

## EVALUATION DES POTENTIALITES QUANTITATIVES NATURELLES DES GRACILAIRES (ALGUES ROUGES) DU LAC NORD DE TUNIS

par

Jamel KSOURI, Rafik BEN SAID et Othman BEJI

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer  
Annexe Khéréddine - Laboratoire d'Aquaculture Lagunaire  
29 rue Général Khéréddine Pacha - 2015 Le Kram

### ملخص

حصل تقدير كميات الطحلب الاحمر "غراسيلاريا" في بحيرة تونس الشمالية خلال جوان-جويلية 1996 انطلاقا من محطات تسمح كل اصناف التغطية لهذا النوع. وقد تبين ان الكتلة الحيوية الرطبة المقدرة ب 191 غام2 (28 غام2 وزن جاف) تفضي اجمالا الى كمية تقدر ب 508 طن (74 طن من الوزن الجاف). ويمثل الوزن الجاف 14,5 % من الوزن الرطب. وقد يستوجب تثمين هذا النوع المرور بالاستزراع قصد الزيادة في الكمية المتوفرة بصفة طبيعية.

### Résumé

L'estimation de la biomasse de la macroalgue *Gracilaria* dans le lac nord de Tunis a été réalisée au cours de Juin-Juillet 1996 à partir de 38 stations d'échantillonnage couvrant tous les types de recouvrement de l'espèce. Il en ressort que la biomasse en poids humide est de 191 g/m<sup>2</sup> (28 g/m<sup>2</sup> en poids sec) et engendre un potentiel total estimé à 508 tonnes, soit 74 tonnes en poids sec (la matière sèche représentant en moyenne 14,5 % de la matière humide). Eu égard à la quantité de *Gracilaria* disponible à l'état naturel, la valorisation de cette espèce au niveau de ce site pourrait demander le recours à la phycoculture.

**Mots-clés:** *Gracilaria*, macroalgue, biomasse, recouvrement, phycoculture.

### Abstract

The red macro seaweed *Gracilaria* biomass in the Tunis north lake was estimated between June and July 1996 with reference to different stations. This biomass represent 191 g/m<sup>2</sup> (wet weight) and 28 g/m<sup>2</sup> (dry weight). So the total quantity is estimated to 508 t in wet and 74 in dry (the average of dry materiel represent in general 14.5 % of the humid materiel). Because of it's low natural total production, the development of *Gracilaria* seaweed in this site need culture processing.

**Key-words:** *Gracilaria*, macro seaweed, biomass, recovering, culture.

## I - INTRODUCTION

D'une façon générale, les algues sont utilisées, d'après BOULOT (1985), à travers le monde (Asie de l'est, Japon, Polynésie, Amérique du nord et du sud, Afrique du sud), dans la consommation humaine (*Enteromorpha*, *Ulva*, *Codium*, *Laminaria*, *Undaria*, *Nereocystis*, *Fucus*, *Sargassum*, *Porphyra*, *Gigartina*, *Chondrus*, *Iridaea*, *Gracilaria*, *Eucheuma*, *Hypnea*), comme source d'agar (*Gigartina*, *Gracilaria*, *Eucheuma*, *Hpnea*), comme source d'alginate (*Laminaria*, *Nerocystis*, *Macrocystis*, *Pelagophycus*), comme fourrage (*Ulva*, *Laminaria*, *Fucus*, *Ascophyllum*), comme engrais (*Ulva*, *Nereocystis*, *Macrocystis*, *Fucus*, *Ascophyllum*, *Sargassum*), comme source de chlorure de K et d'iode (*Nereocystis*, *Macrocystis*, *Sargassum*) et dans des usages médicaux (*Codium*, *Laminaria*, *Fucus*).

En fait, moins de cinquante espèces de macroalgues sont actuellement employées alors que l'algoculture, apparue dans la première moitié du siècle pour une valorisation économique des algues, ne concerne qu'une quinzaine d'espèces (PEREZ et al., 1992). Les espèces cultivées ont comme finalité la production de phycocolloïdes (alginates, carraghénanes et agars) et l'alimentation.

Parmi les algues, les Rhodophycées occupent une place de choix et l'usage le plus généralisé de ces algues rouges, employées certes dans certains pays comme engrais ou dans l'alimentation humaine, est la production industrielle de substances polysaccharidiques l'agar-agar ou gélose et la carraghénine (GAYRAL, 1975).

Parmi les Rhodophycées, un intérêt particulier est accordé à *Gracilaria* qui est utilisée principalement comme un agarophyte (algues contenant l'agar) même si des usages comme engrais et comme nourriture (KIM, 1970) ou pour la production de méthane par fermentation (BOULOT, 1985) sont signalés. L'agar, doté d'un certain nombre de propriétés qui en font un colloïde exceptionnel, est très utilisé dans des domaines très variés essentiellement en industrie alimentaire, mais également en agriculture, en pharmacie, dans les domaines des moulages, en bactériologie, en biochimie et en biotechnologie (GAYRAL et COSSON, 1986; PEREZ et al., 1992).

En Tunisie, les travaux de recherche floristique sont relativement peu abondants et concernent la systématique, la biologie et l'écologie de certaines espèces. Ils n'ont pas touché à l'utilisation des plantes marines, à l'exception des travaux de POITIER (1929) portant sur l'usage de quelques algues dans la nourriture du bétail et ceux de SAIDANE et al. (1979) sur l'emploi d'un compost à base de *Posidonia* comme amendement organique et substrat horticole. Des rapports de consultation (BEN MAIZ, 1993; PEREZ, 1993) sur les perspectives de l'algoculture ont été réalisés lors de l'élaboration du Plan Directeur de l'Aquaculture.

Le présent travail qui entre dans le cadre d'un programme de recherche visant l'étude des possibilités d'exploitation des algues rouges du genre *Gracilaria*, porte sur l'estimation des quantités de *Gracilaria* disponibles naturellement dans le lac nord de Tunis. La connaissance des potentialités réelles de cette macroalgue (taux de croissance, biomasse, teneur et qualité de l'agar) dans les conditions hydroclimatiques de la Tunisie est un préalable indispensable à la réalisation de cultures de grande envergure.

## II - MATERIEL ET METHODES

Cette étude, réalisée en Juin-Juillet 1996, intéresse les deux espèces *Gracilaria verrucosa* et *Gracilaria bursa-pastoris* vivant souvent en association.

### Estimation de la biomasse par unité de surface

Etant donné que la macroalgue *Gracilaria* n'est présente que dans des zones limitées du lac nord de Tunis, il a été procédé pour l'estimation de la biomasse au prélèvement d'échantillons dans 38 stations couvrant tout le lac (figure 1). Le nombre de stations (Ns), correspondant aux différents types de recouvrements (Rc) de l'espèce, se répartit comme suit:

Rc < 5 %	: Ns = 12
Rc de 5 à 10 %	: Ns = 5
Rc de 10 à 20 %	: Ns = 6
Rc de 20 à 40 %	: Ns = 5
Rc de 40 à 60 %	: Ns = 6
Rc de 60 à 80 %	: Ns = 4

L'étude de la biomasse a été réalisée au cours de la campagne cartographique effectuée à la même période (KSOURI et al., 1996). La méthode de mesure de la biomasse préconisée pour les peuplements phytobenthiques dominants du lac de Tunis à savoir *Chaetomorpha* (TRABELSI, 1995) et *Ruppia* (SHILI, 1995) et basée sur des stations fixes uniformément réparties sur le site et choisies au préalable n'est pas applicable pour *Gracilaria* en raison de la relative rareté de cette espèce.

Au niveau de chaque station, il a été procédé au prélèvement en plongée de toutes les espèces macrophytes se trouvant à l'intérieur d'un cadrat en aluminium utilisé à cette fin, de 0,25 m<sup>2</sup> de surface et de 25 cm de hauteur.

Au laboratoire, les macrophytes collectées dans des sacs en plastique sont rincées à l'eau douce et les échantillons de *Gracilaria* sont triés, essorés, égouttés sur du papier filtre puis pesés (poids frais; balance de précision au 0,1 mg). Le poids frais ainsi déterminé correspond aux poids des plantes conservant la totalité de leurs eaux internes et dépourvues de leurs eaux externes résiduelles (MASLIN et PATTEE, 1992). Le poids sec constant est obtenu après séchage de l'échantillon à l'étuve à 80 °C pendant 24 heures. Pour la commodité de l'interprétation, les poids (frais et sec) ont été convertis en g/m<sup>2</sup>.

BOUDOURESQUE et BELSHER (1979), notent que la plupart des phytosociologues marins travaillent en Méditerranée sur des surfaces inférieures à 900 cm<sup>2</sup> (généralement de 625 ou 400 cm<sup>2</sup>). Pour les prélèvements phytosociologiques, BEN MAIZ (1986) a utilisé une surface de 1 m<sup>2</sup> (ou de 1600, 2400 et 2500 cm<sup>2</sup>) pour les fonds meubles et une surface de 400 cm<sup>2</sup> pour les substrats durs.

### Estimation de la biomasse totale

L'estimation de la biomasse de *Gracilaria* dans le lac nord de Tunis découle de la multiplication du poids moyen / m<sup>2</sup>, correspondant à chaque type de recouvrement, par la surface d'extension relative au même recouvrement; les surfaces d'extension de différents recouvrements étant déterminées par la méthode de pesée (NEIR et al., 1992; TRABELSI, 1995; SHILI, 1995).

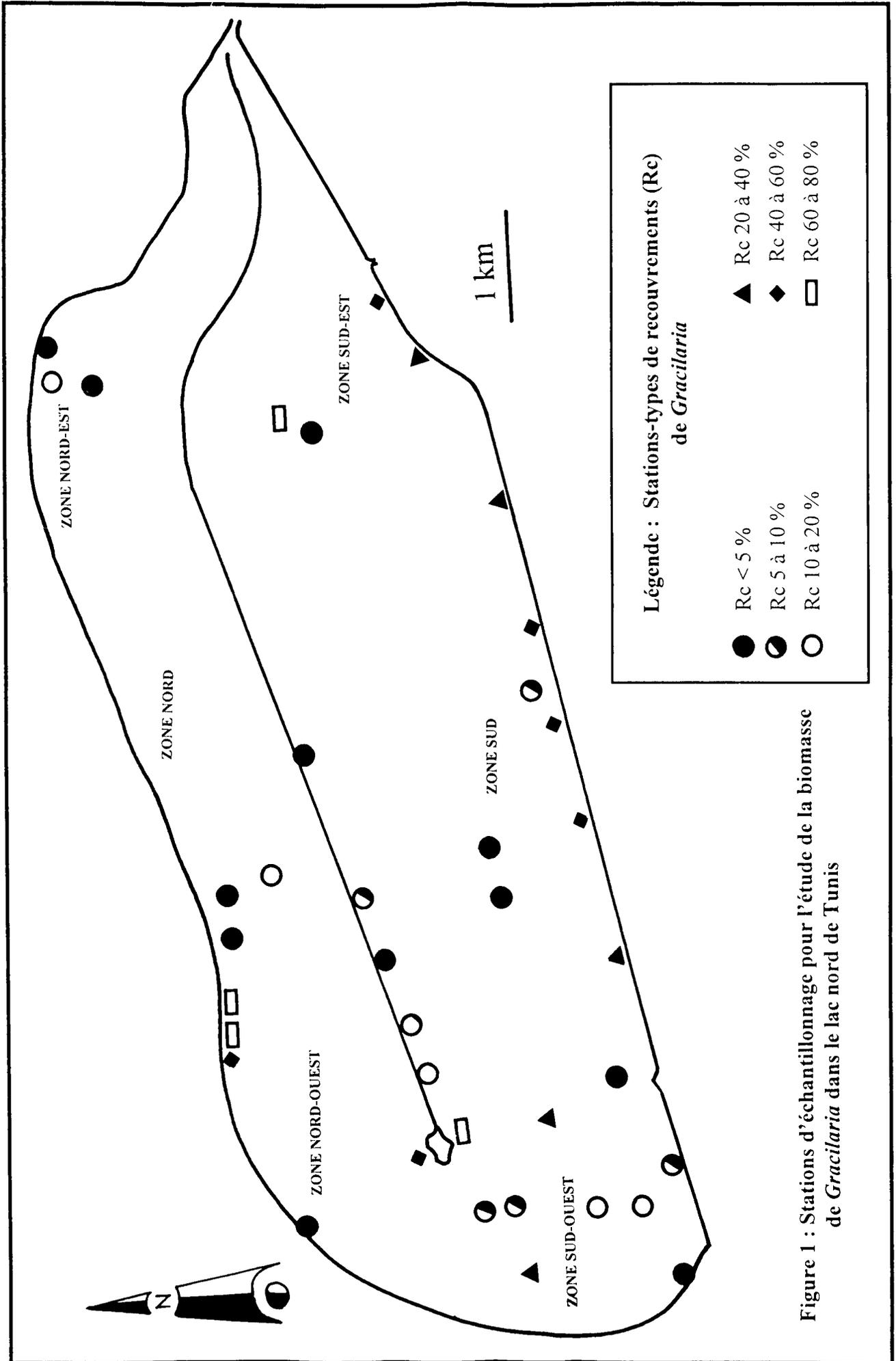


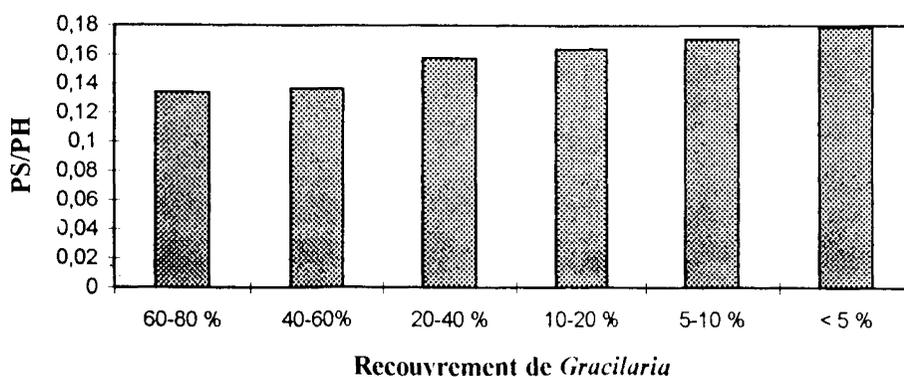
Figure 1 : Stations d'échantillonnage pour l'étude de la biomasse de *Gracilaria* dans le lac nord de Tunis

### III - RESULTATS DES MESURES DE LA BIOMASSE

Les résultats des mesures de la biomasse de *Gracilaria*, représentés dans le tableau 1 et la figure 2, montrent que les biomasses varient d'une façon proportionnelle par rapport aux différents types de recouvrement et que:

- ◆ Globalement, la biomasse en poids humide de 191 g/m<sup>2</sup> (28 g/m<sup>2</sup> en poids sec) engendre, durant la période d'étude correspondant vraisemblablement au développement maximal de l'algue, une biomasse totale estimée à 508 tonnes de poids humide soit 74 tonnes de poids sec; le poids sec représentant en moyenne 14,5 % du poids humide.
- ◆ Les peuplements très denses (Rc de 60 à 80 %) dont la biomasse moyenne humide est de 1282 g/m<sup>2</sup> contribuent à hauteur de 92 tonnes représentant 18,2 % de la biomasse humide totale du lac.
- ◆ Les peuplements denses (Rc de 40 à 60 %) ont une biomasse moyenne en poids humide de 727 g/m<sup>2</sup>, soit une biomasse de 256 tonnes représentant 50,5 % de la biomasse humide totale du lac.
- ◆ Les peuplement moyens (Rc de 20 à 40 %) et clairsemés (Rc de 10 à 20 %), de biomasses humides moyennes respectives de 234 et 119 g/m<sup>2</sup>, participent respectivement avec 80 et 60 tonnes, soit 16 et 12 % de la biomasse humide totale du lac.
- ◆ Quant aux peuplements très clairsemés (Rc de 5 à 10 %) ou ceux rares ou se présentant en touffes isolées (Rc < 5 %), de biomasse moyenne en poids humide de 550 et 70 g/m<sup>2</sup>, ils concourent à raison de 12 et 7 tonnes, soit seulement 2,3 et 1,4 % de la biomasse humide totale du lac.
- ◆ Le rapport poids sec/poids humide (PS/PH) a une valeur moyenne dans tout le lac de 0,145. Son importance n'est pas la même pour tous les types de recouvrements (figure 3 ); ce rapport est plus faible que la moyenne générale chez les peuplements très denses (0,134) et denses (0,137), mais devient plus élevé chez les peuplements moyennement denses (0,158), clairsemés (0,164), très clairsemés (0,171) et rares ou en touffes isolées (0,179).

**Figure 3 : Valeurs moyennes du rapport poids sec/poids humide (PS/PH) de *Gracilaria* dans le lac nord de Tunis (Juin - Juillet 1996)**

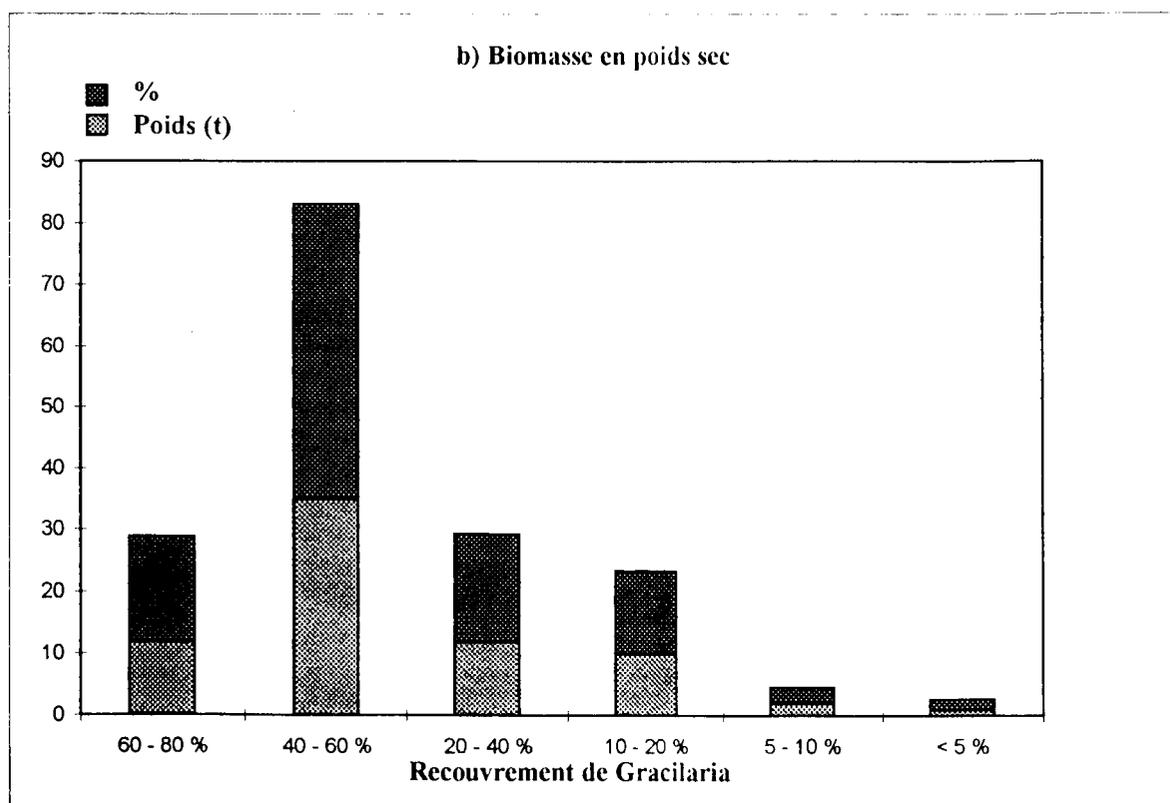
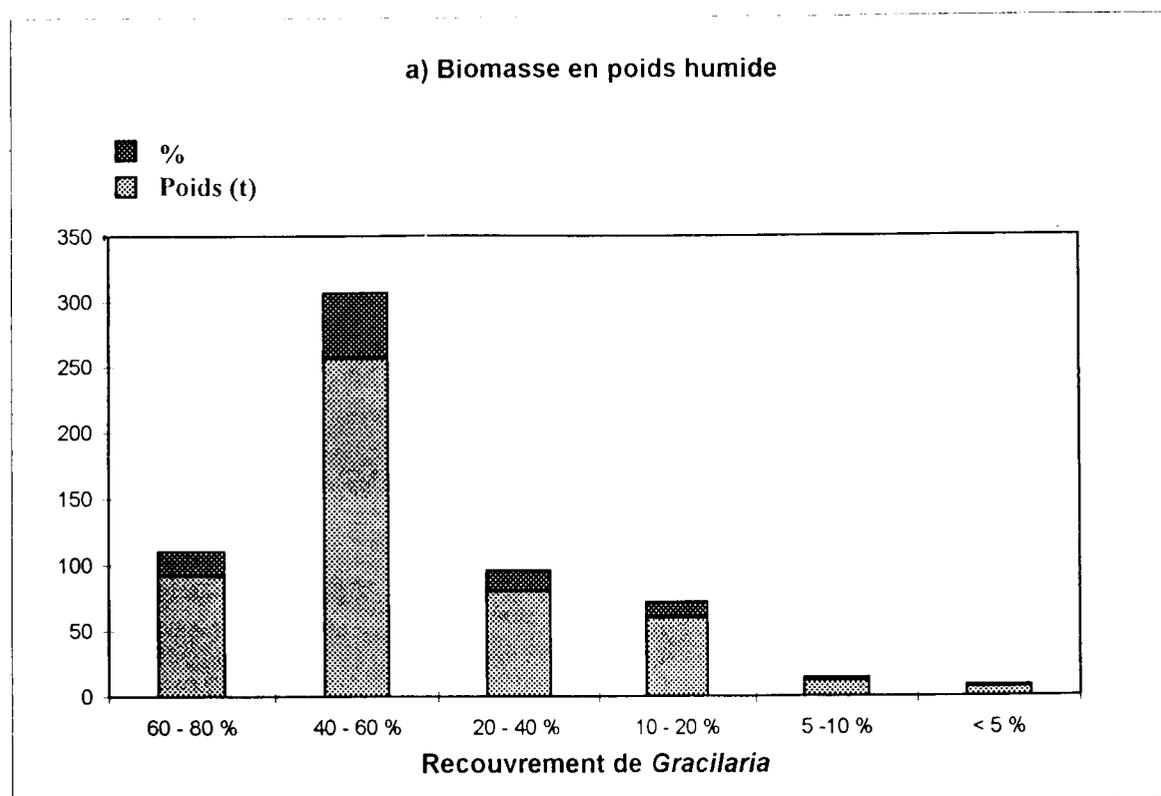


**Tableau 1: Répartition de la biomasse des peuplements de *Gracilaria* dans le lac nord de Tunis (Juin - Juillet 1996)**

Rc	Rc moyen	Surface (ha)	Biomasse en poids humide				Biomasse en poids sec				PS/PH
			Moyenne (g/m <sup>2</sup> )	E.Type (g/m <sup>2</sup> )	Total (tonne)	%	Moyenne (g/m <sup>2</sup> )	E.Type (g/m <sup>2</sup> )	Total (tonne)	%	
60 à 80 %	75 %	7,21	1282	193	92	18,2	173	28,08	12	16,9	0,134
40 à 60 %	50 %	35,33	727	257	256	50,5	100	55,99	35	48	0,137
20 à 40 %	29 %	34,33	234	64	80	15,8	37	11,63	12	17,3	0,158
10 à 20 %	16 %	50,86	119	10	60	11,8	19	1,13	10	13,4	0,164
5 à 10 %	8 %	21,52	55	12	12	2,3	9	2,45	2	2,7	0,171
< 5 %	4 %	116,14	7	3	7	1,4	1	0,62	1	1,7	0,179
Tout le lac	24 %	265,39	191	121	508	100	28	17,30	74	100	0,145

Rc: Recouvrement de *Gracilaria*

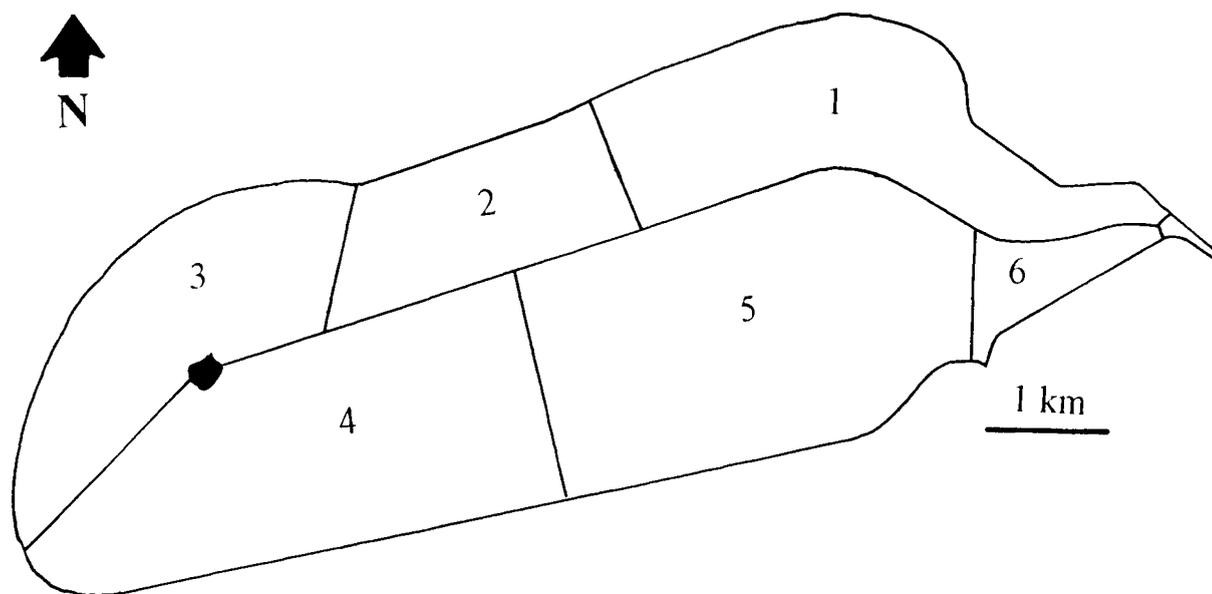
PS/PH: Rapport poids sec/poids humide



**Figure 2 : Biomasse en poids humide (a) et en poids sec (b) des différents types de recouvrement de *Gracilaria* dans le lac nord de Tunis (Juin - Juillet 1996)**

#### IV - INTERPRETATION DES RESULTATS

Les valeurs de la biomasse moyenne dans les différents compartiments caractéristiques du lac nord de Tunis (figure 4 ) selon le modèle hydrodynamique (OSMENT et al., 1991) sont représentées dans le tableau 2 .



**Figure 4 : Zonation du lac nord de Tunis selon son modèle hydrodynamique ( d'après OSMENT et al., 1991)**

Les valeurs les plus faibles sont enregistrées dans les zones nord et nord-est (zone 1 et 2) et sud-est à la sortie du lac (zone 6) où les courants d'eau sont les plus forts; les valeurs les plus élevées sont constatées au niveau des autres secteurs où la circulation d'eau, conditionnée par des vents souvent multidirectionnels, est modérée (zones 3, 4 et 5).

Il est à signaler que les polychètes sédentaires *Mercierella enigmatica* signalées depuis longtemps (MOLINIER et PICARD, 1954) persistent dans la partie sud-ouest (zone 4) et constituent des récifs s'élevant irrégulièrement jusqu'à émerger par endroits lorsque les eaux sont basses. Dans ces endroits caractérisés par une eau souvent stagnante, *Gracilaria* est inexistante.

Les valeurs moyennes du rapport PS/PH varient pour toutes les zones entre 0,148 et 0,166.

**Tableau 2 : Biomasse de *Gracilaria* dans les différentes zones du lac nord de Tunis (Juin - Juillet 1996)**

Zones	Valeurs	Cs (%)	Re (%)	Pr (m)	PH/m2 (g)	PS/m2 (g)	PS/PH	espèces accompagnatrices
1	Max	100	18	3,7	105	18,2	0,200	++ <i>Ruppia cirrhosa</i> ++ <i>Zostera noltii</i>
	Min	40	3	0,5	5	0,9	0,114	++ <i>Cymodocea nodosa</i> ++ <i>Chaetomorpha linum</i>
	Moy	85	9	2,2	64	11	0,166	+ <i>Gracilaria</i> + <i>Caulerppa prolifera</i>
2	Max	90	20	3,5	115	19,3	0,183	++ <i>Ruppia cirrhosa</i>
	Min	30	2	0,5	8	1,4	0,114	++ <i>Chaetomorpha linum</i>
	Moy	72	5	2	60	9,5	0,163	+ <i>Zostera noltii</i> + <i>Gracilaria</i>
3	Max	100	80	4	1456	195,8	0,180	++ <i>Ruppia cirrhosa</i>
	Min	60	5	1	40	7,3	0,106	++ <i>Gracilaria</i>
	Moy	88	40	2,5	270	43,2	0,148	++ <i>Chaetomorpha linum</i> + <i>Cyanophyceae</i>
4	Max	90	80	1,3	1322	156,1	0,183	++ <i>Gracilaria</i>
	Min	40	2	0,2	7	0,8	0,106	++ <i>Chaetomorpha linum</i>
	Moy	67	32	0,7	182	28,6	0,150	+ <i>Ruppia cirrhosa</i>
5	Max	100	80	1,5	1343	197,3	0,183	++ <i>Gracilaria</i>
	Min	20	2	0,4	11	1,7	0,106	++ <i>Chaetomorpha linum</i>
	Moy	75	35	1,1	240	38,4	0,151	+ <i>Ruppia cirrhosa</i>
6	Max	60	5	3	9	1,5	0,200	++ <i>Chaetomorpha linum</i>
	Min	5	1	1	3	0,5	0,114	+ <i>Gracilaria</i>
	Moy	20	2	1,8	4	0,6	0,163	

**Légende:**

- Cs: Couverture du substrat  
 Re: Recouvrement de *Gracilaria*  
 Pr: Profondeur d'eau  
 PH: Poids humide  
 PS: Poids sec  
 Max: Maximum  
 Min: Minimum  
 Moy: Moyenne  
 ++: espèce fréquente  
 +: espèce présente

Par comparaison des valeurs moyennes des densités de recouvrement de *Gracilaria* et de celles des couvertures du substrat à travers les différentes zones et en se référant aux espèces constituant la phytocénose du lac, il apparaît que:

- *Gracilaria* vit généralement associée à divers peuplements phytobenthiques et se présente sous forme de touffes hémisphériques libres ou lâchement fixées;
- les espèces les plus dominantes sont la phanérogame *Ruppia* dans la partie nord et l'algue verte *Chaetomorpha* dans la partie sud;
- à côté de ces deux espèces les plus fréquentes, on enregistre notamment la présence de *Zostera noltii*, de *Cymodocea nodosa* et de *Caulerpa prolifera* dans la partie nord-est.

Les peuplements de *Gracilaria*, occupant une surface de 265 ha (soit 10 % seulement de la surface du lac) avec un recouvrement moyen de 24 %, ont une biomasse totale en poids frais estimée pour la période de Juin-Juillet 1996 à 508 tonnes.

Cette espèce est très peu présente dans le lac nord de Tunis, comparée aux deux espèces largement dominantes de ce site, *Chaetomorpha linum* et *Ruppia cirrhosa* étudiées respectivement par TRABELSI (1995) et SHILI (1995) au cours des mois de Juillet-Août 1992. En effet, l'algue *Chaetomorpha* occupe une surface totale de 2490,5 ha (soit 96 % de la surface du lac) et présente une biomasse totale en poids frais évaluée à 30 283 tonnes; l'herbier de la phanérogame *Ruppia* s'étend sur 1887 ha (soit 72,5 % de la surface du lac) et offre une biomasse totale en poids humide de 2015 tonnes.

Il semble que les *Gracilaria* ne sont pas adaptées aux milieux anaérobiques: à l'époque où le lac était très eutrophe, ces algues n'étaient qu'assez faiblement représentées dans la zone la moins polluée (BELKHIR, 1977). D'après ce même auteur, la biomasse en poids frais de *Gracilaria* n'était que 5 g/m<sup>2</sup> (mois de Février), alors que celle de l'espèce *Ulva lactuca* caractéristique des zones très polluées pouvait atteindre 4 000 g/m<sup>2</sup>.

Il est à mentionner que les travaux d'assainissement du lac nord de Tunis, lac caractérisé antérieurement par des crises dystrophiques estivales (HELDT, 1952; KTARI, 1975; BELKHIR et HADJ ALI SALEM, 1981 et 1983), ont consisté principalement en la déviation des rejets urbains vers la station d'épuration de Choutrana, le dragage dans la partie nord de la couche de sédiments riches en sels nutritifs et l'instauration d'un nouveau système de circulation des eaux.

Ces travaux ont eu un impact positif sur l'état trophique de l'écosystème; ils ont entraîné la réduction des sels nutritifs et de la chlorophylle a (TURKI et HADJ ALI SALEM, 1990) et un changement profond de la physionomie floristique de la lagune conditionné par un nouvel équilibre des biotopes (SHILI, 1995; TRABELSI, 1995).

Actuellement, les ulves sont des espèces plutôt rares alors que les *Gracilaria* sont bien plus présentes avec une biomasse moyenne en poids humide de 191 g/m<sup>2</sup>.

Les biomasses moyennes que nous avons enregistré durant la période de Juin-Juillet 1996 au niveau des peuplements de 60 à 80 % de recouvrement sont de 1282 g/m<sup>2</sup>; au niveau d'autres sites, la biomasse moyenne de cette espèce peut atteindre 4 à 6 kg/m<sup>2</sup> de poids frais en période de croissance (BEN MAIZ, 1993). CHIPART et OHNO (1993) signalent que les plants de *Gracilaria sp.*, vivant dans des baies le long des côtes du sud du Japon, ont la biomasse la plus élevée (6952 g/m<sup>2</sup>) en été à une température de 26 à 31 °C. La biomasse de *Gracilaria verrucosa* peut varier de 1 à 5 kg/m<sup>2</sup> (PEREZ, 1992) et même atteindre 12,8 kg/m<sup>2</sup>

(KIM, 1970) lorsque les plants ont des longueurs exceptionnelles de 3 m. BELKHIR (1984) signale que la biomasse de *Gracilaria sp.* évaluée en 1976 est minimale en Juillet, soit 11 g/m<sup>2</sup> (325 tonnes) et la plus forte en Septembre - Novembre avec respectivement 45 g/m<sup>2</sup> (1329 tonnes) et 85 g/m<sup>2</sup> (2511 tonnes). Les valeurs avancées par ce dernier auteur et sa constatation concernant une croissance continue de *Gracilaria* sauf d'Avril à Juillet sont en contradiction avec nos observations; en effet, nous avons constaté, durant les campagnes de prospection mensuelles durant les années 1996 et 1997, la très faible présence de cette espèce (du moins sous la forme macrophytique) durant la période automnale et hivernale.

Les changements hydrologiques récents opérés sur le milieu considéré auparavant comme peu profond et hypereutrophe (BELKHIR et HADJ ALI SALEM, 1982) ou une éventuelle confusion avec d'autres algues rouges notamment *Gicartina acicularis* ou *Hypnea musciformis* seraient à l'origine de ces contradictions.

En conclusion et vue la quantité des *Gracilaria* disponibles naturellement dans le lac nord de Tunis, la valorisation de ces agarophytes devrait passer par la phycoculture. D'autant que l'augmentation, par régénération à partir de boutures (technique culturale), des rendements actuels du lac en ces espèces (utilisables pour l'épuration des eaux) pourrait s'intégrer dans le système d'amélioration de la qualité des eaux, considérée comme prioritaire.