

ETUDE D'IMPACT DES METAUX TRACES (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) DANS LES CYSTES ET LA BIOMASSE D'ARTEMIA EXPLOITES DANS LA SALINE DE SFAX

Néji ALOUI*, M. AMORRI* et L. CHOUBA *

* Institut National des Sciences et Technologies de la mer de Salammbô- Tunisie

ملخص

دراسة المعادن الثقيلة (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn) في كيسات الأرتيميا وكتلتها الحيوية المستغلة بملاحة صفاقس : تمثل ملاحه صفاقس موقعا قابلا لاستغلال وانتاج الأرتيميا المحلية. وعلى مستوى عالمي، هناك كميات كبيرة من الأرتيميا (كيسات وكتلة حيوية) تستغل سنويا وتستهلك كغذاء لليرقات. لهذا رأينا من المستحسن تحليل الكيسات والكتلة الحيوية للأرتيميا المتواجدة في ملاحه صفاقس نظرا لأنها محاطة بعدة مصادر للتلوث ن وذلك من أجل تحديد نسبة تركيز بعض المعادن الثقيلة السامة : الزئبق (Hg)، الكاديوم (Cd)، الرصاص (Pb)، النحاس (Cu) والزنك (Zn). وقد تمت التحاليل بواسطة آلة الامتصاص الذري. وقد بينت النتائج أن نسبة التركيز ضعيفة سواء في الكيسات أو في الكتلة الحيوية، وذلك مقارنة مع عدة سلالات أخرى من الأرتيميا المستعملة في مزارع الأسماك. ولهذا يمكننا القول أن استعمال أرتيميا ملاحه صفاقس في تربية يرقات الأسماك لا يمثل أي خطورة كيميائية.

كلمات مفاتيح : ملاحه صفاقس-أرتيميا-معادن ثقيلة

RESUME

La saline de Sfax constitue un site potentiel pour l'exploitation et la production de l'*Artemia* locale. Des quantités importantes d'*Artemia* sont exploitées chaque année (60 kg de cystes poids sec) et sont utilisées en alimentation larvaire.

Afin de démontrer l'impact de divers rejets industriels, agricoles dans cette saline, nous avons procédé à la détermination de quelques métaux traces toxiques : le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb (Pb), le cuivre (Cu) et le zinc (Zn) par une analyse en spectrophotométrie d'absorption atomique, ce qui nous permettra d'évaluer le degré de contamination par ces métaux dans les cystes et la biomasse d'*Artemia*.

Les résultats obtenus ont montré que les concentrations aussi bien au niveau des cystes que de la biomasse sont faibles par rapport à celles enregistrées sur d'autres souches, déjà commercialisées et utilisées en pisciculture. De ce fait, l'*Artemia* de la saline de Sfax pourrait être utilisée sans aucun risque chimique en alimentation larvaire.

Mots-clés : Saline de Sfax, *Artemia*, Métaux traces.

ABSTRACT

Study of trace metals (Hg, Cd, Pb, Cu & Pb) in *Artemia* biomass and cysts exploited in Sfax salt work :

Sfax salt work constitutes a potential site for exploitation and production of local *Artemia*. High quantities of *Artemia* (cysts and biomass) are yearly exploited and used in larval nutrition, throughout the world. That's why we have decided to analyze the cysts and the biomass of *Artemia* exploited in Sfax salt work, which is surrounded by many sources of pollution. The objective is to determine the concentration of some trace metals: Hg, Cd, Pb, Cu and Zn. The analyses were done with Atomic Absorption Spectrometry. Results showed that the concentrations are low in both cysts and biomass, compared to other kinds of *Artemia* used in aquaculture. Consequently, the *Artemia* from Sfax salt work may be used as larval nutrition without any chemical risk.

Key words: Sfax salt work, *Artemia*, trace metals.

INTRODUCTION

De nos jours, la pisciculture s'est développée presque dans tous les pays disposant d'un littoral marin. Elle fournit environ 15% des produits aquatiques consommables (statistiques Fao, 1992).

Par ailleurs, les techniques de pêche deviennent de plus en plus sophistiquées, entraînant une surexploitation de nos ressources aquatiques. Cela entraîne un épuisement des réserves de poissons. Le développement de la pisciculture semble compenser l'épuisement des réserves d'une part et la demande sans cesse croissante des produits de la mer d'autre part. Au niveau d'une éclosérie de poissons, l'alimentation représente un maillon important sur

lequel repose toute la production de l'exploitation piscicole.

En effet, au cours de la phase larvaire, les recherches antérieures (Seale, 1933 ; Rollesen, 1939) ont remarqué l'importance de la valeur nutritionnelle du premier stade larvaire (nauplius) d'*Artemia* qui est considéré comme une source alimentaire pour les larves de poissons et les post-larves de crustacés. Ce résultat a contribué au développement de l'aquaculture. Depuis cette date, cette espèce est devenue un maillon trophique indispensable dans les écloséries.

En Tunisie, l'aquaculture est en plein essor, elle est tributaire d'*Artemia* dont les cystes représentant de nos jours une valeur marchande importante. En effet, plusieurs études pluridisciplinaires : biologie,

écologie, physiologie, biochimie et génétique ont été effectuées sur l'*Artemia* en Tunisie (Ben Abdulkader, 1985 ; Turki, 1986, 1988 ; Khemakhem, 1988 ; Aloui, 1992, 1995, 1998, 2002, 2003a et 2003b ; Toumi, 1998 ; Ghlala, 2002 ; Toumi, 2004 ; Ben Naceur, 2004 ; Guermazi, 2004). Nous signalons aussi que ces travaux ont révélé la présence d'*Artemia* dans plusieurs sites, notamment les salines et en particulier la saline de Sfax qui constitue un site potentiel pour l'exploitation et la production de l'*Artemia* locale.

La présente recherche axée sur l'évaluation de l'état de contamination des cystes et des adultes d'*Artemia* de la saline de Sfax par l'analyse des métaux traces : Hg, Cd, Pb, Cu et Zn afin d'utiliser cet aliment dans les élevages larvaires.

PRESENTATION DE LA SALINE DE SFAX

La saline de Sfax qui est située à une longitude de 34°38'N et une latitude de 10°43'E représente un environnement artificiel, situé vers le sud de la ville, longeant le côté marin sur une distance de 12 km couvrant 1500 hectares. Elle s'installe sur une petite péninsule dite RAS SFAX située entre la région du port et la ville de Gargour et elle est traversée par l'oued El MAOU ainsi que le canal d'évacuation de l'Office National d'Assainissement (ONAS) où se déversent également les rejets liquides de l'usine SIAPE (Société Industrielle d'Acide Phosphorique et des Engrais) qui se trouve à proximité de la saline (Figure 1).

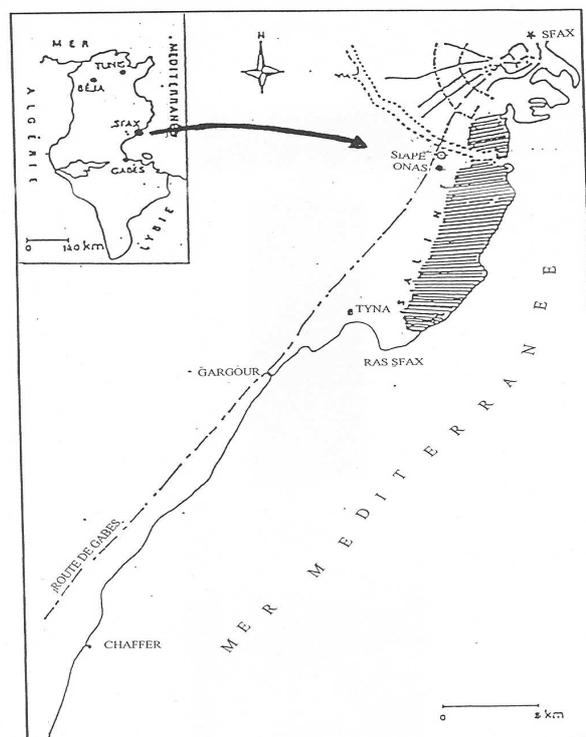


Figure 1 : Localisation géographique de la saline de Sfax (d'après Toumi, 1998).

La saline de Sfax possède, comme tous les marais salants, une hydrologie artificielle (Amdouni, 1990) fixée par les sauniers qui ajustent les transferts d'eau d'un circuit à un autre en fonction des conditions météorologiques. Le principe de fonctionnement de cette saline consiste à étaler une faible tranche d'eau de mer dans des bassins de grandes surfaces où elle se concentre progressivement par évaporation de telle façon qu'un champ de salinité croissant couvre l'ensemble de la saline.

Toutefois, la saline de Sfax, dont l'alimentation à partir de l'eau de mer est assurée à marée haute, est formée par des séries de bassins peu profonds et

interconnectés dans lesquels l'eau circule selon des circuits bien déterminés soit par gravité soit par pompage (Figure 2). Ce plan d'aménagement permet de distinguer les avant pièces, le partènement extérieur, le partènement intérieur, les avant pièces maîtresses, les pièces maîtresses et les tables salantes.

Le petit crustacé *Artemia* ne se développe pas dans les premiers bassins de la saline à cause des prédateurs, ni dans les derniers bassins à cause des fortes salinités ; mais il se développe dans la partie intermédiaire de la saline (le partènement intérieur) où la salinité fluctue entre 135 et 270 ‰.

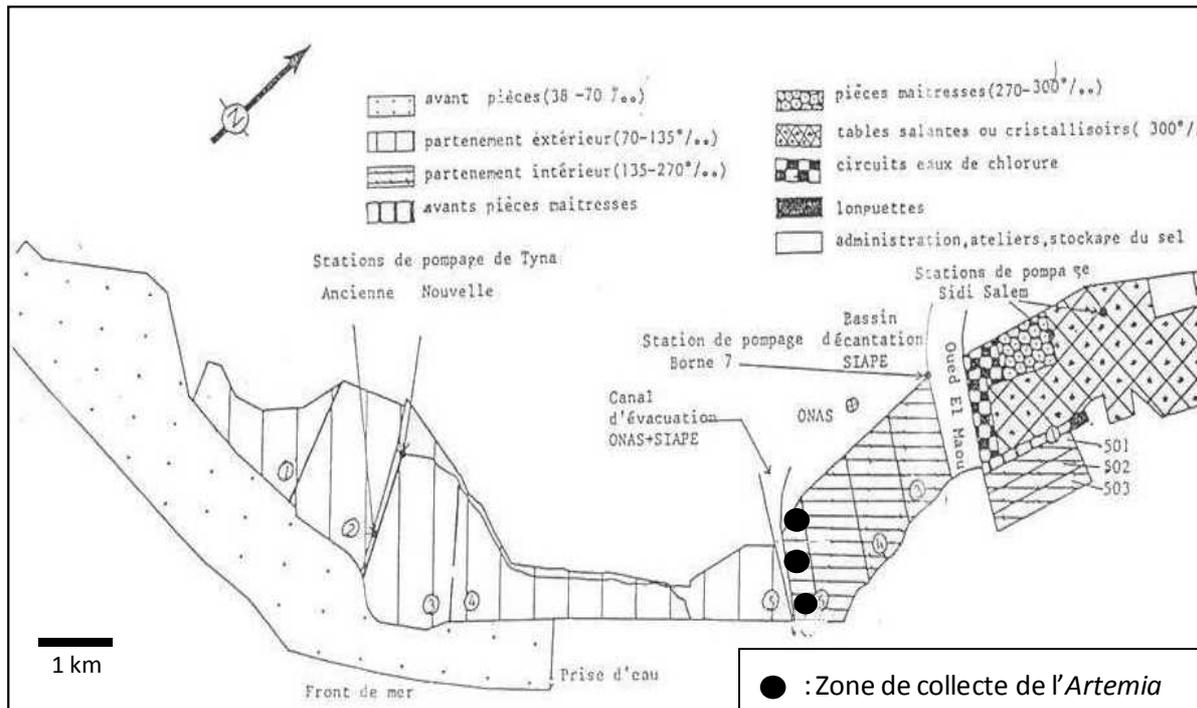


Figure 2 : Principales unités morphologiques de la saline de Sfax (échelle 1/80000) (d'après Khemakhem, 1988).

MATERIEL ET METHODES

Les métaux traces analysés dans le présent travail sont le cadmium (Cd), le plomb (Pb), le mercure (Hg) le zinc (Zn) et le cuivre (Cu).

1. Echantillons

Les échantillons d'*Artemia* qui ont été utilisés pour ces analyses, ont été récoltés au mois de mai 2007, dans le partenement intérieur de la saline de Sfax (figure 2).

Les cystes, après leur collecte, ont subi un traitement complet (séparation par densité dans la saumure, lavage à l'eau douce, séparation par densité dans l'eau douce et séchage à l'étuve à une température de 35°C pendant 48 heures) avant de les stocker et les conserver pour être analysés.

Les adultes ont été récoltés, débarrassés des impuretés et lavés à l'eau ultra pure puis conservés au congélateur à (- 40 °C) pour être analysés ultérieurement.

2. Détermination de la quantité d'eau dans l'échantillon d'*Artemia*

La détermination de la quantité d'eau dans les échantillons d'*Artemia* s'effectue de la façon suivante :

- On pèse une quantité déterminée de chaque échantillon (environ 200 mg) à l'aide d'une balance de précision. Cette quantité représente le poids humide de l'échantillon.
- On laisse sécher dans l'étuve à une température de 105°C pendant 48 heures.

- On laisse refroidir les échantillons dans le dessiccateur et on les pèse de nouveau, on obtient ainsi le poids sec de chaque échantillon.

- On détermine ensuite la quantité d'eau dans chaque échantillon en utilisant la formule suivante :

$$\text{Pourcentage d'humidité} = \frac{(P. \text{ humide} - P. \text{ sec}) \times 100}{P. \text{ humide}}$$

3. Dosage des métaux traces

A - Dosage du mercure

Elle comporte les étapes suivantes :

a- Prétraitement

La lyophilisation

Cette étape consiste à extraire la quantité d'eau restante dans l'échantillon sans altérer ses propriétés fondamentales. Elle dure environ 48 heures.

Broyage et tamisage de l'échantillon lyophilisé.

La minéralisation

Cette étape consiste à décomposer l'échantillon. En effet, 0,2 g de chaque échantillon lyophilisé est incubé dans des réacteurs en téflon avec 5 ml d'acide nitrique ultra-pure (HNO₃) pendant une nuit à température ambiante. Les échantillons sont incubés dans le bain-marie à 90°C pendant 3 heures.

La dilution

On transfère le contenu des réacteurs dans des fioles jaugées de 50 ml et on ajuste le volume jusqu'au 50 ml par de l'eau ultra pure.

b- dosage du mercure

Il est effectué par Spectrométrie d'Absorption Atomique (SAA) à vapeur froide suivant la méthode de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (IAEA, 1984).

B - Analyse du cadmium, du plomb et du cuivre :

Pour l'analyse de ces métaux, on suit les mêmes étapes que celles du mercure sauf qu'au lieu de mettre les réacteurs dans le bain-marie on les met dans la micro-onde et la minéralisation se fait suivant un programme de température bien déterminé.

La deuxième différence s'exprime lors du dosage, où on utilise pour ces trois métaux la SAA à four graphite à injecteur automatique et non pas par SAA à vapeur froide.

C - Analyse du zinc :

Pour le zinc, on suit également la même démarche que celle du Cd, Pb et Cu sauf que le dosage se fait par SAA à flamme.

4. Fiabilité des résultats

Pour l'assurance et le contrôle de la qualité, le matériau de référence utilisé est l'IAEA 407. Les valeurs trouvées par la méthode utilisée sont en parfaite concordance avec les valeurs données dans le certificat de référence.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de l'analyse des métaux traces recherchés dans les cystes et les adultes d'*Artemia* de la saline de Sfax sont représentés dans la figure 3.

Les résultats montrent une différence d'accumulation des métaux traces (Cd, Pb, Cu et Zn) dans les cystes et les adultes d'*Artemia*. En effet, les cystes ont tendance à accumuler plus de métaux que les adultes.

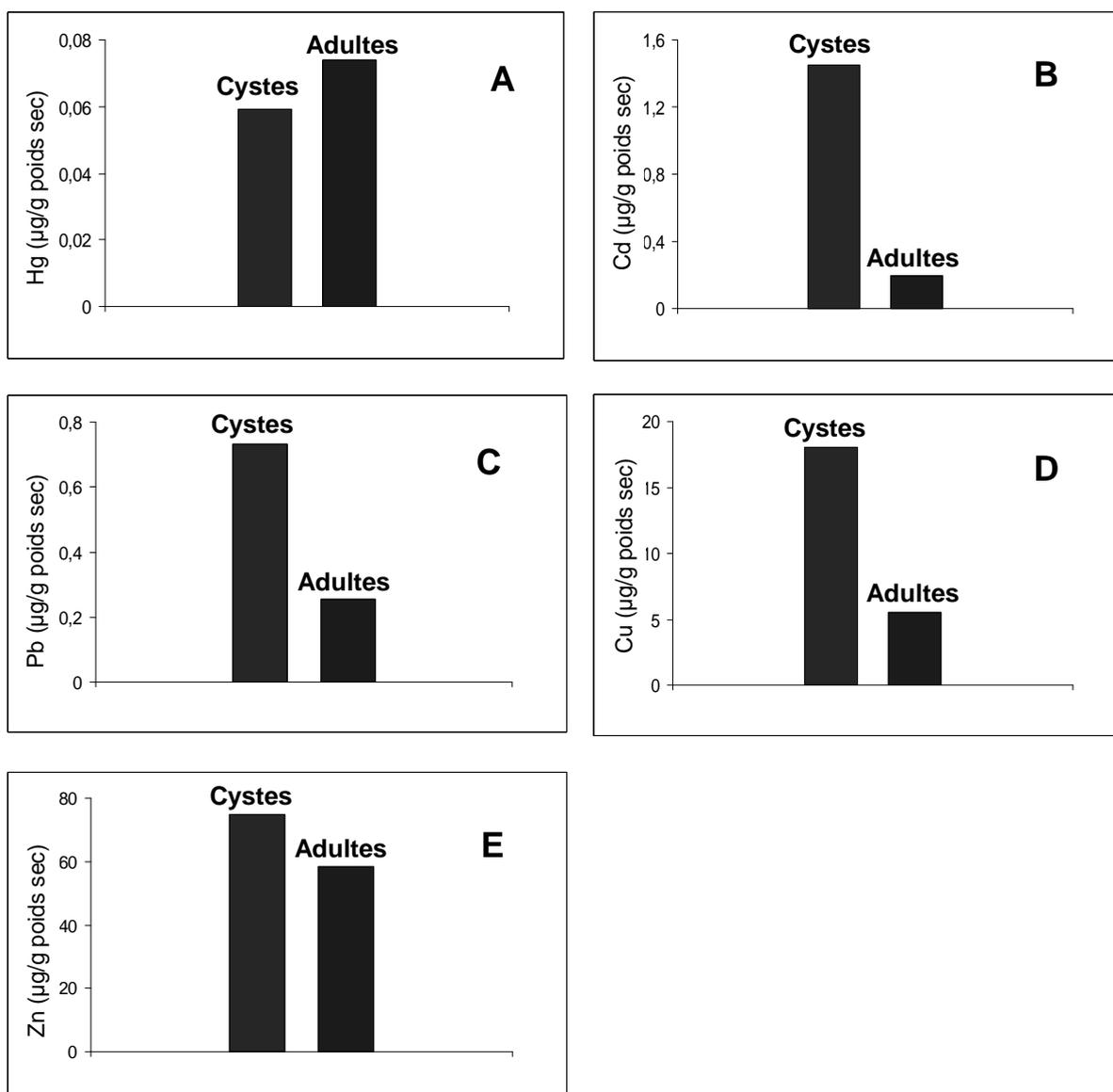


Figure 3 : Teneurs en métaux traces dans les cystes et les adultes d'*Artemia* de la saline de Sfax.

Légendes = A : Hg, B : Cd, C : Pb, D : Cu et E : Zn.

La figure 3 montre bien que la teneur en mercure chez les adultes (0,074 µg/g de poids sec) est plus élevée que celle enregistrée au niveau des cystes (0,059 µg/g de poids sec).

Au contraire, pour les autres métaux (Cd, Pb, Cu et Zn), nous remarquons que ce sont toujours les cystes qui présentent les teneurs les plus élevées.

Par ailleurs, il est judicieux de rappeler que les métaux traces se divisent en deux classes : les métaux essentiels et les métaux non essentiels. Parmi les métaux essentiels on cite le zinc et le cuivre alors que parmi les métaux non essentiels on cite le cadmium, le plomb et le mercure que nous pouvons classer parmi les métaux toxiques du fait de leur longue demi-vie de biodégradation (Olney et al., 1980).

Ainsi, les teneurs élevées enregistrées aussi bien au niveau des cystes qu'au niveau des adultes pour le cuivre et notamment pour le zinc peuvent être expliquées par le fait que ces deux métaux sont indispensables pour l'organisme. En effet, le zinc, par exemple, est un constituant essentiel de nombreuses enzymes. Le cuivre, quand à lui, est nécessaire pour une utilisation correcte du fer par l'organisme et joue un rôle important dans l'activité catalytique de la cytochrome-oxydase (Olney et al., 1980).

Toutefois, ces deux métaux deviennent toxiques lorsqu'ils sont en excès dans l'organisme, alors que leur carence provoque un mal fonctionnement de certaines fonctions métaboliques (Olney et al., 1980).

Concernant les autres métaux (cadmium, plomb et mercure), leur présence dans les organismes laisse suggérer que le milieu est pollué, car ce sont des métaux toxiques et dont leurs effets sont néfastes pour les êtres vivants ; d'ailleurs, plus les teneurs de ces métaux au niveau des organismes sont élevées plus leurs effets sont néfastes.

Par conséquent, et pour pouvoir évaluer l'état de contamination de la population d'*Artemia* de la saline de Sfax par ces métaux, nous nous sommes référés à la littérature qui présente les résultats des analyses de ces métaux réalisés sur des souches d'*Artemia* d'autres biotopes dans le monde. C'est ce que Olney et al. (1980) ont trouvé en effectuant des analyses sur les cystes et les nauplii de souches d'*Artemia* en provenance du Brésil, d'Australie, d'Italie et d'Amérique et qui ont obtenu les résultats consignés dans le tableau I. Nous signalons que les souches étudiées sont commercialisées et utilisées en alimentation larvaire dans les éclosiers de poissons

Tableau I : Teneurs des cystes et nauplii d'*Artemia* en quelques métaux traces (Cd, Cu, Pb, Zn et Hg) dans différentes localités exprimées en µg/g de poids sec. C (cystes), N (nauplii), -- (non prélevé).

	Cd		Cu		Hg		Pb		Zn	C	Référence
	C	N	C	N	C	N	C	N	N		
Brésil	0,02	0,15	4,7	6,3	-	-	8,9	-	59	89	Olney <i>et al.</i> , 1980
Australie	0,15	-	4,6	-	-	-	2,1	-	-	144	Olney <i>et al.</i> , 1980
Italie	0,09	0,12	14	9,2	-	-	17	3,0	125	104	Olney <i>et al.</i> , 1980
Utah (USA)	0,28	0,14	42	8,2	-	-	5,1	6,2	81	102	Olney <i>et al.</i> , 1980
Baie de San Pablo (USA)	0,26	0,10	10,2	10,8	-	-	6,6	3,8	78	98	Olney <i>et al.</i> , 1980
Saline de Sfax (Tunisie)	1,446	0,195	18,08	5,54	0,059	0,074	0,734	0,255	74,7	58,38	Présente étude

Ainsi, en comparant nos résultats relatifs à l'*Artemia* de la saline de Sfax avec ceux trouvés par Olney et al. (1980) concernant les autres souches ; nous remarquons que la souche de Sfax (Tunisie) est moins contaminée pratiquement pour tous les métaux sauf pour le cadmium (Cd) où on note des valeurs légèrement supérieures à celles signalées au niveau des souches étrangères. Nous pouvons dire que la

souche de Sfax n'est pas contaminée par les métaux traces ; elle pourrait être ainsi utilisée dans l'alimentation larvaire.

CONCLUSION

Les résultats obtenus dans le présent travail ont permis de montrer que les concentrations des métaux traces : mercure, cuivre zinc, plomb et cadmium dans

les cystes et la biomasse d'*Artemia* exploités dans la saline de Sfax sont plus faibles que celles enregistrées sur des souches d'autres localités et qui sont déjà commercialisées et utilisées en alimentation larvaire. Ainsi, la souche de Sfax constitue une ressource biologique dont nous recommandons l'exploitation et l'utilisation dans les élevages larvaires en éclosérie sans aucun risque chimique.

BIBLIOGRAPHIE

- Aloui N., 1992. - Premiers éléments sur l'Artémia en Tunisie. *Rap.Doc. INSTOP*, 1 : 20-38.
- Aloui N., 1995. - Recherches biologiques et écologiques sur l'Artémia dans un milieu salin : la saline de Mégrine. *Bull.Inst.Natn.Scient.Tech.Océanogr. Peche Salammbô*, 22 : 59-80.
- Aloui N., 1998. - Les salines, sebkhas, chotts et l'*Artemia* en Tunisie : étude de cas de l'*Artemia* dans la saline de Mégrine. Marais maritimes et aquaculture, actes de colloque de l'IFREMER France, (19) : 61-69.
- Aloui N., 2003a. - Bio-écologie de l'Artémia : *Artemia tunisiana* (Branchiopodes, Anostracés) et optimisation des conditions de sa production en Tunisie. Thèse de Doctorat d'Etat de l'Université de Tunis El Manar. Faculté des sciences de Tunis : 300 p.
- Aloui N., 2003b. - Les aliments vivants en pisciculture : nature, méthodes de production et utilisation. Thèse Bibliographique.
- Aloui N. et El Abed A., 2002. - Artémia dans les salines de Mégrine et de Sfax : Exploitation et évaluation des potentialités naturelles. Communication présentée lors des cinquièmes journées Tunisiennes des sciences de la mer organisées à Ain Drahm, les 21, 22, 23 et 24 Décembre 2002.
- Amdouni R., 1990. - Etude géochimique des saumures libres, des sédiments et des sels dans la saline de Sfax (Tunisie). Thèse de Doctorat. Université Paris VII. 249 p + annexes.
- Ben Abdelkader N., 1985. - L'Artémia dans les chotts, les sebkhas et les salines de la Tunisie. *Bull.Inst.Tech.Océanogr.Peche Salammbô*, 12 : 87-95.
- Ben Naceur H., 2004. - Contribution à la caractérisation biologique et biochimique de trois populations tunisiennes d'*Artemia*. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Sciences Halieutiques. INAT, 87 p.
- Fao, 1992. - Production de l'aquaculture (1984-1990) Fao circ. sur les pêches, 815 (4), 206 pp.
- Ghlala A., 2002. - Différenciation génétique et morpho-biométrique de quelques populations tunisiennes d'*Artemia* (crustacés, branchiopodes). Mémoire de Diplôme des Etudes Approfondies. INAT. 90 p.
- Guermazi W., 2004 - Etude de la dynamique de population d'un crustacé phyllopode : *Artemia salina* de la saline de Sfax, caractérisation biochimique. Mémoire de Diplôme des Etudes Approfondies. Faculté des sciences de Sfax. 167 p.
- Khemakhem M., 1988. - *Artemia* dans les salines de Sfax : Etude biologique et écologique possibilité d'exploitation à des fins aquacoles. Mémoire du cycle de spécialisation de l'INAT section : Halieutique ; spécialité : Aquaculture. 114 p.
- Olney C.E.; Schauer P.S.; Mac Lean S.; Lu Y.; Simpson K.L., 1980. - Comparaison of the chlorinated hydrocarbons and heavy metals in five different strains of newly hatched *Artemia* and a laboratory-reared marine fish: 343-352. In: The brine shrimp *Artemia*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture. Persoone G.; Sorgeloos P.; Roels O.; Jaspers E.(Eds). *Universa Press, Wetteren, Belgium*, 456 p.
- Toumi N., 1998. - Contribution à l'étude géochimique et biologique des marais salants de la saline de Sfax. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en écologie générale. Faculté des Sciences de Sfax. 102 p.
- Toumi R., 2004. - Prospections et exploitation de l'*Artemia* (*Artemia tunisiana*) dans la saline Sfax en vue d'évaluer ses potentialités naturelles. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en écologie. Faculté des Sciences de Tunis. 124p.
- Turki S., 1986. - Etude des œufs d'*Artemia salina* (Leach 1819) dans les salines de Mégrine-Tunisie. *Bull. Inst. Natn. Scient. Océanogr. Peche Salammbô*. 13 : 25-32.
- Turki S., 1988. - Observations biologiques sur l'Artémia dans les salines de Mégrine. *Bull. Inst. Natn. Scient. Océanogr. Peche Salammbô*. 15 : 39-46.
- Unep/Iaea/Ioc., 1984. - Reference Methods for Marine Pollution Studies. N° 7 Rev. 2 UNEP.