

EVALUATION DE LA CAPACITE REGENERATRICE DE L'ALGUE ROUGE *GRACILARIA VERRUCOSA* (HUDSON) PAPENFUSS DU LAC DE BIZERTE (TUNISIE SEPTENTRIONALE)

Jamel KSOURI*, F. MENSI et K. SAHLI-HAZAMI

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM)

29 rue Général Khéréddine - 2015 Le Kram – Tunisie

Tel : 216 71 276 121

*jamel.ksouri@instm.rnrt.tn

ملخص

متابعة لتقييم مؤهلات التجدد لطحلب الغراسيلاريا ببجيرة بنزرت : قمنا باستزراع تجريبي على طريقة الحبال القاعية المشدودة لفسائل ذات 200 غ. وخلال أربعة أشهر من فيفري إلى ماي 2003 خضعت الفسائل إلى عملية قص جزئي مختلف حسب الحبال : مرة واحدة، مرتين، ثلاثة مرات أو أربع مرات. وقد بينت التحاليل أنه يستحسن أن تختصر عملية القص على واحدة فقط في آخر شهر ماي. في تلك الحالة يكون وزن الفسائل فد بلغ 1771.4 غ مسجلا معدل نمو نوعي 1.8 .
الكلمات المفاتيح : غراسيلاريا، استزراع، فسائل، تجدد، حصاد، انتاجية.

RESUME

Afin d'évaluer le potentiel de régénération de *Gracilaria verrucosa* du lac de Bizerte, une culture expérimentale, in situ sur cordes tendues sur le substrat, a été mise en place à partir de boutures de 200 g. Au terme de quatre mois de culture, de février à mai 2003, les cordes ont été soumises à une, deux, trois ou quatre coupes. L'analyse statistique montre que la meilleure situation est représentée par les touffes qui n'ont subi qu'une seule coupe à la fin du mois de mai; dans ce cas, ces touffes ont un poids final de 1771,4 g et un taux de croissance spécifique de 1,8.

Mots clés : *Gracilaria*, culture, boutures, coupes, régénération, productivité.

ABSTRACT

Evaluation of the regeneration capacity of the red algae *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss in the Bizerte lake (Tunisia) : In order to evaluate the regeneration potential of *Gracilaria verrucosa*, an experimental culture was conducted in the Bizerte lake on tight rope on the substrate. The initial weight of tufts was 200 g. After four months of culture, between February and May 2003, the ropes were submitted to one, two, three or four cutting. The statistical analysis show that the best situation concerns the tufts collected only at the end of May; in this case, these tufts have 1771,4 g for weight and 1,8 for specific growth rate.

Key words : *Gracilaria*, culture, tufts, cutting, regeneration, productivity.

INTRODUCTION

Sur le plan économique, les ressources algales, dont la production en 2001 s'est élevée à 8 millions de tonnes engendrant une valeur estimée à presque 6 billions de dollars, présentent un potentiel important; le genre *Gracilaria* fournit 37 000 t de matière fraîche soit 65 % de la production totale des espèces agarophytes desquelles sont extraites 7 630 t d'agar (Mc Hugh, 2003).

L'algoculture (ou phycoculture) a commencé à se démarquer nettement dans la deuxième moitié du XXème siècle pour répondre à une demande croissante en algues; elle fournit, désormais, plus de 90% des approvisionnements algaux. La culture des

Gracilaria est pratiquée par bouturage à une échelle industrielle en marais (Taïwan, Chine, Thaïlande) ou en mer (Chili) selon des techniques différentes en fonction du site de culture (zone intertidale ou frange infralittorale) en exploitant souvent le potentiel de régénération de l'espèce pour effectuer plusieurs coupes par saison de culture (Pérez, 1997).

En Tunisie, les précédents travaux de recherche relatifs à la culture dans le lac de Bizerte de l'espèce *Gracilaria verrucosa* ont permis de sélectionner le mode de culture approprié et d'ajuster certains paramètres de culture (KSOURI *et al.*, 1999 et 2000). Le présent travail vise l'évaluation du potentiel de régénération de cette algue par sa culture dans le lac

de Bizerte dans le but d'une éventuelle amélioration du rendement annuel des cultures.

MATERIEL ET METHODES

- Choix du site et mode de culture

La culture par bouturage a débuté en février 2003, au niveau de la zone Nord-Est du lac de Bizerte, à une profondeur de 0,5 à 1,2 m, sur un fond sableux et démunie de végétation.

Pour le mode de culture, nous avons opté pour l'utilisation d'un cordage lesté et tendu sur le substrat entre trois piquets de fer. Les cordes, constituant les rangées, sont placées en monolignes sur le fond dans la direction Nord-Ouest parallèlement au courant afin que les mouvements d'eau aient le moins de prise possible sur la culture; elles restent à 50 cm de la surface de l'eau même à marée basse.

Les fragments de thalles en bon état, appartenant à de grosses touffes bien ramifiées et de couleur vive, ont été sélectionnés dans les peuplements naturels de *Gracilaria verrucosa* composés d'un mélange d'individus à différents stades du cycle de vie de l'espèce (figure 1). Après la pesée, les touffes de 200 g sont attachées sur les cordages par un fil tressé; l'écartement entre les touffes étant de 50 cm et celui entre les rangées de cordages de 75 cm.

Un entretien des cultures par le prélèvement des algues compétitrices représentées essentiellement par les ulves a été nécessaire à partir du mois de mars. Cette opération devient vaine vers la fin du mois de mai lorsque les parcelles de culture sont complètement envahies par les ulves qui profitent du support et de l'élévation de la température et accusent une croissance très rapide.

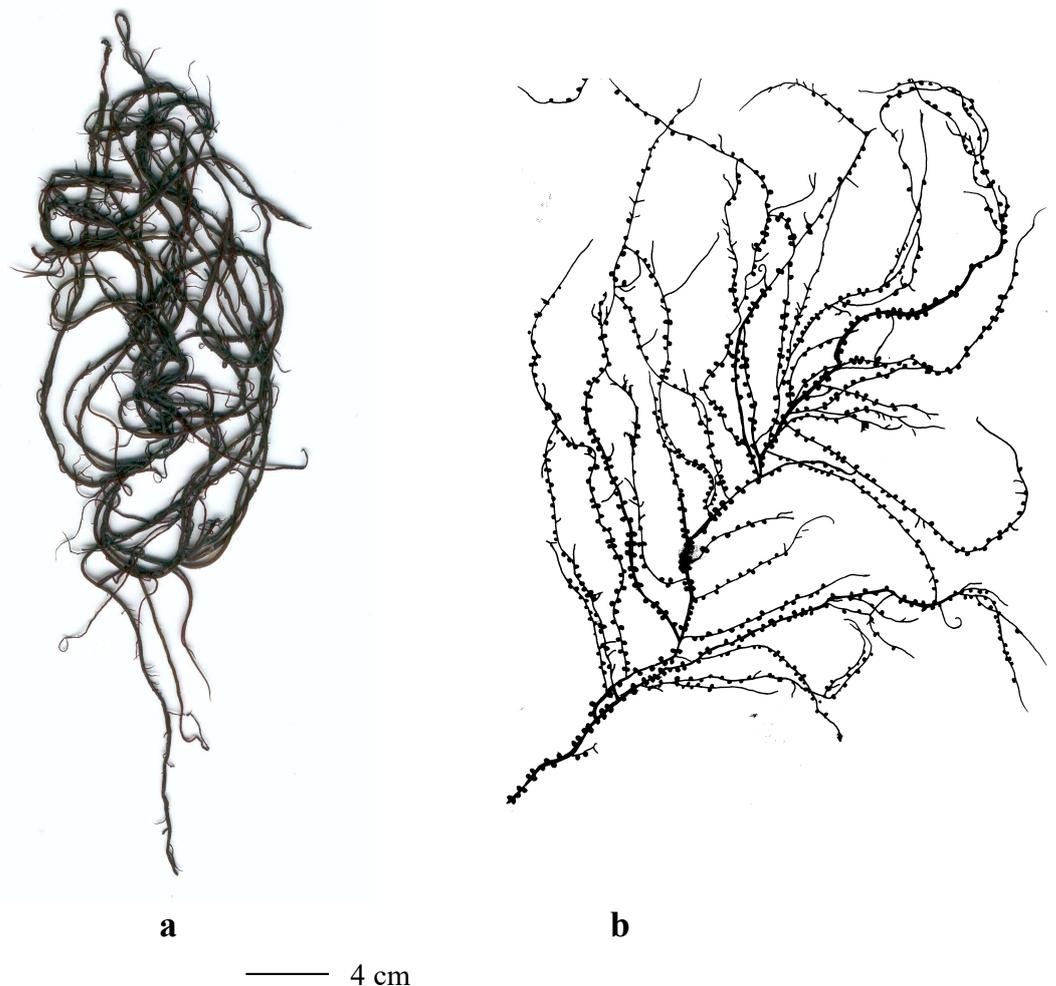


Figure 1 : *Gracilaria verrucosa* du lac de Bizerte (Avril 2003) a) Aspect général du thalle ; b) Portion d'un gamétophyte femelle

- Evaluation de la capacité de régénération

Pour l'évaluation de la capacité de régénération, les touffes ont été numérotées une à une par des anneaux en cuivre afin de faciliter le suivi du gain du poids relatif à chaque touffe. Pour cette expérience, 5 cordes (C1, C2, C3, C4, C5) de 19 m et comportant chacune 35 touffes (soit un total de 175 touffes), ont été mises en place (figure 2). La biomasse totale utilisée d'algues est de 35 kg (7 kg par corde). La parcelle de culture couvre une superficie de 57 m². Des coupes ont été programmées aux mois de février (C1), mars (C1 et C2), avril (C1, C2 et C3), mai (C1, C2, C3 et C4) et juin (C1, C2, C3, C4 et C5).

Il est à signaler que l'élévation progressive de la température a occasionné un développement intense d'ulves, algues compétitrices des cultures, et une dégénérescence de *Gracilaria* vers la fin du mois du Mai; c'est pourquoi, la culture a été arrêtée à cette période. Ainsi, la coupe programmée pour la corde 5 au mois de juin n'a pas eu lieu.

Les coupes, ayant lieu à environ 10 cm de la base, ont été pratiquées au couteau de telle sorte qu'elles laissent un reliquat qui permettra la régénération du thalle.

Nous avons suivi, mensuellement par corde et par touffe, les poids et les poids cumulés (tableau I); le

poids cumulé étant la somme du poids obtenu pour un mois déterminé et des poids enregistrés au cours des coupes précédentes.

De plus, un suivi du taux de croissance spécifique (TCS), exprimant le pourcentage d'accroissement par jour des touffes (Bird & Mclachlan, 1986), a été effectué. Le TCS est calculé selon la formule suivante (Glenn *et al.*, 1998; Troell *et al.*, 1997):

$$TCS = 100 \ln (\text{poids final} / \text{poids initial}) / \text{nombre de jours de culture}$$

L'évaluation de l'effet des coupes successives sur le gain du poids a été effectuée par une analyse statistique des données selon la procédure GLM (General Linear Model - Système Statistica).

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Evolution des poids et des poids cumulés

Les résultats du suivi de l'évolution des poids et des poids cumulés, obtenus au cours des coupes successives pour toutes les cordes, sont consignés dans le tableau II.

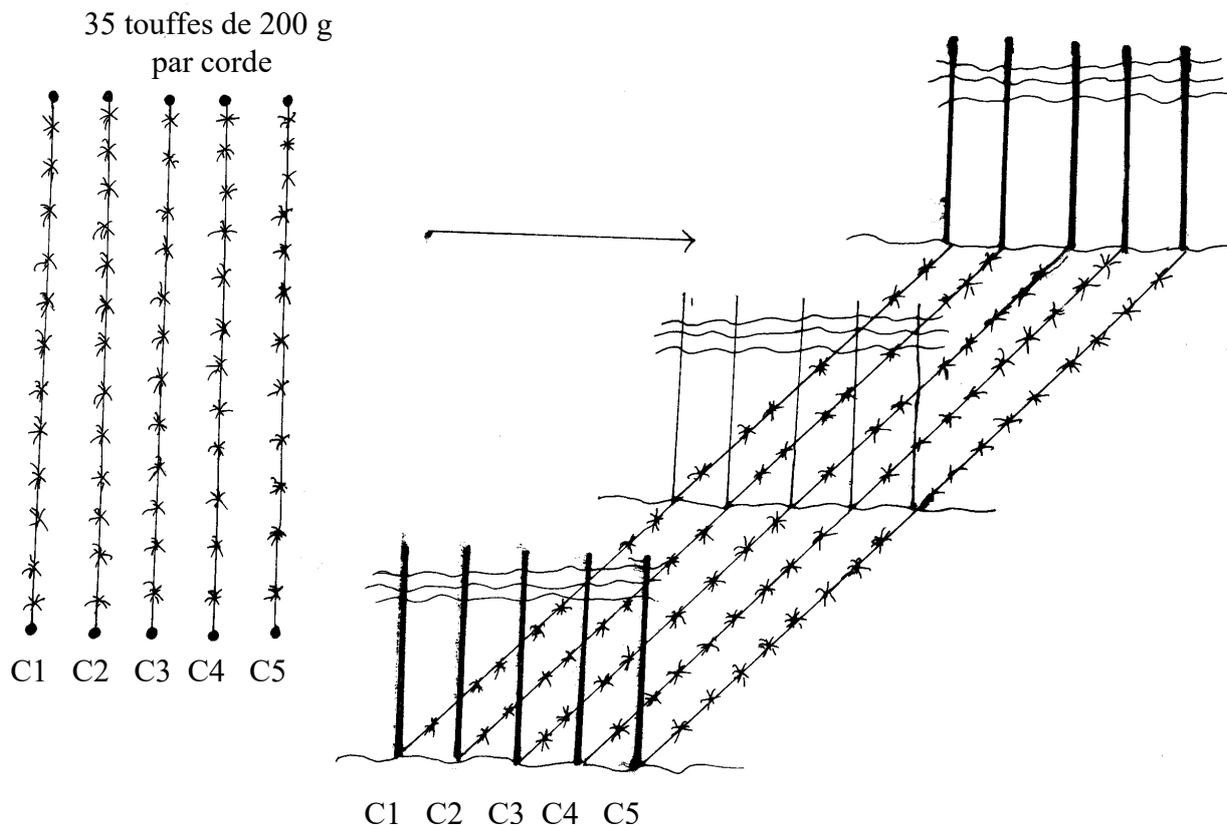


Figure 2 : Dispositif expérimental pour l'évaluation de la capacité de régénération de *Gracilaria*. 5 cordes, avec 35 touffes chacune, sont placées sur le substrat et maintenues tendues par des piquets. La distance entre les cordes est de 75 cm ; celle entre les touffes est de 50 cm.

Tableau I : Protocole de suivi des poids et des poids cumulés des touffes de *Gracilaria* engendrés par les coupes au cours des mois de culture

Corde	Poids (P) et poids cumulés (PC)	Février	Mars	Avril	Mai	Nombre de coupes
C1	P	a_1	a_2	a_3	a_4	4
	PC	$a_1 + a_2$		$a_1 + a_2 + a_3$	$a_1 + a_2 + a_3 + a_4$	
C2	P		b_1	b_2	b_3	3
	PC	$b_1 + b_2$			$b_1 + b_2 + b_3$	
C3	P			c_1	c_2	2
	PC	$c_1 + c_2$				
C4	P				d_1	1
	PC					

Remarque : Le test statistique de comparaison des moyennes portera sur les 10 valeurs des poids et des poids cumulés engendrés par les coupes successives et qui sont les suivants :

- a_1
- $a_1 + a_2$
- $a_1 + a_2 + a_3$
- $a_1 + a_2 + a_3 + a_4$
- b_1
- $b_1 + b_2$
- $b_1 + b_2 + b_3$
- c_1
- $c_1 + c_2$
- d_1

Tableau II : Récapitulatif des poids et des poids cumulés obtenus au cours de l'expérience de régénération de *Gracilaria*

Nb de coupes	4			3			2			1				
	Février	Mars	Avril	Mars	Avril	Mai	Février	Mars	Avril	Mai	Février	Mars	Avril	Mai
Période	Février			Février			Février				Février			
	Mars	Mars		Mars	Mars					Mars				
	Avril		Avril		Avril	Avril						Avril		
	Mai			Mai					Mai					Mai
Corde 1	1153,6	812,6		199,1					180,7					
Corde 2			1675,0		1283,3					752,6				
Corde 3								1932,3				1305,7		
Corde 4														1771,4

La corde 4 a subi une seule coupe (Mai), la corde 3 deux coupes (Avril et Mai), la corde 2 trois coupes (Mars, Avril et Mai) et la corde 1 quatre coupes (Février, Mars, Avril et Mai)

Pour chaque corde, le scénario des coupes effectuées et les résultats obtenus sont comme suit :

Corde 1

Les touffes de cette corde ont été soumises à une première coupe à la fin du mois de février après 32 jours de culture. Le poids moyen des touffes était de 180,7 g. La deuxième coupe a été pratiquée à la fin du mois de mars soit après 31 jours de culture. Le poids moyen des touffes était de seulement 16,5 g. Ces deux coupes ont engendré un poids moyen cumulé de 199,1 g (février-mars). La troisième coupe a été pratiquée à la fin du mois d'avril (28 jours de culture). Le poids moyen des touffes était de 613,6 g. Ces trois coupes ont engendré un poids moyen cumulé de 812,6 g (février-mars-avril). La quatrième coupe a été effectuée à la fin du mois de mai (29 jours de culture). Le poids moyen des touffes était de 330,6 g. Ces quatre coupes ont engendré un poids moyen cumulé de 1153,6 g (février-mars-avril-mai).

Corde 2

Les touffes de cette corde ont subi une première coupe à la fin du mois de mars (62 jours de culture). Le poids moyen des touffes était de 752,6 g. La deuxième coupe a été pratiquée à la fin du mois d'avril (28 jours de culture). Le poids moyen des touffes était de 462,2 g. Ces deux coupes ont engendré un poids moyen cumulé de 1283,3 g (mars-

avril). La troisième coupe a été effectuée à la fin du mois de mai (29 jours de culture). Le poids moyen des touffes était de 353,3 g. Ces trois coupes ont engendré un poids moyen cumulé de 1675 g (mars-avril-mai).

Corde 3

Les touffes de cette corde ont subi une première coupe à la fin du mois d'avril (90 jours de culture). Le poids moyen des touffes était de 1305,7 g. La deuxième coupe a été effectuée à la fin du mois de mai (29 jours de culture). Le poids moyen des touffes était de 504,6 g. Ces deux coupes ont engendré un poids moyen cumulé de 1932,3 g (avril-mai).

Corde 4

Les touffes de cette corde n'ont subi qu'une seule coupe à la fin du mois de mai (119 jours de culture). Le poids moyen des touffes était de 1771,4 g.

2. Traitement statistique

Les 10 poids, enregistrés pour les touffes ayant subi 4 coupes (1153,6 g), 3 coupes (812,6 g, 1675,0 g), 2 coupes (199,1 g, 1283,3 g, 1932,3 g) et 1 coupe (180,7 g, 752,6 g, 1305,7 g, 1771,4 g), ont été soumis à un traitement statistique de comparaison de moyennes (tableau III).

Tableau III : Test statistique de comparaison des moyennes des poids et des poids cumulés obtenus au cours de l'expérience de régénération de *Gracilaria*

Poids	NT	NC-C	Période	Groupes homogènes de poids			
				1	2	3	4
180,7	28	1-C1	Février	****			
199,1	23	2-C1	Février-mars	****			
752,6	19	1-C2	Mars		****		
812,6	19	3-C1	Février-mars-avril		****		
1153,6	15	4-C1	Février-mars-avril-mai			****	
1283,3	18	2-C2	Mars-avril			****	
1305,7	21	1-C3	Avril			****	
1675,0	12	3-C2	Mars-avril-mai				****
1771,4	14	1-C4	Mai				****
1932,3	13	2-C3	Avril-mai				****

Groupes homogènes de poids : poids dont la différence n'est pas statistiquement significative (seuil de signification de 5 %)

NT : Nombre de touffes

NC : Nombre de coupes

C : Corde

Il en ressort quatre groupes homogènes, à savoir :

- Un premier groupe représenté par les poids des touffes de la corde 1 ayant subi une première coupe en février (180,7 g) et une deuxième en mars (199,1 g). Ainsi, il vaut mieux laisser croître normalement les touffes mises en culture au mois de janvier sans leur imposer une coupe au mois de mars.

- Un deuxième groupe représenté par les poids des touffes de la corde 1 ayant subi 3 coupes (février-mars-avril ; 812,6g) et ceux de la corde 2 ayant subi 1 coupe (mars ; 752,6 g). Dans ce cas aussi, les coupes successives, n'ayant pas engendré un gain de poids significatif, sont à éviter.

- Un troisième groupe représenté par les poids des touffes de la corde 1 ayant subi 4 coupes (février-mars-avril-mai ; 1153,6 g), ceux de la corde 2 ayant subi 2 coupes (mars-avril ; 1283,3 g) et ceux de la corde 3 ayant subi une seule coupe (avril ; 1305,7 g). Ici aussi, les coupes n'ont pas eu d'impact sur le poids des touffes.

- Un quatrième groupe, le plus intéressant car il traduit la croissance optimale, représenté par les poids des touffes de la corde 2 ayant subi 3 coupes (mars-avril-mai ; 1675,0g), ceux de la corde 4 ayant subi 1 seule coupe (mai ; 1771,4 g) et ceux de la corde 3 ayant subi 2 coupes (avril-mai ; 1932,3 g). Pour ce groupe aussi, il n'y a pas de différence entre les poids moyens des touffes qui ont été soumis à trois, deux ou une coupe. Par conséquent les coupes sont à éviter puisqu'elles n'améliorent pas les poids des touffes. Une seule coupe est encore plus rentable économiquement parlant.

3. Potentiel de régénération et récolte

Nous considérons qu'au terme de la période de culture de 4 mois s'étalant du mois de février au mois

de mai 2003, la meilleure situation est représentée par les touffes n'ayant subi qu'une seule coupe au mois de mai et engendrant un poids moyen de 1771,4 g. Cela signifie que l'espèce *Gracilaria verrucosa* du lac de Bizerte est dotée, certes, d'une certaine capacité de régénération, sur laquelle est fondée la culture lors du démarrage, mais ce potentiel de régénération n'est pas suffisamment élevé pour justifier la pratique de plus d'une collecte durant la saison de culture.

Nos résultats, se traduisant par la recommandation de pratiquer une seule récolte par an concordent avec ceux de Kuschel & Bushmann (1991) qui remarquent que la fréquence des récoltes n'a pas d'effet sur la production de biomasse de l'algue. Par contre, concernant *Gracilaria edulis*, cultivée sur corde en Inde, Raju & Thomas (1971) signalent qu'un site peut être productif durant toute l'année et que la deuxième et la troisième récolte, espacée de trois mois, donnent des rendements meilleurs en qualité et en quantité que ceux de la première coupe. Khaladran & al. (1996) observent un déclin du rendement et du taux de croissance après des récoltes successives; le rendement baisse après la troisième récolte. Ces auteurs avancent qu'il serait préférable de planter de nouvelles frondes après la seconde coupe.

4. Taux de croissance spécifique

Les taux de croissance spécifique, mentionnés dans le tableau IV, sont les suivants :

. Corde 1 : Le TCS était de - 0,327 au terme de la première coupe (32 jours), de - 0,007 au terme de la deuxième coupe (62 jours), de 1,557 au terme de la troisième coupe (90 jours) et de 1,472 au terme de la

Tableau IV : Suivi du taux de croissance spécifique (TCS) des touffes en fonction du nombre de coupes (NC) pratiquées

Mois		Février	Mars	Avril	Mai	
Corde1	NC	1	2	3	4	
	TCS	- 0,327				
		- 0,007				
		1,557				
					1,472	
Corde2	NC	0	1	2	3	
	TCS	2,137				
		2,065				
		1,785				
Corde3	NC	0	0	1	2	
	TCS	2,084				
		1,906				
Corde4	NC	0	0	0	1	
	TCS	1,832				

NC : Nombre de coupes

TCS : Taux de croissance spécifique

quatrième coupe (119 jours). Le taux négatif enregistré lors de la première coupe pourrait être expliqué par la perte de poids des touffes liée probablement aux conditions climatiques défavorables (agitation de l'eau occasionnée par les vents violents du Nord-Ouest) engendrant l'effritement des touffes et leur détachement.

. Corde 2 : Le TCS était de 2,137 au terme de la première coupe (62 jours), de 2,065 au terme de la deuxième coupe (90 jours) et de 1,785 au terme de la troisième coupe (119 jours).

. Corde 3 : Le TCS était de 2,084 au terme de la première coupe (90 jours) et de 1,906 au terme de la deuxième coupe (119 jours).

. Corde 4 : Le TCS était de 1,832 au terme de la seule coupe pratiquée au bout de 119 jours de culture.

Nous allons limiter la comparaison concernant le TCS pour la corde 4 qui a engendré la meilleure croissance. Ce taux se situe dans la fourchette des valeurs (1 à 2,6 %) signalées par Jones (1959) pour *Gracilaria verrucosa* cultivée en Grande Bretagne dans des bassins; il est inférieur au taux de 2,87 % mentionné par Khaladran et al. (1996) pour l'espèce *Gracilaria edulis* cultivée sur cordes suspendues dans la lagune de Minocoy en Inde et celui (2,64 %) signalé à Hawaï par Largo et al. (1989) pour *Gracilaria parvispora* cultivée en cages flottantes à partir de spores.

Ce taux diffère évidemment selon l'espèce étudiée, le mode de culture et les fluctuations des paramètres environnementaux (température, salinité, lumière, concentration en nutriments) et de l'état écologique (épiphytisme, animaux brouteurs, agents pathogènes) du site (Hanisak & Reyther, 1984; Mclachlan & Bird, 1986; Santelices & Doty, 1989). Dans ce contexte, Bird et Mclachlan (1986) signalent que le taux de croissance journalier des espèces de *Gracilaria* est généralement compris entre 5 et 10 %, alors que Kim (1970) mentionne un taux de 4 %. Dans des circonstances particulières (système de polyculture), ce taux peut atteindre des valeurs élevées :

- En USA, Nelson et al. (2001) mentionnent un taux relativement élevé compris entre 8,8 et 10,4 % pour *Gracilaria* bénéficiant d'un enrichissement en sels nutritifs provenant des effluents de culture des crevettes.

- Au Chili, Troell et al. (1997) signalent un taux de 7 % pour l'espèce *Gracilaria chilensis* cultivée en association avec les saumons.

En perspectives, nous nous proposons de réaliser une culture expérimentale dans des conditions optimisées en appliquant les résultats obtenus au terme de ce travail et ceux obtenus suite aux travaux précédents (nombre de coupes, distances entre les touffes, distance entre les rangées, poids initial des touffes) pour approcher le rendement optimal de culture et

cerner les réelles potentialités de culture de l'espèce en question.

BIBLIOGRAPHIE

- Bird C. J. and Mclachlan J., 1986. *Gracilaria* (Gigartinales, Rhodophyta) and productivity. *Aquatic Botany*, 26: 27-49.
- Glenn E. P., Moore D., Brown J. J., Tanner R., Fitzsimmons K., Akutigawa M., and Napoleon S., 1998. A sustainable culture system for *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) using sporelings, reef growout and floating cages in Hawaii. *Aquaculture*, 165: 221-232.
- Hanisak M. D. and Ryther J. H., 1984. Cultivation biology of *Gracilaria tikvahiae* in the United States. *Hydrobiologia*, 116/117: 295-298.
- Jones E.W., 1959. The growth and fruiting of *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 38: 47-56.
- Kaladharan P., Vijayakumaran K. and Chennubhotla V.S.K., 1996. Optimisation of certain physical parameters for the mariculture for *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*, 8: 140-162.
- Ksouri J., Ben Said R. & Pellegrini M., 1999. Résultats des cultures expérimentales de la rhodophycée *Gracilaria verrucosa* (HUDSON) Papenfuss dans le lac de Bizerte, Tunisie septentrionale. *Bull. Inst. Nat. Scien.Tech. Mer Salammbô*, 26: 113-125.
- Ksouri J., Mensi F. & 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. Inst. Nat. Scien.Tech. Mer Salammbô*, 27: 69-74.
- Kuschel F. A. and Buschmann A. H., 1991. Abundance, effect and management of epiphytism in intertidal cultures of *Gracilaria* (Rhodophyta) in southern Chile. *Aquaculture*, 92: 7-19.
- Largo D. B., Bacolod T., Primitivo V., Cusi M.A., Orosco C. and Ohno M., 1989. Growth Rate of *Gracilaria verrucosa* and *Gracilaria salicornia* (Gracilariales, Rhodophyta) in an Intertidal and semi-enclosed Pond System in the Visayas, Philippines. *Bull. Mar. Sci. Fish., Kochi Univ.*, 11: 95-100.
- Mclachlan J. and Bird C.J., 1986. *Gracilaria* (Gigartinales, Rhodophyta) and productivity. *Aquatic Botany*, 26: 27-49.

- Mc Hugh D. J., 2003. *A Guide to the seaweed industry*. FAO. Fisheries. Technical. Paper 105 p.
- Nelson S. G., Glenn E.P., Conn J., Moore D., Walsh T. and 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.
- Raju P.V., and Thomas P.C., 1971. Experimental field cultivation of *Gracilaria edulis* (GMEL.) SILVA. *Botanica Marina*, 14: 71-75.
- Santelices B. and Doty M. S., 1989. A review of *Gracilaria* farming. *Aquaculture*, 78: 95 - 133.
- Troell M., Halling C., Nilsson A., Buschmann A. H., Kautsky N. and Kautsky L., 1997. Integretaded marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. *Aquaculture*, 156: 45-61.