

## Ajustement de certains paramètres de culture par bouturage de *Gracilaria verrucosa* (algue rouge), Hudson papenfuss, dans le lac de Bizerte (Tunisie)

Jamel KSOURI, F. MENSI et R. BEN SAID

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer  
28, rue du 2 mars 1934, 2025 Salammbô - Tunisie

### ملخص

تعدیل بعض عوامل الاستزراع بالافتسال لطحلب الغراسيلاريا ببحيرة بنزرت : أجريت هذه الدراسة بالناحية الشمالية الشرقية لبحيرة بنزرت من بداية شهر أفريل إلى شهر جوان سنة 1999 وهي تخص دراسة مفعول عنصر المسافة بين الخصلات والوزن الأولي لتلك الخصلات وذلك على مردود استزراع طحلب الغراسيلاريا بالافتسال حسب طريقة فصيد الرمل.

وتبين أن الظروف المناسبة لاستزراع هذا النوع تتمثل في 200 غ كوزن أولي للخصلات ومسافة 30 صم بين الفصلات وجمع المحصول في اجل أقصاه آخر شهر جوان.

في تلك الحالة يتطور وزن الخصلة من 200 غ إلى 1087 غ ونسجل 2,20 كمعدل نمو نوعي و 3,74 كغ في المتر المربع ككثافة نهائية.

المفاتيح : الاستزراع بالافتسال، طحلب الغراسيلاريا، بحيرة بنزرت

### RESUME

Cette étude, réalisée dans la partie Nord-Est du lac de Bizerte du premier Avril au 30 Juin 1999, porte sur l'étude de l'effet des deux paramètres, distance entre les touffes et poids initial des touffes, sur le rendement de culture par bouturage de *Gracilaria verrucosa* selon le mode des boudins de sable.

Il en ressort que les conditions optimales de culture de cette espèce sont engendrées par un poids initial de 200 g, une distance entre les fragments de thalles de 30 cm et une récolte impérativement vers la fin du mois de Juin. Dans ces conditions, on enregistre un passage du poids de 200 g à 1087 g, un taux de croissance spécifique de 2,20 et une densité finale de 3,74 kg/m<sup>2</sup>.

**Mots-clés :** *Gracilaria verrucosa*, lac de Bizerte, culture, écartement, poids.

### ABSTRACT

**Adaptation of some parameters of culture by bouturage of *Gracilaria verrucosa* (red alga), Hudson papenfuss, in the lake of Bizerte (Tunisia) :** This study which was realised in Bizerte lake between April and June of 1999 concern the impact of the two parameters, the distance between the tuft and the initial weight of these tuft, on the output of *Gracilaria verrucosa* culture. It shows that the optimal conditions of this species can be summarised as following : initial weight of 200 g, distance between the tuft of 30 cm and harvesting necessarily during the end of June. In the such conditions, the weight reach 1087 g, the specific rate growth is 2,20 and the final density is 3,74 kg / m<sup>2</sup>.

**Keys-words :** *Gracilaria verrucosa*, Bizete lake, culture, distance, weight

### INTRODUCTION

Les végétaux marins ont un rôle de première importance dans les milieux aquatiques comme producteurs primaires dans la chaîne alimentaire. Ils constituent aujourd'hui une matière première industrielle dotée d'un large éventail d'utilisation

regroupant principalement l'alimentation humaine et l'extraction de phycocolloïdes (alginates, carraghénanes et agars) mais aussi l'agriculture, la thalassothérapie, l'épuration de l'eau, la cosmétologie et la pharmacie.

La récolte traditionnelle des algues semble avoir atteint ses limites et ne cesse de décroître au profit de l'algoculture qui permet de faire face à l'augmentation considérable de la demande. Actuellement, 90 % des algues transformées sont issus des cultures. On distingue deux modes de culture des algues (Perez, 1997) : celui fondé sur la reproduction sexuée (*Laminaria japonica*, *Undaria pinnatifida*, *Macrosystis pyrifera*...) faisant intervenir les éléments reproducteurs microscopiques et celui pratiqué à partir de boutures (*Eucheuma denticulatum*, *Chondrus crispus*, *Gracilaria verrucosa*...). La culture de *G. verrucosa* est pratiquée à une échelle industrielle soit en mer au Chili soit en marais en Thaïlande, à Taïwan et en Chine.

En Tunisie, cette espèce a été choisie pour le démarrage d'une activité d'algoculture et des travaux de recherche ont été entrepris à l'INSTM pour l'étude des possibilités de son exploitation. Les résultats relatifs aux prospections dans le lac nord de Tunis sont consignés dans le bulletin de l'INSTM (Ksouri *et al.*, 1996 et 1997). La culture expérimentale par bouturage de *G. verrucosa* entamée dans le lac de Bizerte, a montré que la technique dite des boudins de sable est la plus adéquate (Ksouri *et al.*, 1999).

Dans le présent travail, nous explicitons les résultats obtenus en terme d'affinement de certains paramètres de culture.

## MATERIEL ET METHODES

### Consistance, période et site de l'expérimentation

L'expérience porte sur l'étude de l'effet des deux paramètres, distance entre les touffes (30 cm – 50 cm – 70 cm) et poids initial des touffes (150 – 200 g), sur le rendement de culture de *Gracilaria*. Elle a été menée du premier avril au 30 juin 1999 au niveau de la partie Nord-Est du lac de Bizerte, zone où l'espèce se développe naturellement sur des fonds sableux à sablo-vaseux à une profondeur moyenne de 1 m.

Afin de bénéficier d'une certaine surveillance et éviter les risques de pertes des touffes (ramasseurs de clovisses, barques, filets...), l'expérimentation a été réalisée au Sud du ponton de la Société Tunisie Lagunes dans un endroit où la végétation est très peu abondante, le substrat est sableux et la profondeur est de 1,5 mètres. Les rangées de cultures ont été positionnées suivant la direction Nord-Ouest afin que les courants d'eau exercent le minimum de prise sur les touffes.

### Matériel végétal

Des touffes de *Gracilaria verrucosa* (figure 1) en bon état sont sélectionnées dans les peuplements naturels comportant en général une association des deux espèces très voisines *Gracilaria verrucosa* et *Gracilaria bursa-pastoris*. Les plants blanchâtres situés à une faible profondeur ou dans la zone émergeant entre le flux et le reflux sont n'ont pas été prélevés étant donné qu'ils sont altérés par l'exposition prolongée à une forte luminosité.

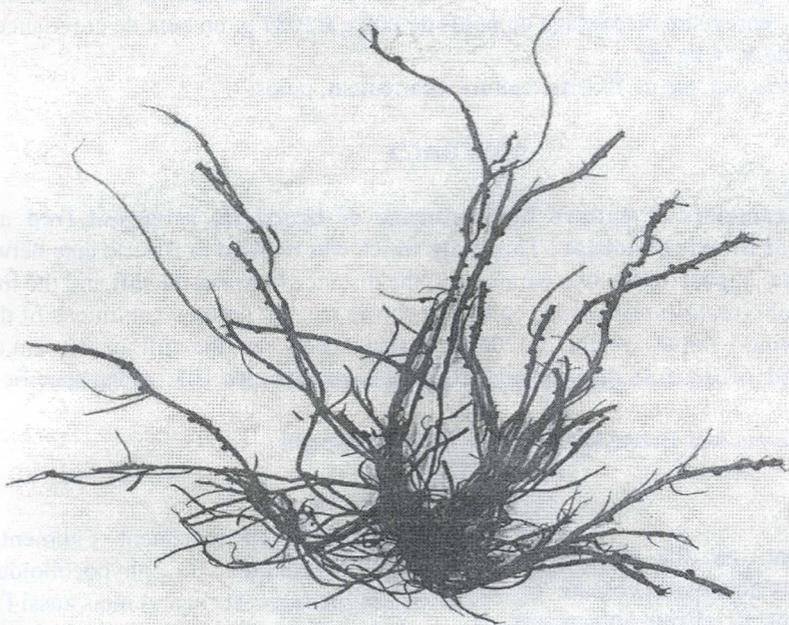


Figure 1 : Touffes de *Gracilaria verrucosa* du lac de Bizerte

### Confection des boudins, mise en place des boutures et installation de l'essai expérimental

A partir d'une gaine souple en polyéthylène de 10 cm de diamètre, des morceaux de 1,5 m de long sont confectionnés ; pour obtenir le boudin de sable, on ferme une extrémité par un cordon, on le remplit avec du sable tamisé puis on étrangle l'autre extrémité avec un fil. Les boutures sont attachées sous le boudin au moyen d'une cordelette, la partie médiane contre le tube et les parties latérales dressées de part et d'autre du tube. Cette opération a été effectuée sur une barque, les conditions climatiques étant clémentes. Les boudins d'une même rangée, attachés entre eux, sont alors légèrement enfouis dans le sable. Les rangées de boudins sont attachées entre elles à leur extrémité par deux fils eux-mêmes maintenus parallèles par quatre piquets de telle sorte que la disposition initiale de la parcelle soit conservée durant la période de croissance.

### Entretien des cultures et mode d'échantillonnage

L'entretien des peuplements en culture s'est avéré indispensables et a porté sur le renforcement de la fixation des fragments de thalles mal attachés,

### Protocoles expérimentaux des cultures

l'élimination des algues épiphytes, des gastéropodes, des bivalves et des polychètes. Lorsque ces espèces contaminantes deviennent trop importantes, elles entravent le bon déroulement des cultures. Pour l'échantillonnage mensuel, une rangée est prélevée au niveau de facteur des deux essais et les touffes sont pesées une à une.

Les données des protocoles expérimentaux des deux essais sont consignées dans les tableaux I et II.

### Méthodes de Calcul

A partir des données recueillies au terme de chaque échantillonnage (nombre restant des touffes, poids individuel des touffes), les paramètres suivants ont été calculés :

- Pourcentage de récupération des touffes
- Poids moyen (g)
- Taux de croissance spécifique (TCS), qui mesure le pourcentage d'accroissement du poids par jour, selon la formule suivante :
 
$$TCS = 100 \ln(\text{Poids final} / \text{Poids initial}) / \text{Nombre de jours de culture}$$
- Densité finale ( $\text{kg} / \text{m}^2$ )

**Tableau I :** Effet de l'écartement entre les touffes sur le rendement (essai 1)

Conditions	Ecartement entre les touffes (cm)		
	$E_1 = 30$	$E_2 = 50$	$E_3 = 70$
Nombre de touffes / rangée (3 rangées)	30	30	21
Surface de la parcelle ( $\text{m}^2$ )	26,1	43,5	42
Densité initiale de culture ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	0,517	0,310	0,225

Remarque: pour cet essai, le poids a été fixé à 200 g

**Tableau II :** Effet du poids initial des touffes sur le rendement (essai 2)

Conditions	Poids initial des touffes (g)	
	$P_1 = 150$	$P_2 = 200$
Nombre de touffes / rangée (3 rangées)	21	30
Surface de la parcelle ( $\text{m}^2$ )	42	60,9
Densité initiale de culture ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	0,225	0,290

Remarque : Pour cet essai, l'écartement a été fixé à 70 cm

## Analyse statistique

Les deux expériences ont été réalisées selon un dispositif aléatoire complet. Les poids des touffes à la fin de chaque période de culture pour les deux essais ont été soumis à une analyse de la variance selon la procédure GLM du système S.A.S. (1988). Ainsi, les modèles suivants sont utilisés :

### Essai 1

$$Y_{ij} = M + E_i + E_{ij}$$

$Y_{ij}$  : Poids de la  $j^{\text{ème}}$  touffe pour le  $i^{\text{ème}}$  écartement.

M : moyenne générale

$E_i$  : effet de l' $i^{\text{ème}}$  écartement ;  $i = 30 \text{ cm}, 50 \text{ cm}, 70 \text{ cm}$ .

$E_{ij}$  : erreur résiduelle.

### Essai 2

$$Y_{ijk} = M + P_i + E_{ij}$$

$Y_{ijk}$  : Poids de la  $j^{\text{ème}}$  touffe pour le  $i^{\text{ème}}$  poids initial.

M : moyenne générale

$P_i$  : effet de l' $i^{\text{ème}}$  poids ;  $i = 150 \text{ g}, 200 \text{ g}$ .

$E_{ij}$  : erreur résiduelle.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Essai 1

Les résultats de l'effet de l'écartement entre les touffes sur le rendement de culture sont mentionnés dans le tableau III. Nous constatons que:

- Après 30 jours de culture, 80 à 90 % des touffes ont été épargnés par les intempéries, le poids moyen des touffes, initialement de 200 g, est passé à 374 g, 480 g et 352 g respectivement pour les distances entre les touffes de 30 cm, 50 cm et 70 cm. Ainsi, les meilleurs poids et taux de croissance spécifique (TCS) sont enregistrés lorsque les touffes mises en culture sont écartées de 50 cm. Les densités finales obtenues sont comprises entre 0,52 et 1,28 kg/m<sup>2</sup>. Ce résultat intermédiaire n'a qu'une signification indicative puisque les cultures devront se poursuivre au delà de cette échéance.
- Après 60 jours de culture, le taux de récupération des touffes est d'environ 80 %. L'analyse de la variance montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les différents poids des touffes, soient 749 g, 785 g et 762 g respectivement pour les écartements de 30 cm, 50 cm et 70 cm.
- Après 90 jours de culture, le taux de récupération des touffes a varié entre 66 et 71

% . L'analyse de la variance montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les différents poids des touffes,

soient 1087 g, 992 g et 995 g respectivement pour les écartements de 30 cm, 50 cm et 70 cm. Au terme de cette période, le meilleur TCS est de 2,20 pour 30 cm contre 2,09 pour 50 cm et 2,10 pour 70 cm. La meilleure densité finale, soit 3,74 kg/m<sup>2</sup> est aussi enregistrée pour l'écartement de 30 cm; sachant que la densité finale est de 2,05 kg/m<sup>2</sup> pour 50 cm et 1,43 kg/m<sup>2</sup> pour 70 cm.

Le recoupement des différents résultats obtenus au terme de 90 jours de culture nous permet de retenir que pour l'écartement entre les touffes, 30 cm engendre le meilleur rendement de culture: un poids de 1087 g, un TCS de 2,20 et une densité finale de 3,74 kg/m<sup>2</sup>.

Il convient de préciser qu'à partir de la mi-juin, on assiste à un important développement d'algues compétitrices de *G. verrucosa* particulièrement *Ulva lactuca* et *G. bursa-pastoris* mais aussi d'autres algues telles que *Codium fragile*, *Chaetomorpha linum*, *Caulerpa prolifera*, *Enteromorpha linza*, *Hypnea musciformis*, *Gigartina acicularis*, *Ceramium rubrum*, *Jania rubens*, *Dictyopteris membranacea*. De plus, le cycle de vie de l'espèce *G. verrucosa* se caractérise par un début de dégénérescence vers la fin du mois de Juin. Pour toutes ces raisons, on peut avancer que la récolte des cultures devrait se faire au plus tard vers la fin du mois de Juin alors que les touffes ont un poids de 1087 g. D'après CHAOYUAN *et al.* (1993) lorsque les touffes atteignent un poids compris entre 700 à 900 g, la récolte est optimale.

La densité finale la plus élevée que nous avons obtenue après 90 jours de culture (3,74 kg/m<sup>2</sup>) se situe entre celle signalée au niveau des peuplements naturels denses (recouvrement de 60 – 100 %) de *Gracilaria* du lac nord de Tunis de 1,3 kg/m<sup>2</sup> (Ksouri *et al.* 1997) et du lac de Bizerte de 4,6 kg/m<sup>2</sup> (Ksouri et Ben Said, 1998). Glenn *et al.* (1998) mentionnent une densité de 5,2 kg/m<sup>2</sup> au niveau des champs de culture de *Gracilaria* à Hawaï. Le TCS de 2,20 auquel ont conduit nos cultures après 90 jours est inférieur à celui de 2,64 signalé par Glenn *et al.* (1998) pour *G. parvispora* cultivé à Taïwan en cages flottantes à partir de plants produits en éclosérie, à celui mentionné par Chaoyuan *et al.* (1993) de 2,4 pour la culture en chine de *G. tenuistipitata* en bassins et à celui de 4-5 noté par Pickering *et al.* (1990) en Nouvelle Zélande pour *G. Chilensis*.

**Tableau III** : Effet de l'écartement entre les touffes sur le rendement de culture

Résultats	Durée de culture (jours)	Distance entre les touffes (cm)		
		E <sub>1</sub> = 30	E <sub>2</sub> = 50	E <sub>3</sub> = 70
Nombre de touffes initial/final	30	30 - 27	30 - 24	21 - 18
	60	30 - 23	30 - 24	21 - 17
	90	30 - 20	30 - 20	21 - 15
% récupération des touffes	30	90	80	85
	60	76	80	80
	90	66	66	71
Poids final moyen (g)	30	374 <sup>a</sup>	80 <sup>b</sup>	352 <sup>a</sup>
	60	749 <sup>a</sup>	785 <sup>a</sup>	762 <sup>a</sup>
	90	1087 <sup>a</sup>	992 <sup>a</sup>	995 <sup>a</sup>
TCS	30	3,04	3,87	2,84
	60	2,77	2,85	2,80
	90	2,20	2,09	2,10
Densité finale (kg/m <sup>2</sup> )	30	1,28	0,99	0,52
	60	2,58	1,62	1,14
	90	3,74	2,05	1,43

La différence entre les chiffres suivis de la même lettre n'est pas significative ( $p > 0,05$ ).

### Essai 2

Les résultats de l'effet du poids initial des touffes sur le rendement de culture sont mentionnés dans le tableau IV.

- L'analyse de la variance montre que les poids moyens obtenus à partir des touffes de 200 g (447 g à 30 jours, 1118 g à 60 jours et 1200 g à 90 jours)

sont supérieurs à ceux obtenus à partir des touffes de 150 g (349 g à 30 jours, 763 g à 60 jours et 995 g à 90 jours).

- La densité finale obtenue à partir du poids initial de 200 g est plus élevée que celle obtenue à partir du poids initial de 150 g pour et ce aux différentes périodes d'échantillonnage (30 jours, 60 jours et 90 jours).

**Tableau IV** : Effet du poids initial des touffes sur le rendement de culture

Résultats	Durée de culture (jours)	Poids initial des touffes (g)	
		P <sub>1</sub> = 150	P <sub>2</sub> = 200
Nombre de touffes initial/final	30	21 - 18	30 - 22
	60	21 - 17	30 - 26
	90	21 - 15	30 - 15
% récupération des touffes	30	85	73
	60	80	86
	90	71	50
Poids final moyen (g)	30	349 <sup>a</sup>	447 <sup>b</sup>
	60	763 <sup>a</sup>	1118 <sup>b</sup>
	90	995 <sup>a</sup>	1200 <sup>b</sup>
Densité finale (kg/m <sup>2</sup> )	30	0,52	0,66
	60	1,14	1,65
	90	1,43	1,77

La différence entre les chiffres suivis de lettres différentes est significative ( $p < 0,05$ ).

En conclusion, un écartement de 30 cm entre les touffes et un poids initial des touffes de 200 g pourraient être retenus parmi les conditions optimales de culture de *G. verrucosa* dans le lac du Bizerte. Sachant que les résultats obtenus dans le cadre de ce travail découlent de cultures entamées au mois d'Avril pour une distance entre les rangées fixée à 1 m, le démarrage précoce des cultures (mois de Février) et une distance entre les rangées de 50 cm constitueraient des ajustements de nature à rehausser le rendements des cultures.

**BIBLIOGRAPHIE**

CHAOYUAN V., LI R., LIN G., WEN Z., DONG L., ZHANG J., HUANG K., WEI SH. & LAN G., (1993). - Some aspects of the growth of *Gracilaria teuistipitata* in pond culture. *Hydrobiologia* 260 / 261: 339 - 343.

GLENN E., MOORE D., BROWN J., TANER R., FITZSIMMONS K., AKUTIGAWA M. & NAPOLEAN SH., (1998). - A sustainable culture system for *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) using sporelings, reef growout and floating cages in Hawai. *Aquaculture*, 165: 221 - 232.

KSOURI J., BEN SAID R. & BEJI O., (1996). - Cartographie des peuplements de la macroalgue *Gracilaria* (Gigartinales, Gracilariales) dans le lac nord de Tunis. *Bull. INSTM*. Vol. 23. N°1: 55-72.

KSOURI J., BEN SAID R. & BEJI O., (1997). - Evaluation des potentialités quantitatives naturelles des gracilaires (algues rouges) du lac Nord de Tunis. *Bull. INSTM*. 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. INSTM*. Vol. 25: 17-34.

KSOURI J., BEN SAID R. & PELLIGRINI 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.

PEREZ R., (1997). - Ces algues qui nous entourent. Conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisation, culture. *Edition IFREMER*: 272 p.

PICKERING T.G., GORDON M.E. & TONG L.G., (1990). - Seasonal growth, density, reproductive phenology and agar quality of *Gracilaria sordida* (Gracilariales, Rhodophyta) at Mokomoko inlet, New Zealand. *Hydrobiologia* 204 / 205: 253 - 262.

S.A.S. (1988). - User's guides : Statistics SAS, Inst. Inc., Cary, NC.

Tableau IV : Effet du poids initial des touffes sur le rendement des cultures

Poids initial des touffes (g)	Durée de culture (jours)			Résultat
	30	60	90	
100	1.18	1.14	1.09	Poids final moyen (g)
200	1.18	1.14	1.09	
300	1.18	1.14	1.09	
Poids final moyen (g)	1.18	1.14	1.09	Rendement final (kg/ha)
	1.18	1.14	1.09	
	1.18	1.14	1.09	