

**Pollution dans le Golfe de Gabès (Tunisie)
Bilan de six années de surveillance
(1976-1981)**

par
DARMOULI Bouraoui *
Accepté : Août 1988

ملخص

تعرض هذه الدراسة انعكسات فواضل صناعة الفسفاط على الوسط البحري لخليج قابس وذلك على أثر ستة سنوات من البحوث (1976 - 1981) التي قام بها معهد علوم البحار والصيد بصلامبو. وهي تشمل على ثلاثة فصول أساسية يهتم أولها بتعكر نوعية المياه وثانيها بظاهرة تقلص نبات «البوزيدونيا» «Posidonies» أما المحور الأخير فتعرض الى تراكم مادة الفلور «Fluor» داخل بعض الاحياء البحرية .
ويبدو جليا أن مادة الفسفوجيبس «phosphogypse» هي أهم مصدر للتلوث ولذا فإن عدم الالتقاء به في البحر يخفف بنسبة كبيرة من حدته .

RESUME

Cette note de synthèse expose certains aspects de l'impact des rejets de l'industrie du phosphate sur l'environnement marin du golfe de Gabès (Sud Tunisien), et ce sur la base des résultats de six années de recherches (1976-1981) menées à l'INSTOP, Salammbô. Elle comporte trois chapitres principaux, à savoir l'altération de la qualité de l'eau de mer qui est particulièrement prononcée au large de Gabès, la dégradation de l'herbier des posidonies qui est en voie d'accélération, et enfin la contamination de certains organismes marins par le fluor.

Le phosphogypse étant le principal agent polluant, son stockage à terre résoudrait le problème pour une large part.

ABSTRACT

The present paper is dealing with certain aspects of the impact of the phosphate factories wastes of Gabès region into the receiving marine environment carried out by INSTOP (Salammbô, Tunisia), 1976-1981.

Three main components are developed :

- Chemical contamination of the sea water, particularly offshore town;
- Increase of the degradation of «Posidonia oceanica»;
- Fluor contamination of some marine species.

Since phosphogypsum is the main polluting agent, its land storage is recommended.

* Institut National Scientifique et Technique d'Océanographie et de Pêche 2025 Salammbô.

INTRODUCTION

La région de sfax-Gabès a connu pendant les deux dernières décennies un développement industriel aussi riche en réalisations que diversifié (Agro-alimentaire, mécanique, matériaux de construction, chimie, etc...). Autant ce foisonnement de manufactures et ateliers a amené prospérité et progrès, autant il a fait planer le spectre angoissant de la dégradation de la qualité de l'environnement.

La mer si chère dans cette région de la Tunisie, en l'occurrence le golfe de Gabès réputé pour la richesse de ses ressources halieutiques et ses belles plages, paraît la plus exposée à une éventuelle pollution. Débats et commentaires lui ont ainsi été consacrés.

Malgré la complexité du tissu industriel, le secteur de transformation des phosphates qui se signale à l'attention par ses ateliers géants, ses hautes cheminées ainsi que ses massives évacuations est manifestement à l'index. Tous les méfaits de l'activité industrielle, puisés en général dans la littérature ou dans des articles de presse, lui sont attribués plus par réflexe que par persuasion.

Devant ces commentaires qui frisent parfois l'imaginaire, il devient nécessaire d'approcher objectivement le sujet, de faire le point de la situation, de répondre aux interrogations et d'éclairer opinion et autorités.

Le présent rapport traite de quelques aspects de la pollution industrielle dans l'ensemble de la zone côtière du golfe de Gabès. Il dresse un bilan de six années de surveillance (1976-1981).

Plan de surveillance : Etapes et Résultats

Les industries utilisant le minerai de phosphate à l'amont de la fabrication de l'acide phosphorique et des engrais, NPK et SIAPE à Sfax, ICM, SAEPA et ICF à Gabès, envoient dans l'atmosphère une fumée soufrée (SO_2 et SO_3) et dans la mer des effluents continus d'eaux résiduelles acides et fluorées. A Gabès, les effluents liquides véhiculent des tonnages considérables de phosphogypse, sous-produit solide charriant toutes les impuretés du minerai de phosphate, notamment des métaux lourds à l'état de traces. A Sfax, le phosphogypse est stocké à terre.

Les usines de Gabès-Ghannouch, bien que plus récentes que celles de Sfax, semblent frapper plus fort et ont ainsi accaparé l'attention dès les premières années de leur entrée en production. En 1976, quelques années seulement après la mise en service des premières unités, le nouveau laboratoire créé à l'INSTOP pour des recherches en pollution a entamé un plan de surveillance dans le golfe de Gabès. La mise en œuvre de ce plan entre 1976 et 1981 a connu une progression tant du point de vue de l'aire surveillée que de celui des objectifs recherchés. Le cheminement de cette étude comprend ainsi trois étapes :

1) Observations préliminaires (1976-77)

Les investigations au cours de cette période ont concerné les alentours immédiats de Gabès-Ghannouch (fig. 1) et fourni une première image de l'impact de la pollution. Deux constatations sont d'ores et déjà retenues :

+ Contamination de l'eau de mer par les phosphates;

+ Accumulation du phosphogypse sur le fond.

2) Premier bilan, région de Gabès-Ghannouch (1978) :

En mai 1978, une seconde phase est entamée avec entrée en lice du bateau de recherches de l'INSTOP «Hannoun» qui enregistre pour l'occasion sa première contribution à ce genre de recherches. Le secteur prospecté, un triangle en face du complexe industriel de Gabès (fig. 2), est beaucoup plus vaste et mieux couvert que celui objet des précédentes opérations. Il comporte pas moins de 66 stations distantes de 0,5 à 2 miles et réparties sur 8 axes se rejoignant vers le point de rejet. Des prises d'eau sont effectuées en surface et au fond et un dragage est entrepris à chaque station pour étude du sédiment et de la macrofaune benthique.

Le premier bilan est le suivant (Darmoul B, Hadj Ali Salem M. et vitiello P. 1978, 1980) :

+ Pollution des eaux d'une portion de plage de 2,5 km (acidification et élévation des teneurs en phosphore minéral et en Fluor ionique).

+ Etalement des nappes d'eau de mer polluées vers l'est et le sud. Des teneurs élevées en phosphore minéral sont relevées sur 17 Km environ à partir du point de rejet, alors que le fluor ionique redevient normal à 6 km seulement.

+ faible pollution dans le secteur nord de l'espace maritime prospecté.

+ Accumulation du phosphogypse sur une surface de 230 hectares environ formant une couverture s'étalant au large jusqu'à une distance de 3 km et étouffant toute vie benthique (zone azoïque ou zone de pollution maximale).

+ Accélération de la régression de l'herbier de posidonies. Ce phénomène signalé bien avant l'émergence du centre industriel de Gabès et attribué à l'envasement naturel du fond (De Gaillande, 1970; Ktari-Chakroun et Azouz, 1971) semble gagner en intensité. C'est peut être l'une des incidences de ce rejet de phosphogypse qui trouble à la fois le substrat et l'eau. Les posidonies, étant des plantes photophiles, perdent énormément de leur vitalité quand le milieu devient turbide.

3) Deuxième bilan, impact de la pollution sur l'ensemble du golfe de Gabès :

A partir de 1979, le plan de surveillance a été élargi à l'ensemble de la zone côtière du golfe de Gabès, depuis Sfax jusqu'à Djerba (fig. 3) et conduit avec régularité à raison d'une campagne de prospection chaque année (octobre 1979, juin 1980, avril 1981). Le tableau I fournit les coordonnées de toutes les stations surveillées. Cette étude, démarrée timidement en 1976 par quelques randonnées sur la plage de Gabès puis graduellement développée jusqu'à couvrir en 1979 toute la partie intérieure du golfe, comporte désormais trois chapitres :

- Qualité de l'eau de mer;
- Cartographie des biocénoses benthiques;
- Accumulation du fluor dans les organismes marins.

I. — Qualité de l'eau de mer (tableaux 2 et 3, fig. 4) :

Compte tenu de la nature des rejets, le phosphore minéral et le fluor ionique sont des indicateurs appropriés de la qualité de l'eau de mer.

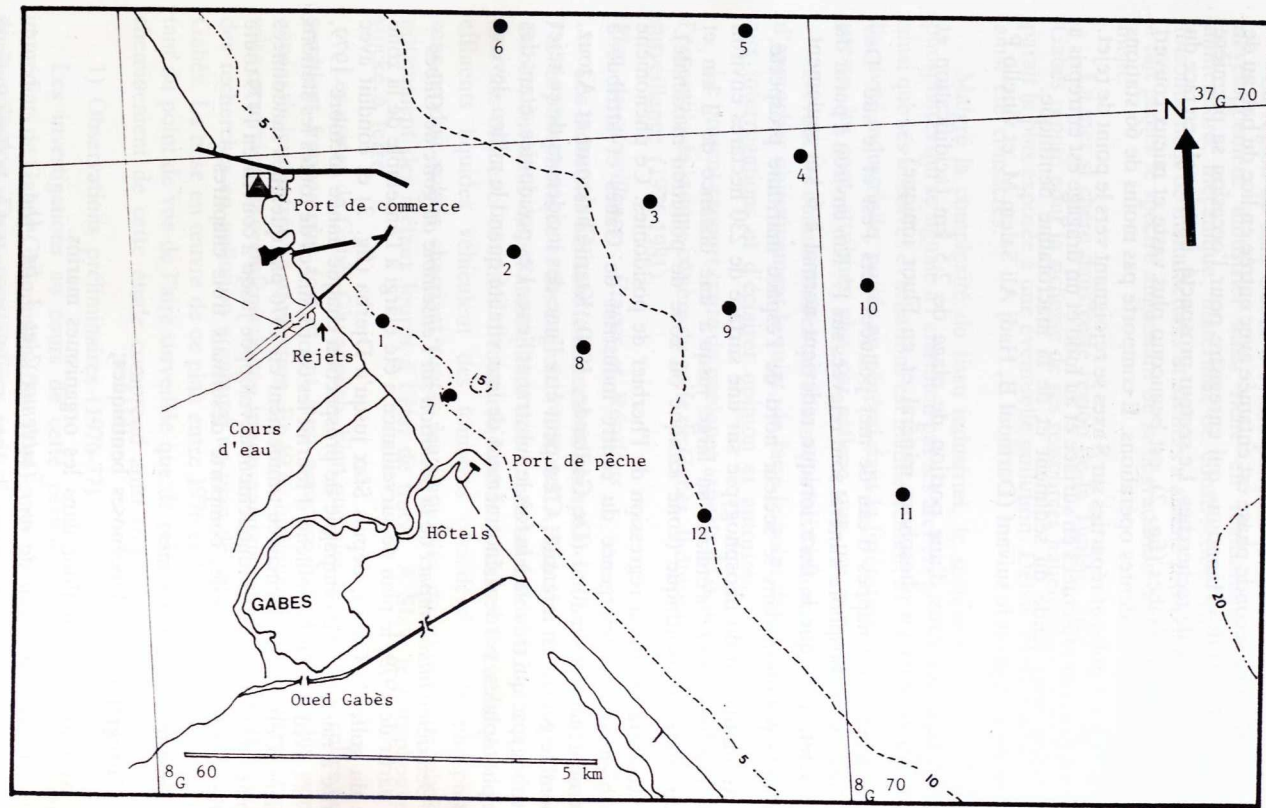


Fig. 1 : Plage de Gabès - Channouch : Prospections préliminaires (1976-77)

● Stations d'échantillonnage 1 à 12

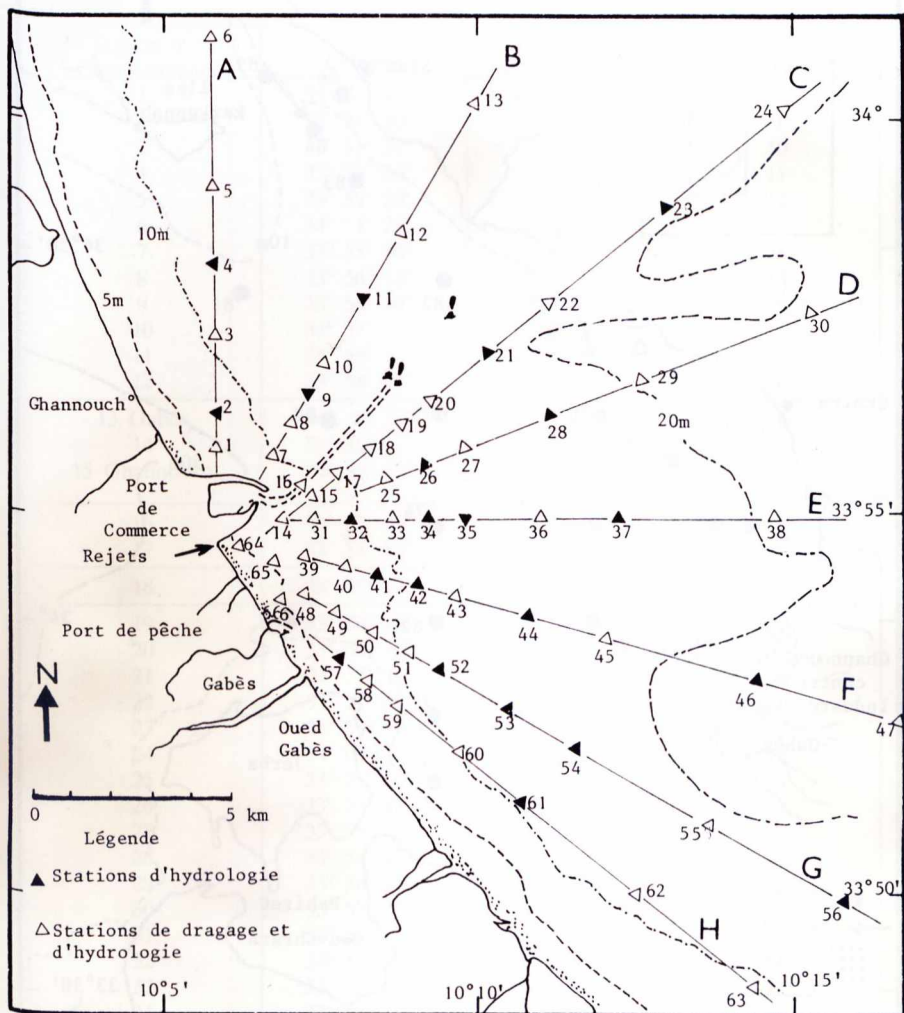


Fig. 2 : Stations au large de Gabès - Channouch
(Premier bilan, 1978)

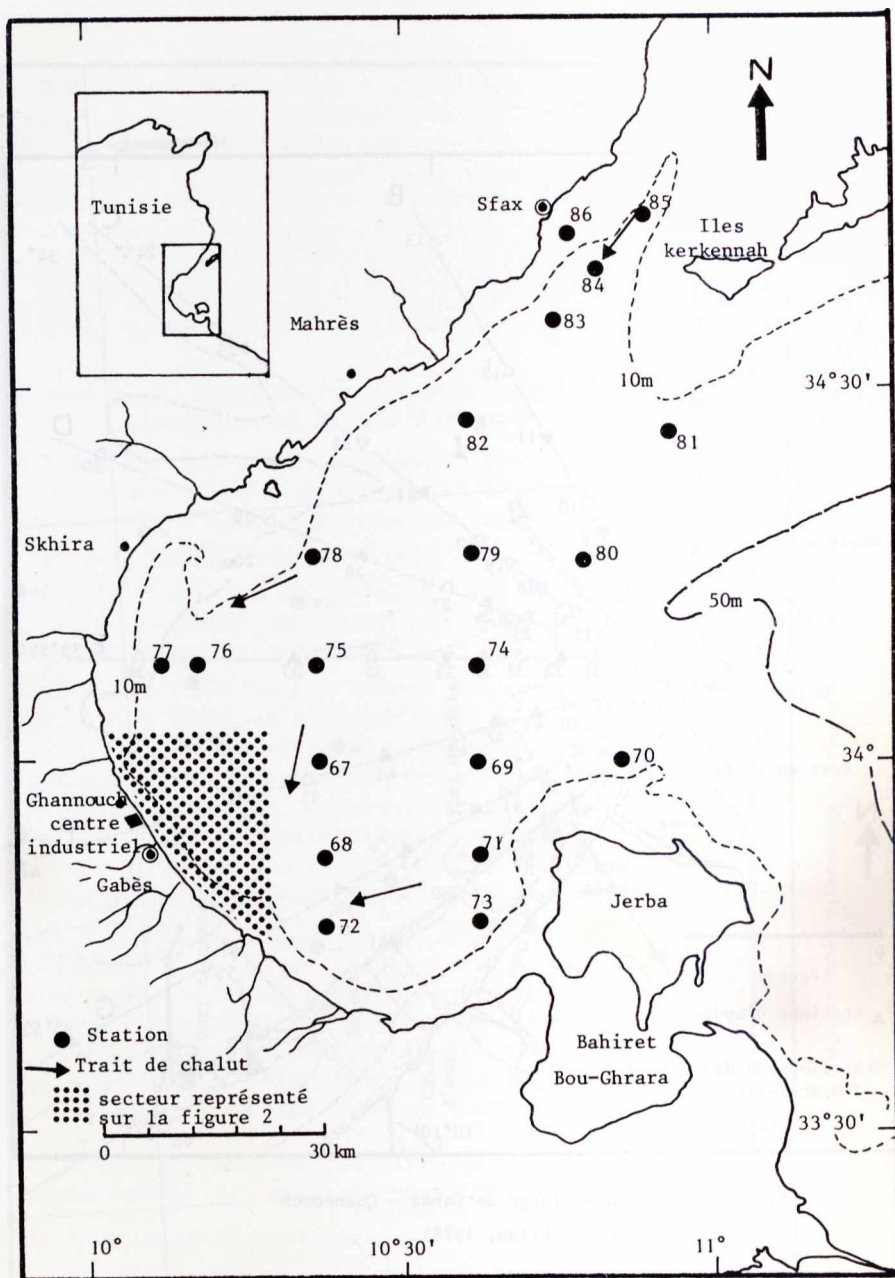


Fig. 3 : Stations prospectées dans l'ensemble de la zone côtière du golfe de Gabès (Deuxième bilan, 1979-1981).

TABLEAU N° 1

Stations : Position et profondeur

Station n° et emplacement	Latitude	Longitude	Profondeur (m)
1	33° 55' 55"	10° 6'	8
2	33° 56' 20"	10° 6'	9
3	33° 57' 25"	10° 6'	10
4	33° 58' 20"	10° 6'	11
5	33° 59' 20"	10° 6'	12
6	34° 1' 25"	10° 6'	12
7	33° 55' 50"	10° 6' 45"	9
8	33° 56' 13"	10° 7'	10
9	33° 56' 40"	10° 7' 15"	11
10	33° 57'	10° 7' 30"	11
11	33° 58'	10° 8' 8"	14
12	33° 58' 45"	10° 8' 40"	16
13 Gabès	34° 0' 25"	10° 10'	16
14	33° 55'	10° 6' 50"	7
15 Ghannouch	33° 55' 15"	10° 7' 20"	
16	33° 55' 25"	10° 7' 15"	11
17	33° 55' 38"	10° 7' 45"	9
18	33° 55' 50"	10° 8' 10"	11
19	33° 56' 10"	10° 8' 40"	12
20	33° 56' 30"	10° 9' 4"	13
21	33° 57' 10"	10° 10' 15"	16
22	33° 57' 50"	10° 11'	19
23	33° 59' 5"	10° 13'	19
24	34° 00' 20"	10° 14' 45"	18
25	33° 55' 30"	10° 8' 30"	11
26	33° 55' 45"	10° 9' 8"	12
27	33° 55' 55"	10° 9' 40"	13
28	33° 56' 15"	10° 11'	17
29	33° 56' 45"	10° 12' 25"	20
30	33° 57' 40"	10° 15' 10"	20
31	33° 55'	10° 7' 25"	9
32	33° 55'	10° 8'	9
33	33° 55'	10° 8' 30"	11
34	33° 55'	10° 9' 10"	12
35	33° 55'	10° 9' 50"	12
36	33° 55'	10° 11'	14
37	33° 55'	10° 12' 10"	15
38	33° 55'	10° 14' 30"	22
39	33° 54' 30"	10° 7' 10"	8
40	33° 54' 20"	10° 7' 50"	9
41	33° 54' 10"	10° 8' 25"	9
42	33° 54' 3"	10° 9'	9

Station n° et emplacement	Latitude	Longitude	Profondeur (m)
43	33° 53' 55"	10° 9' 40"	11
44	33° 53' 40"	10° 10' 45"	13
45	33° 53' 23"	10° 12'	14
46 Gabès	33° 52' 52"	10° 14' 10"	22
47 Ghannouch	33° 52' 20"	10° 16' 35"	24
48	33° 53' 55"	10° 7' 25"	7
49	33° 53' 40"	10° 7' 50"	8
50	33° 53' 30"	10° 8' 20"	9
51	33° 53' 15"	10° 8' 50"	10
52	33° 53'	10° 9' 25"	11
53	33° 52' 30"	10° 8' 25"	12
54	33° 52'	10° 11' 30"	14
55	33° 51'	10° 13' 35"	18
56	33° 49' 58"	10° 15' 40"	12
57	33° 53' 10"	10° 7' 45"	7
58	33° 52' 50"	10° 8' 20"	8
59	33° 52' 35"	10° 8' 45"	9
60	33° 52'	10° 9' 40"	9
61	33° 51' 20"	10° 10' 35"	11
62	33° 50' 5"	10° 12' 25"	11
63	33° 48' 50"	10° 14' 15"	9
64	33° 54' 40"	10° 6' 15"	5
65	33° 54' 20"	10° 6' 45"	6
66	33° 53' 50"	10° 6' 55"	5,5
67	34°	10° 23' 20"	24
68 au large	33° 52' 30"	10° 23' 20"	27
69 de Gabès	34	10° 37' 40"	21
70 Zarat	34°	10° 52'	11
71	33° 52' 30"	10° 37' 40"	15
72	33° 46' 10"	10° 23' 20"	22
73 Adjim	33° 46' 10"	10° 37' 40"	11
74 au large	34° 8'	10° 37' 40"	28
75 de la	34° 8'	10° 23' 20"	24
76 Skhira	34° 8'	10° 12'	18
77	34° 8'	10° 7' 40"	14
78	34° 16'	10° 23' 20"	16
79	34° 16'	10° 37' 40"	35
80	34° 16'	10° 48'	45
81 Bouée n° 8	34° 26' 30"	10° 56'	20
82 Maharès	34° 27' 30"	10° 37' 40"	20
83 au large	34° 35' 10"	10° 46'	14
84 de Sfax	34° 39' 15"	10° 50' 30"	16
85	34° 43' 45"	10° 54' 50"	14
86	34° 42' 10"	10° 47' 10"	7

Les tableaux 2 et 3 contiennent les résultats de quatre missions de prospection. Lors de la première mission (mai-juin 1978), le secteur étudié a été de petite étendue, mais les stations très rapprochées (1 à 66). Pour les trois autres missions, le secteur a été élargi à l'ensemble du golfe de Gabès, d'où une nouvelle répartition des stations (1 à 86) ayant inclu de nouvelles stations et supprimé certaines parmi les anciennes.

TABLEAU N° 2
*Concentrations en phosphore minéral
dans l'eau de mer ($\mu\text{atg} / \text{l PO}_4\text{-P}$)*

Station N°	Mai-juin 1978		Octobre 1979		Juin 1980		Avril 1981	
	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
1	12.88	13.86						
2	7.28	8.70	5.04	2.90	19.32	13.16	17.24	13.56
3	3.96	8.30						
4	1.03	3.02	0.29	3.12	0.64	0.84		
5	0.04	0.08						
6	0.05	0.06	0.24	0.60	0.40	0.16	0.64	0.14
7	16.10	18.06						
8	8.61	21.00						
9	5.32	5.18						
10	1.82	2.09	2.05	2.30	15.40	24.85	3.70	23.10
11	0.46	0.36						
12	0.19	0.84	1.34	1.76	0.12	0.88	0.22	0.34
13	0.32	0.27	1.64	2.42	0.44	1.000		
14	39.20	59.08						
15	42.14	41.93						
16	9.59	16.52						
17	10.64	12.53	19.32	17.50	25.90	30.38	26.60	22.40
18	5.61	6.88	17.08	14.98	9.84	19.88	14.56	39.76
19	5.06	5.12						
20	2.80	4.18						
21	2.90	2.94	3.04	4.04	2.24	4.38		
22	2.10	1.30						
23	1.12	1.23	1.24	3.04	0.85	4.00	0.34	0.54
24	0.88	1.10						
25	9.36	6.40						
26	6.52	5.06						
27	4.80	3.66						
28	3.58	3.96						
29	3.58	3.65						
30	1.36	1.04						
31	30.73	16.10						
32	5.77	9.52						
33	4.01	4.03	8.68	7.28	3.90	10.08		
34	1.45	1.46						
35	1.52	1.62						
36	2.04	1.37	2.70	6.04	0.80	1.00		
37	1.92	2.17						
38	1.48	1.21	1.30	5.96	4.56	7.64	0.58	0.04

Station N°	Mai-juin 1978		Octobre 1979		Juin 1980		Avril 1981	
	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
39	12.67	19.39	13.09	24.50	28.00	21.28	9.08	24.08
40	4.22	3.68						
41	1.92	2.17	11.70	16.10	9.10	11.20		
42	1.88	2.42						
43	1.79	1.58						
44	1.76	1.60	7.56	8.00	5.60	10.10	10.64	14.70
45	1.36	1.60						
46	1.18	1.57	2.50	2.12	16.38	10.64		
47	1.39	1.52						
48	5.88	9.80						
49	2.28	2.50						
50	2.08	2.95						
51	2.83	1.66						
52	1.88	2.72						
53	1.48	2.08						
54	1.40	2.22						
55	1.20	1.48						
56	1.28	1.62						
57	2.88	2.59						
58	6.49	3.85	16.59	11.83	24.08	29.40	20.25	18.48
59	1.79	2.48						
60	1.48	2.19						
61	1.42	1.36						
62	0.92	1.34	4.16	6.72	9.66	13.58	16.80	18.76
63	1.93	1.80						
64	60.40	103.60						
65	6.34	6.34						
66	5.50	5.72						
67			0.69	1.08	3.80	4.04	0.28	0.48
68			1.30	2.29	2.80	3.50	0.94	1.88
69					1.80	2.44	2.54	1.40
70							1.64	0.88
71			1.80	1.04	1.30	1.94	2.70	4.44
72			1.44	2.14	3.82	2.00	4.58	5.42
73			0.76	0.12	1.84	2.14	3.24	3.84
74			0.08	1.02	1.04	1.48	0.16	0.08
75					0.40	0.36	0.14	0.32
76			0.78	0.14	2.04	0.15		
77					0.28	0.20	0.78	0.60
78			0.28	0.20	0.84	1.30	0.42	3.48
79			1.08	0.20	0.10	0.41	0.04	0.04
80					0.04	0.04	0.36	0.14
81					0.04	0.04	0.74	0.04
82			0.04	0.04	1.40	0.04	0.04	0.04
83			0.28	0.53	0.16	0.24	0.28	0.52
84			0.36	1.46	0.94	0.52	0.66	0.40
85			0.18	0.04	0.04	0.04	0.84	2.00
86			11.00	3.80	2.80	5.44	0.28	1.24

TABLEAU N° 3
Concentrations en fluor dans l'eau de mer (g/l F⁻)

Station N°	Mai-juin 1978		Octobre 1979		Juin 1980		Avril 1981	
	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
1	1.82	1.85						
2	1.13	1.17	1.30	1.05	1.15	1.45	1.40	1.55
3	1.02	1.34						
4	1.10	1.16	1.00	0.85	1.00	0.96		
5	0.86	0.94						
6	0.86	0.93	0.92	1.19	0.90	0.90	1.00	1.00
7	2.00	2.02						
8	1.50	1.50						
9	1.42	1.41						
10	1.09	1.13	0.90	1.20	1.55	2.00	1,07	1.74
11	1.10	1.06						
12	1,05	1,09	1.10	1.23	0.90	0.90	1.15	1.00
13	0.96	0.93	0.90	0.90	0.90	0.85		
14	3.66	4.32						
15	3.60	3.79						
16	1.80	2.14						
17	1.50	1.62	2.04	1.52	2.05	1.95	1.90	1.95
18	1.51	1.32	1.83	1.81	1.25	1.70	1.40	1.68
19	1.24	1.26						
20	1.21	1.28						
21	1.14	1.14	1.25	1.00	1.05	1.00		
22	1.09	1.02						
23	1.38	0.94	1.00	1.25	1.00	1.05	1.00	1.10
24	0.97	0.93						
25	1.58	1.55						
26	1.45	1.30						
27	1.16	1.35						
28	1.28	1.13						
29	1.25	1.30						
30	1.07	1.11						
31	2.78	1.64						
32	1.39	1.50						
33	1.02	0.79	1.20	1.15	1.00	1.20		
34	1.07	1.20						
35	1.02	1.06						
36	0.97	0.98	1.00	1.15	0.94	0.97		
37	1.04	1.04						
38	0.98	0.94	0.96	1.15	0.95	1.00	1.05	1.00
39	1.58	1.98	2.05	2.39	2.10	1.25	1.45	1.84
40	1.35	1.14						
41	1.06	1.06	2.10	1.80	1.45	1.65		
42	1.12	1.20						
43	1.05	1.12						
44	0.96	1.05	1.58	1.64	1.05	1.20	0.85	1.05
45	0.78	0.90						

Station N°	Mai-juin 1978		Octobre 1979		Juin 1980		Avril 1981	
	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
46	0.95	0.94	1.20	1.15	0.95	1.20		
47	1.05	1.08						
48	1.41	1.48						
49	0.91	1.27						
50	1.05	1.21						
51	1.17	1.17						
52	1.10	1.05						
53	0.93	0.95						
54	0.93	0.91						
55	1.16	1.16						
56	0.93	0.97						
57	0.83	0.86						
58	1.24	0.93	1.83	1.54	1.80	2.30	1.10	2.05
59	0.84	0.86						
60	1.00	1.17						
61	0.85	0.87						
62	1.10	1.11	2.26	1.58	1.25	1.55	1.25	2.00
63	0.92	0.92						
64	5.30	11.50						
65	1.54	1.45						
66	1.63	1.52						
67			1.05	0.90	1.25	1.20	1.10	0.80
68			1.05	1.20	0.95	1.10	1.00	1.10
69							1.00	1.25
70							0.70	1.10
71			1.00	1.05	0.95	1.00	1.10	1.05
72			1.08	1.30	0.92	1.00	0.85	0.80
73			1.00	1.05	1.00	0.95	1.10	0.80
74			1.00	1.00	0.92	0.96	0.98	1.05
75							1.05	1.15
76			0.70	0.90	0.84	0.76		
77							0.60	1.05
78			1.00	0.95	0.80	0.85	0.70	1.00
79			1.00	1.05	0.90	0.95	1.05	0.98
80					0.85	1.00	1.05	1.00
81					0.85	0.90	0.95	0.70
82			1.00	1.00	0.95	0.90	1.05	1.10
83			1.00	1.00	0.95	1.00	1.05	0.97
84			1.05	1.10	0.90	0.96	1.10	1.02
85			1.00	1.00	0.90	0.80	0.80	1.00
86			1.58	1.32	0.97	1.47	1.00	0.70

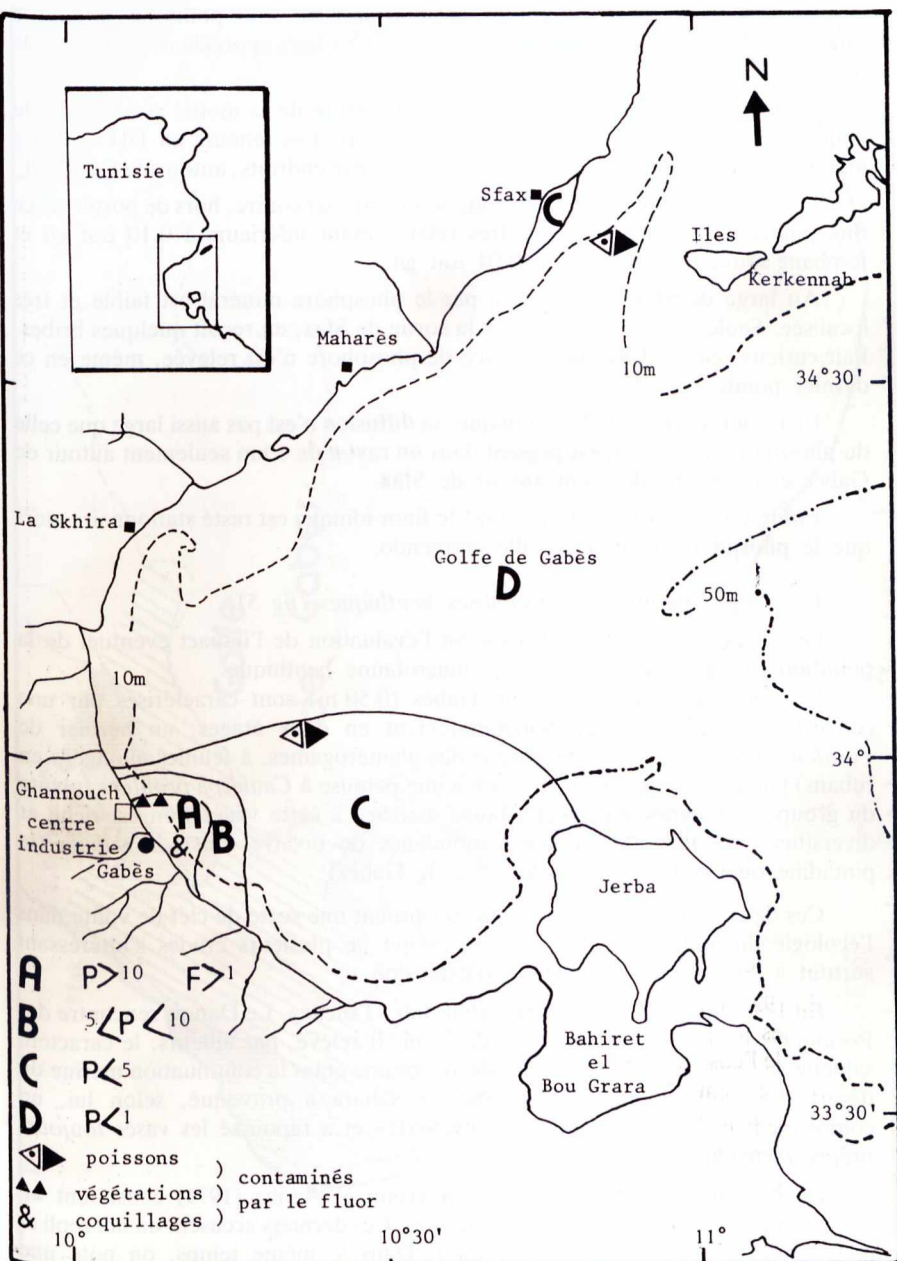


Fig. 4 : - Vue générale de la pollution dans le golfe de Gabès
 - Phosphate (P en $\mu\text{atg/l}$) Fluor (F en g/l) dans l'eau de mer
 - Fluor (en ppm) dans les organismes marins.

La distribution du phosphore minéral montre une pollution intense à l'intérieur du triangle situé en face de Gabès où les taux approchent le seuil de 40 $\mu\text{at. g/l P04} - \text{P}$.

Cette pollution se répand dans la quasi-totalité de la moitié côtière sud du golfe de Gabès (secteur entre Gabès et Djerba). Les teneurs en P04 — P s'y maintiennent au-dessus de 1 $\mu\text{at g/l}$ et montent, par endroits, autour de 5 $\mu\text{at. g/l}$.

Les eaux de la moitié nord du golfe semblent, par contre, hors de portée de ce flux polluant; la plupart des chiffres relevés étant inférieurs à 0.10 $\mu\text{at g/l}$ et tombant souvent au-dessous de 0.04 $\mu\text{at g/l}$.

Au large de Sfax, la pollution par le phosphore minéral est faible et très localisée. Seule la station 86, juste à la sortie de Sfax, en reçoit quelques bribes. Fait curieux, en avril 81 aucune trace de phosphore n'est relevée, même en ce dernier point.

En ce qui concerne le fluor ionique, sa diffusion n'est pas aussi large que celle du phosphore minéral. Il est présent dans un rayon de 6 km seulement autour de Gabès et de moins de 2 km autour de Sfax.

Enfin, entre mai 1978 et avril 1981 le fluor ionique est resté stationnaire alors que le phosphore minéral est allé crescendo.

II — Cartographie des biocénoses benthiques (fig 5).

Le deuxième volet de ce travail est l'évaluation de l'impact éventuel de la pollution sur les peuplements de la macrofaune benthique.

Les fonds côtiers du golfe de Gabès (0-50 m) sont caractérisés par une couverture végétale divisée horizontalement en deux étages, un herbier de *Posidonia oceanica* (plante du groupe des phanérogames, à feuilles allongées en rubans) laissant progressivement place à une pelouse à *Caulerpa prolifera* (plante du groupe des algues vertes). La faune associée à cette végétation est riche et diversifiée, marquée surtout par l'abondance du bivalve *Pinctada radiata* (la pintadine ou l'huître perlière du golfe de Gabès).

Ces deux biocénoses côtières qui constituent une sorte de clef de voûte dans l'écologie du golfe de Gabès ont été l'objet de plusieurs études s'intéressant surtout à leurs limites respectives d'extension.

En 1925, lors de l'expédition du chalutier «Tanche», Le Danois rencontre des Posidonies jusqu'à une profondeur de 30 m. Il relève, par ailleurs, le caractère sableux de l'ensemble du golfe qu'il décrit comme étant la continuation marine du désert. Le vent du sud qui traverse le Sahara a provoqué, selon lui, un comblement progressif du golfe «petite Syrte» et a repoussé les vases toujours prêtes à envahir.

De Gaillande (1970) puis Ktari-Chakroun et Azouz (1971) constatent un empiètement des caulerpes sur les posidonies. Ces derniers accusent un net repli et disparaissent à partir de 15 m de fond. Dans le même temps, on note une tendance des fonds côtiers à l'envasement, par les alluvions des nombreux oueds débouchant dans le golfe.

On commence alors à parler d'une régression de l'herbier des posidonies, par suite de cet envasement. Et De Gaillande d'ajouter une seconde raison,

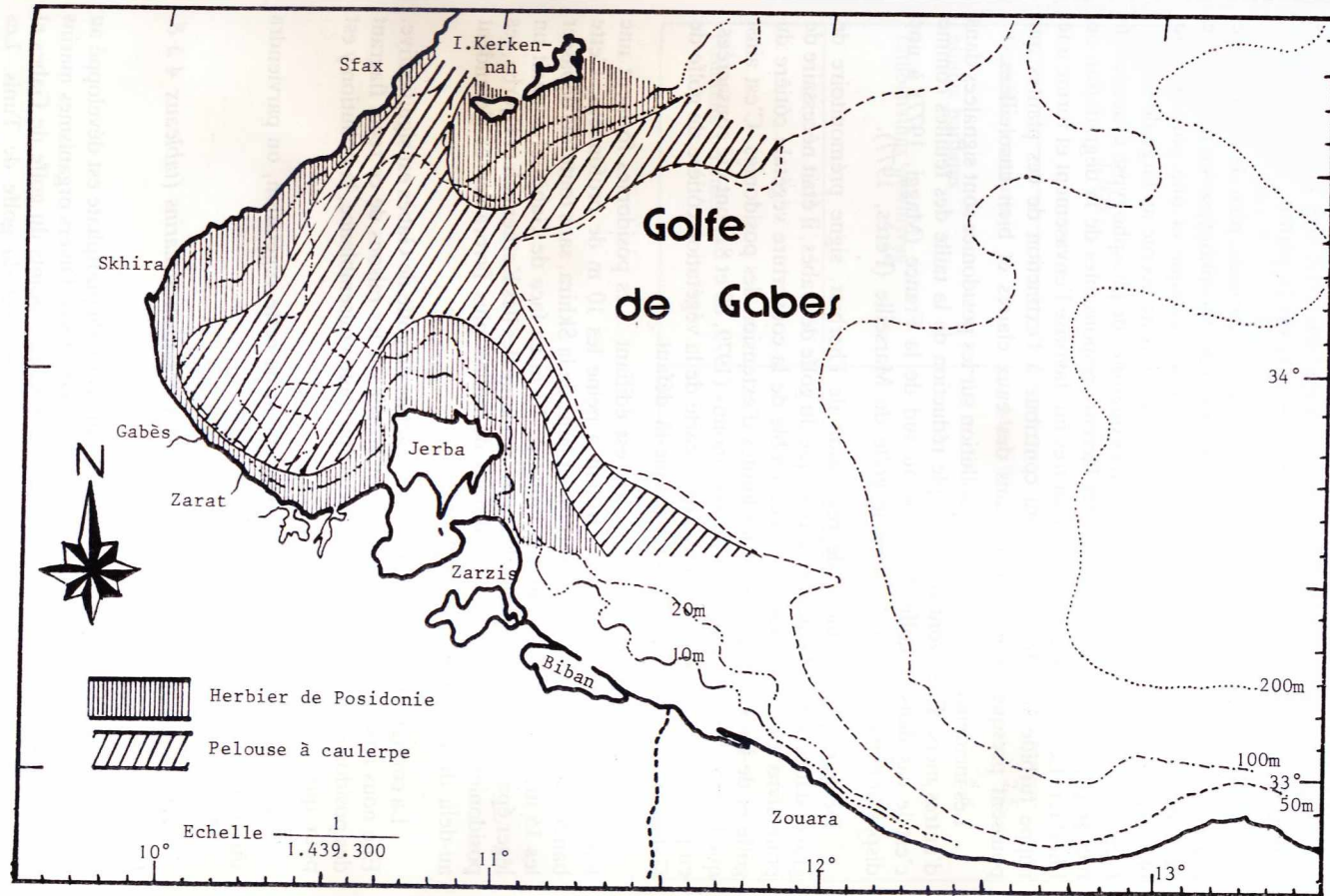


Fig. 5 : Couverture végétale du golfe de Gabès

l'encroûtement de la tige des plants de posidonies par des algues calcaires, affection qui conduit inéluctablement à la mort de la plante.

Dès les premières années de la mise en œuvre de notre plan de surveillance (1976-78), nous avons souligné une accumulation du phosphogypse sur une surface de 230 hectares environ créant ainsi un territoire azoïque et une poursuite du phénomène de régression des posidonies avec intensité accrue au large de Gabès. Il est alors apparu certain que ces énormes quantités de phosphogypse évacuées en mer se placent désormais en tête des facteurs responsables de la dégradation de l'herbier. Le phosphogypse, matériau très fin, favorise l'envasement et forme une nappe turbide sur l'herbier, ce qui contribue à l'extinction de ces plantes qui poussent presque exclusivement dans des eaux claires et bien ensoleillées.

Les incidences négatives de la pollution sur les posidonies sont signalées dans d'autres mers. Elles vont d'une simple réduction de la taille des feuilles comme c'est le cas dans le golfe de Giens au sud de la France (Maggi, 1977) à une disparition pure et simple dans le golfe de Marseille (Pèrès, 1977).

Devant ce phénomène de régression de l'herbier, signe prémonitoire de graves dangers pour l'équilibre écologique du golfe de Gabès, il était nécessaire de poursuivre les investigations sur l'ensemble de la couverture végétale côtière du golfe et de fixer avec précision les limites d'extension des posidonies. C'est ainsi que les trois dernières missions du «Hannoun» (1979, 80 et 81) ont été consacrées, en partie bien sûr, à la confection de la carte de la végétation côtière du golfe de Gabès (fig 5), document faisant jusque-là défaut.

Le paysage offert par cette carte est édifiant. Les posidonies forment une bande très étroite devant Sfax, frôlant à peine les 10 m de profondeur. Cette bande gagne sensiblement du terrain au large de la Skhira, sans toutefois dépasser les 15 m, revient à nouveau à la limite de 10 m en face de Gabès et connaît un léger épanouissement à partir de Zarat. Au large des îles Kerkennah et Djerba, les posidonies rencontrent des conditions de milieu plus favorables et s'étendent au-delà de l'isobathe des 20 mètres.

La configuration de la couverture végétale du golfe de Gabès est significative. Elle nous amène forcément à nous interroger sur les raisons de ce recul flagrant des posidonies devant Gabès et Sfax. Selon toute vraisemblance, la pollution y est pour quelque chose.

Avec un suivi continu du comportement de cette végétation, on parviendra sûrement à mieux élucider ce phénomène.

III. — Accumulation du fluor dans les organismes marins (tableaux 4 à 8, fig 4).

Cet aspect de l'impact des rejets de l'industrie du phosphate est développé au cours de la deuxième période de cette étude (1979-81). Divers organismes marins sont récoltés par dragage ou chalutage en plusieurs points du golfe de Gabès et étudiés en comparaison avec des témoins provenant du golfe de Tunis. Les poissons sont capturés dans des endroits où l'eau de mer présente des teneurs normales en fluor.

TABLEAU N° 4

*Taux de fluor ($\mu\text{g F/g}$ poids frais) dans des échantillons
de référence (poissons et phanérogames) prélevés
dans le golfe de Tunis (Korbous, 20-30 m de profondeur)*

Espèce	Date de prélèvement	$\mu\text{g F/g}$ P.F.	
		Squelette axial	Chair
Diplodus annularis	Mai 1981	59.4	2.5
Mullus barbatus		47.8	2.6
Lithognathus mormyrus		90.4	1.7
Posidonia océanica		Racine	feuille
		4.0	3.5

TABLEAU N° 5

*Taux de fluor ($\mu\text{g F/g}$ poids frais) dans des poissons
provenant de la zone côtière du golfe de Gabès*

Espèce	Lieu de prélèvement	Date de prélèvement					
		Octobre 1979		Juin 1980		Avril 1981	
		Squelette axial	Chair	Squelette axial	Chair	Squelette axial	Chair
Diplodus annularis	Sfax	67.2	3.2	85.4	2.3	267.0	2.0
	Skhirra	—	—	42.0	1.4	152.0	2.0
	Gabès	50.9	5.0	267.2	3.1	18.0	2.0
	Zarrat	—	—	—	—	40.0	2.0
Mullus barbatus	Sfax	63.6	2.6	—	—	75.0	1.0
	Skhirra	—	—	41.0	1.8	43.0	1.0
	Gabès	24.6	1.2	38.1	2.1	68.0	2.0
	Zarrat	—	—	—	—	37.0	1.0
Lithognathus mormyrus	Gabès	103.7	2.7	—	—	30.0	2.3
	Zarrat	—	—	—	—	36.4	2.6
Pagrus ehrenbergi	Gabès	—	—	80.6	2.6	—	—

TABLEAU N° 6

Taux de fluor ($\mu\text{g F}^-/\text{g}$ poids frais) dans des crevettes
provenant de la zone côtière du golfe de Gabès

Espèce	Lieu de prélèvement	Date de prélèvement					
		Octobre 1979		Juin 1980		Avril 1981	
		Carapace	Chair	Carapace	Chair	Carapace	Chair
Penaeus Kerathurus	Sfax	—	—	135.5	2.8	72.0	2.0
	Skhirra	—	—	183.3	2.3	41.0	2.7
	Gabès	125.6	3.0	—	—	120.0	1.7
	Zarrat	—	—	—	—	73.6	1.3

TABLEAU N° 7

Taux de fluor ($\mu\text{g F/g}$ poids frais) dans des
végétaux provenant de la zone côtière du golfe de Gabès

Posidonia oceanica				Caulerpa prolifera		
Station n°	Date de prélèvement	$\mu\text{g F}^- / \text{g P.F.}$		Station n°	Date de prélèvement	$\mu\text{g F}^- / \text{g P.F.}$
		Racine	Feuille			
74	octobre 1979	2.7	1.2	12	octobre 1979	13.0
				17		27.1
				41		5.5
				62		7.6
4	juin 1980	12.3	6.4	85		8.9
15	—	1456.4	—			
38	—	—	6.7			
41	—	16.8	10.6	4	Juin 1980	7.2
58	—	7.4	10.9	12	—	9.0
62	—	11.7	6.6	18	—	18.9
69	—	1.7	1.3	36	—	4.2
74	—	3.4	4.7	41	—	1.6
75	—	3.4	3.7	77	—	1.5
79	—	2.0	1.3	78	—	3.3
				79	—	2.3
				84	—	1.6

TABLEAU N° 8

Taux de fluor ($\mu\text{g F/g}$ poids frais)
dans les pintadines (*Pinctada radiata*) du golfe de Gabès

Station n°	Date de prélèvement	$\mu\text{g F/ g P.F.}$
	Octobre 1979	
17		12.0
38		1.5
41		1.0
67		3.4
85		2.6
86		1.4
	Juin 1980	
4		2.9
18		2.6
38		2.3
41		2.3
58		2.1
62		1.8
67		2.5
73		2.4
78		3.0
79		2.8
83		3.3
85		3.0
86		3.3

Le fluor est mesuré dans plusieurs organes (squelette et chair de poissons, carapace et chair de crevettes, valves de coquillages, racines et feuilles de posidonies, morceaux de caulerpes). Il est dosé au moyen d'une électrode spécifique (méthode potentiométrique) après attaque à la soude (Cooke. J.A., Johnson. M.S. and Davison W. A, 1976).

A titre de rappel, soulignons que le fluor se fixe préférentiellement dans les parties squelettiques et légèrement dans la peau. Sa présence dans les muscles et les autres organes est toujours insignifiante (Wright et Davison, 1975). Des taux élevés dans les organes squelettiques provoquent l'effritement (fluoroses).

D'une façon générale, les teneurs relevées dans les quelques espèces représentatives de la faune et de la flore du golfe de Gabès sont équivalentes à celles notées dans les témoins du golfe de Tunis. Elles sont aussi concordantes avec les chiffres obtenus par Wright et Davison sur des spécimens de la côte anglaise de Northumberland (1975) jugés conformes aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.).

Cependant, quelques teneurs signifiant bel et bien une contamination sont à signaler pour :

- Le poisson *Diplodus annularis* (sparailon ou spars) : 267 PPm dans le squelette axial de spécimens capturés à Gabès (juin 80) et à Sfax (avril 81).

- Les végétaux (posidonies et caulerpes) : 10 à 27 PPm dans des plantes récoltées dans le secteur pollué de Gabès. Les racines de posidonies mortes récupérées dans la zone azoïque en accumulent jusqu'à 1500 PPm.

- Les pintadines (l'huitre perlière) : 12 PPm en octobre 79 dans un échantillon provenant du secteur pollué de Gabès.

Au total, sur 109 échantillons analysés, une bonne douzaine apparaît plus ou moins contaminée.

Résumé et Conclusions :

Six années de recherches conduites à l'INSTOP sur l'impact des rejets de l'industrie du phosphate dans le golfe de Gabès permettent de brosser le tableau ci-après :

- La qualité de l'eau de mer est affectée dans toute la moitié côtière sud du golfe de Gabès. Elle semble normale dans toute sa moitié nord, même au large de Sfax.

- L'herbier des posidonies est en régression continue. Deux contraintes principales semblent jouer dans cette dégradation, à savoir l'envasement et la pollution.

- Les tissus d'organismes marins récoltés dans la région présentent des teneurs élevées en fluor.

- La pollution est maximale au large de Gabès-Ghannouch.

- Le stockage du phosphogypse à terre atténue certainement l'effet de la pollution. Les usines de Sfax en ont fourni la démonstration. Cette étude ne prétend nullement avoir tout révélé sur ce phénomène de pollution. Elle n'en a touché que quelques aspects. Bien d'autres restent occultes, notamment les traces

de métaux lourds (cadmium, arsenic...) qui sont susceptibles d'amener, à moyen et long terme, des troubles graves.

D'autre part, ce type de surveillance est à poursuivre car l'industrie du phosphate ne fait que se répandre et gagner de nouveaux sites. A la Skhira, localité située entre Sfax et Gabès, une importante usine entrera incessamment en production et cela n'est pas sans amplifier le risque de pollution.

BIBLIOGRAPHIE

- COOKE J.A., M.S. JOHNSON, A.W. DAVID; 1976. — Determination of fluoride in vegetation : A review of modern techniques. *Environ. Pollut.* 11 : 257-268.
- DARMOUL B., P. VITIELLO, M. HADJ ALI SALEM; 1978. — Impact des rejets de l'industrie de transformation du minerai de phosphate sur l'environnement marin. *Comm. Int. Explor. Scient Mer Méditer.* IVèmes journées d'études sur les pollutions marines en Médit; Antalya — Turquie, 24-27 Nov. 1978.
- DARMOUL B., M. HADJ ALI SALEM, P. VITIELLO; 1980. — Effets des rejets industriels de la région de Gabès (Tunisie) sur le milieu marin récepteur. *Bull. Inst. Natn. Scient. Techn. Océanogr. Pêche Salambô*, 7 : 5-61.
- DE GAILLANDE D.; 1970. — Peuplements benthiques de l'herbier de *Posidonia Oceanica* (Delile), de la pelouse à *Caulerpa prolifera* Lamouroux et du large du golfe de Gabès. *Tethys*, 2 (2) : 373-384.
- KTARI-CHAKROUN F., A. AZOUZ ; 1981. — Les fonds chalutables de la région Sud-Est de la Tunisie (Golfe de Gabès). *Bull. Inst. Natn. Scient. Tech. Océanogr. Pêche Salambô*, 2 (1) : 5-47.
- LE DANOIS E.; 1952. — Recherches sur les fonds chalutables des côtes de la Tunisie (croisière du chalutier «Tanche» en 1924. *Annls Stn océanogr. Salambô*, 1 : 1-56, 1 carte.
- MAGGI P., Y. GRUET, P. LASUS; 1977. — Influence de la pollution urbaine sur la vitalité des herbiers à Posidonies dans le golfe de Giens (Var). *Science et Pêche*, 269 : 5-13.
- PERES J.M.; 1977. — Utilité et importance de l'herbier de Posidonies en Méditerranée. *Bull. Off. natn. Pêches, Tunisie*, 1 (1) : 3-8.
- WRIGHT D.A., A.W. DAVISON; 1975. — The accumulation of fluoride by marine and intertidal animals. *environ. Pollut.*, 8 : 1-13.