

## CULTURE EN CONDITIONS OPTIMISEES DE LA MACROALGUE ROUGE *GRACILARIA GRACILIS* (STACKHOUSE) STEENTOFR *ET AL.* DANS LE LAC DE BIZERTE

Jamel KSOURI<sup>1\*</sup>, I. CHALLOUGUI<sup>2</sup> et F. MENSI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM)

29 rue Général Khéréddine 2015 Le Kram

<sup>2</sup> Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax (ENIS)

\*jamel.ksouri@instm.nrnt.tn

### ملخص

استزرع طحلب الغراسيلاريا بطريقة الأفتسال في المنطقة الشمالية الشرقية لبحيرة بنزرت: تم استزرع طحلب الغراسيلاريا بطريقة الأفتسال في المنطقة الشمالية الشرقية لبحيرة بنزرت من 15 أفريل إلى 31 ماي 2006 لتحديد مفعول الظروف الأولية المحسنة على المرود النهائي. تتمثل تلك الظروف في استزرع فسائل مربوطة على حبال في قاع البحر. تزن تلك الفسائل 200 غ وتبعد الواحدة على الأخرى 30 صم في حين حددت المسافة بين الحبال ب 50 صم. وخلال 46 يوما من الأستزرع مر وزن الفسائل من 200 غ إلى 1280 غ مسجلا بذلك معدل نمو نوعي وكثافة نهائية يقدران تباعا ب 4.03 بالمائة في اليوم و 9.1 كغ في المتر المربع. كلمات مفاتيح : غراسيلاريا، استزرع، بحيرة بنزرت، نمو نسبي، كثافة.

### RESUME

La culture de *Gracilaria* a été réalisée selon le mode de bouturage dans la partie Nord-Est du lac de Bizerte du 15 Avril au 31 Mai 2006 afin de déterminer l'effet des conditions initiales optimisées sur le rendement final.

Ces conditions initiales, sont caractérisées par une culture sur le fond (sur cordes tendues), un poids initial des touffes de 200 g, une distance entre les rangées de culture de 50 cm et un écartement entre les touffes de 30 cm; de ce fait, la densité initiale est de 1,4 kg/m<sup>2</sup>. Au terme de 46 jours de culture, nous avons enregistré un accroissement du poids de 200 g à 1280 g engendrant un taux de croissance spécifique de 4,03 %/j et une densité finale de 9,1kg/m<sup>2</sup> (soit 91t poids frais/ha).

**Mots-clés:** *Gracilaria*, culture, lac de Bizerte, densité, taux de croissance spécifique.

### ABSTRACT

**Culture under optimized conditions of the red algae *Gracilaria gracilis* (Stackhouse) Steentofr et al. in the Bizerte lake:** The culture of *Gracilaria* has been done by the propagation method in the north-eastern part of the Bizerte lake from 15 april to 31 may 2006 so as to detrminate the effect of the optimized initial conditions on the final output.

These intial conditons are characerized by a culture on tight rope on the substrate, a weight of tufts of 200 g, the culture row are 50 cm away from each other and the distance between the tufts is 30 cm. So, the initial density is 1,4 kg/m<sup>2</sup>.

After 46 days of culture, the tufts have 1280 g of weight, 4,03 %/j for specific growth rate and 9,1 kg/m<sup>2</sup> of final density (that is 91 t of wet biomass).

**Key words:** *Gracilaria*, culture, Bizerte lake, density, specific growth rate.

### INTRODUCTION

D'après Mc Hugh (2003), *Gracilaria*, principal genre agarophyte exploité à l'échelle mondiale d'une façon industrielle, fournit 65 % de la production totale des espèces productrices d'agar en provenance principalement des pays d'Amérique et d'Asie; la contribution de l'Afrique et de l'Europe est marginale. Les principaux pays producteurs sont le Chili, la Chine, l'Indonésie, le Vietnam et l'Argentine.

La production des *Gracilaria* est issue principalement des cultures par bouturage dans de nombreux pays intertropicaux favorisés par un bon ensoleillement; il est

cependant possible de faire recours à l'ensemencement à partir des éléments reproducteurs.

Le Genre *Gracilaria*, très largement distribué dans le monde, compte près de 160 espèces caractérisées par la diversité de leurs habitats (Santelices et Doty, 1989). D'après Perez (1997), l'ensemencement à partir de boutures des espèces appartenant à ce genre peut se faire en marais, en bassins ou en mer selon des techniques aussi spécifiques que variées imposées par les différences biologiques entre les espèces. On distingue les modes de culture en Chine et à Taiwan (Mclachlan et Bird, 1986), au Chili (Kim, 1970; Santelices et Doty, 1989; Westermeier et al., 1993; Troell et al. 1997), en Inde (Kaladharan et al.,

1996), à Hawaii (Glenn *al.*, 1998; Nelson et *al.*, 2001) et aux USA (Rosenberg et Ramus, 1982).

En Tunisie, des travaux de recherche ont été entrepris à l'INSTM concernant la culture à une échelle expérimentale dans le lac de Bizerte de l'espèce *Gracilaria gracilis* pour sélectionner la technique de culture la plus appropriée (Ksouri et *al.*, 1999), ajuster certains paramètres biotechniques de la technique adoptée (Ksouri et *al.*, 2000) et évaluer la capacité de régénération de cette espèce (Sahli-Hazami, 2004).

Dans le présent travail, nous nous proposons d'entreprendre une culture de *Gracilaria gracilis*, selon les conditions optimisées dégagées des travaux antérieurs. L'objectif visé est de déterminer les réelles potentialités de croissance de cette algue sur la base des rendements annuels des cultures.

## MATERIELS ET METHODES

### - Mode et période de culture

Pour le mode de culture adopté (Figure 1), nous avons tenu compte des résultats obtenus à l'INSTM (Ksouri et *al.*, 1999 et 2000) et opté comme Sahli-Hazami (2004) pour

une méthode qui s'apparente à celle des boudins de sable à savoir l'utilisation d'un cordage (fil PE6) lesté, placé sur le substrat et maintenu tendu par un piquet à chaque extrémité (1,5 m - fer carré de 14). Les touffes sont soigneusement sélectionnées à partir des peuplements naturels de *Gracilaria gracilis* (lac de Bizerte). Les plants blanchâtres situés à une faible profondeur ou dans la zone émergeant entre le flux et le reflux et altérés par l'exposition prolongée à une forte luminosité sont écartés.

La parcelle de culture est située au niveau de la zone Nord - Est du lac et au voisinage du siège de la Société Tunisie Lagunes (Longitude : 37° 13' 09'' - Latitude : 9° 56' 02'') dans un lieu sablonneux, démuné de végétation et de 0,5 à 1 m de profondeur; elle est composée de 10 cordes, comportant chacune 30 touffes de 200 g et orientées dans la direction Nord-Ouest. Ces touffes sont attachées sur les cordages par un fil tressé; l'écartement entre les touffes est de 30 cm et celui entre les rangées de cordages est de 50 cm.

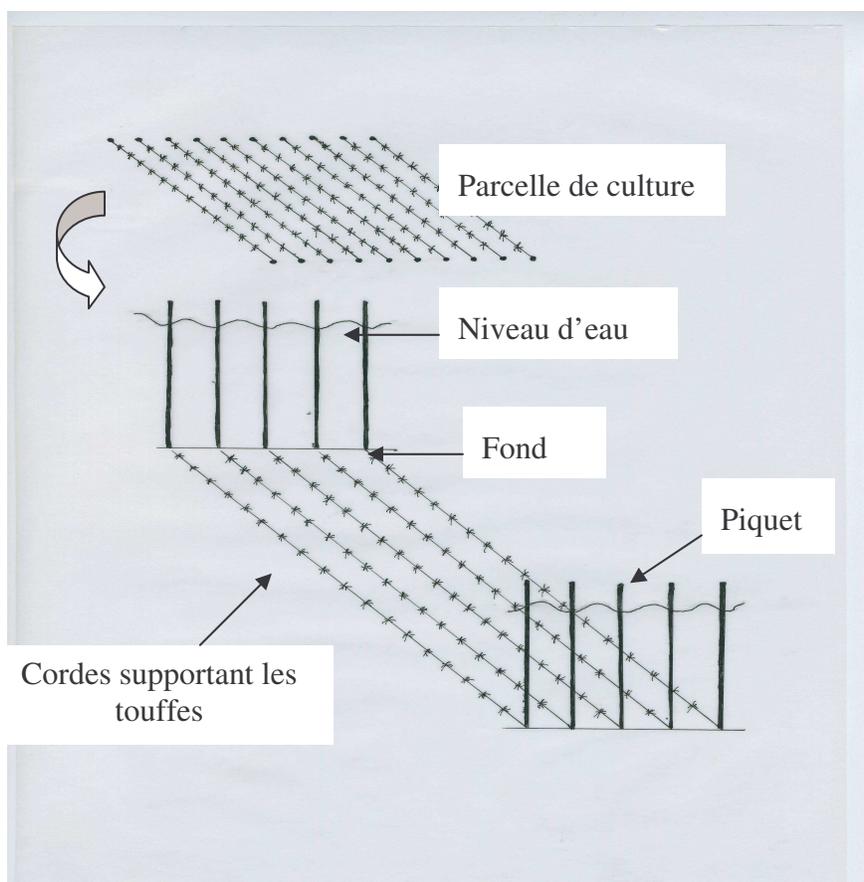


Figure 1 : Dispositif expérimental de la culture de *Gracilaria*

Dans ces conditions, la surface de la parcelle de culture est de 42 m<sup>2</sup> et le poids initial des touffes par corde et total étant respectivement de 6 et 60 kg, la densité initiale de culture est de 1,430 kg/m<sup>2</sup>.

Il est à signaler que pour cette année, il y a eu un décalage de deux mois environ, au niveau de la croissance de l'algue *Gracilaria* dans le lac de Bizerte. Ceci est dû à des conditions climatiques défavorables à la croissance de l'algue en question caractérisées notamment par des températures basses à partir de l'automne (19°C en septembre et 13 °C en novembre) et durant l'hiver (12 °C en décembre et 10 °C en février). C'est ainsi que la culture, envisageable à partir du mois de février n'a pu être effectuée qu'à la mi-avril. Et même à cette période assez tardive, il a fallu utiliser une embarcation pour la collecte, entre Menzel-Jémil et Menzel Abderrahman, de la biomasse nécessaire à la culture expérimentale.

#### - Suivi des cultures

Pour le suivi de la croissance de *Gracilaria* en culture, 20 touffes ont été pesées individuellement lors de deux échantillonnages: l'un intermédiaire (5 mai 2006) et l'autre final (31 mai 2006). Les paramètres suivants ont été calculés:

- Gain du Poids: GP (%) = 100 x (Poids final - Poids initial) / Poids initial.
- Gain Moyen Quotidien: GMQ (g / j) = (Poids final - Poids initial) / (Période, jours).
- Taux de croissance spécifique: TCS (% / j) = 100 x ln (Poids final - Poids initial) / (Période, jours).
- Densité finale (kg / m<sup>2</sup>).

### RESULTATS ET DISCUSSION

#### - Bilan de la culture optimisée

L'évolution de la croissance des touffes de *Gracilaria* mises en culture, évaluée à travers certains paramètres, est consignée dans le tableau I.

L'analyse des résultats enregistrés permet de constater les faits suivants :

. Au terme des 20 jours de culture (15avril – 5mai), le poids des touffes a passé de 200 g à 490 g en moyenne engendrant une augmentation de 290 g. Il s'en suit un gain de poids de 145%, un gain moyen quotidien de 14,5 g/j, un

taux de croissance spécifique de 4,48 %/j et une densité de culture de 3,5 kg/m<sup>2</sup>.

. Au terme de la deuxième période allant du 5 mai au 31 mai, soit 26 jours de culture, le poids moyen est passé de 490 g à 1280 g enregistrant un gain de 161,2 %, un gain moyen quotidien de 30,4 g/j et une densité de 9,1kg/m<sup>2</sup>. Ces trois paramètres sont nettement supérieurs à ceux enregistrés au cours de la première période qui constitue une phase d'adaptation des touffes aux conditions de culture. Cependant, nous constatons une baisse du taux de croissance spécifique lequel est passé de 4,48 à 3,69%/j; ceci peut s'expliquer par le début de dégénérescence observée sur les touffes. En effet, la partie supérieure des touffes, celle la plus exposée à l'ensoleillement, est devenue blanchâtre alors que la partie inférieure reste rougeâtre. Ainsi, les conditions environnementales (élévation de température, fort ensoleillement, longue photopériode) deviennent défavorables à la culture à moins de l'effectuer à des profondeurs garantissant que les touffes restent toujours à 1 m en dessous de la surface.

. A l'issue de la période finale de culture survenue le 31 mai au bout de 46 jours, le poids moyen des touffes a passé de 200 g à 1280 g. Ainsi, les valeurs respectives du gain du poids et du gain moyen quotidien sont de 540% et 23,5 g/j. Le taux de croissance spécifique et la densité finale enregistrés, sont respectivement de 4,03 %/j et 9,1 kg/m<sup>2</sup>.

#### - Evaluation des potentialités de croissance de *Gracilaria gracilis* en culture

#### . Comparaison des résultats par rapport aux travaux antérieurs effectués à l'INSTM

D'après les données présentées dans le tableau II, il apparaît que:

- Dans le lac de Bizerte, il est possible d'entamer la culture de *Gracilaria* entre les mois de février et avril. Les cultures sont arrêtées lorsque les conditions deviennent défavorables et que les touffes accusent une dégénérescence, soit vers la fin du mois de mai ou de juin. La durée de la culture peut être de 3 à 4 mois ou comme dans notre cas écourtée à 46 jours à cause des températures particulièrement basses enregistrées durant l'automne et l'hiver 2006.

Tableau I : Suivi de la croissance des touffes de *Gracilaria*

Période de culture	P (g)	GP (%)	GMQ (g/j)	TCS (%/j)	Densité (kg/m <sup>2</sup> )
15 Avril - 5 Mai 2006 (20 jours)	490 ± 102	145	14,5	4,48	3,5
5 Mai - 31 Mai 2006 (26 jours)	1280 ± 178	161,2	30,4	3,69	9,1

P: poids moyen des touffes. GP: gain du poids. GMQ: gain moyen quotidien. TCS: Taux de croissance spécifique.

Poids initial : 200 g. Densité initiale : 1,4 kg/m<sup>2</sup>.

- Les paramètres de culture ont été optimisés en optant pour un écartement entre les touffes de 30 cm et une distance entre les rangées de 50 cm occasionnant une densité initiale assez élevée (1,430 kg/m<sup>2</sup>) par rapport à celles enregistrées lors des travaux antérieurs de l'ordre de 0,3 à 0,5 kg/m<sup>2</sup>.
- Le mode de fixation des touffes sur les cordages a été ajusté et a permis d'éviter le détachement des touffes; ainsi, le pourcentage de récupération des touffes a été nettement amélioré et a passé de 40 - 70% à 95% dans notre cas.
- Le poids final des touffes obtenu (1280 g) est proche de celui signalé par Ksouri *et al.* (1999 et 2000) compris entre 1087 g et 1284 g et est inférieur à celui noté par Sahli-Hazami (2004) de 1771,4 g. Mais, ces résultats se rapportent à des périodes de cultures très différentes. Le plus important est l'amélioration dans notre cas du taux de croissance spécifique qui est de 4,03 %/j contre des valeurs faibles entre 1,8 et 2,2 signalées antérieurement.
- La densité finale de culture que nous avons enregistrée (9,1 kg/m<sup>2</sup>) est aussi nettement supérieure à celles notées auparavant (1,7 - 3,7 kg/m<sup>2</sup>).

**. Comparaison des résultats par rapport à ceux d'autres auteurs**

D'après les données présentées dans le tableau III, il apparaît que:

- Le taux de croissance spécifique de 4,03 %/j engendré par notre culture est inférieur à ceux signalés en d'autres pays pour d'autres espèces et pour des modes de cultures différents: 5%/j Chiang (1981), 5% Mclachlan et Bird (1986), 8,8%/j Nelson *et al.*, (2001), 7,8%/j Rosenberg et Ramus (1981), 7%/j Troell *et al.*, (1997) et 7,5%/j Destombe (1987). Certains de ces auteurs mentionnent même des valeurs extrêmes allant de 10 à 13%/j.
  - Il est toutefois proche de ceux signalés par certains auteurs: 4%/j Kim (1970) et 4,29 à 4,95%/j Largo *et al.*, (1989).
  - Il est supérieur à ceux enregistrés par certains auteurs: 3,2%/j Santelices et Doty (1989), 2,6%/j Glenn *et al.*, (1998), 1,7 à 3%/j Kaladharan *et al.*,(1996), 1 à 2,6%/j Jones (1959) et 1,4%/j Largo *et al.*,(1989).
- Dans notre cas, nous avons opté comme déterminé par Hazami-Sahli (2004) pour une seule récolte sans coupes intermédiaires et obtenu au terme des 46 jours de culture une densité finale de 9,1 kg/m<sup>2</sup> (la densité initiale étant de 1,43 kg/m<sup>2</sup>). Cette densité confère un rendement annuel de 91 t de biomasse fraîche par ha, soit 16,3 t en poids sec (sur la base d'un rapport Poids sec/Poids frais de 18%). Ce rendement est faible par comparaison à celui (40 t en poids sec) signalé par Chiang (1981) et Mclachlan et Bird (1986); il est dans la fourchette des valeurs (53 - 123 t en poids frais) mentionnées par Westermeier *et al.*,(1993).

Tableau II: Comparaison des résultats du présent travail par rapport aux travaux antérieurs de l'INSTM

Données		Travaux antérieurs			Présent travail
		1999 (Ksouri <i>et al.</i> )	2000 (Ksouri <i>et al.</i> )	2004 (Sahli-Hazami)	
Période de culture		1/4/98 - 25/6/98 (86 jours)	1/4/99 - 30/6/99 (90 jours)	3/2/03 - 29/5/03 (119 jours)	15/4/06 - 31/5/06 (46 jours)
Mode de culture		Bouturage Boudins de sable	Bouturage Boudins de sable	Bouturage Cordage lesté	Bouturage Cordage lesté
Paramètres de culture	Distance entre les rangées	1 m	75 cm	75 cm	50 cm
	Ecart entre les touffes	70 cm	30 cm	50 cm	30 cm

% de récupération des touffes		70	66	40	95
Poids initial (g) Poids final moyen (g)		200 1284	200 1087	200 1771,4	200 1280
Densité (kg/m <sup>2</sup> )	Initiale	0,280	0,517	0,555	1,430
	finale	1,7	3,74	4,9	9,1
TCS (%/j)		2,16	2,2	1,83	4,03

Tableau III: Comparaison des résultats du présent travail par rapport à ceux d'autres auteurs

Pays et modes de culture		Espèce ( <i>Gacilaria</i> )	Densités initiales (kg/m <sup>2</sup> )	TCS %/j	Fréquences des récoltes et rendement	Auteurs
Taiwan Bassins		<i>sp.</i>	0,6	5- 10	40 t (poids sec)/h en 150 j récoltes fréquentes	Mclachlan et Bird (1986)
Chili	Monolignes parallèles	<i>sp.</i>		3,21	Récoltes mensuelles ou bimensuelles	Santelices et Doty (1989)
	Polyculture Mer ouverte	<i>chilensis</i>		7		Troell et al. (1997)
	Cordes suspendues	<i>chilensis</i>	0,6 1,2		53 - 123 t /ha/an (poids frais)	Westormeier et al. (1993)
	Bassins	<i>verrucosa</i>		4		Kim (1970)
Hawaii Cages flottantes (élevage crevette)		<i>parvispora</i>		8,8 à 10,4		Nelson et al. (2001)
Hawaii Cages (spores)		<i>parvispora</i>		2,64		Glenn al. (1998)

<b>Inde</b> Culture cordes au fond- cages - filets	<i>edulis</i>		1,75 à 3	4 récoltes par an (45 jours)	Kaladharan et al. (1996)
<b>USA</b> Bassins	<i>folifera</i>		7,85		Rosenberg et Ramus (1982)
<b>Grande Bretagne</b> Bassins	<i>verrucosa</i>		1 à 2,6		Jones (1959)
<b>Philippines</b> Marais	<i>verrucosa salicornia</i>		4,29 -10,02 1,44 -4,95		Largo et al. (1989)
<b>France</b> Bassins	<i>verrucosa</i>		7,57-13,55		Destombe (1987)
<b>Tunisie</b> Corde sur le fond	<i>verrucosa</i>	1,43	4,03	1 seule récolte 91t/ha	Présent travail

## BIBLIOGRAPHIE

Destombe C. (1987) - Biologie des populations de l'algue rouge *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss (gigartinales), intérêt et implication en aquaculture. Thèse de Doctorat, Université des Sciences et Techniques de Lille Flandres-Artois, 263 p.

Glenn E. P., Moore D., Brown J. J., Tanner R., Fitzsimmons K., Akutigawa M. et Napoleon S. (1998) - A sustainable culture system for *Gracilaria parvispora* (Rhodphyta) using sporelings, reef growout and floating cages in Hawaii. *Aquaculture*, 165: 221 - 246.

Jones, W. E. (1959) - Experiments on some effects of certain environmental factors on *Gracilaria verrucosa* (Hudson). *Papenfuss. J. Mar. Biol.* 30: 325-330.

Kaladharan P, Vijayakumaran. K et Chennubhotla. V.S.K (1996) - Optimisation of certain physical parameters

for the mariculturefor *Gracilaria edulis* (Gmelin) silva in Minicoy lagoon (Laccadive Archipelago). *Aquaculture*, 139: 265-270.

Kim D. H. (1970) - Economically important seaweeds, in Chile-I) *Gracilaria*. *Botanica Marina.*, vol.XIII, 140-162.

Ksouri J., Ben Said R. et Pellegrini, M. (1999) - Résultats des cultures expérimentales de la rhodophycée *Gracilaria verrucosa* (HUDSON) Papenfuss dans le lac de Bizerte, Tunisie septentrionale. *Bull. INSTM.* Vol. 26: 113-125.

Ksouri J., Mensi F. et Ben Said R. (2000) - Ajustement de certains paramètres de culture par bouturage de *Gracilaria verrucosa* (algue rouge), HUDSON Papenfuss, dans le lac de Bizerte (Tunisie). *Bull. INSTM.* Vol. 27: 69-74.

Largo D. B., Bacolod T., Primitivo V., Cusi ma., Orosco C. et Ohno M. (1989) - Growth Rate of *Gracilaria verrucosa* and *Gracilaria salicornia* (Gigartinles,

- Rhodophyta) in an Intertidal and semi-enclosed Pond System in the Visayas, Philippines. *Bull. Mar. Sci. Fish., Kochi Univ*, 11: 95-100.
- Mc Hugh D.J. (2003) - A Guide to the seaweed industry. *FAO. Fisheries. Technical. Paper. 105 p.*
- McLachlan J. et Bird C.J. (1986) - Life history and culture of *Gracilaria folifera* (Rhodophyta) from south Devon. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 57: 577-586.
- Nelson S. G., Glenn E.P., Conn J., Moore D., Walsh T. et Akutagawa M. (2001) - Cultivation of *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) in shrimp-farm effluent ditches and floating cages in Hawaii: a two- phases polyculture system. *Aquaculture*, 193: 239-248.
- Perez R. (1997) - Ces algues qui nous entourent. Conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisation, culture. *Edition IFREMER*: 272 p.
- Rosenberg G. et J. Ramus. (1982) - Ecological growth strategies in the seaweeds *Gracilaria foliifera* (Rhodophyceae) and *Ulva sp.* (Chlorophyceae): soluble nitrogen and reserve carbohydrates. *Mar. Biol.*66: 251-259.
- Sahli-Hazami K. (2004) - Evaluations des potentialités de régénération de l'algue rouge *Gracilaria sp.* du lac de Bizerte et détermination de sa faune associée. *DEA Faculté des sciences de Tunis, INSTM. 108 p.*
- Santelices, B. et Doty, M.S. (1989) - A review of *Gracilaria* farming. *Aquaculture*, 78: 95-133.
- Troell. M., Halling. C, Nilsson. A, Buschmann. A.H, Kautsky. N et Kautsky. L. (1997) - Integretadedmarine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. *Aquaculture* 156: 45-61.
- Westermeier R., Gomez I. et Rivera P. (1993) - Historia, estado actual y perspectivas de *Gracilaria* en los estuarios de Maullin y Quenuir. In: K.Alveal, A.Candia, I.Inostroza, A.Pizarro, A.Poblete and H.Romo (Editors), *Memorias Seminario-Taller Manejo y cultivo de Gracilaria en Chile*, Vol. 1. Pontificia Universidad Catolica de Chile Sede Talcahuano, Talcahuano, 194-222.