



Amélioration de la production d'Artemia dans les salines tunisiennes par fertilisation minérale : détermination de la dose optimale d'emploi.

Item Type	Journal Contribution
Authors	Hussenot, J.; Aloui, N.; El Abed, A.
Citation	Bull. INSTM Salammbô, 30. p. 101-110
Publisher	INSTM
Download date	09/02/2023 08:14:36
Link to Item	http://hdl.handle.net/1834/1112

AMELIORATION DE LA PRODUCTION D'ARTEMIA DANS LES SALINES TUNISIENNES PAR FERTILISATION MINERALE: DETERMINATION DE LA DOSE OPTIMALE D'EMPLOI

Néji ALOUI^{1*}, J. HUSSENOT² et A. EL ABED¹

1- Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, 2025 Salammbô, Tunisie.

2- IFREMER-CNRS, Centre de Recherche en Ecologie Marine et Aquaculture, 17137 l'Houmeau, France.

*neji.aloui@instm.rnrt.tn

ملخص

تحسين إنتاج الأرتيميا في الملاحات التونسية بالتسميد المعدني : تحديد المقدار الأفضل : تهدف هذه الدراسة إلى بحث تأثير التسميد على إنتاج الأرتيميا. وفي هذا الإطار تمت تجربة ستة مقادير مختلفة من الأملاح المعدنية المكونة من فوسفات الأمونيا والأوريا، مقارنة مع شاهد لا يحتوي على هذه الأملاح. وقد تم وضع دعاميص الأرتيميا بعد ثمانية أيام من عملية التسميد الأولى. وخلال 48 يوما تبين أن أحسن مقدارا لإنتاج الأرتيميا هو $0,75 * F$ علما وأن $0,015$ غ/ل من فوسفات الأمونيا و $0,015$ غ/ل من الأوريا $F =$ كلمات مفتاح : تسميد- أرتيميا

RESUME

En vue de tester l'effet de la fertilisation sur la production d'*Artemia*, six doses d'une fertilisation minérale à base de phosphate d'ammoniaque (DAP) et d'urée ont été étudiées ($0,25xF$; $0,5xF$; $0,75xF$; $1xF$; $1,5xF$; $2xF$) et comparées à un témoin non fertilisé avec $F=0,015g/l$ de DAP et $0,015g/l$ d'urée, pour la fertilisation initiale, puis la moitié de la dose de départ a été apportée ensuite une fois par semaine. Huit jours après la première fertilisation ($J_{sub>0</sub>}$), des nauplii d'*Artemia* ont été inoculés dans tous les bacs à raison de 50 nauplii/litre ; un suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques de la culture a été réalisé tout au long des 48 jours d'expérimentation. Les résultats obtenus ont montré que la dose optimale est $0,75xF$; elle donne la meilleure biomasse phytoplanctonique exprimée par la mesure de la chlorophylle-a, et elle permet d'obtenir la meilleure production d'*Artemia* (cystes et biomasse). Les résultats de production d'*Artemia* ont été supérieurs à ceux observés dans une expérience préliminaire employant uniquement la dose F.

Mots clés : salines, *Artemia*, *Dunaliella*, fertilisation minérale

ABSTRACT

Improvement of the Artemia production in Tunisian salt works by mineral fertilization : Determination of optimal dose : In order to test the fertilization effect on *Artemia* production, six treatments of a mineral fertilization with di-ammonium phosphate (DAP) and urea ($0.25xF$; $0.5xF$; $0.75xF$; $1xF$; $1.5xF$; $2xF$ with $F = 15$ mg/L of DAP and 15 mg/L of urea) were compared to a control unfertilized. After the initial fertilization (day 0), a half a dose was brought once a week. At day 8, *Artemia* nauplii were inoculated in all tanks at the rate of 50 nauplii per liter. Physico-chemical and biological parameters of the culture were analysed each week, during the 48 days of experiment. The results showed that the optimal dose is $0.75xF$; it gives the maximal phytoplanktonic biomass expressed by chlorophyll-a has and it allowed to obtain a maximal production of *Artemia* (cysts and biomass). Results of *Artemia* production were superior to those observed in a preliminary experiment using only the F dose.

Key-words : saltworks, *Artemia*, *Dunaliella*, mineral fertilization.

INTRODUCTION

Afin d'augmenter la production en masse d'*Artemia tunisiana* dans les salines, nous avons entrepris la présente recherche pour optimiser l'emploi de fertilisants minéraux azotés et phosphorés. Après une première expérimentation, comparable à celle de Tackaert et Sorgeloos (1991), utilisant le phosphate double d'ammoniaque (DAP) et l'urée (Aloui et al., 2002), nous avons entrepris d'optimiser la dose d'emploi.

MATERIEL ET METHODES

La structure d'expérimentation est constituée d'un grand bassin en polyester rempli jusqu'à un mètre d'eau, où nous avons placé des bacs d'expérimentation reposant sur des briques. Ce grand bassin va servir de structure de protection pour les bacs d'expérimentation et de bain-marie pour éviter l'échauffement et l'agrandissement excessif des bacs par la variation des températures de l'air.

L'expérimentation a été effectuée dans 7 bacs en plastique ayant chacun un volume total de 70 litres et maintenus fixes à l'aide d'une corde pour éviter le renversement.

Le volume utile utilisé par bac est de 55 litres ; l'eau provient du bassin 5 de la saline de Mégrine et qui est filtrée sur une toile de vide de maille de $70\mu m$, afin de

laisser passer uniquement l'inoculum de micro-algues de la saline et arrêter l'*Artemia* et toute autre particule ou organisme animal prédateur.

1 . Plan d'expérimentation

Le premier bac qui a servi de témoin n'a pas été fertilisé (0,0*F). Les six autres bacs ont été fertilisés avec des doses croissantes :

0,25*F ; 0,5*F ; 0,75*F ; 1*F ; 1,5*F ; 2*F. F est la dose utilisée au cours de la première expérience (phase 1998) ; sa valeur est 15 g/m³ de DAP et 15 g/m³ d'urée. Elle correspond à un apport de 50 kg/ha de DAP et 50 kg/ha d'urée ; soit 100 kg de mélange à l'hectare. Le protocole de fertilisation est détaillé dans le tableau I.

Tableau I : Protocole de fertilisation

Bac	7	6	5	4	3	2	1
Dose au To=D	2*F	1,5*F	1*F	0,75*F	0,5*F	0,25*F	0,0*F
DAP ou Urée g/l	0,03	0,0225	0,015	0,01125	0,0075	0,00375	0
Fer ml/l	1,07	0,8	0,54	0,4	0,27	0,13	0
DAP ou Urée g/bac	1,65	1,24	0,83	0,62	0,41	0,21	0
Fer ml/bac	59	44	30	22	15	7	0
chaque semaine D/2 g/l							
DAP ou Urée g/l	0,015	0,01125	0,0075	0,00563	0,00375	0,00188	0
DAP ou Urée g/bac	0,825	0,61875	0,4125	0,30938	0,20625	0,10313	0
Fer ml/l	0,54	0,4	0,27	0,2	0,13	0,07	0
DAP ou Uée g/bac	0,83	0,62	0,41	0,31	0,21	0,1	0
Fer ml/bac	30	22	15	11	7	4	0

Nous avons travaillé sans replicats, car l'objectif est de déterminer la relation dose- réponse et non pas de voir s'il y a une différence entre les moyennes (cas de la première expérimentation). Knud-hansen, (1997) a réalisé des expérimentations similaires, en testant 12 doses différentes dans 12 bassins afin de déterminer la dose optimale. l'auteur signale que, « c'est mieux de tester 12 doses différentes dans 12 bassins, que d'utiliser les 12 bassins pour tester 4 doses avec 3 replicats pour chaque dose ».

2 . Calendrier de travail durant l'expérimentation

Le calendrier d'intervention sur les bacs expérimentaux est porté sur le tableau II.

Tableau II : Calendrier d'intervention sur les bacs expérimentaux.

Jour	Date	Hydrobiologie	Fertilisation	Artemia
J0	25 . 05 . 99	H	F	-
J6	31 . 05 . 99	H	-	-
J7	01 . 06 . 99	-	-	Inoculation
J10	04 . 06 . 99	H	F/2	-
J17	11 . 06 . 99	H	F/2	-
J24	18 . 06 . 99	H	F/2	-
J32	26 . 06 . 99	H	F/2	-
J39	03 . 07 . 99	H	F/2	-
J48	12 . 07 . 99	H	-	Récolte

H : hydrobiologie ; F : fertilisation principale ; F/2 : fertilisation d'entretien

3 . Inoculation d'*Artemia*

L'inoculation des nauplii d'*Artemia* (stade I) a été effectuée le 01. 06 .1999 (soit J7 de l'expérimentation), à une densité de 50 nauplii/litre (soit 2750 nauplii/bac). Ces nauplii sont obtenus après incubation au laboratoire

des cystes d'*Artemia* récoltés de la saline de Mégrine (bassin 5).

4 . Suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques

Les paramètres physico-chimiques suivis sont : la température, la salinité, l'oxygène dissous, le niveau d'eau dans les bacs, la turbidité, le pH, et les sels nutritifs (NH₄-3, NO₂-, NO₃-, PO₄---). Les paramètres biologiques sont le phytoplancton et l'*Artemia*.

La température des eaux des bacs a été relevée à l'aide d'un thermomètre ordinaire avec une précision de 0,5°C. La salinité des eaux des bacs a été mesurée à l'aide d'un réfractomètre à main (ATAGO) gradué de 1 à 10% (salinité).

L'oxygène dissous dans l'eau des bacs a été mesuré à l'aide d'un oxymètre de terrain

(marque : WTW- OXI 330/SET). Les résultats sont exprimés en mg/l et en pourcentage de saturation (% de saturation).

Le niveau d'eau dans les bacs d'expérimentation a été mesuré à l'aide d'une règle graduée en cm.

La turbidité des eaux des bacs d'expérimentation a été effectuée avec la même périodicité que les autres paramètres. Sa mesure a été réalisée à l'aide d'un disque de Secchi miniaturisé.

Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH- mètre (marque : WTW - 320) après calibration avec deux solutions tampons 7 et 9.

Les sels nutritifs (NO₂-, NO₃-, NH₄-3, PO₄- - -) ont été mesurés par analyse directe sur échantillon de 25 ml d'eau pour chaque élément, et ceci après filtration sur filtre Wathman GF/A, (diamètre du filtre = 4,7 cm ; porosité = 47 µm), puis analysés à l'aide d'un

spectrophotomètre. Les résultats sont exprimés en $\mu\text{moles-N/l}$.

La production primaire est estimée d'après le dosage de la chlorophylle *a* qui après filtration d'un échantillon de 100ml d'eau sur filtre Wathman GF/A et extraction à l'acétone 90%, puis analyse à l'aide d'un spectrophotomètre à deux longueurs d'onde (665nm et 750nm) avant et après acidification.

Pour l'*Artemia*, comme pour la première expérimentation, un échantillon de 30 individus par bac est prélevé chaque semaine pour suivre le développement des stades dans les différents bacs d'expérimentations inoculés.

A la fin de l'expérimentation, l'*Artemia* (cystes et biomasse) a été récoltée pour quantifier la production dans chacun des bacs fertilisés avec les différentes doses. Tous les paramètres ont été mesurés à 10 cm de la surface sur l'ensemble des 7 bacs dans un délai inférieur à 30mn pour la physico-chimie et inférieur à 2h. pour la biomasse et ceci conformément aux dates indiquées dans matériel et méthodes (paragraphe 2).

Nous signalons aussi que contrairement à l'expérience précédente, nous avons ajouté l'oxygène dissous pour éviter les risques d'anoxie pouvant favoriser la réduction des nitrates en nitrites.

Les prélèvements d'échantillons ont été effectués entre 11h. et 14h.

Le dernier jour de l'expérimentation (J48), nous avons récolté les cystes et la biomasse d'*Artemia* pour évaluer et quantifier la production finale dans chacun des bacs d'expérimentation.

5. Conditions climatiques durant l'expérimentation

Les conditions climatiques qui ont prévalu durant la période de l'expérimentation (du 25 mai au 12 juillet 1999), ont eu une influence certaine sur le comportement des bacs. Nous décrivons rapidement d'après les données relevées par les services de la Météorologie Nationale, l'évolution de la température, la pluviométrie et l'ensoleillement sur le secteur de Carthage (station de Tunis –Carthage).

5.1. Température de l'air

La température moyenne de l'air a fluctué au cours de l'expérimentation entre 19,2°C et 32,9°C. La valeur minimale a été enregistrée durant la journée du 19 juin

99 (journée de pluie), et la valeur maximale a été enregistrée le 12 juillet 99 (dernier jour de l'expérimentation).

5.2. Pluviométrie

L'examen des résultats relatifs à la pluviométrie montre que les pluies sont rares durant la période de l'expérimentation. Les précipitations cumulées ont atteint 4,9 mm ; ceci montre bien qu'un beau temps s'est installé durant l'expérimentation.

5.3. Insolation

Les valeurs relatives à l'insolation montrent que le temps était ensoleillé durant toute la période de l'expérimentation, elles traduisent bien un temps d'été (40 à 139 h/10 heures).

RESULTATS

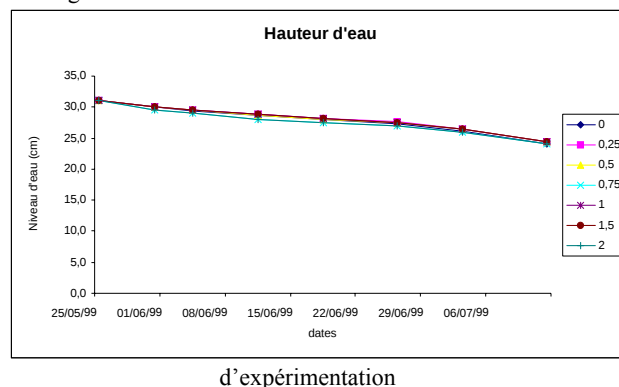
1. Evolution des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau

Les résultats sont représentés sous forme de graphiques.

1.1. Niveau d'eau dans les bacs (Fig. 1)

La figure 1 montre que la baisse progressive par évaporation du niveau d'eau dans les bacs a passé d'un maximum de 31cm (début de l'expérience) à un minimum égal à 24cm (en fin d'expérience).

Fig. 1 : Variations de la hauteur de l'eau dans les bacs



1.2. pH (Fig. 2)

Le pH a évolué d'une façon similaire dans le bac témoin

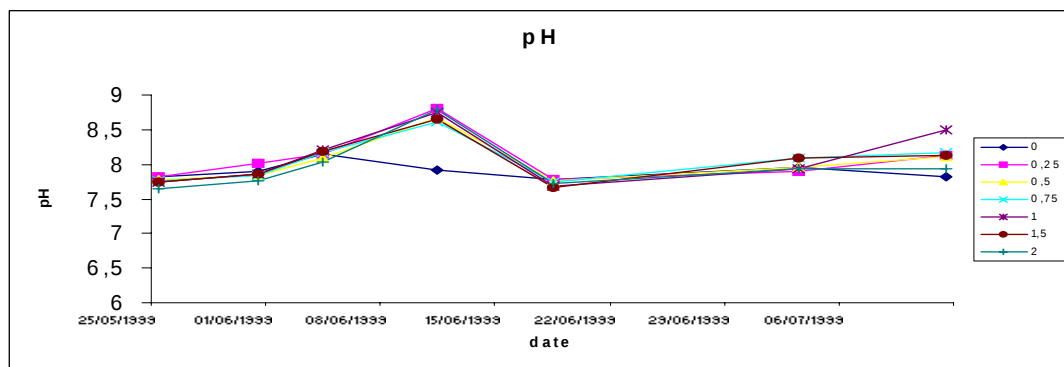


Fig. 2 : Variations du pH de l'eau dans les bacs d'expérimentation

et dans les bacs fertilisés sauf que pour la date du 11 juin, il a augmenté dans les bacs fertilisés alors qu'il n'a pas varié dans le bac témoin ; ceci est dû vraisemblablement à une consommation importante du CO₂ induite par une réaction de photosynthèse du phytoplancton produit dans les bacs fertilisés. Quant aux valeurs du pH, elles ont fluctué entre 7,5 et 8,8 et ceci tout au long de l'expérimentation.

1.3. Température de l'eau (Fig. 3)

La température de l'eau a évolué de la même façon dans le bac témoin et dans les bacs fertilisés, depuis le début de l'expérience jusqu'à la fin. Elle a fluctué entre des minima enregistrés en début de l'expérimentation (26,2°C) et des maxima enregistrés vers le 18 juin (29,7°C) (Fig. 3).

Nous signalons que cette fourchette thermique ne pose aucun problème physiologique pour l'*Artemia*.

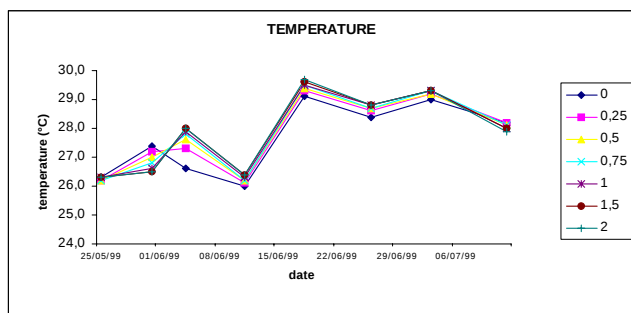


Fig. 3 : Variations de la température de l'eau dans les bacs d'expérimentation

1.4. Salinité de l'eau (Fig. 4)

Suite au phénomène d'évaporation, la salinité a augmenté régulièrement et d'une façon similaire dans le bac témoin et dans les bacs fertilisés et ceci tout au long de l'expérimentation. La salinité de l'eau est de l'ordre de 100 g/kg en début d'expérimentation, elle est passée à une valeur de l'ordre de 220 g/kg en fin d'expérimentation (Fig. 4).

Ces valeurs enregistrées dans l'eau des bacs entre le début et la fin de l'expérience sont tolérées par l'*Artemia*, car elle peut supporter des salinités plus élevées (300 g/kg).

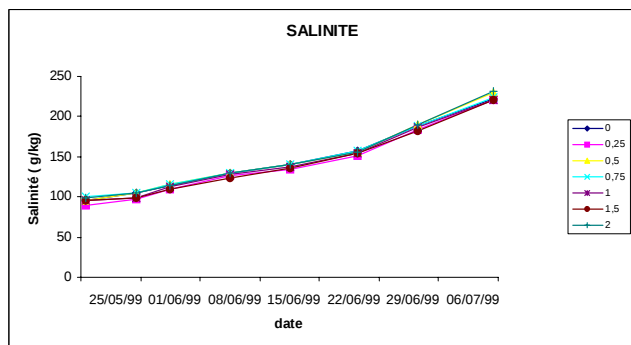


Fig. 4 : Variations de la salinité de l'eau dans les bacs d'expérimentation.

1.5. Oxygène dissous dans l'eau (Fig. 5 et 6)

L'oxygène dissous évolue de la même façon dans le bac témoin et dans les bacs fertilisés. Cette évolution est plus ou moins constante, elle ne montre pas des minima et des maxima comme pour les autres paramètres. Quant aux valeurs enregistrées tout au long de l'expérience, elles sont comprises entre 2,30mg/l et 2,90mg/l (Fig. 5).

La figure 6 montre que le pourcentage de saturation (%) de l'oxygène dissous évolue d'une façon similaire dans le bac témoin et dans les bacs fertilisés. Il évolue entre 40% et 52% de saturation.

1.6. Turbidité (Fig. 7 et 8)

Ce paramètre permet d'évaluer la charge de l'eau en particules minérales, organiques et en micro-organismes ; il traduit donc la richesse trophique du milieu.

Les résultats obtenus montrent qu'au début de l'expérimentation, l'eau des bacs n'est pas turbide (les points blancs restent visibles). Quelques jours après, les

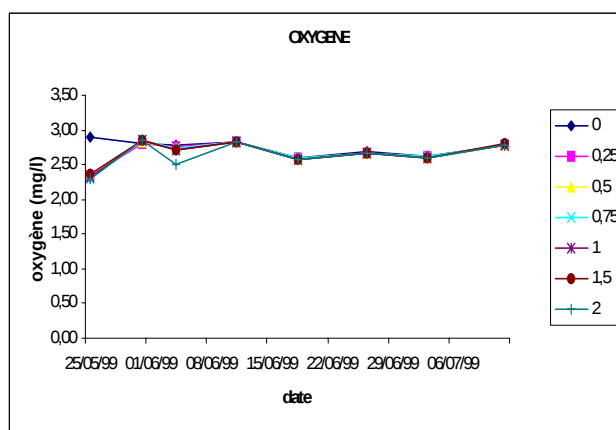


Fig. 5 : Evolution de la concentration de l'oxygène dissous dans les bacs d'expérimentation exprimée en mg/l.

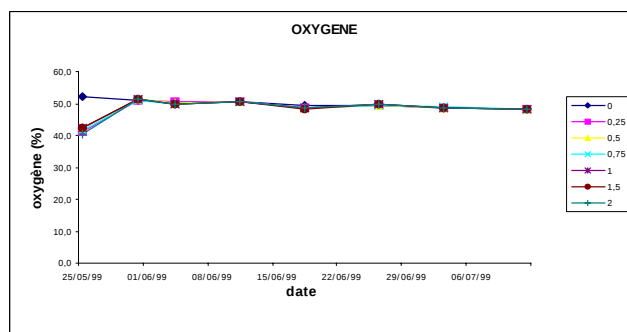


Fig. 6 : Evolution de la concentration de l'oxygène dissous dans les bacs d'expérimentation exprimée en % de saturation.

micro- algues se multiplient et l'eau des bacs devient turbide suite au développement des micro- algues dans les bacs (Fig. 7).

La transparence de l'eau des bacs diminue une semaine après l'opération de fertilisation ; ceci veut dire que la turbidité augmente dans les bacs, suite au "bloom" phytoplanctonique qui s'est installé. Nous remarquons

aussi d'après les courbes portées sur la figure 46, que l'eau du bac témoin est moins turbide que l'eau des bacs

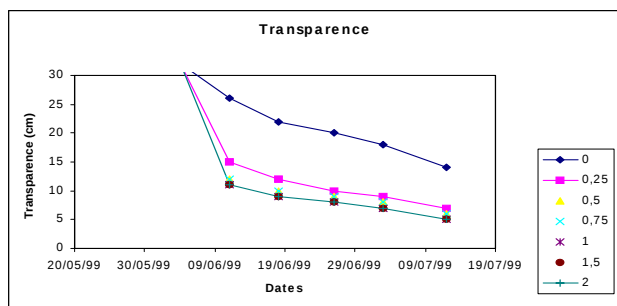


Fig. 7 : Variations de la transparence dans les bacs d'expérimentation

fertilisés ; il y a donc plus de micro-algues qui se développent dans les bacs fertilisés que dans le bac témoin.

L'examen de l'effet de la concentration des engrais sur la transparence montre que la dose 0,5 (moitié de l'an passé) paraît suffisante pour développer correctement le "bloom" phytoplanctonique (Fig. 8).

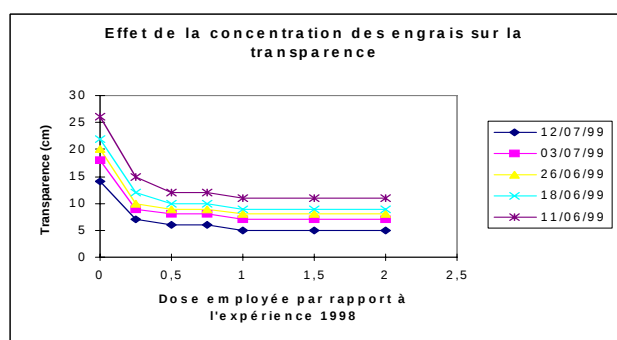


Fig. 8 : Variations de la transparence en fonction des doses fertilisantes utilisées dans les bacs d'expérimentation

1.7. Nutriments

Nous rappelons que le fertilisant minéral 1 est à base de phosphate de di-ammonium (DAP) et d'Urée.

1.7.1. Nutriments azotés

a - L'azote ammoniacal (Fig. 9)

La figure 9 montre que les quantités d'azote ammoniacal

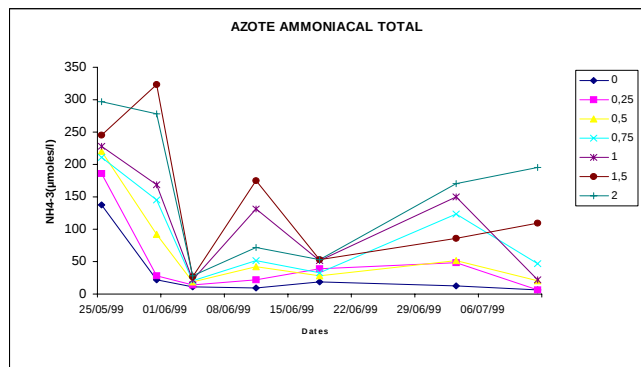


Fig. 9 : Evolution de la concentration en azote ammoniacal dans l'eau des bacs d'expérimentation.

dosées au début de l'expérimentation sont importantes et elles varient entre 137,7μmoles/L (témoin) et 296,9μmoles/L (bac fertilisé avec la dose 2*F). Ces quantités diminuent par la suite, ceci est dû vraisemblablement à une utilisation de l'azote par les micro-algues.

Quant aux pics des courbes correspondant respectivement à J17 et J39 ; ils sont dûs aux apports hebdomadaires du fertilisant pour les différentes doses. Nous remarquons que chaque pic est suivi d'une diminution de la quantité d'azote ammoniacal dans le milieu (eau du bac) ; ce qui correspond à une assimilation de l'azote par les micro-algues.

L'examen de cette figure montre aussi que la quantité d'azote ammoniacal dosée dans le bac témoin reste faible par rapport aux quantités d'azote dosées dans les bacs fertilisés avec les différentes doses.

b - Les nitrites (Fig. 10)

Les quantités de nitrites dosées au début de l'expérimentation sont faibles et elles varient entre 0,9 et 1,5 μmoles/L. Après 11 jours (soit J10), elles augmentent dans l'eau des bacs d'expérimentation pour atteindre des valeurs comprises entre 27,6μmoles/L et 34,5μmoles/L vers J17. Ces valeurs demeurent plus ou moins constantes jusqu'à la fin de l'expérimentation. Cette augmentation des nitrites est due vraisemblablement à une oxydation de l'azote ammoniacal.

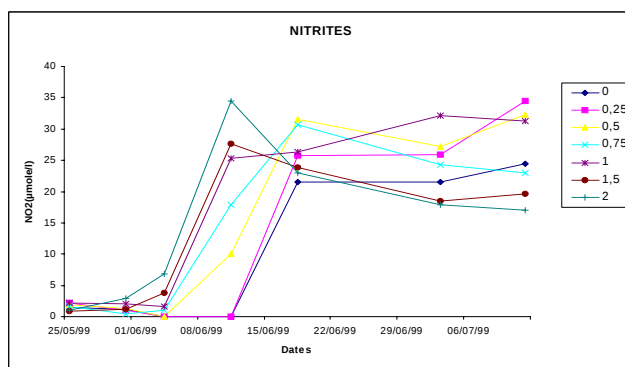


Fig. 10 : Evolution de la concentration en nitrites dans l'eau des bacs d'expérimentation

c - Les nitrates (Fig. 11)

La figure 11 montre que les quantités de nitrates dosées au début de l'expérimentation sont faibles, elles sont comprises entre 37,6μmoles/L et 58,2μmoles/L. Après 11 jours (soit J10), les quantités de nitrates commencent à augmenter dans le milieu pour atteindre des valeurs comprises entre 181,1μmoles/L et 253,4μmoles/L en fin d'expérimentation. Cette augmentation des nitrates dans les bacs fertilisés avec différentes doses est due à une oxydation des nitrites en nitrates, ce qui fait augmenter la quantité de nitrates dans les différents bacs.

1.7.2. Nutriments phosphorés (Fig. 12)

Au début de l'expérimentation, les quantités de phosphates sont importantes, elles sont comprises entre 20μmole/l (témoin) et 140μmole/l (bac fertilisé avec

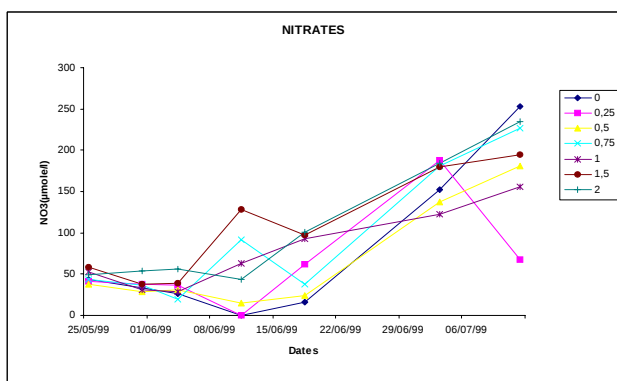


Fig. 11 : Evolution de la concentration en nitrates dans l'eau des bacs d'expérimentation.

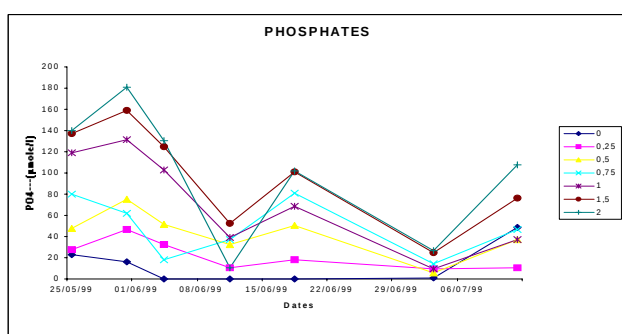


Fig. 12 : Evolution de la concentration en phosphates dans l'eau des bacs d'expérimentation.

2*F). Ces quantités évoluent en augmentant ; elles marquent un pic puis elles diminuent par la suite. La diminution des phosphates dans le milieu est due à leur utilisation par les micro-algues. Après cette diminution, on assiste à une nouvelle augmentation qui marque un second pic moins important que le premier. Elle est due vraisemblablement à l'apport hebdomadaire en fertilisant et ceci pour les différentes doses testées.

Nous remarquons que pour le bac témoin (aucun apport de fertilisant), la quantité de phosphates est très faible au début de l'expérimentation et elle devient nulle vers J10 de l'expérimentation étant donné qu'il n'y a aucun apport de fertilisant et que la quantité initiale de phosphates est épuisée par les micro-algues.

2. Evolution des paramètres biologiques

2.1. Le phytoplancton

2.1.1. Biomasse phytoplanctonique (Fig. 13)

Elle s'exprime par la mesure de la quantité de chlorophylle a. La figure 13 montre qu'au début de l'expérimentation, la quantité de chlorophylle a est faible (76,2 µg/l) dans le bac non fertilisé (témoin) et dans tous les bacs fertilisés. Une semaine après la première fertilisation, "le bloom" phytoplanctonique s'est installé et la quantité de chlorophylle a commencé à augmenter dans les différents bacs fertilisés pour atteindre un optimum vers J17.

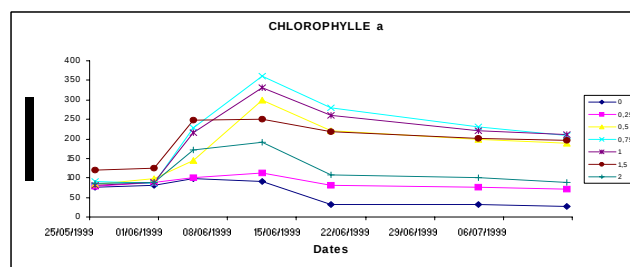


Fig. 13 : Evolution de la concentration en chlorophylle a dans les différents bacs d'expérimentation.

La dose 0,75 est la mieux adaptée, car elle présente le pic le plus important avec une quantité de chlorophylle a égale à 360 µg/l. Il semble donc qu'au delà de cette dose, certains éléments peuvent produire des effets négatifs. Le deuxième pic de chlorophylle a correspond à la dose 1*F, avec une quantité de chlorophylle a égale à 330,2 µg/l. Le pic qui vient en troisième position correspond à la dose 0,5*F, avec une quantité de chlorophylle a égale à 300 µg/l.

Après cet optimum de chlorophylle a pour les différentes doses correspondant à J17 (Fig.14) ; la quantité de chlorophylle a diminue aussi bien dans le bac non fertilisé (témoin) que dans les bacs fertilisés, puis elle reste plus ou moins constante à un niveau important de chlorophylle a, de l'ordre de 230 µg/L ; ceci reflète bien la richesse de l'eau des bacs en micro-algues et donc la disponibilité de nourriture pour *Artemia*.

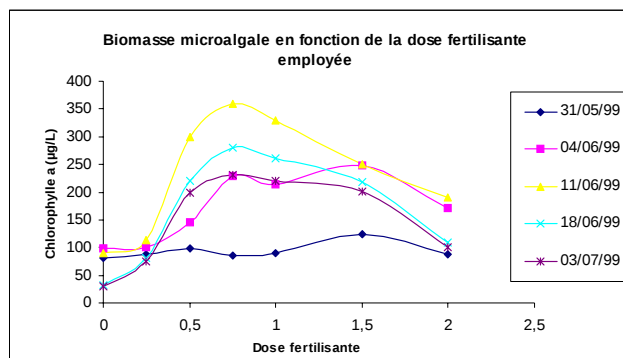


Fig. 14 : Evolution de la biomasse micro-algale développée en fonction des doses fertilisantes.

Ainsi, les résultats obtenus montrent que la dose 0,75 (0,75*F) est la dose optimale. Elle donne la meilleure biomasse phytoplanctonique exprimée par la quantité de chlorophylle a ; puis viennent après les doses 1 et 0,5 qui donnent des biomasses phytoplanctoniques importantes exprimées respectivement par les quantités de chlorophylle a dosées au cours de cette expérimentation.

2.1.2. Aspect qualitatif du phytoplancton

Nous avons essayé de connaître les principales espèces phytoplanctoniques dominantes dans les bacs d'expérimentation.

Pour cela, nous avons prélevé des échantillons dans le bac non fertilisé (témoin) et dans les bacs fertilisés à

l'aide des six doses testées et ceci durant la phase exponentielle de développement des micro- algues. Après examen, nous avons pu déterminer *Dunaliella salina* et *Dunaliella viridis*

2.2. L'*Artemia*

2.2.1. Inoculation d'*Artemia* dans les bacs d'expérimentation

L'inoculation d'*Artemia* dans les bacs d'expérimentation a été effectuée une semaine après l'opération de la fertilisation principale, soit J7 de l'expérimentation, avec une densité de 50 nauplii/litre (soit 2750 nauplii/bac). Les nauplii utilisés pour l'inoculation sont issus de cystes récoltés dans le bassin 5 de la saline de Mégrine durant le mois de mai 1997, comme dans l'expérience précédente.

2.2.2. Stades de développement d'*Artemia* au cours de l'expérimentation

Nous avons essayé de suivre les stades de développement de l'*Artemia* dans les 7 bacs d'expérimentation. Un prélèvement hebdomadaire d'un échantillon de 30 individus par bac a été effectué et les résultats sont consignés dans le tableau III.

D'après ce tableau, nous remarquons que dans le bac non fertilisé (témoin), les *Artemia* mettent 28 jours pour atteindre le stade adulte ; alors que dans les bacs fertilisés avec différentes doses, ils mettent seulement 21 jours.

Ceci laisse supposer que l'aspect nutritionnel semble avoir un effet positif sur les stades de développement de l'*Artemia* et vraisemblablement sur la croissance de l'animal.

2.2.3. Récolte d'*Artemia* en fin d'expérimentation

A la fin de l'expérimentation, nous avons récolté les cystes et la biomasse dans les 7 bacs d'expérimentation. Les cystes ont été traités selon les techniques décrites au début de ce travail, puis séchés et enfin pesés à l'aide d'une balance afin de quantifier la quantité de cystes produite dans chaque bac. De même, les *Artemia* adultes ont été traités, pesés et dénombrés afin de quantifier la production en biomasse de chaque bac en poids et en nombre d'individus.

a – Les cystes

Nous avons récolté les cystes dans les 7 bacs d'expérimentation ; ces cystes ont été traités, séchés puis pesés pour quantifier la production de chaque bac. Les quantités produites par bac sont consignés dans le tableau IV.

Les résultats obtenus montrent que la meilleure production de cystes est obtenue dans le bac fertilisé avec la dose 0,75 (0,75*F). Elle est de 350mg de poids sec, alors que celle du bac non fertilisé (témoin), elle est de 70mg de poids sec.

Tableau III : Développement des stades d'*Artemia* durant l'expérimentation

Bacs	01/06/99	08/06/99	15/06/99	22/06/99	29/06/99	12/07/99
0	Nauplii	Juvéniles	Juv.-pré-adul.	Pré-adultes	Adultes	Récolte
0,25	Nauplii	Juvéniles	Pré-adultes	Adultes	Adultes	"
0,5	Nauplii	Juvéniles	Pré-adultes	Adultes	Adultes	"
0,75	Nauplii	Juvéniles	Pré-adultes	Adultes	Adultes	"
1	Nauplii	Juvéniles	Pré-adultes	Adultes	Adultes	"
1,5	Nauplii	Juvéniles	Pré-adultes	Adultes	Adultes	"
2	Nauplii	Juvéniles	Pré-adultes	Adultes	Adultes	"

b – La biomasse

Nous avons récolté la biomasse dans les 7 bacs d'expérimentation. Les quantités produites par bac sont consignées dans le tableau IV.

Ces résultats montrent que la meilleure production de biomasse est obtenue dans le bac fertilisé avec la dose 0,75 (0,75*F). Cette production de biomasse est de 32 g de poids frais.

Dans le bac témoin, la production obtenue est de 6g de poids frais.

c- Dénombrement des *Artemia* en fin d'expérimentation

Nous avons dénombré les *Artemia* récoltés dans les 7 bacs. Les résultats portés dans le tableau 27, montrent que dans le bac non fertilisé (témoin), on compte 500 individus ; alors que dans le bac fertilisé avec la dose 0,75 (0,75*F), on compte 2600, soit 5 fois plus que le témoin. La deuxième dose qui donne un nombre d'*Artemia* important est 1(1*F), on en compte 2400.

A la fin de l'expérimentation ; il reste plus d'*Artemia* dans les bacs fertilisés que dans le bac non fertilisé (témoin) et que le nombre des individus restant est étroitement lié à la dose utilisée.

Il ressort de ce qui précède que la dose 0,75 (0,75*F) est la meilleure (dose optimale). Elle permet d'avoir le plus grand nombre d'individus (meilleur taux de survie), la meilleure production de biomasse et la meilleure production de cystes.

2.2.4. Production d'*Artemia* enregistrée durant la deuxième expérimentation

Les productions d'*Artemia* en cystes et biomasse sont portées sur le tableau IV.

a – Les cystes

La production de cystes dans le bac non fertilisé (témoin) est de 70mg de cystes de poids sec ; alors que celle des autres bacs fertilisés avec les différentes doses est supérieure à la production du témoin.

Tableau IV : Production d'*Artemia* dans les différents bacs d'expérimentation

Résultats				
Bacs	Quantité de cystes récoltées (mg) ps	Biomasse récoltée (g) pf	Nombre d'individus	Taux de survie
0	70	6	500	18,18%
0,25	140	14	1100	40,00%
0,5	250	26	2200	80,00%
0,75	350	32	2600	94,50%
1	300	28	2400	87,20%
1,5	190	20	1810	65,80%
2	160	17	1580	57,40%

Nous remarquons que la dose 0,75*F donne la meilleure production de cystes d'*Artemia*, elle est de 350mg de cystes de poids sec ; soit à peu- près 5 fois la production du témoin.

b - La biomasse

La production de biomasse dans le bac non fertilisé (témoin) est de 6g de poids frais ; alors que la production de biomasse dans le bac fertilisé avec la dose 0,75*F est de 32g de poids frais ; soit à peu- près 5 fois la production du témoin .

Ces résultats nous permettent de dire que les doses testées donnent des productions de cystes et de biomasse supérieures à la production du témoin et que la dose 0,75*F est la dose optimale, permettant, de multiplier par 5 la production du témoin en cystes et en biomasse.

2. 2. 5. Extrapolation des résultats à une saline

Nous avons essayé d'extrapoler les résultats obtenus à petite échelle (microcosmes) à une grande échelle (bassin d'une saline) afin d'avoir une idée sur les rendements à l'hectare et ceci pour les différentes doses. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau V.

Tableau V : Production d'*Artemia* (cystes et biomasse) en microcosmes et en salines.
(ps = poids sec ; pf = poids frais).

Bacs (dose s)	Cystes (mg ps) Par bac	Cystes (kg ps) Par hectare	Biomasse (g pf) Par bac	Biomasse (kg pf) Par hectare
0	70	6,4	6	545,0
0,25	140	12,7	14	1272,5
0,5	250	22,7	26	2363,5
0,75	350	31,8	32	2909,0
1	300	27,2	28	2545,0
1,5	190	17,2	20	1818,0
2	160	14,5	17	1545,0

Les résultats obtenus en microcosmes au cours de cette expérimentation et leur extrapolation à grande échelle

(bassins d'une saline) montrent que la fertilisation permet d'optimiser la production des cystes et de la biomasse d'*Artemia*.

Les résultats obtenus montrent que la meilleure dose est 0,75*F ; elle permet de multiplier par 5 la production par rapport au témoin aussi bien pour les cystes que pour la biomasse.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

L'évolution des paramètres physico-chimiques et biologiques montre les faits suivants :

La température de l'eau évolue d'une façon similaire dans le bac non fertilisé (témoin) et dans les bacs fertilisés à l'aide des six doses du fertilisant retenues.

Elle présente des minima enregistrés au début de l'expérimentation (26,2°C) et des maxima enregistrés le 18 juin (29,7°C). Toutefois, les conditions météorologiques durant l'expérimentation doivent être considérées comme représentatives plus d'une période estivale que printanière car les maxima enregistrés commencent à se rapprocher des valeurs limites supérieures pour *Artemia*.

Suite à l'évaporation, la salinité de l'eau augmente régulièrement et de la même façon dans le bac témoin et dans les bacs fertilisés et ceci tout au long de l'expérience.

Nous avons trouvé des résultats similaires, concernant l'évolution de ce paramètre, lors d'une étude réalisée sur l'eau de la saline de Mégrine (Aloui, 1995). Ainsi, en période estivale et sous l'effet de l'évaporation, la salinité augmente et atteint des valeurs de l'ordre 260 g/kg. Le même phénomène a été mentionné par Khemakhem (1988) dans la saline de Sfax, où la salinité peut atteindre 280 g/kg.

L'oxygène dissous évolue d'une façon plus ou moins constante dans le bac témoin et les bacs fertilisés. Il ne montre pas des minima et des maxima et les valeurs sont comprises entre 2,3 et 2,9 mg/l. Celles-ci permettent à l'*Artemia* de bien se développer dans les bacs d'expérimentation.

Nous notons bien que durant la période de l'expérience, il y avait du vent qui soufflait, ce qui a entraîné un brassage de l'eau des bacs et par conséquent une bonne oxygénation.

A ce propos, Brisset (1984) a démontré que l'*Artemia* peut bien se comporter dans des milieux, où le taux d'oxygène dissous est inférieur à 1 mg/l et que l'optimum se placerait à des valeurs proches de la saturation.

Le pH évolue d'une façon similaire, entre les valeurs de 7,5 et 8,7 dans le bac témoin et dans les bacs fertilisés, mis à part le 11 juin où un pic de pH égal à 8,8 est apparu dans les bacs fertilisés. Ceci s'explique bien par l'action photosynthétique des micro-algues qui consomment d'une façon importante le CO₂.

Pour les nutriments, les quantités d'azote ammoniacal dosées au début de l'expérimentation sont importantes puis elles diminuent par la suite. Cette diminution est due vraisemblablement à une utilisation de l'azote par les

micro-algues. Quant aux pics enregistrés par la suite, ils sont dus aux apports hebdomadaires en fertilisants.

Les quantités de nitrites dosées au début de l'expérience sont faibles aussi bien dans le bac témoin que dans les bacs fertilisés. Après 11 jours (soit J10), les quantités de nitrites ont augmenté dans l'eau des bacs pour atteindre des valeurs plus ou moins élevées vers J17. Ces valeurs demeurent plus ou moins constantes jusqu'à la fin de l'expérimentation. Cette augmentation des nitrites est due vraisemblablement à une oxydation de l'azote ammoniacal. Ceci est bien argumenté par la bonne oxygénation de l'eau des bacs.

Les quantités de nitrates dosées au début de l'expérimentation sont faibles. Vers J10, ces quantités commencent à croître dans l'eau des bacs pour atteindre des valeurs élevées en fin d'expérimentation. Cette augmentation des nitrates dans l'eau des bacs fertilisés avec différentes doses est due à une oxydation des nitrites en nitrates, ce qui a amplifié la quantité de nitrates dans les différents bacs.

Les quantités de phosphates sont importantes au début de l'expérimentation. Elles évoluent en augmentant et marquent un pic, puis elles diminuent par la suite. La diminution des phosphates dans l'eau des bacs est due à leur utilisation par les micro-algues. Après cette diminution, on assiste à une nouvelle augmentation qui marque un second pic moins important que le premier. Celle-ci est due à l'apport hebdomadaire en fertilisant et ceci pour les différentes doses testées. Au contraire, dans le bac non fertilisé (témoin) ; la quantité de phosphates est très faible au début de l'expérience et elle devient nulle vers J10, étant donné qu'il n'y a aucun apport de fertilisant et que la quantité initiale est épuisée par les micro-algues.

L'effet de la fertilisation à l'aide des différentes doses sur les micro-algues est bien justifié par le développement d'une biomasse phytoplanctonique importante. Une semaine après la première fertilisation, le "bloom" phytoplanctonique s'est installé et les micro-algues ont commencé à se multiplier, ceci est confirmé par une augmentation de la quantité de chlorophylle a dosée dans les différents bacs fertilisés pour atteindre un optimum pour toutes les doses (vers J17).

La dose 0,75*F est la mieux adaptée, car elle présente le pic le plus important avec une quantité de chlorophylle a égale à 360 µg/l. Il semble donc qu'au delà de cette dose, certains éléments peuvent produire des effets négatifs.

Sur le plan qualitatif, le phytoplancton qui s'est développé, est constitué principalement de *Dunaliella salina* et de *Dunaliella viridis*.

L'effet de la fertilisation à l'aide des différentes doses sur *Artemia* montre les faits suivants :

* Le suivi de développement des stades d'*Artemia* montre que les animaux du bac témoin mettent 28 jours pour atteindre le stade adulte, alors que ceux des bacs fertilisés, ne mettent que 21 jours. Cette différence semble être liée à la richesse du milieu en micro-algues. Dans les bacs fertilisés, les nauplii d'*Artemia* trouvent une bonne disponibilité phytoplanctonique, ce qui leur permet de bien s'alimenter et de croître dans une période

plus ou moins courte. Au contraire, dans le bac non fertilisé (témoin) ; les nauplii se trouvent dans un milieu plus ou moins pauvre en phytoplancton, ce qui entraîne un ralentissement de la croissance et les animaux mettent plus de temps pour atteindre le stade adulte.

* L'exploitation d'*Artemia* (cystes et biomasse) et le dénombrement des animaux en fin d'expérimentation dans les différents bacs montre que la meilleure dose du fertilisant est 0,75 (0,75*F). Elle permet de multiplier par 5 la production par rapport au témoin en cystes et en biomasse.

En faisant une corrélation entre le nombre des animaux et la quantité de cystes produite, nous remarquons qu'il y a une corrélation positive, c'est à dire, plus il y a d'animaux dans le milieu, plus la quantité de cystes est importante. Ceci se recoupe bien avec les résultats de la première expérimentation ainsi qu'avec nos observations dans le milieu naturel.

Cette biomasse est composée de mâles et de femelles et c'est l'augmentation du nombre de femelles qui fait augmenter la quantité de cystes, étant donné qu'elles sont la seule source.

Nous pouvons dire que la quantité optimale est 0,75 (0,75*F), soit 0,011 g/L de DAP et 0,011 g/L d'urée ou encore 35 kg/ha de chaque composant. Elle permet d'obtenir la meilleure biomasse phytoplanctonique et elle donne la meilleure production d'*Artemia* (cystes et biomasse) avec un résultat multiplié par 5 par rapport au bac témoin, équivalent à 21,2 kg/ha/mois de cystes en poids sec et 1936,6 kg/ha/mois de biomasse en poids frais. Ces productions sont supérieures à celles obtenues par Tackaert et Sorgeloos (1991), pour la culture d'*Artemia* en semi-intensif et dont les valeurs sont 10 à 20 kg/ha/mois de cystes en poids sec et 375 kg/ha/mois de biomasse en poids frais.

Les travaux réalisés à l'échelle de microcosmes demandent maintenant à être vérifiés directement sur des salines, en utilisant cette technique, qui semble très prometteuse.

BIBLIOGRAPHIE

- Aloui N., 1995. – Recherches biologiques et écologiques sur l'*Artemia* dans un milieu salin : la saline de Mégrine. *Bull. Inst. Natn. Scient. Tech. Océanogr. Pêche Salammô*, 22 : 59-80.
- Aloui N., Hussenot J., El abed A., 2002. – Amélioration de la production d'*Artemia* dans les salines tunisiennes par fertilisation minérale : comparaison entre deux types de fertilisants minéraux. *Bull. Inst. Natn. Scient. Tech. Océanogr. Pêche Salammô*, 29 : (sous presse).
- Brisset P., 1984. – Elevage et utilisation en aquaculture de l'*Artemia*. Thèse Doct. 3^e cycle Univ. de Lille I, 137p.
- Khemakhem M., 1988. – *Artemia* dans les salines de Sfax. Etudes biologique et écologique. Possibilité d'exploitation à des fins aquacoles. Mémoire du cycle de spécialisation de l'INAT. 114p.

Knud- hansen C. F., 1997. – Experimental design and analysis in aquaculture. In : H. S. Egna et C. E. Boyd. Dynamics of pond aquaculture. CRC Press, Boca Raton, Florida, 325-375.

Tackaert W., Sorgeloos P., 1991. – Semi- intensive culturing in fertilized ponds. In : R. A. Browne, P. Sorgeloos and C. N. A. Trotman. *Artemia* biology. CRC Presss, Boca Raton, Florida, 287-315.