

CARTOGRAPHIE DES PEUPELEMENTS DE LA MACROALGUE *GRACILARIA* (GIGARTINALES, GRACILARIALES) DANS LE 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

يخص هذا العمل انتشار طحلب غراسيلاريا في بحيرة تونس الشمالية وتحديد مساحات كل اصناف التغطية لهذا النوع. تمسح غراسيلاريا 265 هكتارا وهو ما يمثل 10 % فقط من المساحة الاجمالية للبحيرة وتتواجد على نحو حزام في المناطق المتاخمة للبحيرة (59.5 %) وايضا داخل البحيرة (24 %) او ملتصقة بالحاجز الوسطي (17 %).

Résumé

Ce travail concerne la répartition spatiale de la macroalgue *Gracilaria* dans le lac nord de Tunis et la détermination des surfaces d'extension correspondant aux différents types de recouvrement de cette espèce, durant les mois de juin-juillet 1996.

Les peuplements de *Gracilaria* couvrent 265 ha soit 10 % seulement de la surface totale du lac et se présentent sous forme de ceintures dans les profondeurs limitrophes (59,5 %) ainsi qu'à l'intérieur du lac (24 %) et au voisinage de la digue centrale (17 %).

Mots-clés: *Gracilaria*, macroalgue, cartographie, recouvrement, superficie.

Abstract

This Work concerns the red macro seaweed *Gracilaria* repartition in the Tunis north lake and the surface corresponding to each type recovering during June and July 1996.

The *Gracilaria* covers 265 ha of the lake which correspond to 10 % of it's total surface.

59,5 % is surrounding the water plan in shalow water, 24 % inside and 17 % near the central digue.

Key-words: *Gracilaria*, macro seaweed, repartition, recovering, surface.

I - INTRODUCTION

En Tunisie, la flore marine a été abordé dans le cadre de travaux pluridisciplinaires ou d'une manière occasionnelle dans des études de biocénoses (AZZOUZ, 1966; KTARI-CHAKROUN et AZZOUZ, 1971; ROMDANE et KTARI-CHAKROUN, 1986), de bionomie (MOLINIER et PICARD, 1954; ZAOUALI, 1971), d'océanographie (BEN OTHMMAN, 1971 et 1973) ou d'écologie (BEN MUSTAPHA et HATTOUR, 1992). Mais, elle a fait aussi l'objet d'études ayant trait à la distribution, à la biologie, à l'écologie et à la systématique de certains herbiers de phanérogames et de peuplements algaux (FELDMAN, 1931; BEN ALEYA, 1969 et 1970; OUAHCHI, 1977; BEN MAIZ, 1984 et 1993 a; BELKHIR, 1984; HAMZA, 1987 et 1989; SHILI, 1995; TRABELSI, 1995).

Les travaux intéressant, l'aquaculture des macroalgues de Tunisie sont inexistantes exceptés les rapports de consultation élaborés à l'occasion du plan directeur de l'aquaculture (BEN MAIZ, 1993; PEREZ, 1993).

Dans ce travail, nous nous proposons d'étudier la cartographie de *Gracilaria* dans le lac nord de Tunis afin de se fixer sur les surfaces couvertes par cette algue et la mise en place de ses peuplements, en fonction des phytocénoses existantes et des conditions environnementales du milieu. En fait, cette étude fait partie intégrante d'un projet global d'exploration des possibilités de valorisation par l'algoculture des Gracilaires de Tunisie. Ce projet tourne autour de quatre axes de recherche portant sur la détermination de la qualité de l'agar à partir d'échantillons de *Gracilaria* issus de différents sites lagunaires et marins, l'évaluation des potentialités quantitatives naturelles de certains sites et la réalisation de cultures à l'échelle expérimentale et pilote.

Il est à signaler que la cartographie des peuplements phytobenthiques donne une appréciation des surfaces d'extension d'une espèce ou de groupes d'espèces, plus ou moins indicative selon l'échelle de travail choisie, les conditions géomorphologiques du site, le système de délimitation utilisé, la faculté d'identification des espèces et les conditions météorologiques pendant la période de travail.

La cartographie des peuplements benthiques, pouvant se faire avec une méthodologie simple basée sur le recours à des repères fixes (BELKHIR, 1984; TRABELSI, 1995; SHILI, 1995; ROMDANE et KTARI-CHAKROUN, 1986), est actuellement appréhendée par plusieurs méthodes plus performantes: photographie aérienne complétée de vérités de terrain (photo-interprétation: ROUQUET, 1976), plongée en scaphandre autonome, en sous-marin d'exploration, par dragage et par télédétection satellitaire ou par sonar latéral (CUVELIER, 1976) ainsi que par l'usage de GPS (REAIE et al., 1988; BELSHER, 1989; NEIR et al., 1992). Un panachage de ces différentes méthodes est aussi possible (plongée autonome, lunette de Calfat, GPS, scooter sous-marin équipé de boussoles: BEN MUSTAPHA et HATTOUR, 1992).

II - MATERIEL ET METHODES

L'étude porte sur les deux variétés de *Gracilaria* du lac nord de Tunis que nous allons considérer a priori comme étant *Gracilaria verrucosa* et *Gracilaria bursa-pastoris*. En fait, la taxonomie de l'espèce est confuse étant donné que la famille des Gracilaricées comporte environ 130 à 160 espèces dont une centaine appartient au genre *Gracilaria* (KIM, 1970). Les systématiciens se sont basés sur certains nombre de critères de différenciation (morphologie, anatomie, forme de l'appareil reproducteur mâle ou femelle, taille des spores, composition chimique) qui sont restés tous sujets à caution (PEREZ et al., 1992).

La prospection des peuplements de *Gracilaria*, effectuée à bord d'une embarcation en polyester armé, a été réalisée à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) et faite, comme SHILI (1995) et TRABELSI (1995), le long de 36 transects (fig.1); lesquels sont parallèles, distants de 500 m, positionnés grâce à des poteaux fixes de 3 m de hauteur installés par la SPLT (Société de Promotion du Lac de Tunis) sur la digue centrale, de direction nord-sud et repérés à l'aide d'une boussole pointée dans le sens de navigation de l'embarcation. D'autres transects disposés suivant la ligne des berges ont été prospectés, permettant de la sorte le balayage de toute la surface du lac.

Les observations ont été réalisées soit à partir de la surface, à l'oeil nu ou à l'aide d'une lunette de Calfat lorsque le fond est nettement visible soit en plongée. Les limites approximatives de chaque peuplement homogène ont été repérées soit par GPS soit estimées avec une corde dans le cas des faibles étendues de *Gracilaria*.

Le long de chaque transect, les paramètres suivants ont été évalués in situ:

- . la profondeur de l'eau;
- . la nature du substrat;
- . la couverture du substrat;
- . le recouvrement de *Gracilaria*.

Pour l'estimation de la couverture du substrat et du recouvrement de *Gracilaria*, nous avons utilisé un cadre en bois de 1m² (1m x 1m) divisé en 25 quadrats de 20 cm de côté chacun.

D'après BOUDOURESQUE (1971), la couverture du substrat est le pourcentage approximatif de la surface du fond couverte, en projection verticale, par la végétation toutes espèces confondues; le recouvrement d'une espèce donnée étant la surface approximative du substrat occupée, en projection verticale, par cette espèce.

Pour la représentation cartographique de *Gracilaria*, nous avons utilisé les intervalles de recouvrement suivants:

- < à 5 % : peuplement rare ou touffes isolées;
- 5 à 10 % : peuplement très clairsemé;
- 10 à 20 % : peuplement clairsemé;
- 20 à 40 % : peuplement moyen;
- 40 à 60 % : peuplement dense;
- 60 à 80 % : peuplement très dense.

La campagne cartographique a été faite au cours de sorties sur le terrain étalées sur les mois de juin et juillet 1996. Les résultats obtenus ont été reportés sur des cartes A1, échelle 1/10 000, quadrillées à 500 m (fournie par le service topographique de la SPLT; nouvelle, contenant les modifications opérées sur le lac: la digue centrale et les contours des berges) et complétées par les coordonnées géographiques d'une carte marine de même échelle (ancienne, ne comportant pas les aménagements récents du lac). Ces cartes ont été réduites, par la suite, en format A4.

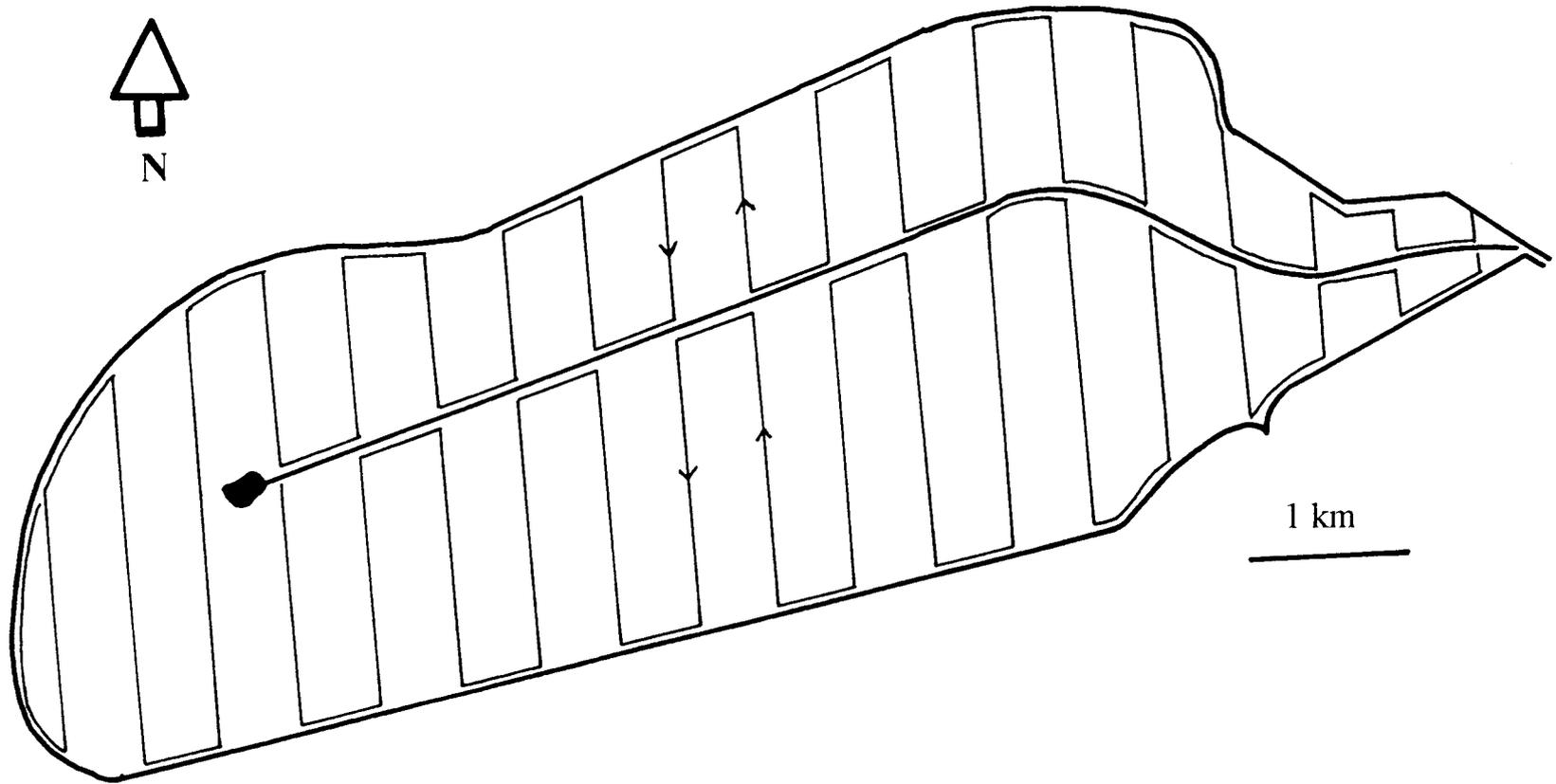


Figure 1 : Itinéraires d'observations cartographiques des peuplements de *Gracilaria* dans le lac nord de Tunis

III - RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURES CARTOGRAPHIQUES

Les résultats de la campagne cartographique concernant la répartition des différents types de recouvrement des peuplements de *Gracilaria* du lac nord de Tunis ainsi que les surfaces d'extension correspondantes sont illustrés par la figure 2 et le tableau 1 qui montrent que:

- Globalement, les peuplements de *Gracilaria* ne couvrent que 265,39 ha représentant 10,3 % seulement de la surface totale du lac. La répartition spatiale de ces peuplements (tab. 2) montre que la plus grande partie (59,5 % par rapport à l'ensemble des peuplements de *Gracilaria* et 6 % si rapportée à la surface du lac) des *Gracilaria* se retrouve pratiquement sous forme de bandes sur les zones limitrophes du lac situées dans la partie sud du lac nord (zones sud-est, sud et sud-ouest: 38,5 %) et en moindre couverture pour la partie nord (zones nord-ouest, nord et nord-est: 21 %). Une proportion (16,7 %) vit collée à la digue centrale du côté sud et avoisinant l'île chikly et une autre (23,8 %) est présente à l'intérieur du lac plutôt localisée dans la partie sud.

Tableau 1 : Répartition des surfaces d'extension des peuplements de *Gracilaria* dans le lac nord de Tunis; Juin - Juillet 1996. (S: surface)

Type de recouvrement	Limites de recouvrement	S (ha)	Taux (%)	
			/ S. Totale du lac	/ S. totale de <i>Gracilaria</i>
Peuplement rare ou touffes isolées	< 5 %	116,14	4,5	43,8
Peuplement très clairsemé	5 à 10 %	21,52	0,8	8,1
Peuplement clairsemé	10 à 20 %	50,86	2	19,2
Peuplement moyen	20 à 40 %	34,33	1,3	12,9
Peuplement dense	40 à 60 %	35,33	1,4	13,3
Peuplement très dense	60 à 80 %	7,21	0,3	2,7
	Dans tout le lac	265,39	10,3	100

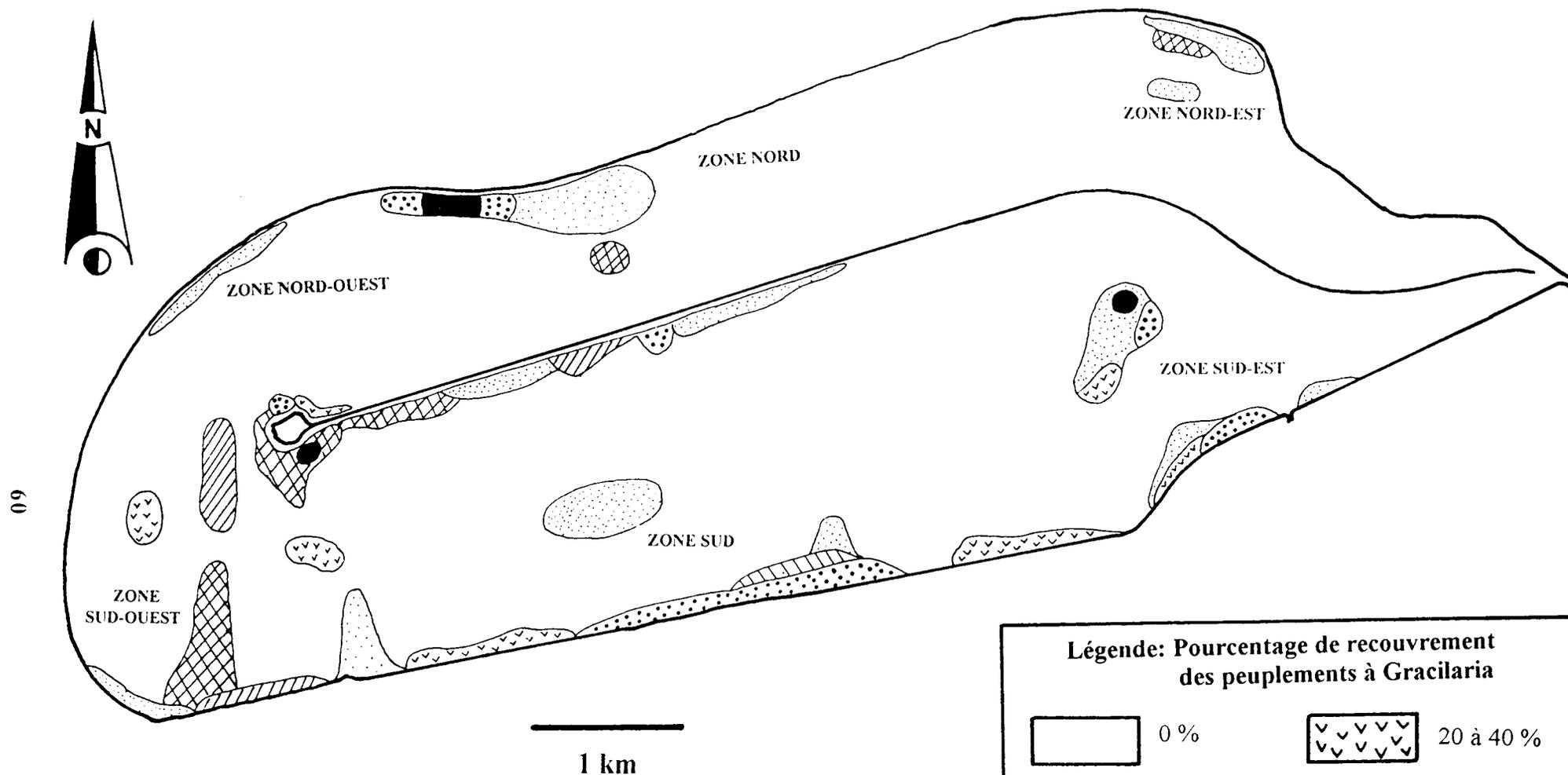


Figure 2 : Cartographie des peuplements de *Gracilaria* dans le lac nord de Tunis (Juin - Juillet 1996)

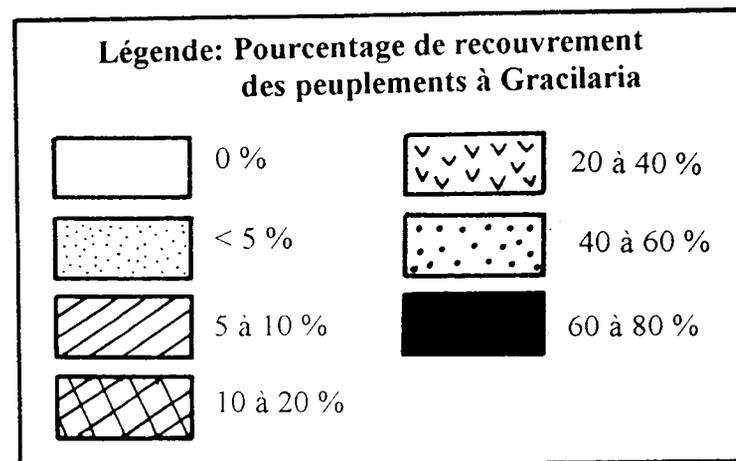


Tableau 2 : Mode de répartition spatiale des *Gracilaria* dans le lac nord de Tunis

Secteur	Superficie (ha)		Taux (%)			
			/ s		/ S	
zone sud	102,07	157,72	38,5	59,5	3,9	6
zone nord	55,65		21		2,1	
Chikly-digue centrale	44,43		16,7		1,7	
Intérieur du lac	63,24		23,8		2,4	
Dans tout le lac	265,39		100		10,1	

S : surface totale du lac

s : surface totale des peuplements de *Gracilaria*

Cette espèce comporte deux peuplements distincts vivant isolés ou en association à savoir ceux considérés comme appartenant à *Gracilaria verrucosa* et *Gracilaria bursa-pastoris*. Ces *Gracilaria* se rencontrent soit en peuplements homogènes mais le plus souvent accompagnant les deux peuplements dominants du lac, les herbiers de la phanérogame *Ruppia cirrhosa* et de l'algue *Chaetomorpha linum* ou quelquefois en association avec *Zostera noltii*, *Cymodocea nodosa*, *Caulerpa prolifera* et dans une moindre proportion avec d'autres algues telles que les Cyanophycées....

Ces *Gracilaria* se trouvent, en général, à proximité de la côte (ils sont parfois affleurants) à des profondeurs faibles de l'ordre de 0,5 à 1 m de profondeur. Etant alors exposées à de fortes luminosités, elles présentent au cours de la période estivale des thalles anormalement blanchâtres. Ce phénomène est surtout accentué chez l'espèce présumée *Gracilaria verrucosa* dont les ramifications sont fines et longues; l'autre espèce présumée *Gracilaria bursa-pastoris* dont les touffes sont courtes et les ramifications plus épaisses semble moins touchée par la luminosité et ses thalles sont le plus souvent de couleur rougeâtre.

Cette espèce est composée des peuplements suivants:

- Les peuplements de *Gracilaria* rares ou constitués par des touffes isolées ($R_c < 5\%$) sont les plus présents et s'étendent sur 116,14 ha représentant 4,5 % de la surface du lac soit 43,8 % de la surface totale occupée par *Gracilaria*.
- A l'opposé, les peuplement très denses (R_c de 60 à 80 %) qui couvrent 7,21 ha sont les moins représentés (0,3 % de la surface du lac et 2,7 % de la surface du peuplement de *Gracilaria*) et apparaissent sous forme de tâches sombres dissimulées à l'intérieur d'autres types de recouvrements de la même espèce. Ils sont localisés dans la zone nord-ouest, au sud de l'île Chikly et dans la zone sud-est presque en face de la centrale électrique de la Goulette.

- Les peuplements moyens (Rc de 20 à 40 %) et denses (Rc de 40 à 60 %) couvrent 69.66 ha, soit 2,7 % de la surface totale du lac (26,2 % de la surface de *Gracilaria*).
- Les peuplements très clairsemés (Rc de 5 à 10 %) et clairsemés (Rc de 10 à 20 %) se répartissent sur 72,38 ha représentant pratiquement le même taux que les peuplements précédents, soit 2,8 % de la surface totale du lac (27,3 % de la surface occupée par *Gracilaria*). Ils sont localisés, pour la plus grande part, dans le secteur sud-ouest et au alentour de l'île Chikly.

IV - ASSOCIATION DES DEUX ESPECES *GRACILARIA VERRUCOSA* (GV) ET *GRACILARIA BURSA-PASTORIS* (GBP)

Les deux espèces Gv et Gbp peuplant le lac nord de Tunis vivent, en général, associées mais dans des proportions différentes selon le secteur. La figure 3 et le tableau 3 mettant en relief l'abondance relative en ces deux peuplements montrent que:

- Les peuplements à fortes dominance de Gv (90 % Gv - 10 % Gbp) présents essentiellement sous forme de bandes longeant les rivages sont localisés dans la partie sud-est au voisinage de la centrale électrique de la Goulette de part et d'autre du canal de rejet d'eau chaude ainsi que dans la zone nord et nord-ouest. Ils couvrent 62,04 ha représentant 23,4 % de la surface totale du lac.
- Les peuplements à dominance de Gv (70 % Gv - 30 % Gbp) se répartissent sur de faibles étendues situées d'une part dans la zone sud-est et d'autre part au voisinage de l'île Chikly. Ils totalisent 13,76 ha constituant 5,2 % de la surface des peuplements de *Gracilaria*, soit 0,5 % de la surface totale du lac.
- Dans la zone nord-est (en face de la foire Le Kram), la dominance de Gbp (60 % Gbp - 40 % Gv) est perceptible au niveau des peuplements mixtes de faibles étendues. Dans ce cas, les peuplements couvrent 13,71 ha représentant 5,2 % de la surface de *Gracilaria*, soit 0,5 % de la surface total du lac.
- Dans certains secteurs de la zone sud, de la zone sud-ouest et en face de l'île Chikly, les peuplement hétérogènes se caractérisent par une nette dominance de Gbp (70 % Gbp - 30 % Gv). Ces peuplements s'étendent sur 71,80 ha constituant 27 % de la surface de *Gracilaria*, soit 2,8 % de la surface totale du lac.
- La dominance de Gbp (80 % Gbp - 20 % Gv) est encore plus marquée au niveau des peuplements mixtes à l'intérieur du lac dans la zone sud-est, la zone sud et la zone sud-ouest ainsi que dans les zones limitrophes du secteur sud-est, au sud de la digue centrale (côté Chikly) et au sud de l'île Chikly. L'association des deux espèces selon cette proportion est la plus présente dans le lac; en effet, les peuplements couvrent, dans ce cas, 104,08 ha représentant 39,2 % de la surface des peuplements de *Gracilaria*, soit 4 % de la surface totale du lac.

Globalement, il ressort que:

- ◆ Les peuplements hétérogènes de *Gracilaria* à dominance de l'espèce *verrucosa* (90 % et 70 %) couvrent 75,80 ha et représentent 28,6 % de la surface totale de *Gracilaria*, soit 2,8 % de la surface totale du lac.
- ◆ Les peuplements mixtes de *Gracilaria* à dominance de l'espèce *bursa-pastoris* sont les plus prédominants puisqu'ils couvrent 189,59 ha et représentent 71,4 % de la surface de *Gracilaria*, soit 7,3 % de la surface totale du lac.

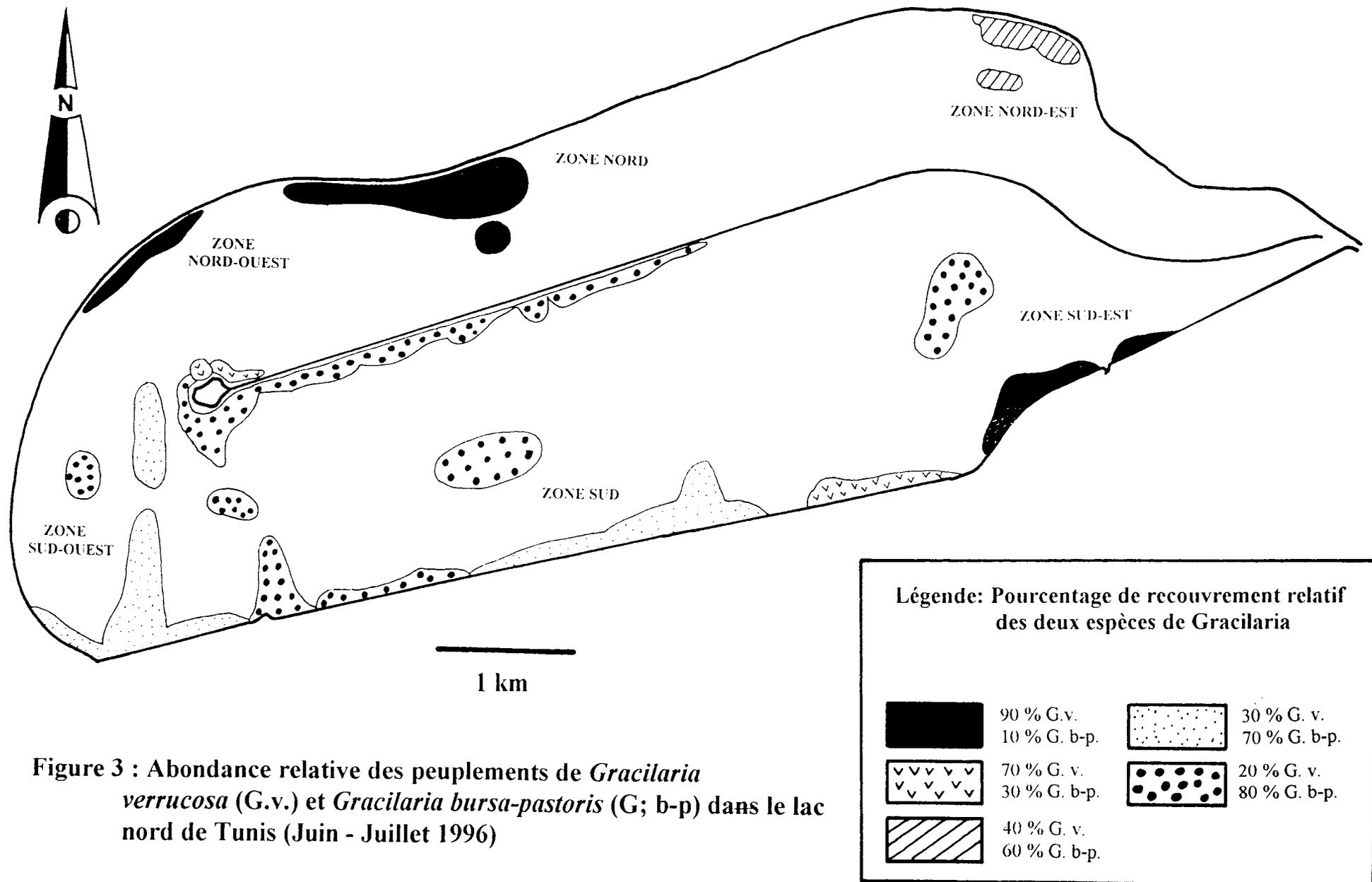


Figure 3 : Abondance relative des peuplements de *Gracilaria verrucosa* (G.v.) et *Gracilaria bursa-pastoris* (G; b-p) dans le lac nord de Tunis (Juin - Juillet 1996)

Tableau 3: Abondance relative des peuplements de *Gracilaria verrucosa* (Gv) et *Gracilaria bursa-pastoris*(Gbp) dans le lac nord de Tunis (Juin - Juillet 1996)

% Rc	Superficie (ha)		Taux (%)			
			/s		/S	
90 % Gv 10 % Gbp	62,04	75,80	23,4	28,6	2,3	2,8
70 % Gv 30 % gbp	13,76		5,2		0,5	
40 % Gv 60 % Gbp	13,71	189,5 9	5,2	71,4	0,5	7,3
30 % Gv 70 % Gbp	71,80		27,0		2,8	
20 % Gv 80 % Gbp	104,08		39,2		4,0	
Dans tout le lac	265,39		100		10,1	

S: surface totale du lac

s: surface totale des peuplements de *Gracilaria*

V - LES PEUPELEMENTS MACRO-PHYTOBENTHIQUES DU LAC NORD DE TUNIS ET REPARTITION DE *GRACILARIA* EN TUNISIE

D'après nos propres observations et celles d'autres auteurs (SHILI, 1995; TRABELSI, 1995), les peuplements phytobenthiques du lac nord de Tunis sont représentés d'une manière fréquente durant la période estivale par les phanérogames *Ruppia cirrhosa*, *Cymodocea nodosa* et *Zostera noltii*, les algues rouges *Gracilaria*, *Dasya* ainsi que les algues vertes *Chaetomorpha linum*, *Cladophora prolifera*, *Cladophora sp.* et *Caulerpa prolifera*.

La présence de certaines Rhodophyceae (*Hypnea musciformis*, *Ceramium rubrum*, *Corallina elongata*, *Jania sp.*) et de certains Chlorophyceae (*Ulva rigida*, *Enteromorpha prolifera*, *Enteromorpha sp.*) est signalée.

Au cours des années, les peuplements végétaux du lac nord de Tunis ont été marqués par une évolution dynamique, régie essentiellement par l'eutrophisation et l'hydrodynamisme (ZAOUALI et BAETTEN, 1985). Ces deux facteurs ont conditionné, à une certaine époque, la prolifération d'espèces d'algues nitrophiles et résistantes à la pollution telles que les *Ulva* et les *Enteromorpha* (BELKHIR, 1977 et 1984).

En réponse aux nouvelles conditions instaurées dans le lac suite aux travaux d'assainissement, la végétation a connu une évolution rapide (BEN MAIZ, 1992 et 1993 b in SHILI, 1995); laquelle s'est traduite par la régression des espèces nitrophiles citées plus haut et une réapparition des espèces éliminées auparavant regroupant notamment les phanérogames *Ruppia cirrhosa*, *Zostera noltii* et *Cymodocea nodosa* ainsi que l'algue verte *Chaetomorpha linum* (SHILI, 1995; TRABELSI, 1995).

D'après BEN MAIZ (1993a), du point de vue répartition, l'espèce *Gracilaria bursa-pastoris*, occupant des biotopes superficiels et bien ensoleillés est signalée seulement à la Galite, Gammarth et au lac nord de Tunis; *Gracilaria verrucosa*, espèce se développant en biotopes photophiles dans des zones calmes à faibles profondeurs, est mentionnée au lac de Bizerte lac de Tunis, Gammarth, la Marsa, entre la Goulette et Ezzahra, Sfax et mer de Bougrara.

FELDMAN (1931) note la présence à Carthage d'un *Gracilaria* (*Gracilaria arcuata Zanardini*) et AZZOUZ (1966) mentionne la présence de *Gracilaria confervoides* dans le lac de Bizerte sur des substrats rocheux à vaseux à une profondeur de 3 à 6m.

Gracilaria n'a pas été signalée comme composante dominante de la flore du golfe de Gabès (BEN OTHMAN, 1971) et de celle de BOUGRARA (ZAOUALI, 1971) ni citée (BEN ALEYA, 1969 et 1970) parmi les 21 espèces de Rhodophycées du golfe de Tunis. Nous même, nous avons constaté, lors d'une prospection faite au mois de juillet 1996, l'absence de cette algue entre Soliman et Sidi Rais du rivage jusqu'à une profondeur ne dépassant pas 3m. *Gracilaria* ne figure pas parmi les 15 espèces végétales identifiées par ROMDANE et KTARI-CHAKROUN (1986) dans la lagune de Ghar El Melh dont l'environnement physico-chimique est conditionné par une diminution du flux marin due à l'envasement des graux de communication avec la mer (KTARI-CHAKROUN et ROMDANE, 1984).

VI - INTERPRETATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

Bien qu'il ne s'agisse pas de la même période de travail [juillet-août 1992 pour *Ruppia* (SHILI, 1995) et *Chaetomorpha* (TRABELSI, 1995); juin-juillet 1996 pour *Gracilaria* (présent travail)] et que la comparaison des résultats ne puisse être, de ce fait, rigoureuse, nous allons situer (Tabl. 4) le développement de *Gracilaria* par rapport aux deux peuplements les plus importants du lac nord de Tunis, *Ruppia* (phanérogame) et *Chaetomorpha* (algue Chlorophyceae).

Ce tableau montre que les peuplements de *Gracilaria* n'occupent durant la période estivale que 265 ha représentant 10 % de la surface totale du lac. Cette espèce est donc très peu présente même durant la phase de son développement maximum.

Elle est très distancée, au point de vue répartition spatiale, par les peuplements très dominants de *Chaetomorpha* qui s'étendent sur 2490.5 ha constituant 96 % de la surface du lac et par les herbiers dominants de *Ruppia* qui couvrent 1887 ha représentant 72 % de la surface du lac. Il est à noter que le développement maximal des deux espèces précitées est enregistré au cours des mois de novembre-décembre avec respectivement 2519 ha et 1977 ha .

Tableau 4: Répartition des surfaces d'extension de *Gracilaria*, *Ruppia* et *Chaetomorpha* dans le lac nord de Tunis selon les différents types de recouvrement

Campagne	Rc (%)	Surface (ha)					
		<i>Gracilaria</i>		<i>Ruppia</i>		<i>Chaetom.</i>	
		s ₁	% / S % / S1	s ₂	% / S % / S2	s ₃	% / S % / S3
. juillet-août 1992: <i>Ruppia</i> et <i>Chaetom.</i>	90 - 100					447,9	17,2 17,9
	80 - 100			385	15 20,4		
	60 - 80	7,21	0,3 2,7	546	21 28,9		
	50 - 90					246,7	9,4 9,9
	40 - 60	35,33	1,3 13,3	136	5 7,2		
	30 - 50					377,9	14,5 15,1
. juin-juillet :1996 <i>Gracilaria</i>	20 - 40	34,33	1,3 12,9	276	11 14,6		
	10 - 30					268,4	10,3 10,7
	10 - 20	50,86	2 19,1				
	5 - 20			452	17 23,9		
	5 - 10	21,52	0,8 8,1			938,9	36,1 37,6
	<5	116,14	4,5 43,8	92	3 4,8	210,7	8,1 8,4
	Dans tout le lac	S1: 265,39	10,3 %	S2: 1887	72 %	S3: 2490,5	95,7 %
Auteur	Présent travail		SHILI (1995)		TRABELSI (1995)		

Légende:

Rc: recouvrement

S1, S2, S3: surface totale d'extension de *Gracilaria*, *Ruppia* et *Chaetomorpha*

s₁, s₂, s₃: surface occupée par chaque type de recouvrement pour ces trois espèces.

S: surface totale du lac.

En considérant la répartition de *Gracilaria* selon les différentes limites de recouvrement, il apparaît que cette espèce est présente, en général, sous forme de peuplements rares ou de touffes isolées puisque 44 % de la surface occupée par cette algue correspondent à des recouvrements < 5 % alors que les peuplements très denses (Rc de 60 à 80 %) sont très rares (2,7% de la surface de *Gracilaria*). Cet état contraste avec celui de la phanérogame *Ruppia cirrhosa* dont les herbiers denses à très denses (60 à 80 % et 80 à 100 % de Rc) sont les plus dominants représentant 49 % de la surface de l'espèce et avec l'algue *Chaetomorpha linum* dont 28 % de la surface d'extension sont occupés par des peuplements denses (50 à 90 % et 90 à 100 % de Rc).

Au point de vue répartition spatiale, les peuplements de *Gracilaria* se présentent sous forme de ceintures généralement de 120 - 250 m de largeur mais pouvant par endroits restreints atteindre 500 et 900 m. Ces bandes se rencontrent surtout dans les zones limitrophes du lac nord (zone sud et nord: 59,9 % des peuplements dont 38,5 sont localisés au sud) et en moindre quantité d'une part à l'intérieur du lac (23,8 % des peuplements) et d'autre part au voisinage de l'île Chikly et collés à la digue centrale du côté sud (16,7 %).

Cette situation est à l'opposé de celle de *Ruppia cirrhosa* qui, à la même période, a une répartition très large à l'intérieur du lac avec une prédominance des peuplements denses et très denses dans la partie nord (à des profondeurs dépassant 1 m et où l'espèce atteint des tailles considérables) ainsi que de celle de *Chaetomorpha* qui est dotée d'une concentration nettement plus élevée dans la partie sud du lac nord, les peuplements denses et très denses étant dans ce cas situés dans la partie sud.

Pour l'interprétation de la répartition spatiale de *Gracilaria* ou de toute autre espèce macrophyte, il est utile d'avoir présent à l'esprit les principales caractéristiques hydrodynamiques du lac nord avant et après le projet d'assainissement.

. Avant le projet d'assainissement

Les travaux publiés antérieurement à l'assainissement du lac dont ceux de KTARI-CHAKROUN (1972), AZZOUZ (1971), BELKHIR et HADJ ALI SALEM (1981 et 1983) mettent en évidence, au niveau de l'écosystème du lac de Tunis (lac nord, lac sud et canal de navigation) un état d'instabilité des paramètres physico-chimiques et biologiques; cet état est conditionné par la trilogie climat, hydrologie et matières organiques.

Le lac nord de Tunis, en tant que milieu exutoire des eaux usées de la ville de Tunis, posait en période estivale le problème crucial de l'eutrophisation due à la synergie de certains facteurs environnementaux tels que la faible profondeur, la présence d'une quantité importante de substances nutritives, la bonne luminosité et la stagnation des eaux; ce phénomène, accentué par le développement massif des algues vertes nitrophiles du genre *Ulva*, se traduisait essentiellement par l'anoxie, l'apparition des eaux rouges et la mortalité de quantité notables de poissons (ZAOUALI, 1974 et 1977; SCHNEIDER, 1977; BELKHIR et HADJ ALI SALEM, 1981).

A cette époque, *Gracilaria* est citée (BELKHIR, 1977) parmi les six algues macrothalliques présentes dans le lac (*Ulva lactuca*, *Cladophora* sp., *Enteromorpha* sp., *Chaetomorpha* sp., *Gracilaria* sp., algues brunes). Tout en étant totalement absente dans la zone très polluée à l'ouest du lac, elle est assez faiblement représentée dans la partie est, la plus proche de la mer; ce qui laisse supposer que cette espèce est sensible à la pollution organique.

. Après le projet d'assainissement

Etant considéré parmi les lacs les plus eutrophes du monde (CAUMETTE, 1985), le lac nord de Tunis a fait l'objet d'un projet de restauration et d'aménagement réalisé entre 1985 et 1988 et basé essentiellement sur la création d'un nouveau système de circulation de l'eau favorisant les échanges d'eau avec la mer en permettant l'entrée des eaux marines vers le lac et l'évacuation des eaux lagunaires. Ce qui a été à l'origine d'une nette amélioration des paramètres physico-chimiques suivants: salinité, oxygène dissous, pH, turbidité, sels nutritifs, chlorophylle-a (SHILI, 1995; TRABELSI, 1995).

Après les travaux d'assainissement du lac, *Gracilaria*, bien que se rencontrant dans plusieurs secteurs du lac, est plus présente dans la partie sud constituant la dernière étape de séjour des eaux lagunaires et caractérisée par de faibles profondeurs (inférieure à 1 m) et par des sédiments beaucoup plus chargés en matières nutritives (partie non draguée).

Il est à signaler qu'étant donné que les algues ne puisent leurs éléments nutritifs que dans l'eau, la nature chimique du substrat n'intervient pratiquement pas dans l'implantation des algues mais que sa texture joue, par contre, un grand rôle au niveau de leur fixation (GAYRAL et COSSON, 1986).

D'une façon générale, cette espèce affectionne, dans le lac nord de Tunis, les zones de faibles profondeurs et semble être indifférente à la nature du substrat; en effet, elle se rencontre:

- avec prédominance sur les substrats vaso-sableux: partie sud, sud-ouest et zone intérieure du lac;
- avec une présence notable sur les substrats sableux à sableux-vaseux: zone sud-est (près de la centrale électrique), pointe sud de l'île Chikly, partie sud de la digue centrale, zone nord-est et zone nord-ouest;
- avec une présence faible sur les substrats durs: zone nord.

La répartition spatiale des peuplements de *Gracilaria* dans le lac nord de Tunis, sous formes de ceintures situées sur les rivages nord et sud et collés à la digue centrale (partie sud aux abords de l'île Chikly), est à corrélérer, sans doute, avec le mode lévogyre de circulation de l'eau (figure 4) entre les deux parties du lac séparées par la digue centrale.

Le modèle hydrodynamique instauré dans le lac, basé sur le phénomène naturel de marée ainsi que la fréquence des vents et conditionné par les « portes à marées » à fonctionnement unidirectionnel installées au niveau du canal de Khéréddine, fait que:

- ◇ L'algue est très peu présente dans la zone nord-est la plus influencée par la mer, où la profondeur est de 2 m en moyenne et à sédiments appauvris en matières organiques suite au dragage.
- ◇ L'espèce est aussi relativement peu présente dans les zones nord et nord-ouest, parties les plus profondes du lac correspondant aux zones d'emprunt de sable où la profondeur moyenne est de 2,5 m. Les peuplements observés dans cette zone sont à l'abri des courants d'eau du fait de leur existence au voisinage immédiat des rives à de très faibles profondeurs (< 1m; 50 cm en moyenne).
- ◇ En face de l'île Chikly et en son voisinage immédiat ainsi que sur les rives sud de la digue centrale, l'algue est présente à de faibles profondeurs là où les courants d'eau sont faibles.
- ◇ Par contre, la présence de l'algue d'une façon relativement importante sur les rives sud-ouest, sud et sud-est laisse supposer que les jeunes plants de *Gracilaria* sont amenés en début de saison printanière sous l'action des courants d'eau à être acculés sur les bords où ils se développent sous forme d'une bande d'une faible largeur.
- ◇

- ◇ A l'intérieur de la partie sud-ouest du lac nord, *Gracilaria* est relativement bien présente dans certaines zones de faibles profondeurs où le brassage de l'eau est moins important; elle est absente durant la période estivale de certaines zones à eaux mortes stagnantes de couleur rougeâtre et où de mauvaises odeurs sont dégagées. L'existence à ces endroits de récifs de *Mercierella enigmatica* dont la présence a été signalée auparavant par plusieurs auteurs dont HELDT (1953) et BELKHIR (1977) et de hauts fonds donne lieu, en période de mortes eaux, à des îlots qui ralentissent les courants d'eau.
- ◇ A l'extrême sud-est de la partie sud du lac, correspondant à la zone d'évacuation des eaux lagunaires et où l'hydrodynamisme est relativement important (profondeur moyenne de 2,5 m), *Gracilaria* est complètement inexistante. A cet égard, d'après GAYRAL et COSSON (1986), l'agitation de l'eau favorise l'implantation de certaines espèces (végétation des faciès battus ou semi-battus) et élimine d'autres (végétation des faciès calmes). De plus, l'effet mécanique du brassage par l'eau des constituants des substrats meubles rend ces endroits impropres à la fixation durable de *Gracilaria*.

BIBLIOGRAPHIE

- AZZOUZ A. (1966). - Etude des peuplements et des possibilités d'ostréiculture du lac de Bizerte. *Doct. 3ème cycle. Univ. Aix-Marseille. 67 p.*
- BELKHIR M. (1977). - Recherches sur la production primaire du lac de Tunis: biomasse phytoplanctonique et macroalgale; croissance des ulves. *DEA. Fac. Sc. Tunis. 108 p.*
- BELKHIR M. et HADJ ALI SALEM M. (1981). - Contribution à l'étude des mécanismes d'eutrophisation dans le lac de Tunis: évolution des paramètres physico-chimiques et biologiques. *Bull. Inst. nat. scient. tech. Océanogr. Pêche, Salaambô. 8: 81-98.*
- BELKHIR M. et HADJ ALI SALEM M. (1983). - Notions d'hydrologie comparée dans le lac de Tunis et le golfe de Tunis. *Bull. Inst. nat; scient. tech. Océanogr. Pêche, Salaambô. 10: 5-26.*
- BELKHIR M. (1984). - Dynamique des peuplements algaux dans le lac de Tunis. *Bull. Inst. nat. scient. tech. Océanogr. Pêche, Salaambô. 11: 63-91.*
- BELSHER T. (1989). - Apport du satellite SPOT à la cartographie des végétaux marins. *Bull. S.F.D.T. 115: 24-27.*
- BEN ALEYA H. (1969). - Mise en place des herbiers à phanérogames marines et des peuplements algaux dans le golfe de Tunis. *Bull. Inst. Océanogr. Pêche, Salaambô. (1) 3: 113-122.*
- BEN ALEYA H. (1970). - Flore marine de Tunisie. I: liste préliminaire des algues du golfe de Tunis. *Bull. Inst. Océanogr. Pêche, Salaambô. (1): 205-212.*
- BEN MAIZ N. (1984). - Contribution à la distribution, à l'écologie et à la systématique des algues marines benthiques de Tunisie. *DEA d'écologie méditerranéenne. Univ. Aix-Marseille III. 64 p.*
- BEN MAIZ N. (1992). - Analyse de la qualité des eaux et évolution des peuplements végétaux du lac nord de Tunis. *Rapport interne, Société de Promotion du lac de Tunis. 28 p. + annexes 1 et 2.*
- BEN MAIZ N. (1993 a). - Inventaire des algues et phanérogames marines d'intérêt économique: bilan et potentiel des ressources sur le littoral tunisien. *Rapport de consultation. Plan directeur de l'aquaculture. Projet de coopération Tunisie/PNUD. 65 p.*
- BEN MAIZ N. (1993 b). - Evolution des peuplements phytobenthiques après les travaux d'assainissement dans le lac de Tunis. In « *Qualité du milieu marin - Indicateurs biologiques et physico-chimiques* » Boudouresque, avon et pergent-Martini édit., GIS Posidonie publ. Fr. 89-104.

- BEN MUSTAPHA K. et HATTOUR A. (1992). - Les herbiers de posidonies du littoral tunisien. I - Le golfe de Hammamet. *Notes Inst. nat. scient. tech. Océanogr. Pêche, Salaambô. 2: 20 p.*
- BEN OTHMAN S. (1971). - Observations hydrologiques, dragages, chalutages dans le Sud Est Tunisien. *Bull. Inst. Océanogr. Pêches, Salaambô. 2 (2): 103-120.*
- BEN OTHMAN S. (1973). - Le Sud Tunisien (golfe de Gabès): hydrologie, sédimentologie, flore et faune. *Thèse Doctorat 3ème cycle, Univ. Tunis: 1-166.*
- BOUDOURESQUE C.F. (1971). - Sur les phytocénoses sciaphiles superficielles en Méditerranée occidentale. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit. 20: 193-196.*
- CAUMETTE P. (1985). - Rôle des bactéries phototrophes et des bactéries sulfato-réductrices dans les milieux lagunaires. *Etudes et Thèses. Edit. ORSTOM. 1-304.*
- CUVELIER M. (1976). - Surveillance en temps réel de l'évolution des herbiers: nouvelle méthode de recensement des herbiers par cartographie au sonar latéral. *III° Journées Trud. Pollutions, SPLIT, CIESM. 191-193.*
- FELDMAN J. (1931). - Note sur quelques algues marines de Tunisie. *Stat. Océanogr. Pêche, Salaambô. Note 24.*
- GAYRAL P. et COSSON J. (1986). - Connaître et reconnaître les algues marines. *Ouest- France. 220 p.*
- HAMZA A. (1987). - Etude des *cystoseira* du golfe de Gabès: notes préliminaires. *Bull. Inst. nat. scient. tech. Océanogr. Pêche, Salaambô: 14: 59-70.*
- HAMZA A. (1989). - Notes sur quelques algues rouges du genre *Polysiphonia* du golfe de Gabès. *Bull. Inst. nat. scient. tech. Océanogr. Pêche, Salaambô. 16: 65-73.*
- HELDT J.H. (1953). - *Mercierella enigmatica* Fauvel et le comblement éventuel du lac de Tunis. *Bull. Inst. nat. scient. tech. Océanogr. Pêche. Salaambô. 33: 1-7 + 2pl.*
- KIM D. (1970). - Economically important seaweeds in Chile -I) *Gracilaria*. *Botanica marina vol. XIII: 140-162.*
- KTARI-CHAKROUN F. et AZZOUZ A. (1971). - Les fonds chalutables de la région Sud Est de la Tunisie (Golfe de Gabès). *Bull. Inst. Océanogr. Pêche Salaambô. 2 (1): 5-40.*
- KTARI-CHAKROUN F. (1972). - Etude physico-chimique et microbiologique du lac de Tunis (partie nord). *Bull. Inst. Océanogr. Pêche Salaambô. (2) 3 :417-444.*
- KTARI-CHAKROUN F. et ROMDANE M.S. (1984). - Etude de quelques paramètres physico-chimiques de la lagune de Ghar El Melh. *Bull. Inst. nat. scient. tech. Océanogr. Pêche. Salaambô. 177-201.*

- MOLINIER R. et PICARD J. (1954). - Eléments de bionomie marine sur les côtes de Tunisie. *Stat. Océanogr. Salaambô. Bulletin n° 48*.
- NIERI M., SOLECK O., BOUDOURESQUE C.F., SHILI A. et TRABELSI E.B. (1992). - Contribution à l'étude de l'écosystème du lac Ichkeul (Tunisie). Les compartiments flore et faune lagunaires. *GIS Posidonie publ., Marseille, France. p. 1-76*.
- OUAHCHI F. (1977). - Contribution à l'élaboration d'un catalogue des algues marines de Tunisie. *DEA de biologie marine et d'océanographie. Fac. Sc. Tunis. 102 p.*
- PEREZ R., KAAS R., CAMPELLO F., ARBAULT S. et BARBAROUX O. (1992). - La culture des algues marines dans le monde. *IFREMER. 613 p.*
- PEREZ R. (1993). - Perspectives pour une algoculture de macroalgues en Tunisie. *Rapport de consultation. Plan Directeur de l'aquaculture. Projet de coopération Tunisie /PNUD. 29 p.*
- REAIUE R., WALD L. et BOUDOURESQUE C.F. (1988). - Cartes des peuplements benthiques en Méditerranée: constitution d'une banque de donnée géocodées et synthèse cartographique. *Océanol. Acta. 11 (2): 201-211.*
- ROMDANE M.S. et KTARI-CHAKROUN F. (1986). - Les peuplements benthiques de la lagune de Ghar El Melh. Tunisie. *Bull. Inst. nat. scient. tech. Océanogr. Pêche, Salaambô. 13: 95-108.*
- ROUQUET L; (1976). - Interprétation de documents photographiques pour l'étude de la répartition et de l'évolution de la végétation alguaire dans un étang languedocien: étang de Mauguio. *Photo Interpret., 14 (4): 7-20.*
- SHILI A. (1995). - Contribution à l'étude des peuplements à *Ruppia* (Monocotylédone, potamogetonacae) dans le lac nord de Tunis. *DEA, Fac. Sc. Tunis. 128 p.*
- SHNEIDER W. (1977). - Bilan des substances nutritives du lac de Tunis 1976/1977. *Rapp. Inst. Frésenius GmbH (RFA), Minist. de l'Agriculture, Tunisie. 787 p.*
- TRABELSI E.B. (1995). - Contribution à l'étude des Chaetomorpha (algue Chlorophyceae) dans le lac nord de Tunis. *DEA, Fac. Sc. Tunis. 128 p.*
- ZAOUALI J., et BATTEN S. (1985). - Etude historique et évaluation actuelle de l'impact de l'eutrophisation sur l'écosystème de la lagune de Tunis. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. Intern. Explor. Sci. Médit., Monaco, 29 (5): 671-678.*
- ZAOUALI J. (1971). - La mer de Bou Grara: les fonds et les peuplements végétaux. *Bull. Inst. Océanogr. Salaambô. 2 (2): 229-235.*
- ZAOUALI J. (1974). - Les peuplements malacologiques dans les biocénoses lagunaires tunisiennes. Etude de l'espèce pionnière *Cerastoderma glaucum* poiret (1789). *Thèse Doct. D'Etat. Univ. Caen. 345 p.*
- ZAOUALI J. (1977). - Le lac de Tunis, facteurs climatiques, physico-chimiques et crises dystrophiques. *Bull. Off. Nat. Pêches. 1 (1): 37-50.*