



**Etude comparative de l'absorption de l'azote
par deux espèces d'algues rouges : <Gracilaria
verrucosa> (Hudson) papenfuss, 1950 et
Gracilaria <Bursa-pastoris> (gmelin) silva, 1952.**

Item Type	Journal Contribution
Authors	Romdhane, M.S.; Chebil-Ajjabi, L.; El Abed, A.
Citation	Bulletin de l Institut national des sciences et technologies de la Mer, 32. p. 99-106
Publisher	INSTM
Download date	06/02/2023 13:18:43
Link to Item	http://hdl.handle.net/1834/3776

ETUDE COMPARATIVE DE L'ABSORPTION DE L'AZOTE PAR DEUX ESPECES D'ALGUES ROUGES : *GRACILARIA VERRUCOSA* (HUDSON) PAPENFUSS, 1950 ET *GRACILARIA BURSA-PASTORIS*(GMELIN) SILVA, 1952.

Leila CHEBIL-AJJABI^{1*}, M. S. ROMDHANE² et A. EL ABED¹

1: Institut National des Sciences et Technologies de la Mer , 28, rue 2 Mars 1934, 2025 Salammbô, Tunisia

2: Institut National Agronomique de Tunis, 34 Avenue Charles Nicolle Cité Mahrajène, 1082 Tunis, Tunisia

* leila.chebil@instm.mrt.tn

ملخص

دراسة مقارنة لإمتصاص الأزوت من طرف نوعين من الطحالب الحمراء : *Gracilaria bursa pastoris* و *Gracilaria verrucosa* لتنقية المياه و إعادة إستعمالهما، قمنا ببعض التجارب التي ترمي الى توضيح استجابة هذه الطحالب عند وجودها في وسط غني بمادة الأزوت التي هي في نفس الوقت مصدر تلوث الوسط البحري وعامل نمو ضروري للطحالب. في تجربة أولى، قمنا بتحديد ما إذا كان الأمونيوم ($N-NH_4$) أو النترات ($N-NO_3$) هو الشكل المفضل للإمتصاص من طرف النوعين من الطحالب كل على حدى. لقد لاحظنا إمتصاص سريع للأزوت في شكل الأمونيوم. وتجدر الإشارة الى أن النوع *G. verrucosa* يتمتع بقدره إمتصاص أكبر من التي يتمتع بها *G. bursa pastoris*. ثم في تجربة ثانية حاولنا فهم مدى تأثير الكمية الأولية للأمونيوم على نسبة وسرعة التمثل من جهة ونسبة النمو النوعي من جهة أخرى وهذا بإستعمال كميات مختلفة من الأمونيوم المضافة الى مياه تربية النوعين من الطحالب. بينت النتائج أن أعلى نسبة التمثل للأمونيوم من طرف *G. verrucosa* قدرت في أوساط الإستزراع ذات 400 و 500 ميكرومول/لتر من الأمونيوم. أما بالنسبة لـ *G. bursa pastoris* كانت في الأوساط ذات 400 ميكرومول/لتر. **الكلمات المفاتيح:** إمتصاص الأملاح ، الأزوت ، تنقية المياه ، الطحالب الحمراء

RESUME

Afin de mettre en évidence l'aptitude de deux espèces d'algues rouges *Gracilaria verrucosa* et *Gracilaria bursa-pastoris* pour le traitement des effluents et leur utilisation potentielle, une série d'expériences a été réalisée ayant pour but d'expliquer le comportement de ces deux espèces d'algues vis à vis de la source d'azote.

Dans une première expérience, on a pu déterminer la forme d'azote ($N-NH_4$, $N-NO_3$) préférentielle pour chacune des deux espèces d'algues cultivées séparément. Elles ont une nette préférence pour $N-NH_4$ et cela pour une même concentration initiale. Cependant, *G. verrucosa* est un candidat plus performant que *G. bursa-pastoris* pour l'assimilation des deux formes d'azote. Etant identifié comme source préférentielle, $N-NH_4$ a été utilisé à différentes concentrations, dans une deuxième expérience, pour comprendre son effet sur le taux et la vitesse d'assimilation ainsi que le taux de croissance spécifique chez les deux espèces d'algues. Au bout des deux premiers jours de culture et selon la concentration initiale, 65 à 75% de cette concentration a été absorbée. Les taux d'assimilation de l' $N-NH_4$ par *G. verrucosa* et *G. bursa-pastoris* dans les cultures à concentration inférieure à 400 $\mu\text{mol/l}$ n'ont pas montré de différence significative. Pour *G. verrucosa*, le taux maximum d'assimilation est obtenu dans les cultures où la concentration de l' $N-NH_4$ est de 400 et 500 $\mu\text{mol/l}$. Par contre, pour *G. bursa-pastoris*, son taux d'assimilation a diminué dans les cultures à concentration supérieure à 400 $\mu\text{mol/l}$. Le taux de croissance spécifique moyen a été de 2,2% J^{-1} et 1,5% J^{-1} , respectivement pour *G. bursa-pastoris* et *G. verrucosa*. Bien que cette dernière espèce ait un taux d'assimilation plus important, *G. bursa-pastoris* a montré un taux de croissance spécifique plus élevé. Ceci est dû au fait que *G. verrucosa* possède une capacité de stockage de l' $N-NH_4$ plus importante que celle de *G. bursa-pastoris*, qui utilise la majeure partie de l' $N-NH_4$ assimilée pour la reconstitution de sa structure cellulaire et la synthèse des pigments photosynthétiques et des enzymes.

Mots clés : Absorption, nutriments, azote, épuration des eaux, algues rouges.

ABSTRACT

Comparative study on nitrogen uptake by two red algae species: *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss, 1950 et *Gracilaria bursa-pastoris* (Gmelin) Silva, 1952. : To study the ability of two red algae species *Gracilaria verrucosa* and *Gracilaria Bursa-pastoris* for their potential use and wastewater treatment, experiments were carried out. The experiments aim to explain the behaviour of these two algae species according to nitrogen form. In the first experiment, we determined the preferential nitrogen form ($N-NH_4$, $N-NO_3$) for each of the two algae species cultivated separately. We noted that the algae have a clear preference for $N-NH_4$ and that for the same initial concentration. However, *G. verrucosa* has significantly higher assimilation rate for the two nitrogen forms than *G. bursa-pastoris*. Thus, identified as algae preferential source, $N-NH_4$ was used under various concentrations, in a second experiment, to check its effect on the rate and velocity of assimilation and the specific growth rate of the two algae species.

In the two first culture days and according to the initial concentration, 65 to 75 % of this concentration was absorbed. No significant difference have been observed between the N-NH₄ assimilation rates of *G. verrucosa* and *G. bursa-pastoris* in the cultures where the initial concentration was lower than 400 µmol/l. For *G. verrucosa*, the maximum assimilation rate was obtained in the cultures where the initial N-NH₄ concentration was 400 and 500 µmol/l. On the other hand, *G. bursa-pastoris* decreased its assimilation rate in the cultures with initial concentration higher than 400 µmol/l. The specific growth rate average were 2,2 % J⁻¹ and 1,5 % J⁻¹, respectively, for *G. bursa-pastoris* and *G. verrucosa*. Although the latter specie has a more important assimilation rate, *G. bursa-pastoris* showed a higher specific growth rate. This is due to the fact that *G. verrucosa* has a N-NH₄ storage capacity more important than that of *G. bursa-pastoris*, which uses the major part of the absorbed N-NH₄ for the reconstitution of its cellular structure and for photosynthetic pigments and enzymes synthesis.

Keywords: Nutrient, absorption, nitrogen, water treatment, red algae.

INTRODUCTION

Les espèces d'algues rouges du genre *Gracilaria*, des zones intertidales des régions tropicales et subtropicales, ont été largement étudiées à cause de leur haute valeur commerciale comme source d'agar. Le développement de ces algues est particulièrement important dans les lagunes côtières soumises à de fortes charges en sels nutritifs. En fait, ces macroalgues exigent pour leur développement essentiellement du carbone, de l'azote et du phosphore. Elles tirent leur besoin en CO₂ des bicarbonates qui sont rarement limitants dans l'eau de mer (Sand-Jensen & Gordon, 1984). Cependant, le phosphore et l'azote sont d'habitude disponibles à des concentrations limitantes pour la croissance des algues. Il a été démontré que l'azote est un nutriment limitant pour la croissance des algues dans les écosystèmes marins, tandis que dans les écosystèmes d'eau douce, c'est plutôt le phosphore qui est considéré comme facteur limitant (Ryther & Dunstan 1971; Valiela, 1984).

De nombreuses études ont montré la capacité d'absorption des nutriments par les algues et l'utilité de ces dernières pour le traitement des eaux usées (Goldman *et al.*, 1974 ; Oswald, 1988). Les algues présentent un grand intérêt pour le traitement de nombreux types d'effluents. D'ailleurs, plusieurs auteurs ont montré l'importance des algues, telles que les gracilaires ou les ulves, dans l'épuration d'effluents de pisciculture marine (Vandermeulen & Gordin, 1990 ; Jimenez del Rio *et al.*, 1994 et 1996; Lefebvre *et al.* 1996 ; Neori, 1996; Chopin *et al.*, 1999 b ; Neori *et al.*, 2000; Pagand *et al.*, 2000 ; Jones *et al.*, 2001). De plus, la production algale issue de ces systèmes de traitement offre de grandes possibilités de valorisation de la biomasse algale produite (alimentation animale, cosmétique, production de molécules d'intérêt économique...).

En Tunisie, les travaux de recherche relatifs à la flore marine sont relativement peu abondants et concernent essentiellement la systématique, la biomasse, la biologie et l'écologie de certaines espèces (Ben Maiz, 1987 ; Djellouli, 1988 ; Hamza, 1989 ; Ksouri *et al.*, 1997 ; Ksouri & Ben Said, 1998). Des essais d'utilisation des gracilaires dans l'alimentation des volailles et de certains poissons d'élevage ont été entrepris à l'échelle expérimentale.

Le présent travail a pour but d'étudier la possibilité d'utilisation des gracilaires dans le traitement des eaux. En fait, afin de mettre en évidence l'aptitude de ces algues pour le traitement et leur utilisation potentielle, il est indispensable d'étudier leur croissance et de déterminer leur capacité d'absorption. Etant donné qu'on s'intéresse aux écosystèmes marins, seul l'azote est considéré dans ce travail en tenant compte qu'il constitue le facteur limitant le plus important pour la croissance de ces algues (Ryther & Dunstan, 1971 ; Valiela, 1984).

MATERIELS ET METHODES

L'étude de la capacité d'absorption des nutriments a été réalisée sur deux espèces de macroalgues rouges couramment observées dans la lagune de Bizerte située au nord de la Tunisie. Des thalles de ces algues collectées dans cette lagune ont pu être identifiées au laboratoire comme étant *Gracilaria verrucosa* et *Gracilaria bursa-pastoris*. Ces thalles sont ensuite débarrassés de leurs éventuels épiphytes et détritiques puis rincés avec de l'eau de mer filtrée (100 µm) et stérile. Une fois nettoyés, les thalles de chacune des deux espèces sont fragmentés, séchés sur papier absorbant puis répartis en lots de 2,5 g de biomasse fraîche. Ces lots sont mis en culture dans des erlenmeyers de 1 l contenant chacun 0,6 l d'eau de mer filtrée à 100µm. Ces erlenmeyers sont maintenus sous les conditions contrôlées du laboratoire avec une température de 20 ± 1°C et une photopériode de 12 heures d'éclairement par jour. Le rayonnement est assuré par des lampes fluorescentes du type Néon, réglées de telle façon à fournir une luminosité totale de 5000 lux. Toutefois, les cultures n'ont pas été maintenues en agitation, afin d'éviter l'échappement de la forme ammoniacale du milieu. Pour la même raison, tous les erlenmeyers ont été couverts par du papier adhésif transparent.

Afin de subvenir aux besoins des Gracilaires en oligoéléments et vitamines, le milieu de culture a été préparé à base d'eau de mer enrichie par une solution de PROVA SOLI (PROVA SOLI, 1968) modifiée en supprimant la source d'azote. L'azote ammoniacal et nitrique ont été introduits sous forme de chlorure d'ammonium (NH₄Cl) et nitrate de sodium (NaNO₃), respectivement. L'évolution de la concentration en ammonium et en nitrate a été contrôlée, chaque deux

jours, par prélèvement régulier d'échantillons de 10 ml. Les analyses ont été effectuées moyennant un système d'analyse en flux continu et selon la méthode décrite par Monser *et al.*,(2002).

Les thalles de chacune des deux espèces d'algue sont séchés sur papier absorbant et pesés avant et après chaque expérience, à l'aide d'une balance de précision type AND HR-200. Le taux de croissance spécifique est calculé selon la formule 1 (D'Elia & DeBoer, 1978). La vitesse d'assimilation initiale des nutriments (moyenne sur les 48 premières heures) et le taux d'assimilation de l'azote dans les algues sont respectivement calculés selon les formules 2 et 3 (Pagand,1999).

$$TCS = [\ln(P_f/P_i)/\Delta t] \times 100 \quad (1)$$

$$V_i = [(SN_0 - SN_1) \times V] / (48 \times P_i) \quad (2)$$

$$TA = [(SN_0 - SN_1) / SN_0] \times 100 \quad (3)$$

Les indices *i* et *f* représentent respectivement le temps initial et final de l'expérience. Les indices 0 et 1 pour le nutriment SN représentent les concentrations en ce nutriment pour le jour 0 et jour 1 respectivement. *V_i* et TA représentent respectivement la vitesse d'assimilation initiale et le taux d'assimilation pour le nutriment SN.

Le taux d'assimilation (TA), la vitesse d'assimilation initiale (*V_i*) et le taux de croissance spécifique (TCS) obtenus pour les différents traitements sont comparés par analyse de variance (ANOVA). Le test de Fisher PLSD a été appliqué en cas de différence significative entre les moyennes (Gomez & Gomez, 1984).

Expérience 1 : Détermination de la source d'azote préférentielle des macroalgues

Le but de cette première expérience est de déterminer la forme d'azote la mieux absorbée par les deux espèces d'algues *G. verrucosa* et *G. bursa-pastoris*. Les formes d'azote ammoniacale et nitrique ont été ajoutées séparément aux milieux de cultures à une concentration de 500 µmol/l. L'expérience consiste à suivre l'évolution et la vitesse de disparition des deux formes d'azote dans les milieux cultures relatifs aux deux espèces d'algues.

Pour chacune des espèces, deux traitements ont été mis en place. Le premier traitement consiste à rajouter 500 µmol/l d'azote sous forme ammoniacale (N-NH₄) et le second 500 µmol/l d'azote sous forme nitrique (N-NO₃).

Le milieu enrichissant PROVASOLI débarrassé de sa source d'azote, est rajouté au milieu de culture à raison de 1 ml/l chaque 2 jours.

Afin de quantifier la perte d'azote soit par échappement à l'air libre soit par transformation bactérienne, une culture témoin a démarré en même temps et sous les mêmes conditions expérimentales, à la différence qu'elle ne contient pas d'échantillon d'algues. L'expérience est menée en triplicat et a pris fin après 12 jours de culture.

Expérience 2 : Etude de la réponse des macroalgues aux variations de la concentration en azote du milieu.

La deuxième expérience a pour objectif d'étudier l'effet de la concentration initiale d'azote sur la vitesse d'assimilation par les deux espèces d'algues et leurs taux de croissance spécifique. La forme d'azote utilisée dans cette expérience est celle déterminée dans la première

expérience comme étant préférentielle pour les deux espèces d'algues.

Pour chaque espèce, sept niveaux de concentration d'ammonium (100, 200, 300, 400, 500, 1000 et 2000 µmol/l) ont été testés.

L'expérience est réalisée en triplicat et s'est étalée sur 10 jours. Un prélèvement d'échantillon d'eau de chaque milieu de culture a été effectué une fois tous les 2 jours. Après chaque prélèvement, le milieu enrichissant PROVA SOLI débarrassé de sa source d'azote, est rajouté au milieu de culture à raison de 1 ml/l chaque 2 jours.

RESULTATS

1- Détermination de la source d'azote préférentielle des macroalgues

Les courbes d'évolution de la concentration des deux formes d'azote dans les milieux de culture présentent une chute importante au cours des deux premiers jours, par la suite, l'absorption est fortement ralentie au point de ne plus montrer de différence significative entre les prélèvements successifs (Fig. 1, A, B).

Les cultures témoins n'ont pas montré de variation significative au cours du temps (Fig. 1, C) ce qui nous

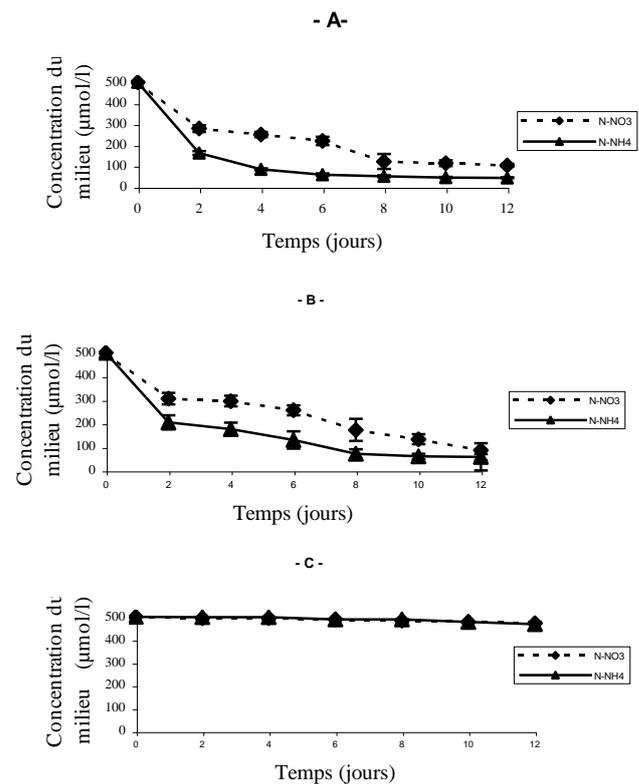


Fig.1- Evolution de la concentration des deux formes d'azotes (N-NO₃ et N-NH₄) dans les milieux de culture de *G. verrucosa* (A), *G. bursa-pastoris* (B) et témoins (C)

permet d'attribuer la disparition des nutriments à la seule activité biologique des algues.

En comparant les courbes d'évolution des concentrations d'ammonium et nitrate dans la culture de *G. verrucosa*, on constate que celle-ci montre une nette préférence pour l'azote ammoniacal par rapport à l'azote nitrique et cela pour une même concentration initiale. La même constatation a été observée chez *G. bursa-pastoris* avec un degré moindre.

Le suivi de l'évolution de la vitesse d'assimilation, exprimée en terme de nombre de moles de nutriment assimilé par heure et par 100 g de poids frais d'algues montre une absorption très rapide des deux formes d'azote, chez les deux espèces, pendant les deux premiers jours de culture (Fig.2, A, B). La vitesse d'assimilation diminue rapidement pour se stabiliser à des valeurs très faibles. On peut déduire que l'algue ayant satisfait ses besoins en nutriments pendant les

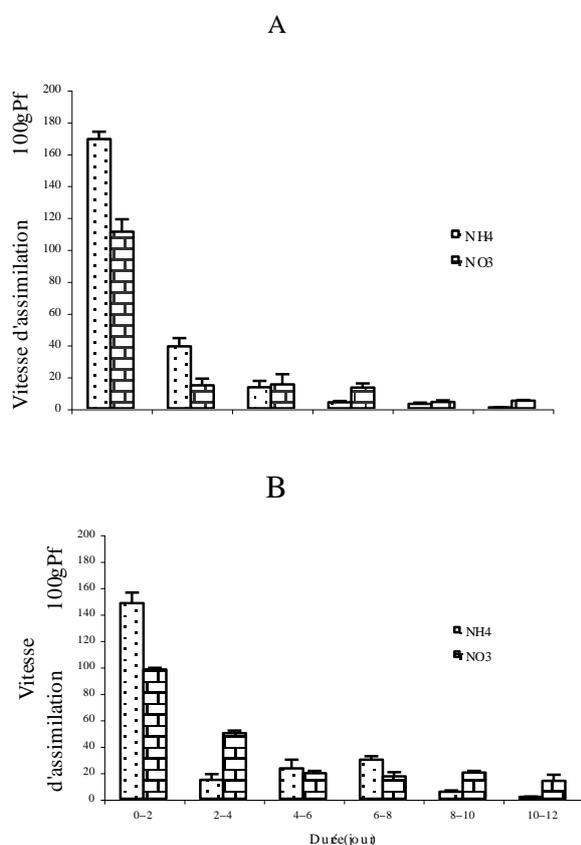


Fig.2 - Evolution de la vitesse d'assimilation des nutriments par *G.bursa-pastoris* (A) et *G.verrucosa* (B). Les écarts-types sont représentés par des barres.

deux premiers jours, réduit remarquablement son pouvoir d'assimilation dans les jours suivants. Les vitesses d'assimilation de l'ammonium par *G. verrucosa* et *G. bursa-pastoris* sont de 169 et 148 $\mu\text{mol/h}$ par 100g d'algue, respectivement. Les vitesses d'assimilation du

nitrate par *G. verrucosa* et *G. bursa-pastoris* sont plus ralenties que celles de l'ammonium. Elles sont de l'ordre de 110 et 98 $\mu\text{mol/h}$, respectivement.

En ce qui concerne les taux d'assimilation, 91,4 % et 88,7 % de l'ammonium ont disparu après 12 jours de culture de *G. verrucosa* et *G. bursa-pastoris*, respectivement (Tab.1).

Tab. 1- Taux d'assimilation (%) des deux formes d'azote (N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻) après 12 jours de culture de *G.verrucosa* et *G.bursa-pastoris*

Taux d'assimilation (%)		
Formes d'azote		
Es pèces	Ammonium	Nitrate
<i>G.verrucosa</i>	91,35	79,42
<i>G.bursa-pastoris</i>	88,67	82,85

2-Etude de la réponse des macroalgues aux variations de la concentration en azote du milieu.

Quelque soit la concentration initiale en ammonium utilisée, l'évolution de cette concentration au cours du temps, chez les deux espèces de gracilaires, présente une allure typique d'une courbe exponentielle qui tend à se stabiliser vers une faible valeur au delà de laquelle il n'y a plus de variation (Fig.3, A, B). Cette valeur varie en fonction de la concentration initiale; elle est d'autant plus élevée que la concentration initiale est importante. On retrouve l'importante chute de la concentration au bout des deux premiers jours; elle varie entre 65 et 75% selon la concentration initiale.

Pendant les deux premiers jours de culture, la vitesse initiale d'assimilation de l'ammonium augmente en concordance avec la concentration initiale du milieu: plus la concentration initiale est élevée plus la vitesse initiale d'assimilation est importante (Fig.4). Ce phénomène est valable dans les cultures où les concentrations initiales sont en dessous de 1000 $\mu\text{mol/l}$, valeur au-delà de laquelle la vitesse initiale ne présente pas de différences significatives marquées au seuil $p < 0,05$ pour les deux espèces (Fig.4).

Pour les deux espèces, on peut supposer que 1000 $\mu\text{mol/l}$ peut constituer la concentration de saturation à laquelle les algues ont atteint leur vitesse d'absorption maximale et qui reste constante jusqu'à 2000 $\mu\text{mol/l}$. Au delà de cette concentration l'assimilation chute considérablement. En analysant chaque espèce séparément, *G. bursa-pastoris* semble avoir une vitesse

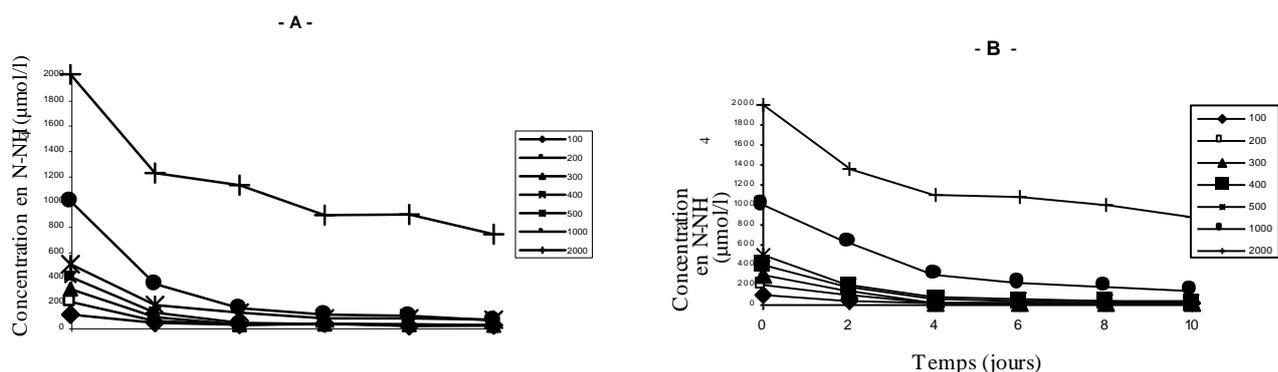


Fig.3- Evolution de la concentration en N-NH₄ dans les cultures de *G. verrucosa* (A) et *G.bursa-pastoris* (B) à des concentrations initiales différentes.

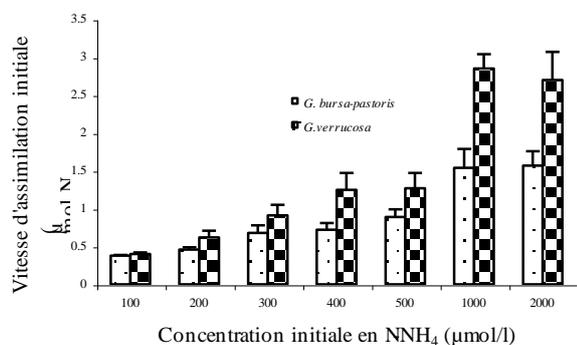


Fig.4- Variation de la vitesse d'assimilation initiale de l'ammonium à différents niveaux de concentration chez les deux espèces de gracilaires. Les écarts-types sont représentés par des barres. Les traitements portant les mêmes lettres ne présentent pas de différences significatives au seuil p<0,05

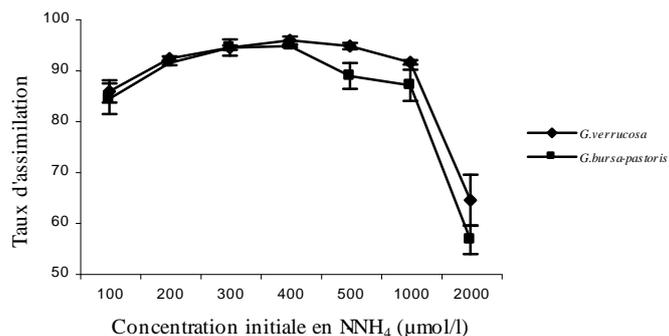


Fig.5 - Taux d'assimilation (%)des deux formes d'azotes (N-NO₃ et N-NH₄).

initiale moins importante que celle présentée par *G. verrucosa*. Ce qui confirme que cette dernière assimile plus d'ammonium que *G. bursa-pastoris* surtout durant les 2 premiers jours de culture.

Les taux d'assimilation de l'ammonium par les deux espèces de gracilaires, *G. verrucosa* et *G. bursa-pastoris*, ne présentent pas de différences significatives au seuil p<0,05, pour les concentrations en ammonium de 100, 200, 300 et 400 µmol/l (Fig.5).

Cependant, au delà de ces concentrations, le taux d'assimilation est nettement supérieur chez *G. verrucosa* avec un maximum de 95,7 % obtenu dans les traitements à 400 µmol/l et 500 µmol/l d'ammonium (pas de différences significatives entre ces deux traitements au seuil p<0,05). Chez *G. bursa-pastoris* le maximum d'assimilation est réalisé dans le traitement à 400 µmol/l. Le taux de croissance spécifique (TCS) le plus élevé a été constaté chez *G. bursa-pastoris* dans les traitements

à 100 et 200 µmol/l. En revanche, *G. verrucosa* bien qu'ayant montré un taux de croissance spécifique moins important que celui de *G. bursa-pastoris* dans les traitements de concentrations moins élevées, présente l'avantage de fournir un TCS qui reste constant dans une gamme de concentration plus large allant de 100 à 300 µmol/l, mais également elle continue à croître à un niveau de concentration plus élevée (1000 µmol/l) où *G. bursa-pastoris* a subi une véritable chute de son TCS. Toutefois, pour les deux espèces, 2000 µmol/l semble être une concentration fortement marquée par une chute importante du TCS et qui se traduit par la dégénérescence des touffes (Fig.6). Le taux de croissance spécifique moyen est de 2,2 % J⁻¹ et 1,5 % J⁻¹ respectivement pour *G. bursa-pastoris* et *G. verrucosa*. Il est important de noter que *G. bursa-pastoris* a montré un taux de croissance spécifique plus élevé que celui déterminé pour *G. verrucosa* (Fig.6) bien que cette dernière a un taux d'assimilation plus important.

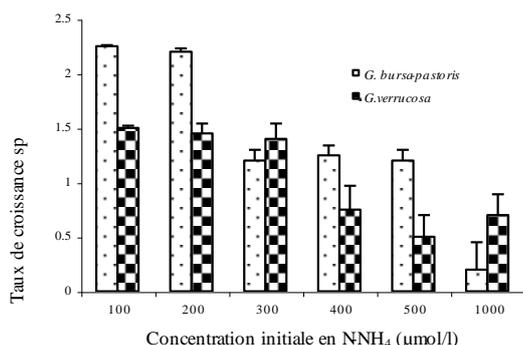


Fig.6- Variation du TCS en fonction de la concentration en ammonium chez les deux espèces de gracilaires. Les écarts-types sont représentés par des barres. Les traitements portant les mêmes lettres ne présentent pas de différences significatives au seuil $p < 0,05$

DISCUSSION

L'ammonium et le nitrate sont considérés comme étant les sources d'azote les plus importantes pour les macroalgues, étant donné qu'elles sont les plus facilement assimilées (Hanisak, 1983). Selon les espèces, l'une de ces formes N-NH₄ ou N-NO₃ est préférée à l'autre. Plusieurs études ont montré que l'ammonium est absorbé par les macroalgues plus rapidement que les nitrates ou les nitrites et sa présence dans le milieu inhibe l'assimilation de ces derniers (Hanisak et Harlin, 1978 ; Topinka, 1978 ; D'Elia et Deboer, 1978 ; Haines et Wheeler, 1978 ; Ryther *et al.*, 1981).

Dans le présent travail, *G. verrucosa* et *G. bursa-pastoris* ont montré une nette préférence pour l'utilisation de la forme ammoniacale. Cette préférence peut être expliquée par le fait que l'ammonium présente l'avantage sur les autres formes d'azote d'être assimilé sans réduction préalable (Smit, 2002). Les taux d'assimilation de l'ammonium par les deux espèces d'algues étudiées sont similaires à ceux mentionnés dans la littérature où *G. verrucosa* assimile 70 à 90% de l'ammonium issu d'un élevage de saumon (Cuomo *et al.*, 1997). De même, Jones *et al.*, (2001), en utilisant *G. edulis* ont pu éliminer 87% de l'ammonium généré par l'effluent d'un élevage de crevettes et d'huîtres.

Les deux espèces de gracilaires étudiées, exposées à différentes teneurs en ammonium ont montré une absorption rapide au cours des deux premiers jours. Ces algues non alimentées préalablement en azote, ayant satisfait leurs besoins en nutriment pendant les deux premiers jours, ont diminué remarquablement leurs pouvoirs d'assimilation dans les jours suivants. Ryther *et al.*, (1981) ont démontré que *Gracilaria* sp. non alimentées préalablement en azote, a pu assimiler rapidement de l'azote ammoniacal de façon à doubler son contenu total en azote dans moins de 8 heures. Ces mêmes auteurs ont aussi observé que *G. tikvahiae*

absorbe suffisamment d'azote au bout de 6 heures ce qui lui permet de survivre jusqu'à deux semaines dans un milieu dépourvu d'azote.

Les taux de croissance spécifiques moyens déterminés pour les deux espèces de gracilaires sont conformes à ceux observés dans la littérature où les valeurs courantes se situent entre 0,8 et 8 % J⁻¹ selon les espèces (Santelices & Doty, 1989 ; De Castro & Guanzon Jr, 1993 ; Chirapart & Ohno, 1993 ; Pickering *et al.*, 1995). Toutefois certaines valeurs plus importantes peuvent être avancées lors de cultures en bassins extérieurs (Chirapart & Ohno, 1993).

Quel que soit la concentration en ammonium testée *G. verrucosa* semble être un candidat plus performant que *G. bursa-pastoris* dans l'absorption de l'azote. Cependant, cette dernière absorbe moins d'azote et présente des taux de croissances spécifiques plus élevés que ceux de *G. verrucosa* (Fig. 6). Ceci ne peut s'expliquer que par le fait que *G. verrucosa* possède une capacité de stockage plus importante que celle de *G. bursa-pastoris*. En effet, elle ne montre aucune augmentation de poids quand elle est exposée à un ajout d'azote dans le milieu. *G. bursa-pastoris* utilise la majeure partie de l'azote assimilée pour la reconstitution de sa structure cellulaire et la synthèse de pigments photosynthétiques et des enzymes.

En fait, Fujita (1985) a montré que des espèces d'algues cultivées ensemble avec *Gracilaria tikvahiae*, qui a une capacité de stockage plus importante, n'ont pas pu bien survivre quand elles sont exposées à des flux d'azote tous les 14 jours. Ceci est dû au fait qu'elles n'ont pas les mêmes capacités de stockage que *G. tikvahiae* et ne peuvent alors pas subsister sans nutriment pendant les deux semaines (Ryther *et al.*, 1981).

En mariculture, la capacité de stocker des nutriments réduirait le besoin de la fertilisation des algues cultivées et remet en cause l'enrichissement continu, qui coûte plus cher.

CONCLUSION

Les deux espèces de Gracilaires étudiées montrent une affinité pour l'utilisation de l'azote avec une préférence pour la forme ammoniacale et par la suite elles s'approprient bien pour l'épuration des eaux usées chargées en azote avec une performance remarquable chez *G. verrucosa*.

BIBLIOGRAPHIE

- Ben Maiz N., 1987. Inventaire des algues et phanérogames marines benthiques de la Tunisie. *Gio. Bot. Ital.*, Vol. 21 : 259-304.
- Chirapart A. & Ohno M., 1993. Growth in tank culture of species of *Gracilaria* from the southeast asian waters. *Bot. Mar.*, 36: 9-13.
- Chopin T., Yarish C., Wilkes R., Belyea E., Lu S. & Mathieson A., 1999. Developing Porphyra/salmon

- integrated aquaculture for bioremediation and diversification of the aquaculture industry. *J. Appl. Phycol.*, 11:463-472.
- Cuomo V., Merrill J., Palomba I., De maio L., Gargiulo M., Cuomo A. & Sebastio C., 1997. Mariculture with seaweed and mussels for marine environmental restoration and resources production. *Int. J. Env. Stud.*, Vol. 52. P 297-310.
- D'Elia C.F. & DeBoer J.A., 1978. Nutritional studies of two red algae. II. Kinetics of ammonium and nitrate uptake. *J. Phycol.*, 14: 266-272.
- De Castro T.R. & Guanzo N.G., 1989. Effect of freezing on photosynthesis of intertidal macroalgae: relative tolerance of *Chondrus crispus* and *Mastocarpus stellatus* (Rhodophyta). *Israeli J. Aquacult. - Badmidgeh*, 45: 89-94.
- Djellouli A.S., 1988. Recherches sur le macrophytobenthos de la lagune de Bizerte (Tunisie). *Mém. DEA. Fac. Sc. Tunis*. 144p.
- Fujita, R.M., 1985. The role of nitrogen status in regulating transient ammonium uptake and nitrogen storage by macroalgae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 92:283-301.
- Goldman, J.C., Tenore, K.R., Stanley, H. I., 1974. Inorganic nitrogen removal in a combined tertiary treatment-marine aquaculture system. II. Algal bioassays. *Wat. Res.*, 8: 55-59.
- Gomez, K.A. & Gomez, A.A., 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2nd edition. John Wiley and Sons, New York. 680 p.
- Haines, K.C. & Wheeler, P.A., 1978. Ammonium and nitrate uptake by the marine macrophytes *Hypnea musciformis* (Rhodophyta) and *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta). *J. Phycol.*, 14:319-324.
- Hamza, A., 1989: Notes sur quelques algues rouges du genres Polysiphonia du golfe de Gabès. *Bull. Inst. Nat. Sci. Tech. Océanogr. Pêche, Salammbô*, Vol,16 :65-73.
- Hanisak M.D., 1983. The nitrogen relationships of marine macroalgae. In Carpenter, E.J. and Capone, D.G. (Eds). "Nitrogen in the marine Environment". Academic Press Inc., New york. 900 pp.
- Hanisak, M.D. & Harlin, M.M., 1978. Uptake of inorganic nitrogen by *Codium fragile* subsp. *tomentosoides* (Chlorophyta). *J. Phycol.*, 14:450-454.
- Jiménez, del Rio M., Ramazanov, Z. & Garcia-Reina, G., 1994. Optimization of field and biofiltering efficiencies of *Ulva rigida* C.Ag. cultivated with *Sparus aurata* L. Waste waters. *Sci. Mar.*, 58:329-335
- Jiménez, del Rio M., Ramazanov, Z. & Garcia-Reina, G., 1996. *Ulva rigida* (Ulvales, Chlorophyta) tank culture as biofilters for dissolved inorganic nitrogen from fishpond effluents. *Hydrobiologia*, 326/327: 61-66.
- Jones, A.B., Dennison, W.C. & Preston, N.P., 2001. Integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal absorption: a laboratory scale study. *Aquaculture*, 193: 155-178.
- Ksouri, J., Ben Said, R. & Beji, O., 1997. Evaluation des potentialités quantitatives naturelles des gracilaires (algues rouges) du lac nord de Tunis. *Bull. Inst. Nat. Sci. Technol. Mer*, Vol. 24, n° 1:15-27.
- Ksouri, J. & Ben Said, R., 1998. Potentialités en macroalgues : Cartographie et biomasse de l'agarophyte *Gracilaria* dans le lac de Bizerte. *Bull. Inst. Nat. Sci. Technol. Mer*, Vol. 25, 17-34.
- Lefebvre, S., Hussenot, J. & Zwaga, A., 1996. Water treatment of land-based fish farm effluents by outdoor culture of marine diatoms. *J. Appl. Phycol.*, 8, 193-200.
- Monser, L., Sadok, S., Greenway, G.M., Shah, I. & Uglow, R.F., 2002. A simple flow injection method based on phosphomolybdeum chemistry for nitrate and nitrite determinations in water and fish samples. *Talanta*, 57(3) : 511 – 518
- Neori, A., 1996. The type of N-supply (ammonia or nitrate) determines the performance of seaweed biofilters integrated with intensive fish culture. *Israeli J. Aquacult.- Bamidgeh*, 48, 19-27.
- Neori A., Shpigel M. & Ben-Ezra D., 2000. Sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone. *Aquaculture*, 186, 279-291.
- Pagand P., 1999. Traitement des effluents piscicoles marins par lagunage à haut rendement algal. Thèse de l'Université de Montpellier I, Faculté de Pharmacie. 263pp.
- Pagand, P., Blancheton, J.P., Lemoalle, J. & Casellas, C., 2000. The use of high rate algal ponds for treatment of marine effluent from recirculating fish rearing system. *Aqua. Res.*, 31: 729-736.
- Pickering, T.D., Sladden, V.H., Furneaux, R.H., Hemmingson, J.A. & Redfeam, P., 1995. Comparaison of growth rate in culture, dry matter content, agar content and agar quality of two New Zealand red seaweeds, *Gracilaria chilensis* Bird, and *Gracilaria truncata* Kraft. *J. Appl. Phycol.*, 5: 85-91.
- Provasoli, L., 1968. Media and prospects for the cultivation of marine algae. In Watanabe A, Hattori A eds, Culture and Collection of Algae. Proc. US-Japan Conf. Hakone, September 1966. *Jpn. Soc. Plant. Physiol*, 63-75.
- Oswald, W.J., 1988. Micro-algae and waste-water treatment. In: Micro-algal biotechnology. M. A. Borowitzka & L. J. Borowitzka. Cambridge university Press, Cambridge. pp: 305-328.
- Ryther, J.N. & Dunstan W.M., 1971. Nitrogen, Phosphorus and Eutrophication of the Coastal Marine Environment. *Science*, 171: 1008-1013.
- Ryther, J.H., Corwin, N., Debusk, T.A. & Williams, L.D., 1981. Nitrogen uptake and storage by red algae *Gracilaria tikvahiae* (McLachlan,1979). *Aquaculture*, 26: 107-115.

- Santelices, B. & Doty, M.S., 1989. A review of *Gracilaria* farming. *Aquaculture*, 78: 95-133.
- Sand-Jensen, K. & Goron D.M., 1984. Differential ability of marine freshwater macrophytes to utilise HCO_3^- and CO_2 . *Mar. Biol.*, 80:247-523.
- Smit, A.J., 2002. Nitrogen uptake by *Gracilaria gracilis* (rhodophyta): Adaptation to a temporally variable nitrogen environment. *Bot. Mar.*, 45, 196-209.
- Topinka, J.A., 1978. Nitrogen uptake by *Fucus spiralis* (Phaeophyceae). *J. Phycol.*, 14:241-247.
- Vandermeulen, H. & Gordin, H., 1990. Ammonium uptake using *Ulva* (Chlorophyta) in intensive fish pond systems: mass culture and treatment of effluent. *J. Appl. Phycol.*, 2: 363-374.
- Valiela, I., 1984. Marine ecological processes. Springer-Verlag, New york. 221p.