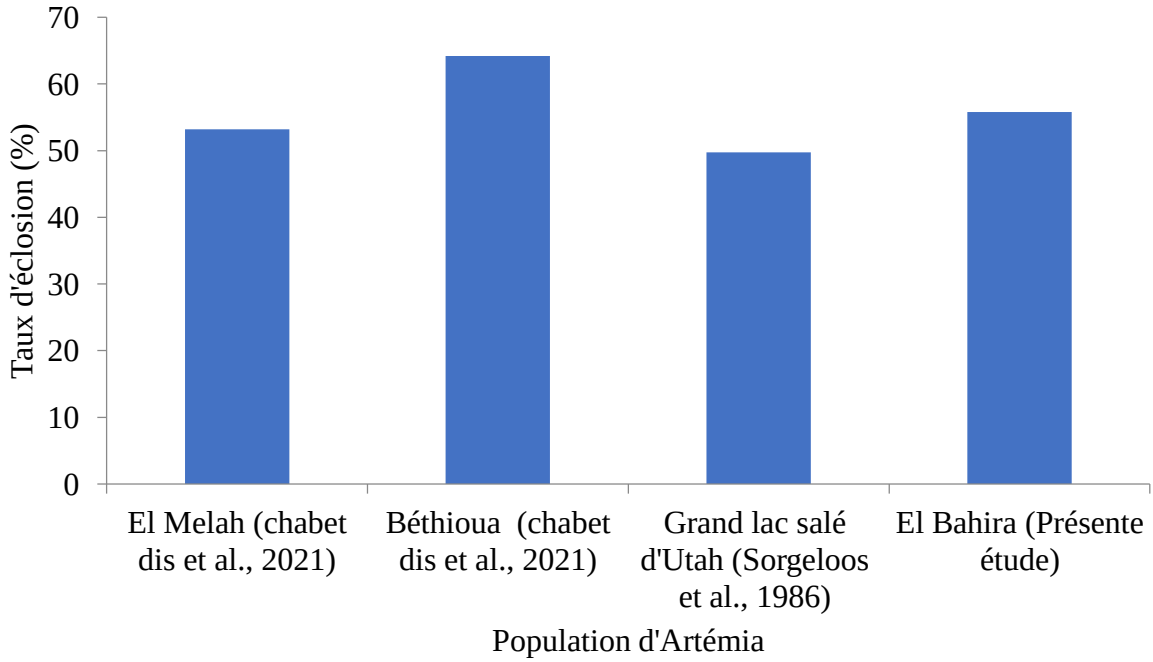


Figure 19. Taux d'éclosion des différentes cystes d'Artémia.

Le résultat de l'efficacité d'éclosion pour les cystes de la population El Bahira est inférieur aux valeurs reportés par Chabet dis et al. (2021) pour les populations d'El Melah (W. Béchar), Timimoune et Béthioua (W. Oran) et aussi de la souche commerciale du Grand Lac Salé d'Amérique (USA) qui présente une efficacité d'éclosion 267 200 nauplii par gramme de cyste pour les cystes normaux (Sorgeloos et al., 1986) (Figure 20).

Cependant, Chabet dis et al. (2021) a signalé que la qualité d'éclosion peut être améliorée par la décapsulation de la membrane chorionique.

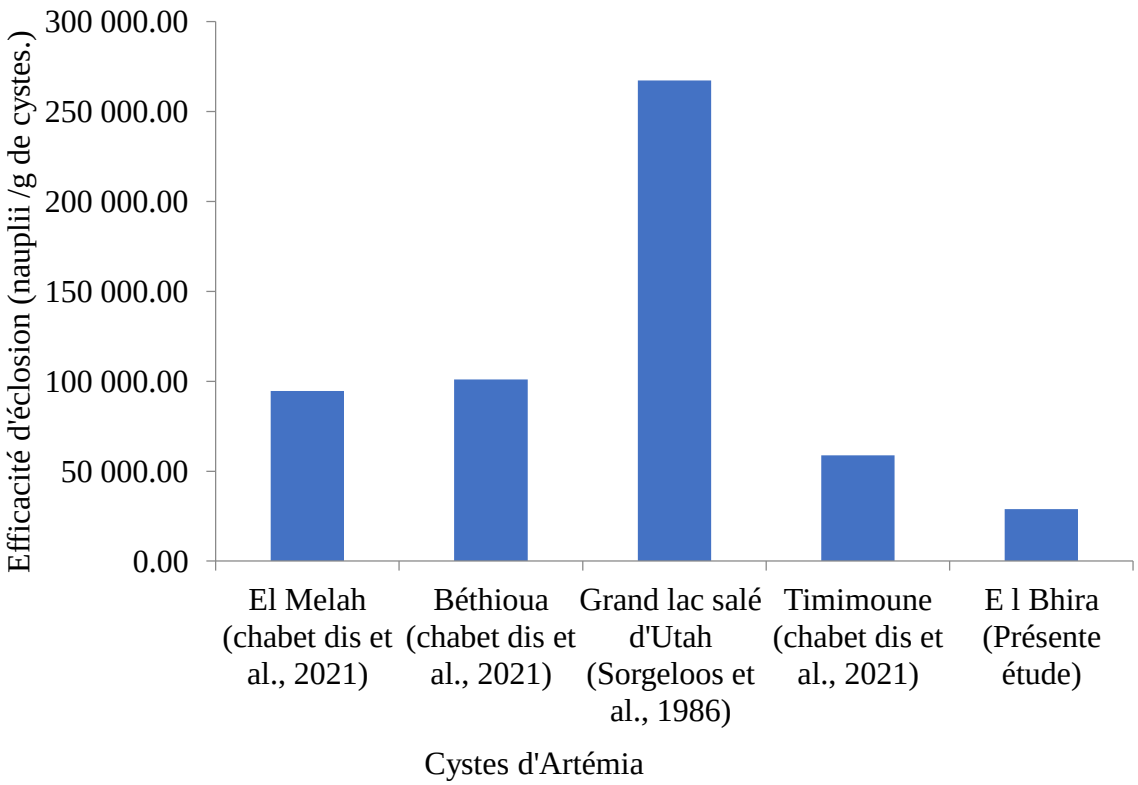


Figure 20. Efficacité d'éclosion des différentes cystes d'Artémia.

3. Biométrie des cystes

Le diamètre moyen des cystes normaux, hydratés et cystes décapsulés après hydratation à l'eau douce pendant 2 heures est représentés dans le tableau 2.

Tableau 2. Diamètre des cystes de la population d'El Bahira. Max : Maximum ; Moy : Moyenne ; Et : Ecart type ; Min : Minimum.

Diamètre (µm)				
	Max	Moy	Et	Min
Cystes décapsulés (N=30)	220.22	217.1	14.6	167
Cystes hydratés (N=30)	230.2	235.26	9.4	182.3
Cystes normaux (N=30)	200.21	177.4	14.1	14.1

Une comparaison a été réalisée entre les cystes d'Artémia d'El Bahira et d'autres cystes d'Artémia (Figure 21). La population d'El Bahira produit des cystes plus petits par rapport à la population de Béthioua (Chabet dis et al., 2021) qui se trouve dans l'Est de l'Algérie et la population de Timimoune (Chabet dis et al., 2021) qui se trouve dans le Sud de l'Algérie.

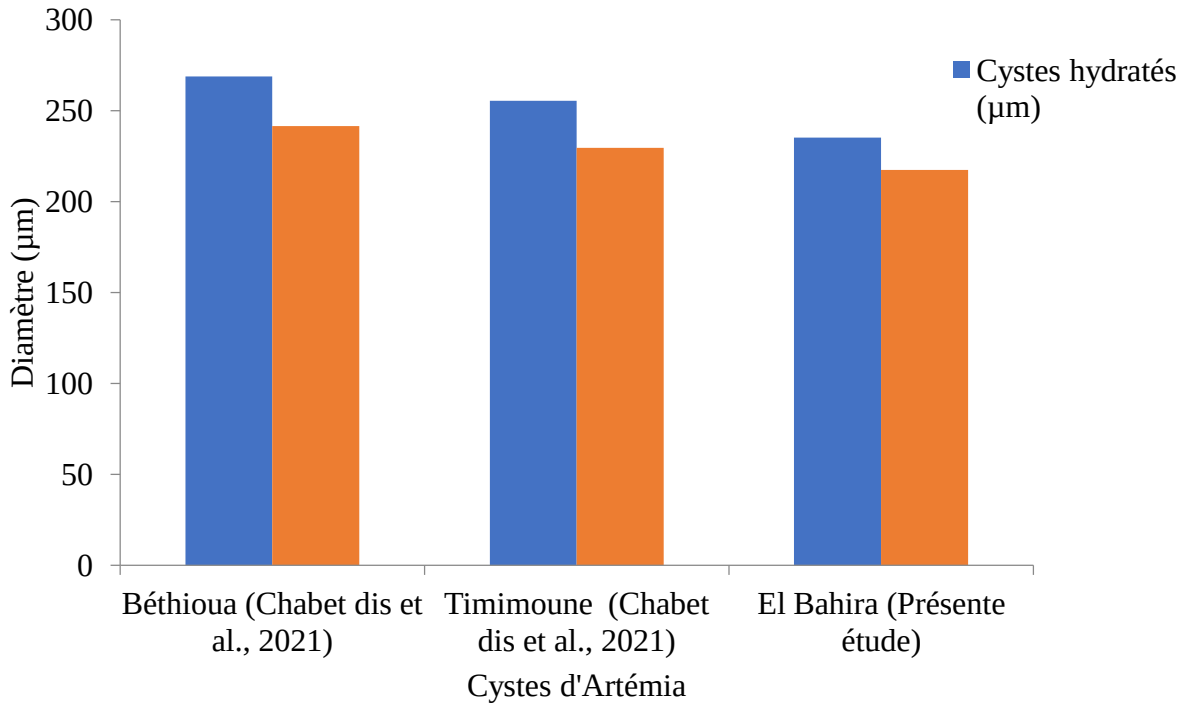


Figure 21. Comparaison entre le diamètre des différents cystes algériens.

Les cystes d'El Bahira possèdent un chorion d'une épaisseur de 9 µm. la comparaison entre les différentes épaisseurs de la membrane chorionique de quelques populations algériennes montrent que la population d'El Bahira possède une membrane chorionique mince (Figure 22). Le chorion protège l'embryon et se présente comme une réponse pour compenser l'action de la salinité élevée et les fortes températures (Sorgeloos et al., 1986).

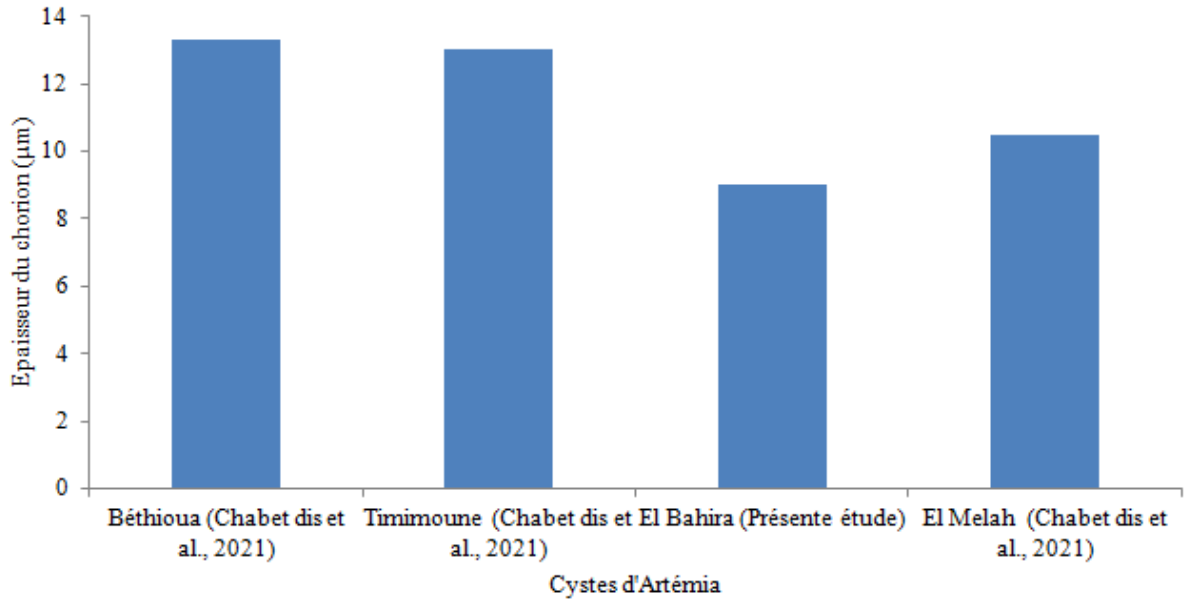


Figure 22. Epaisseur de la membrane chorionique de quelques populations d'Artémia.

4. Biométrie des nauplii

La longueur moyenne des nauplii de la population d'Artémia d'El Bahira est de 377 ± 2.05 µm. une comparaison a été établie entre les nauplii d'Artémia du lac El Bahira et d'autres nauplii des populations algériennes. Les résultats sont représentés dans la Figure 23.

Les nauplii d'Artémia du lac El Bahira sont de petite taille par rapport aux autres nauplii du Sud (Timimoune et El Melah (Béchar)) et de l'Ouest (Béthioua)) mais se situent bien entre les souches bisexuelles de la baie de San Francisco (SFB) et du Grand Lac Salé (GSL), les souches les plus utilisées en aquaculture (428 µm et 489 µm, respectivement) (Sorgeloos et al., 1986).

Figure 23. Comparaison entre les différentes longueurs des nauplii d'Artémia (souches algériennes).

5. Croissance

5.1. Croissance de l'Artémia en élevage à base de levure

La courbe de croissance linéaire de l'Artémia du lac El Bahira cultivé dans un milieu avec alimentation à base de levure est représentée dans la Figure 24. Une forte corrélation a été observée entre la longueur totale des individus d'Artémia et le temps d'l'élevage (r=0.97).

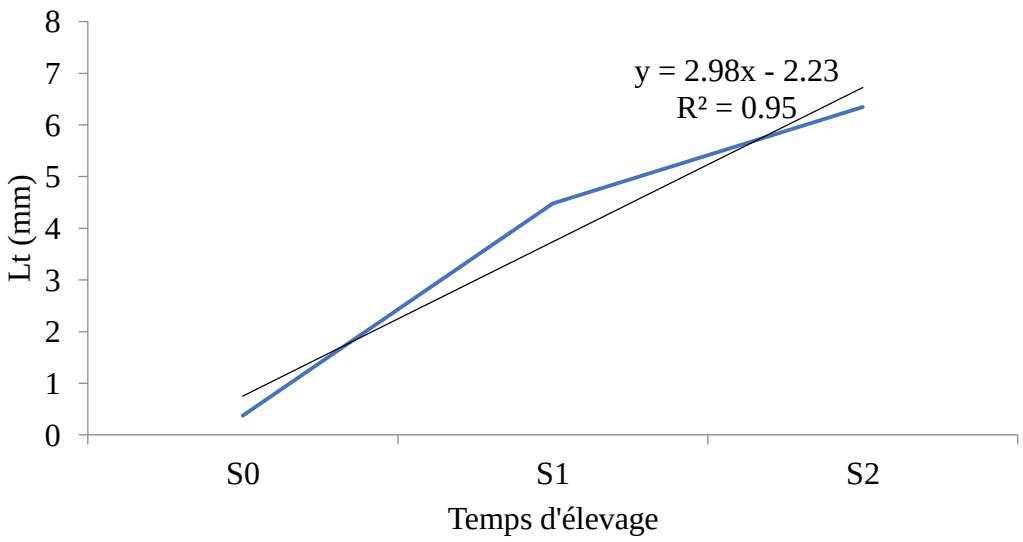


Figure 24. Courbe de croissance linéaires de l'Artémia du lac El Bahira (alimentation à base de levure).

5.2. Croissance de l'Artémia en élevage avec alimentation à base de poudre d'*Ulva*

La croissance linéaire de l'Artémia du lac El Bahira élevé et alimenté avec la poudre d'*Ulva* est représentée dans la Figure 25. Une forte corrélation a été notée entre la longueur totale des individus d'Artémia et le temps d'l'élevage (r=0.95).

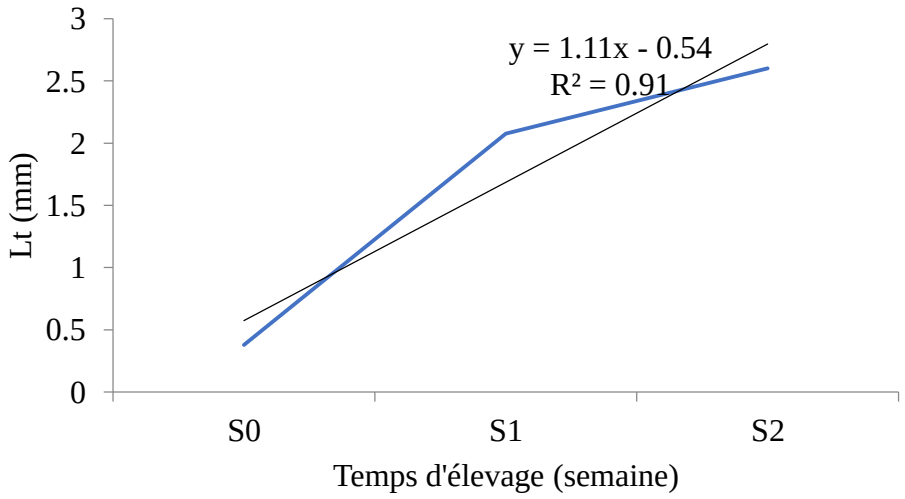


Figure 25. Courbe de croissance linéaires de l'Artémia du lac El Bahira (alimentation à base de la poudre d'*Ulva*).

5.3. Croissance de l'Artémia en élevage avec alimentation à base la micro-algue Chlorelle

La croissance linéaire de la micro-algue Chlorelle est représentée dans la Figure 26. Nous observons que la croissance est plus importante) au cours des premières trois jours où le milieu d'élevage est riche en matières nutritives (Milieu F/2). Un ralentissement a été noté durant le 2éme jour et cela peut être expliqué par le manque d'agitation du milieu, la croissance à atteint son maximum au 8éme avec une concentration de 478.36 Cell/mL.

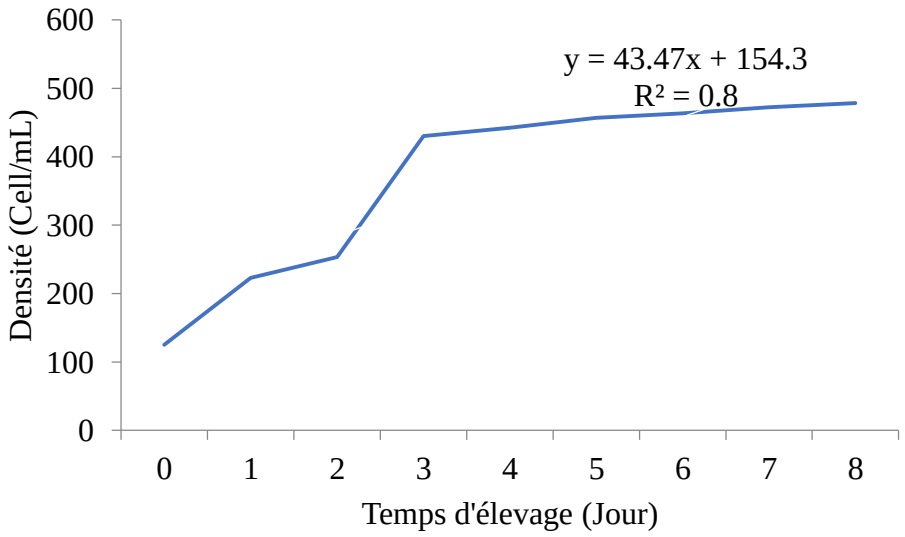


Figure 26. Courbe de croissance de la chlorelle cultivée dans le milieu F/2.

Nous avons estimé le taux de croissance spécifique (TCS) chez la chlorelle cultivée dans le milieu F/2. Les résultats sont illustrés dans la Figure 27. Le taux de croissance spécifique était plus important durant le premier et le troisième jour de culture avec un maximum de 0.6 Cell/J. Pendant les derniers jours, le taux de croissance été négligeable (0.01 Cell/J), ce faible taux peut être dû à l'arrêt ou la diminution de la croissance. Une forte corrélation a été observée entre le Taux de croissance spécifique (TCS) et le temps de culture ou le coefficient de corrélation r=0.73.

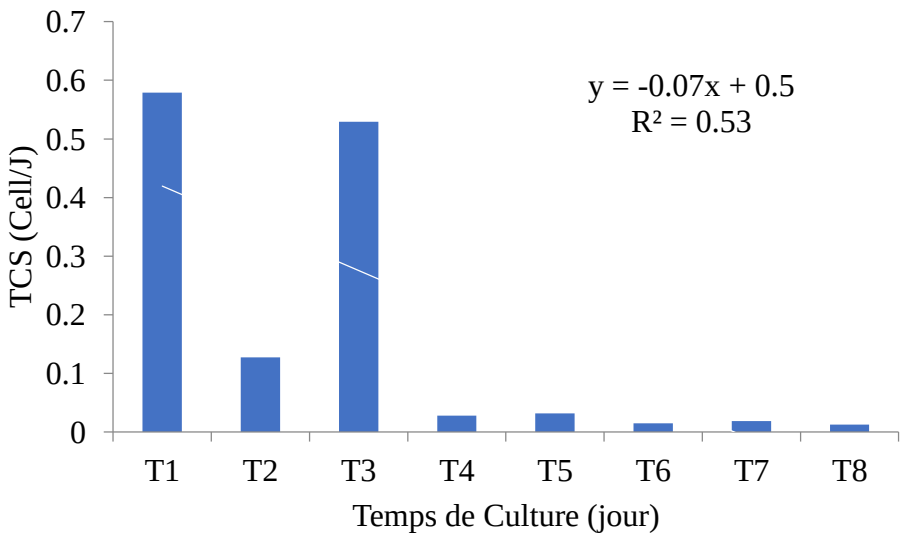


Figure 27. Taux de croissance spécifique chez la chlorelle cultivée dans le milieu F/2.

La croissance linéaire de l'Artémia du lac El Bahira élevé et alimenté à base de la micro-algue Chlorelle est représentée dans la Figure 28. Une forte corrélation a été observée entre la longueur totale des individus d'Artémia et le temps d'l'élevage (r=0.99).

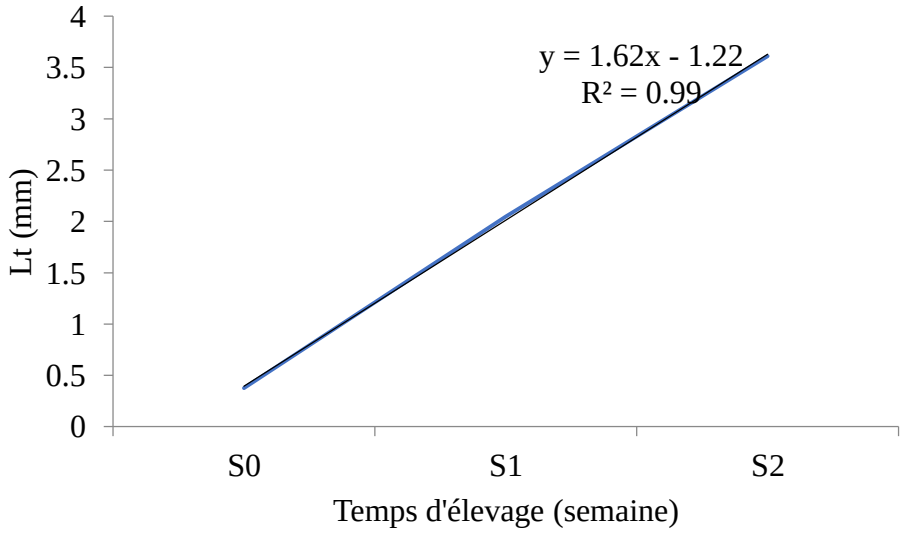


Figure 28. Courbe de croissance linéaires de l'Artémia du lac El Bahira (alimentation à base de micro-algue Chlorelle).

5.4. Taux de croissance de l'Artémia

Nous avons estimé le taux de croissance chez l'Artémia élevé dans des milieux d'élevage avec différentes alimentations. Les résultats sont représentés dans la Figure 29.

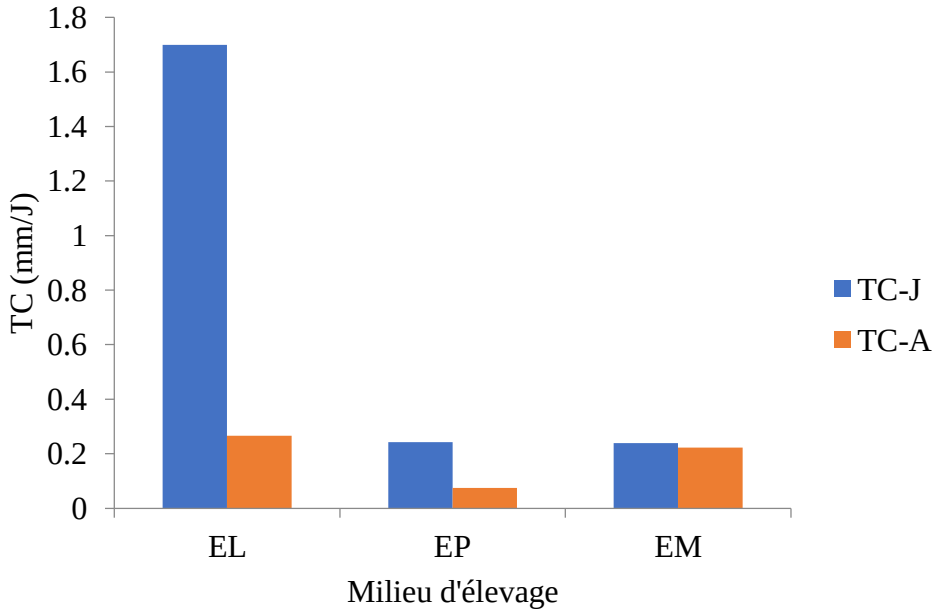


Figure 29. Taux de croissance d'Artémia du lac El Bahira. TC : taux de croissance ; EL : Elevage avec alimentation à base de levure ; EP : Elevage avec alimentation à base de poudre d'Ulva ; EM : Elevage avec alimentation à base de micro-algue (chlorelle) ; TC-A : Taux de croissance des adultes ; TC-J : Taux de croissance des juvéniles.

Le taux de croissance des individus d'Artémia est plus important dans l'levage avec alimentation à base de levure. Un maximum de 1.7mm/J et 0.3 mm/J est enregistré pour les juvéniles et les adultes respectivement. Un minimum de 0.24 mm/J et de 0.07 mm/J est pour les juvéniles dans l'levage avec alimentation à base de Chlorelle et les adultes dans l'levage avec alimentation à base de poudre d'*Ulva*, respectivement.

Provasoli et Shiraishi ont signalé (1959), que l'Artémia est une espèce phagotrophe qui peut filtrer toutes particules inertes ou vivantes en suspension, capable d'absorber des particules alimentaires (phytoplancton, bactéries et détritus).

Quelle que soit l'alimentation (vivante ou inerte), elle doit montrer deux caractéristiques essentielles pour être ingérée par l'Artémia : l'insolubilité et petite taille (<50µm) (Trigui, 2017). Cependant, Chabet dis et al. (2023) ont signalé que l'Artémia adopte des stratégies pour survivre et se reproduire basé sur un effort temporel et un effort sexuel.

CONCLUSION

Conclusion

La présente étude consiste à optimiser la croissance de l'Artémia du lac El Bahira dans des milieux d'élevage en utilisant des alimentations différentes (levure, poudre algale (d'*Ulva*) et micro-algue (Chlorelle)).

Les cystes d'Artémia du lac El Bahira présentent un taux d'éclosion de 55.78% avec une efficacité d'éclosion de 28986.67 nauplii /g de cystes avec un diamètre moyen de 217.1 ± 14.6 µm, 235.26 ± 9.4 µm et 177.4 ± 14.1 µm pour les cystes décapsulés, hydratés et normaux, respectivement. Ces cystes produisent des nauplii avec une taille moyenne de 377 ± 2.05 µm.

Pour la croissance, une forte corrélation a été observée entre la longueur totale des individus d'Artémia et le temps d'élevage pour les trois catégories d'alimentation, cependant le taux de croissance des individus d'Artémia est plus important dans l'levage avec alimentation à base de levure pour les juvéniles et les adultes contrairement aux autres élevages à base de Chlorelle ou un taux de croissance minimum des juvéniles a été observé et à base de poudre d'*Ulva* ou un taux de croissance minimum des adultes a été observé.

Une étude complémentaire sur le taux de survie et sur le contenu nutritionnel en matière d'acides gras est nécessaire afin de confirmer les résultats et choisir le bon aliment à utilisé pour une bonne production aquacole.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

Abatzopoulos, T. J., Baxevanis, A. D., Triantaphyllidis, G. V., Criel, G., Pador, E. L., Van Stappen, G., & Sorgeloos, P. (2006). Quality evaluation of *Artemia urmiana* Günther (Urmia Lake, Iran) with special emphasis on its particular cyst characteristics (International Study on *Artemia* LXIX). *Aquaculture*, *254*(1-4), 442-454.

Abreu-Grobois, F A. (1987). A review of the genetics of *Artemia*. In: Sorgeloos, P., Bengtson, D. A., Decleir, W. and Jaspers, E. (eds) *Artemia Research and its Applications, vol 1: Morphology, Genetics, Strain Characterization, Toxicology*, pp. 61–99. Universa Press, Wetteren, Belgium.

Abreu-Grobois, F. A., & Beardmore, J. A. (1991). Genetic characterization and intra-generic relationships of *Artemia monica* Verrill and *A. urmiana* Günther. *Studies on Large Branchiopod Biology and Aquaculture*, 151-168.

Aloui, N. (2003). Bio-écologie de l'Artémia: *Artemia salina* (Branchiopodes, Anostracés) et optimisation des conditions de sa production en Tunisie. *Ph.D. Thesis*. Univ. Tunis Manar. Fac. Sci. Tunis., 1-300.

Amarouayache, M., Derbal, F., & Kara, M. H. (2004). Observations sur *Artemia sp* dans la Sebkhâ Ez-Zemoul (Aïn Mlila, Algérie Nord-Est). *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée, 37,* 472.

Amarouayache, M., Derbal, F., & Kara, M. H. (2007). Croissance et reproduction d'*Artemia sp* de la Sebkhâ Ez-Zemoul (Algérie, Nord-Est) dans les conditions d'élevage. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*, *38*, 411.

Amarouayache, M. (2009). L'Artémia dans les Chotts et les Sebkhas du Nord-est de l'Algérie: recherches sur les populations du Chott Marouane et de la Sebkha Ez-Zemoul. Doctorat thesis, Badji-Mokhtar university, Annaba, Algeria. 120pp.

Amarouayache, M., Derbal, F., & Kara, M. H. (2009). Biological data on *Artemia salina* (Branchiopoda, Anostraca) from Chott Marouane (northeast Algeria). *Crustaceana, 82*(8), 997.

Amarouayache, M., Derbal, F., & Kara, M. H. (2010). Caractéristiques écologiques et biologiques d'*Artemia salina* (Crustacé, Anostracé) de la sebkha Ez-Zemoul, Algérie Nord-est. *Revue d'écologie, 65,* 129-138.

Amarouayache, M., & Belakri, N. (2015). On a parthenogenetic population of *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda) from Algeria (El-Bahira, Sétif). *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research*, *3*(4), 59-65.

Amarouayache, M., & Kara, M. H. (2015). Quality evaluation of a new strain of *Artemia* from Sebkha Ez-Zemoul, Algeria: biometry, hatching and fatty acid composition. *Vie et Milieu-Life and Environment*, *65*(4), 211-217.

Amarouayache, M., Cakmak, Y. S., Asan-Ozusaglam, M., & Amorouayeche, A. (2017). Fatty acid composition of five Algerian bisexual and parthenogenetic strains of *Artemia* (Anostraca, Crustacea) and their antimicrobial activity. *Aquaculture International*, *25*(4), 1555-1568.

Amarouayache, M., & Kara, M. H. (2017). Aspects of life history of *Artemia salina* (Crustacea, Branchiopoda) from Algeria reared in different conditions of salinity. *Vie et milieu-life and environment*, *67*(1), 15-20.

Amat, F. (1979). Diferenciaciôn y distribucion de las poblaciones de *Artemia (Crustaceo Branquiopodo)* de España. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. 251 pp.

Amat, F. (1985). Biología de *Artemia*. *Informes Técnicos del Instituto de Investigaciones Pesqueras*, *126*(127), 1-60.

Bennabi, F., Meddah, M. B., Toumi, F., Hamel, L., Megharbi, A., Koudache, F., & Ghomari, S. (2015). Etude éco-biologique d'*Artémia salina* des zones humides de l'Ouest Algérien. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, *11*(2), 97-106.

Brisset, P. (1984). Elevage et utilisation en aquaculture de l'Artémia. *Ph.D. Thesis.* Univ. Lille I. 137.

Browne, R. A., & Bowen, S. T. (1991). Taxonomy and population genetics of *Artemia*. *Artemia biology*, *9*, 221-235.

Bruggeman, E., Sorgeloos, P., & Vanhaecke, P. (1980). Improvements in the decapsulation technique of *Artemia* cysts. 261-269. In: *The Brine Shrimp Artemia.* Vol. 3. G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels yE. Jaspers (Eds.). Univers a Press. Wetteren (Belgium). 456pp.

Camara, M. R. (2020). After the gold rush: A review of *Artemia* cyst production in northeastern Brazil. *Aquaculture Reports*, 17:100359.

Camargo, W.N., Ely, J.S., Duran, G.C., & Sorgeloos. P. (2004). Influence of some physicochemical parameters on *Artemia* biomass and cyst from the Colombian Caribbean. *J. World. Aquacult. Soc*., 35: 296–305.

Cassel, J. D. (1937). The Morphology of *Artemia Salina* (Linnaeus) M.A. Thesis, Leland Stanford Junior University, California, USA. 108pp.

Chabet dis, C., Refes, W., Varo, I., Hontoria, F., Amat, F., & Navarro, J. C. (2021). Quality evaluation of *Artemia* cysts from three Algerian populations. *African Journal of Aquatic Science*, *46*(4), 464-472.

Chabet dis, C. 2022. Evaluation des ressources d'artémie (Branchiopode) dans la partie ouest et sud-ouest de l'Algérie, une ressource alimentaire pour les poissons d'élevage. Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral. Thèse de Doctorat. 250P.

Chabet dis, C., Refes, W., & Okazaki, R. K. (2023). First biocharacterization of *Artemia* populations from western and northwestern Algeria. *Zoomorphology*, *143*(1), 77-88.

Cohen, R. G., Amat, F., Hontoria, F., & Navarro, J. C. (1999). Preliminary characterization of some Argentinean *Artemia* populations from La Pampa and Buenos Aires provinces. *International Journal of Salt Lake Research*, *8*(4), 329-340.

De los rios, P. R., & Zuniga, O. (2000). Comparación biométrica del lóbulo frontal en poblaciones americanas de *Artemia* (Anostraca, Artemiidae). *Revista chilena de historia natural*, *73*(1), 31-38.

De Los Rios-Escalante, P., & Amarouayache, M. (2016). Crustacean zooplankton assemblages in Algerian saline lakes: a comparison with their Chilean Altiplano counterparts. *Crustaceana*, *89*(13), 1485-1500.

Defaye, D., Rabet N., & Thirry, A. (1998). Atlas et Bibliographie des crustacés branchiopodes (Anoslraca, Notostraca, Spinicaudata) de France métropolitaine. *Coll. Patrim. Nat*. Serv. Patrim. Nat. IEGB. MNHN. Paris., 32, 61.

Dhont, J., & Van Stappen, G. (2003). Biology, tank production and nutritional value of *Artemia*. *Live feeds in marine aquaculture*, 65-121.

Dobelleir, J., Adam, N., Bossuyt, E., Bruggrman, E., & Sorgeloos, P. (1980). New aspects of the use of inert diets for high culturing of brine shrimp: *Brine Shrimp Artemia*: *Ecol, Cult, Use Aquacult*. In: Persoone, G., P. Sorgeloos., O.A. Roels., E. Jaspers (eds). Univ. Press. Wett. Belgium., 3, 165-174.

Drinkwater, L.E & J.S. Clegg. (1991). *In*: Artemia biology (Browne, R.A., Sorgeloos. P., and Trotman, C.N.A., eds). CRC Press, Boca Raton: 93-118

Gajardo, G. M., & Beardmore, J. A. (1993). Electrophoretic evidence suggests that the Artemia found in the Salar de Atacama, Chile, is A. franciscana Kellogg. *Hydrobiologia*, *257*, 65-71.

Gajardo, G., Colihueque, N., Parraguez, M., & Sorgeloos, P. (1998). International Study on *Artemia* LVIII. Morphologic differentiation and reproductive isolation of *Artemia* populations from South America. *International Journal of Salt Lake Research*, *7*(2), 133-151.

Gajardo, G., Mercado, C., Beardmore, J. A., & Sorgeloos, P. (1999). International study on Artemia. LX. Allozyme data suggest that a new *Artemia* population in southern Chile (50° 29′ S; 73° 45′ W) is A. persimilis. *Hydrobiologia*, *405*(0), 117-123.

Ghomari, S. M. (2013). Localisation et caractérisation de la ressource naturelle *Artemia* dans les milieux salins algériens (Zones Humides de l'Ouest, de l'Est et Sahariennes) (Doctoral dissertation). Université de Mostaganam.145pp.

Haddag, M. (1991). Contribution à l'étude d'une souche d'Artémia (*Artemia tunisiana*) endémique aux eaux de la saline d'Arzew (Algérie). Thèse de Magister en Sciences biologiques. Option aquaculture. Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, Alger.79 pp.

Hedgpeth, J.W. (1959). Some preliminary considerations of the biology of inland mineral waters. Archivio Oceanogr. *Limnol*., 11: 111-141.

Hontoria, F., & Amat, F. (1992). Morphological characterization of adult *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda) from different geographical origin. Mediterranean populations. *Journal of plankton research*, *14*(7), 949-959.

Kara, M. H., Bengraine, K. A., Derbal, F., Chaoui, L., & Amarouayache, M. (2004). Quality evaluation of a new strain of *Artemia* from Chott Marouane (Northeast Algeria). *Aquaculture*, *235*(1-4), 361-369.

Kara M. H., & Amarouayache, M. (2012). Review of the biogeography of Artemia Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Algeria. *International Journal of Artemia Biology*, *2*(1), 40-50.

Khemakhem, M. (1988). *Artemia* dans les salines de Sfax: Etude biologique et écologique, possibilité d'exploitation à des fins aquacoles. *Mem. Cyc. Ing. Sec. Hali. Spec. Aquacult*. INAT. 114.

Lavens, P., Tackaert, W. & Sorgeloos, P. (1986). ISA. XLI. The influence of culture conditions and specifie diapause-dcactivation methods on the hatchability of *Artemia* cysts, produced in a standard culture system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*,31, 179-203.

Lavens, P., & Sorgeloos, P. (1987). The cryptobiotic state of *Artemia* cysts, its diapause deactivation and hatching: a review. *Artemia research and its applications*, *3*, 27-63.

Lavens, P., & Sorgeloos, P. (1996). Manual on the production and use of live food for aquaculture (No. 361). Food and Agriculture Organization (FAO) *Fisheries Technical Paper*, *361*,175-180.

Lavens, P., & Sorgeloos, P. (2000). The history, present status and prospects of the availability of *Artemia* cysts for aquaculture. Aquaculture, 181 (3-4), 397-403.

Lenz, P., & Dana, G.L. (1987). Life-cycle studies in *Artemia* : a comparison between a sub-tropical and a temperate population: 90-100. En: *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. P. Sorge1oos, D.A. Bengtson, W. Decleir y E. Jaspers (Eds.).*Universa Press*. Wetteren (Belgium). 556 pp.

Litvinenko, L. I., Litvinenko, A. I., Boiko, E. G., & Kutsanov, K. (2015). *Artemia* cyst production in Russia. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 33(6), 1436–1450. https://doi.org/10.1007/s00343-015-4381-6

Lopalco, P., Lobasso, S., Lopes-dos-Santos, R. M. A., Van Stappen, G., & Corcelli, A. (2019). Lipid Profile Changes During the Development of *Artemia franciscana*, From Cysts to the First Two Naupliar Stages. Frontiers in Physiology, 9. doi:10.3389/fphys.2018.01872

MacRae, T. H. (2016). Stress tolerance during diapause and quiescence of the brine shrimp, *Artemia*. *Cell Stress and Chaperones*, *21*(1), 9-18.

Muñoz, J., & Pacios, F. (2010). Global Biodiversity and Geographical Distribution of Diapausing Aquatic Invertebrates: The Case of the Cosmopolitan Brine Shrimp, *Artemia* (Branchiopoda, Anostraca). *Crustaceana*, *83*(4).

Nourisson, M., & Thiéry, A. (1988). Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises.-9. Crustacés Branchiopodes (Anostracés, Notostracés, Conchostracés)(suite et fin). *Publications de la Société Linnéenne de Lyon*, *57*(4), 104-135.

Persoone, G. & P. Sorgeloos. (1980). General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia.:* 3-24. En: *The Brine Shrimp Artemia.* Vol. 3. G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels y E. Jaspers (Eds.). Universa Press. Wetteren (BeIgium). 456 pp.

Provasoli, L., & D'agostino, A. (1969). Development of artificial media for *Artemia salina*. *The Biological Bulletin*, *136*(3), 434-453.

Provasoli, L. & Shiraishi, K. (1959). Axenic cultivation of the brine shrimp *Artemia salina*.

Biol. Bull., 117: 347-355.

Sorgeloos, P., Persoone, G., Baeza-Mesa, M., Bossuyt, E., & Bruggeman, E. (1978). The use of *Artemia* cysts in aquaculture: the concept of "hatching efficiency" and description of a new method for cyst processing. In *Proceedings of the annual meeting-World Mariculture Society*. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, *9*(4), 715-721.

Sorgeloos, P. (1980). The use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture. *Brine. Shrimp Artemia*: *Ecol, Cult, Use Aquacult*. In: Persoone, G., P. Sorgeloos., O.A. Roels., E. Jaspers (eds). Univ. Press.Wett. Belgium., 3, 1-456.

Sorgeloos P., Lavens P., Leger P., Tackaert W. & Versichele D. (1986) Manual for the culture and use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture. *Artemia* Reference Center, State of Univ. Ghent, Belgium. 319pp.

Soundarapandian, P., & Saravanakumar, G. (2009). Effect of different salinities on the survival and growth of *Artemia spp*. *Current Research Journal of Biological Sciences*, *1*(2), 20-22.

Tobias, W.J., Sorgeloos, P., Roels, O., & Shrfstein. B.A. (1980). International study on Artemia XIII. A comparaison of production data of 17 geographical strains of Artemia in the

St. Croix Artificial Up-welling Mariculture System. *Brine Shrimp Artemia*: *Ecol, Cult, Use Aquacult*. In: Persoone, G., P. Sorgeloos., O.A. Roels., E. Jaspers (eds). Univ. Press.Wett. Belgium., 3, 383-392.

Treece, G. D. (2000). *Artemia* production for marine larval fish culture (Vol. 702). Stoneville, Mississippi: Southern Regional Aquaculture Center.

Triantaphyllidis, G., Abatzopoulos, T., & Sorgeloos, P. (1998). Review of the biogeography of the genus *Artemia* (Crustacea, Anostraca). *Journal of biogeography*, *25*(2), 213-226.

Trigui, K. (2017). Recherches sur l'éco-biologie de l'Artémia (*Artemia salina*) de la saline de Sahline et effet des principaux facteurs externes sur sa survie en vue de maitriser son élevage. Université de Carthage. 113pp.

Van Stappen, G. (1996). Use of cysts. In *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. FAO. , *361*, 107-136.

Van Stappen, G. (1996). Use of cysts. In *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. FAO. , *361*, 107-136.

Vanhaecke, P., & Sorgeloos, P. (1980). International Study on *Artemia*. IV. The biometrics of *Artemia* strains from different geographical origin. *The brine shrimp Artemia*, *3*, 393-405.

Vos, J. & Transutapanit, A. (1979). Detailed report on *Artemia* cysts inoculation in Bangpakong. Chachoengsao Province. *FAO/UNDP Field Doc*. 54.

Wheeler, R., Yudin, A. I., & Clark Jr, W. H. (1979). Hatching events in the cysts of *Artemia* salina. *Aquaculture*, *18*(1), 59-67.

Zouari, M. (2016). Centre Technique d'Aquaculture. *CTA*. Tunisie.

http://fr.fishseaweed.com

https://www.fao.org

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

Étude technico-économique en vue de l'obtention du diplôme Start-up

Thème :

Bureau d'étude spécialisé dans la surveillance des installations aquacoles marines et terrestres par AI

Présenté par :

- Zeghdi Mohamed El Amine

- Inchacout Mouhamed Djamal Eddine

- Bouria Hillal

Soutenue le 0/07/2024, devant le jury composé de :

Année Universitaire : 2023/2024

Table des matières

Introduction : 4

Le premier axe : Présentation du projet 5

1. L'idée de projet : 5

2. Les valeurs proposées : 5

3. Équipe de travail : 6

4. Objectifs du projet : 6

5. Calendrier de réalisation de projet : 6

Deuxième axe: Aspects innovants 7

1. Nature des innovations : 7

2. Domaines d'innovation : 7

Troisième axe : Analyse stratégique du marché 8

1. Le segment du marché : 8

2. Mesure de l'intensité de la concurrence : 8

3. La stratégie marketing : 9

Quatrième axe : Plan de production et organisation 10

1. Le processus de production : 10

2. L'approvisionnement: 11

3. La main d'œuvre : 11

4. Les principaux partenaires : 12

Cinquième axe : Plan financier 13

1. Les couts et charges : 13

2. Le chiffre d'affaires : 14

3. Les comptes de résultats escomptés : 15

4. Le plan de trésorerie : 17

Sixième axe : Prototype expérimental..... 19

Carte d'information

1. Équipe d'encadrement :

Équipe d'encadrement (à titre indicatif)	
Encadrant principal : Mr. Lourguioui Hichem	**Spécialité :** Aquaculture
Co-encadrant 01 : Mme. Dis Chabat Chalabia	**Spécialité :** Aquaculture

2. Équipe de projet :

Étudiant	Faculté	Spécialité
Zeghdi Mohamed El Amine	**ENSSMAL**	**Aquaculture**
Inchacout Mouhamed Djamal Eddine	**ENSSMAL**	**Aquaculture**
Bouria Hillal	**ENSSMAL**	**Aquaculture**

Introduction :

L'aquaculture, qui représente aujourd'hui près de la moitié du poisson consommé dans le monde, fait face à de nombreux défis pour nourrir une population mondiale en croissance tout en préservant les ressources et les écosystèmes. Pour y répondre, les entreprises aquacoles ont plus que jamais besoin d'optimiser leurs opérations, de la qualité de l'eau au bien-être des animaux en passant par la détection précoce des maladies.

C'est pour les aider à relever ces défis qu'est né notre bureau d'étude, spécialisé dans le développement et le déploiement de solutions de surveillance basées sur l'Intelligence Artificielle (IA). Notre vision est de mettre la puissance de l'IA au service de l'aquaculture durable, pour permettre aux acteurs du secteur de prendre de meilleures décisions grâce aux données collectées.

En combinant une expertise pointue en IA et une connaissance approfondie des enjeux de l'aquaculture, notre équipe développe des solutions sur mesure capables de collecter et d'analyser en temps réel des données environnementales et comportementales au sein des fermes aquacoles. Qu'il s'agisse de surveiller la qualité de l'eau, de détecter des anomalies de comportement chez les poissons ou d'optimiser l'alimentation, nos algorithmes tirent le meilleur parti des données pour générer des recommandations actionnables pour nos clients.

À travers des partenariats étroits avec des instituts de recherche et des acteurs clés du secteur, nous visons à faire émerger un nouveau standard de précision et d'efficacité pour les opérations aquacoles. Notre ambition est de démocratiser l'accès à ces technologies de pointe, pour aider les entreprises de toutes tailles à concilier performance économique et durabilité environnementale.

Ce Business Model Canvas détaille la proposition de valeur unique de notre bureau d'étude, ainsi que son modèle économique alliant vente de matériel et de logiciels et services récurrents à forte valeur ajoutée. Il illustre notre stratégie pour devenir un acteur de référence sur le marché porteur de l'IA appliquée à l'aquaculture.

Le premier axe : Présentation du projet

1. L'idée de projet :

Le projet consiste à créer un bureau d'étude innovant spécialisé dans la surveillance et le suivi des installations aquacoles, aussi bien en milieu marin que terrestre. L'idée est née du constat des besoins croissants de sécurisation et d'optimisation des sites aquacoles face aux aléas climatiques et sanitaires.

La solution proposée repose sur le déploiement de technologies d'intelligence artificielle pour analyser en temps réel de multiples données collectées par des capteurs (paramètres physicochimiques de l'eau, comportement des animaux, détection de pathogènes...). Des modèles prédictifs permettront d'anticiper les risques et d'ajuster en conséquence les conditions d'élevage.

Ce suivi continu et cette gestion assistée par IA apporteront une vraie valeur ajoutée aux exploitants aquacoles, en termes de réduction des pertes, d'amélioration des rendements et de traçabilité sanitaire et environnementale. Le service sera opéré à distance par une équipe d'ingénieurs spécialisés, en liaison étroite avec le client.

2. Les valeurs proposées :

On a listé les principales valeurs à mettre en avant auprès des clients, cibles que sont les collectivités, services de l'État :

- Proposer des solutions de pointe basées sur les dernières avancées en IA pour révolutionner le suivi et l'optimisation des fermes aquacoles.
- Permettre des gains significatifs de productivité, une réduction des pertes et une meilleure traçabilité grâce à une surveillance continue et une aide à la décision en temps réel.
- Équipes pluridisciplinaires qualifiées combinant des compétences pointues en aquaculture, en science des données et en développement d'algorithmes d'AI.
- Proposer des solutions adaptées au contexte spécifique de chaque exploitation, en tenant compte des contraintes techniques, économiques et environnementales.

- Assurer une prestation complète incluant diagnostic initial, déploiement de la solution, formation des utilisateurs et support technique et scientifique dans la durée.
- Contribuer à développer une aquaculture plus durable, plus saine et plus respectueuse de l'environnement et du bien-être animal grâce à une gestion optimisée.
- Démocratiser l'accès aux technologies IA pour les petites et moyennes fermes aquacoles grâce à des solutions abordables et évolutives.

3. Équipe de travail :

Étudiant 01 : Zeghdi Mohamed El Amine

Étudiant 02 : Inchacout Mouhamed Djamal Eddine

Étudiant 03 : Bouria Hilal

4. Objectifs du projet :

Notre objectif au cours de cinq premiers années de devenir un leader sur le marché algérien des solutions de surveillance aquacole par AI, en visant 20 à 25% de part de marché sur ce créneau.

Sur le long terme (5-10 ans), Nos objectifs sont de conserver un leadership, de diversifier les activités, et d'atteindre 30 à 40% des parts de marché en des solutions de surveillance aquacole dans l'Algérie.

5. Calendrier de réalisation de projet :

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Études préalables	✖	✖										
2	Commande des équipements			✖	✖								
3	Construction d'un siège de production					✖	✖						
4	Installation des équipèrent							✖	✖				
5	Achat de matière première									✖	✖		
6	Réalisation de prototype											✖	✖

Deuxième axe: Aspects innovants

1. Nature des innovations :

Notre micro-entreprise se distingue par son approche novatrice. Elle offre d'un service nouveau combinant expertise aquacole et technologies d'intelligence artificielle pour optimiser la gestion et la performance des fermes aquacoles. Cela n'existait pas auparavant sur le marché.

L'entreprise utilise des capteurs connectés et d'algorithmes d'IA pour collecter et analyser en temps réel de multiples données sur les paramètres d'élevage. Cela permet un suivi continu et une prise de décision assistée par IA.

Notre entreprise développe des modèles prédictifs basés sur l'IA pour anticiper les risques (maladies, qualité de l'eau...) et ajuster les conditions d'élevage de manière proactive.

2. Domaines d'innovation :

Notre micro-entreprise spécialisé dans la surveillance des installations aquacoles par AI peut s'inscrire dans plusieurs domaines d'innovation :

- Mise à disposition des exploitants d'un tableau de bord digital avec les indicateurs clés de performance de leur ferme, accessible à distance. Cela améliore le pilotage et la prise de décision.
- Génération d'alertes automatiques en cas de détection d'anomalies par l'IA, avec recommandations d'actions correctives. Le système devient plus intelligent.
- Ciblage des petites et moyennes fermes aquacoles qui n'ont généralement pas accès à ce type de technologies avancées, en leur proposant une offre adaptée et abordable. Cela ouvre de nouveaux marchés.

- Proposition de la solution aux organismes de certification et aux assurances aquacoles pour les aider à mieux évaluer et maîtriser les risques. De nouveaux débouchés sont possibles au-delà des exploitants.
- Offre d'un service complet allant de l'audit initial, à l'installation des capteurs, jusqu'au suivi continu des données dans la durée, le tout opéré à distance. C'est une prestation inédite sur ce marché.

Troisième axe : Analyse stratégique du marché

1. Le segment du marché :

Le marché potentiel regroupe tous les acteurs impliqués dans la gestion côtière et marine : les 58 wilayas, le Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques, Les Directions de la Pêche et l'aquaculture, les bureaux d'études en aquaculture, les entreprises aquacoles.

Notre micro-entreprise vise à :

- cibler les fermes aquacoles de taille moyenne à grande (à partir de 600 tonnes de production par an), car elles ont d'avantage de moyens pour investir dans ces solutions et sont plus sensibles aux enjeux de performance.
- Privilégier les fermes aquacoles marines (pisciculture marine, conchyliculture, algoculture...) car l'environnement marin est plus complexe à surveiller et l'apport de l'IA y est plus pertinent.
- Se concentrer sur les régions aquacoles les plus dynamiques du pays (zones côtières et régions intérieurs)

2. Mesure de l'intensité de la concurrence :

Sur le marché algérien de l'aquaculture marine, la concurrence reste modérée. Notre principal rival direct est les bureaux d'études comme Djoudhour et Plan Eco aquaculture qui sont positionnent en Alger. Ils offrent des modèles de fermes mais manquent de la précision qu'offrent nos capteurs et logiciels.

3. La stratégie marketing :

Notre bureau d'études spécialisé dans la surveillance des installations aquacoles par AI mise sur une stratégie marketing adaptée à nos moyens de startup. Face à des concurrents établis, nous équilibrons astucieusement notre mix marketing.

Bien que l'entreprise se positionne comme un partenaire expert et innovant grâce à des solutions intelligentes pour optimiser les performances aquacoles, elle cible principalement les fermes marines de taille moyenne à grande plus enclines à adopter de telles technologies. Cette approche stratégique se concentre sur les clients prometteurs susceptibles d'exploiter au mieux les offres.

Le produit phare se distingue par sa personnalisation permettant une surveillance sur-mesure adaptée à chaque contexte client. L'accent est mis sur une mise en œuvre et une utilisation simplifiées via des tableaux de bord et alertes automatisées, offrant ainsi une expérience intuitive et efficace aux utilisateurs.

Bien que l'entreprise propose actuellement des forfaits modulables selon les besoins variés de chaque client, elle cherche continuellement à affiner sa tarification. Dans le but d'acquérir de nouveaux clients pionniers, des offres promotionnelles ont vu le jour afin de démontrer de manière probante la valeur ajoutée de leurs solutions.

Cette distribution s'effectue de deux façons : par une équipe commerciale sur le terrain qui rencontre chaque prospect et répond à ses questions, de même qu'une plateforme en ligne simple d'utilisation permettant de commander les solutions. De plus, des accords stratégiques avec des fournisseurs réputés de matériel aquacole ainsi que des syndicats professionnels ont été établis dans l'optique de faire connaître les produits auprès d'un réseau étendu et faciliter leur adoption par l'industrie.

Pour la promotion, le digital prime : contenu éducatif viral, newsletter ciblée, et sponsoring stratégique d'événements. Des webinaires gratuits et des articles techniques renforcent notre crédibilité sans gros budget. Cette approche équilibrée et ingénieuse nous permet de concurrencer efficacement les grands acteurs, en transformant nos limites financières en opportunités d'innovation.

Quatrième axe : Plan de production et organisation

1. Le processus de production :

Bureau d'études spécialisé dans la surveillance des installations aquacoles par AI suit un processus de production rigoureux, garantissant des livrables de haute qualité. Ce processus se décompose en quatre étapes clés :

1. Analyse des besoins et faisabilité : - Étudier les besoins spécifiques en surveillance des fermes aquacoles en Algérie - Évaluer la faisabilité technique et économique du projet

2. Collecte et nettoyage des données : - Récolter les données pertinentes provenant des installations aquacoles (paramètres environnementaux, croissance des poissons, etc.) - Nettoyer et préparer les données pour l'analyse

3. Exploration et modélisation des données : - Analyser les données pour identifier des tendances et des corrélations - Développer des modèles prédictifs basés sur les données

4. Développement des algorithmes d'IA : - Concevoir et entraîner des algorithmes d'apprentissage automatique adaptés aux besoins de surveillance aquacole - Optimiser les algorithmes pour une performance et une précision maximales

5. Évaluation et interprétation des modèles : - Tester les modèles d'IA sur des données réelles pour évaluer leur performance - Interpréter les résultats et affiner les modèles si nécessaire

6. Intégration dans un système de surveillance : - Développer une plateforme logicielle intégrant les algorithmes d'IA - Concevoir une interface utilisateur conviviale pour le suivi et le contrôle

7. Tests et validation sur site : - Installer le système de surveillance dans des fermes aquacoles pilotes - Réaliser des tests approfondis et valider les performances en conditions réelles

8. Déploiement et mise en service : - Déployer le système de surveillance à grande échelle dans les fermes aquacoles clientes - Former les utilisateurs et assurer un support technique

9. Maintenance et amélioration continue : - Assurer la maintenance et les mises à jour du système - Collecter les retours d'expérience des utilisateurs pour identifier les axes d'amélioration - Faire évoluer en continu les algorithmes d'IA pour s'adapter aux nouveaux besoins et défis du secteur aquacole.

2. L'approvisionnement:

Notre bureau d'études spécialisé dans la surveillance des installations aquacoles par AI s'appuie sur une stratégie d'approvisionnement pointue. Nous structurons nos achats pour accéder aux meilleures technologies tout en optimisant nos finances.

Nos équipements sont stratégiques : capteurs, logiciels compact et stations de travail puissantes, tous choisis pour leur précision. Nos fournisseurs, leaders mondiaux, offrent qualité et support continu. La politique de paiement soutient notre croissance : versements échelonnés et financements à taux zéro pour le gros matériel, achats groupés pour les consommables. Cette approche nous permet d'avoir toujours la technologie de pointe nécessaire à notre innovation, tout en préservant notre trésorerie.

3. La main d'œuvre :

Notre projet, bien que démarrant comme une micro-entreprise, a un impact significatif et varié sur l'emploi. Nous créons directement trois postes clés, chacun essentiel à notre mission : un ingénieur en aquaculture, un data scientist en AI, un technicien en installation et maintenance des capteurs.

Mais notre impact ne s'arrête pas à ces emplois hautement qualifiés. En effet, notre croissance soutient également des emplois essentiels tel que :

Sur le plan technique, un technicien informatique pour la gestion de l'infrastructure de données, une assistante pour le support administratif, un formateur pour l'accompagnement des

utilisateurs, un responsable administratif et financier pour la gestion, la comptabilité, les RH, un ingénieurs commerciaux pour la relation client et le support technique, un responsable marketing et commercial pour le développement des ventes et un expert en IA utilisent nos données pour faire avancer la science.

Sur le terrain, deux plongeurs inspectent les infrastructures sous-marines, et un spécialiste traduit nos rapports en dialectes locaux.

Enfin, une femme de ménage et un agent de sécurité pour compléter notre équipe.

En tout, notre bureau génère environ 15 emplois. Cette diversité montre que l'aquaculture, vue par des ingénieurs comme nous, ne se limite pas à la technologie. Elle englobe recherche, culture locale, chaque poste direct ou indirect, de l'ingénieur au pêcheur devenu médiateur, contribue à une nouvelle économie marine où technologie et communauté s'unissent pour un littoral algérien résilient.

4. Les principaux partenaires :

Notre micro-entreprise spécialisé dans la surveillance des installations aquacoles par AI s'appuie sur un réseau stratégique de partenaires :

- L'École Nationale des Sciences de la Mer et l'Aménagement du littoral affine nos algorithmes.
- Algeria Venture et L'incubateur BlueStart nous incube.
- La Banque Extérieure d'Algérie finance notre équipement à taux préférentiel.
- La CNED co-investit en R&D

Cinquième axe : Plan financier

1. Les couts et charges :

Notre micro-entreprise spécialisé dans la surveillance des installations aquacoles par AI requiert un investissement initial conséquent, reflet de notre engagement d'ingénieurs pour une technologie de pointe. Le budget total s'élève à 13 millions de dinars, décomposé avec précision.

L'équipement technique qui est cœur de notre offre, représente 50% : 5 millions pour l'achat des capteurs, Le volet logiciel est crucial pour transformer les données en insights, il totalise 2 millions.

L'aménagement d'un bureau technique à Alger coûte 3 millions, garantissant un environnement optimal. Le fonds de roulement de 3 millions couvre 6 mois de salaires, loyers et missions terrain.

Notre financement allie vision écologique et pragmatisme d'ingénieur. La Banque Extérieure d'Algérie, séduite par notre impact bleu, prête 9 millions à 4% sur 7 ans, avec 6 mois de grâce. Un taux avantageux reflétant la confiance dans notre projet.

La CNED octroie 4 millions.

Notre remboursement, suit un plan structuré et progressif ; Les six premiers mois, critiques pour notre installation, sont sans remboursement. Cette période de grâce nous permet de déployer nos capteurs sans pression financière immédiate, assurant une fondation technologique solide.

Ensuite, notre remboursement s'échelonne lentement d'abord, puis à un rythme constant. La première année, seuls les intérêts (360 000 DA) sont dus, comme une phase d'observation où nous mesurons le terrain. De l'année 2 à 7, nous remboursons une part fixe de capital (1 409 273 DA) plus les intérêts, la 8ème année, le solde (544 362 DA) est réglé marquant la fin de notre engagement.

Année	Capital restant	Intérêts	Remboursement	Annuité
1	9 000 000	360 000	0	320 000
2	9 000 000	360 000	1 409 273	1 769 273

3	7 590 727	303 629	1 409 273	1 712 902
4	6 181 454	247 258	1 409 273	1 656 531
5	4 772 181	190 887	1 409 273	1 600 160
6	3 362 908	134 516	1 409 273	1 543 789
7	1 953 635	78 145	1 409 273	1 487 418
8	544 362	21 774	544 362	566 136

2. Le chiffre d'affaires :

Notre chiffre d'affaires prévisionnel pour la première année d'activité de notre micro-entreprise spécialisée dans la surveillance des installations aquacoles par AI, s'élève à 12 000 000 de dinars algériens selon nos projections initiales. Ce montant, issu d'une étude de marché approfondie, représente un démarrage prometteur pour notre offre innovante à haute valeur ajoutée. Cependant, les aléas commerciaux lors du lancement d'une nouvelle activité peuvent impacter ce chiffre, à la hausse comme à la baisse. C'est pourquoi deux scénarios de prévision ont été élaborés pour les trois premières années d'exploitation :

Prévisions de chiffre d'affaires

Scénario optimiste

Ce scénario repose sur une conquête commerciale particulièrement dynamique dès le lancement et une montée en puissance rapide sur notre marché de niche :

Année 1: 5 000 000 DA, Notre offre de la surveillance des installations aquacoles basée sue l'intelligence artificielle innovante séduit immédiatement. Nous remportons des contrats majeurs auprès des directions de la pêche l'aquaculture ainsi que des wilayas côtières stratégiques comme Alger et Oran, très exigeantes de nos services de pointe.

Année 2: 10 000 000 DA, Notre positionnement technologique différenciant continue de convaincre les acteurs clés. Le ministère de la pêche et ressources halieutiques nous sélectionnent. Nous renouvelons également nos premiers contrats en ajoutant des options de suivi régulier à haute valeur ajoutée.

Année3 : 15 000 000 DA, La notoriété grandissante de notre expertise nous ouvre de nouveaux marchés. D'autres wilayas littorales ainsi que des bureaux d'études spécialisées font appel à nos services. Notre offensive commerciale soutenue et l'élargissement continu de notre offre nous permettent d'atteindre ce niveau élevé de chiffre d'affaires.

Scénario pessimiste

Ce scénario, plus prudent, anticipe un rythme de développement commercial plus mesuré face à la nouveauté de notre activité :

Année 1 : 3 000 0000 DA, Malgré l'attrait de notre proposition de valeur, notre démarrage s'avère plus lent que prévu. Des délais dans les cycles de prospection et de signature des premiers contrats pénalisent nos résultats sur cette année de lancement.

Année 2: 5 000 000 DA, Nos premières réalisations nous permettent progressivement de convaincre de nouveaux clients. Cependant, la concurrence reste vive sur ce marché émergent, limitant notre progression.

Année 3: 8 000 000 DA, Le bouche-à-oreille autour de la qualité de nos services innovants et notre crédibilité désormais établie nous ouvre de nouvelles opportunités. Notre chiffre d'affaires poursuit sa croissance, mais à un rythme plus modéré que le scenario optimiste.

Ces deux scénarios, optimiste et pessimiste, prévoient une fourchette large de prévision de revenus lors de notre phase de lancement. Ils nous permettent d'anticiper au mieux nos besoins de financement et notre plan de trésorerie, en fonction du rythme effectif de conquête commerciale que nous parviendrons à atteindre.

3. Les comptes de résultats escomptés :

Le compte de résultat prévisionnel constitue une pièce maîtresse pour démontrer la viabilité économique de notre micro-entreprise. Le tableau ci-après présente nos projections rigoureuses de revenus, charges et résultats nets pour les trois premières années d'exploitation de notre bureau d’étude.

Tableau des comptes de résultats prévisionnels (en milliers de dinars algériens).

	Année 1	Année 2	Année 3
Chiffre d'affaire	4000	8000	11000
Coûts des ventes	2000	4000	5000
Marge brute	2000	4000	6000
Charges d'exploitation	600	1400	2300
Charge opérationnel	1500	2500	3000
Dotations aux amortissements	400	500	600
Résultat opérationnel	300	1200	2800
Charges financières	120	110	100
Résultats avant impôts	220	1180	2700
Impôts sur les bénéfices	75	315	860
Résultat net	145	865	1840

Le BFR représente le financement dont notre entreprise a besoin pour faire face au décalage entre le règlement des dépenses d'exploitation et l'encaissement des recettes, il se calcule en prenant en compte :

- Le stock de matières premières/données à financer
- Les créances clients (factures émises non encore payées)
- Moins les dettes fournisseurs (factures à payer)

BFR = Stocks + Créances clients - Dettes fournisseurs

Stocks : Notre entreprise doit constituer un stock permanent de données marines (paramètres physicochimiques) et de consommables techniques. Le volume de stock est estimé à 500 000 DA.

Créances clients : Nos clients étant principalement des donneurs d'ordre publics ou parapublics, le délai de règlement moyen est de 90 jours. Sur un chiffre d'affaires annuel prévisionnel de 5 000 000 DA, l'encours de créances clients serait donc de 1 250 000 DA.

Dettes fournisseurs : Les délais de paiement négociés avec nos fournisseurs (équipementiers, éditeurs, sous-traitants) sont en moyenne de 60 jours. Pour 3 000 000 DA de charges d'achat annuelles, le volume de dettes fournisseurs ressort à 500 000 DA.

Le besoin en fonds de roulement global pour notre entreprise serait donc :

BFR = 500 000 + 1 250 000 – 500 000 = 1 250 000 DA

Cette évaluation du BFR à près de 1,25 million de dinars nous permet d'appréhender au mieux les besoins de financement de notre cycle d'activité. Ce montant devra être couvert par une trésorerie disponible suffisante et/ou des lignes de crédits bancaires dédiées. Le suivi régulier et le renouvellement des sources de financement du BFR seront cruciaux pour la pérennité de notre modèle économique de la surveillance des installations marines.

4. Le plan de trésorerie :

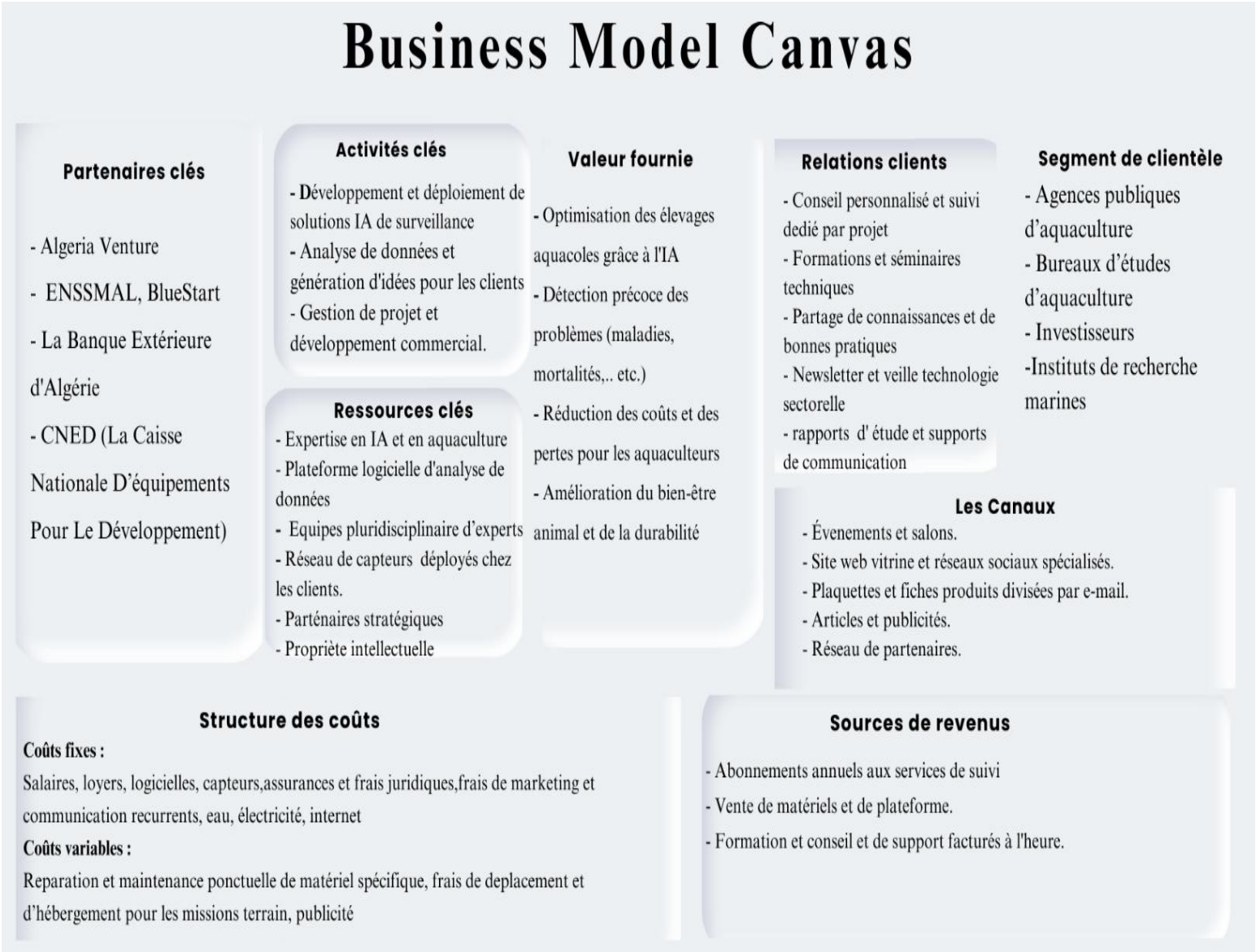
Le plan de trésorerie prévisionnel est un outil essentiel pour toute entreprise. Il permet de projeter avec rigueur les flux de trésorerie entrants et sortants sur la première année d'activité. Cette anticipation des mouvements de liquidités est cruciale pour dimensionner correctement les besoins de financement initiaux et s'assurer de disposer de ressources pérennes. Le tableau suivant détaille notre plan de trésorerie prévisionnel mensuel pour la première année d'exploitation de notre micro-entreprise spécialisé dans la surveillance des installations aquacoles par AI.

(Les chiffres sont en milliers de dinars algériens).

	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juill	aout	sept	oct	nov	dec	Total
Ventes			400		900				1200			1500	4000
Total rentrée			400		900				1200			1500	4000
Dépenses d'exploitation													
Achat matière/donnée	120	60	80	60	40	100	80	100	90	70	60	60	920
Salaires	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	3000
Charges locatives	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	480
Autres charges	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	240
Total dépenses	620	550	570	560	550	590	570	590	580	560	560	560	6860
Trésorerie nette d'exploit	-620	-550	160	-560	-550	470	-570	670	-580	900	-560	-560	-1800
Acquisition d'équipement	7000		5000										12000
Développement logiciel	2000												2000
Total investissement	9000		6000										15000
Prêt bancaire	7000												7000
Apports en fond propre	8000												8000
Total financement	15000												15000
Variation de trésorerie	5270	-550	-2940	-560	-550	-470	-570	670	-580	900	-560	-560	460
Trésorerie début période		5270	4720	1800	1240	690	1160	590	1260	680	1580	1020	
Trésorerie fin de période	5270	4720	1800	1240	690	1160	590	1260	680	1580	1020	460	460

Sixième axe : Prototype expérimental

Business Model Canvas :



1) **Partenaires clés :**

Il s’agit des partenariats stratégiques et des alliances que l'entreprise établit. Cela rentre dans le but de créer, distribuer et optimiser la proposition de valeur. Notre entreprise vise à établir des partenariats avec :

- L'École Nationale des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral : sa recherche de pointe vous aide à affiner les algorithmes de traitement de données et de prédiction.

- Algeria Venture et l'incubateur BlueStart : au-delà d'un simple financement, leur incubation nous apporte du conseil et de la visibilité.
- La Banque Extérieure d'Algérie : elle donne les moyens d'investir dans du matériel de pointe.
- La Caisse Nationale d'équipement pour le développement (CNED) : son co-investissement en R&D démontre la pertinence de nos innovations pour le développement durable du pays.

2) **Activités clés :**

Cette section décrit les actions les plus importantes que l'entreprise doit mener pour que son modèle fonctionne. Pour notre entreprise, le développement et déploiement de solutions IA de surveillance, ainsi que l’analyse de données et génération d'idées pour les clients sont au cœur de notre offre. La R&D et la gestion de projet reflètent notre engagement dans l'innovation et la complexité des missions. Le développement commercial est vital pour convertir l'expertise technique en contrats.

3) **Ressources clés :**

Les ressources clés représentent les actifs tangibles et intangibles nécessaires pour faire fonctionner l'entreprise. Les ressources nécessaires au bon fonctionnement de notre entreprise sont :

- Les équipements (capteurs) et logiciels spécialisés sont indispensables pour créer notre marché précis.
- L'équipe pluridisciplinaire et les partenariats stratégiques soulignent que le capital humain et le réseau sont aussi précieux que la technologie.
- La propriété intellectuelle protège leur avantage concurrentiel.

4) Valeur fournie :

Cette composante définit ce que l'entreprise offre à ses clients : une optimisation des élevages aquacoles grâce à l'IA par la détection précoce des problèmes (maladies, mortalités,.. etc.) et la réduction des coûts et des pertes pour les aquaculteurs et l'amélioration du bien-être animal. . Cette offre aide directement les clients dans leurs décisions d'aménagement, liant technologie et application pratique.

5) Relations clients :

Cette composante fait référence aux types de relations que l'entreprise établit pour maintenir une relation durable avec ses clients pour maintenir une relation durable avec nos clients, notre entreprise met l'accent sur des Conseils personnalisés et le suivi dédié par projet.

On proposera aussi des formations et démonstrations techniques renforcent la crédibilité et éduquent les clients des consultations personnalisées pour comprendre les besoins spécifiques des clients et leur offrir des solutions adaptées, des mises à jour régulières sur les nouvelles technologies d'IA dans le domaine seront fournies aux clients afin de les maintenir informés des dernières avancées.
Les relations avec nos clients seront construites grâce à une communication continue, des retours d'information et des réductions sur les formations proposées.

6) Canaux :

Les canaux de distribution représentent les moyens par lesquels l'entreprise communique, distribue et vend ses produits ou services à ses clients.
Les moyens de distribution des services proposés par notre entreprise incluent :

- Événements et salons professionnels ciblés.
- Site web vitrine et réseaux sociaux spécialisés.
- Plaquettes et fiches produits diffusées par e-mailing.
- Articles et publicités.
- Réseau de partenaires.

7) Segment de clientèle :

Notre bureau d'études d'aquaculture cible un segment de clientèle bien défini, composé des principaux acteurs impliqués dans la surveillance des installations marines et terrestres algériennes. Pour chacun d'eux, nous proposons une offre sur-mesure, répondant à leurs besoins spécifiques.

- Les bureaux d'études d'aquaculture apprécient l'exhaustivité de nos données.
- Les investisseurs qui souhaitent exploiter une ferme aquacole innovante.

Quel que soit le client, notre offre commune se décline en surveillance ultra-détaillées, analyses prédictives sur-mesure, et conseil d'experts en aquaculture. Cette capacité à personnaliser notre technologie de pointe aux différents métiers du littoral fait de notre entreprise un partenaire privilégié pour tous ces acteurs.

8) Structure des coûts :

Cette composante concerne les coûts associés à l'exploitation de l'entreprise. Cela comprend les coûts fixes et les coûts variables.

Coûts fixes :

- Salaires, loyers, logicielle annuelle.
- Assurances et frais juridiques.
- Frais de marketing et communication récurrents.

- Eau et électricité, internet

Coûts variables :

- Réparation et maintenance ponctuelle de matériel spécifique.
- Frais de déplacement et d'hébergement pour les missions terrain.

9) Sources de revenus :

Cette partie concerne les différentes sources de revenus de l'entreprise. Ces sources peuvent être résumées dans les points suivants :

- Abonnements annuels aux services de suivi.
- Vente de matériels et de plateforme.
- Formation et conseil et de support facturés à l'heure.