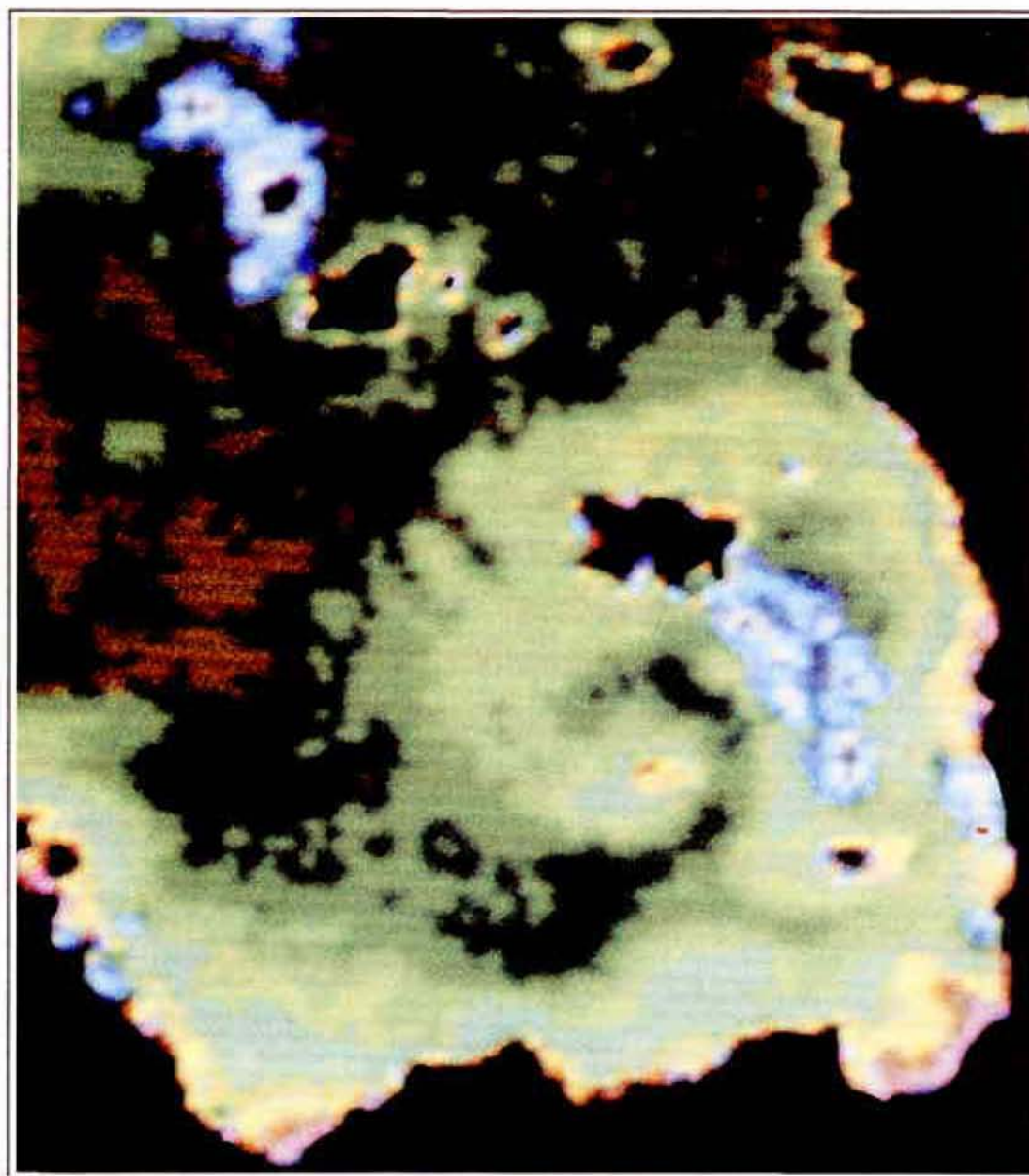
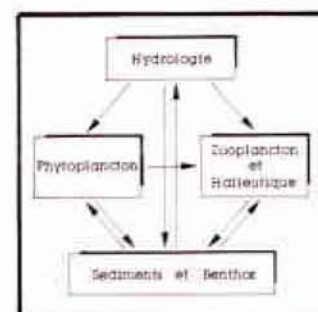
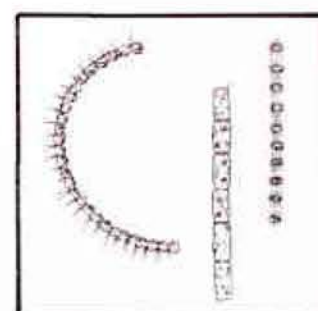


# GOLFE NORMANO-BRETON

Etude Régionale Intégrée

## 2. Milieu pélagique



En couverture:

Température superficielle du Golfe Normano-Breton,  
le 16 avril 1984

NOTER :

- le gradient thermique existant entre les eaux en cours de réchauffement du fond du golfe (couleurs claires) et les eaux plus froides de la Manche (couleurs sombres), gradient particulièrement marqué entre Jersey et Guernesey (front) ;
- la pénétration des eaux de la Manche dans le Golfe par le S-O ;
- la circulation cyclonique, très apparente autour des Minquiers. (Observation : les taches bleutées correspondent à des nuages).

*Image NOAA 7 du 16.04.1984 (15h06)*

*Traitement IFREMER DI/DLS - DEROIAT (C.VERCELLI)*

**ETUDE REGIONALE INTEGREE  
DU GOLFE NORMANO - BRETON**

**THEME II**

**MILIEU PELAGIQUE**

IFREMER  
 Centre de BREST  
 S.D.P.  
 B.P. 70  
 29263 PLOUZANE  
 Tél. : 98.22.40.40  
 Télex 940 627

DIRECTION ENVIRONNEMENT  
 ET RECHERCHES Océaniques

DEPARTEMENT ENVIRONNEMENT LITTORAL

AUTEUR(S) : LE HIR P., P. BASSOULLET, E. ERARD M. BLANCHARD, D. HAMON, A.M. JEGOU & IRIEC		CODE : N° <u>DERO-86_27-EL</u>
TITRE : ETUDE REGIONALE INTEGREE DU GOLFE NORMANO-BRETON, Présentation de l'étude 6 VOLS : I - Cadre physique : Hydrodynamique et Sédimentologie II - Milieu pélagique III - Benthos subtidal IV - Estrans et zones humides V - Aspects socio-économiques et juridiques VI - Etude particulière : Baie du Mont St-Michel		Date : Juillet 1986 Tirage nb :
CONTRAT (intitulé) N° <u>CEE-ENV.842 F</u>	Nb pages (I) 4 + 265 ; (II) 8 + 143 ; (III) 10 + 180 ; (IV) 10 + 182 + 1 c. (V) 9 + 277 ; (VI) 5 + 303	DIFFUSION Libre <input type="checkbox"/> Restreinte <input type="checkbox"/> Confidentielle <input type="checkbox"/>

**RESUME** Ce rapport en 6 volumes est le résultat d'une étude pluridisciplinaire (6 thèmes correspondant aux volumes du rapport), réalisée sur un secteur géographique bien délimité, présentant des caractéristiques physiques et biologiques particulières (très fort marnage, grande hétérogénéité des fonds, forte production biologique à base de mollusques filtreurs ...), et siège d'activités humaines importantes et diversifiées (essentiellement basées sur l'exploitation des ressources du milieu). L'étude fait suite à un Livre Blanc établi en 1982, synthétise les données existantes, et les complète par des travaux originaux sur la connaissance des mécanismes naturels, en particulier de ceux qui ont une relation directe ou indirecte avec les activités humaines (processus dynamiques et sédimentologie, production biologique des divers compartiments de l'écosystème ...). Elle aborde également les aspects socio-économiques et juridiques particuliers à cette région.

Programme IFREMER avec la participation de nombreux collaborateurs extérieurs, dont l'IRIEC pour l'étude de la baie du Mont St Michel ; cofinancé par l'IFREMER et la CEE (Contrat ENV. 842 F pour les années 1984-85).

**Mots-clés** . Manche Ouest, Iles Anglo-Normandes, Mont St Michel, zone côtière, Manche, Ille & Vilaine, Côtes du Nord, Hydrodynamisme, sédimentologie, Pelagos, Benthos, Estrans & Zones Humides, Modélisation, Economie, Droit, Pêche, Conchyliculture, Extraction Granulats, Tourisme, Trafic maritime, Usine marémotrice, Protection Environnement.



Ifremer Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

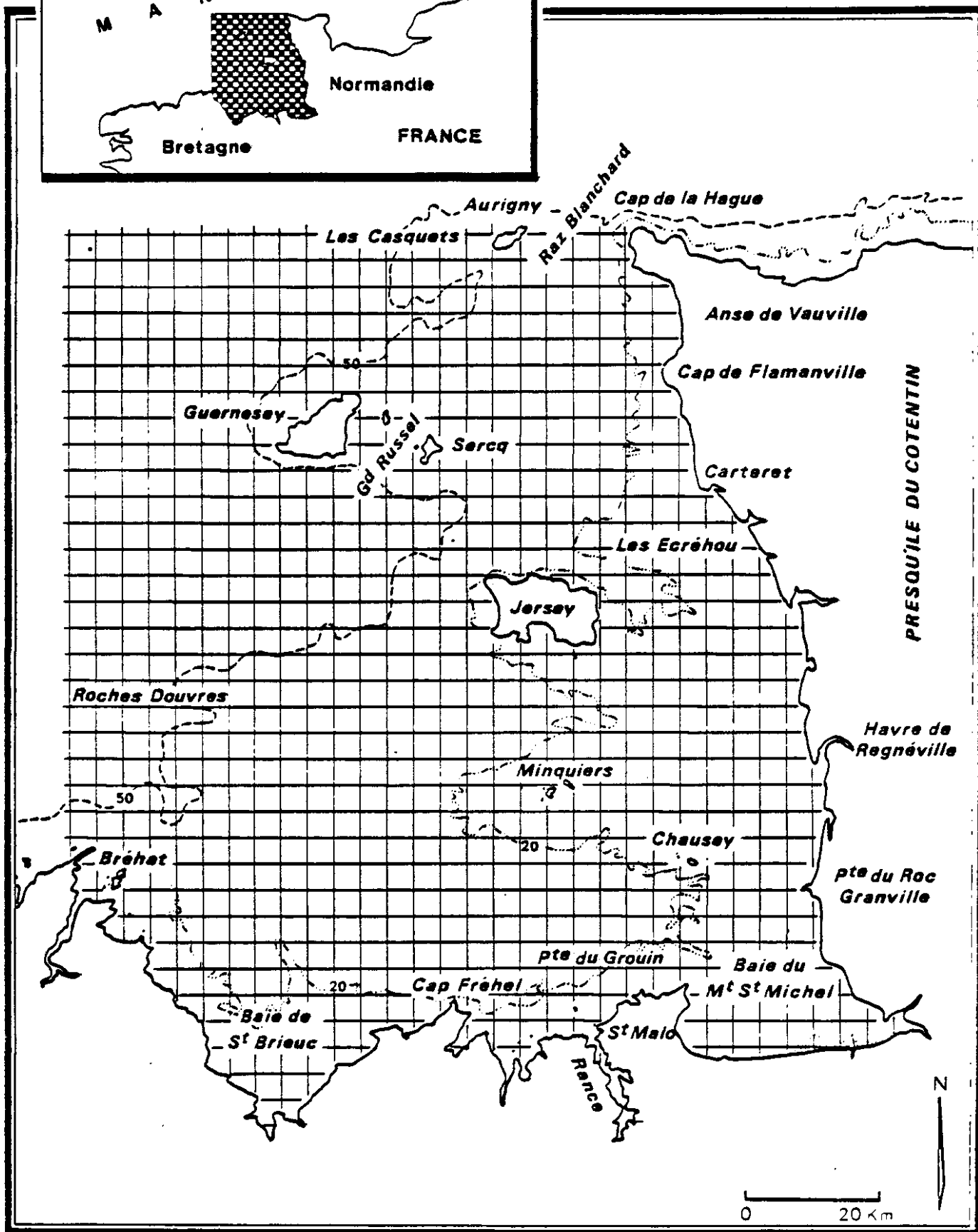
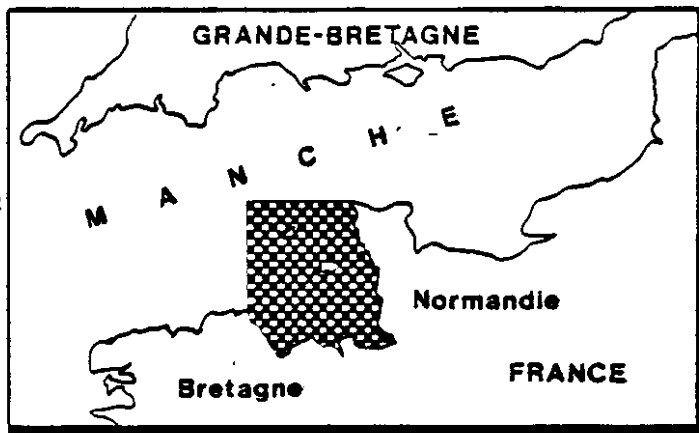
**IFREMER**

ETUDE REGIONALE INTEGREE DU GOLFE NORMAND-BRETON

- PRESENTATION DE L'ETUDE  
CADRE PHYSIQUE : HYDRODYNAMIQUE  
ET SEDIMENTOLOGIE  
THEME I
- MILIEU PELAGIQUE  
THEME II
- BENTHOS SUBTIDAL  
THEME III
- ESTRANS ET ZONES HUMIDES  
THEME IV
- ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES  
ET JURIDIQUES  
THEME V
- ETUDE PARTICULIERE :  
BAIE DU MONT SAINT-MICHEL  
THEME VI

THEMES I A V : IFREMER ET COLLABORATEURS

THEME VI : IRIEC ET COLLABORATEURS



**Golfe Normano-Breton**  
**Plan de Situation, Bathymétrie et Toponymie**

**T H E M E   I I**

**MILIEU PELAGIQUE**

Coordination : E. ERARD

**INTRODUCTION**

**CHAP. I : VARIATIONS SPATIALES**

G. ARZUL, E. ERARD, G. LE FEVRE-LEHOÉRF, F. QUINIOU  
C. VERCELLI

**CHAP. II : VARIATIONS SAISONNIERES**

E. ERARD, P. GENTILEN, J.Y. QUINTIN

**CONCLUSION**

**BIBLIOGRAPHIE**

**ANNEXES**

INTERVENANTS

Coordination : E. ERARD - IFREMER - Centre de Brest

	INTERVENANTS	PARTICIPATION TECHNIQUE
	IFREMER - Centre de Brest - Département DERO/EL	
Téledétection	C. VERCELLI **	M.P. CRASSOUS P. CRASSOUS * M.M. DANIELOU A. DERRIEN M. LUNVEN A. YOUENOU G. YOUENOU
Hydrologie : Variations spatiales Variations saisonnières	G. ARZUL P. GENTIEN	
Phytoplancton	E. ERARD	
Zooplancton	G. LE FEVRE-LEHOËRFF F. QUINIOU J.Y. QUINTIN	

\* Département DERO/EP

\*\* Département DERO/AT



## SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE .....	page 1
CHAPITRE I. VARIATIONS SPATIALES .....	3
INTRODUCTION .....	4
I.1 - EVOLUTION DES STRUCTURES THERMIQUES DE SURFACE PAR TELEDETECTION .....	5
I.1.1 - Introduction .....	5
I.1.2 - Caractéristiques des données et traitement .....	6
I.1.3 - Interprétation .....	7
I.1.3.1 - Zonation .....	7
I.1.3.2 - Le front Jersey - Guernesey .....	8
I.1.3.3 - Les "croissants de Jersey" .....	9
I.1.3.4 - Variations saisonnières .....	11
- Saison hivernale .....	11
- Saison estivale .....	11
I.1.4 - Conclusion .....	14
Annexe I.1 - Télédétection - Méthodologie .....	119
I.2 - HYDROLOGIE .....	15
I.2.1 - Variations spatiales des températures .....	15
I.2.2 - Variations spatiales des salinités et sels nutritifs .....	20
I.2.3 - Axes de dilutions. Points fixes .....	25
Conclusion .....	25
Annexes I.2.1 - Hydrologie - Méthodologie.....	124
I.2.2 - Points pélagos (Etudes des paramètres : hydrologie, phytoplancton, zooplancton) ..	125
I.2.3 - Coordonnées nominales des points du Golfe Normano-Breton .....	126
I.3 - VARIATIONS SPATIALES DU PHYTOPLANCTON .....	26
I.3.1 - Généralités .....	26

I.3.2 - structure hydrobiologique en période printanière .	28
I.3.2.1 - Zone Sud-Chausey .....	28
- En avril 1980 .....	28
- En mai 1981 .....	28
- En juin 1981 .....	33
I.3.2.2 - Zone du large .....	33
I.3.2.3 - Campagne de juin 1982 .....	33
I.3.3 - Structures hydrobiologiques en période estivale ..	38
I.3.3.1 - Zone Sud-Chausey .....	38
I.3.3.2 - Zone du large .....	38
I.3.4 - Conclusion .....	43
Annexes I.3.1 - Phytoplancton - Méthodologie .....	127
I.3.2 - Liste des espèces phytoplanctoniques présentes lors des différentes études (1976 - 1984) .....	128
 I.4 - LE ZOOPLANCTON.....	 44
1.4.1 - Liste faunistique .....	44
1.4.2 - Répartition spatiale du plancton total - Biomasse.	46
1.4.3 - Répartition spatiale des espèces zooplanctoniques.	47
I.4.3.1 - Introduction .....	47
I.4.3.2 - La faune côtière .....	47
- Holoplancton côtier .....	50
- Les larves de crustacés .....	54
- Les larves de mollusques .....	56
I.4.3.3 - La faune du large .....	61
I.4.4 - Conclusion .....	70
Annexes I.4.1 - Liste faunistique .....	132
I.4.2 - Zooplancton - Méthodologie .....	139
I.4.3 - Points de prélèvements : larves de mollusques .....	140
I.4.4 - Coordonnées nominales des points du Golfe Normano-Breton pour l'échantil- lonnage des larves de mollusques .....	141
 CONCLUSION VARIATIONS SPATIALES .....	 72

<b>CHAPITRE II. VARIATIONS SAISONNIERES</b> .....	74
II.1 - INTRODUCTION.....	75
II.2 - METHODOLOGIE .....	77
II.3 - RESULTATS .....	78
II.3.1 - Température .....	78
II.3.2 - Salinité .....	78
II.3.3 - Sels nutritifs azotés : nitrate, nitrite, ammonium .....	81
II.3.4 - Phosphate .....	87
II.3.5 - Silicate .....	87
II.3.6 - Chlorophylle .....	87
II.3.7 - Phaeopigments .....	91
II.3.8 - Production primaire .....	91
II.3.9 - Microplancton .....	91
II.3.10 - Nanoplancton .....	96
II.3.11 - Zooplancton total .....	96
II.3.12 - Biomasse zooplanctonique .....	99
II.3.13 - Azote organique .....	99
II.3.14 - Copépodes .....	99
II.3.15 - Larves de Brachyours .....	99
II.3.16 - Larves d'Annélides .....	103
II.3.17 - Larves de Mollusques .....	103
II.3.18 - Oikopleura dioica .....	103
II.3.19 - Oeufs de poissons .....	103
II.4 - CONCLUSION VARIATIONS SAISONNIERES .....	108
Annexes II.1 - Définition des zones .....	142
II.2 - Espèces phytoplanctoniques dominantes .....	143
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	110
<b>BIBLIOGRAPHIE GENERALE</b> .....	112
<b>ANNEXES</b> .....	118

**INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

La connaissance du système pélagique du Golfe Normano-Breton repose pour l'essentiel sur des études fragmentaires réalisées sous la conduite des équipes IFREMER/Centre de Brest (Départements DERO/EL et DERO/AT\*), sans participation de laboratoires extérieurs.

La base de données acquises provient des différents travaux entrepris lors :

a) des études des sites prévus par E.D.F. pour les grands aménagements énergétiques sur le littoral, les études d'avant-projet, de projet et de suivi ainsi réalisés ayant pour but de définir l'état de référence du milieu et de permettre la prise en compte des contraintes d'ordre écologique :

- centrale nucléaire de Flamanville (de 1976 à 1978 et depuis 1983),

- projet d'usine marémotrice du Sud-Chausey et Cotentin Centre (de 1980 à 1983) ;

b) de l'étude pélagique intégrée du Golfe Normano-Breton destinée à définir les structures spatiales en relation avec la circulation générale du golfe (campagne N/O "Noroit" en 1980 et 1981 et campagne N/O "Cryos" en 1982) ;

c) de l'étude sur les larves de mollusques offrant un intérêt commercial (de 1982 à 1985).

Deux chapitres du présent volume synthétisent l'ensemble des résultats dégagés lors de ces différentes études :

Le premier prend en compte les données recueillies lors de la couverture de la superficie totale du golfe aux périodes printanières et estivales. Ces campagnes synoptiques définissent des structures spatiales aux périodes les plus productives.

Le deuxième aborde le suivi saisonnier de longue durée dans des zones géographiquement limitées (quelques points côtiers). Ces études d'impact ont servi de base à la connaissance des variations saisonnières.

---

\*DERO/EL : Département Environnement Littoral

DERO/AT : Département Application de la Télédétection

CHAPITRE I  

---

VARIATIONS SPATIALES

## INTRODUCTION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'ensemble des grandes structures pélagiques, observées dans le Golfe Normano-Breton depuis 1980.

A la présentation par disciplines fondamentales pour l'étude du Pélagos—hydrologie, phytoplancton et zooplancton—est associée une étude des structures thermiques de surface par télédétection (1983-1984).

Le suivi de la température par images satellitaires a permis, grâce à des observations synoptiques et répétitives des masses d'eau, d'appuyer les observations hydrobiologiques.

Les répartitions spatiales des paramètres hydrobiologiques et des espèces planctoniques ont été tracées à partir de prélèvements couvrant une surface relativement importante du golfe.

Les dates des différentes campagnes pour l'étude des paramètres hydrologiques, phytoplanctoniques et zooplanctoniques, dont les larves de mollusques, sont répertoriées en annexes (I.2 et I.4). Les coordonnées des points de prélèvements y sont également jointes.

Théoriquement, pour éviter l'interaction spatio-temporelle, il aurait fallu effectuer les prélèvements de façon simultanée à tous les points de la zone étudiée pour dégager une variation spatiale vraie. Mais, d'après les résultats présentés dans le volume 1 (ORBI, 1986), les déplacements des masses d'eau au cours de la marée sont relativement faibles devant la maille adoptée pour les prélèvements hydrobiologiques ; par conséquent, si les structures de petites échelles (< 20 km) peuvent résulter d'un artéfact dû à la non simultanéité des prélèvements, les grandes structures restent valables.

## I.1 - EVOLUTION DES STRUCTURES THERMIQUES DE SURFACE PAR TELEDETECTION

### I.1.1 - Introduction

Un suivi systématique de la température de surface des eaux du Golfe Normano-Breton a été réalisé à l'aide des données satellitaires de la série NOAA, sur plus d'un cycle annuel (juin 83 à décembre 84), soit une quarantaine de scènes exploitables, dans le but de repérer les structures thermiques.

Tableau I.1

Date	Sat. NOAA	Orbite	Heure TU	Coef. marée	PM TU St-Malo
18/06/1983	7	10 238	14h52	60	11h44
04/07/1983	7	10 464	14h58	64	12h00
14/07/1983	8	1 531	8h08	87	8h50
04/08/1983	8	1 829	7h56	49	7h37
22/10/1983	7	12 017	14h23	93	13h14
07/12/1983	8	3 606	7h24	78	7h39
26/12/1983	8	3 889	19h02	62	23h03
10/02/1984	8	4 530	7h22	47	10h53
13/02/1984	8	4 573	7h58	44	2h11
15/02/1984	7	13 655	14h11	78	17h09
15/02/1984	8	4 601	7h14	70	4h40
17/02/1984	7	13 684	15h28	104	18h47
18/02/1984	8	4 644	7h50	108	7h10
19/02/1984	8	4 658	7h28	111	7h52
12/04/1984	7	14 460	14h14	66	15h34
13/04/1984	8	5 426	8h03	75	4h06
13/04/1984	7	14 474	14h02	84	15h33
16/04/1984	7	14 517	15h06	113	16h33
18/04/1984	7	14 545	14h41	98	20h02
19/04/1984	7	14 559	14h29	83	20h37
21/04/1984	8	5 540	8h30	58	9h32
23/04/1984	8	5 568	7h47	33	11h23
25/04/1984	7	14 644	14h45	39	14h58
26/04/1984	7	14 658	14h44	50	15h40
26/04/1984	8	5 611	8h22	44	3h12
27/04/1984	7	14 672	14h31	60	16h56
28/04/1984	8	5 639	7h39	66	4h45
03/05/1984	7	14 757	14h58	84	19h39
09/05/1984	7	14 842	15h25	47	12h17
09/06/1984	8	6 236	7h31	69	1h56
15/06/1984	7	15 364	14h51	80	19h28
05/07/1984	7	15 647	15h26	67	10h30
06/07/1984	7	15 561	15h14	65	11h27
07/07/1984	7	15 675	15h01	62	12h39
19/07/1984	6	26 305	7h21	58	9h45
29/08/1984	8	26 889	7h39	111	7h49
02/09/1984	7	16 480	15h01	53	10h23
14/10/1984	7	17 073	14h44	71	20h27
15/10/1984	7	17 087	14h32	60	20h57
07/12/1984	6	28 313	7h42	74	5h19



### I.1.2 - Caractéristiques des données et traitement

Le capteur embarqué (A.V.H.R.R.\*) sur les satellites NOAA 6, 7 et 8 enregistre des mesures de rayonnement dans les bandes spectrales suivantes :

	NOAA-7	NOAA-6 et 8
Canal 1	0,58 à 0,68 $\mu\text{m}$	0,58 à 0,68 $\mu\text{m}$
Canal 2	0,72 à 1,10 $\mu\text{m}$	0,72 à 1,10 $\mu\text{m}$
Canal 3	3,55 à 3,93 $\mu\text{m}$	3,55 à 3,93 $\mu\text{m}$
Canal 4	10,5 à 11,3 $\mu\text{m}$	10,5 à 11,5 $\mu\text{m}$
Canal 5	11,5 à 12,5 $\mu\text{m}$	10,5 à 11,5 $\mu\text{m}$

Tableau I.2

Nous n'avons observé que le canal 4, fournissant des mesures dans l'infrarouge thermique (le canal 5 n'étant, pour certains satellites, que la duplication du canal 4).

Afin d'obtenir des documents comparables entre-eux, chaque scène a subi les mêmes traitements (Cf. Annexe I.1).

Tableau I.3

Archives IFRENER**	Suivi systématique de juin 83 à décembre 84
<p>- Sélection au Centre de Météorologie spatiale des données brutes H.R.P.F.</p> <p>Sur le canal 4 (infrarouge thermique) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. rehaussement des contrastes sur l'ensemble de l'image</li> <li>. fonction de pseudocouleurs (table implicite CONTAL)</li> </ul>	<p>- Sélection au Centre de Météorologie spatiale de Lannion des données brutes T.R.L.I</p> <p>Sur le canal 4 (infrarouge thermique) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. étalonnage radiométrique</li> <li>. correction géométrique</li> <li>. rectification géographique par pointage d'amers sur un trait de côte IGN en projection MERCATOR</li> <li>. seuillage sur la terre et, dans la mesure du possible, des nuages</li> <li>. rehaussement des contrastes sur la mer</li> <li>. pour certaines situations : passage à travers une fonction de pseudocouleurs</li> </ul>

Traitement réalisé à l'IFRENER/Brest sur système CONTAL 1/20 et HP 1000.  
Service Applications de la Télédétection et Service Développement Logiciels Systèmes.

\* A.V.H.R.R. : Advanced Very High Resolution Radiometer.

\*\* Il a paru intéressant de chercher une confirmation de certaines observations parmi les images en archives.

### I.1.3 - Interprétation

Chaque image ainsi obtenue a fait l'objet d'une interprétation détaillée, dont nous ne reprendrons ici que les cas les plus représentatifs ou les plus originaux.

#### I.1.3.1 - Zonation

Cette interprétation a permis de mettre en évidence 3 zones ainsi définies :

- zone I : constituée des îles et îlots du Nord-Cotentin (Aurigny, Guernesey et Serq) qui paraissent presque en permanence sous l'influence des eaux de la Manche centrale,

- zone II : concernant les estrans et les hauts fonds, pour lesquels la geomorphologie joue un rôle essentiel en facilitant le réchauffement ou le refroidissement selon la saison,

- zone III : comprenant tout le reste du golfe, c'est-à-dire la majeure partie soumise à des influences d'origines diverses et variables.

Afin de vérifier cette hypothèse nous avons dressé le tableau I.4 recensant la présence ou l'absence de cette zonation :

Tableau I.4 : Présence - Absence des zones I, II, III identifiées.

Date	Zone I	Zone II	Zone III
18/06/1983	X	X	X
24/07/1983	X	X	X
14/07/1983	X	X	X
24/08/1983	X	X	X
22/10/1983	X	X	X
07/12/1983	X	X	X
25/12/1983	X	X	X
10/02/1984	X	X	X
13/02/1984	X	X	X
15/02/1984	X	X	X
15/02/1984	X	X	X
17/02/1984	X	X	X
18/02/1984	X	X	X
19/02/1984	X	X	X
12/04/1984	X	X	?
13/04/1984	X	X	?
13/04/1984	X	X	?
16/04/1984	X	X	0
18/04/1984	0	X	X
19/04/1984	?	X	?
21/04/1984	?	X	?
23/04/1984	X	X	X
25/04/1984	X	X	X
		base Mt-St-Michel	
28/04/1984	X	X	X
26/04/1984	X	X	X
27/04/1984	X	X	X
29/04/1984	X	X	X
31/05/1984	X	X	X
09/05/1984	X	X	X Aurigny
09/06/1984	X	X	X
13/08/1984	X	X	X
25/07/1984	X	X	X
26/07/1984	X	X	X
07/07/1984	X	X	X
19/07/1984	X	X	X
29/08/1984	X	X	X
22/09/1984	X	X	X
14/10/1984	X	X	X
15/10/1984	0	X	X
27/12/1984	X	X	X

Légende : X : présence      0 : absence      ? : doute

Cette zonation, relativement grossière, semble très liée à la bathymétrie. Les hauts-fonds des Minquiers, notamment, se trouvent régulièrement mis en évidence par une tache d'eau de température particulière apparemment semblable à celle des eaux soumises à l'influence continentale. De même l'archipel des Chausey est très souvent souligné, au Nord, par une langue ou un triangle d'eau de même nature apparente que celle proche du littoral qui semble suivre l'isobathe - 10 mètres.

On remarque également une distribution spatiale de température en fonction, approximativement, des isobathes - 10 mètres et - 20 mètres, devant les baies de St-Brieuc, Dinard et Mont-St-Michel.

Lorsque le front Guernesey - Jersey est absent, on trouve parfois une structure thermique suivant l'isobathe - 50 mètres, contournant Guernesey par l'Ouest, amorçant une incursion entre les deux îles pour s'éloigner de Jersey par son Nord-Ouest vers l'extérieur du golfe.

Cette relation entre bathymétrie et gradients thermiques résulte d'un réchauffement ou refroidissement par l'atmosphère qui varie en sens contraire de l'épaisseur de la couche d'eau concernée.

Nous avons pu repérer des structures thermiques particulières :

#### I.1.3.2 - Le front Jersey - Guernesey

Ce front, connu pour être présent en été, a été souvent détecté en toute saison, parfois très marqué, parfois interrompu, et quelquefois double.

Tableau I.5

DATE	FRONT JERSEY-GUERNESEY	DATE	FRONT JERSEY-GUERNESEY
18.06.83	--	21.04.84	o
04.07.83	--	23.04.84	x
14.07.83	xx	25.04.84	x
04.08.83	xx	26.04.85	x
22.10.83	x	26.04.84	xx
07.12.83	x	27.04.84	x
26.12.83	x	28.04.84	x
10.02.84	x	03.05.84	x
13.02.84	x	09.05.84	o
15.02.84	x	09.06.84	?
15.02.84	?x	15.06.84	o
17.02.84	xx	05.07.84	o
18.02.84	xx	06.07.84	x
19.02.84	xx	07.07.84	?x
12.04.84	o	19.07.84	x
13.04.84	o	29.08.84	x
13.04.84	o	02.09.84	x
16.04.84	o	14.10.84	x
18.04.84	?o	15.10.84	--
19.04.84	x	07.12.84	?

LEGENDE :      o = ABSENCE                      x = PRESENCE                      ? = DOUTE  
                   -- = FRONT DISCONTINU                      xx = FRONT DOUBLE

Le tableau I.5 recense l'absence ou la présence de ce front. On peut noter qu'il a bien été détecté sur des images hivernales. Afin de confirmer ce fait, nous avons recherché des situations de l'hiver précédent sur lesquelles nous avons effectivement remarqué un front (13 janvier au 26 mars 1982, archives NOAA du Centre IFREMER de Brest).

On peut noter également que ce front est essentiellement absent (ou non détecté) au cours du mois d'avril 1984 : 12, 13 (matin et après-midi), 16, 18 et 21, qu'il tend à se reformer le 19 avril pour disparaître le 15 juin. Après recherche dans les archives NOAA, nous avons trouvé deux images en avril 1982. Là encore, le front n'a pas été repéré.

Sur ce point particulier, on peut peut-être avancer le fait que, étant en situation d'équinoxe, le gradient température terre - mer tend à disparaître, et les conditions ne sont plus favorables à l'établissement d'un front.

Nous n'avons pas pu mettre en évidence de relation entre la présence du front et les coefficients de marée.

Par ailleurs, sur les images satellitaires on observe directement des tendances de circulation cyclonique autour des îles de Jersey et Guernesey. Ceci est confirmé par la modélisation numérique (ORBI, 1986). On peut supposer que cette circulation entretient le front entre ces îles.

#### I.1.3.3 - Les "croissants de Jersey" (planche I.1)

Ces structures thermiques particulières, en forme de festons, ou de dents, encore appelées "croissants" ont déjà été signalées dans le Golfe Normano-Breton, notamment par VERGER (Communication personnelle) et PINGREE (1984).

Dans la série observée ici, nous les avons retrouvées très nettement sur trois scènes : 17, 18 et 19 février 1984, soit en situations hivernales et par forts coefficients de marée (104, 108 et 111) (voir planche I.1).

Nous les avons également détectées sur une scène estivale (29/08/84), par coefficient de 111. Au vu de ces premières constatations, on est tenté de déduire que ces structures sont liées aux conditions de marées et probablement, à la circulation résiduelle.

La distance (régulière sur les trois situations considérées ici) séparant les dents révèle le transport résiduel pendant une période de marée (12h30). On peut en déduire une vitesse résiduelle, dirigée Sud-Sud-Ouest, d'amplitude :

$$\frac{D}{T} = \frac{5500 \times 100}{12,5 \times 3600} = 12 \text{ cm/s}$$

D est obtenu en mesurant sur l'image l'écartement entre deux dents (5 mm), l'échelle utilisée lors du traitement d'image donnant 5,5 km.

T est la période de marée, rapportée en secondes.

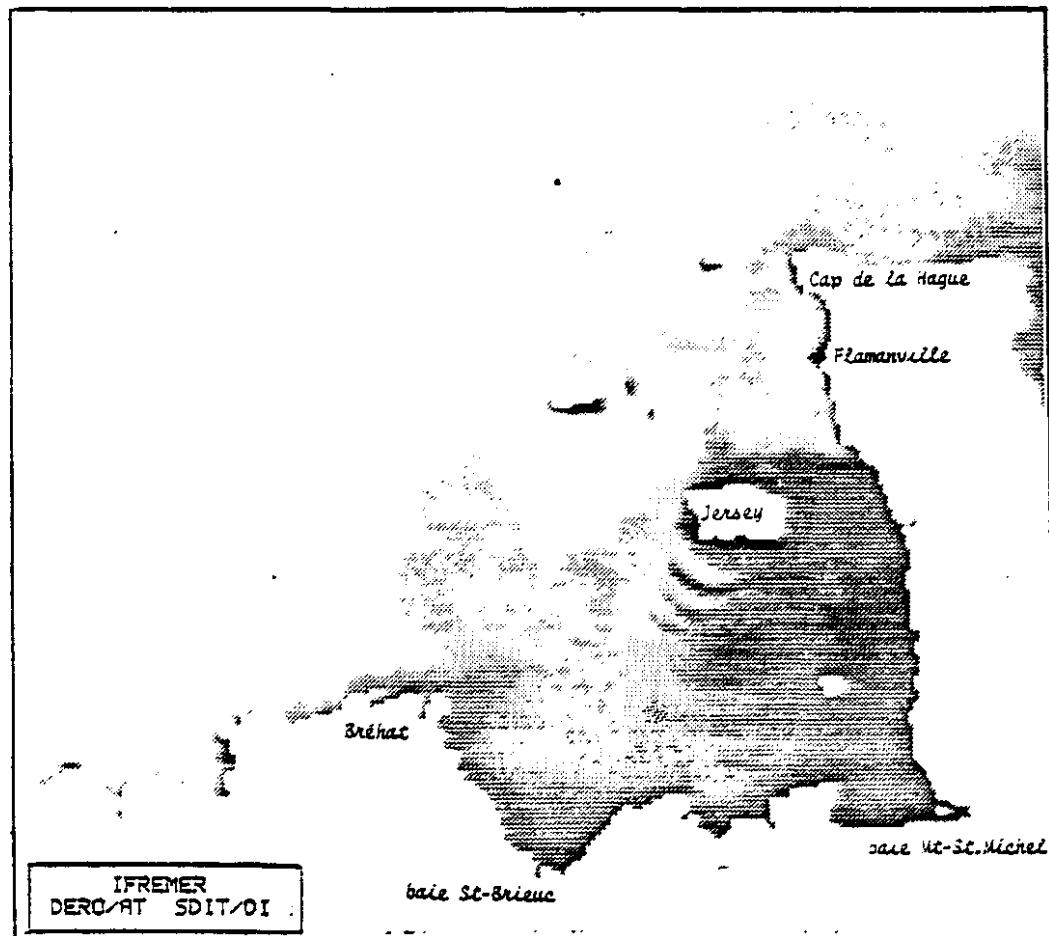
## PLANCHE I.1

Les croissants de Jersey :

Exemple de visualisation sur une situation hivernale.

18 FEVRIER 1984 (7h50 TU) coefficient de marée 108  
Satellite NOAA-8, Orbite 4644 (canal 4)

On voit nettement les structures en forme de croissants au Sud Ouest de l'île de Jersey : des langues d'eaux de température moyenne pénètrent d'Ouest en Est dans une masse d'eau plus froide.



Le cas particulier de ces structures permet d'aller plus loin en ce qui concerne la circulation instantanée. En effet, sous réserve que les zones à fort gradient soient positionnées précisément (à l'aide d'un traitement d'images plus poussé), et grâce à la connaissance préalable approchée des courants de marée, on peut évaluer la vitesse de déplacement des masses d'eau dans le secteur Sud-Ouest de Jersey.

- Si l'on considère :

- . l'image du 17/02, enregistrée à 15h28, soit PM-3h15' et
- . l'image du 18/02, enregistrée à 7h50, soit PM+40"

on a un intervalle de temps entre les deux images d'une marée + 4 heures.

L'écartement entre les dents étant identique, l'intervalle représente bien le déplacement d'une même structure, soit 11 km.

- Les courants de marée dans la région sont dirigés selon le schéma : Nord-Ouest ↘

→ Est

(Instructions Nautiques du SHOM).

- Le déplacement résiduel étant dirigé Sud-Sud-Ouest, donc perpendiculairement aux courants de la marée, il n'intervient pas dans le déplacement observé: 11 km en 4 heures, on peut donc en déduire une vitesse de déplacement de la structure thermique de :

$$\frac{11\ 000\ \text{m}}{14\ 400\ \text{s}} = 0,76\ \text{m/s}$$

#### I.1.3.4 - Variations saisonnières

- Saison hivernale (planche I.2)

D'octobre à février (pas d'images en mars), elle est caractérisée par le refroidissement marqué sur les estrans plats et les petits fonds : baies de St-Brieuc, de St-Malo, du Mont-St-Michel, littoral Cotentin Centre et Sud. Le front Jersey - Guernesey est très souvent repérable (tableau I.5).

- Saison estivale (planche I.3)

D'avril à septembre, elle est marquée par une inversion thermique relativement rapide : nous n'avons pas trouvé de situations transitoires ; cependant, en 1984, le mois d'avril a été particulièrement ensoleillé et le réchauffement de l'atmosphère et du continent a dû s'effectuer plus brutalement qu'à l'accoutumée.

## PLANCHE I.2

Situation hivernale typique :

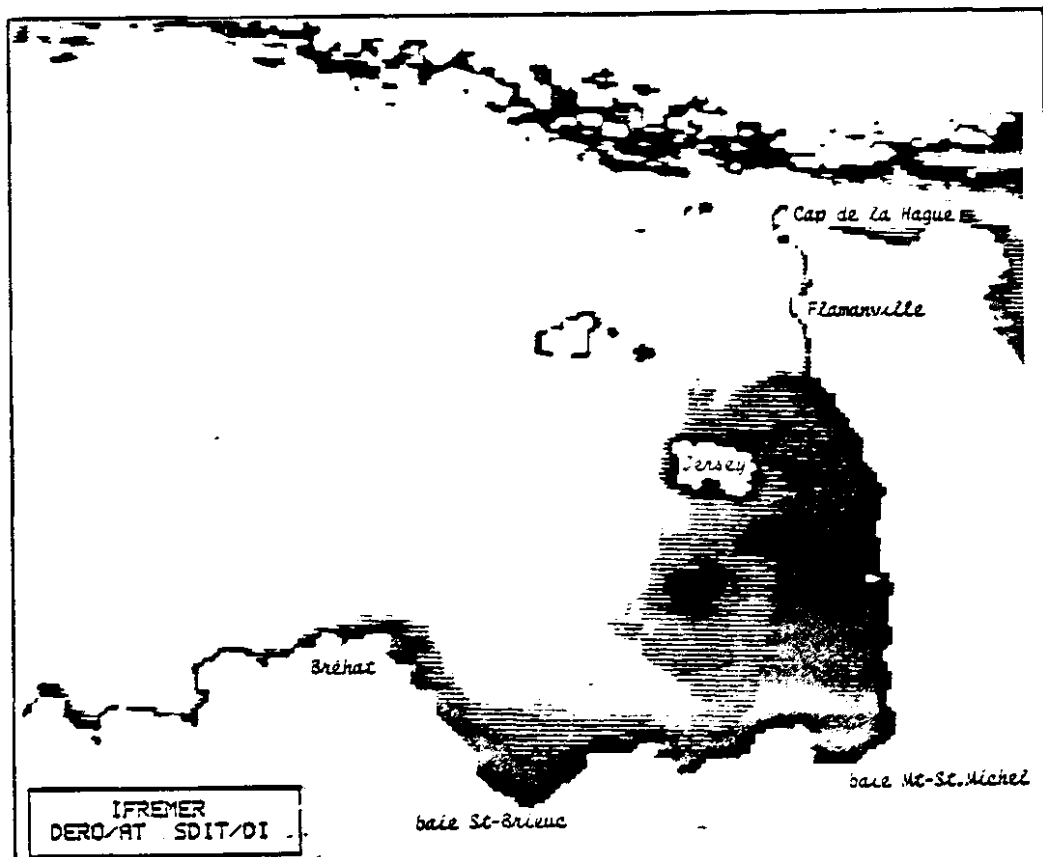
15 FEVRIER 1984 (7 h 14 TU) coefficient de marée 70  
Satellite NOAA-8, Orbite 4601 (canal 4)

Le front Jersey-Guernesey est présent, bien marqué.

Le gradient terre-mer croissant vers le large est bien établi.

La température est particulièrement froide au fond des baies (St-Brieuc, Mont-St-Michel).

On remarque la circulation cyclonique autour de Jersey et des Minquiers.



+ FROID

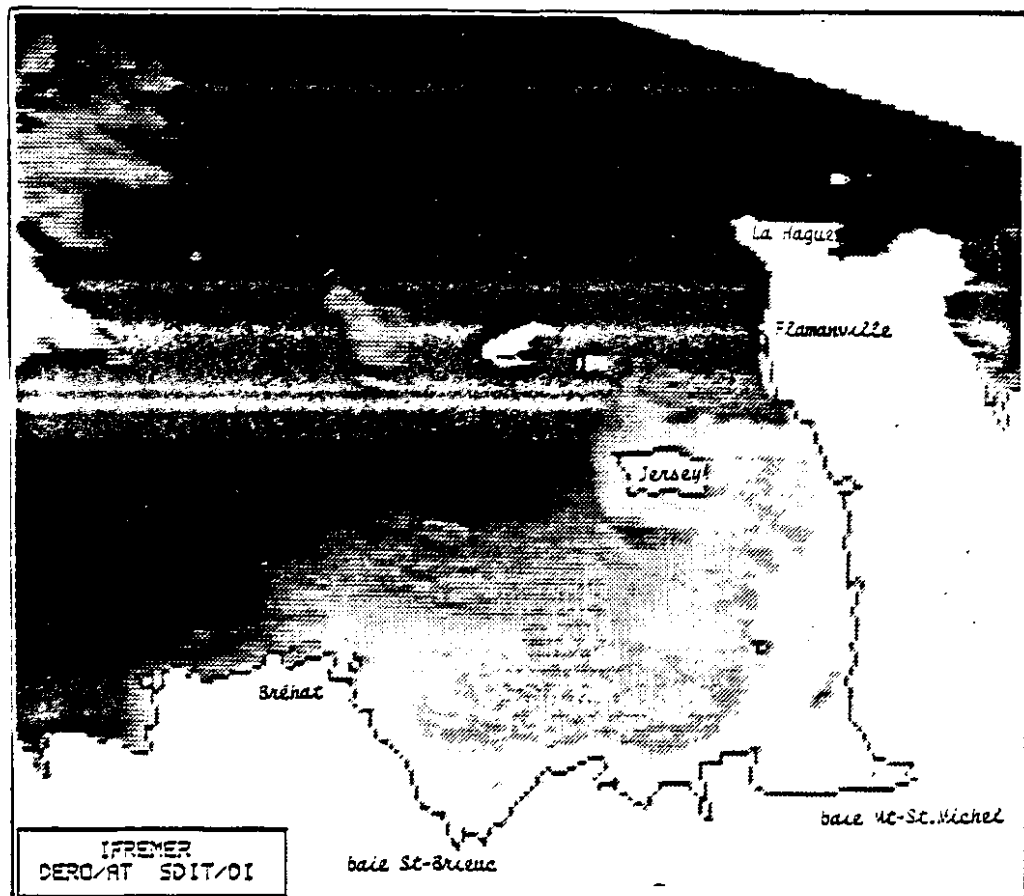
+ CHAUD

## PLANCHE I.3

Situation estivale typique :

29 AOUT 1984 (7h39 TU) Coefficient de marée 111  
 Satellite NOAA-6, Orbite 26889 (canal 4)

- le front Jersey/Guernesey, partant de Flamanville, est bien marqué
- on remarque des eaux réchauffées à la côte depuis le sud de Flamanville jusqu'à Bréhat,
- ainsi qu'une intrusion d'eaux froides dans la baie de St-Brieuc selon le sens anti-cyclonique,
- tandis qu'une circulation cyclonique se dessine autour de Jersey et des Minquiers.
- les croissants semblent se dessiner au Sud de Jersey.



+ FROID

+ CHAUD



#### I.1.4 - Conclusion

Cette étude systématique utilisant la télédétection satellitaire a permis des observations synoptiques et répétitives des masses d'eaux identifiées par leur température.

On remarque que la résolution spatiale moyenne (1,1 km) est bien adaptée à l'échelle des phénomènes observés et permet de mettre en évidence toute l'année la complexité hydrologique superficielle du Golfe Normano-Breton.

Sur nombre des images on a pu observer directement des tendances de circulations cycloniques autour des îles de Jersey et Guernesey, tandis qu'un mouvement anti-cyclonique semble se dessiner sur une situation estivale (29 août 1984) dans la baie de St-Brieuc.

Ce suivi a pu apporter des compléments d'informations non négligeables, tels que :

- la présence du front Jersey - Guernesey toute l'année,
- la visualisation des "croissants de Jersey" sur trois images hivernales consécutives, qui a permis de suivre leur déplacement et même de le mesurer grossièrement,
- l'influence certaine de la bathymétrie et de la géomorphologie de l'estran.

## I.2 - HYDROLOGIE

Nous avons vu que cette région, bien qu'influencée par les eaux de la Manche sur laquelle elle s'ouvre largement, demeure à l'écart des courants SW-NE, grâce à l'élévation des fonds qui accompagne la formation des îles anglo-normandes, des archipels rocheux, et des larges estrans sableux de la baie du Mont-Saint-Michel.

Les caractéristiques hydrologiques des masses d'eaux : températures, salinités, sels nutritifs, oxygène dissous, ont été déterminées au cours de campagnes océanographiques qui ont couvert la quasi-totalité de la zone. Les données d'images satellites obtenues ultérieurement permettent de confirmer certaines interprétations.

### I.2.1 - Variations spatiales des températures

En hiver la température moyenne du golfe est homogène grâce aux forts brassages dus aux courants de marée, et se maintient à 9°C (LOARER, R., 1983) tandis que les eaux de Manche Ouest atteignent 11°C (AGOUMI A., 1982). Les images de satellites qui rendent compte de la température superficielle de l'eau sur quelques millimètres montrent d'après le rapport de C. VERCELLI (1985) et selon l'interprétation de PINGREE et al. (1985), que la discontinuité thermique se situe à l'extrémité Ouest du golfe, notamment entre Jersey et Guernesey suivant l'isobathe 50 m. Elle constitue un front entre les eaux homogènes de la Manche et les eaux plus froides des régions peu profondes, à proximité des côtes. Durant cette situation, qui s'étend d'octobre à mars, le bilan thermique du golfe est négatif.

La situation estivale est illustrée par les résultats des campagnes océanographiques (G. ARZUL et P. CRASSOUS, 1981 et 1983) avec des températures côtières plus élevées que celles du large (figures I.1.a et I.1.b). Ainsi, au mois d'août 1980 le gradient thermique entre les eaux de la baie du Mont-Saint-Michel et celles qui sont au large de Bréhat atteint 3°C. Comme en hiver, le tracé des isothermes suit celui des isobathes, montrant que la bathymétrie joue un rôle important dans la circulation des eaux de températures différentes. Cette influence se fait sentir tant au niveau des -50 m, qu'à la limite -20 m des plateaux rocheux qui joignent les Chausey à la côte Ouest-Cotentin.

La discontinuité thermique entre les eaux entourant Jersey et Guernesey est telle qu'on peut parler de "front", comme d'ailleurs durant les autres mois d'été, Jersey étant toujours dans les eaux plus chaudes. Cette situation a été décrite dans le volume 1, chapitre III.3, qui en étudie les caractéristiques. C'est une zone de rencontre entre les eaux plus froides et homogènes de la Manche-Ouest, avec des eaux plus chaudes, assimilables à une couche superficielle réchauffée par échanges thermiques avec l'atmosphère,

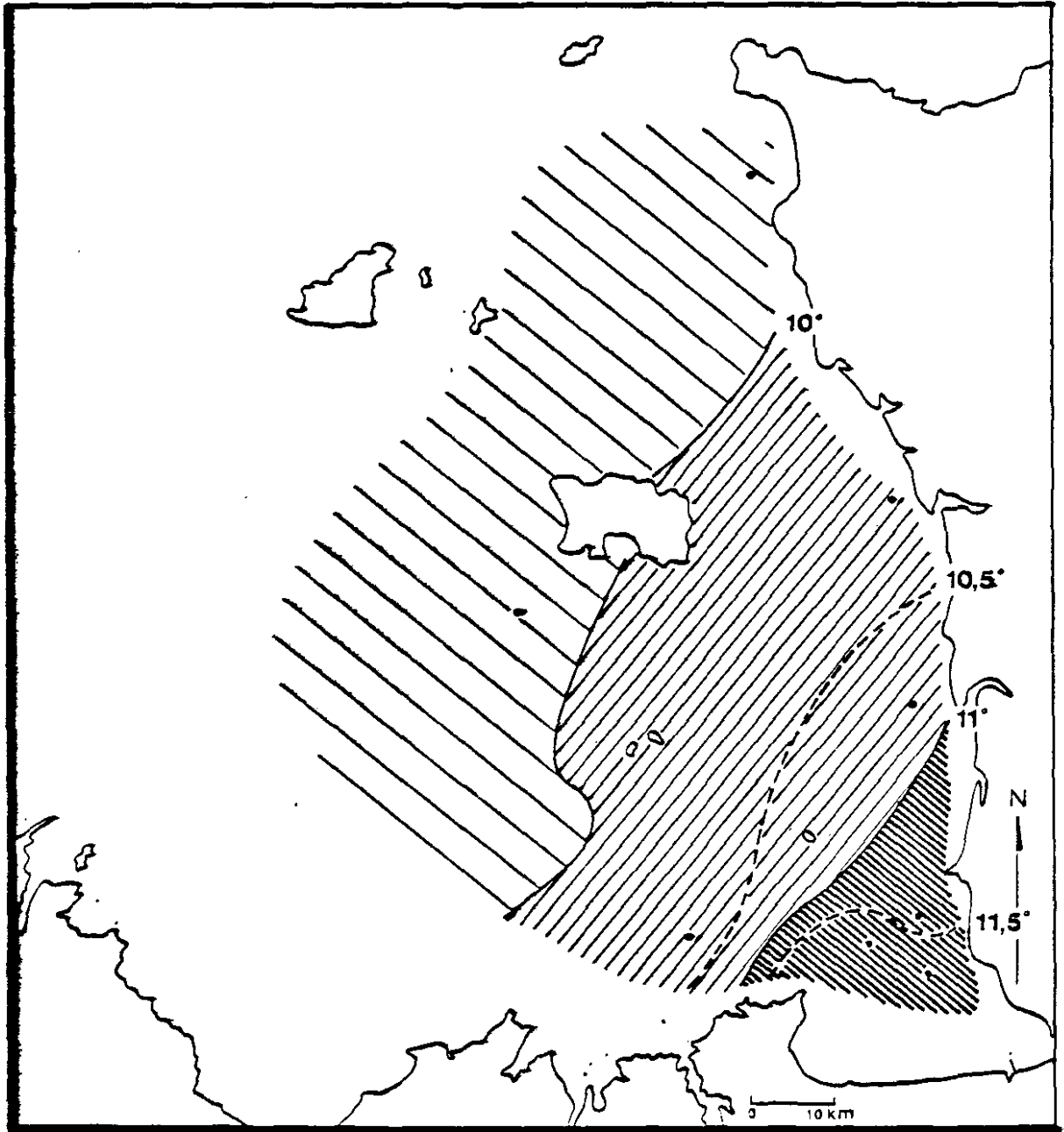


Figure I.1.a : Températures de surface relevées au cours de la campagne du 9 au 11 mai 1981 (début de situation estivale : gradient fond de baie. Jersey : 2°C).

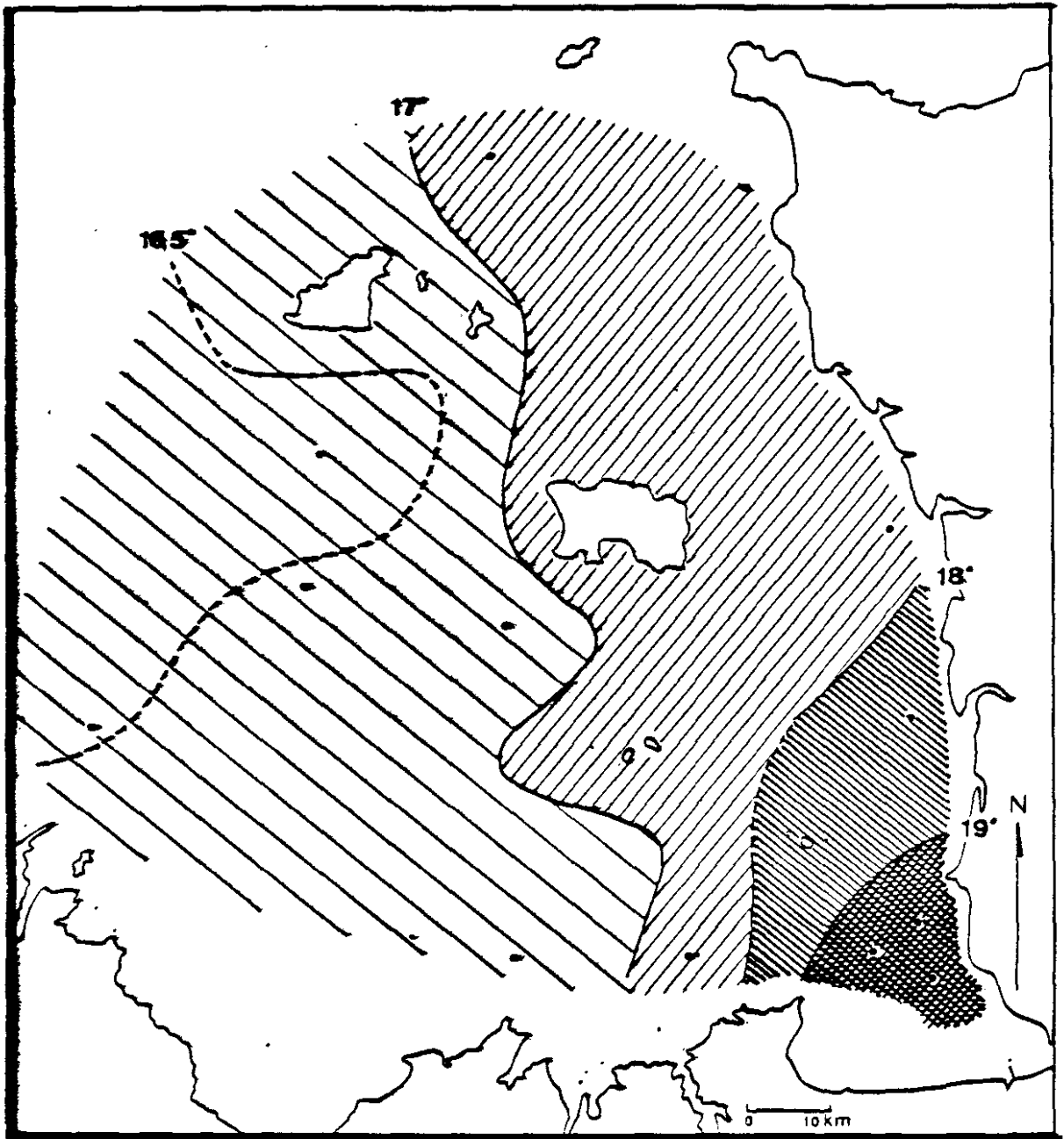


Figure I.1.b : Températures de surface relevées au cours de la campagne du 9 au 12 août 1980.

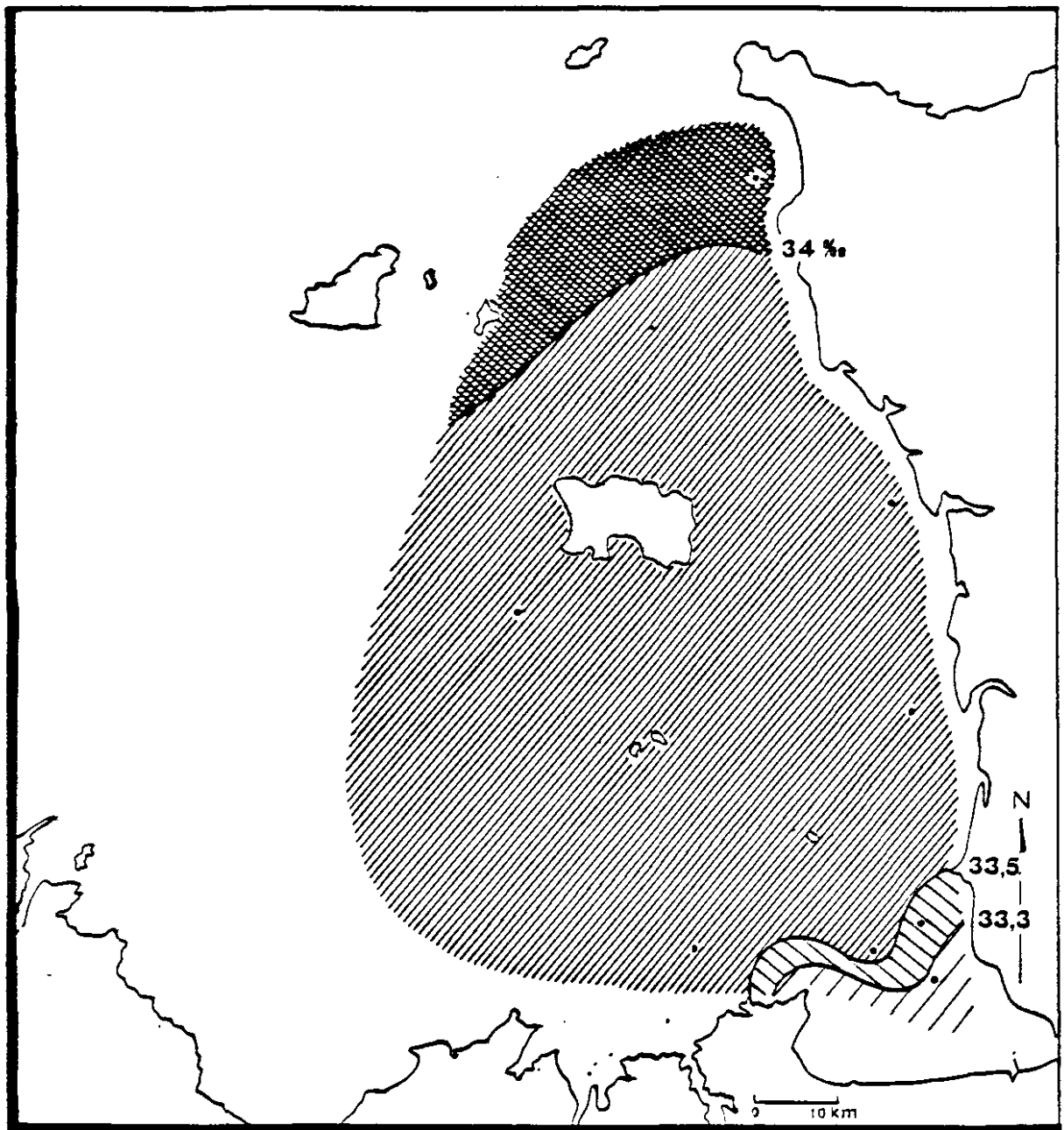


Figure I.2.a : Distribution des isohalines en surface au cours de la campagne de mai 81.

L'isohaline 34 ‰ souligne approximativement une séparation entre Jersey et Guernesey, faiblement marquée du point de vue thermique au printemps. Gradient de salinité de 1 ‰ à 1.1 ‰ entre les eaux du fond de baie et celles du Raz Blanchard.

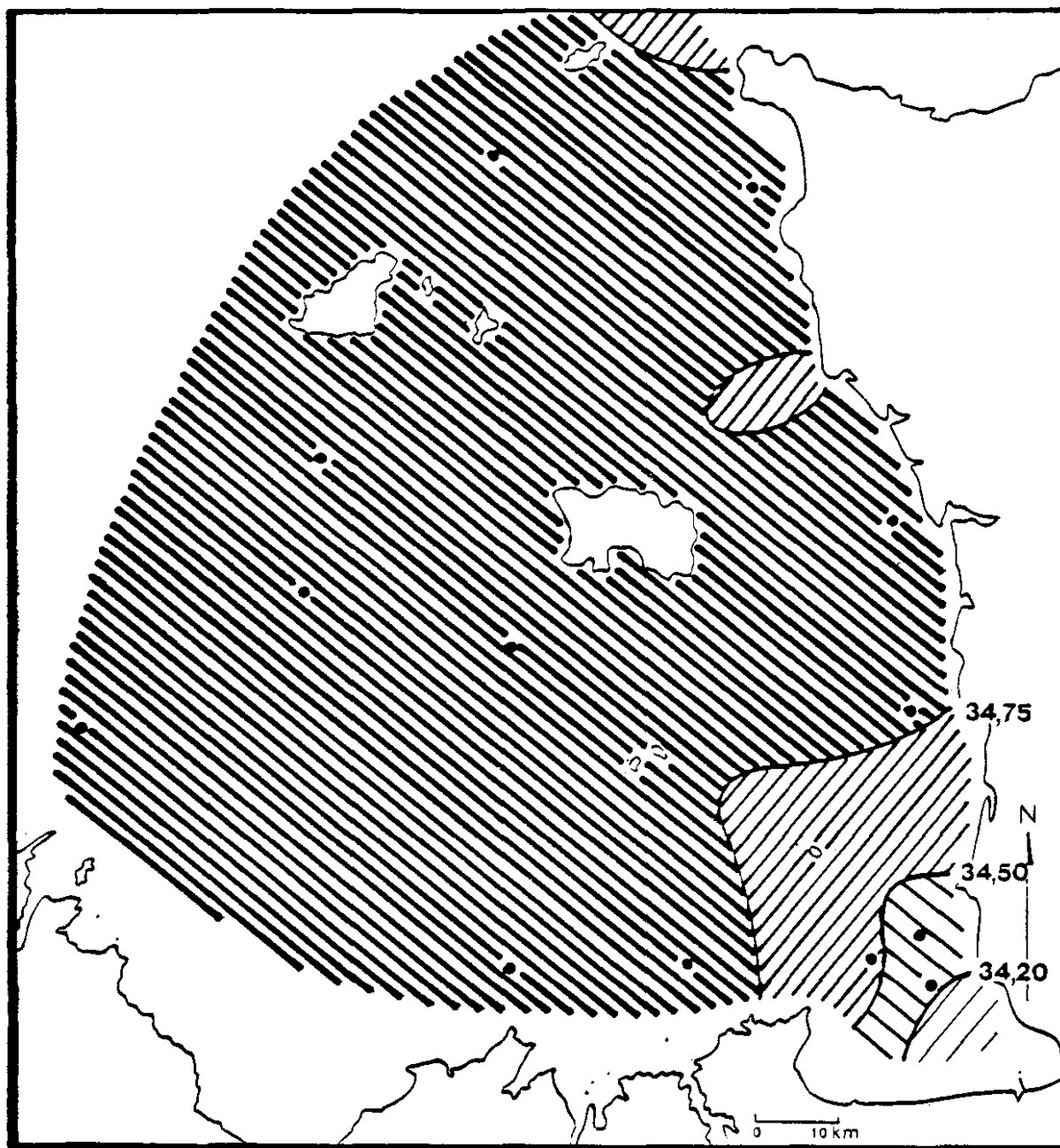


Figure I.2.b : Distribution des isohalines en surface au cours de la campagne d'août 1980. Gradient de salinité de 0.55 ‰ entre les eaux de la baie et celles du Raz Blanchard.

et homogénéisée grâce à sa faible profondeur, sous l'action des courants de marée. Le vent peut intervenir pour dévier la position du front, mais c'est le courant de marée qui permet sa stabilité. En particulier, les données lagrangiennes montrent que les masses d'eau contournent les îles dans un sens anticyclonique, et donc circulent en sens inverse de part et d'autre du front entre Jersey et Guernesey.

L'utilisation du front en tant que barrière thermique entre deux masses d'eau dont les températures et les bilans thermiques sont connus, a également permis à PINGREE (1974) de calculer le temps de résidence de l'eau à l'intérieur du golfe. Ce séjour serait d'environ  $0.6 \pm 0.2$  mois entre avril et septembre.

Ainsi dans le golfe, le facteur thermique traduit-il un échange énergétique entre l'eau et l'atmosphère. Sa dépendance vis-à-vis de l'importance de la masse d'eau le relie à la profondeur et le soumet à l'action des courants de marée. Ceux-ci peuvent engendrer à la fois une homogénéité par leur brassage, et la formation de figures particulières que sont les franges au Sud - Sud-Ouest de Jersey (PINGREE, 1985).

### I.2.2 - Variations spatiales des salinités et sels nutritifs

La salinité des eaux superficielles du golfe, mesurée au cours des campagnes océanographiques est le reflet de l'intrusion des eaux de la Manche, et de leur mélange avec les eaux d'origine continentale. Durant l'hiver la salinité des eaux du golfe présente un gradient, entre l'extrémité Nord du site (S ‰ 34.2 à 34.3 ‰) et le fond de la baie du Mont-Saint-Michel (33.2 à 33.3 ‰). A ce niveau débouchent de nombreuses rivières dont le débit moyen est supérieur à  $28 \text{ m}^3/\text{s}$  (M. BLANCHARD et al., 1982). Etant donné l'importance du bassin versant ( $8860 \text{ km}^2$ ) les dessalures constituent la réponse rapide aux précipitations. Ainsi, les résultats obtenus au mois de mai 1981 (figure I.2.a) montrent l'influence de précipitations importantes tardives.

La salinité estivale se caractérise par une homogénéité générale sur tout le site (34.72 ‰), et fait apparaître avec évidence les arrivées d'eau douce sur la côte Ouest-Cotentin : du fond de la baie jusqu'à l'embouchure de la Sienne et la Soule. De même, face au Cap de Carteret, l'Ollonde a une influence marquée. La dessalure observée au Nord du Raz Blanchard correspondrait à l'approche des eaux de la Manche orientale.

Il paraît intéressant de noter que les zones de dessalure sont aussi des points d'arrivée des sels azotés minéraux (figure I.3) avec des concentrations maximales supérieures à  $10 \mu\text{atg N (NO}_2 + \text{NO}_3)/\text{l}$ , au fond de la baie. M. BLANCHARD et al. (1982) mentionnent les différents points de rejets déjà repérés par leur charge en sels azotés, lesquels correspondent aux zones côtières situées vis-à-vis des zones maritimes à fortes concentrations. Selon cette étude "la pollution azotée tend à s'amplifier".

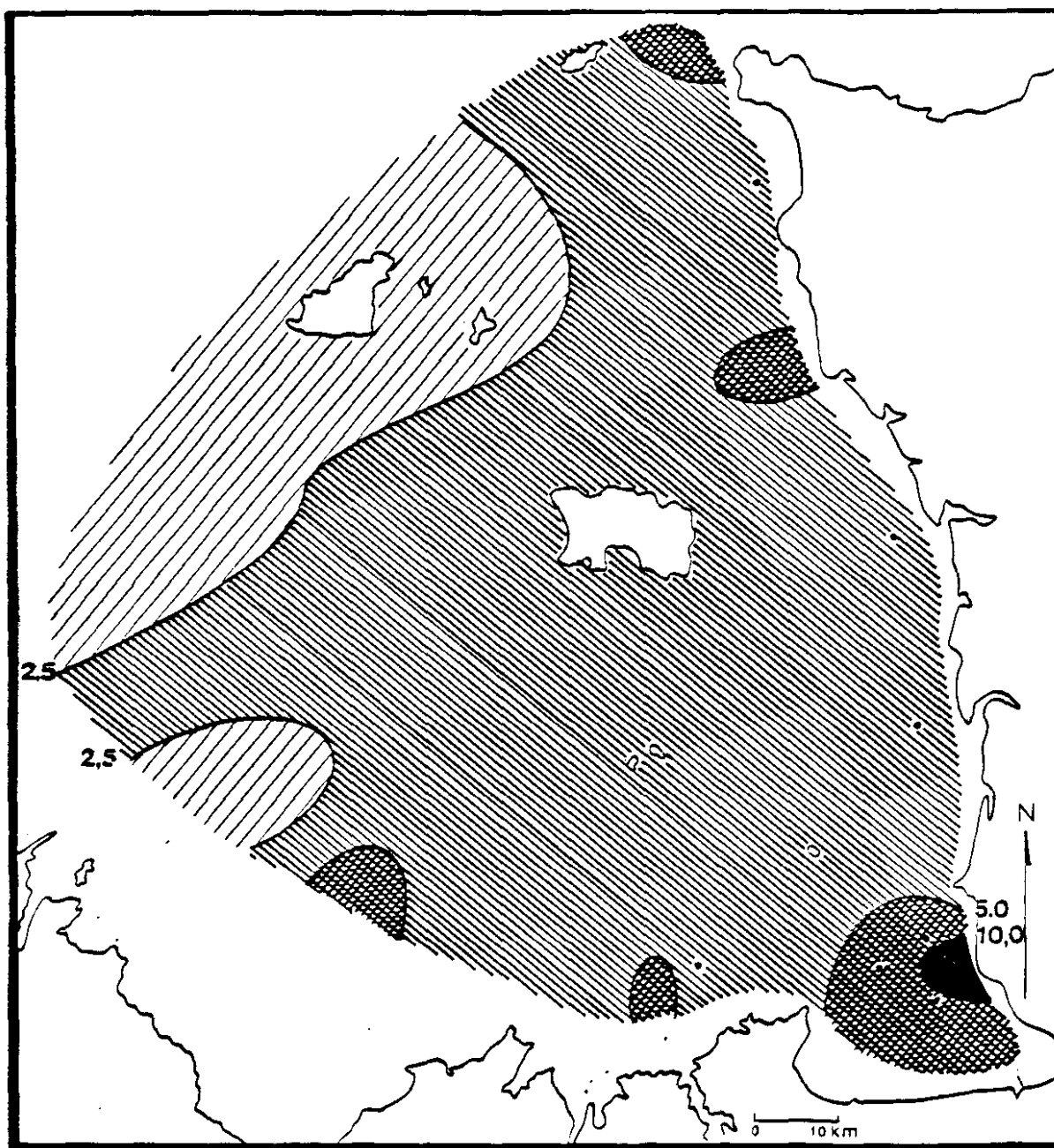


Figure I.3 : Distribution de l'azote minéral ( $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ ) en  $\mu\text{atg N/l}$  dans les eaux de surface du golfe, du 9 au 11 mai 1981.



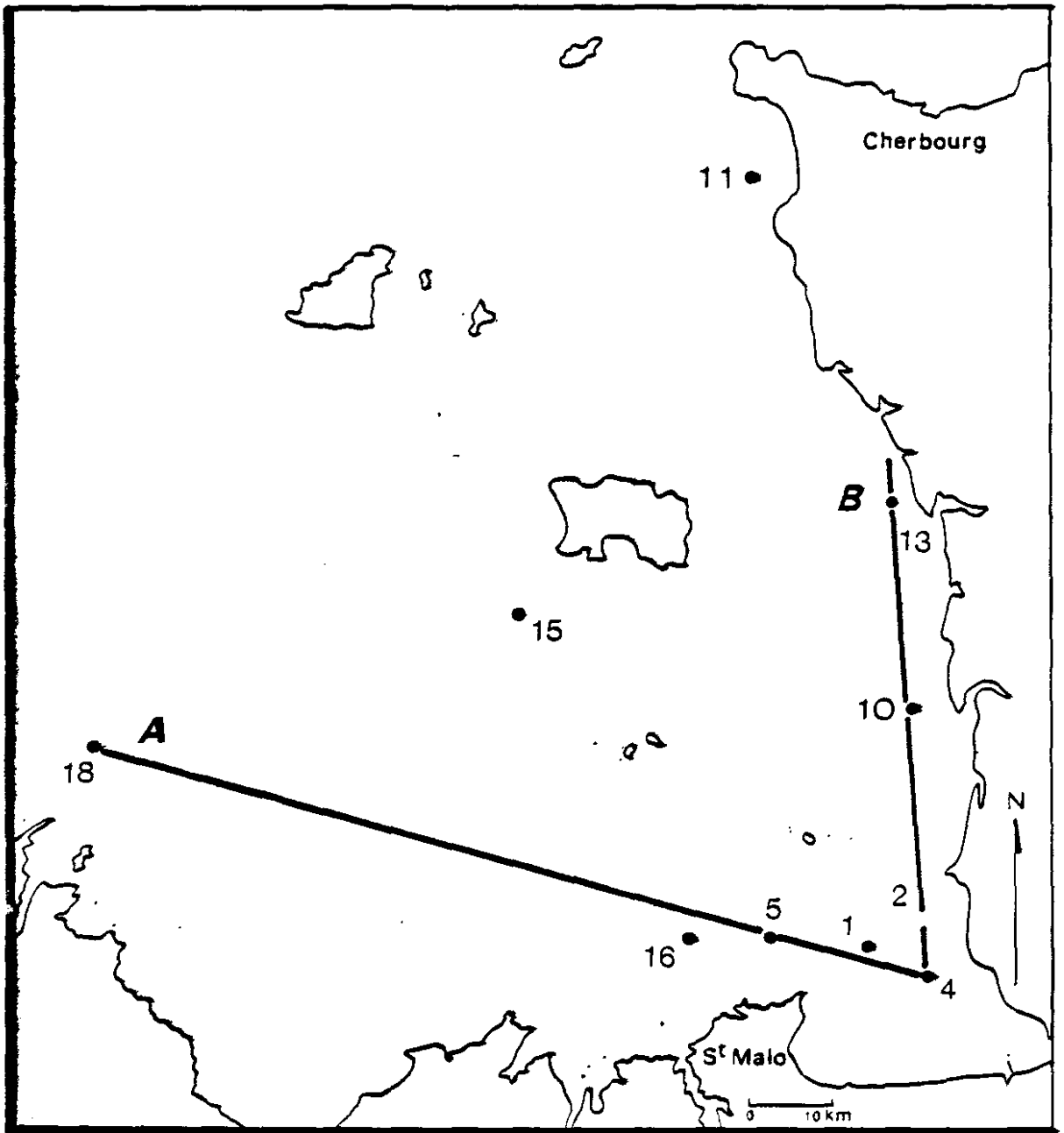
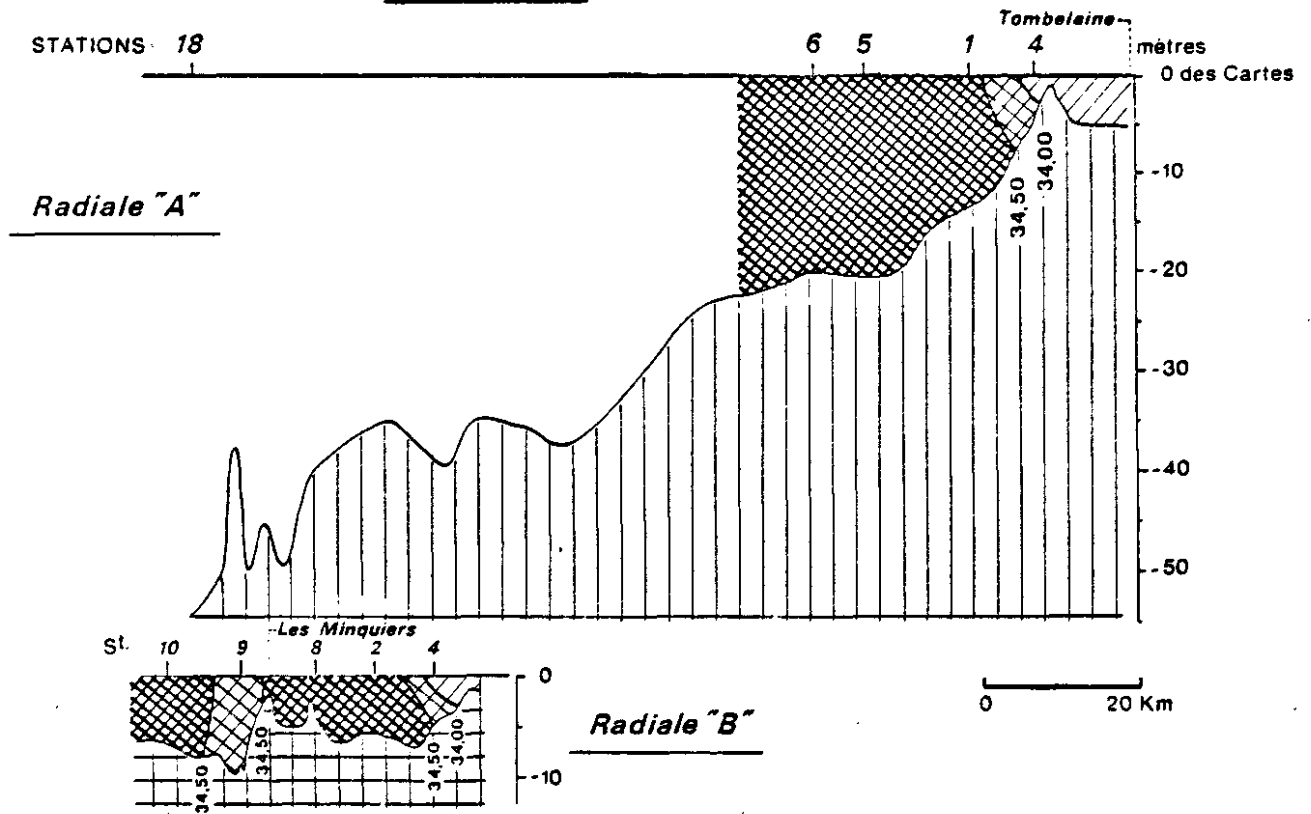


Figure I.4 : Position des axes d'observation.

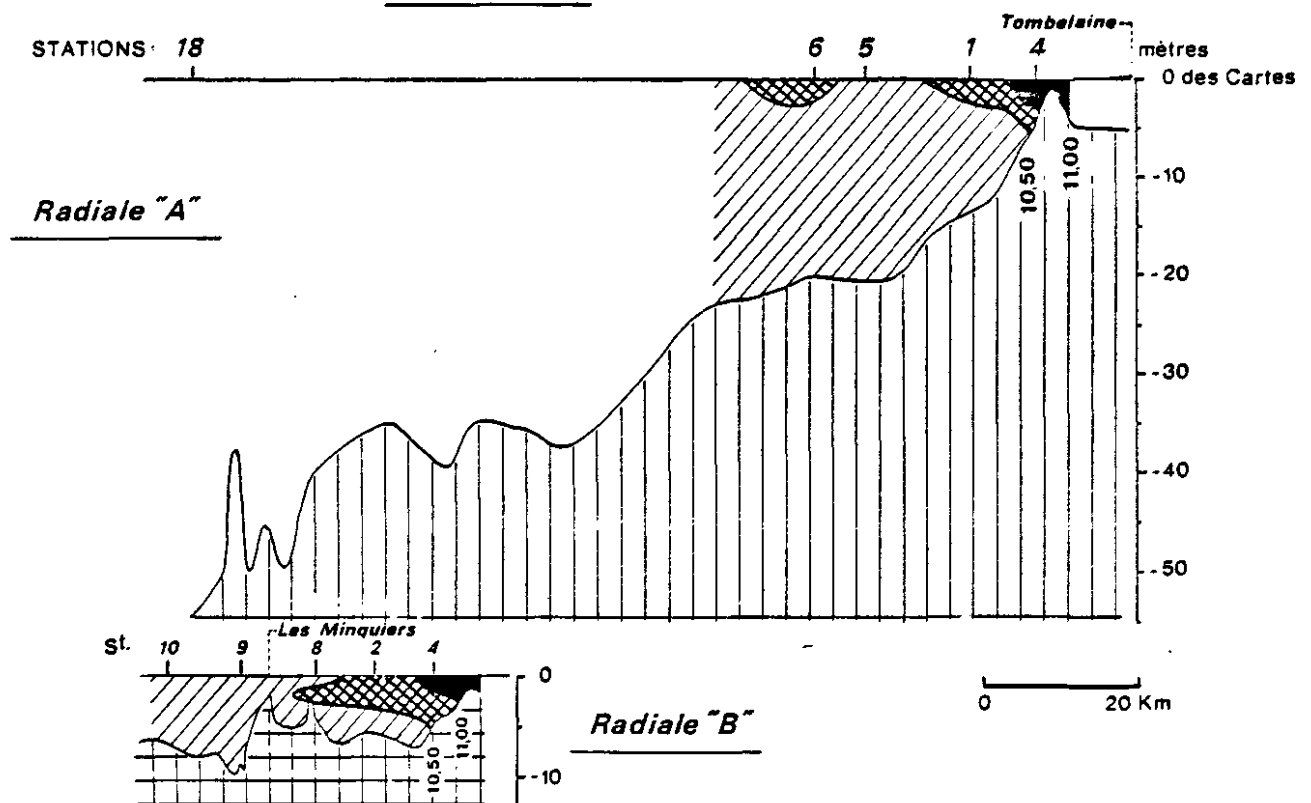
## PROFILS d'ISOHALINES , au niveau des RADIALES "A" et "B"

Avril 1980



## PROFILS d'ISOTHERMES , au niveau des RADIALES "A" et "B"

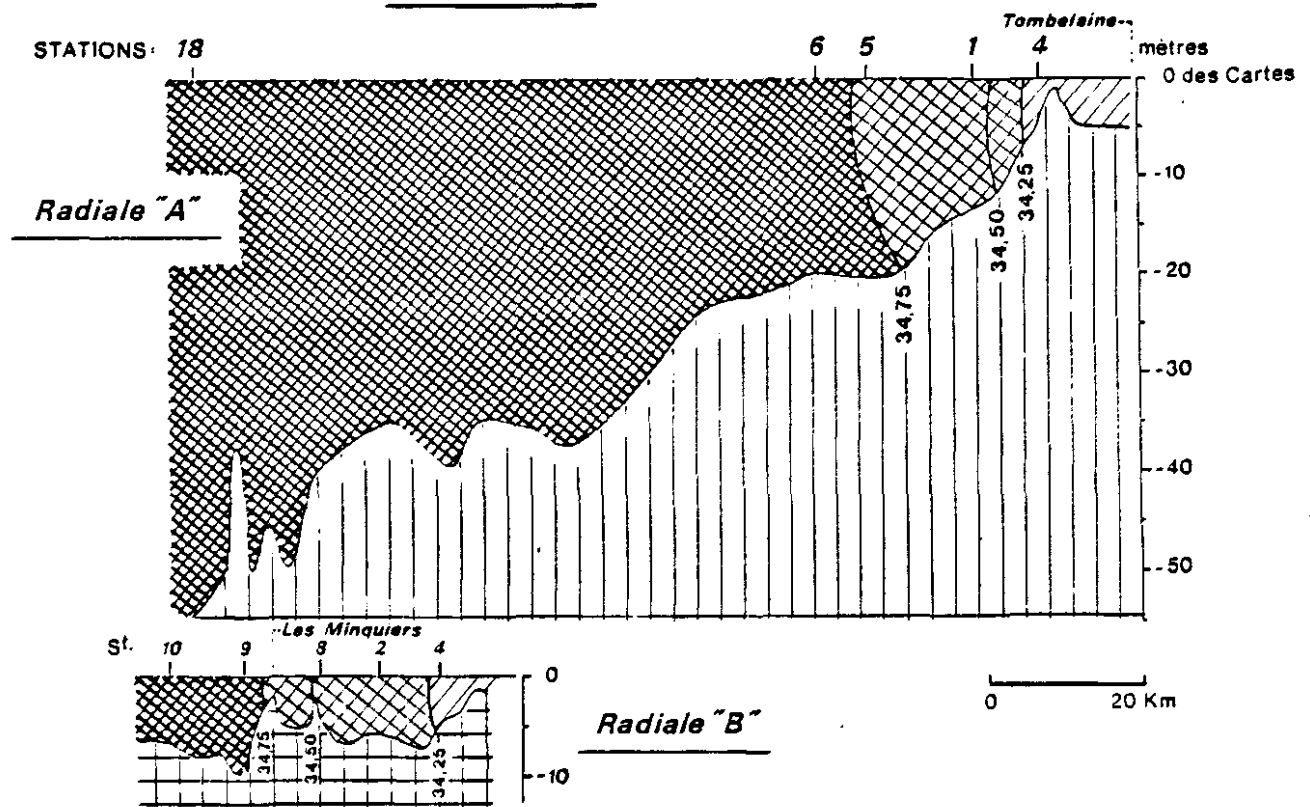
Avril 1980



Figures I.5a,b : Quelques exemples de profils d'isohalines et d'isothermes obtenus au niveau des radiales A et B.

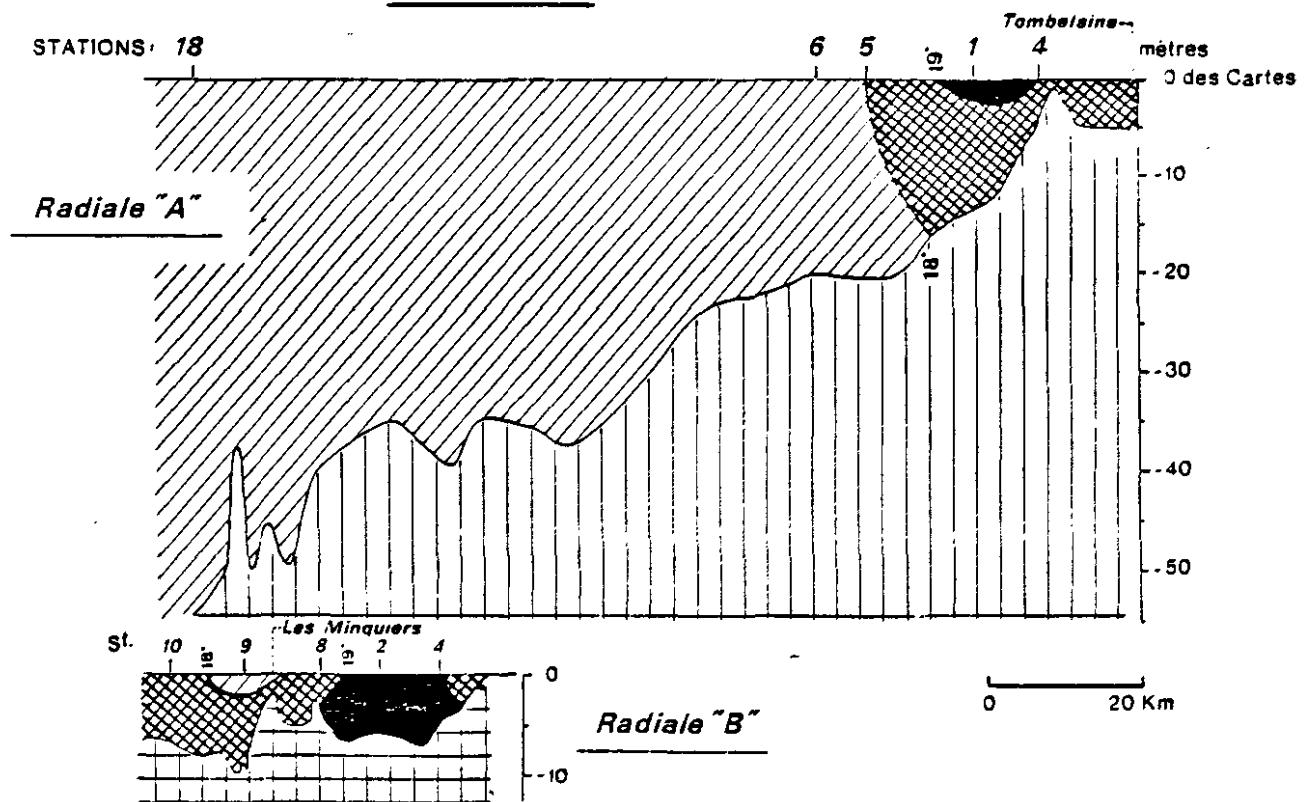
## PROFILS d'ISOHALINES , au niveau des RADIALES "A" et "B"

Aout 1980



## PROFILS d'ISOTHERMES , au niveau des RADIALES "A" et "B"

Aout 1980



Figures I.5c,d : Quelques exemples de profils d'isohalines et d'isothermes obtenus au niveau des radiales A et B.

### I.2.3 - Axes de dilutions. Points fixes

L'écoulement des eaux superficielles est régi essentiellement par les courants de marée (cf. Volume I, Processus physiques, et ORBI A., 1986) (figure III.16, Volume I).

Deux axes d'observation ont été déterminés afin de vérifier la continuité des masses d'eau (figure I.4.).

Les profils des isohalines et des isothermes montrent pour l'ensemble des campagnes (d'avril à août), l'homogénéité verticale et horizontale des eaux, du large jusqu'à la limite approximative Saint-Malo - Granville. Au delà, bien que les gradients horizontaux prédominent, une légère stratification peut apparaître (figure I.5). L'étude de cycles de marée sur deux points situés dans ces zones, a confirmé l'originalité de chacune quant à leurs salinités, les eaux au Nord de Granville étant toujours plus salées que celles situées au Sud, vers la baie. Dessalure et forts gradients rappellent les caractères estuariens de ce milieu marin, traits déjà mentionnés par R. MATHIEU (1966).

### Conclusion

Le golfe se trouve donc en marge des courants de la Manche, avec des caractères hydrologiques propres très liés à la bathymétrie et aux forts courants de marée. Ceux-ci assurent l'homogénéité verticale des eaux tandis que les échauffements dus à la faible profondeur, et la dessalure provoquée par les apports d'eau douce entretiennent des gradients horizontaux depuis le fond de la baie vers le large. Ces gradients permettent de caractériser les masses d'eaux, par leur salinité en hiver et début de printemps, et leur température en été. Les résultats d'hydrobiologie sont globalement en accord avec l'étude des circulations moyennes dans le golfe (Thème I : cadre physique) : cette étude établit l'existence de grandes "cellules" circulant autour des îles, et la persistance des masses d'eau dans un Golfe Normano-Breton "restreint" limité par Fréhel - Jersey - Carteret.

Du point de vue hydrologique, la région septentrionale, étudiée au niveau de Flamanville, est la plus influencée par les apports océaniques, tandis que les zones Cotentin Centre et surtout Sud-Chausey sont plus soumises aux apports terrigènes. Cette dernière partie se distingue en particulier par sa richesse en composés nutritifs, dont l'intérêt n'est pas négligeable du point de vue potentiel photosynthétique.

### I.3 - VARIATIONS SPATIALES DU PHYTOPLANCTON

#### I.3.1 - Généralités

L'étude du phytoplancton, responsable de la production primaire pélagique, premier échelon de la chaîne trophique marine, est abordée dans cette étude par les trois méthodologies classiques (cf. annexe I.3.1.) :

- Evolution de la biomasse chlorophyllienne.
- Evolution de la production primaire potentielle.
- Dénombrement et détermination des organismes.

L'inventaire des populations phytoplanctoniques du Golfe Normano-Breton a permis de recenser 123 taxons répertoriés dans la liste des espèces floristiques présentée en annexe I.3.2.

Comparé à d'autres études en Manche occidentale (J.R. GRALL, 1972a) le microplancton du Golfe Normano-Breton présente la même diversité spécifique. Les organismes dénombrés sont unicellulaires (solitaires ou en colonies) appartenant à différents groupes de comportement écologique différent comme :

- les diatomées (ou Bacillariophyceae) : ce sont des algues unicellulaires enfermées dans une sorte de coque siliceuse (frustule). Leur taux de croissance et leur production sont élevés et ces algues constituent la nourriture principale du plancton animal herbivore. De 5 à 200 microns de longueur, autotrophes, elles sont subdivisées en deux sous-groupes selon leur morphologie :

. les pennées, essentiellement benthiques (fixées sur un substrat), dont le genre le plus représenté est Navicula. Certains genres sont cependant planctoniques, telles Asterionella, Thalassionema et quelques Nitzschia. Les taxons benthiques apparaissent dans les échantillons pélagiques après un brassage important des eaux (tempêtes, forts courants de marée).

. les centriques, pour la grande majorité pélagiques (excepté Paralia sulcata). Ce sont les principales représentantes des populations planctoniques (environ 70 % du microplancton observé dans le Golfe Normano-Breton).

- les dinoflagellés (ou Dinophyceae) : de classe de taille à peu près identique aux diatomées, flagellés (deux flagelles) autotrophes et/ou hétérotrophes. Deux groupes principaux se distinguent, les dinoflagellés nus (ou Gymnodinidés) principalement représentés par les genres Gymnodinium et Gyrodinium, et les dinoflagellés cuirassés, à théque "bivalve" (Dinophysis, Prorocentrum) ou segmentées en plaques polygonales (Peridinium, Gonyaulax ...). Ils deviennent plus abondants en été et en automne (environ 5 % du microplancton observé).

Les diatomées et les dinoflagellés ne sont pas les seuls représentants des populations échantillonnées. Également communs sont :

- les silicoflagellés, représentés surtout par Dictyocha speculum,
- les haptophycées, dénombrés exclusivement sur le site de Flamanville (Phaeocystis sp.),
- les chlorophycées, les chrysophycées, les cyanophycées, peu courants. Ces taxons dénotent généralement des arrivées d'eau douce (Chlorophycée sp.6 devant le havre de Regneville). Dans l'ensemble très peu d'espèces caractéristiques de la flore d'eau douce ont été dénombrées,
- sont également présents les euglènes.

En-dehors des organismes chlorophylliens sont dénombrés des protozoaires, tels que les ciliés, principalement composés de tintinnidés. A été prise en compte aussi pour cette étude la classe de taille inférieure à 5 microns, baptisée ici "nanoplancton". Sont comptés essentiellement des flagellés chlorophylliens (cryptophycées).

Si beaucoup d'espèces peuvent être directement déterminées, certaines nécessitent des conditions particulières d'examen (traitement aux acides ou microscope à balayage), telles Navicula sp. et les dinoflagellés dont l'identification, dans le cadre de cette étude, a été principalement basée sur la forme des cellules. Les mêmes problèmes d'identification se sont posés au cours des différentes études sur le Golfe Normano-Breton. Certaines espèces ont dû être regroupées car difficilement dissociables comme :

- Chaetoceros debile et Chaetoceros curvisetum,
- Fragilaria sp., Navicula pelagica et Plagiogramma sp..

Les espèces baptisées Chaetoceros sp.1, Chaetoceros sp.2, Chaetoceros sp.3, Nitzschia sp.1, n'ont pu être identifiées.

Sous le terme "cellules indéterminées" des cellules de petite taille, souvent en chaîne ont été regroupées (peut être des Cyanophycées ?).

Dans cette étude, le dénombrement n'est réalisé qu'à partir des espèces phytoplanctoniques de taille supérieure à 5 µm, et excluant les Ciliés.

De la base de données réunies aux cours des différentes études du Golfe Normano-Breton, et des connaissances qui en ont été déduites (ERARD et al., 1977, 1979, 1981, 1983, 1984, 1985) nous dégageons deux structures hydrobiologiques qui synthétisent l'ensemble du système phytoplanctonique : une structure au printemps, et une autre en été.

### I.3.2 - Structure hydrobiologique en période printanière

L'étude hydrologique fait ressortir :

- un gradient de salinité entre les eaux du fond de la baie du Mont-St-Michel et celles du Raz Blanchard,
- une structure haline des masses d'eau bien définie entre Jersey et Guernesey.

Pour définir cette période printanière ont été prises en compte les campagnes d'avril 1980, de mai 1981 et de juin 1981 (E. ERARD, M.P. CRASSOUS, 1981 et 1983). Ces dernières nous permettent de décrire la structure spatiale pour les paramètres phytoplanctoniques, reflet des masses d'eau précédemment décrites (cf. Hydrologie, chapitre I.2), avec deux zones d'enrichissement : la zone Sud-Chausey et la zone qui s'étend à l'Ouest de l'axe plateau de Barnouic - îles Jersey/Guernesey.

#### I.3.2.1 - Zone sud-Chausey

Celle-ci se caractérise par une forte productivité phytoplanctonique avec pour valeurs extrêmes en avril 1980 : Chlorophylle : 7,8 mg/m<sup>3</sup>, production primaire : 52 mgC/m<sup>3</sup>/h, microplancton : 4645 cell./cm<sup>3</sup>.

Que ce soit en avril, en mai ou en juin (figures I.6, I.7, I.8), cette zone se distingue comme l'épicentre d'un gradient des valeurs phytoplanctoniques décroissant du fond de la baie du Mont-St-Michel vers le large et s'étirant le long des côtes du Cotentin.

La permanence de ce gradient dans le temps fait ressortir la stabilité de la présence d'espèces phytoplanctoniques de petites tailles (cf. Chapitre II - Variations saisonnières). Cette observation accrédite donc l'idée de l'existence d'une relation entre productivité et dimension des cellules : le quotient d'assimilation des cellules à faible volume est supérieur à celui des cellules à volume plus élevé.

#### - En avril 1980

Parmi la grande diversité taxonomique des petites cellules, des espèces se présentent plus "nérétiques" que d'autres, telles Nitzschia delicatissima (7 à 40 % de dominance), Leptocylindrus minimum (5 à 32 %), Skeletonema costatum (7 à 44 %) regroupées au fond de la baie.

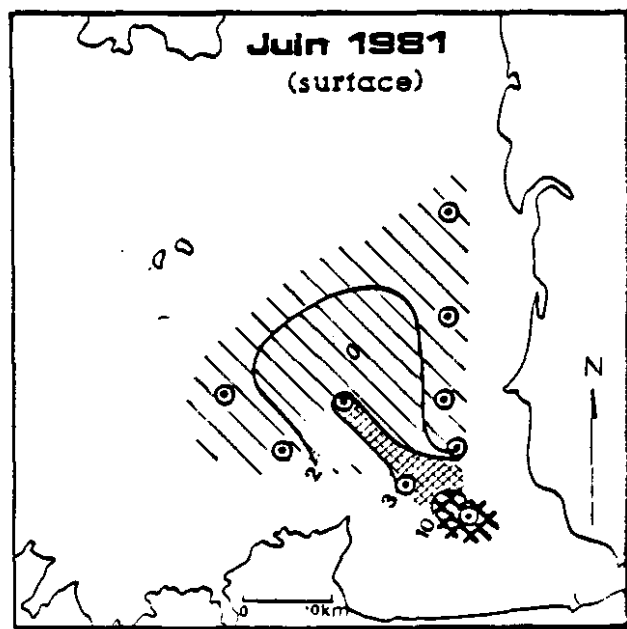
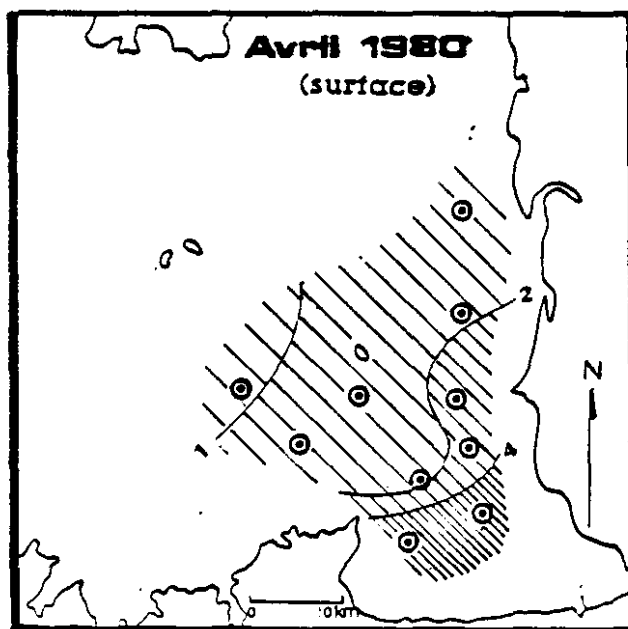
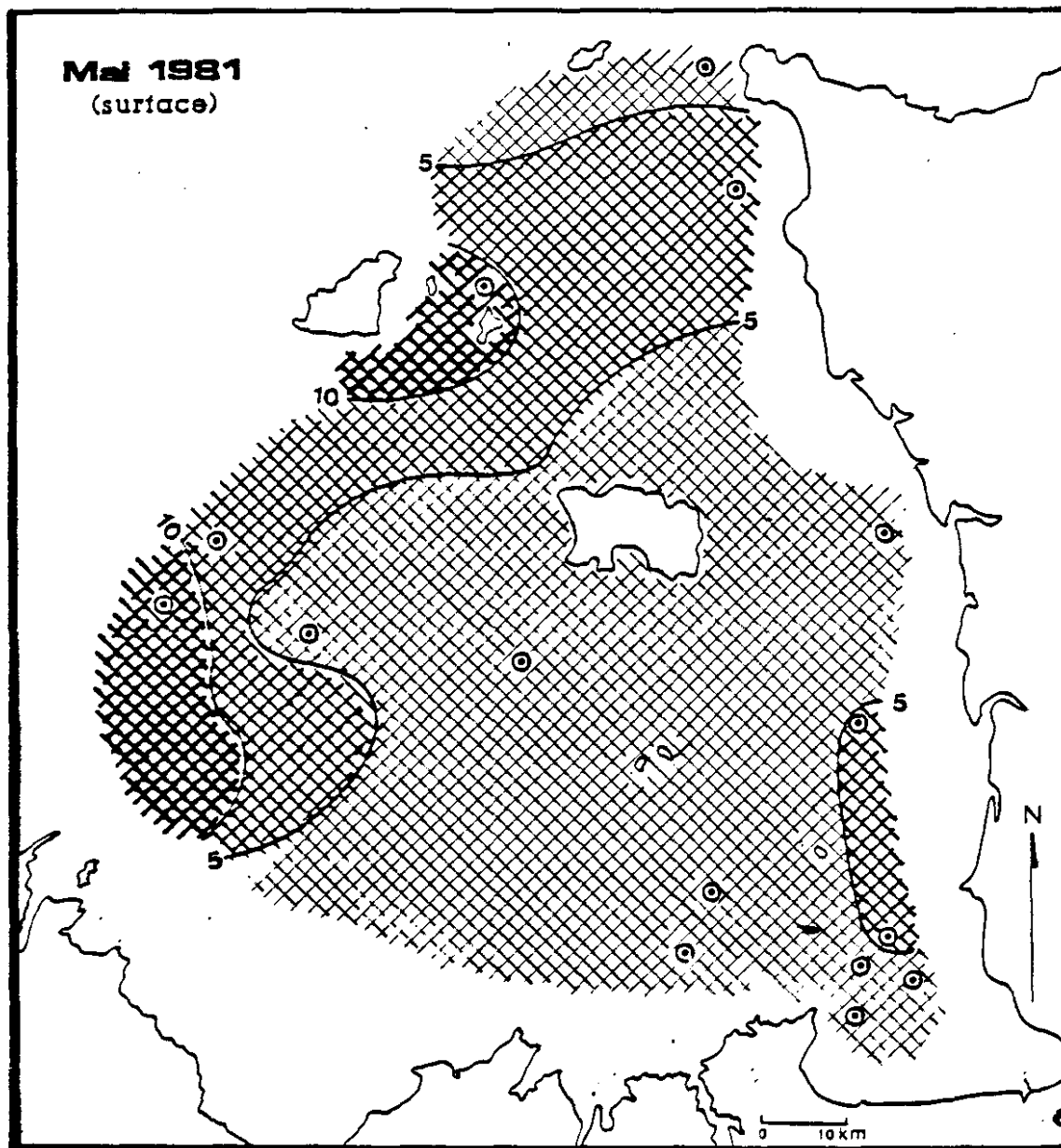
#### - En mai 1981 (figure I.9)

La composition floristique très peu diversifiée est représentée par trois espèces compétitives : Chaetoceros curvisetum (18 à 23 %), Rhizosolenia fragilissima (27 à 38 %) et Rhizosolenia delicatula (13 à 16 %). Les caractéristiques morphologiques de Chaetoceros curvisetum et de Rhizosolenia fragilissima (volumes cellulaires inférieurs à celui de Rhizosolenia delicatula) leur permettent d'assurer leur prédominance du fond de la baie. Leurs rapports S/V\* plus élevés traduisent une plus grande possibilité d'échanges avec la zone de dessalure, point d'arrivée de sels azotés.

\* S = surface cellulaire

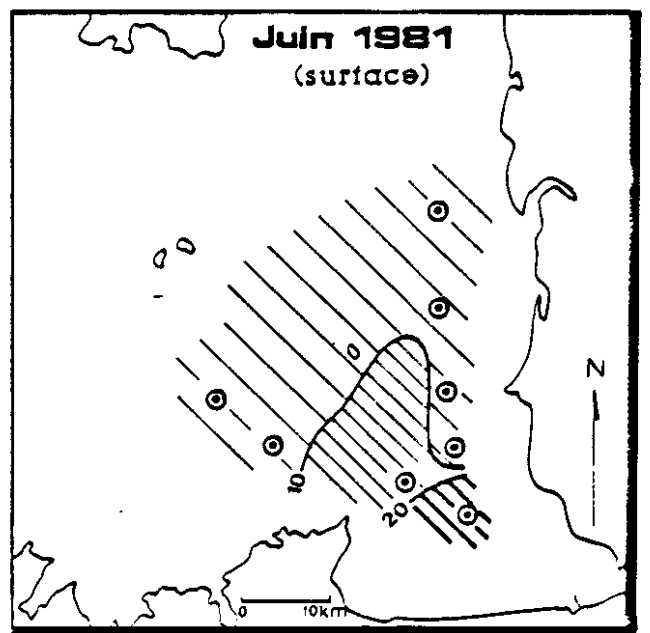
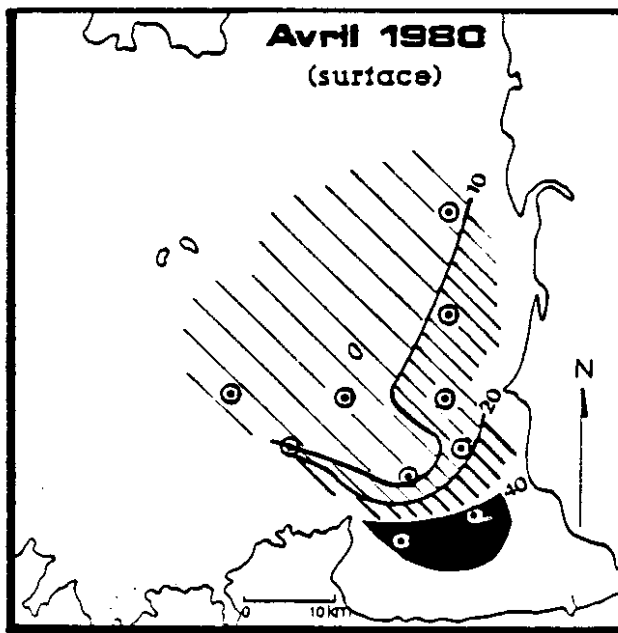
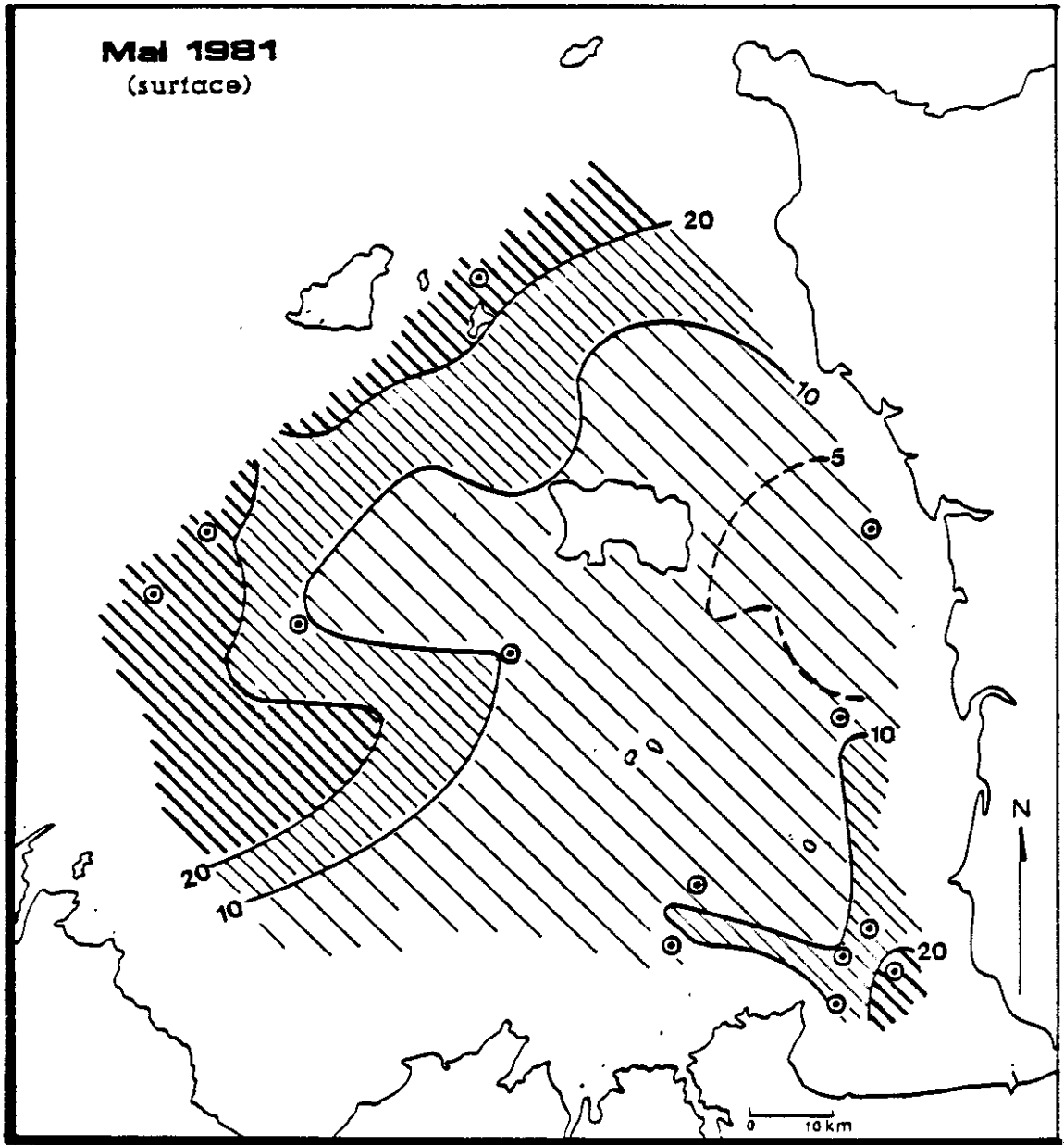
V = Volume cellulaire

**Structures spatiales de la CHLOROPHYLLE**  
 en période printanière (mg/m<sup>3</sup>)



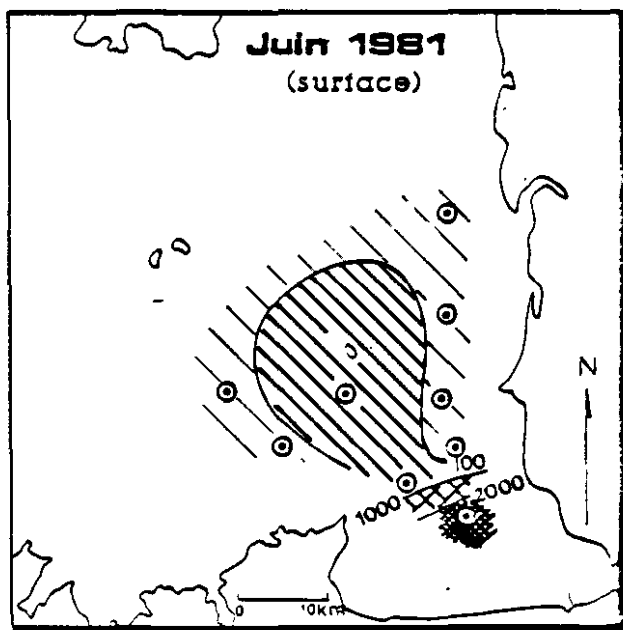
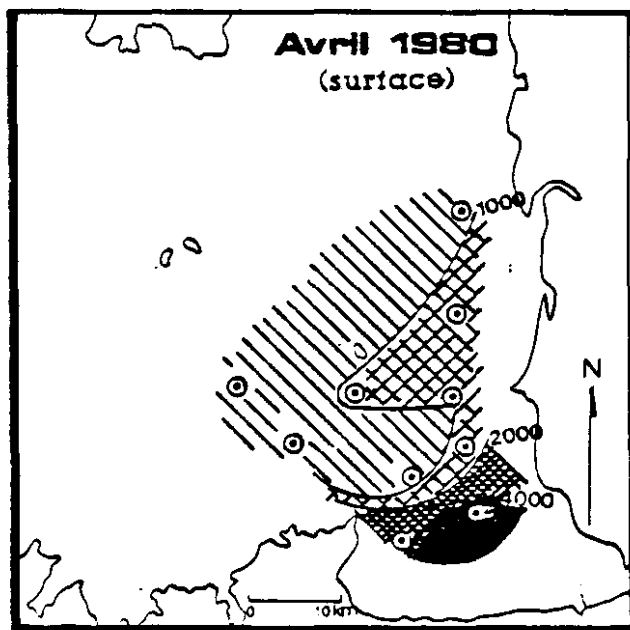
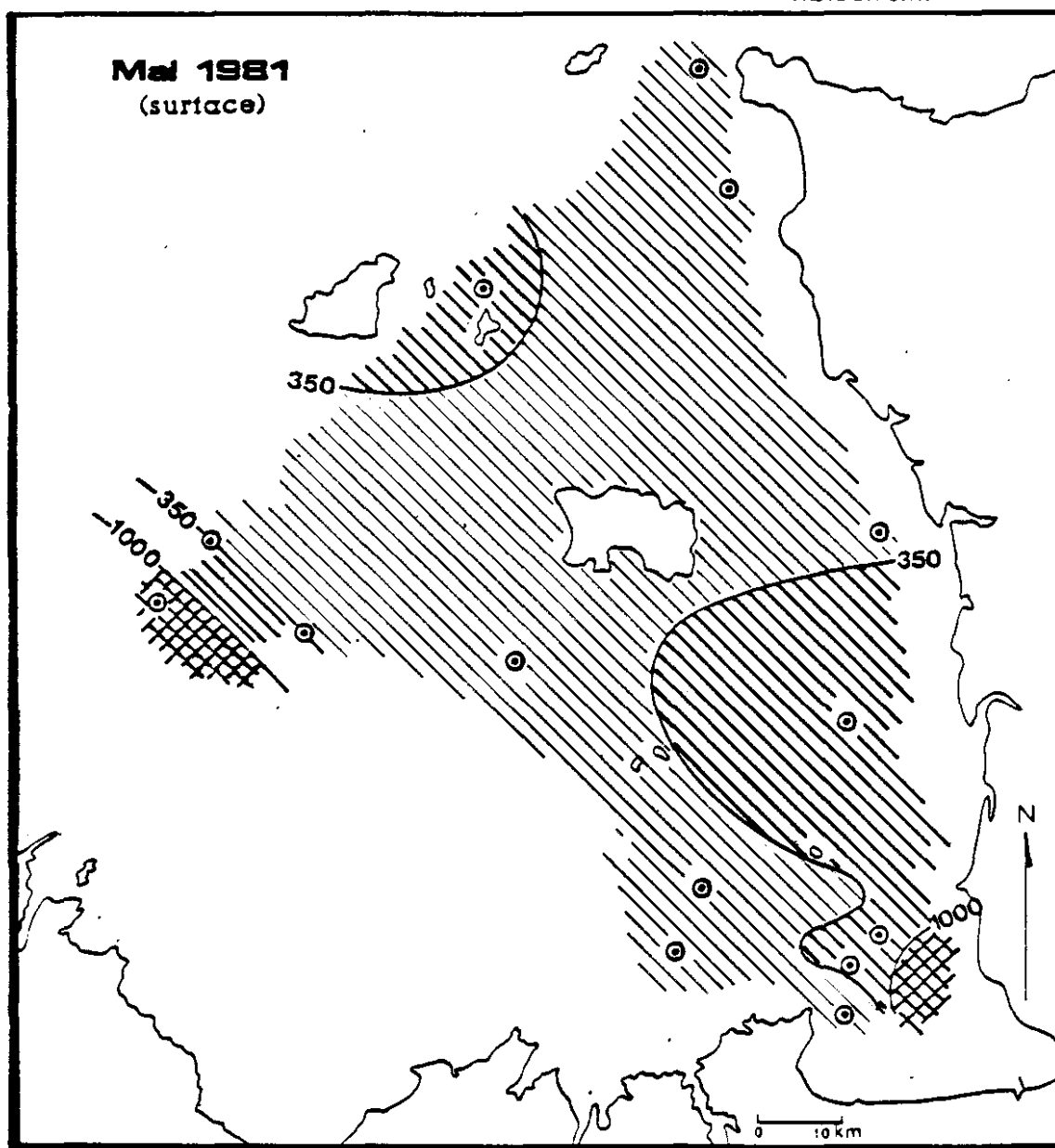


**Structures spatiales de la PRODUCTION PRIMAIRE**  
**en période printanière** (mg/m<sup>2</sup>h)



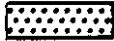



**Structures spatiales du MICROPLANCTON**  
**en période printanière — (nb.cell/cm<sup>3</sup>)**

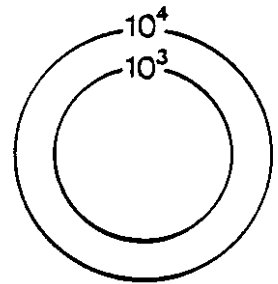
Fig 1.8



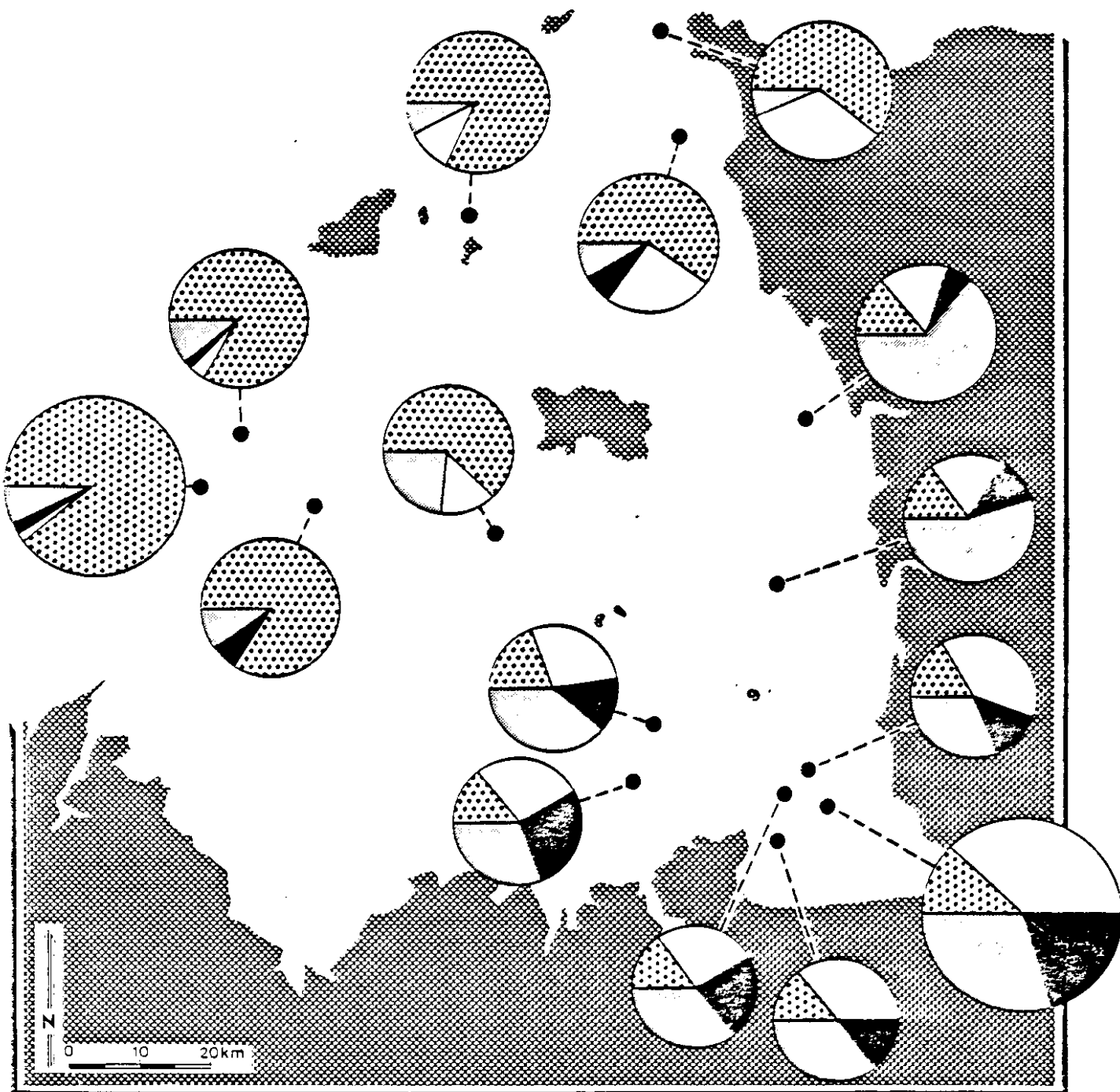
**ABONDANCE et DOMINANCE**  
**des ESPECES PHYTOPLANCTONNIQUES PRINCIPALES**

**Mai 1981**  
 (surface)

-  *Rhizosolenia delicatula*
-  *Rhizosolenia fragilissima*
-  *Chaetoceros curvisetum*
-  Autres taxons



Nombre de cellules /cm<sup>3</sup>



- En juin 1981

La population est plus diversifiée. Chaetoceros spp. (8 à 61 %), Rhizosolenia delicatula (3 à 32 %), Rhizosolenia shrubsolei (1 à 15 %), Rhizosolenia setigera (1 à 13 %) et Leptocylindrus danicum (2 à 11 %) constituent les taxons dominants. Le genre Chaetoceros représenté par Chaetoceros curvisetum (1 à 24 %) et Chaetoceros sociale (2 à 50 %), espèces de petites tailles, est à l'origine des valeurs extrêmes focalisées au fond de la baie (point 4) où les valeurs de la chlorophylle sont de 5 à 10 fois plus élevées qu'aux stations les plus proches (points 1 et 2), celles de la production primaire quatre fois plus fortes, et le microplancton de 20 à 100 fois plus abondant.

I.3.2.2 - Zone du large

C'est la zone qui s'étend à l'Ouest du plateau de Barnouic - îles de Jersey/Guernesey.

Dans cette zone est mise en évidence l'importance du rôle des hauts fonds et des îles anglo-normandes sur l'hydrodynamisme et par conséquent sur la répartition des paramètres biologiques.

En mai 1981, la productivité des eaux du large en continuité avec celles de la Manche Ouest (chlorophylle > 10 mg/m<sup>3</sup> ; production primaire > 20 mgC/m<sup>3</sup>/h ; microplancton > 350 cell./cm<sup>3</sup>), résulte de la prolifération de Rhizosolenia delicatula (> 80 % de dominance), tandis que Rhizosolenia fragilissima se maintient au fond de la baie. Rhizosolenia delicatula au rapport S/V moins élevé que Rhizosolenia fragilissima (J.R. GRALL, 1972b) s'accommode d'une température et d'une concentration en nutriments plus faibles, et d'une énergie lumineuse plus élevée.

I.3.2.3 - Campagne de juin 1982

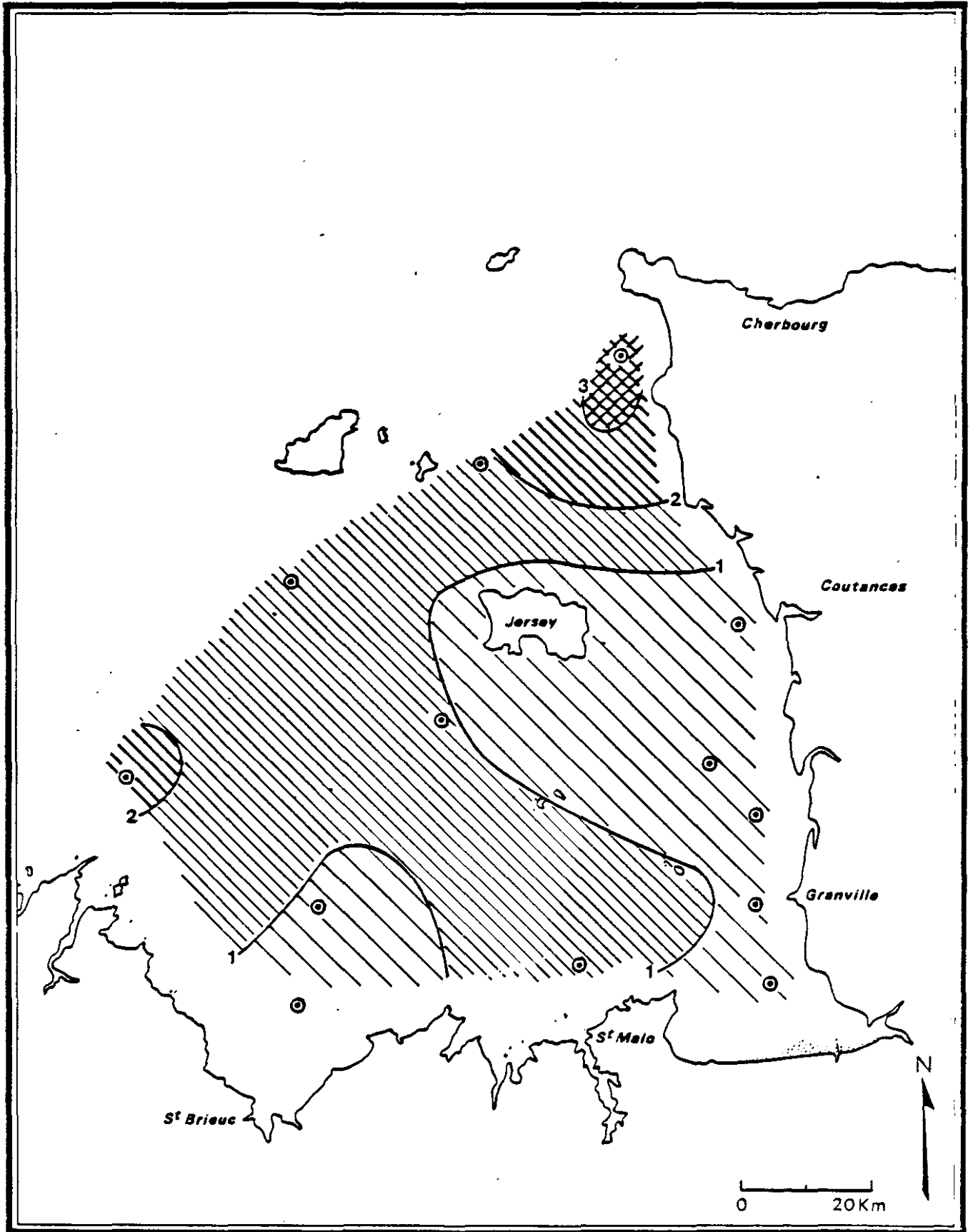
La campagne de juin 1982 est également à relier à cette période printanière (figures I.10, I.11, I.12). Elle présente une structure hydrobiologique intermédiaire entre la structure printanière et la structure estivale, mais par ses représentants microplanctoniques, elle s'insère dans la période printanière "fin de bloom" :

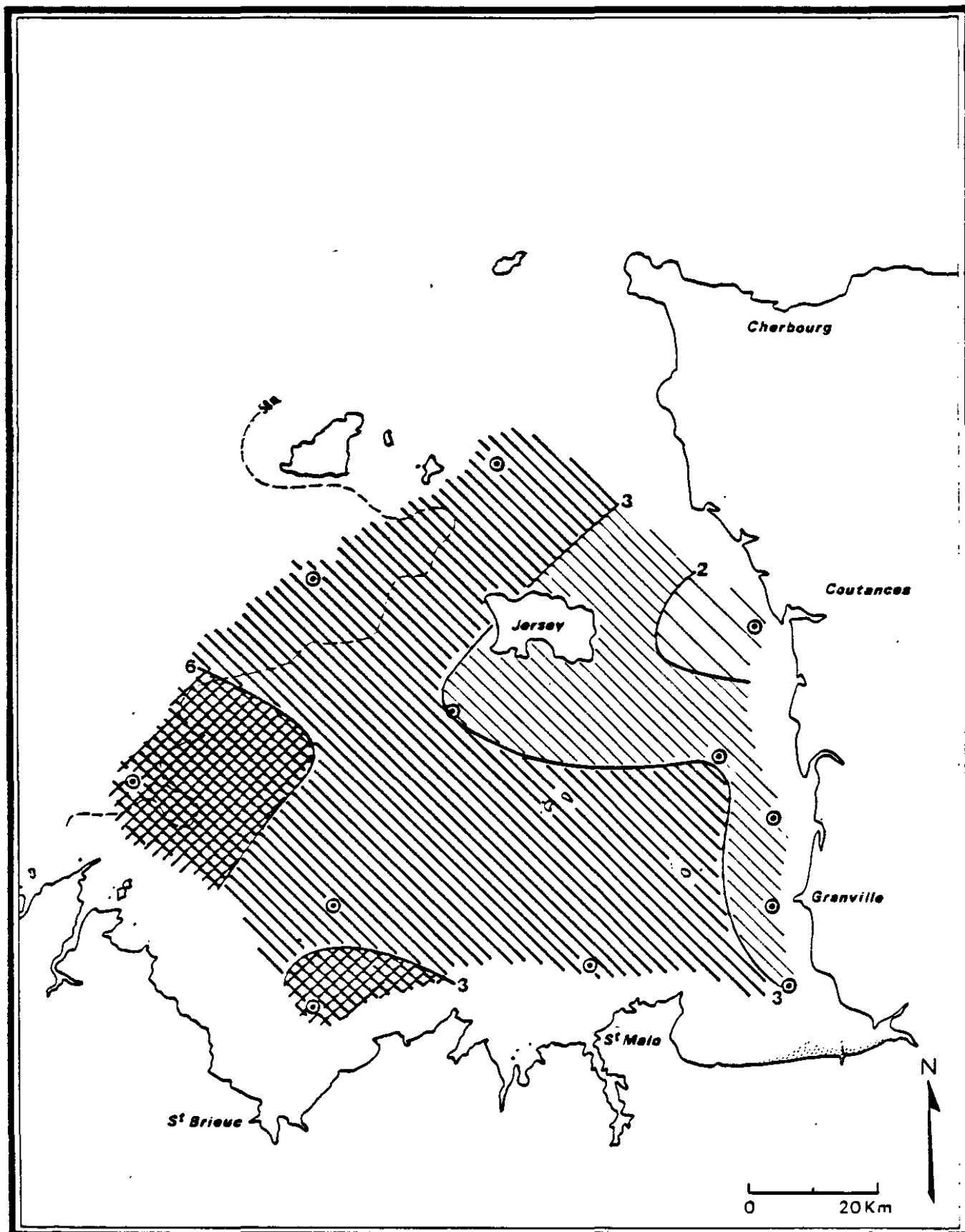
- les valeurs phytoplanctoniques sont peu élevées : chlorophylle entre 0,5 et 3,3 mg/m<sup>3</sup> ; production primaire entre 1,4 et 8,3 mgC/m<sup>3</sup>/h ; microplancton entre 10 et 236 cell./cm<sup>3</sup>,

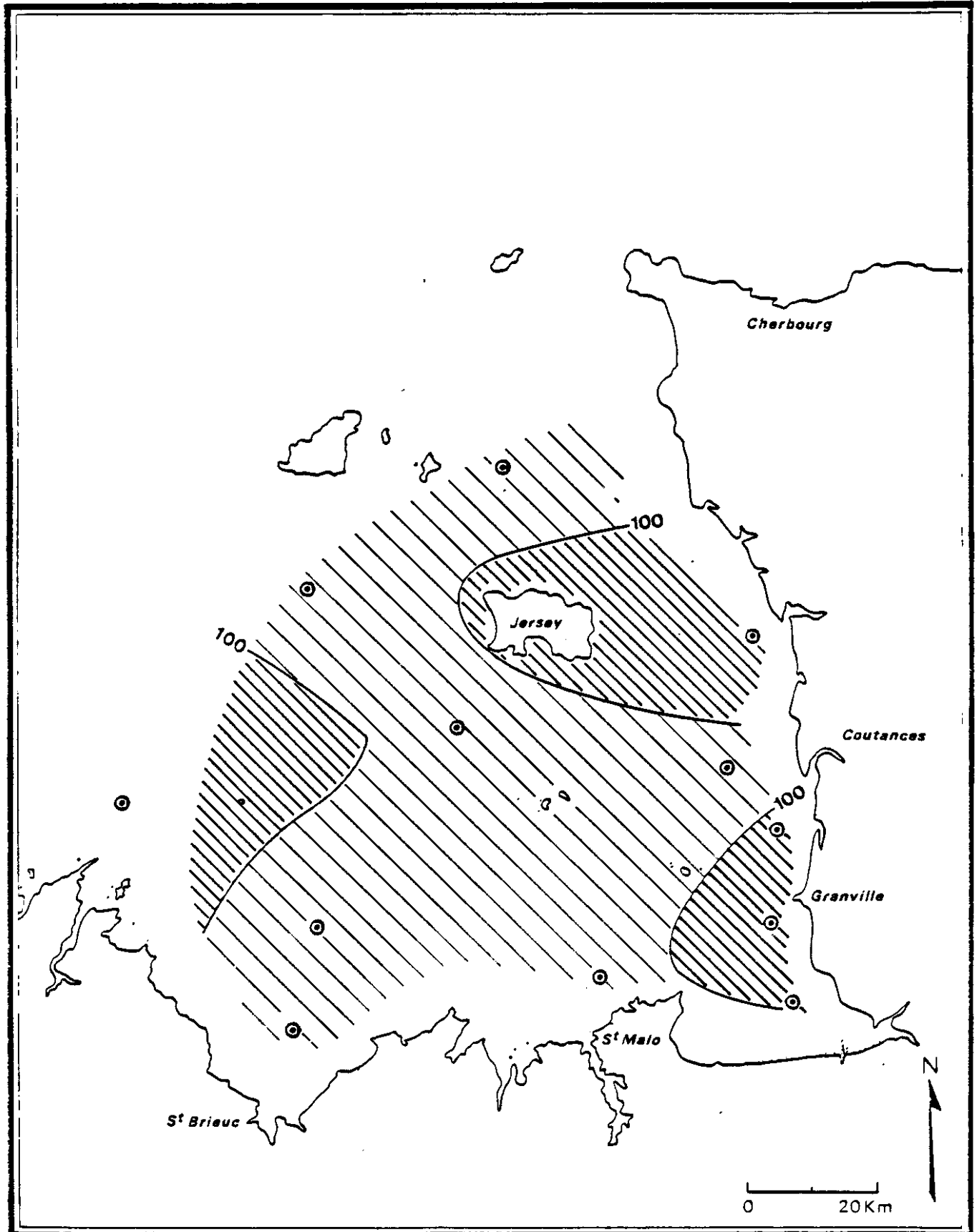
- la composition floristique est peu diversifiée (figure I.13). Elle est essentiellement représentée par le genre Rhizosolenia : au large, Rhizosolenia delicatula (de 15 % à 65 %) et Rhizosolenia stolterfothii (de 15 à 84 %) en bon état physiologique et le long du Cotentin Rhizosolenia delicatula (de 88 % à 98 %). Cette dernière espèce présentait un cytoplasme plus ou moins altéré, il est donc délicat de corrélérer les fluctuations de ce microplancton avec celles de la chlorophylle et de la production primaire.

On peut noter pour cette campagne la présence de dinoflagellés en baie de St-Brieuc et en baie de St-Malo. La participation de ces derniers à l'évolution de la biomasse chlorophyllienne est négligeable.





**Structures spatiales de la CHLOROPHYLLE**  
— **Juin 1982** — (mg/m)  
(surface)

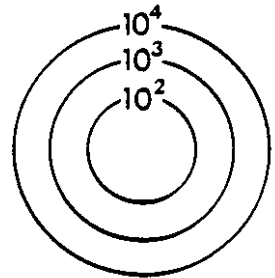


**Structures spatiales de la PRODUCTION PRIMAIRE****Juin 1982** (mg/m<sup>3</sup>)  
(surface)

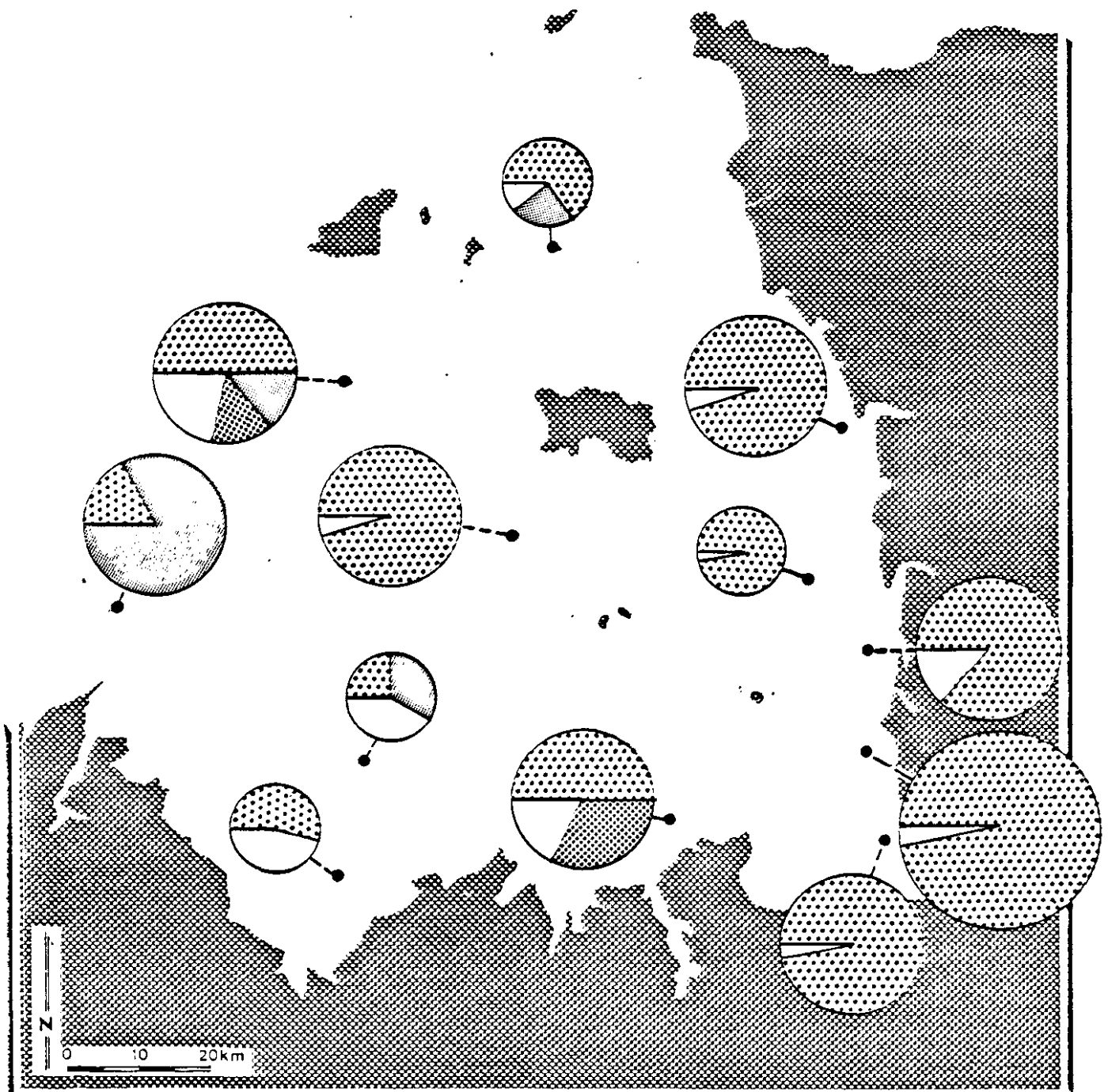
**Structures spatiales du MICROPLANCTON****Juin 1982** (nb.cell/cm<sup>3</sup>)  
(surface)

**ABONDANCE et DOMINANCE**  
**des ESPECES PHYTOPLANCTONIQUES PRINCIPALES**  
 Juin 1982  
 (surface)

-  *Rhizosolenia delicatula*
-  *Rhizosolenia stolterfothii*
-  Dinoflagellés
-  autres taxons



Nombre de cellules /cm<sup>3</sup>





### I.3.3 - Structures hydrobiologiques en période estivale

Le gradient thermique est bien établi et délimite des zones de productivités phytoplanctoniques :

- eaux de la baie du Mont-St-Michel,
- eaux du large (Ouest du front Jersey - Guernesey).

Deux campagnes valident cette situation estivale : août 1980 et septembre 1980 (E. ERARD, M.P. CRASSOUS, 1981).

La population est diversifiée par rapport à celle du printemps. L'augmentation de l'énergie lumineuse et de la température est favorable à une production de la communauté dans son ensemble, sans qu'une espèce particulière soit favorisée. Les espèces se répartissent selon le gradient côte - large.

#### I.3.3.1 - Zone Sud Chausey

En août, comme en septembre (figures I.14, I.15, I.16), la population algale des eaux de la baie du Mont-St-Michel est "productive" (chlorophylle > 3mg/m<sup>3</sup>, production primaire > 20 mg/C/m<sup>3</sup>/h, microplancton > 2000 cell./cm<sup>3</sup>). Cette productivité provient de la prolifération de petites espèces phytoplanctoniques comme Leptocylindrus minimum : environ 79 % en août et 96 % en septembre.

#### 1.3.3.2 - Zone du large

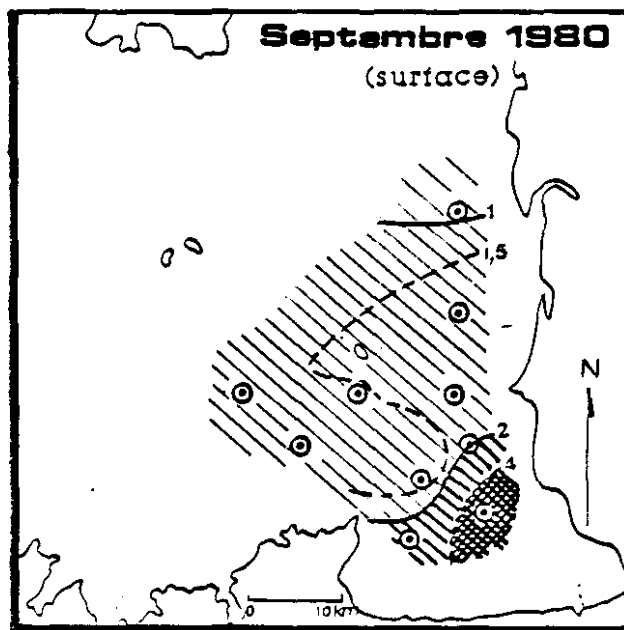
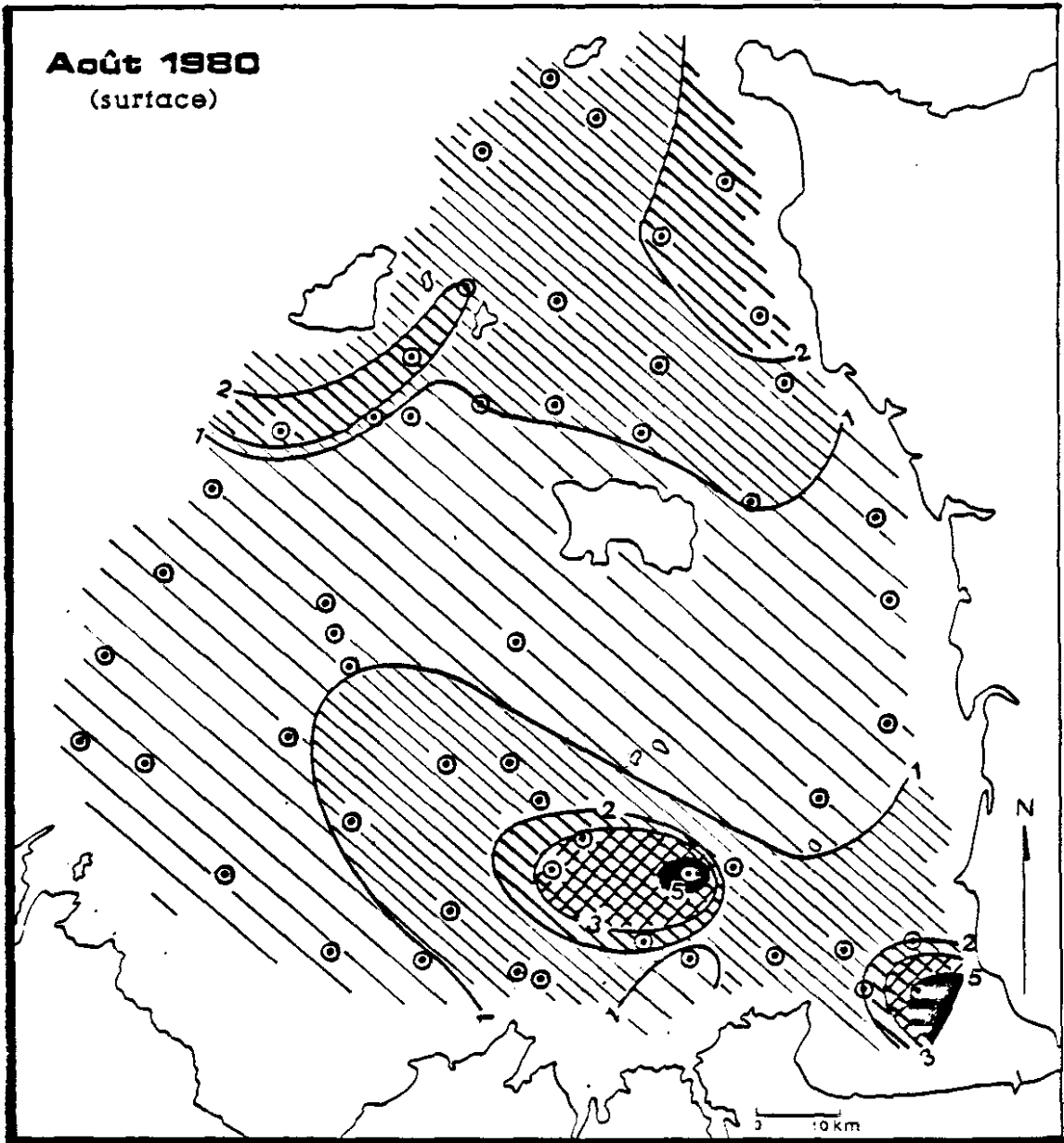
Plus au large, la communauté planctonique se diversifie (figure I.17). Apparaissent alors des cellules au volume cellulaire plus élevé que Leptocylindrus minimum : Rhizosolenia spp. et des cellules regroupées en chaînes : Chaetoceros spp. et Thalassiosira spp.

Le genre Rhizosolenia, entre autre l'espèce Rhizosolenia delicatula prédomine de l'île d'Aurigny au cap de Flamanville (70 %). Cette espèce au potentiel productif élevé permet aux valeurs de la production primaire d'atteindre 30 mgC/m<sup>3</sup>/h.

Le genre Chaetoceros composé essentiellement de Chaetoceros curvisetum représente 77 % de la population microplanctonique au Sud de Guernesey (chlorophylle 2-2,7 mg/m<sup>3</sup>, production primaire > 10 mgC/m<sup>3</sup>/h, microplancton de 250 à 470 cell./cm<sup>3</sup>).

Parmi les zones de bonne activité photosynthétique on distingue la zone Sud du plateau des Minquiers (chlorophylle de 2 à 5,6 mg/m<sup>3</sup>, production primaire > 10 mgC/m<sup>3</sup>/h). Aucun prélèvement de microplancton n'a été effectué, les valeurs biologiques laissent néanmoins supposer la présence d'espèces productives. Cette observation révèle encore l'importance des hauts fonds sur la distribution des paramètres biologiques.

**Structures spatiales de la CHLOROPHYLLE**  
**Période estivale** (mg/m<sup>3</sup>)



**Structures spatiales de la PRODUCTION PRIMAIRE**  
Période estivale (mgim/h)

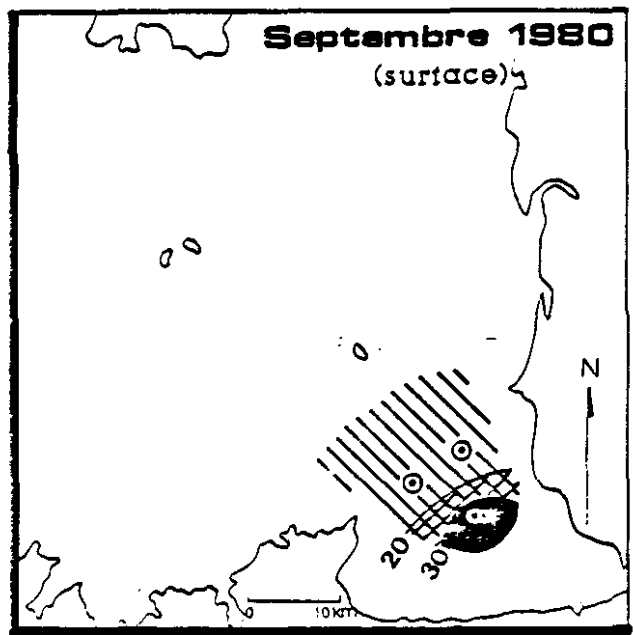
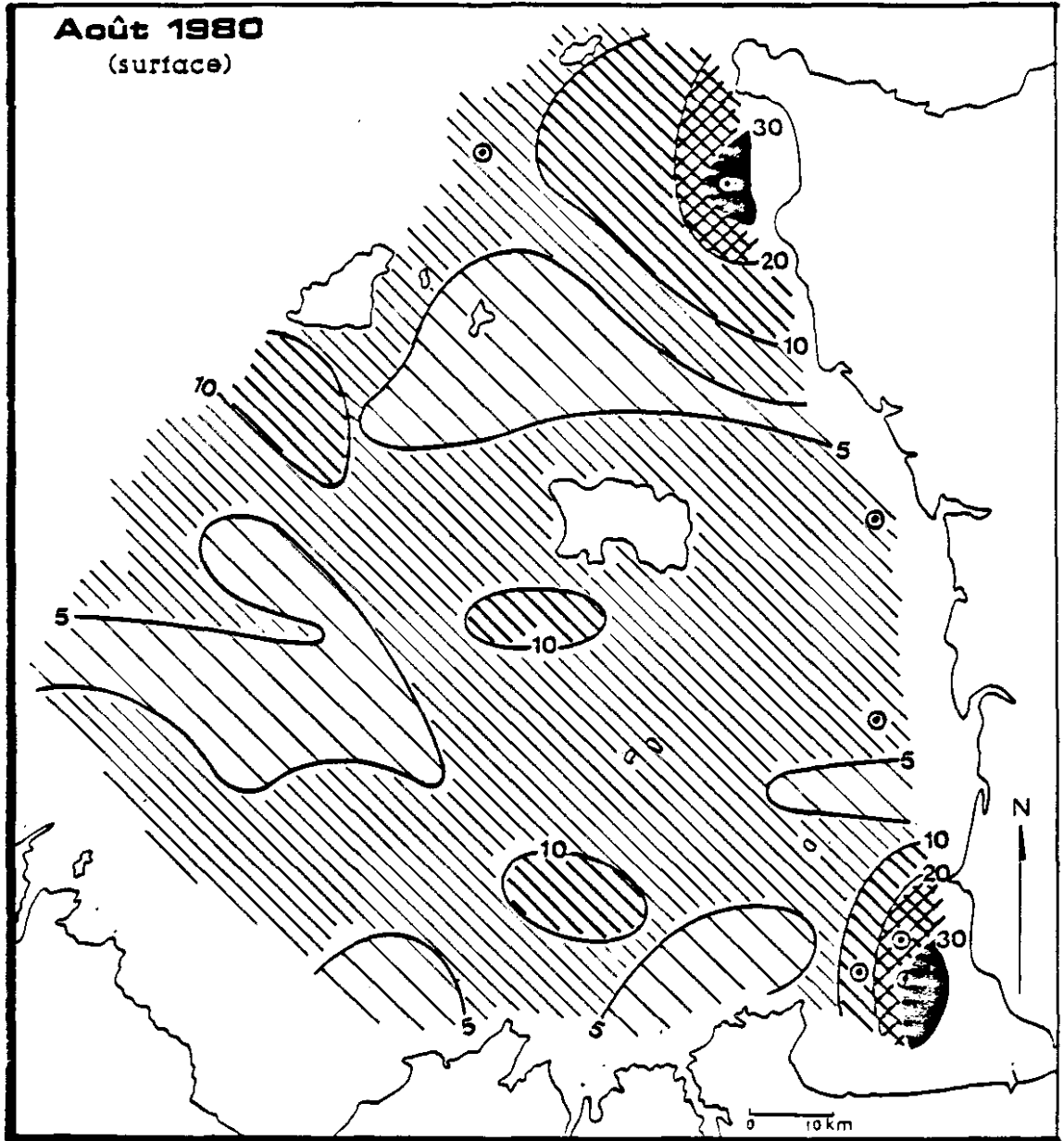
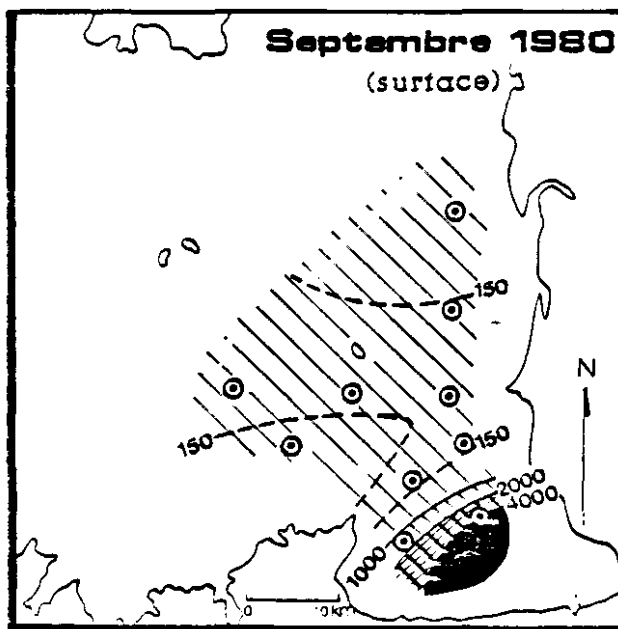
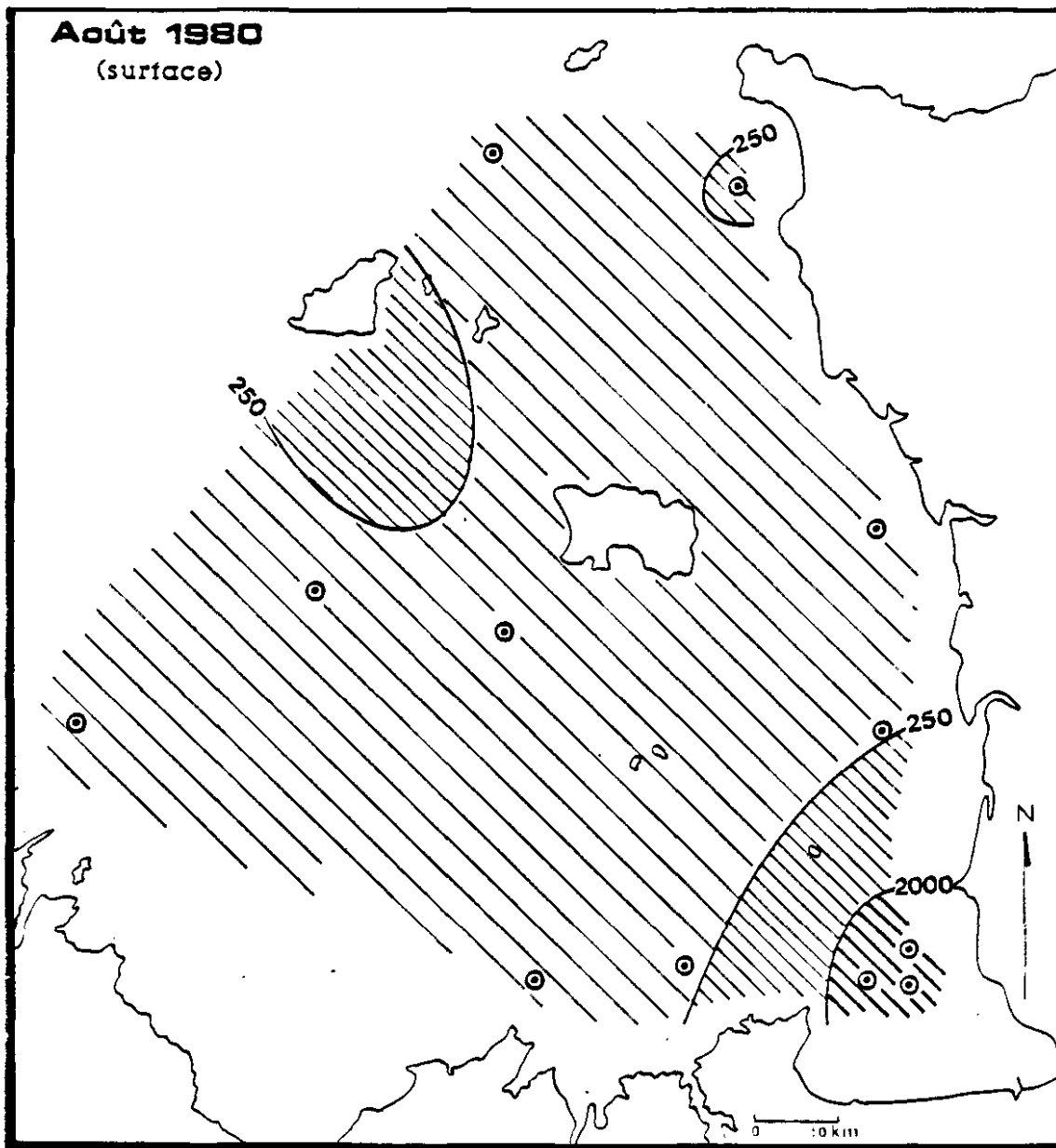







Fig 1.16

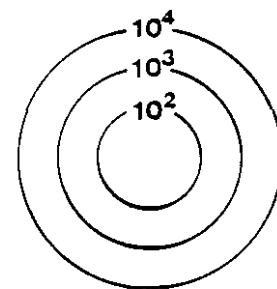
**Structures spatiales du MICROPLANCTON**  
Période estivale — (nb.cell/cm)



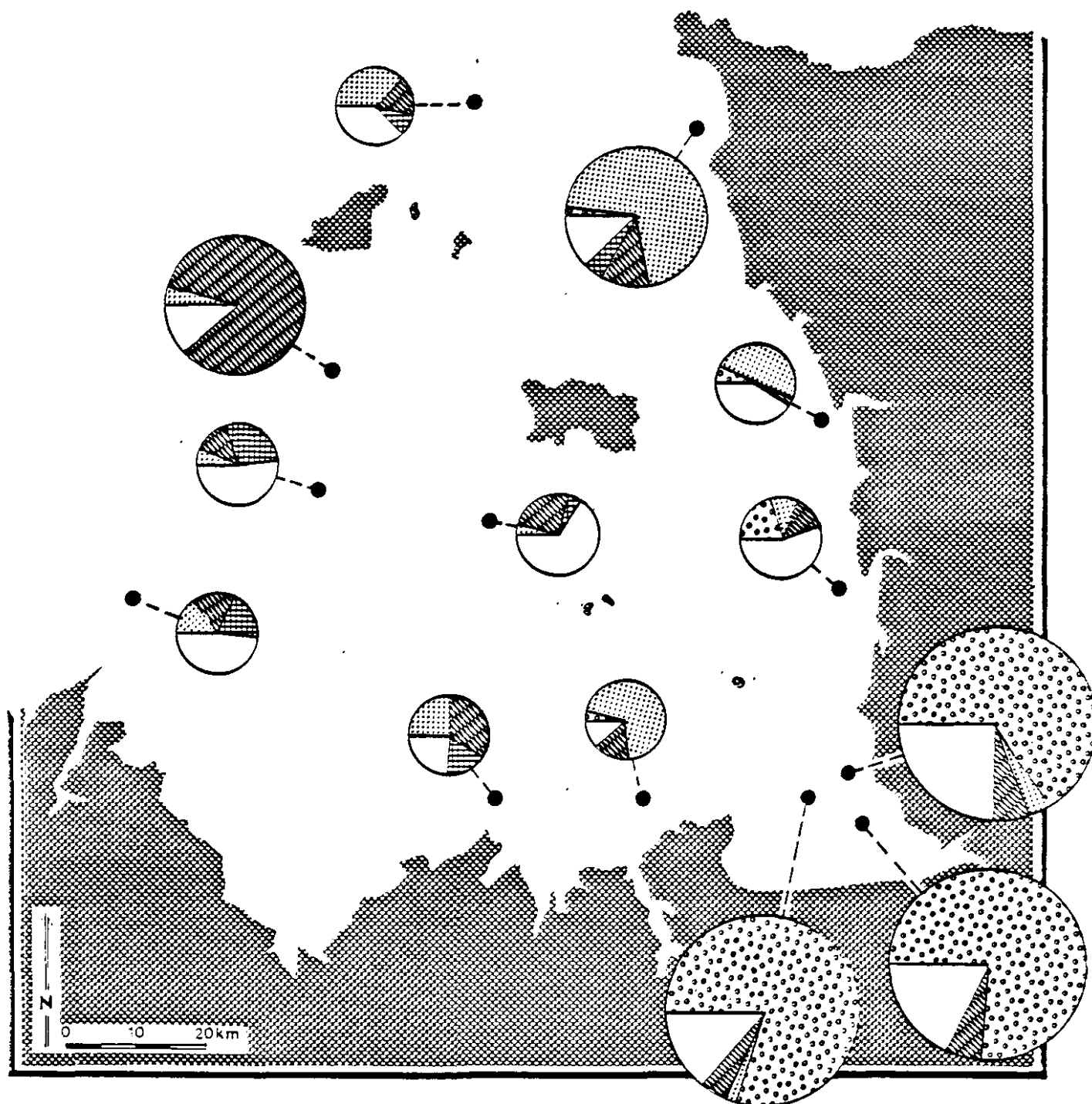
**ABONDANCE et DOMINANCE**  
**des ESPECES PHYTOPLANCTONNIQUES PRINCIPALES**

Août 1980  
 (surface)

-  *Leptocylindrus minimum*
-  *Rhizosolenia s.p.p.*
-  *Chaetoceros s.p.p.*
-  *Thalassiosira s.p.p.*
-  Autres taxons



nombre de cellules / cm<sup>3</sup>



### 1.3.4 - Conclusion

Comparé aux autres sites de la Manche [Manche Ouest, notamment Roscoff (J.R. GRALL, 1972a)] le phytoplancton du Golfe Normano-Breton présente approximativement une même diversité spécifique. On reconnaît un ensemble de populations d'affinité néritique, avec un minimum de diversité durant la poussée printanière.

Au cours des différentes études sur le Golfe Normano-Breton deux structures hydrobiologiques se sont différenciées : au printemps et en été. Au printemps la variation spatiale des paramètres de la production primaire reflète la structure haline des masses d'eau. La composition floristique très peu diversifiée est représentée par les genres Chaetoceros spp. et Rhizosolenia spp. (Rhizosolenia delicatula et Rhizosolenia fragilissima). En été, le front thermique bien établi entre Jersey et Guernesey délimite la zone de productivité. La population est diversifiée, Leptocylindrus minimum au fond de la baie, Rhizosolenia delicatula, Chaetoceros curvisetum et Thalassiosira spp. au large. De même, l'originalité hydrobiologique du secteur "Sud-Chausey", zone de forts gradients, a été mise en évidence. Elle se présente comme une entité géographique avec ses caractéristiques d'eaux peu profondes, soumises à l'effet des eaux plus marines. Un gradient décroissant des valeurs de la baie du Mont-St-Michel vers le large est constaté pour les trois paramètres biologiques (biomasse chlorophyllienne, production primaire, microplancton). Dans cette zone particulière se maintient une productivité importante due à la prolifération de petites cellules.

A noter que la connaissance taxonomique est primordiale pour expliquer les variations quantitatives. L'importance de la composition floristique et de l'état physiologique des populations interfèrent sur l'amplitude des variations spatiales (et temporelles).

## I.4 - LE ZOOPLANCTON

### I.4.1 - Faunistique

La liste faunistique présentée en annexe I.4.1. met en évidence une assez grande diversité planctonique, déjà signalée lors de l'étude de Flamanville (G. LE FEVRE-LEHOÉREFF, 1979). 150 taxons ont été répertoriés pour l'ensemble du golfe. Cette diversité correspond à la faune de la Manche occidentale, milieu intermédiaire comme nous le verrons plus loin entre l'Atlantique et la Manche Est (Est du Cotentin). Tous les groupes du zooplancton n'ont pas été déterminés avec la même précision, en particulier les larves de crustacés et de poissons n'ont pas toutes été identifiées par espèce. Ces groupes économiquement importants sont étudiés de manière plus détaillée par des spécialistes des pêches.

Le zooplancton comprend deux grandes catégories d'organismes, le méroplancton et l'holoplancton, dont l'écologie et la place dans le fonctionnement de l'écosystème pélagique n'est pas semblable. On verra par la suite que les différences marquées à la fois dans les répartitions spatiales et dans leurs évolutions saisonnières correspondent à des différences fonctionnelles dans l'écosystème pélagique.

Le méroplancton est constitué en premier lieu par l'ensemble des individus d'espèces qui sont planctoniques à une phase de leur vie et dont les adultes sont benthiques vagiles ou fixes : c'est le cas des crabes, langoustes, balanes, soles, lançons, de nombreux mollusques et annélides (hermelles, lanices ...). C'est le cas aussi des méduses qui sont les phases pélagiques sexuées d'animaux benthiques non sexués (polyypes d'hydrozoaires). On voit donc que pour tous ces groupes la vie dépend de la répartition spatiale d'animaux benthiques, du sens et de la force des courants qui favorisent la dispersion des larves et de la disponibilité en nourriture (phytoplancton) pendant la vie larvaire, assez courte en général.

On trouve également dans le méroplancton les stades les plus jeunes, oeufs et larves d'espèces pélagiques de grande taille, poissons et céphalopodes par exemple dans le golfe les maquereaux, les orphies, les lieus, les seiches dont les adultes forment le necton, ensemble de pélagiques ayant une grande autonomie de déplacement dans l'eau par la nage et non plus par transport plus ou moins passif.

L'holoplancton comprend l'ensemble des espèces qui sont planctoniques à tous les instants de leur vie sous des formes larvaires juvéniles et adultes. Ce sont les crustacés copépodes et cladocères, les appendiculaires, les annélides pélagiques Tomopteridae, les mollusques ptéropodes.

Certains groupes ont une importance quantitative évidente comme les copépodes par exemple qui peuvent représenter à certains moments 80 % ou plus du nombre total d'individus du plancton. Ces petits crustacés grandissent par mues successives pour atteindre dans le cas des espèces couramment récoltées dans le golfe, 2 mm à 3 mm à

l'état adulte. Ils se reproduisent 4 à 5 fois au cours d'une année et fournissent une biomasse importante pour la nutrition des gros pélagiques (poissons).

La durée de vie moyenne d'une espèce holoplanctonique atteint couramment plusieurs mois, bien supérieure à celle des larves méroplanctoniques. Le degré de réussite d'une espèce holoplanctonique dépend des possibilités de se maintenir longtemps dans une masse d'eau où elle trouve les conditions favorables pour se nourrir, muer, grandir, se reproduire. Cette notion doit être présente à l'esprit pour mieux comprendre pourquoi la présence de certaines espèces holoplanctoniques abondantes ou rares dans un milieu permet de caractériser et délimiter des masses d'eau. En effet l'abondance d'une espèce n'est pas une mesure instantanée mais doit être considérée comme le résultat de l'action pendant une certaine durée d'un ensemble de paramètres hydrologiques ou biologiques. C'est pourquoi les masses d'eau où règnent une certaine stabilité pendant un temps assez long peuvent être favorables au développement d'espèces que certains auteurs appellent des indicateurs. Cette notion de durée dans la stabilité des masses d'eaux est à prendre en compte quand on doit interpréter le maintien de populations dans un milieu a priori très brassé soumis à de forts courants et fortes marées (cas du golfe).

Le zooplancton recueilli dans le golfe présente des répartitions spatiales qui montrent des gradients d'abondance et des structures contrastées qui ne sont pas fortuites mais en liaison avec les structures hydrologiques, l'hydrodynamisme, la nature et la morphologie des fonds.

La diversité des récoltes zooplanctoniques est le reflet de la diversité de la faune du golfe en général. Les richesses biologiques naturelles sont variées. On peut ici en rappeler quelques unes bien connues :

- les principaux coquillages : huîtres, moules, praires, palourdes, coques, coquilles St-jacques,
- les autres mollusques comme les ormeaux, les bulots et les seiches,
- les crustacés : araignées, tourteaux, étrilles, homards, crevettes roses et grises,
- les poissons de fond ou pélagiques : raies, soles, turbots, lançons, orphies, maquereaux,
- les hermelles, les herbiers, le maërl.

L'étude du zooplancton a porté à la fois sur l'holoplancton et sur les larves et juvéniles d'espèces commercialisables ou non afin de faire un recensement le plus exhaustif possible des richesses du milieu pélagique herbivore et carnivore.



#### I.4.2 - Répartition spatiale du plancton total - Biomasse

Une mesure rapide de la richesse quantitative d'une zone peut être obtenue en déterminant la biomasse. C'est une mesure pondérale. Elle est exprimée en mg de poids sec en général par unité de volume (m<sup>3</sup>) ou de surface de zone étudiée (m<sup>2</sup>). On mesure le plus souvent la biomasse d'un échantillon total de plancton, ce qui est une mesure globale moyenne de l'ensemble des espèces présentes.

Sur la matière sèche on dose le carbone total et l'azote total qui donnent une autre information sur la richesse nutritive du zooplancton herbivore pour les carnivores pélagiques (poissons, ...). Les résultats détaillés des études sur la région de Flamanville et de la côte du Cotentin ont déjà donné lieu à des rapports de travail (ARNAL O., 1979, 1981, 1983a, 1983b).

Sur l'ensemble du golfe le poids sec du mésoplancton total peut varier de 10 mg/m<sup>3</sup> à plus de 100 mg/m<sup>3</sup> dans les zones les plus riches. Très généralement la baie du Mont-St-Michel montre des quantités de poids moins fortes que la zone du large (au-delà de Jersey). On pourrait par le seul examen du poids sec total déduire que la zone intérieure est pauvre ce qui n'est pas le cas. Nous verrons ultérieurement que l'interprétation de cette différence doit tenir compte de la composition spécifique des récoltes et de la taille des espèces. En effet les espèces présentes dans la zone très côtière sont souvent de petite taille et même si elles ont une productivité importante leur biomasse à un instant donné peut être faible.

Le poids sec varie en général de 10 à 30 mg/m<sup>3</sup> en baie du Mont-St-Michel, de 20 à 60 mg/m<sup>3</sup> dans le reste du golfe. La période où les valeurs sont les plus fortes se situe entre juin et septembre, période la plus productive. Le carbone total correspond à 25 % du poids sec dans les zones les plus pauvres, à 40 % dans les zones les plus riches. L'azote total varie dans les zones correspondantes de 2 % à 10 % du poids sec du plancton.

Si on donne les résultats non plus en mg/m<sup>3</sup> mais en mg/m<sup>2</sup> en tenant compte de la profondeur d'eau de la zone étudiée les différences sont beaucoup plus importantes entre la zone très côtière (Sud-Est, baie du Mont) et le large au Nord-ouest des îles Minquiers et Jersey. En août 1980, par exemple, le poids sec varie de 100 mg/m<sup>2</sup> en baie du Mont-St-Michel à 2000 mg/m<sup>2</sup> au large de l'isobathe 30 mètres. Les différences côte - large dans ce cas sont importantes. Les réserves émises plus haut à propos d'une classification trop simpliste zone pauvre - zone riche étant faites, il est important de souligner cependant que la biomasse globale pour une superficie du golfe donnée présente une source de nourriture plus importante au large pour les gros pélagiques, ce qui a une incidence sur la répartition des espèces commerciales pélagiques pêchées.

### I.4.3 - Répartition spatiale des espèces zooplanctoniques

#### I.4.3.1 - Introduction

Les répartitions spatiales de toutes les espèces couramment rencontrées ont été tracées pour toutes les missions qui couvraient une surface assez importante du golfe. L'ensemble des données a permis de réunir un grand nombre de cartes de répartition qui ont pu être interprétées selon diverses démarches.

- Tout d'abord, pour chaque mission, les répartitions des différentes espèces ont été comparées entre elles et ont été comparées à la répartition des paramètres hydrologiques et à celle du phytoplancton de la même mission. Cette première approche a permis de déterminer des groupes d'espèces ayant des répartitions semblables en relation avec des conditions d'environnement connues pour une saison donnée.

- Un nombre limité d'espèces a ensuite été sélectionné car elles présentaient des gradients d'abondance clairement interprétables. Pour ces espèces la répartition spatiale a été suivie au cours des saisons ce qui nous a apporté des informations sur leur écologie et leur extension dans le golfe au cours de l'année. Cette évolution a été mise en relation avec l'évolution de la structure hydrologique.

- Enfin pour dégager les caractéristiques de la région nous avons souligné l'importance des phénomènes répétitifs plutôt que celles des situations accidentelles ou uniques. C'est dans cet esprit que nous avons présenté, par exemple pour les espèces zooplanctoniques des cartes de répartitions pour plusieurs années d'étude et plusieurs saisons afin d'insister sur la pérennité de certaines "images" en liaison avec des structures permanentes (nature des fonds, bathymétrie, stabilité ...).

Les données hydrologiques précédemment décrites (G. ARZUL, cf. I.2) ont montré que les gradients horizontaux sont forts tandis que les gradients verticaux sont souvent assez faibles. Il n'y a guère de stratification verticale bien établie tandis que les différences côte - large peuvent être importantes. Ceci revient à dire aussi que des échanges peuvent s'établir en un point donné entre le fond et la surface tandis que les échanges horizontaux sont moins importants. Ce qui est le plus visible c'est le gradient spatial horizontal quel que soit le niveau de profondeur. Aussi, les gradients de surface reflètent-ils bien les gradients entre masses d'eau. Les résultats de télédétection (C. VERCELLI, cf. I.1) qui nous renseignent sur les structures superficielles sont donc exploitables facilement dans le golfe pour déterminer des limites entre masses d'eau (Images thermiques dans l'infrarouge et aussi images CZCS dans le visible).

#### I.4.3.2 - La faune côtière

L'hiver les eaux froides et dessalées des baies et des havres sont bien distinguables des eaux plus tièdes du large. Dans ces eaux de faible épaisseur commencent à se développer au début du printemps des espèces phytoplanctoniques et les espèces zooplanctoniques les

Fig I 18

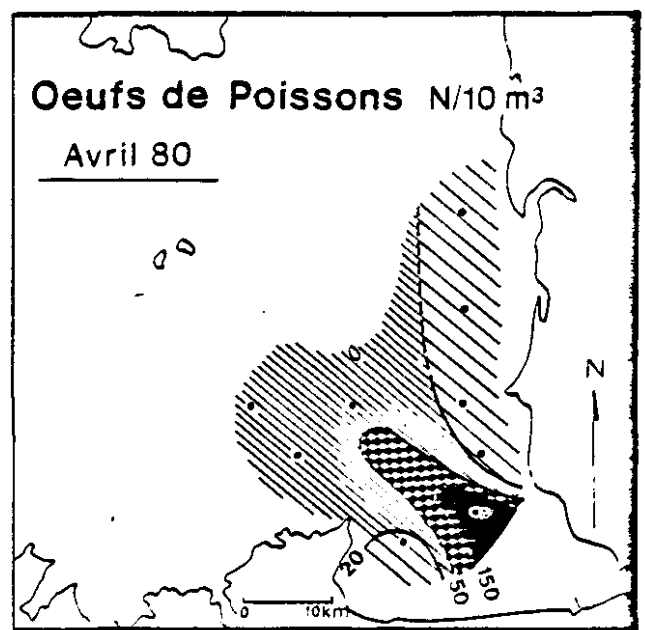
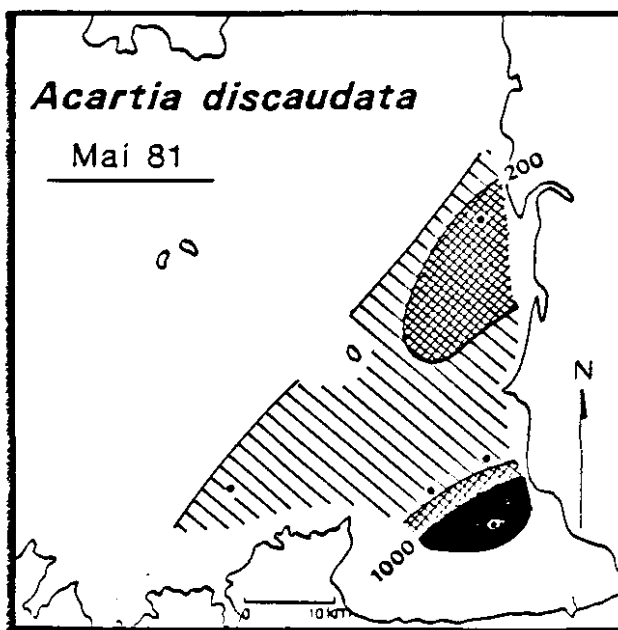
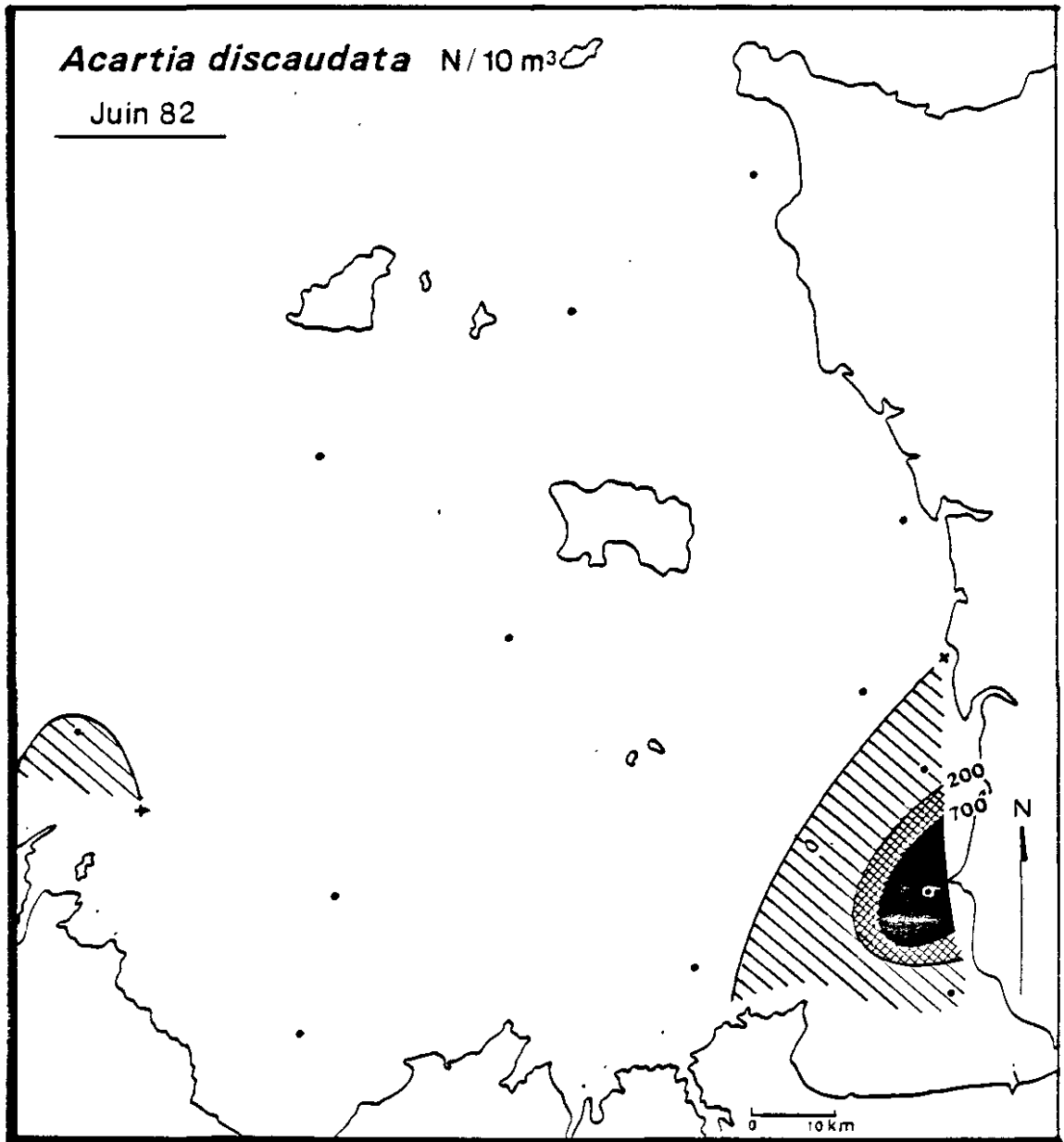
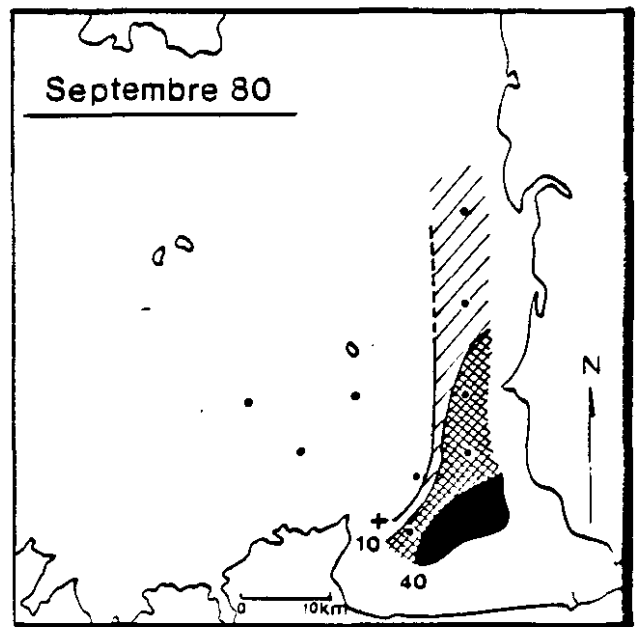
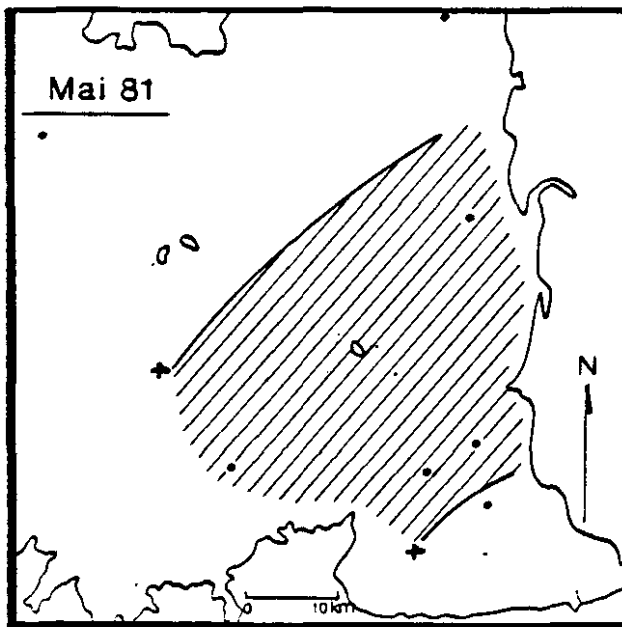
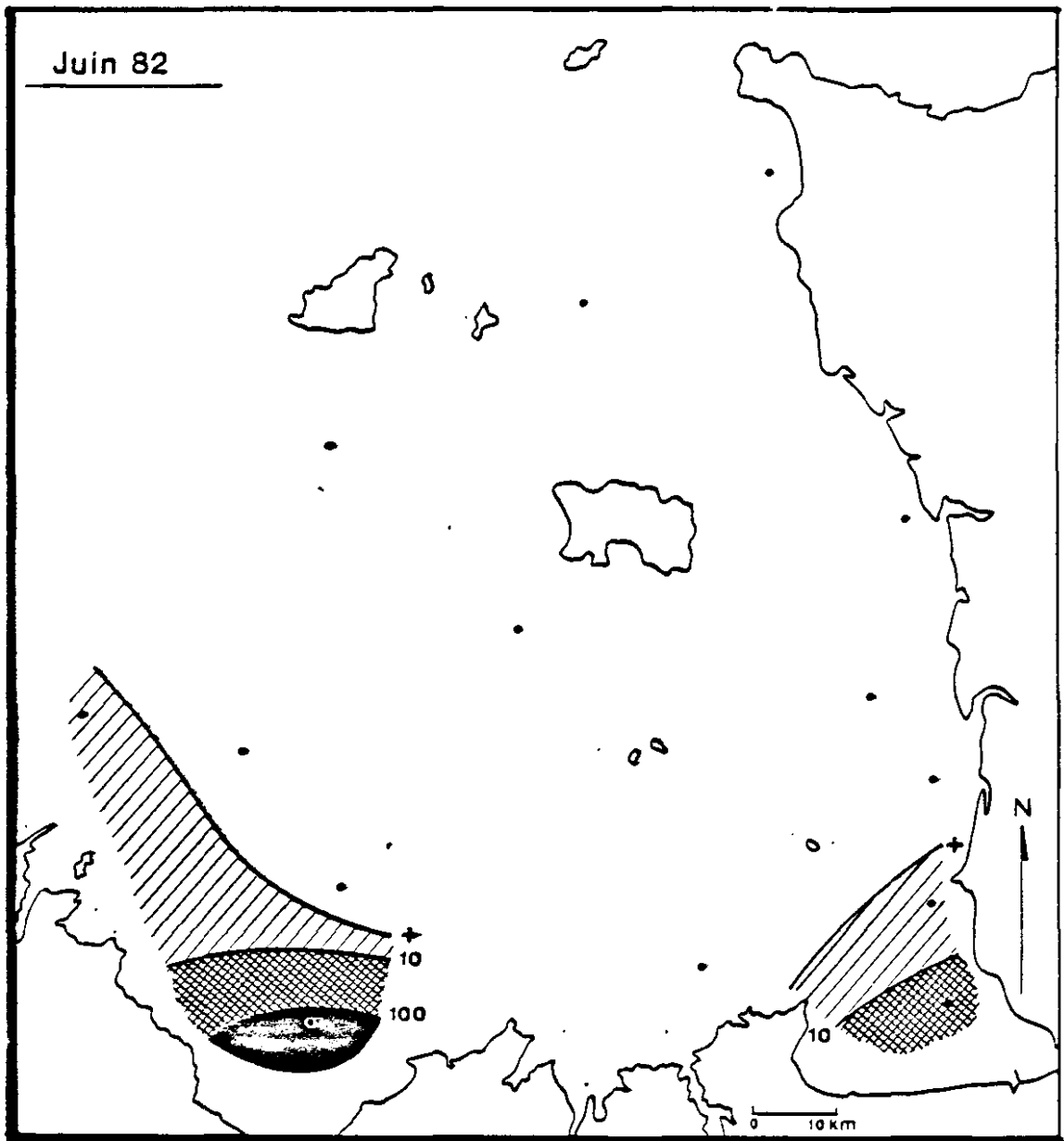


Fig I 19 *Spio sp.* N/10 m<sup>3</sup>

plus précoces. C'est l'époque de la ponte de la sole, à basse température (figure I.18 et photo de larve de sole). On remarque la bonne correspondance entre la répartition des oeufs et l'écoulement des eaux de la baie de faible salinité.

Les zones où l'on voit se développer la faune la plus côtière sont la baie du Mont-St-Michel, la baie de Saint-Brieuc et les havres du Cotentin. C'est le lieu de développement privilégié des mollusques, de certaines annélides de sable fin comme Spio (figure I.19), ainsi que des hermelles (GRUET, 1969, 1972).

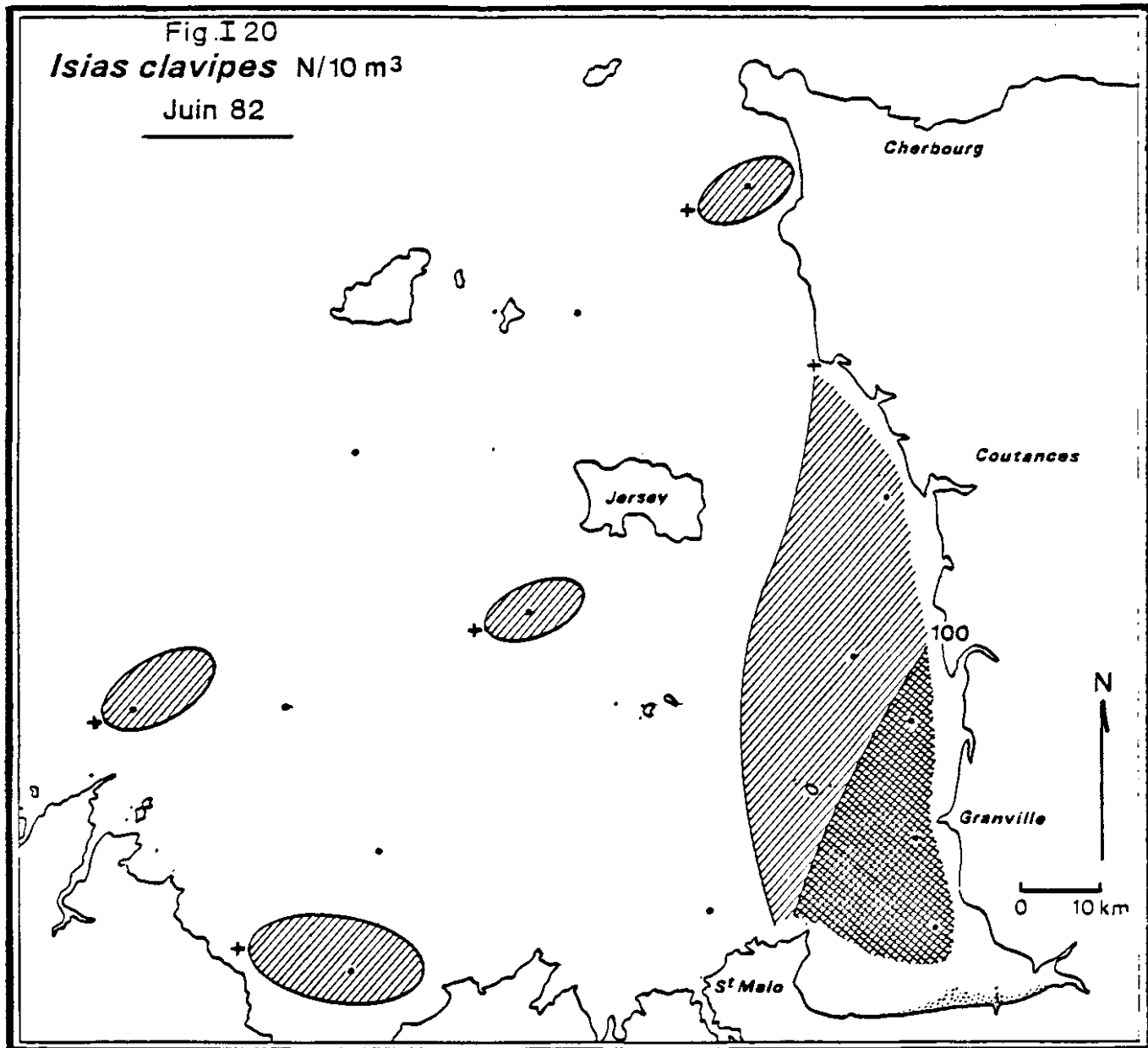
#### - Holoplancton côtier

On rencontre principalement des appendiculaires, des copépodes côtiers et certaines mysidacées. Les espèces euryhalines les plus fréquentes sont Acartia discaudata (figure I.18) et la mysidacée Mesopodopsis slabberi (figure I.31). Mesopodopsis slabberi est une espèce à large répartition géographique depuis les côtes du Danemark jusqu'aux côtes africaines. C'est une espèce très euryhaline que nous trouvons dans les estuaires et baies des côtes de la Manche. Nous l'avons trouvée en grande quantité aussi bien en rivière de Morlaix qu'à Gravelines (G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1972, 1976). Espèce très vagile elle constitue de véritables bancs sur les fonds sablo-vaseux ou vaseux. Van der BAAN et HOLTHUIS (1971) ont montré que l'espèce effectue des migrations importantes sur les côtes hollandaises. Elle migre des eaux peu profondes vers le large en hiver et retourne à la côte au printemps. Ces migrations expliqueraient pourquoi on trouve cette espèce aussi bien dans les estomacs des poissons pélagiques comme le hareng et des poissons plats benthiques comme les plies, les turbots.

Dans le golfe on remarque que pour les espèces euryhalines citées précédemment les limites externes de répartition ne dépassent pas la ligne Grouin-Chausey-havres au Nord de Granville (Est de Coutance). Il semble bien que la zone intérieure (Sud-Est) à cette ligne soit en partie seulement concernée par le plus grand courant de circulation générale au Sud du golfe, qui vient de l'Ouest et remonte vers le Nord du Cotentin. Si on examine la limite Nord des populations planctoniques côtières de la baie, cette limite semble assez constante au cours du temps. La zone interne du Sud des îles Chausey correspond à un milieu peu ouvert aux influences du large.

Les conditions météorologiques doivent jouer un rôle important dans l'établissement d'une certaine stabilité générale de la zone interne plus à l'abri des tempêtes du suroît que le reste de la région. Les vents de Sud en baie du Mont par contre doivent favoriser l'entraînement vers le Nord des larves planctoniques. La stabilité relative de cette zone doit sans doute être une des causes de la richesse en phytoplancton (cf. Phytoplancton I.3). Les havres, la baie de Saint-Brieuc et la baie du Mont favorisent donc le développement des espèces herbivores côtières.

Citons encore les copépodes très côtiers Parapontella brevicornis (figure I.21) et Isias clavipes (figure I.20) très bien connus dans les estuaires de la côte Nord de Bretagne (G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1972) et également les appendiculaires herbivores Oikopleura dioica (figure I.22) qui présentent une forte abondance



près des havres du Cotentin (3000/10 m<sup>3</sup> en mai 1981). Les valeurs maximales sont atteintes en été pour Parapontella brevicornis avec 1000 et 500/10 m<sup>3</sup> et de 200 à 800/10 m<sup>3</sup> pour Isias clavipes. Deux autres exemples d'espèces côtières, les copepodes Centropages hamatus (figure I.22) et Acartia clausi (figure I.23)) permettent de voir la bonne concordance avec les limites hydrologiques évoquées plus haut. Les plus fortes abondances se retrouvent dans les baies de Saint-Brieuc, de Cancale et les havres.

Au cours de plusieurs missions on a noté la présence d'espèces très côtières et même euryhalines au point situé au large du sillon de Talbert montrant l'influence vers le large d'eau côtière, sa provenance n'est pas certaine ; elle a son origine soit dans la baie de Saint-Brieuc soit de l'estuaire du Trieux.

Fig I 21

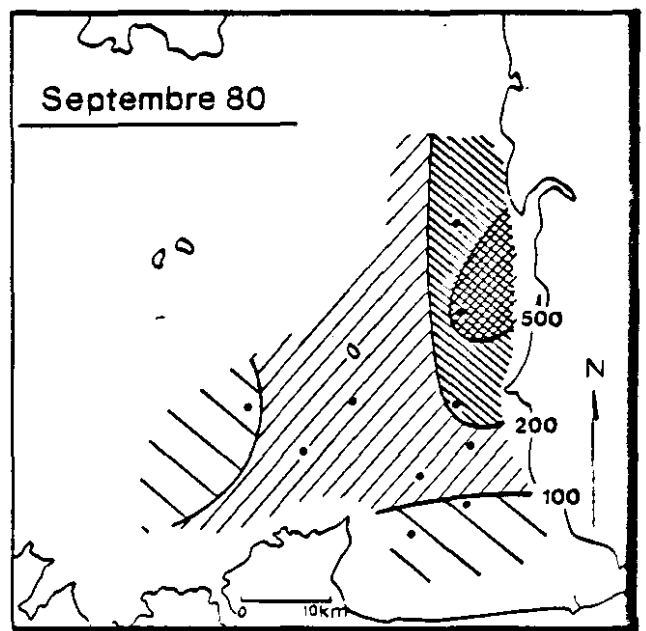
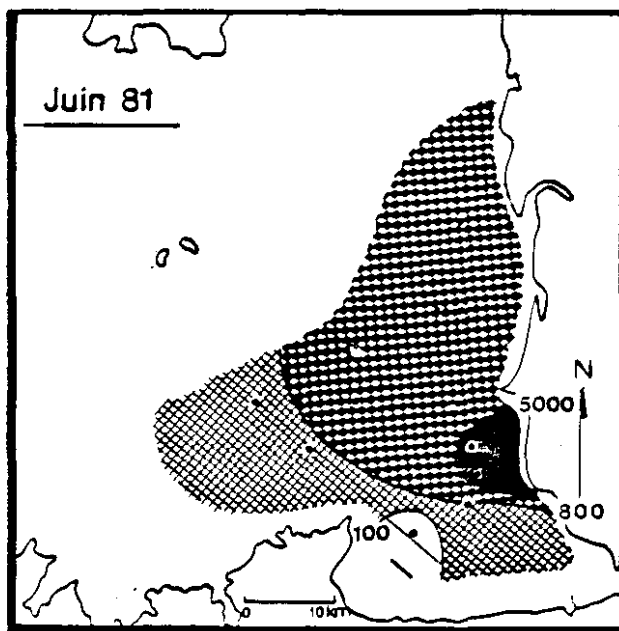
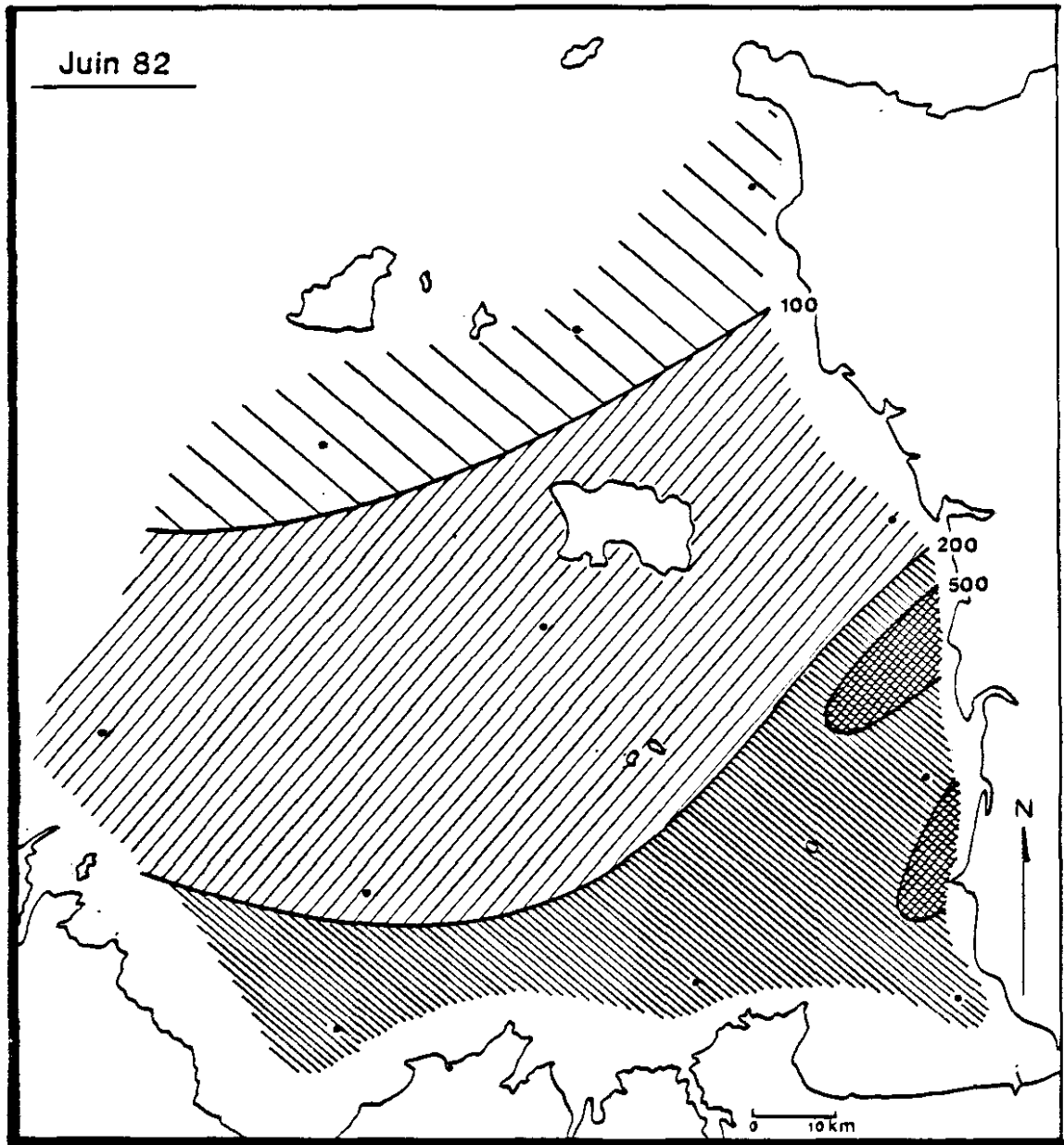
*Parapontella brevicornis* N/10 m<sup>3</sup>

Fig I 22

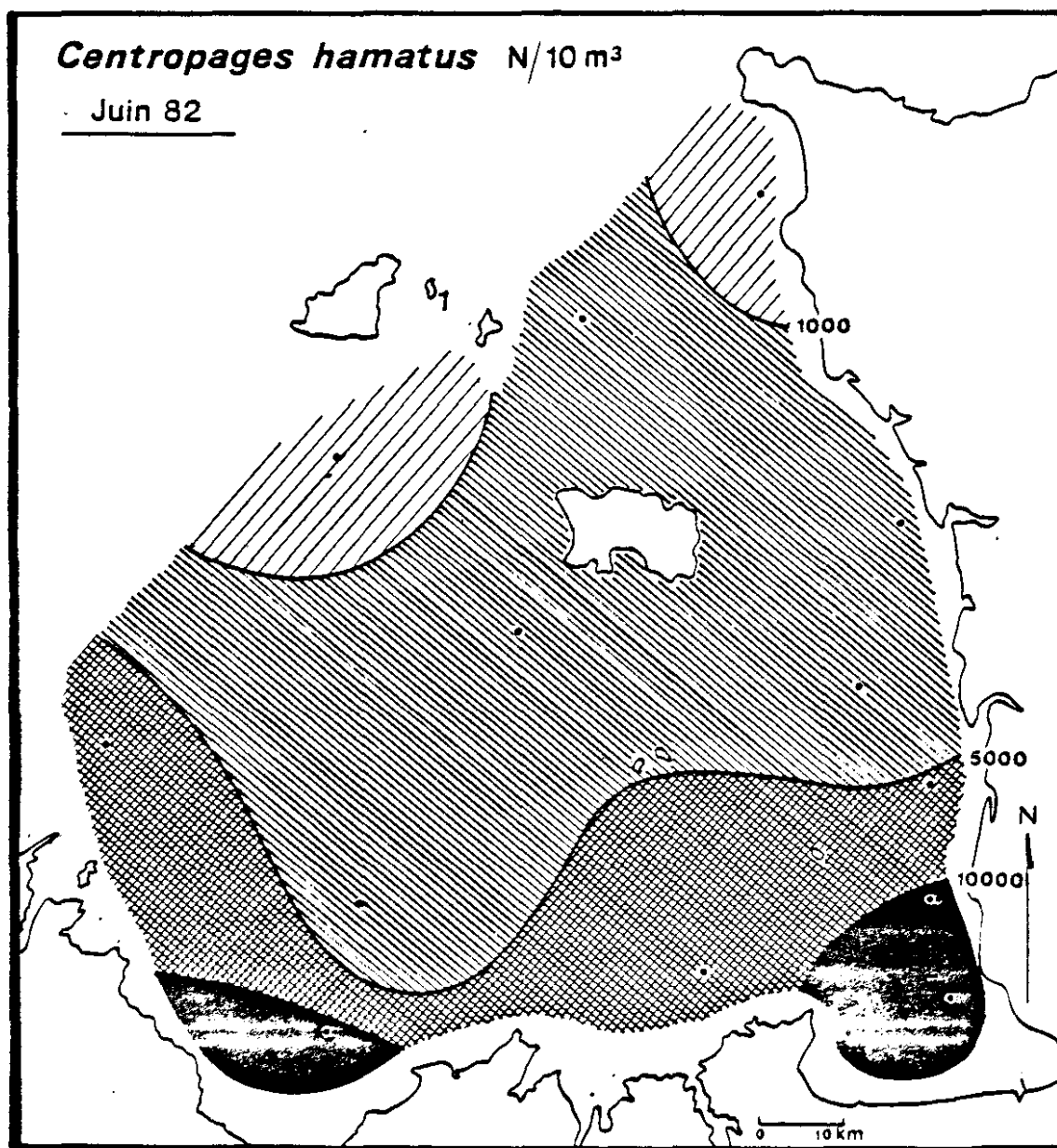
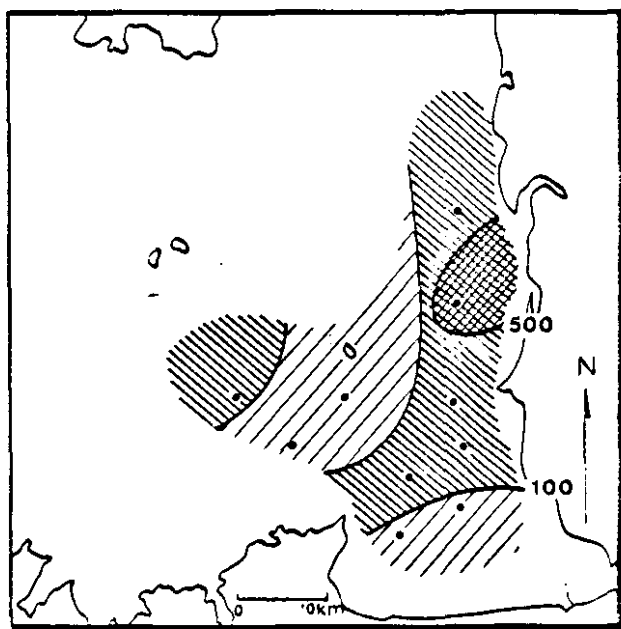
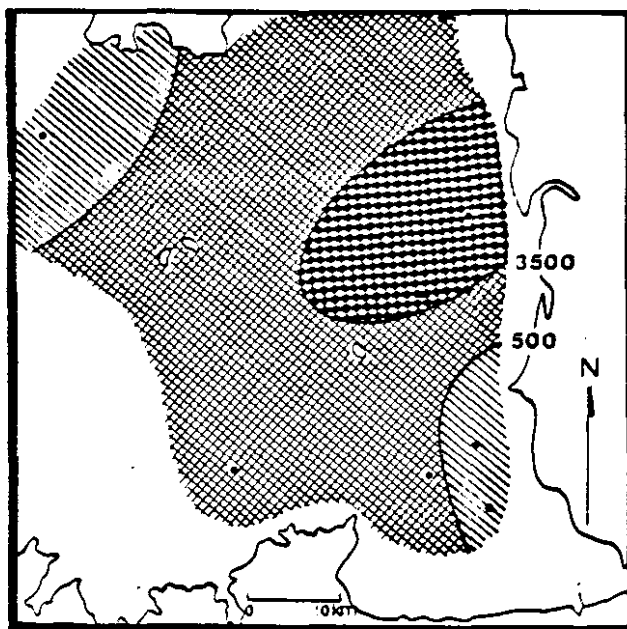
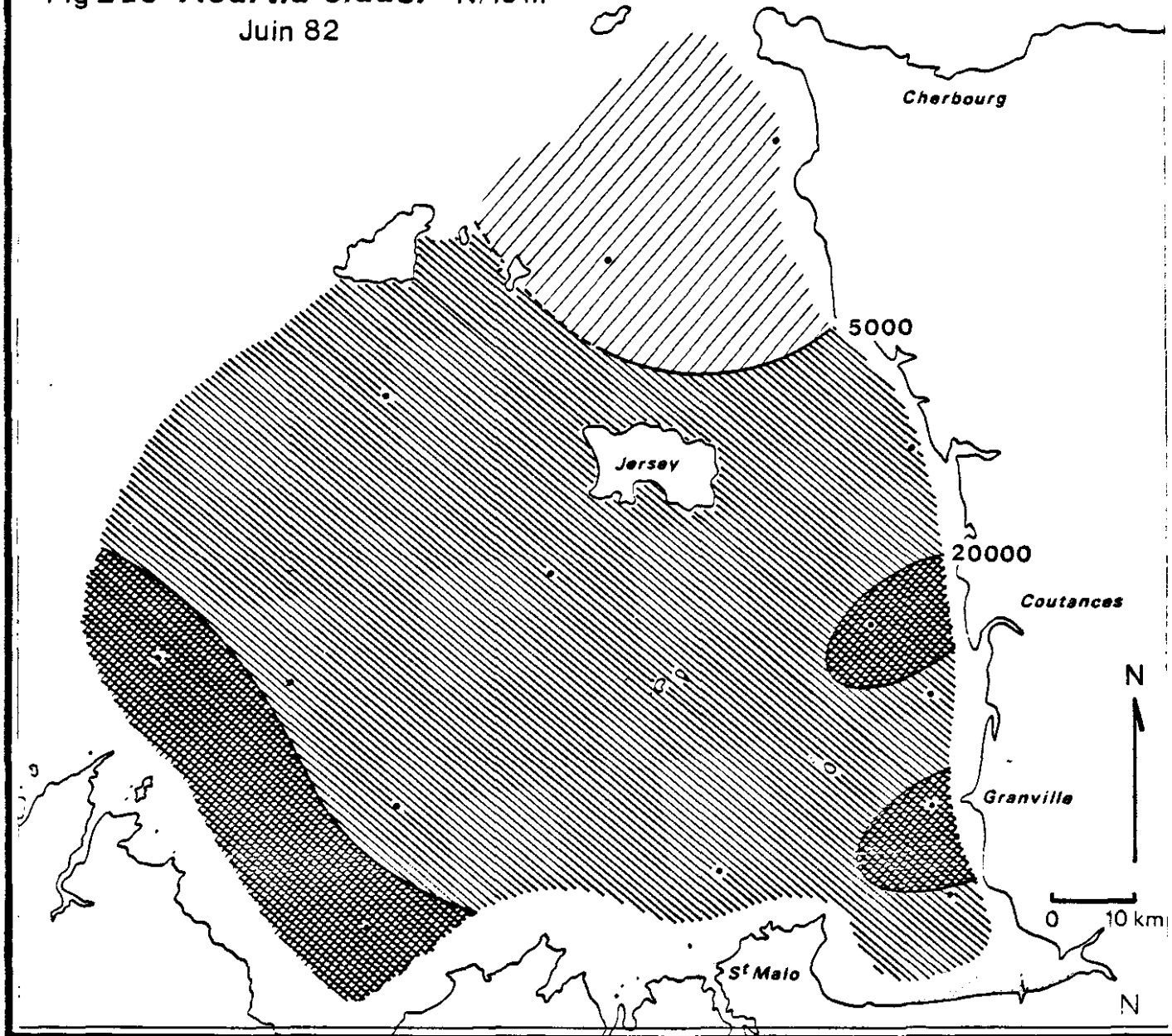
Mai 81***Oikopleura dioica* N/10 m<sup>3</sup>**Septembre 80

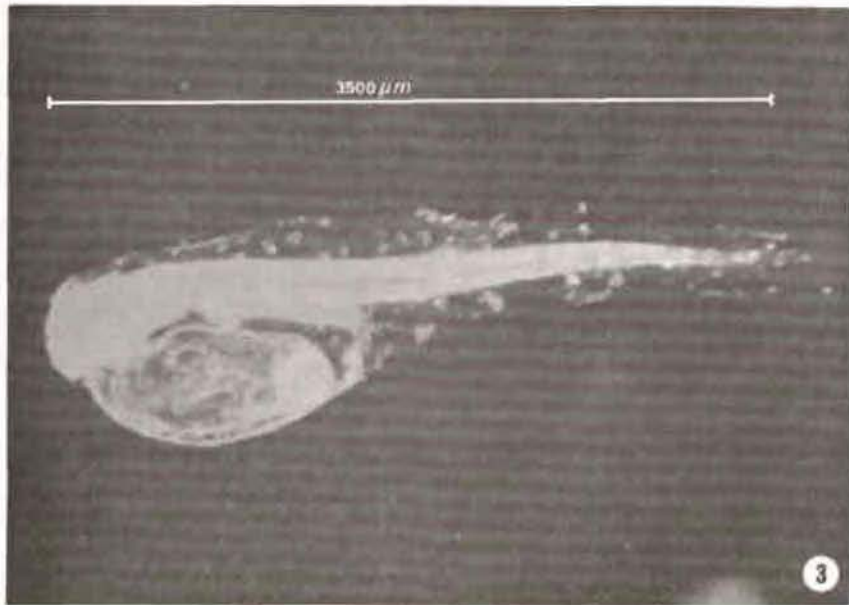
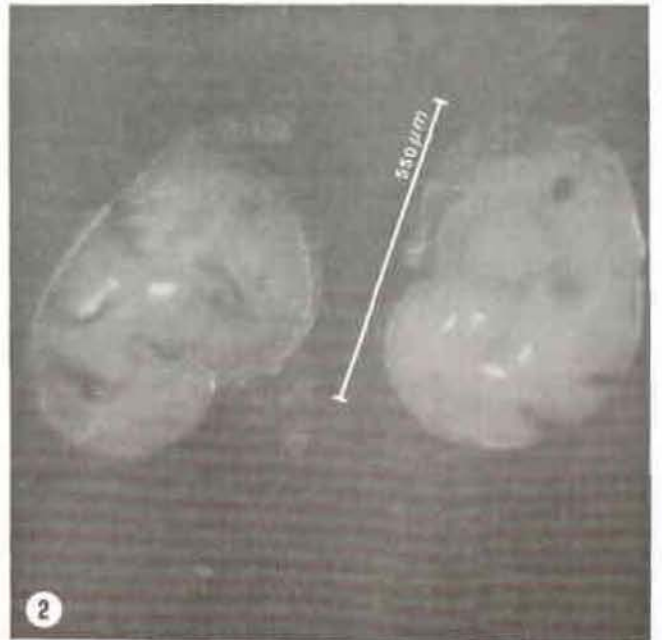
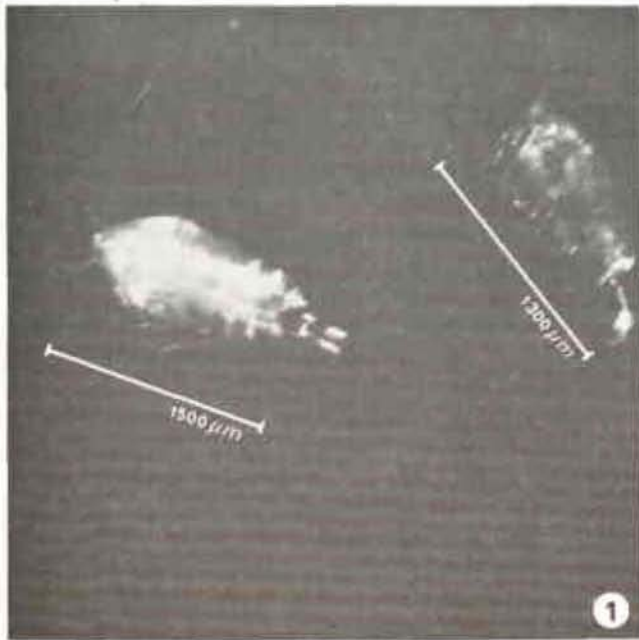


Fig I 23 *Acartia clausi* N/10 m<sup>3</sup>  
 Juin 82



- Les larves de Crustacés

Les larves de cirripèdes et les larves de crabes présentent des abondances très fortes mais il n'apparaît pas de gradient bien visible pour l'ensemble du golfe. La grande quantité de surfaces rocheuses côtières, d'îles, d'îlots dispersés dans tout le golfe est telle que le milieu est favorable pour fournir aux adultes un grand nombre d'abris pour la reproduction et la croissance. Les larves se dispersent sur de grandes étendues en provenance de nombreuses aires de ponte. Les quantités de larves recueillies dans le golfe sont très élevées par rapport à l'ensemble de la Manche. On trouve couramment en été 20 larves de crabes par m<sup>3</sup> d'eau autour des grandes îles en été.

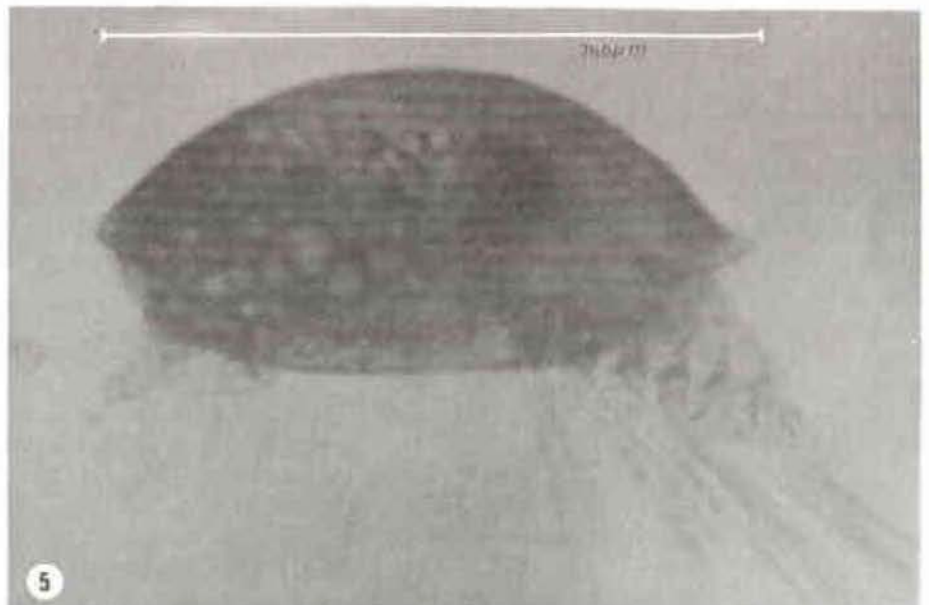
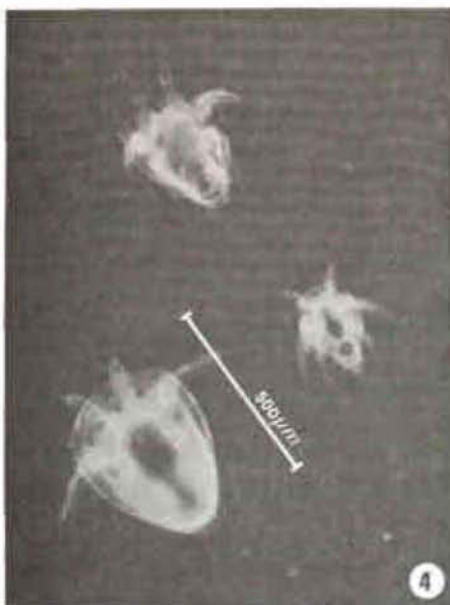


### LEGENDE

- 1 . *Parapontella brevicornis*. ♀ et ♂
- 2 . Larve de *Crepidula fornicata*.
- 3 . Larve de sole.
- 4 . Nauplii de Cirripèdes.
- 5 . Cypris de Cirripèdes.

\*

PHOTOS : ESPACE G. LE FEVRE-LITHOGRÈPHE  
© 2000 QUINOR



### - Les larves de mollusques

L'importance des abondances de mollusques dans le Golfe Normano-Breton et leur intérêt économique (BLANCHARD et al, 1982 ; BLANCHARD, 1984 ; GUILLAUMONT et al, 1984 ; RETIERE, 1979) a nécessité un complément d'étude. Etant donné les faibles dimensions des larves pélagiques, les prélèvements ont été réalisés avec un filet de 80 µm de vide de maille (cf. annexe I.4.2.).

#### Les larves de bivalves

Pour l'ensemble du Golfe Normano-Breton, les bivalves représentent 87 % de la biomasse du zoobenthos et se situent en grande majorité sur des fonds de 0 à 50 m (BLANCHARD et al, 1983). Les larves sont donc très abondantes à la côte et apparaissent en fonction des périodes de reproduction des adultes. Ainsi le suivi des larves de bivalves dans le secteur du Cotentin Centre (cf. Volume III, Bivalves), montre que celles-ci sont présentes toute l'année avec cependant deux époques d'abondances maximales : au printemps (mars à mai) puis en fin d'été (juillet à octobre). La figure I.24 montre qu'il en est de même pour l'ensemble de la zone étudiée.

Au printemps (avril 1985) deux zones de densité maximale se distinguent très nettement : la baie du Mont-St-Michel et devant le havre de Regneville où les larves de bivalves représentent 47 % du zooplancton total, soit 70 à 90 % du total mollusques (100.000/10 m<sup>3</sup> en baie du Mont-St-Michel). Les fortes isodensités se superposent aux isothermes d'écoulement des eaux côtières froides (8°, 9° et 10°C) visibles sur les images satellite (VERCELLI C., I.I.) ; il s'agit d'espèces très côtières comme les moules se reproduisant à des températures post-hivernales.

En mai et juin 1984, les densités larvaires diminuent sur l'ensemble du secteur. Les plus fortes abondances se situent toujours dans la baie du Mont-St-Michel, cette fois les isodensités suivent l'écoulement vers le large des eaux côtières dessalées et réchauffées (isothermes 16°C et 18°C) et concernent principalement les huîtres, les coques, les spicules, les palourdes et Abra alba, espèces dominantes au niveau du benthos.

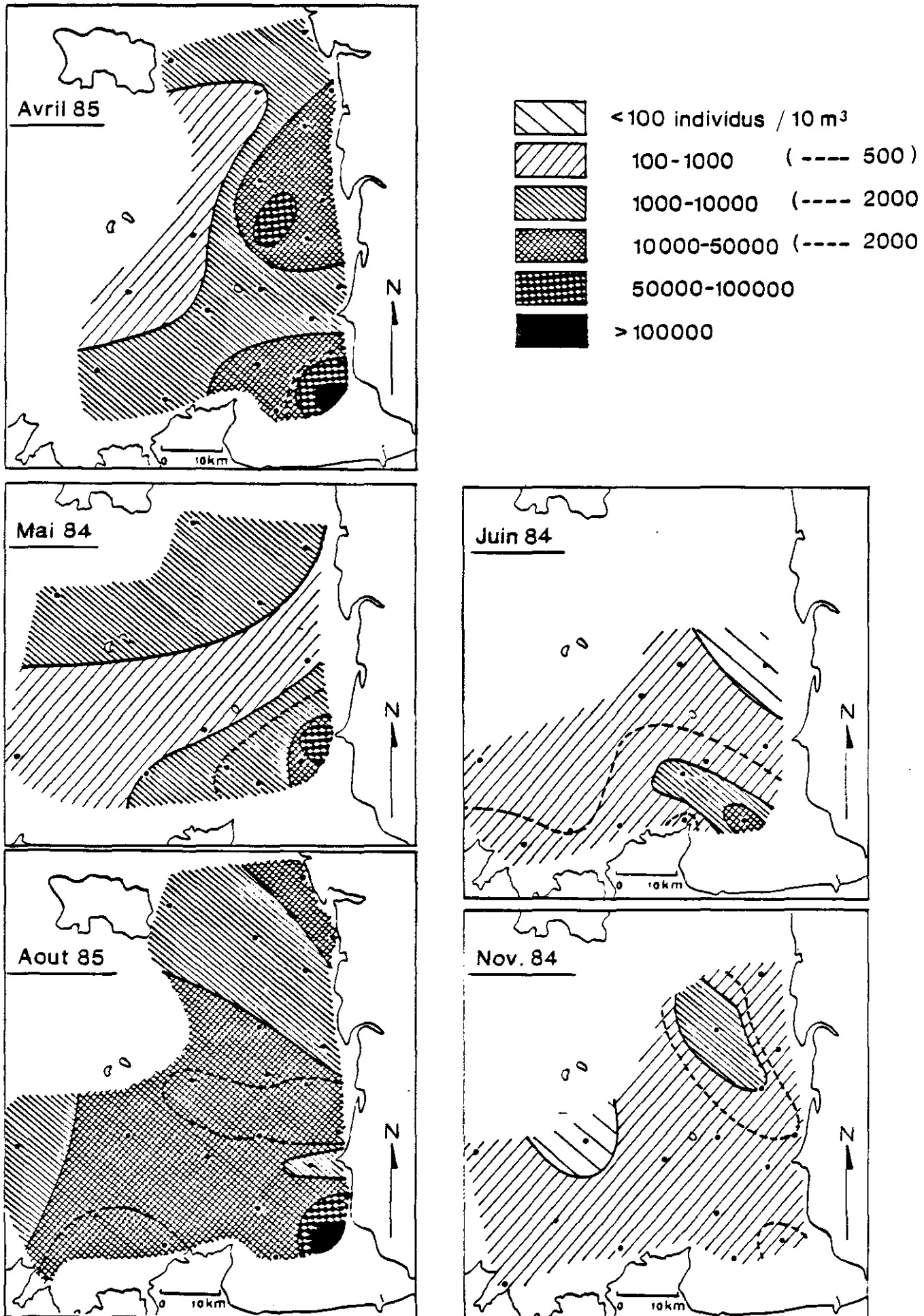
En août 1985, les abondances de larves de bivalves sont assez fortes et homogènes sur l'ensemble du secteur étudié, atteignant 220400 larves/10 m<sup>3</sup> au fond de la baie du Mont-St-Michel ; les palourdes, les praires et les amandes représentent plus de 80 % de la biomasse se reproduisant à cette période (cf. Volume III, Benthos).

En novembre, fin de période de reproduction de la majorité des bivalves : les abondances larvaires diminuent, ne représentant plus que 3 à 4 % du zooplancton total.

#### Les larves de gastéropodes et Crepidula fornicata

Les gastéropodes représentent environ 5 % de la biomasse du zoobenthos pour l'ensemble du golfe. Les larves des espèces qui ont une phase planctonique sont présentes toute l'année avec des abondances accrues de juin à octobre.

Fig I 24 LARVES de BIVALVES



L'examen de la répartition des larves de gastéropodes (figure I.25) montre que les densités maximales sont côtières, liées à la présence des adultes sur des fonds rarement supérieurs à 30 m. Deux zones d'abondance élevées se distinguent : le long de la côte du Cotentin et à l'Ouest de la baie du Mont-St-Michel (> 20 000 larves/10 m<sup>3</sup>) ; ces deux zones se retrouvant en 1980 et 1981 pour des échantillons prélevés au filet WP2 de 200 µm de vide de maille. De plus, dans les zones de forte densité, l'espèce Crepidula fornicata (gastéropode, filtreur) représente 85 à 99 % du total des larves de gastéropodes.

La répartition spatio-temporelle des larves de crépidules (figure I.26) montre que cette espèce se reproduit presque toute l'année avec des maxima d'abondance larvaire entre juin et août. Les abondances observées sont de deux à cinq fois supérieures à celles relevées par COUM (1979) en rade de Brest. Les isodensités larvaires se superposent très bien aux densités les plus fortes des adultes sur le fond et cela malgré l'hydrodynamisme du Golfe Normano-Breton (BLANCHARD, QUINIOU, 1986). Les larves, comme les adultes, diminuent très nettement au-delà de la limite des 20 m de profondeur. De plus, les fortes abondances, au Nord de Cancale, apparaissent plus tôt (mai) que celles qui longent le Cotentin : la masse d'eau de la baie du Mont-St-Michel se réchauffe plus rapidement ; or on a vu que l'apparition des larves est liée à l'augmentation de la température de l'eau de 7° à 8,5°C (cf. volume III - Crépidules).

Durant la période estivale, les larves de crépidules dominent, atteignant 60 à 80 % du total mollusques. Apparue dans le golfe vers 1975 (RETIERE, 1979), cette espèce a un impact important au niveau de l'exploitation des bivalves dans le Golfe Normano-Breton puisqu'elle est leur compétiteur spatial et trophique.

L'étude précédente nous a permis de caractériser la frange côtière du Golfe Normano-Breton. En résumé nous avons pu mettre en relation la faune côtière pélagique avec la faune côtière benthique, la nature des fonds et les caractéristiques hydrologiques des eaux de faibles profondeurs : dessalure et réchauffement précoce des eaux au printemps, production importante de larves au printemps et en été, succès de la faune herbivore et des filtreurs. On a pu préciser en particulier :

1. La délimitation de trois ensembles très côtiers :

- la baie de Saint-Brieuc,
- la baie de Cancale,
- les havres de la côte du Cotentin.

On y trouve l'influence des eaux de moindre salinité, des températures plus élevées l'été et un développement phytoplanctonique important favorable à la nutrition des herbivores.

2. Les groupes les plus côtiers qui caractérisent les zones précédentes sont :

- les mollusques bivalves importants par leur quantité et les espèces commerciales exploitées,

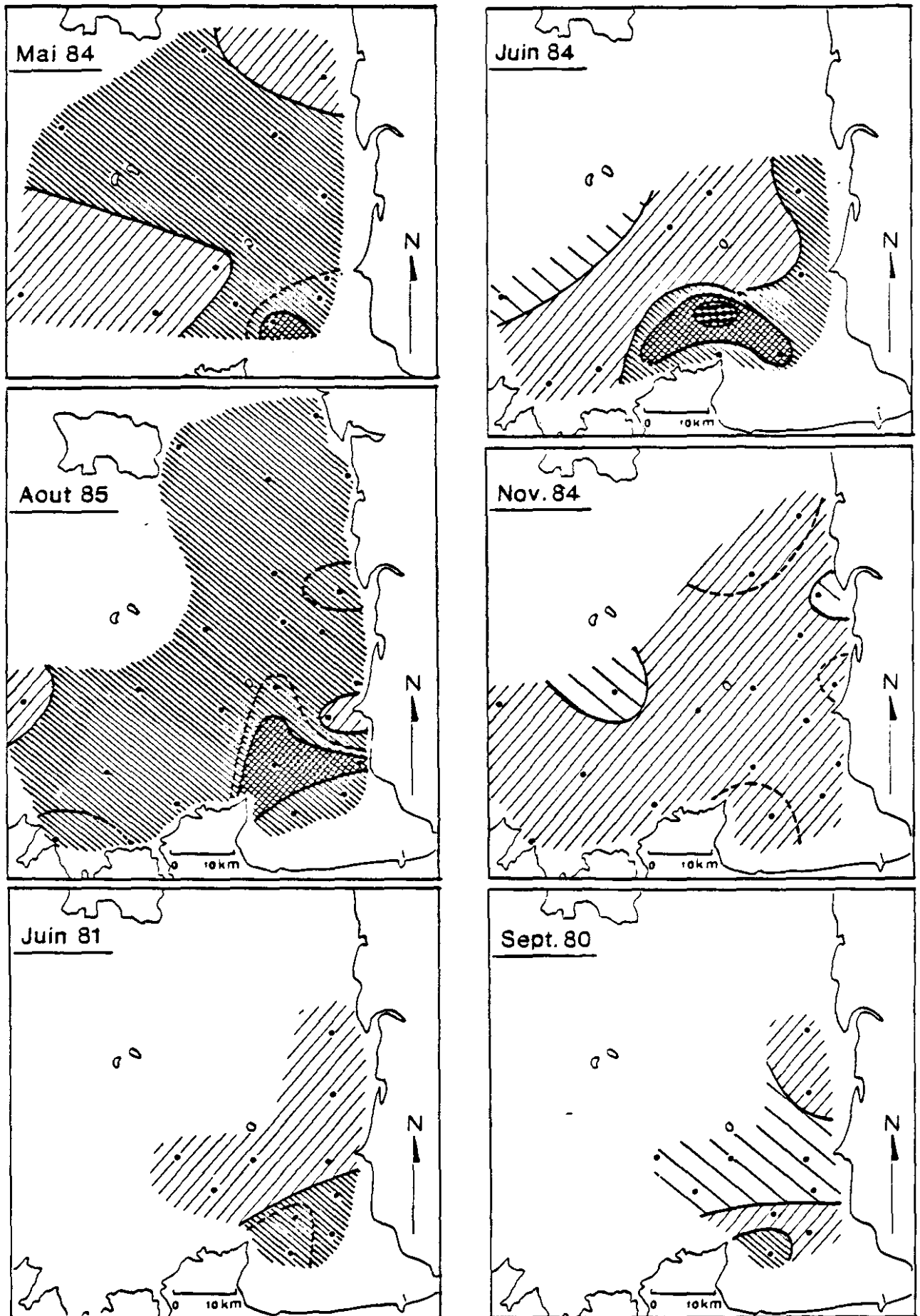
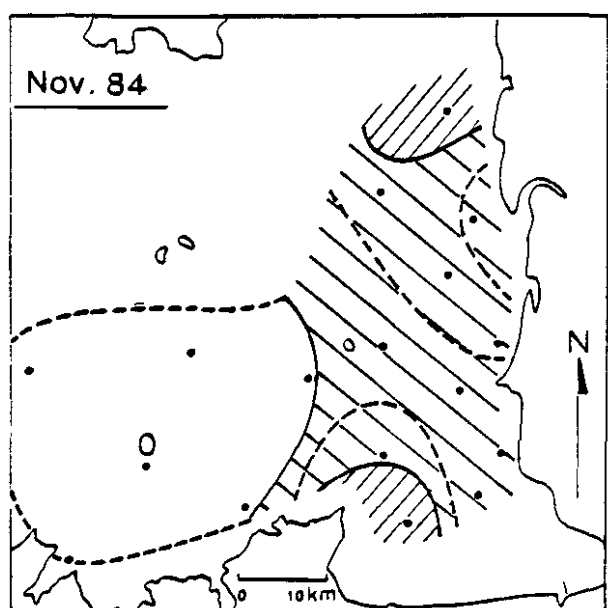
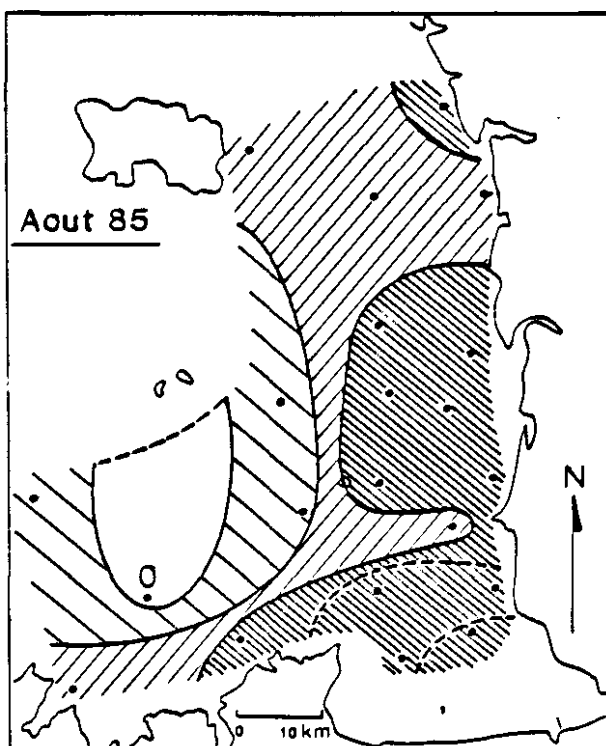
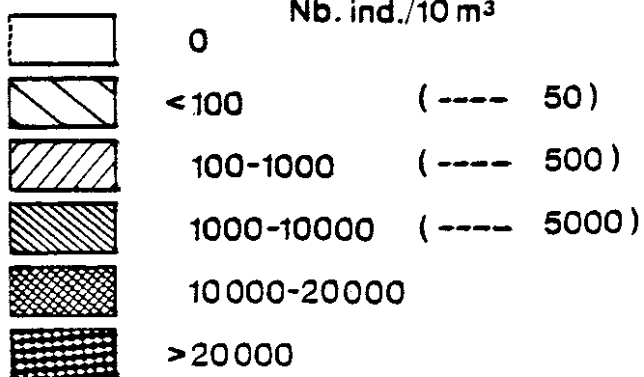
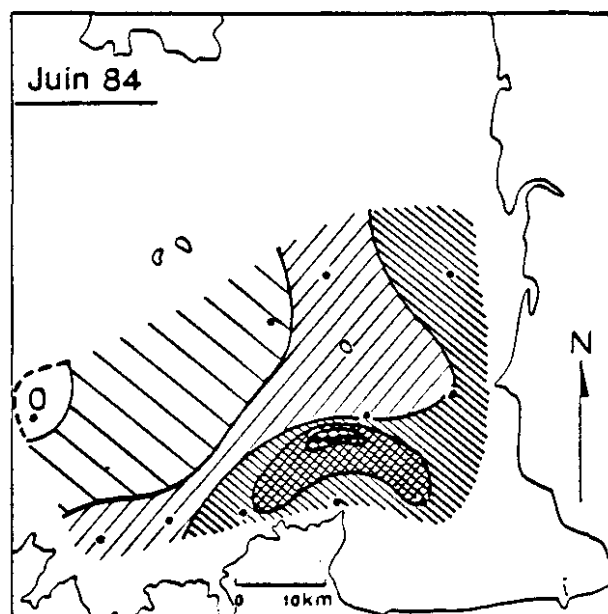
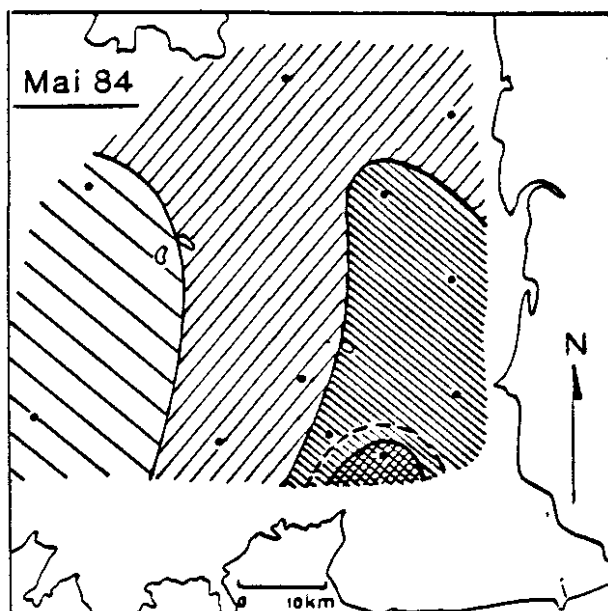
**Fig I 25 LARVES de GASTEROPODES**

Fig I 26 LARVES de CREPIDULES



- les mollusques gastéropodes dont certains sont commercialement intéressants, d'autres comme les crépidules sont une source de gêne et un problème pour l'environnement,

- des annélides, lanices, spionidés, hermelles.

Les larves planctoniques comme les adultes des deux groupes mollusques et annélides exercent sur le milieu une pression très forte pour la quantité de nourriture consommée. Ce sont les principaux compétiteurs du zooplancton holoplanctonique. Les annélides et les mollusques atteignent des densités telles à certaines époques que la nourriture phytoplanctonique doit être un facteur limitant pour l'holoplancton.

3. On remarque que l'isobathe 20 mètres délimite grossièrement la zone très côtière. Les espèces côtières ne dépassent guère vers le Nord la latitude du Nord de Jersey. Une véritable discontinuité apparaît aux environs de la latitude de Carteret. Au Nord de cette région nous trouvons les caractéristiques de masses d'eau d'un autre type : les eaux du large.

#### 1.4.3.3 - La faune du large

L'existence d'un front hydrologique qui s'établit entre Guernesey et Jersey est maintenant bien connu et régulièrement observé (PINGREE et al, 1985). Le front est nettement visible en situation estivale entre juin et septembre où les eaux du large se distinguent nettement des eaux côtières plus chaudes (cf. I.I. C. VERCELLI et C. VERCELLI, 1985). En saison hivernale il n'y a pas un véritable système frontal, les eaux côtières plus froides sont distinguables cependant des eaux du large plus chaudes. Dans le système frontal estival, la limite entre eaux du large et eaux côtières est fluctuante, mais oscille autour d'une zone moyenne qui reste toujours centrée sur une ligne passant entre Jersey et Guernesey, zone de resserrement des isobathes 20 m et 50 m, zone de contrastes intenses en hydrologie mais aussi en biologie comme nous le verrons plus loin.

Sur l'ensemble du golfe les mesures de terrain en hydrologie ont montré que les gradients les plus forts étaient des gradients horizontaux tandis que la stratification verticale n'est apparente que dans les zones très estuariennes. Sur l'ensemble du golfe le gradient spatial domine toujours sur le gradient vertical.

L'utilisation des images satellite (infrarouge thermique) pour délimiter des masses d'eau dans le golfe se justifie parfaitement. En effet une image satellite est une image de surface des différentes masses d'eau, et la coupe horizontale en surface a une allure proche d'une coupe à n'importe quel niveau de profondeur, compte tenu de ce que nous avons dit plus haut, sur l'absence de stratification verticale des masses d'eau.



Il découle de cette absence de stratification verticale la possibilité d'échanges importants entre le fond et la surface, et les migrations verticales des espèces sont facilitées tandis que les échanges longitudinaux sont moins intenses. Cette hétérogénéité spatiale au niveau du golfe se manifeste par des répartitions spatiales bien contrastées au niveau des espèces zooplanctoniques.

Le mécanisme de dispersion des larves se fait d'une part selon les échanges verticaux et d'autre part en fonction des courants résiduels horizontaux. Le sens de circulation général autour des îles serait cyclonique mais anticyclonique en baie de St-Brieuc (SHOM, 1968 ; ORBI, 1986).

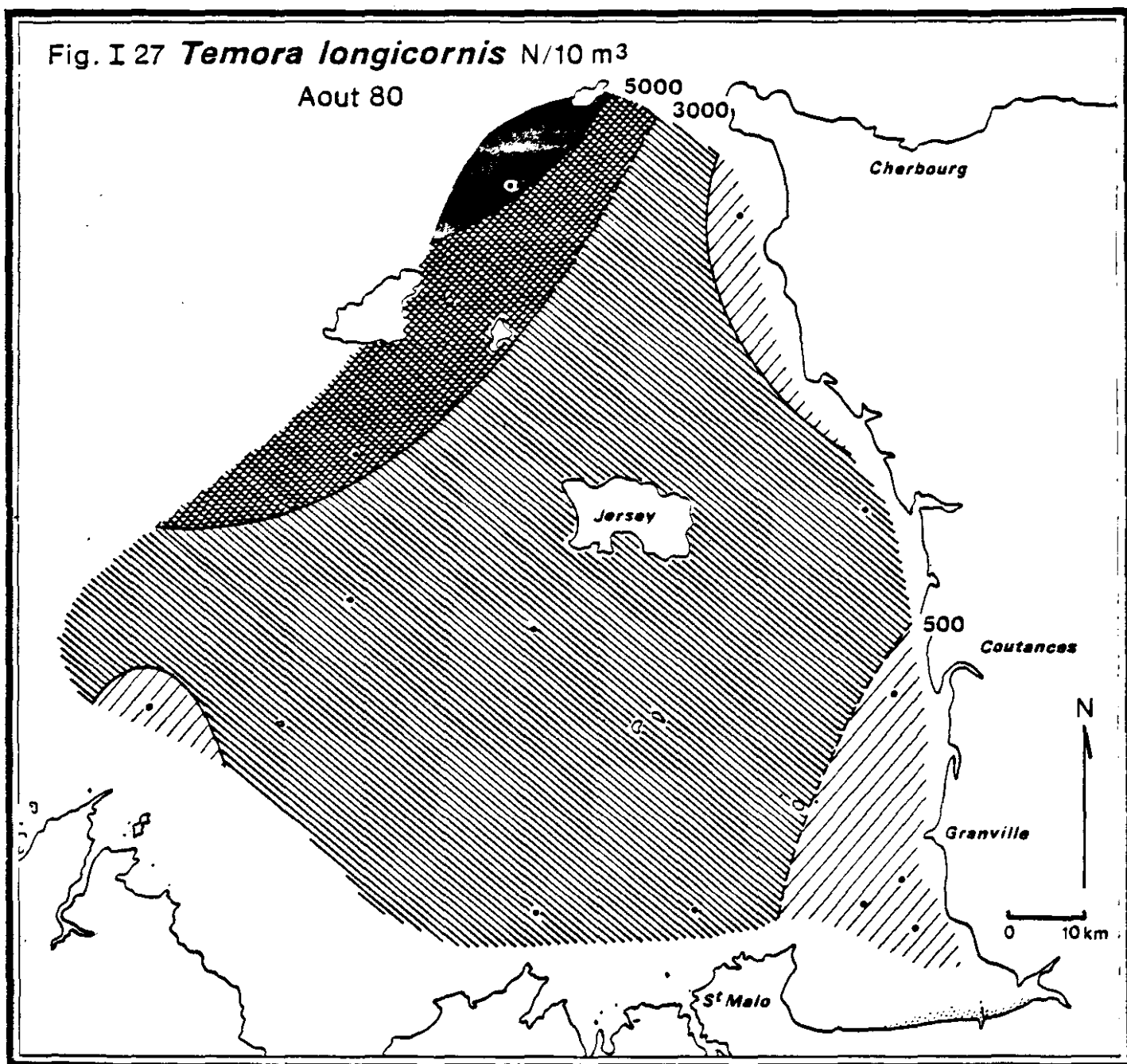
L'hétérogénéité spatiale a été mise en évidence au niveau de la Manche dans différents travaux déjà publiés dont le plus récent et le plus synthétique est sans doute celui d'AGOUMI (1985) qui a tenté la modélisation de l'écosystème pélagique en Manche en montrant l'influence des phénomènes physiques sur le système planctonique global (biomasse, carbone et azote). Notre étude s'attache moins à la répartition des paramètres globaux qu'à celle des espèces. Les répartitions spatiales les plus nettes s'établissent de juin à septembre et sont conditionnées surtout par les structures thermiques et donc l'établissement du front estival.

Les populations planctoniques qui constituent la faune du large sont représentées par les espèces qui vivent en Manche centrale et pénètrent plus ou moins profondément dans le golfe. Ces populations selon la saison sont soit semblables à celles de la Manche orientale surtout en hiver et au printemps (Hybocodon prolifer, Pseudocalanus minutus), soit plus proches de celles de l'Atlantique surtout en été et en fin d'été, reflétant nettement à cette époque le phénomène de pénétration des eaux atlantiques en Manche.

Les espèces que nous avons sélectionnées et que nous avons classées dans la faune du large appartiennent essentiellement aux groupes suivants : les copépodes, les cladocères, les euphausiacées, les amphipodes, les stomatopodes et mysidacés pour les crustacés, les autres groupes zoologiques herbivores ou carnivores sont souvent des pélagiques dont le corps est riche en eau, véritables flotteurs marqueurs des eaux de surface : ce sont les annélides pélagiques Tomoptéridés, les cnidaires méduses et siphonophores, les chaetognathes.

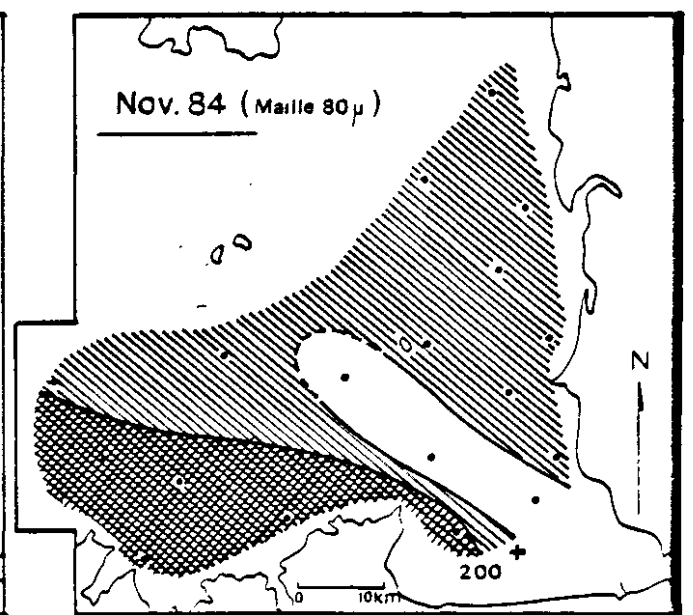
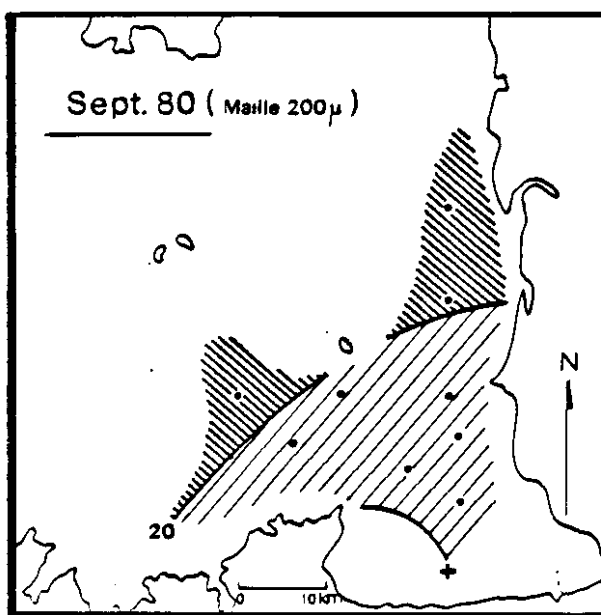
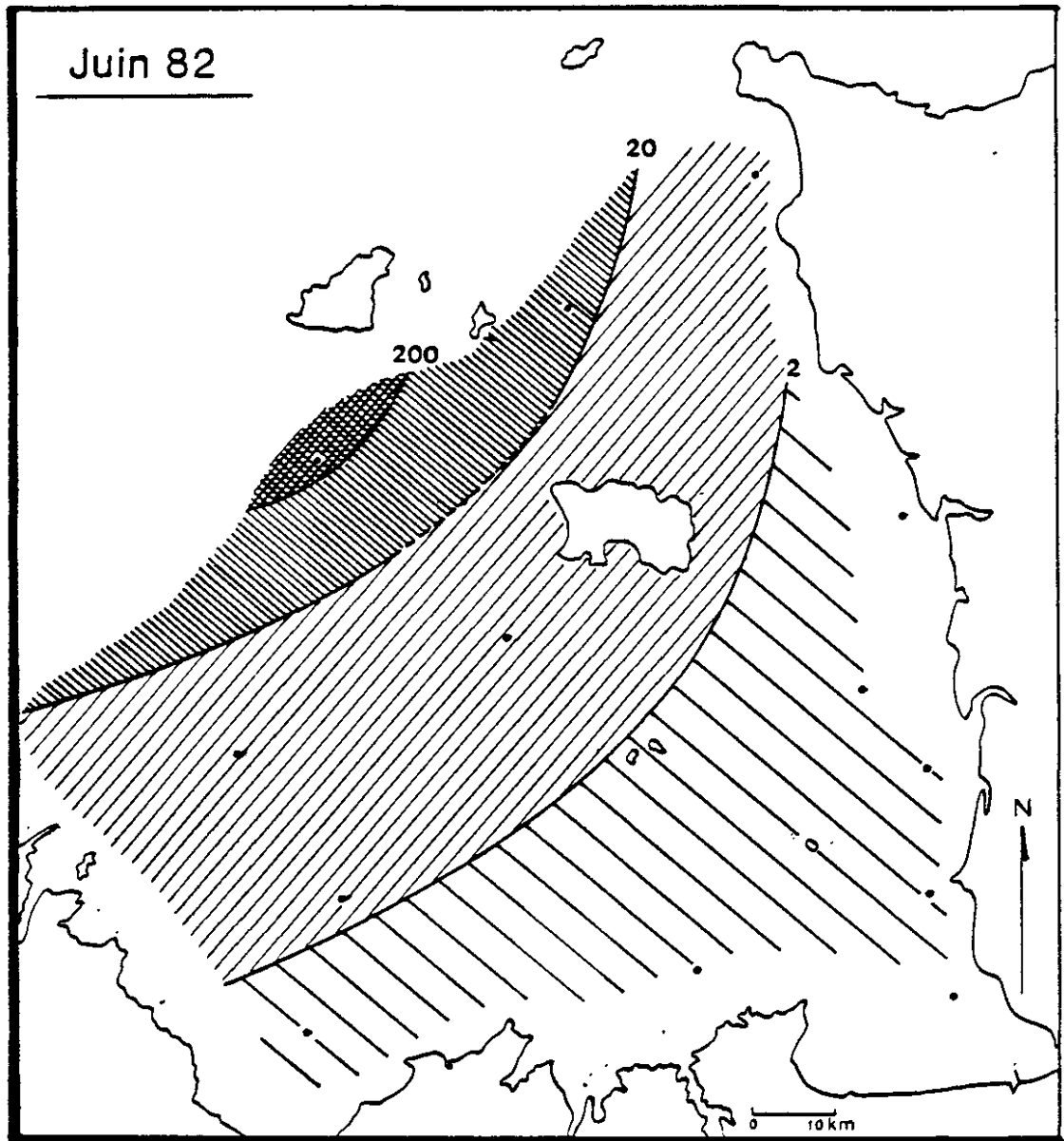
Les principales espèces de copépodes dont l'abondance diminue du large vers la côte sont herbivores ou carnivores. Citons Calanus helgolandicus, Centropages typicus, Temora longicornis (figure I.27), Candacia armata, Corycaeus, ...

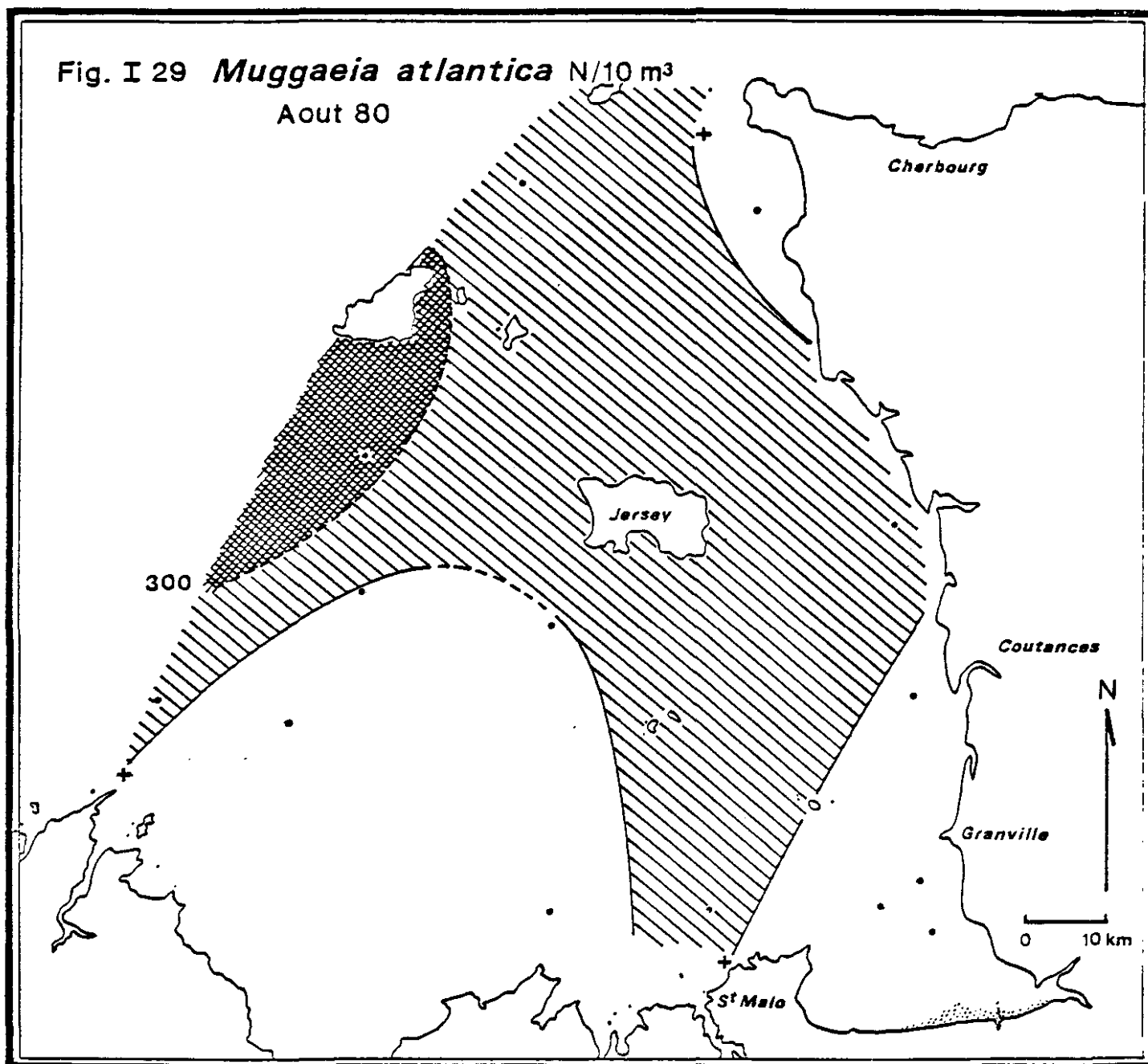
Les chaetognathes sont surtout représentés par l'espèce Sagitta setosa (figure I.28) dont l'aire de répartition est la même que celle de Sardina pilchardus (la sardine) et de Liriope tetraphylla, méduse qui fait partie de la faune atlantico-méditerranéenne (DEMIR et al, 1974 ; SOUTHWARD, 1962, 1980). Nous les avons trouvées en saison estivale associées dans le golfe aux stations du large.



L'influence des eaux atlantiques dans cette zone en été est confirmée par d'autres espèces du contingent faunistique atlantico-méditerranéen comme les hydroméduses *Amphinema dinema* et *Eutima gracilis*. Les autres méduses trouvées également en saison estivale dans le golfe sont des méduses à large répartition géographique en Manche *Sarsia gemmifera* et *Ectopleura dumortieri* qui pénètrent plus profondément en Manche l'été que le groupe précédent puisqu'elles sont recueillies jusqu'à Gravelines en août (G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1984).

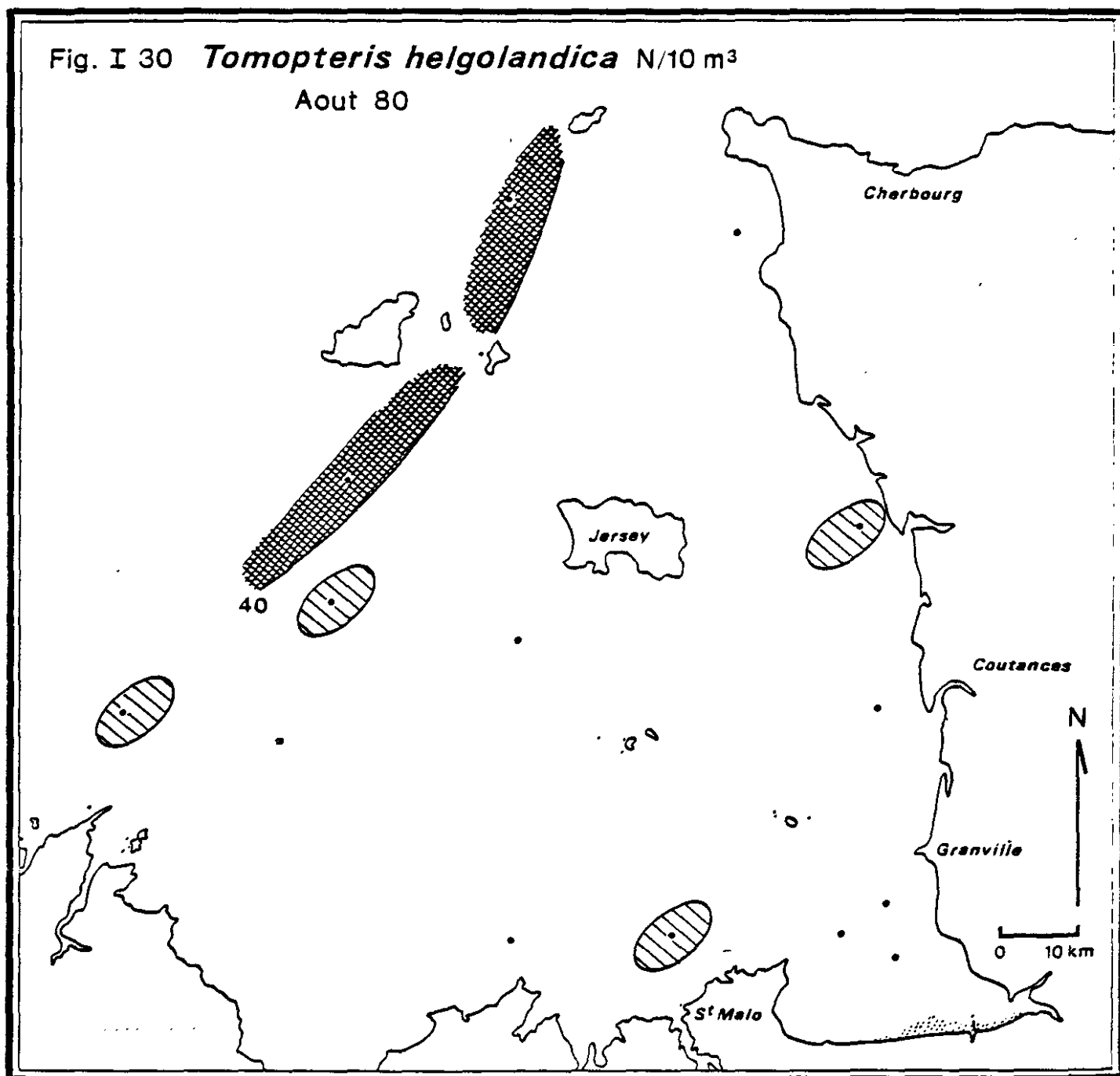
Fig. I 28

*Sagitta setosa* N/10 m<sup>3</sup>



Un autre groupe très important de cnidaires est celui des siphonophores. Ils sont considérés comme proche des hydrozoaires mais tout leur cycle se déroule sous forme planctonique. De très nombreux genres ont une morphologie plus ou moins complexe, mais typiquement les éléments constitutifs d'un siphonophore ont l'apparence d'une colonie flottante avec pneumatophore et cloches natatoires plus ou moins nombreuses. Ce sont de véritables flotteurs de surface et l'espèce recueillie en quantité non négligeable (30/m<sup>3</sup>) sur le front du large, *Muggaeia atlantica* (figure I.29), montre une fois de plus l'intrusion des eaux atlantiques. Cette espèce, ainsi qu'*Amphinema dinema* et *Eutima gracilis*, sont bien connues sur le littoral Sud-Bretagne : Erdeven (J. LE FEVRE, 1977), Plogoff (G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1981).

Le front estival est souligné également par l'accumulation et le développement d'espèces comme l'annélide pélagique *Tomopteris helgolandica* (figure I.30) et le cladocère *Evadne* (figure I.32). D'autres espèces caractéristiques de la zone du large sont les euphausiacés récoltés surtout à l'état larvaire *furcilia* et *cyrtopia*. On y trouve également les larves de *Polygordius* annélide benthique dont les larves très particulières ou endolarves s'échappent de l'adulte et se rencontrent dans le plancton. Dans les mêmes stations du large on récolte les larves *Alima* des stomatopodes *Squilla* (photo). Les échanges intenses entre le fond et la surface sont soulignés par la présence dans les récoltes de surface d'es-



pèces qui vivent normalement sur le fond et qui peuvent migrer verticalement quand la masse d'eau est peu stratifiée ou peu profonde. C'est le cas des mysidacées. On a vu que dans la baie du Mont-St-Michel on récoltait l'espèce euryhaline Mesopodopsis slabberi. Au large les espèces les plus abondantes sont Anchialina agilis et les genres Gastrosaccus et Acanthomysis (figure I.31) qui peuvent effectuer des migrations verticales sur une soixantaine de mètres de profondeur aux environs de Guernesey. La présence en surface des endolarves de Bolygordius, des larves cyphonautes de bryozoaires et de nombreux crabes confirment les échanges possibles entre le fond et la surface.

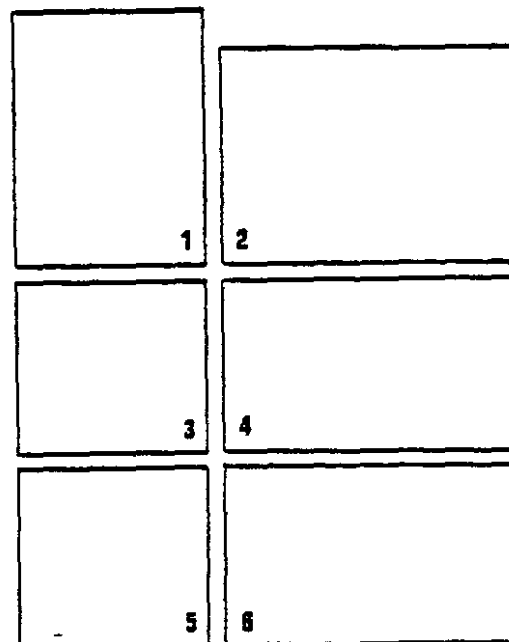
On peut remarquer que la faune du large se compose d'espèces d'assez grande taille par rapport à la faune côtière plus riche en petites larves. L'holoplancton domine sur le méroplancton, les carnivores sont plus nombreux au large qu'à la côte. Enfin beaucoup d'espèces possèdent une bonne flottabilité soit par leur composition (quantité d'eau) ou leur forme siphonophores avec flotteurs, palettes natatoires des Tomopteris, "nageoires" des chaetognathes. Cette zone correspond à une zone très productive du golfe où les échelons production primaire, herbivores et carnivores sont tous à la fois abondants et diversifiés.

## LEGENDE

1. *Tomopteris helgolandica*.
2. *Calanus helgolandicus*.
3. Phyllosome de Langouste.
4. *Squilla mantis*.
5. Jeune Orphie.
6. *Amphinema dinema*.

\*

PHOTOS: 1-3-5 G. LE FEVRE-LEMOERFF.  
 2-4-6 J. LE FEVRE.



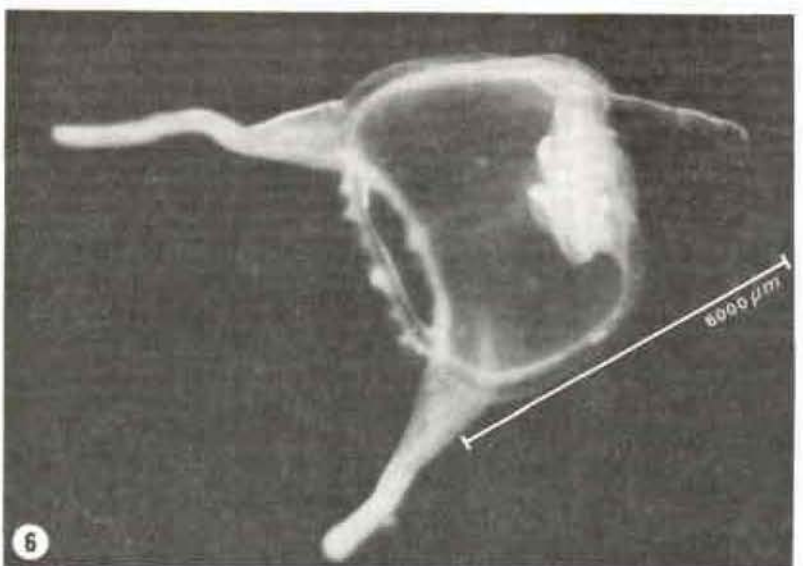
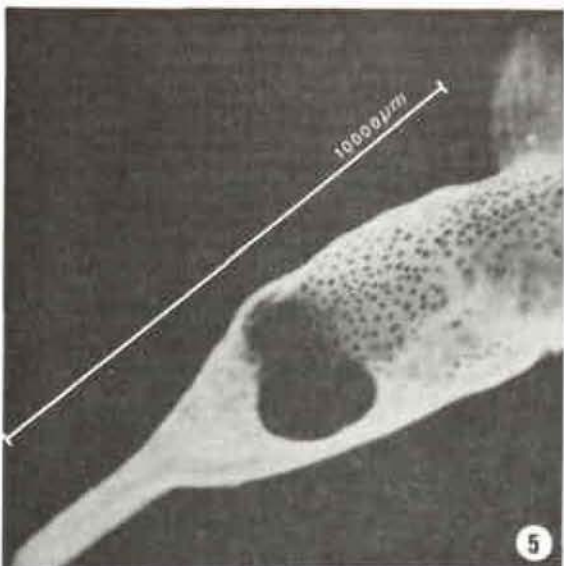
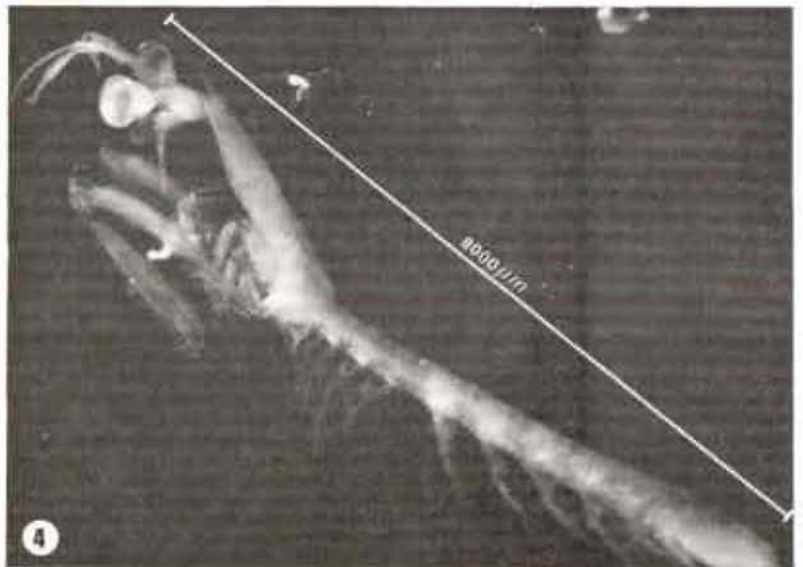
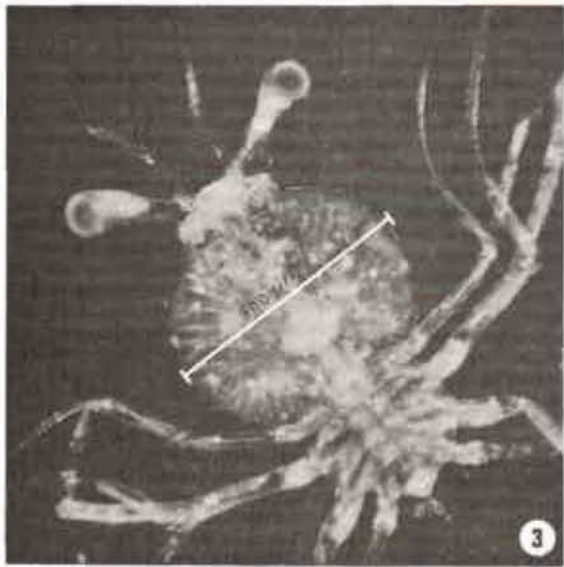
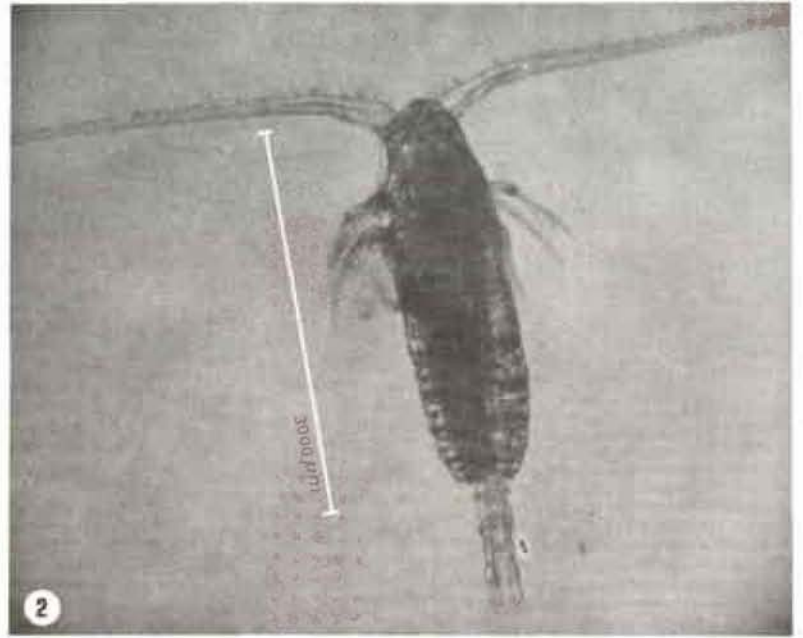
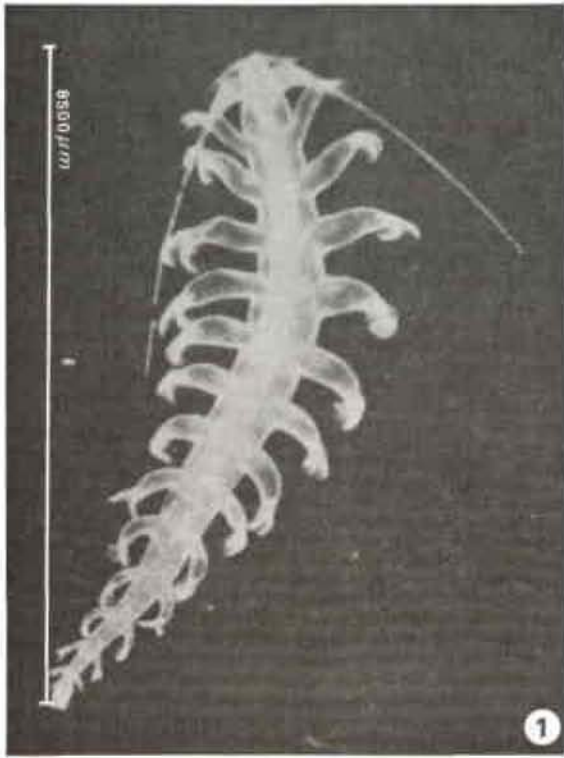


Fig. I 31

## Mysidacées

Aout 80

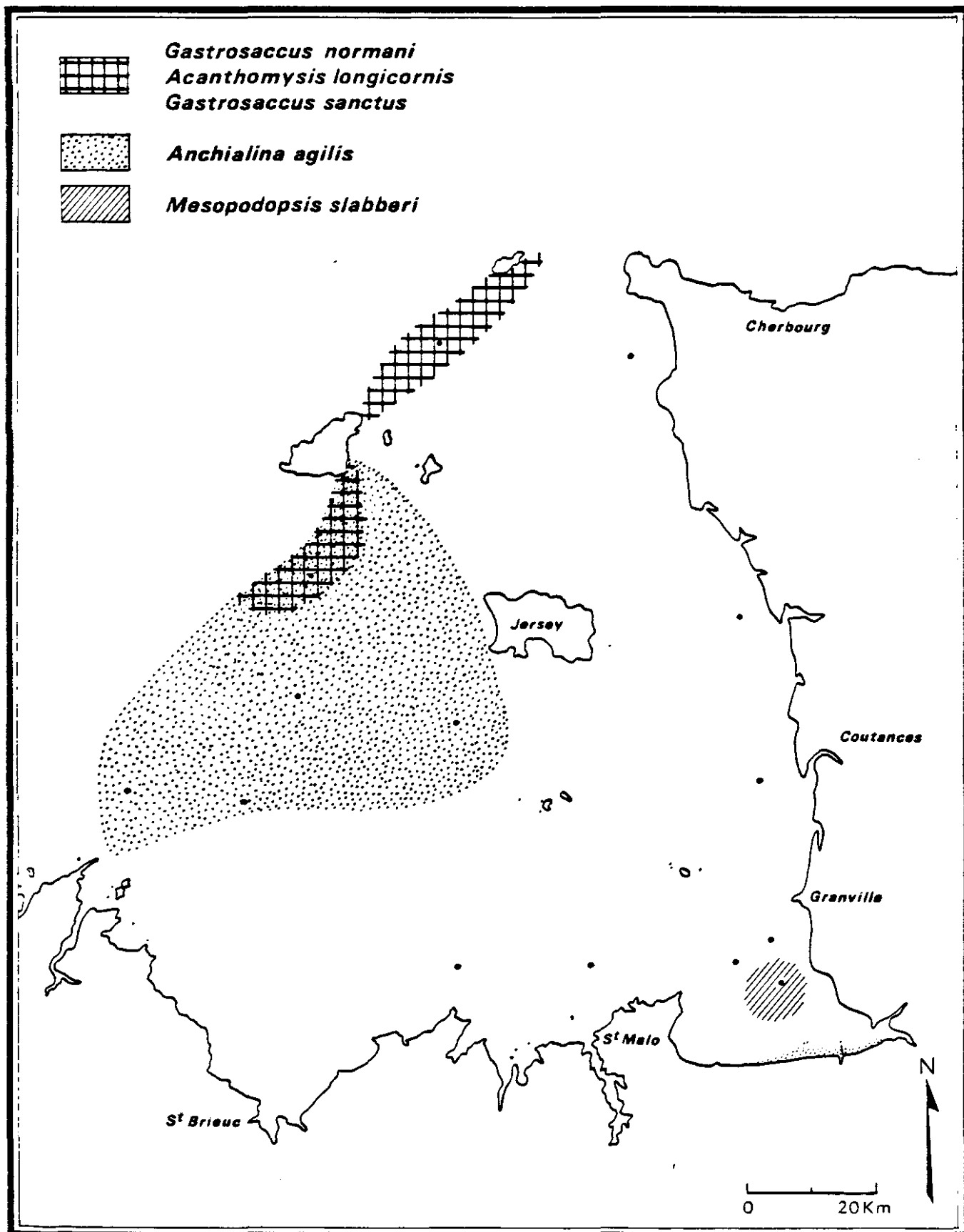
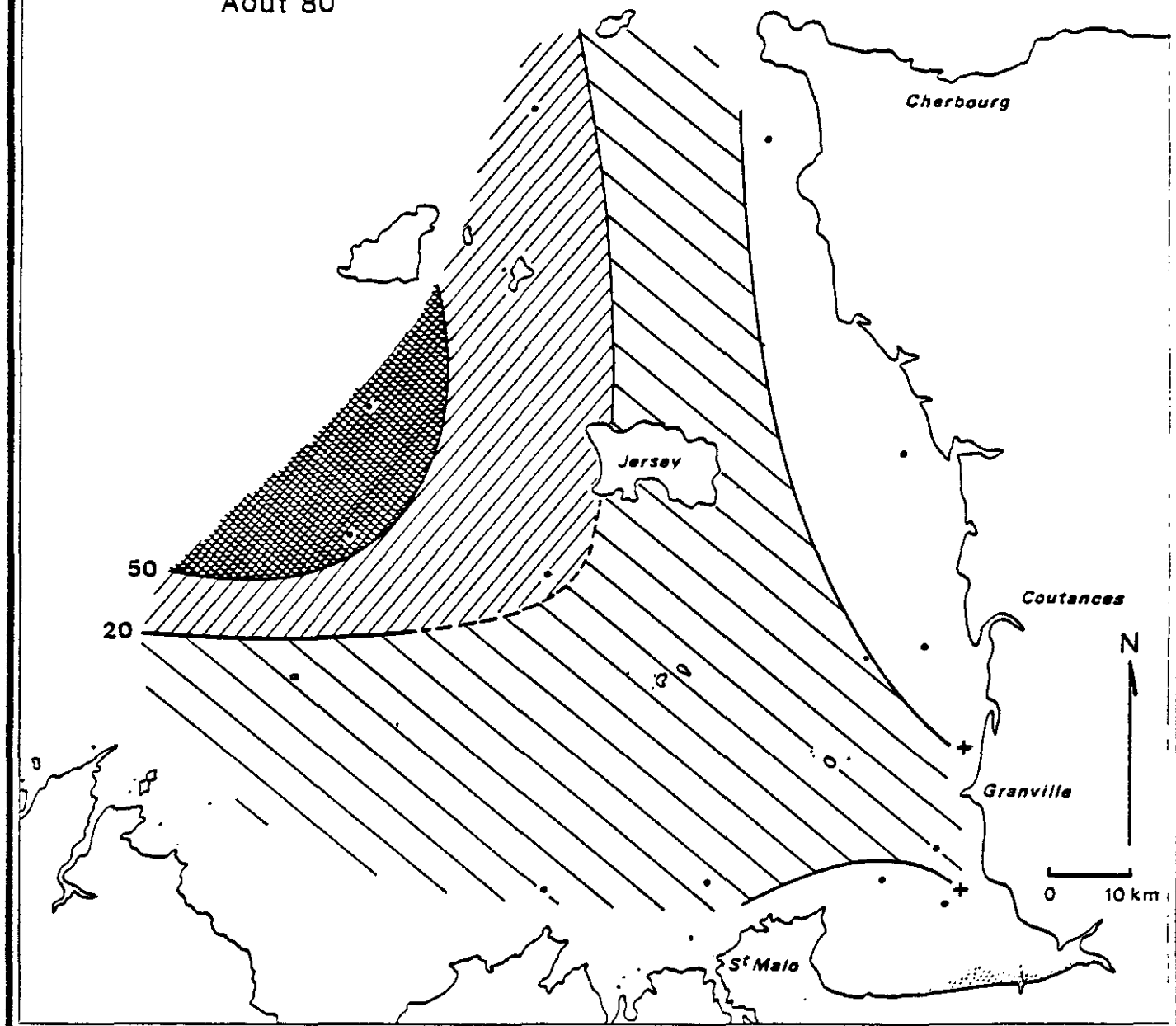




Fig. I 32 *Evadne* sp. N/10 m<sup>3</sup>

Aout 80



#### I.4.4 - Conclusion

En résumé, on remarque deux zones du golfe particulièrement intéressantes : la zone très côtière et la zone du système frontal du large. Si on confronte les résultats exposés pour le zooplancton aux résultats de production primaire on voit que ces deux zones extrêmes correspondent à deux pôles de forte productivité, mais qui concernent des écosystèmes pélagiques différents. Il existe pour le zooplancton une forte compétition entre espèces pour la recherche de la nourriture. Les différences de composition faunistique observées dans ces deux zones correspondent à des "différences fonctionnelles" dans le système pélagique.

Les espèces pélagiques du large sont souvent de plus grande taille, on y trouve de nombreuses espèces carnivores et de gros herbivores. Ce sont les copépodes carnivores et les copépodes herbivores de grande taille, les espèces épiplanctoniques caractéristiques des fronts. Ce sont aussi les chaetognathes et méduses carnivores, les siphonophores, les larves de poissons pélagiques, les jeunes céphalopodes.

Au contraire, le système côtier est dominé par une plus grande quantité de larves et d'adultes d'annélides polychètes et de mollusques. L'ensemble est formé d'individus de plus petite taille mais le nombre élevé de larves exerce sur le milieu une forte pression et la quantité de phytoplancton disponible dans la zone très côtière ne doit pas suffire à la nutrition des grands organismes qui se développent mieux au large.

### CONCLUSION VARIATIONS SPATIALES

Le Golfe Normano-Breton, bien qu'influencé par les eaux de la Manche, demeure à l'écart des courants généraux forts (SW - NE), en raison du tracé général des côtes et de l'élévation des fonds.

La bathymétrie, tout en conditionnant les structures hydrologiques, joue un rôle important dans la répartition des espèces planctoniques (comme benthiques). Lorsque l'on sait, d'après les données hydrologiques, que les gradients verticaux sont plus faibles que les gradients horizontaux, on admet que la répartition horizontale traduit bien les différences entre les masses d'eau.

Les suivis systématiques de la température de surface des eaux du golfe à l'aide de données satellitaires reflètent donc les limites hydrologiques, et par conséquent, les répartitions spatiales de la production pélagique.

Dans l'ensemble, l'écosystème pélagique du Golfe Normano-Breton est riche en espèces (certaines commercialisées), et diversifié. L'état physiologique général des populations planctoniques ne montre aucune trace de pollution et une bonne production globale. Quelques zones fragiles sont néanmoins à souligner : les baies du Mont-St-Michel, de St-Brieuc et les havres du Cotentin. Ces zones, relativement isolées de la circulation générale, sont sous l'influence des apports en sels nutritifs telluriques.

En général, le fonctionnement d'un écosystème pélagique résulte de multiples facteurs : nature des fonds, nature des peuplements benthiques et espèces pélagiques commercialement exploitables. Dans ce contexte, le Golfe Normano-Breton se caractérise par deux zones de production particulièrement intéressantes : la zone du large et la zone côtière.

La zone du large, bien définie par images satellitaires, est soulignée par un front hydrologique entre Jersey et Guernesey, où se resserrent les isobathes 20 m et 50 m. Au niveau de ce front, la production pélagique est essentiellement estivale. Cette zone à fonds rocheux est soumise à l'influence des eaux atlantiques. L'écosystème du large présente une production plus tardive qu'à la côte, et un ensemble de populations diversifié.

La communauté phytoplanctonique se caractérise par la prolifération de "grandes" cellules. Les espèces zooplanctoniques sont, elles aussi, de plus grande taille et constituent une source de nourriture importante pour les grosses espèces pélagiques : poissons, céphalopodes ...

La zone côtière délimitée par l'isobathe 20 m, est influencée par la nature des fonds sableux et sablo-vaseux. Les sédiments fins, la relative stratification (isolement partiel) et l'arrivée de sels azotés minéraux d'origine terrigène contribuent à la précocité du développement pélagique, aussi bien floristique que faunistique :

- prolifération de petites espèces phytoplanctoniques initiatrices de la succession printanière et estivale des diatomées à production primaire élevée,

- dominance du méroplancton et notamment des larves de mollusques au printemps et en début d'été.

Cette zone de haute productivité fait apparaître une compétition entre les prédateurs zooplanctoniques et benthiques. L'extension des herbivores (larves et adultes) pélagiques est limitée par la pression de filtration des organismes benthiques, dont certains sont commercialement intéressants (mollusques bivalves), et d'autres (crépidules) constituent une gêne et un problème pour l'environnement.

**CHAPITRE II****VARIATIONS SAISONNIERES**

## II.1 - INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous nous attacherons à décrire les variations saisonnières des principaux paramètres hydrobiologiques et des populations phytoplanctoniques et zooplanctoniques afin d'obtenir la meilleure évaluation possible des cycles annuels à partir des observations effectuées dans le Golfe Normano-Breton depuis 1976. Il convient de signaler qu'une partie de ces mesures a été effectuée lors d'études financées par EDF (Electricité de France) dans le cadre d'études de sites de centrales marémotrices (projet Sud-Chausey et Cotentin-Centre) et nucléaire (Flamanville).

D'après les travaux de PINGREE (1975), au printemps et en été, la Manche peut se décomposer en trois zones dont les limites géographiques varient au cours du temps :

- une zone homogène sur la profondeur (zone orientale),
- une zone à forts gradients thermiques (ouvert occidental de la Manche),
- une zone intermédiaire.

Le Golfe Normano-Breton se situe géographiquement dans cette dernière. Cependant, il faut noter que la hauteur d'eau est relativement faible dans le golfe et que ceci peut induire des différences notables d'évolutions saisonnières entre les systèmes du golfe et, par exemple, la station El telle que l'ont décrite HOLLIGAN et HARBOUR (1977).

Sur la figure II.1, nous avons représenté l'évolution saisonnière de huit paramètres importants à partir de toutes les mesures effectuées depuis 1976 dans le golfe sans distinction de localisation. L'année est décomposée en 12 classes de 30 jours et, pour chaque classe, la valeur d'un paramètre est représentée par un rectangle centré sur la valeur moyenne et dont la hauteur correspond à deux écarts type. La largeur d'une classe résulte d'un compromis entre la précision de description souhaitée et la densité des périodes d'observation.

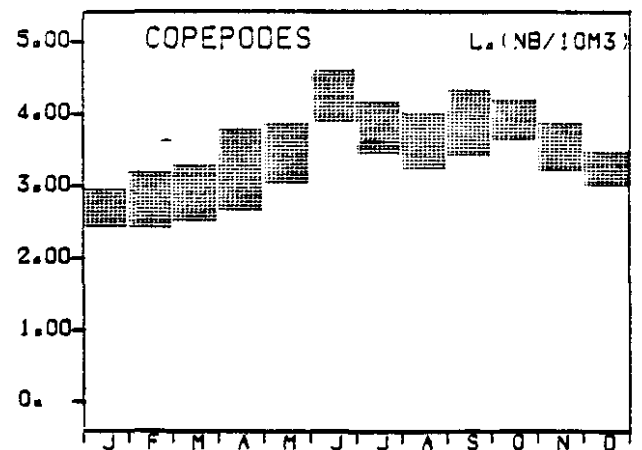
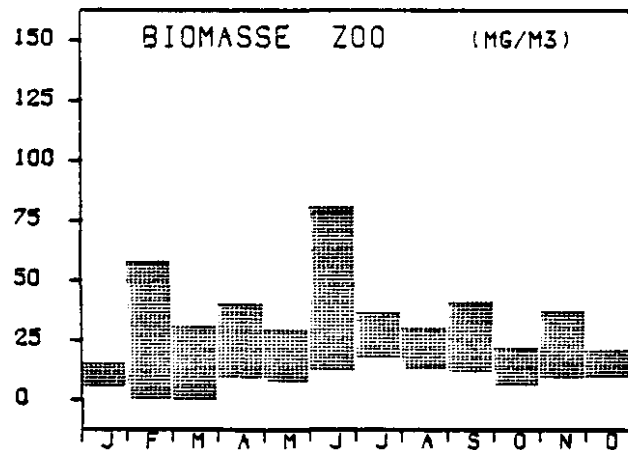
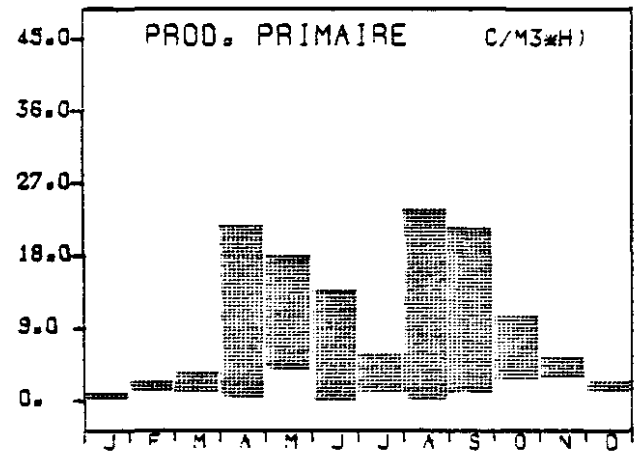
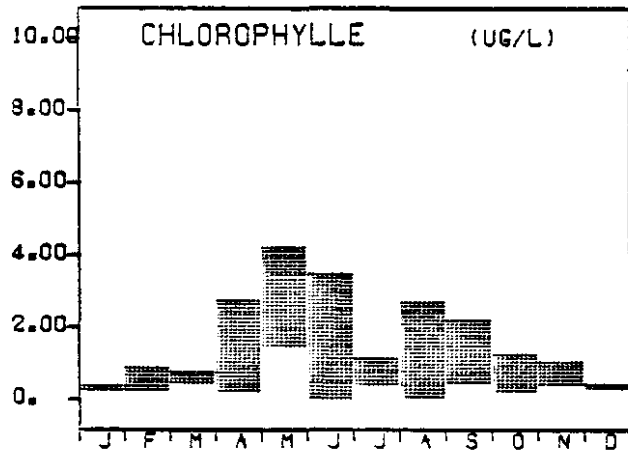
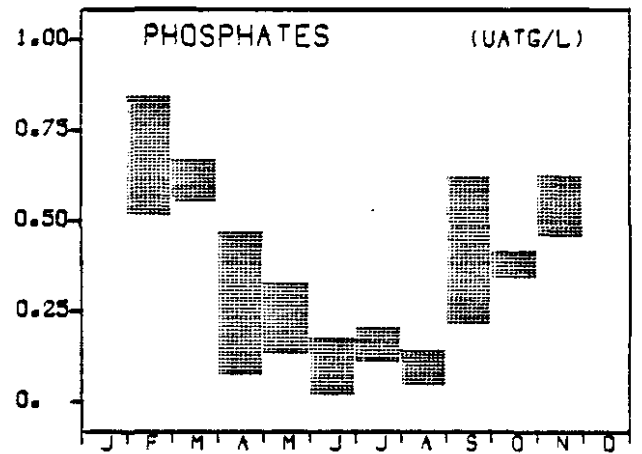
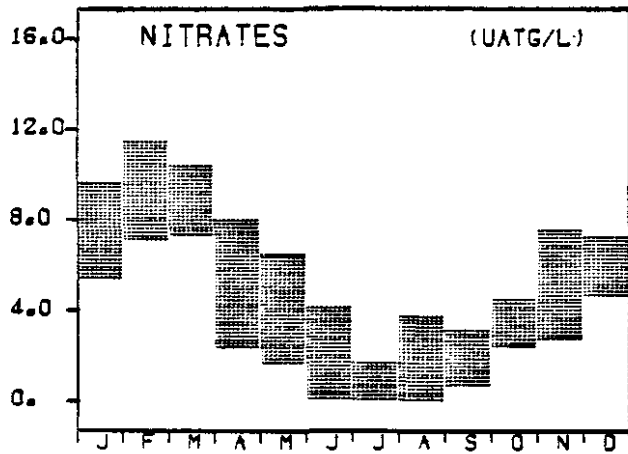
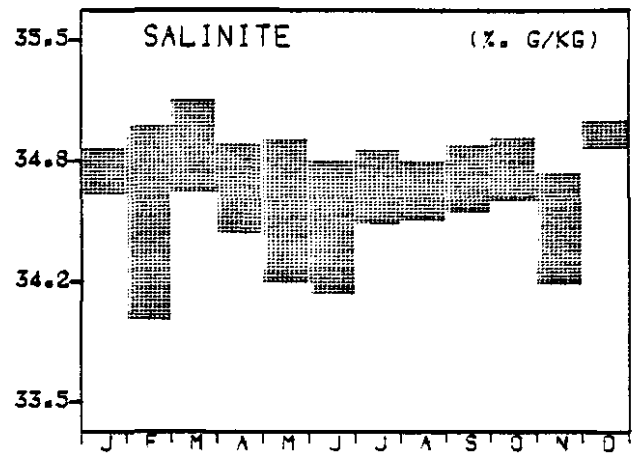
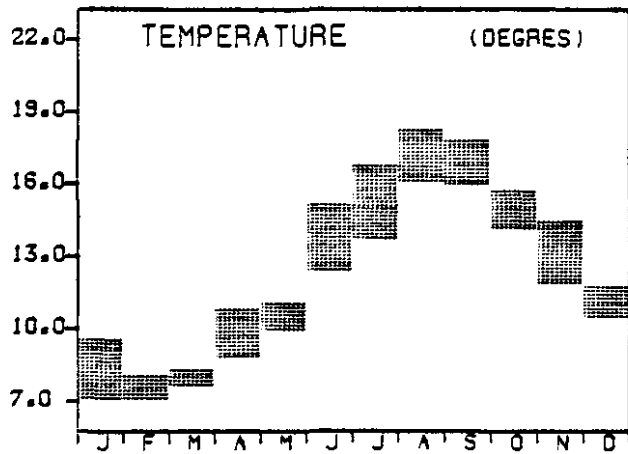
Les évolutions des paramètres hydrobiologiques sont, dans leurs grandes lignes, semblables à celles d'un écosystème type : échauffement estival et épuisement, en été, des sels azotés et phosphorés. D'autre part, la biomasse phytoplanctonique telle qu'estimée par le contenu chlorophyllien présente des maxima au printemps et en fin d'été, périodes correspondant d'ailleurs à des maxima de production primaire.

En ce qui concerne le zooplancton, les variations saisonnières sont moins évidentes. Il en va de même pour la salinité, pour laquelle on peut considérer une valeur moyenne de 34.8 ‰ à peu près constante sur l'année, même si à certains mois (février, mai, juin, novembre) les variabilités sont importantes.

Dans son ensemble, le premier examen des données permet de retracer les tendances de l'évolution saisonnière. Cependant, il convient de remarquer que cette description est peu précise. Par exemple, en juillet, la température se situe dans la fourchette 11-17°C et les nitrates en février entre 5 et 13  $\mu\text{moles/l}$ .

VARIATIONS SAISONNIERES  
TOUS POINTS CONFONDUS

Fig II 1



L'étude des variations spatiales, présentée dans le chapitre précédent, a permis de rendre compte des structures hydrologiques grâce aux thermographies par satellite et aux campagnes synoptiques. Les discontinuités observées permettent, au moins au printemps et en été, de décomposer le golfe en différentes zones. La zone la plus au Nord se rapproche par ses caractéristiques du système occidental de la Manche. La baie du Mont-Saint-Michel (au Sud du golfe) est limitée par la ligne Cancale-Granville qui correspond à une limite thermohaline. Les variations saisonnières de la zone centrale peuvent être représentées par la région d'étude définie comme Cotentin-Centre. Toutes les données provenant de ces trois zones ont été utilisées pour l'étude globale des variations saisonnières. Il est donc tout à fait normal d'observer des variabilités importantes, car les données proviennent de trois sous-ensembles du golfe. C'est pourquoi, nous avons, dans un but de meilleure estimation des cycles saisonniers, découpé le golfe en trois régions non connexes, numérotées respectivement I, II, et III :

- Cotentin-Sud qui correspond à la baie du Mont-Saint-Michel.
- Cotentin-Centre entre les Chausey et Jersey.
- Nord-Cotentin.

Dans la pratique, nous nous sommes limités à l'étude des trois zones tramées de la figure en annexe II.1 (p. 142), car elles correspondent aux maxima de densité d'observations dans ces régions.

Ce découpage nous permet de tester la stabilité de la zonation du golfe au cours de l'année et de décrire les variations du Sud au Nord du système pélagique le long de la côte du Cotentin.

## II.2 - METHODOLOGIE

Afin de déterminer les cycles annuels moyens dans une région donnée, l'année est discrétisée en périodes de 30 jours pour lesquelles toutes les observations dans une zone ont été groupées indépendamment de l'année d'observation.

Les distances entre les trois zones prises deux à deux sont estimées par différence des moyennes. Afin de tester le niveau de signification, nous avons utilisé un test non paramétrique. En effet, il ne nous a pas semblé raisonnable d'utiliser des tests requérant des hypothèses quant aux distributions, étant donné la fréquence importante de petits échantillons (inférieurs à 8 éléments). Nous avons retenu le test de Wilcoxon-Mann-Whitney qui cherche à vérifier si les éléments de deux groupes, classés par ordre croissant sur une même échelle ordinale occupent des positions équivalentes révélant ainsi la similitude des deux distributions.

Pour cela, nous avons utilisé la routine NRSWRST de International Mathematical and Statistical Libraries, Inc. (IMSL) qui traite les ex-aequo de manière à ce que la statistique W soit la plus grande et la plus petite possible ; les deux probabilités associées à W sont alors considérées comme des limites. Nous avons choisi systématiquement pour la présentation, la valeur la plus faible du seuil de signification de la différence.



Les résultats des calculs sont représentés paramètre par paramètre, avec, par page, en haut à gauche, l'évolution classe par classe pour chaque zone. En haut à droite, les distances sont figurées de deux manières : histogramme plein pour les distances significatives à plus de 95 % et histogramme vide pour les seuils de signification compris entre 85 et 95 %. Par convention, la distance du site x au site y (Dxy) pour un paramètre donné est positive si la valeur moyenne en x est supérieure à la valeur moyenne en y. Le tableau, en bas de page, récapitule l'ensemble des observations et des calculs pour un paramètre donné. La moyenne, l'écart-typé et le nombre des observations sont figurés par zone. Les distances non significatives à 85 % ne sont pas accompagnées du seuil de signification.

## II.3 - RESULTATS

### II.3.1 - Température (figure II.2)

Le maximum thermique a lieu en août pour les trois zones et le minimum en février. Le réchauffement est plus important en été dans le Sud Cotentin (cf. D1-3) que dans le Nord-Cotentin avec des différences de 3°C en juin. Le refroidissement plus important au Sud, à partir d'octobre, peut conduire à des différences de 4°C.

La même tendance se retrouve atténuée si l'on compare Cotentin-Centre à Nord-Cotentin. Par contre, Sud-Cotentin et Cotentin-Centre présentent une évolution parallèle avec cependant, une différence notable en novembre quand le refroidissement au Sud est très rapide.

Les cinétiques d'échauffement et de refroidissement différentes sont liées à l'épaisseur de la tranche d'eau qui conduit à des inerties différentes. De plus, les zones Nord-Cotentin et Cotentin-Centre sont situées de part et d'autre d'une discontinuité thermique (cf. variations spatiales) : sur les 7 classes, on a 6 différences significatives à 99 % comprises dans l'intervalle (1.75 - 2.7°C). Le découpage du golfe en trois grandes zones côtières semble donc adéquat d'après les mesures de température.

Ces évolutions saisonnières différentes induisent des variations Nord - Sud dans les successions des différents écosystèmes. Ainsi, elles peuvent peut-être expliquer des différences de précocité de la reproduction chez les bivalves (cf. volume benthos).

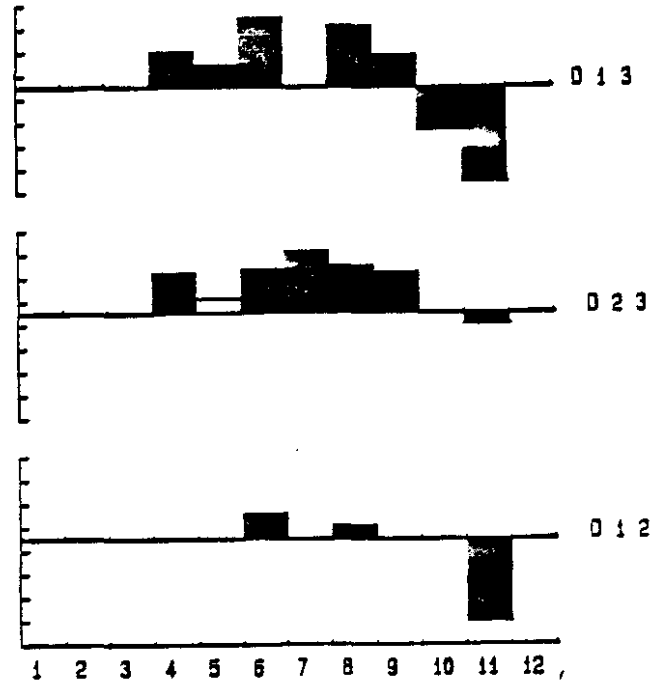
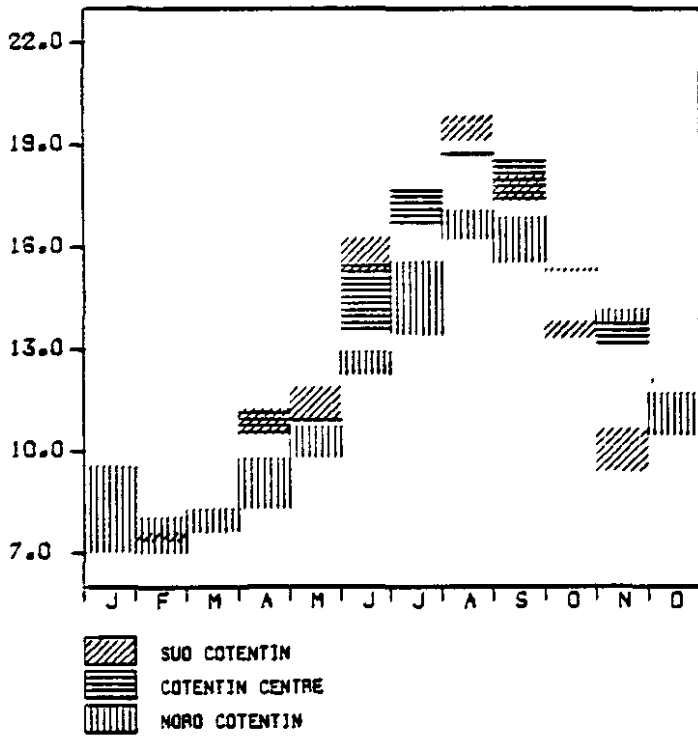
### II.3.2 - Salinité (figure II.3)

Le graphique des salinités des trois zones ne présente pas d'évolution saisonnière type. Il est à noter qu'une mesure de salinité du Nord-Cotentin a été omise de la présentation. En effet, sur les 11 mesures du jour 69, une salinité de 31.18 ‰ est reportée qui est probablement une erreur de mesure. La région Sud-Cotentin présente des salinités plus faibles. Ceci est la conséquence des apports d'eau douce du bassin versant.

Cette observation est confirmée par l'étude des distances. En effet, les différences entre Sud et Nord-Cotentin sont en majorité négatives, atteignant presque 1 % en février et mai. Entre Cotentin-

T E M P E R A T U R E ( D E G R E S C )

Fig II 2

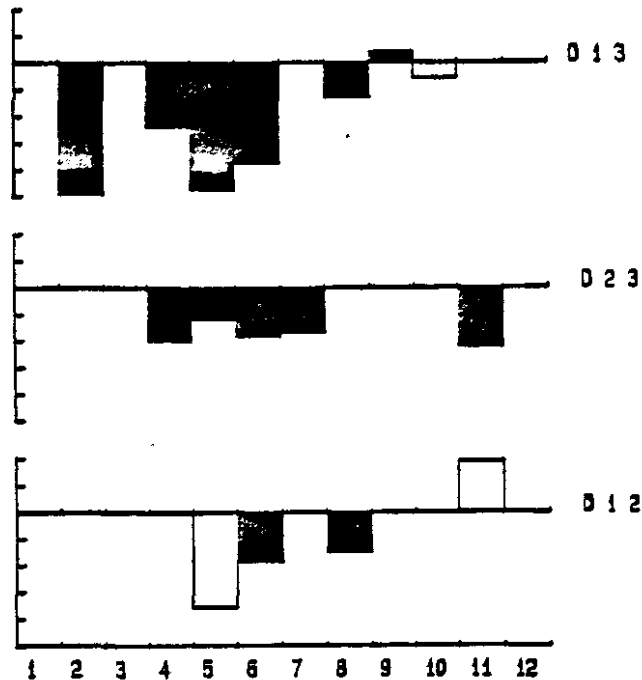
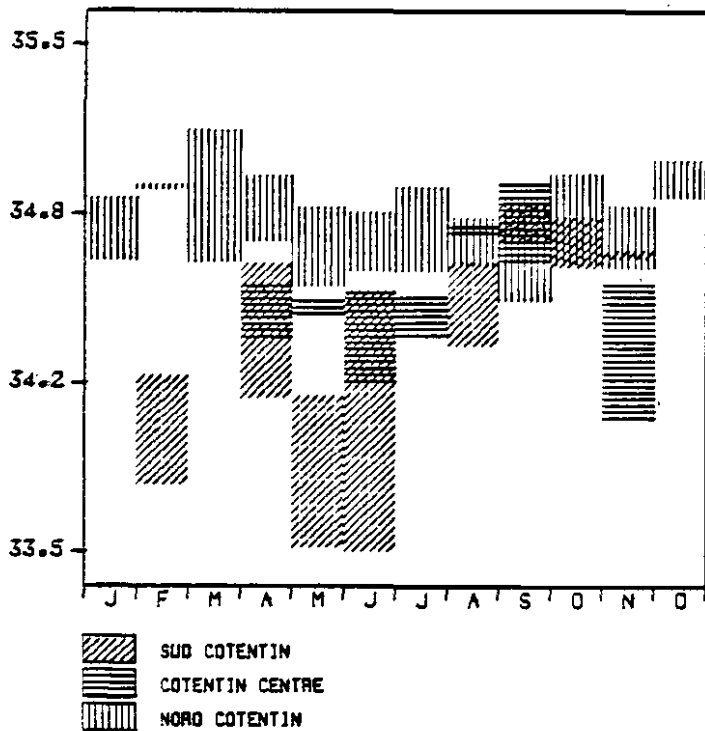


1 Grad. = 1 Deg.C

CLASSE	SUD COTENTIN			COTENTIN CENTRE			NORD COTENTIN			DISTANCES			SECURITE	
	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	I - II	I	II - III	I	I - III
1-30							8.22	1.29	9					
31-60	7.35	.82	6				6.97	1.87	26				.38	
61-90							7.95	.33	11					
91-120	10.63	.37	9	10.81	.30	22	9.83	.74	46	-.18	I	1.77	99%	1.59 99%
121-150	11.26	.40	7	10.89	.81	2	10.26	.44	37	.37	I	.63	93%	1.00 99%
151-180	15.57	.47	11	14.46	.98	27	12.56	.33	32	1.11	99%	1.90	99%	3.02 99%
181-210				17.17	.47	18	14.40	1.87	48		I	2.69	99%	
211-240	19.27	.35	7	18.66	.85	3	16.62	.41	39	.61	98%	2.84	99%	2.65 99%
241-270	17.39	.26	9	17.94	.37	8	16.18	.63	26	-.35	I	1.76	99%	1.41 99%
271-300	13.36	.20	6				15.26	.84	23		I			-1.70 99%
301-330	9.84	.37	3	13.41	.30	15	13.95	.16	7	-3.57	99%	-.54	99%	-4.11 98%
331-360							11.87	.62	34		I			

S A L I N I T E ( % . G / K G )

Fig II 3



1 Grad. = 0.2%

SUD COTENTIN		COTENTIN CENTRE		NORD COTENTIN		DISTANCES		SECURITE	
CLASSE	MOYENNE ECART-T N	MOYENNE ECART-T N	MOYENNE ECART-T N	MOYENNE ECART-T N	I - II	II - III	I	I - III	
1- 30	-----	-----	-----	34.77	.12	13	-----	I	-----
31- 60	33.95	.21	6	34.94	.80	7	-----	I	-----
61- 90	-----	-----	-----	34.98	.26	10	-----	I	-----
91-120	34.35	.26	10	34.44	.11	23	-.09	I	-.41 99% I
121-150	33.75	.33	7	34.46	.83	2	-.71	94% I	-.25 95% I
151-180	33.97	.53	11	34.34	.18	27	-.38	98% I	-.38 99% I
181-210	-----	-----	-----	34.42	.88	18	-----	I	-.35 99% I
211-240	34.45	.16	7	34.76	.82	3	-.31	98% I	.05 --- I
241-270	34.78	.87	11	34.79	.16	9	-.81	---	.18 --- I
271-300	34.69	.18	6	-----	-----	-----	-----	I	-----
301-330	34.66	.88	3	34.29	.26	14	.38	91% I	-.46 99% I
331-360	-----	-----	-----	34.97	.87	35	-----	I	-----

Centre et Nord-Cotentin, la même constatation peut être faite avec toutefois des distances n'excédant pas 0.5 °/ ‰. La différence entre le Sud et le Centre n'est pas aussi marquée mais il semble malgré tout que, globalement, il soit possible de parler d'une augmentation progressive de salinité du Sud vers le Nord quasi-permanente au cours de l'année avec des différences maxima de près de 1 °/ ‰ au printemps.

### II.3.3 - Sels nutritifs azotés : nitrate (figure II.4), nitrite (figure II.5), ammonium (figure II.6)

Les sels nutritifs azotés participent à des degrés divers au maintien de la production primaire. Nous avons discuté, en introduction, de l'évolution normale des nitrates à l'échelle du golfe (consommations printanière et estivale, régénération hivernale). Il faut noter que les écarts-type sont plus importants au moment des fluctuations maximales car les décalages temporels se produisant d'une année sur l'autre n'ont pas été pris en compte.

Le stock de nitrate, en fin d'hiver, est plus important au Sud qu'au Nord. Le graphique saisonnier met en évidence un appauvrissement plus précoce dans la région Centre. Le stock hivernal dans cette région est probablement compris dans la fourchette Sud - Nord-Cotentin car au mois de novembre, la régénération conduit déjà à des concentrations moyennes de 7.5 µmoles/l.

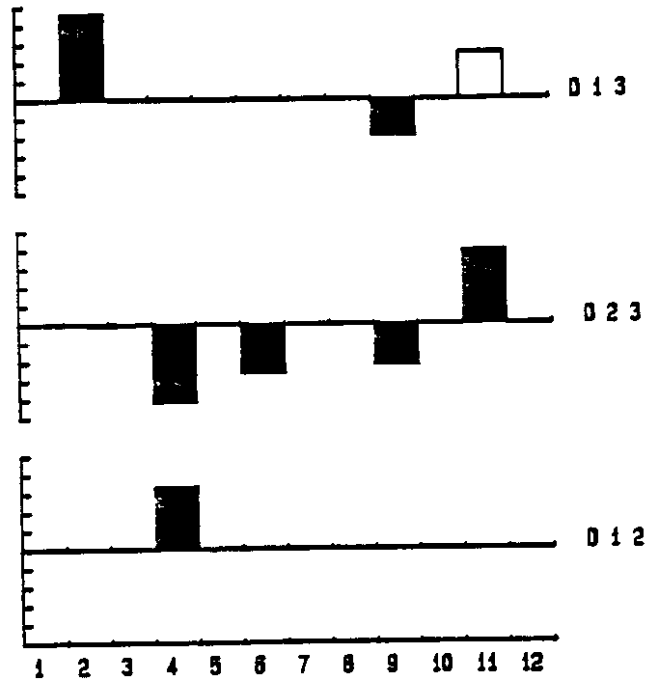
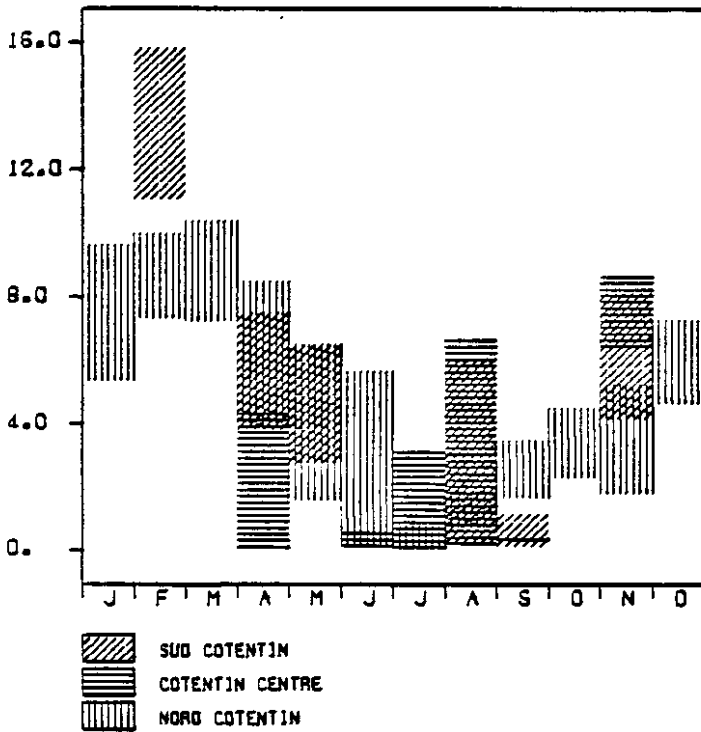
L'étude statistique des distances permet quelques constatations. Le stock de fin d'hiver en nitrates est plus fort de 50 % au Sud qu'au Nord. L'assimilation (début de la floraison printanière) est plus précoce en Cotentin-Centre qu'au Nord (D1-2 = 3.4 et D2-3 = -4.2). La régénération automnale produit des concentrations plus faibles au Nord. Durant l'été, (la période où l'eau est la plus pauvre en sels), il est à noter qu'une fluctuation importante a lieu en août qui est suivie par un appauvrissement en septembre. Cette variation estivale n'a pas lieu au Nord-Cotentin où les concentrations augmentent régulièrement à partir du mois d'août.

Le nitrite est une forme moins permanente de l'azote car il est rapidement assimilé ou oxydé. La période d'assimilation du nitrate située au mois d'avril est suivie d'une augmentation importante du nitrite au mois de mai dans les deux régions Sud. Dans la région Nord, à ce moment, l'écart-type croît sans augmentation des moyennes. Cette phase correspond à la dégradation partielle des produits de la floraison printanière. A partir de septembre, les concentrations en  $\text{NO}_2$  augmentent puis le nitrite retrouve des concentrations faibles en décembre et janvier. Il faut noter que les concentrations sont plus faibles au Nord-Cotentin et que les écarts type sont importants de septembre à novembre, ce qui traduit les décalages temporels interannuels de cette période qui n'excède en général pas un mois pour une année donnée.

L'ammonium est un paramètre plus fluctuant que les deux autres sels azotés de par sa vitesse rapide d'assimilation et de régénération et de par la variabilité des sources (sédiments, eau de pluie). Les écarts de concentration entre les différents sites sont

N I T R A T E (UM/L)

Fig II 4

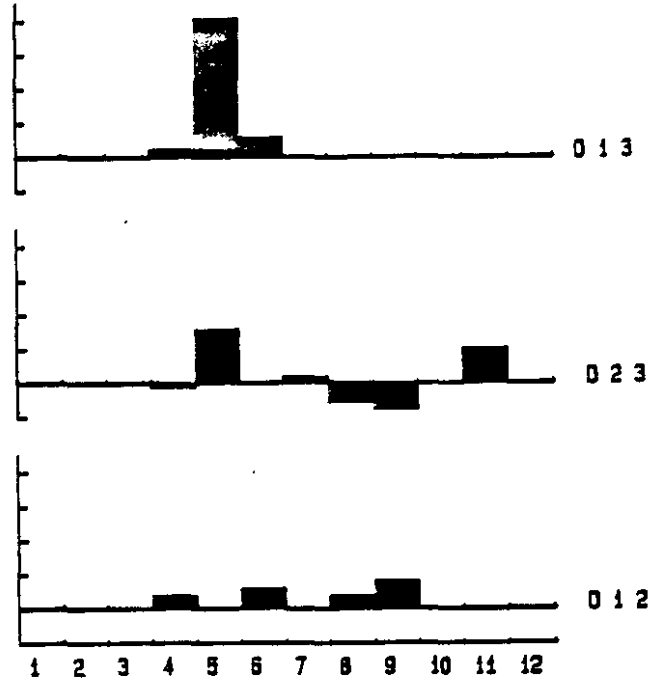
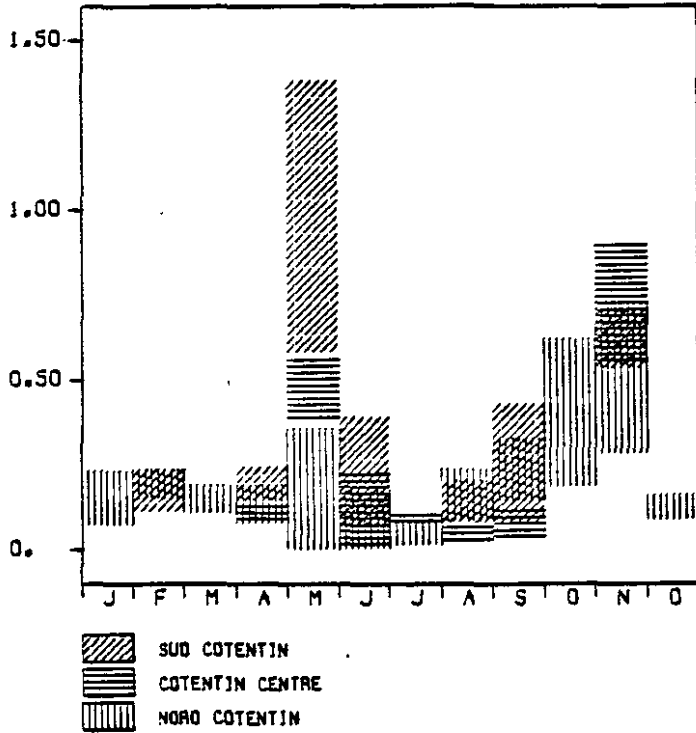


1 Grad. = 1 UM/L NO3

CLASSE	SUD COTENTIN			COTENTIN CENTRE			NORD COTENTIN			DISTANCES			SECURITE	
	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	I - II	I	II - III	I	I - III
1-30							7.46	2.11	30		I		I	
31-60	13.25	2.34	6				8.62	1.33	38		I		I	4.63 99%
61-90							8.77	1.58	38		I		I	
91-120	5.40	1.85	11	1.98	2.31	23	6.19	2.27	64	3.42 99%	I	-4.21 99%	I	-0.79
121-150	4.45	1.77	2				4.83	2.46	37		I		I	.42
151-180				.21	.31	21	2.89	2.72	25		I	-2.68 99%	I	
181-210				1.25	1.83	17	.40	.38	49		I	.84	I	
211-240	2.40	3.32	7	2.73	3.86	3	1.29	.57	20	-0.25	I	1.44	I	1.19
241-270	.49	.43	11	.26	.89	9	2.53	.88	41	.23	I	-2.27 99%	I	-2.84 99%
271-300							3.36	1.89	36		I		I	
301-330	5.97	1.90	3	7.47	1.14	15	3.49	1.69	24	-1.50	I	3.90 99%	I	2.48 94%
331-360							5.92	1.30	53		I		I	

N I T R I T E (UM/L)

Fig II 5



1 Grad. = 0.2 UM/L NO2

CLASSE	SUD COTENTIN			COTENTIN CENTRE			NORD COTENTIN			DISTANCES			SECURITE	
	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	I - II	I	II - III	I	I - III
1-30							.15	.08	30		I		I	
31-60	.17	.05	6				.19	.04	38		I		I	-.03
61-90							.15	.04	30		I		I	
91-120	.18	.04	11	.10	.02	23	.13	.06	64	.08	99%	-.03	99%	.05
121-150	.96	.39	7	.46	.09	2	.14	.22	37	.50	I	.32	97%	.82
151-180	.21	.16	11	.08	.14	27	.09	.09	31	.12	98%	-.04	I	.12
181-210				.09	.02	18	.05	.03	48		I	.04	99%	I
211-240	.13	.05	7	.04	.03	3	.16	.08	20	.08	96%	-.12	99%	-.03
241-270	.24	.17	11	.07	.04	9	.24	.09	40	.17	99%	-.16	99%	.04
271-300							.40	.22	36		I		I	
301-330	.60	.09	3	.72	.18	15	.50	.22	24	-.12	I	.21	99%	.10
331-360							.12	.03	53		I		I	

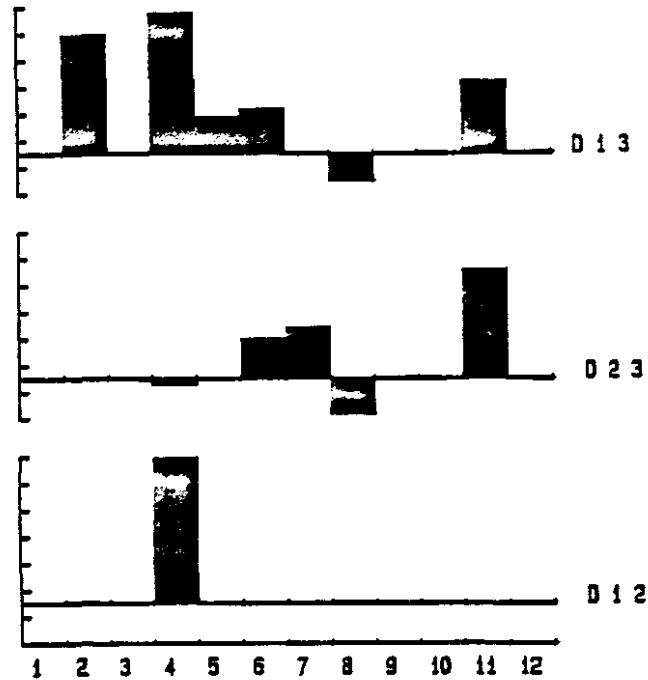
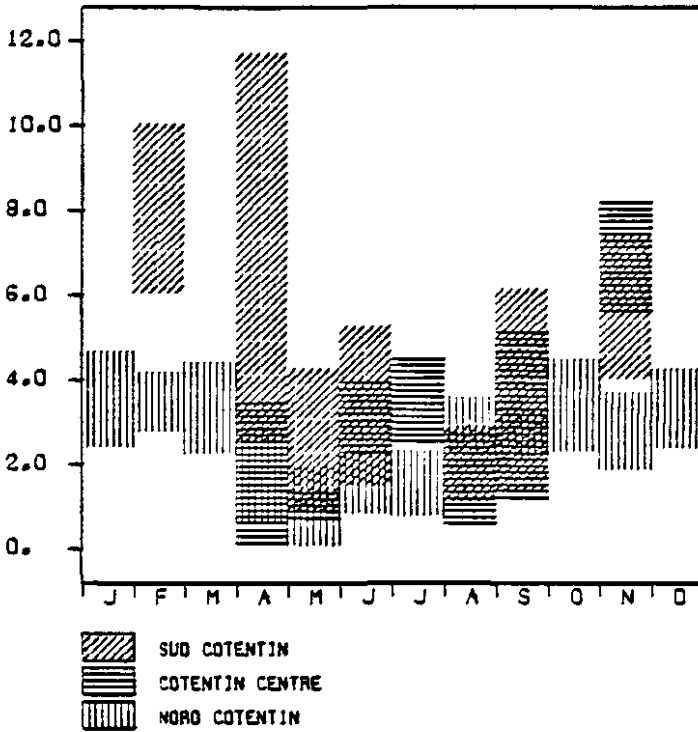






S I L I C A T E S (UM/L)

Fig II 8



1 Grad. = 1 uM/L Si

*****														
SUD COTENTIN			COTENTIN CENTRE			NORD COTENTIN			DISTANCES			SECURITE		
I			II			III			I - II			I - III		
CLASSE	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	I	II	III	I	I - III
*****														
1-30							3.53	1.11	30					
31-60	7.93	1.93	6				3.47	.70	38					4.46 99%
61-90							3.32	1.07	29					
91-120	7.30	4.53	11	1.50	1.94	23	1.74	1.14	61	5.50	99%	-.24	99%	5.26 99%
121-150	2.40	1.68	7	.95	.35	2	.99	.92	34	1.45		-.04		1.41 98%
151-180	3.25	1.05	11	3.09	.83	27	1.56	.74	31	.16		1.53	99%	1.69 99%
181-210				3.47	1.00	18	1.53	.76	49			1.94	99%	
211-240	1.89	.83	7	1.57	1.12	3	2.94	.63	20	.32		-1.37	96%	-1.05 99%
241-270	3.63	2.34	11	3.12	1.98	9	2.73	.53	40	.51		.39		.90
271-300							3.39	1.09	36					
301-330	5.53	1.69	3	6.90	1.29	15	2.70	.91	24	-1.36		4.11	99%	2.75 99%
331-360							3.30	.93	53					
*****														

cependant tous du même signe avec dans l'ordre décroissant les concentrations au Sud, Centre et Nord Cotentin. Les différences entre le Centre et le Nord-Cotentin sont toutefois, bien que significatives, assez faibles.

Dans l'ensemble, on peut donc observer des teneurs en sels azotés plus fortes au Sud qu'au Nord en période hivernale, traduisant l'effet des apports telluriques et l'utilisation importante d'engrais azotés. La zone Nord est constamment pauvre en été alors que, pour les deux autres zones, des fluctuations importantes peuvent apparaître en été.

#### II.3.4 - Phosphate (figure II.7)

Le phosphate suit approximativement l'évolution du nitrate : appauvrissement en été et régénération automnale. Il est intéressant de noter qu'en fin de régénération les deux zones Sud présentent le même rapport Azote/Phosphore de 17 tandis qu'au Nord-Cotentin ce rapport est plutôt de 15. Les diagrammes de distance sont identiques pour  $\text{NO}_3$  et  $\text{PO}_4$  jusqu'au mois de mai. Le phosphate est à des niveaux de concentration stables et faibles sur l'ensemble du golfe en été. Par contre, en septembre, le Sud est plus riche que les deux autres zones.

#### II.3.5 - Silicates (figure II.8)

Les silicates sont des sels qui participent à la croissance d'un seul type d'algues, les diatomées, et leur régénération n'est pas aussi rapide que celle des matières azotées et phosphorées. Bien que l'on puisse constater un appauvrissement estival, ce sel n'atteint jamais des concentrations que l'on pourrait considérer limitantes.

Le site Sud-Cotentin est généralement plus riche que le Nord-cotentin, à l'exception du mois d'août où la différence peut traduire une assimilation spécifique. Les deux périodes de différences maxima sont reliées aux fortes précipitations du printemps et du mois de novembre et donc le gradient Sud-Nord est principalement lié à l'apport tellurique.

#### II.3.6 - Chlorophylle (figure II.9)

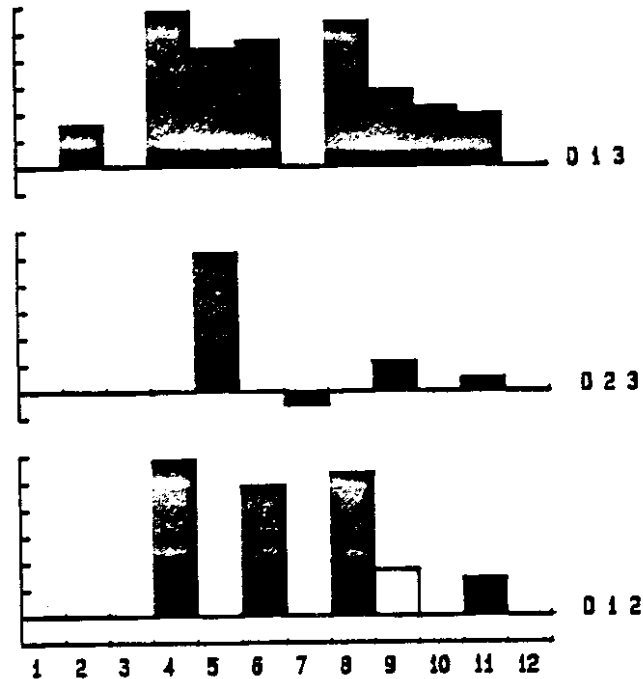
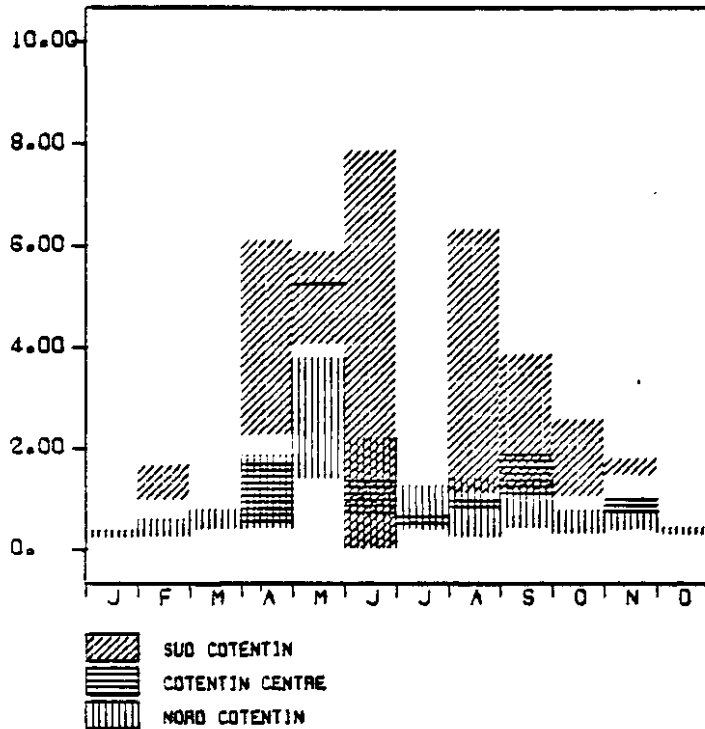
L'évolution du pigment chlorophyllien aux trois zones fait ressortir nettement la zone Sud-Cotentin. On note :

- entre le Sud et le Nord (D1-3), 8 classes pour lesquelles les distances sont significativement différentes à plus de 98 % dans l'intervalle 0.8 - 2.9  $\mu\text{g}/\text{l}$ .

- entre le Sud et le Centre (D1-2), 5 classes sur 6 présentant des distances significativement différentes à plus de 93 %. Ces deux zones n'évoluent similairement qu'au mois de mai, période de stabilité dans la composition floristique où prédomine l'espèce Rhizosolenia fragilissima tandis qu'au Nord est présente l'espèce Rhizosolenia delicatula. Si l'on tient compte des caractéristiques morphologiques de ces deux espèces, on peut supposer que Rhizosolenia fragilissima possède un *preferendum* d'eau moins salée.

C H L O R O P H Y L L E (UG/L)

Fig II 9

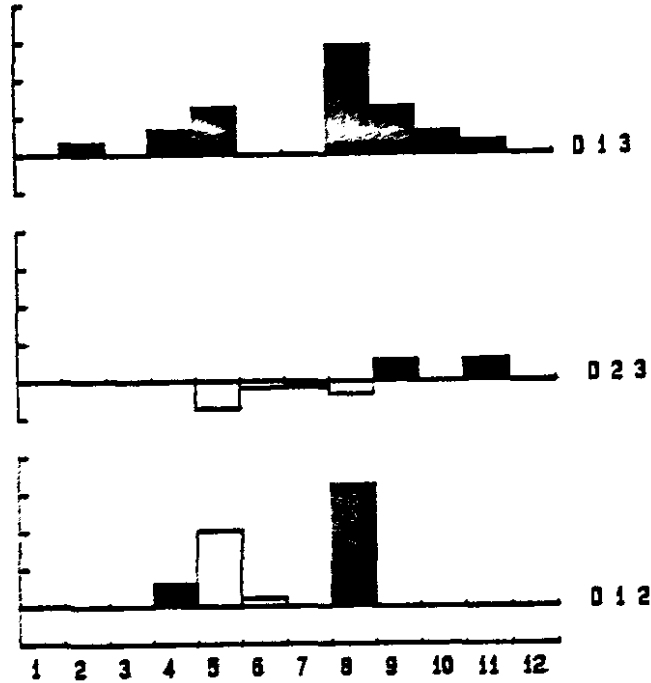
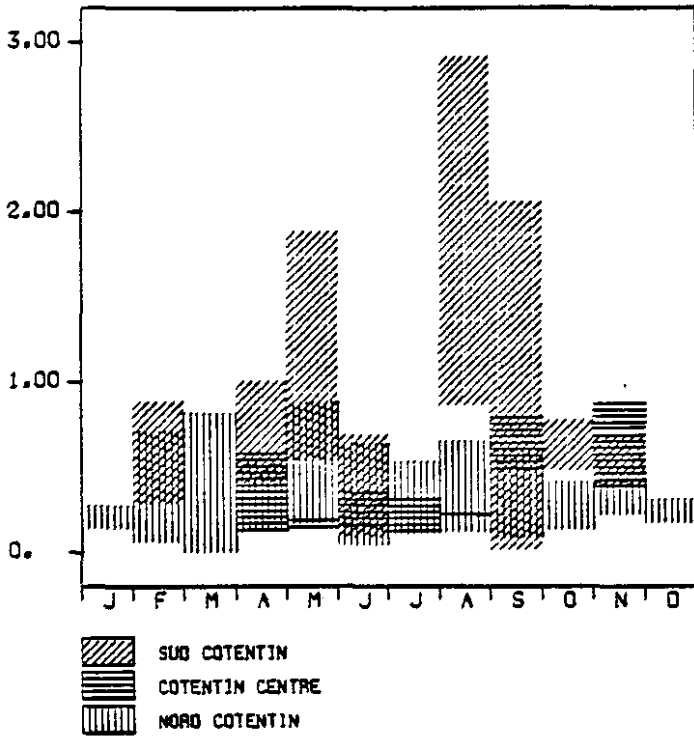


1 Grad. = 0.5ug/1 Chl.

CLASSE	SUD COTENTIN			COTENTIN CENTRE			NORD COTENTIN			DISTANCES			SECURITE		
	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	I - II	II - III	I	I - III		
1-30							.30	.06	31			I			
31-60	1.22	.28	6				.42	.16	38			I		.81 99%	
61-90							.58	.19	29			I			
91-120	4.04	1.89	11	1.09	.59	23	1.11	.73	62	2.95	99%	I	-.03	I 2.93 99%	
121-150	4.00	.91	7	5.10	.04	2	2.56	1.19	70	-.38		I	2.64	98% I 2.24 99%	
151-180	3.40	4.21	11	1.02	.32	27	1.10	1.00	31	2.46	97%	I	-.07	I 2.39 98%	
181-210				.53	.11	18	.81	.43	53			I	-.28	99% I	
211-240	3.56	2.58	7	.06	.10	3	.82	.57	37	2.71	98%	I	.04	I 2.74 99%	
241-270	2.35	1.32	11	1.40	.38	9	.90	.47	37	.87	93%	I	.59	99% I 1.46 99%	
271-300	1.69	.70	6				.54	.22	35			I		I 1.15 99%	
301-330	1.54	.10	3	.03	.16	15	.56	.18	24	.72	99%	I	.27	99% I .99 99%	
331-360							.36	.05	54			I		I	

P H A E O P I G M E N T S (UG/L)

Fig II 10

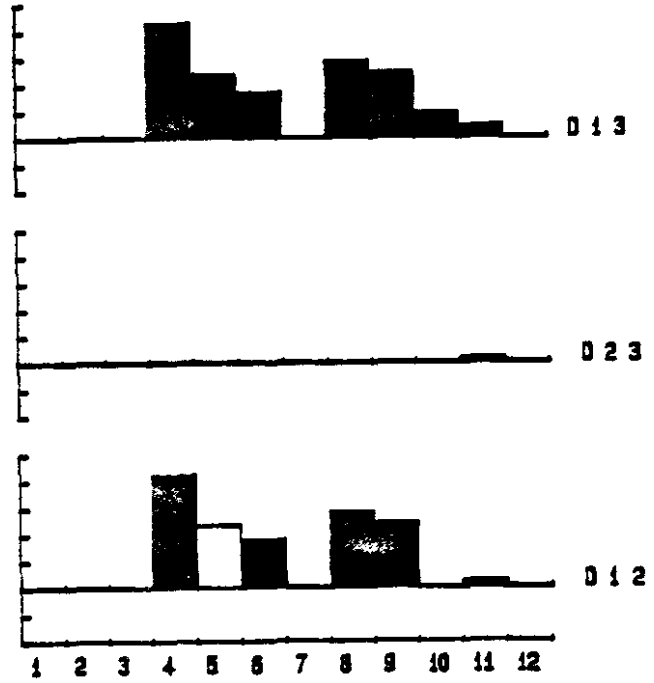
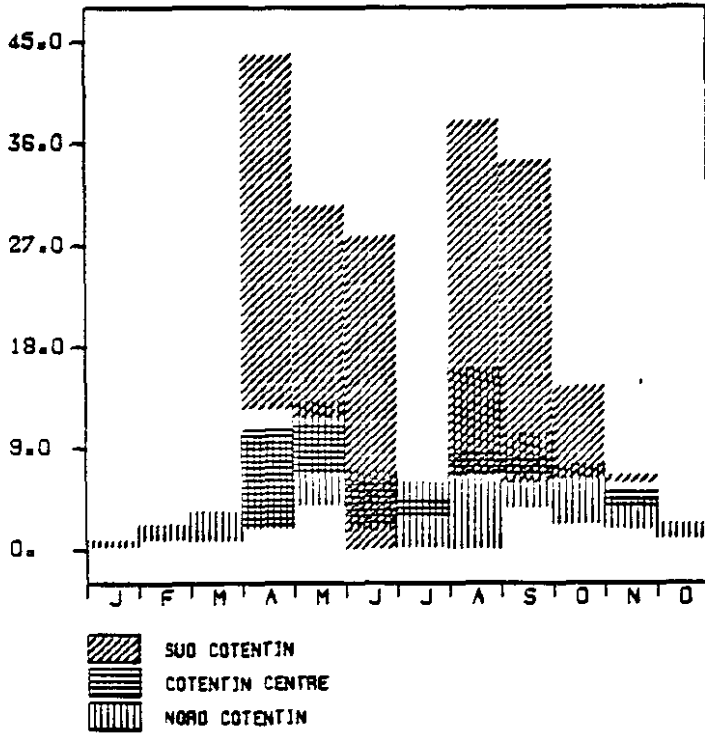


1 Grad. = 0.5ug/1 Pha

CLASSE	SUB COTENTIN			COTENTIN CENTRE			NORD COTENTIN			DISTANCES			SECURITE	
	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	I - II	I II - III	I	I - III	
1-30							.21	.87	31					
31-60	.54	.28	6				.38	.32	38				.18 96%	
61-90							.48	.41	38					
91-120	.68	.28	11	.36	.23	23	.32	.28	62	.32	99%	.84	.36 99%	
121-150	1.18	.66	7	.16	.83	2	.52	.36	78	1.82	94%	-.36	.66 99%	
151-180	.36	.28	11	.25	.18	27	.34	.38	31	.11	98%	-.89	.82	
181-210				.21	.18	18	.32	.21	68			-.11	99%	
211-240	1.87	1.88	7	.22	.81	3	.38	.27	48	1.65	98%	-.17	1.48 99%	
241-270	1.88	1.81	11	.63	.16	9	.35	.26	37	.37		.29	.66 99%	
271-300	.68	.14	6				.27	.14	34				.33 99%	
301-330	.51	.13	3	.62	.26	15	.32	.18	24	-.18		.38	.19 97%	
331-360							.24	.87	54					

PRODUCTION PRIMAIRE (MG C/M\*\*3\*H)

Fig II 11



1 Grad. = 5 mgC/ (m\*\*3) \*h

CLASSE	SUD COTENTIN		COTENTIN CENTRE		NORD COTENTIN		DISTANCES			SECURITE					
	MOYENNE	ECART-T	MOYENNE	ECART-T	MOYENNE	ECART-T	I - II	I	II - III	I	I - ICI				
1-30															
31-60															
61-90															
91-120	27.71	15.47	11	6.31	4.27	23	6.00	4.16	24	21.40	99%	.31		21.71	99%
121-150	20.53	9.26	7	8.84	2.07	2	8.51	4.62	30	11.69	94%	.33		12.02	99%
151-180	13.01	14.08	11	3.81	1.95	27	4.27	2.65	12	9.20	99%	-0.46		8.74	97%
181-210				3.60	.61	18	3.01	2.86	33			.59			
211-240	21.65	15.69	7	7.32	1.10	3	7.10	8.93	15	14.33	98%	.22		14.55	99%
241-270	19.55	14.19	8	7.27	.61	4	6.97	3.28	12	12.28	95%	.31		12.59	99%
271-300	9.78	4.01	6				4.82	2.60	12					4.96	95%
301-330	5.59	.34	3	4.22	.80	15	3.17	1.38	12	1.36	98%	1.06	97%	2.42	97%
331-360							1.59	.62	12						

Les distances sont en majorité positives, sauf une (D2-3) en juillet. La population algale de la zone Cotentin-Centre se compose de cellules à faible volume cytoplasmique (74 % de Chaetoceros perpusillum) par rapport au Nord où prolifèrent des cellules plus riches en chlorophylle comme Rhizosolenia delicatula.

### II.3.7 - Phaeopigments (figure II.10)

Les trois zones sont distinctes et significativement différentes. Les distances sont toutes positives entre la zone Sud et les zones Centre et Nord. Cette différence peut s'expliquer par celle notée en chlorophylle. (Les phaeopigments correspondent à la dégradation de la chlorophylle). Les différences entre Cotentin-Centre et Nord-Cotentin sont, bien que significatives, assez faibles et négatives durant la période printemps-été (période de multiplication cellulaire).

### II.3.8 - Production primaire (figure II.11)

Dans l'ensemble, les variations saisonnières de la production primaire suivent celles de la chlorophylle précédemment décrites, avec une productivité printanière (avril-mai) et une productivité estivale (août-septembre), et des valeurs distinctes au Sud et au Centre-Nord. Toutes les distances (D1-2) et (D1-3) sont positives et ont un seuil de signification supérieur à 94 %. Les zones Cotentin-Centre et Nord-Cotentin différenciées par leurs valeurs chlorophylliennes et microplanctoniques, sont par contre confondues par leurs valeurs de productivité (une seule distance est significative en novembre). L'amplitude des variations de la production primaire est bien entendu plus importante que celle des paramètres chlorophylle et microplancton, puisqu'elle est liée à la fois à l'état physiologique des cellules et à la composition spécifique des échantillons (cellules en chaîne, cellules de volume différent : les petites cellules ont en général une production plus élevée). Il est donc primordial de faire intervenir la composition taxonomique des populations pour expliquer les variations quantitatives.

### II.3.9 - Microplancton (figure II.12)

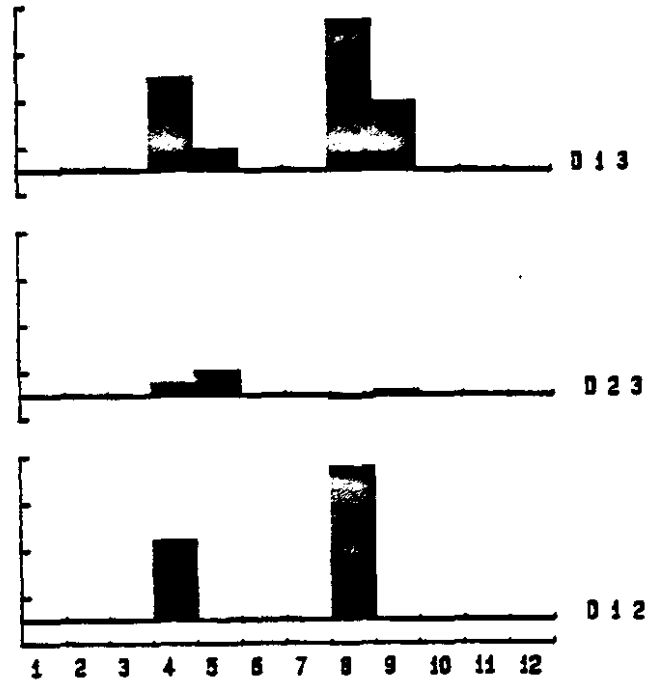
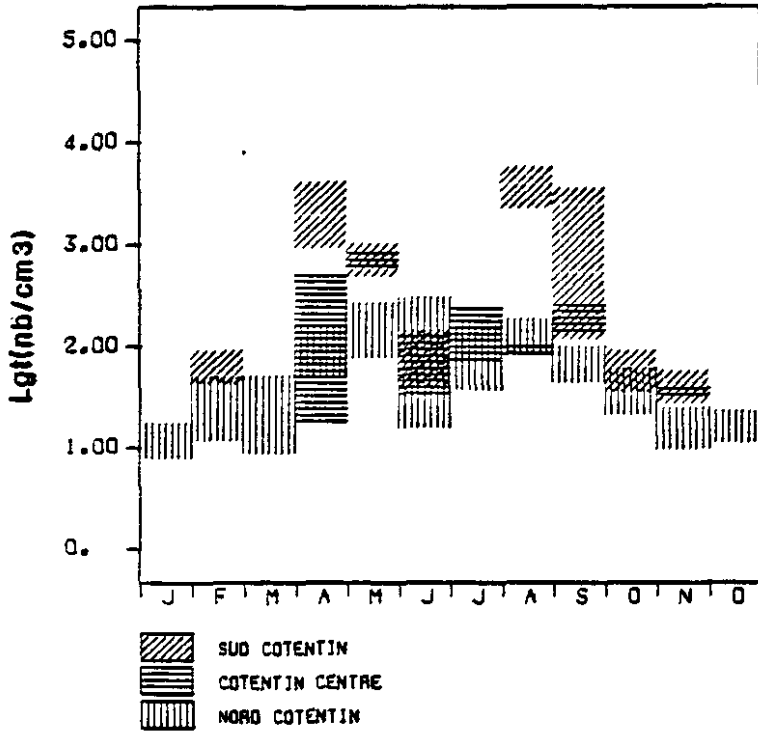
La zone Sud-Cotentin se distingue de la zone Centre et de la zone Nord par ses valeurs microplanctoniques très élevées. Les distances entre les moyennes (D1-2) et (D1-3), les plus élevées (comprises entre 1476 et 3267 cell./ml) se remarquent en avril, en août et en septembre, périodes de prolifération algale au cours desquelles la multiplication cellulaire est importante. La zone Sud se caractérise par l'abondance de petites cellules (Leptocylindrus minimum) à forte productivité (cf. production primaire).

La gradation Sud-Nord est la plus significative, une seule distance entre les moyennes a un seuil de signification inférieur à 85 %. Lorsque l'on suit l'évolution des distances entre la zone Sud et la zone Nord on s'aperçoit que le microplancton atteint des valeurs 100 fois plus élevées en période d'expansion floristique (avril, août et septembre) qu'en période hivernale.

Pour discerner l'importance relative des petites cellules par rapport aux cellules plus volumineuses, un regroupement arbitraire a été effectué.

M I C R O P L A N C T O N (NB/CM\*\*3)

Fig II 12

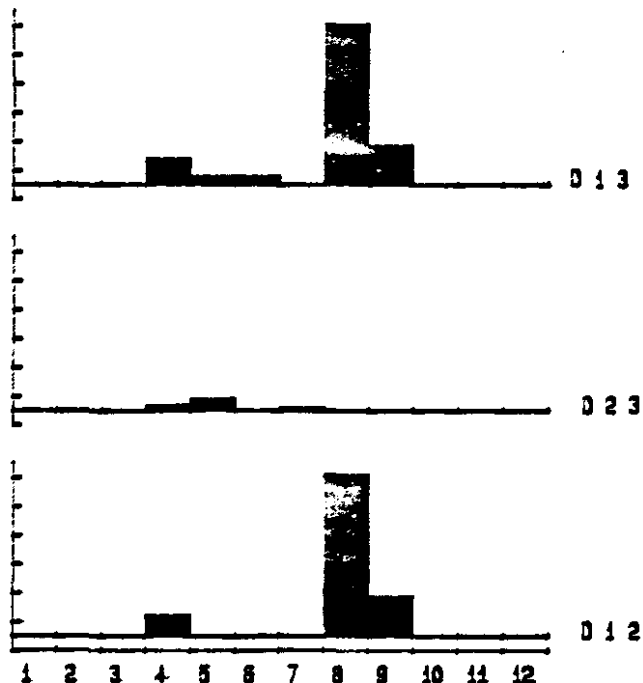
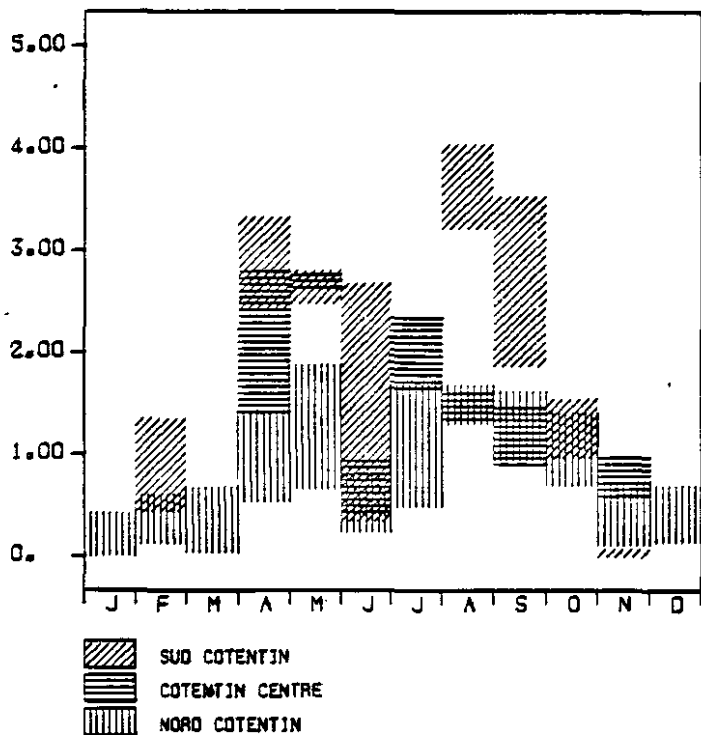


1 Grad. = 1000cell./ml Microphyto.

CLASSE	SUD COTENTIN			COTENTIN CENTRE			NORD COTENTIN			DISTANCES			SECURITE	
	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	I - II	II - III	I	I - III	
1-30							11	5	27					
31-60	55	18	6				29	27	30				25 99%	
61-90							31	43	29					
91-120	2108	1469	11	366	554	21	95	49	58	1742	99%	270	97% 2012 99%	
121-150	628	254	7	697	102	2	159	69	66	-69		538	99% 468 99%	
151-180	74	52	9	74	56	9	163	196	23	0		-89	-89	
181-210				143	104	6	97	62	62			46		
211-240	3350	1525	7	82	12	3	128	61	33	3267	98%	-45	92% 3222 99%	
241-270	1542	1782	11	182	60	7	66	27	35	1360		115	99% 1476 99%	
271-300	51	18	6				37	20	29				13 87%	
301-330	33	10	3	31	4	5	15	7	24	1		16	99% 17 98%	
331-360							15	5	38					

REGROUPEMENT D'ESPECES PHYTOPLANCTONIQUES (GR.1) NB/ML

Fig II 13



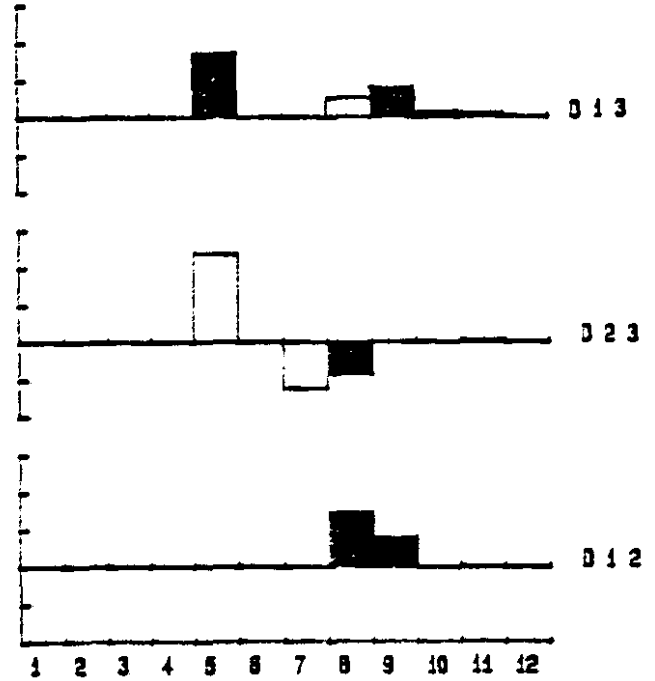
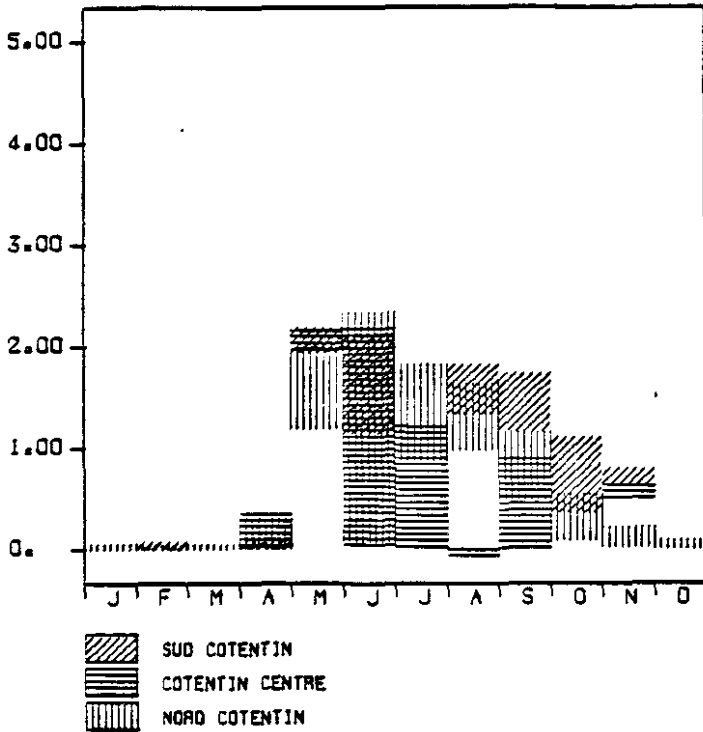
1 Grad. = 1000 Cell. Groupe

CLASSE	SUD COTENTIN		COTENTIN CENTRE		NORD COTENTIN		DISTANCES		SECURITE	
	MOYENNE	ECART-T	MOYENNE	ECART-T	MOYENNE	ECART-T	I - II	I II - III	I I - III	
1-30					1.	1.	42			
31-60	9.	6.	6		2.	1.	46		7.	98%
61-90					2.	3.	38			
91-120	980.	1800.	11	230.	184.	8	14.	17.	65	750. 95%
121-150	389.	145.	7	488.	74.	2	35.	33.	93	-99. ---
151-180	327.	615.	9	4.	2.	11	3.	2.	31	323. ---
181-210				144.	82.	2	26.	39.	83	
211-240	5674.	7101.	7	29.	10.	3	32.	15.	39	5645. 98%
241-270	1462.	1776.	11	17.	13.	7	23.	15.	54	1445. 99%
271-300	10.	10.	6				14.	12.	36	
301-330	0.	0.	3	5.	3.	2	3.	4.	35	-5. ---
331-360							2.	2.	59	



REGROUPEMENT D'ESPECES PHYTOPLANCTONIQUES (GR.2) NB/ML

Fig II 14

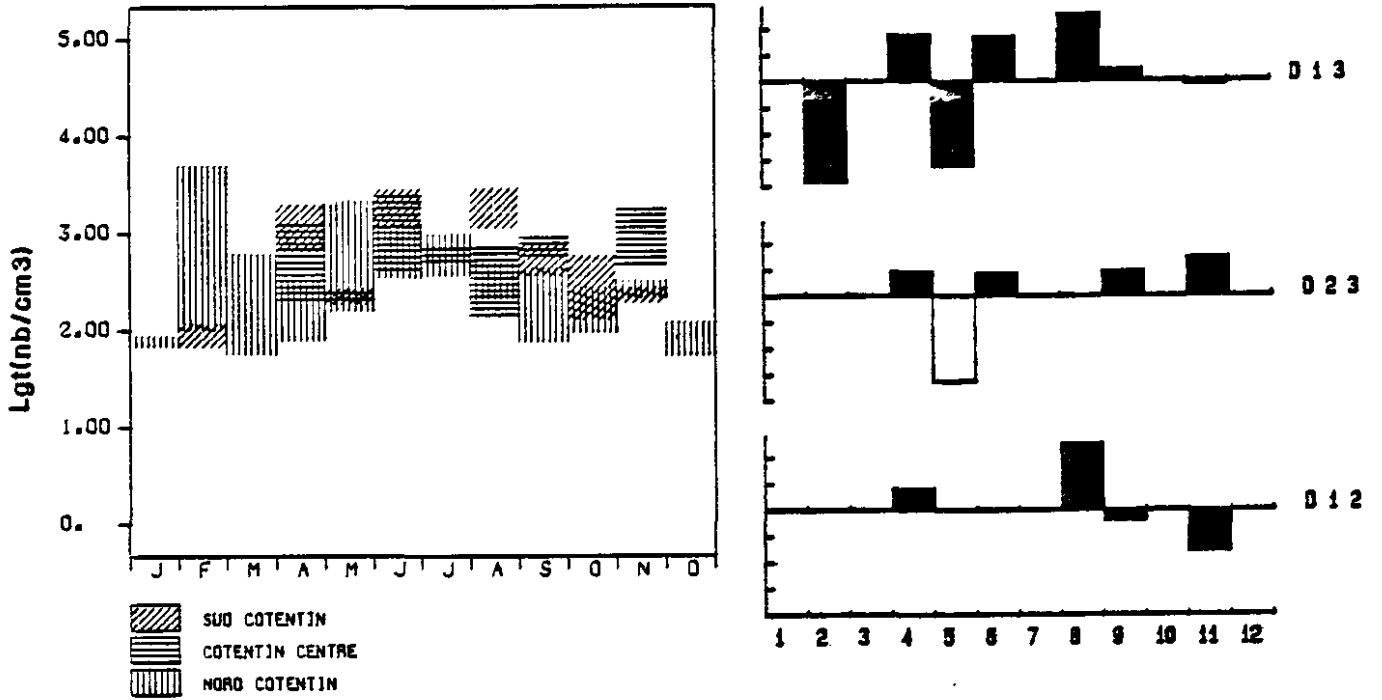


1 Grad. = 25 Cell. Groupe 2

CLASSE	SUD COTENTIN I			COTENTIN CENTRE II			NORD COTENTIN III			DISTANCES			SECURITE				
	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	I - II	I II - III	I	I - III				
1-30							0.	0.	42			I					
31-60	0.	0.	6				0.	0.	46			I		0.	99%		
61-90							0.	0.	38			I					
91-120	0.	0.	11	1.	1.	8	0.	1.	65	-1.	92%	I	0.	98%	I	0.	99%
121-150	99.	28.	7	114.	25.	2	55.	47.	93	-15.		I	59.	89%	I	44.	99%
151-180	63.	73.	9	68.	87.	11	124.	179.	31	-5.		I	-56.		I	-61.	
181-210				5.	6.	2	36.	40.	83			I	-31.	94%	I		
211-240	37.	18.	7	0.	0.	3	23.	13.	39	37.	98%	I	-23.	99%	I	13.	98%
241-270	28.	17.	11	7.	19.	7	7.	5.	54	21.	99%	I	0.	99%	I	21.	99%
271-300	5.	4.	6				1.	2.	36			I			I	4.	98%
301-330	4.	1.	3	3.	1.	2	0.	0.	35	1.		I	2.	98%	I	3.	99%
331-360							0.	0.	59			I			I		

N A N O P L A N C T O N (NB/CM\*\*3)

Fig II 15



1 Grad. = 500cell./ml Nanplancton

*****														
SUD COTENTIN			COTENTIN CENTRE			NORD COTENTIN			DISTANCES			SECURITE		
CLASSE	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	M	I - II	I	II - III	I	I - III
*****														
1-30							75	9	6		I		I	
31-60	75	21	5				2929	2138	10		I		I	-1944 97%
61-90							277	192	13		I		I	
91-120	1104	482	11	677	493	21	194	111	28	426	96%	I	482	99% I 909 99%
121-150	290	26	6	215	26	2	1845	3773	33	-15	I	-1629	95%	I -1645 99%
151-180	1688	777	9	1261	761	17	814	889	23	427	I	446	97%	I 873 99%
181-210				585	81	6	672	427	44		I	-86	I	
211-240	1643	686	7	363	218	3	337	156	15	1279	98%	I	26	I 1385 99%
241-270	486	143	11	715	185	7	244	181	22	-229	99%	I	471	99% I 242 99%
271-300	287	187	6				180	182	16		I		I	186
301-330	291	26	3	1018	461	5	264	58	6	-817	96%	I	753	99% I -63 95%
331-360							83	28	19		I		I	
*****														

Ont été prises en compte les cellules dominantes (annexe II.2) des différentes zones, soupçonnées responsables de la productivité phytoplanctonique.

Le groupe 1 (figure II.13) correspond à l'association de "petites" cellules (rapport surface / volume élevé) : Chaetoceros curvisetum, Chaetoceros sociale, Chaetoceros perpusillum, Skeletonema costatum, Leptocylindrus minimum et Rhizosolenia fragilissima.

Le groupe 2 (figure II.14) correspond à l'association de cellules dont le rapport moyen surface / volume est plus faible : Rhizosolenia delicatula, Rhizosolenia stolterfothii, Rhizosolenia shrubsolei.

Ces regroupements tiennent compte des observations et des mesures biométriques acquises lors de la deuxième année d'étude de projet sur le site de Flamanville. Ces données nous ont permis de placer Rhizosolenia fragilissima dans le premier groupe puisque cette espèce s'est toujours présentée comme une espèce à faible volume cellulaire par rapport à Rhizosolenia delicatula.

Au vu des résultats, la zone Sud-Cotentin se distingue des deux autres zones, par sa richesse en petites cellules (groupe 1). Dans l'ensemble toutes les distances entre les moyennes (D 1-2) et (D 1-3) ont un seuil de signification supérieur à 98 %. Se remarquent nettement les mois d'août et de septembre (distances d'environ 1 400 et 5 600 cell./ml) qui correspondent à la prolifération de l'espèce Leptocylindrus minimum.

La gradation Nord-Sud remarquée qualitativement pour le groupe 2 (cellules plus volumineuses) est par contre moins nette quantitativement, puisque le Sud est toujours une zone où abonde le microplancton. On note cependant que les distances (D 1-2) et (D 1-3) sont beaucoup plus faibles que celles observées dans le groupe 1 (petites cellules).

### II.3.10 - Nanoplancton (figure II.15)

En moyenne, les deux maxima sont notés dans la zone Nord-Cotentin en fin d'hiver et au printemps (développement intensif de l'Haptophycée Phaeocystis sp. inclus dans le nanoplancton).

Les trois zones sont en majorité significativement différentes, positivement ou négativement ; les problèmes de dénombrement des microorganismes conduisent à des écarts-type élevés, qui ne permettent pas de définir précisément les variations saisonnières.

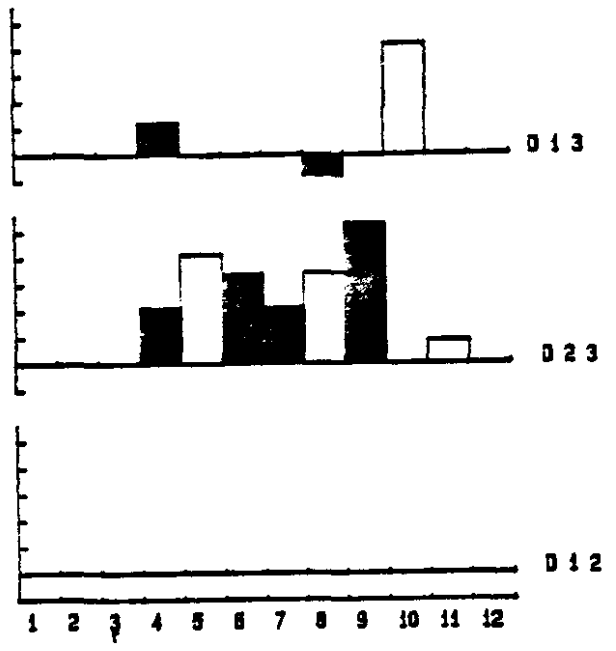
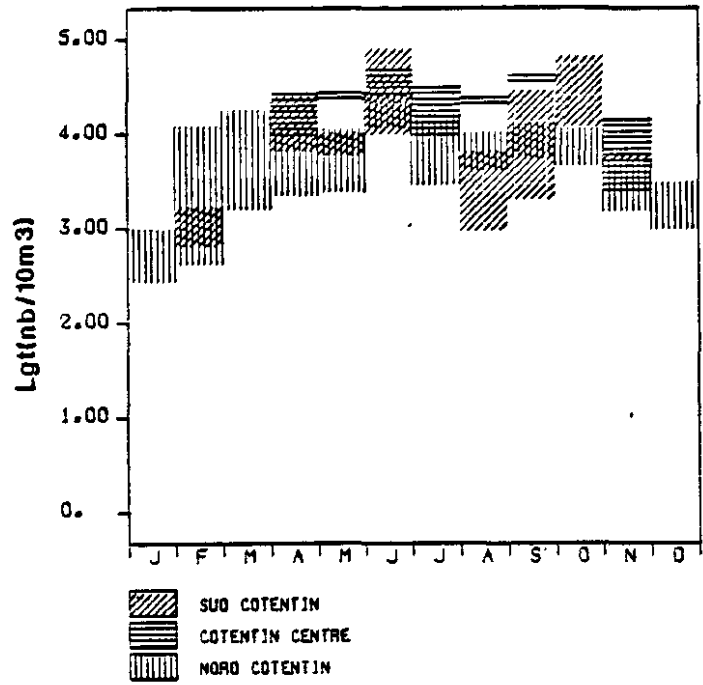
### II.3.11 - Zooplancton total (figure II.16)

Deux maxima annuels d'abondance apparaissent au cours du cycle saisonnier : le premier, en juin, est commun aux trois zones étudiées ; le second se situe en septembre-octobre, son amplitude est en général plus faible.

Globalement, nous ne pouvons pas distinguer le Cotentin-Centre du Cotentin-Sud (D1-2), ni différencier ce dernier du Nord-Cotentin, sauf en avril, août et octobre (D1-3). Par contre, la distinction entre les régions Centre et Nord est caractéristique (D2-3) : d'avril à septembre, c'est-à-dire pendant la plus grande partie de la période de production pélagique, l'abondance des populations du Cotentin-Centre est plus forte (35000 individus par 10 m<sup>3</sup>) que celle du Nord (18000 individus par 10 m<sup>3</sup>) lors du maximum du mois de juin.

TOTAL ZOOPLANCTONIQUE (NB/10M\*\*3)

Fig II 16

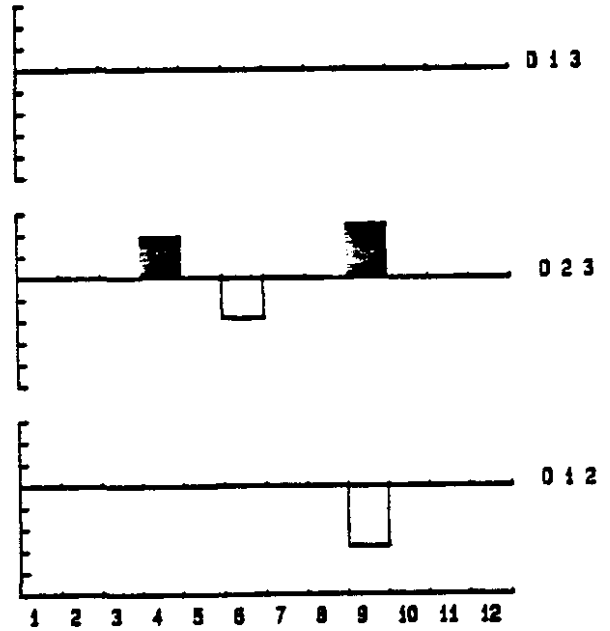
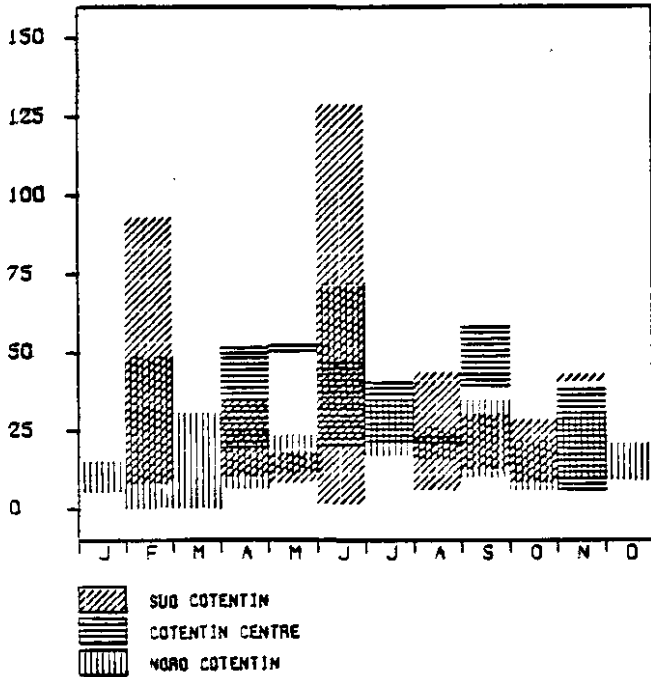


1 Grad. = 5000 ind./m\*\*3

CLASSE	SUD COTENTIN			COTENTIN CENTRE			NORD COTENTIN			DISTANCES			SECURITE	
	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	I - II	II - III	I	I - III	
1-30							578	221	11					
31-60	941	419	2				5566	5871	14				-4558	
61-90							8846	9172	11					
91-120	12880	7274	4	17500	8436	8	6622	7281	22	-4623	18080	99%	6259	96%
121-150	6845	1925	3	27120	0	1	6341	3566	26	-29300	28780	88%	473	
151-180	33970	22900	5	35540	14540	9	18380	7435	12	-1572	17160	99%	15580	
181-210				19930	13220	5	9158	6943	25		18780	97%		
211-240	2789	1898	3	24220	0	1	6991	2621	15	-21510	17230	85%	-4282	97%
241-270	13580	19130	4	33890	4873	3	8992	4719	16	-22310	26890	99%	4583	
271-300	28960	28930	2				7821	3606	13				21140	95%
301-330	5187	0	1	7592	5947	5	3195	1800	8	-2405	4397	87%	1992	
331-360							1943	1005	19					

B I O M A S S E    ZOOPLANCTONIQUE    (MG/M\*\*3)

Fig II 17



1 Grad. = 10 mg/m\*\*3

CLASSE	SUD COTENTIN			COTENTIN CENTRE			NORD COTENTIN			D I S T A N C E			
	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	I - II	I II - III	I I - III	I
1-30							9.99	4.82	7				
31-60	49.20	41.44	2				25.18	25.80	7				27.02
61-90							14.65	15.55	7				
91-120	21.50	11.51	4	34.91	16.64	9	15.44	9.53	10	-13.41	19.47	99%	6.06
121-150	11.80	3.99	3	52.20	.00	1	17.30	5.77	12	-40.40	34.90		-5.50
151-180	59.14	67.21	5	33.27	13.15	9	51.60	19.90	8	25.87	-18.41	92%	7.46
181-210				30.52	9.47	6	25.49	8.97	17		5.83		
211-240	23.17	17.74	3	22.60	.00	1	20.45	4.98	9	.57	2.15		2.72
241-270	19.45	8.17	4	47.40	10.26	3	21.96	12.24	10	-27.95	95%	25.44	98%
271-300	16.00	9.90	2				13.16	7.73	6				2.84
301-330	10.30	.00	1	21.14	16.53	5	19.96	10.32	4	19.16	1.10		20.34
331-360							14.53	5.84	6				

### II.3.12 - Biomasse zooplanctonique (figure II.17)

Pour l'ensemble du golfe, le maximum annuel est atteint en mai-juin avec 50 à 60 mg/m<sup>3</sup> de poids sec.

Les maxima en poids sec au Sud et au Nord-Cotentin correspondent au maximum en nombre d'individus total du zooplancton, ce qui tend à montrer que la période fortement productive se situe en juin pour ces deux zones.

Sur les 21 distances calculées, 19 sont non significatives : ceci tend à montrer une homogénéité des trois zones en ce paramètre.

### II.3.13 - Azote organique (figure II.18)

Le poids maximum d'azote est atteint en mai-juin avec une valeur moyenne de 6 à 8 mg/m<sup>3</sup> pour l'ensemble des trois régions étudiées.

Le test montre avec évidence que la zone Nord se différencie des deux autres par une plus forte production azotée (D1-3 et D2- ), la région Sud étant la plus pauvre (D1-2). L'azote organique, étant un meilleur discriminateur, permet donc des évaluations globales plus fines que la biomasse zooplanctonique.

### II.3.14 - Copépodes (figure II. 19)

Dans le Golfe Normano-Breton, les copépodes présentent leur premier maximum annuel d'abondance en juin avec 30000 individus par 10 m<sup>3</sup> dans le Centre-Cotentin et 15000 à 20000 individus par 10 m<sup>3</sup> dans les secteurs Nord et Sud. Un second maximum apparaît en septembre-octobre.

La région Sud du Cotentin ne se différencie de celle du Centre qu'au mois d'avril (D1-2) et de celle du Nord qu'en avril, août et septembre (D1-3).

Une plus grande abondance des copépodes dans le Cotentin-Centre, du mois d'avril au mois de septembre, marque la séparation avec le Nord-Cotentin (D2-3).

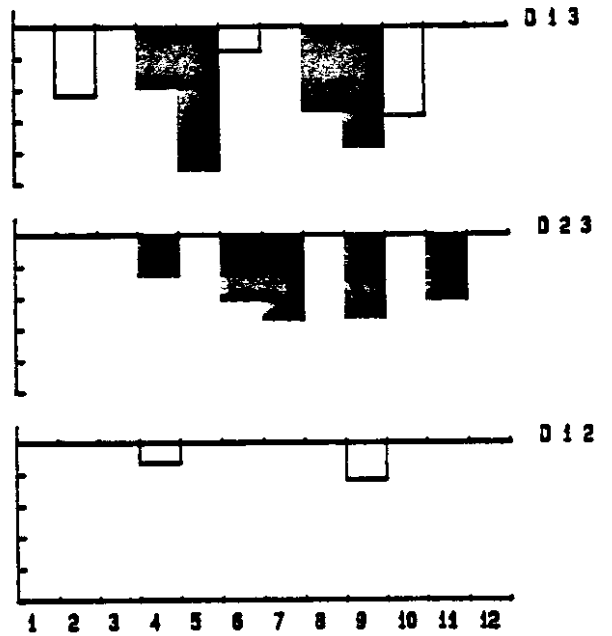
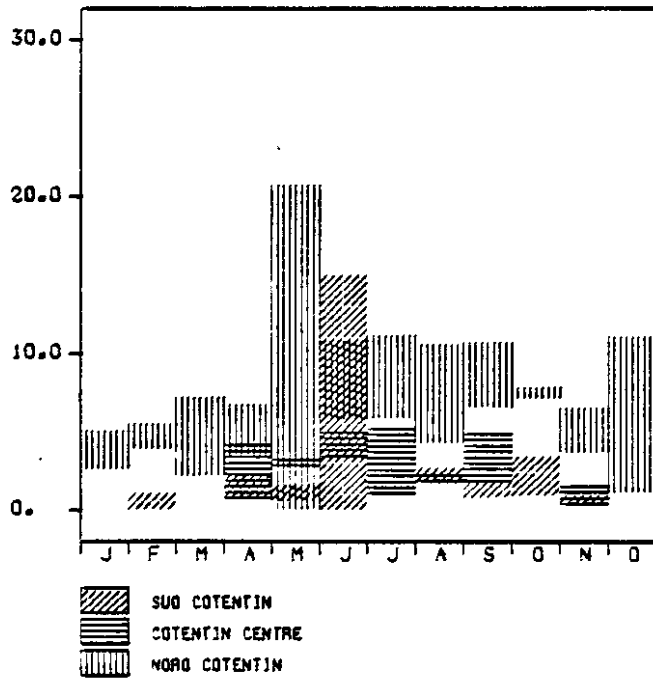
### II.3.15 - Larves de Brachyours (figure II.20)

Le maximum annuel d'abondance des Zoe de Brachyours est atteint en juin-juillet avec 200 à 300 individus par 10 m<sup>3</sup>.

Nous ne pouvons pas différencier les zones Centre et Sud-Cotentin sauf en septembre (D1-2), mais la région Nord s'en distingue par une inversion du gradient d'abondance autour du maximum annuel (D1-3 et D2-3). D'avril à juillet, le Nord-Cotentin se distingue des deux autres régions par sa faible abondance en larves de crabes, alors qu'après le mois de juillet, elle y est forte. La période de reproduction de différentes espèces de crabes pourrait-elle l'expliquer : printanière à l'intérieur du golfe, elle serait estivale au Nord.

A Z O T E    O R G A N I Q U E    ( M G / M \* \* 3 )

Fig II 18

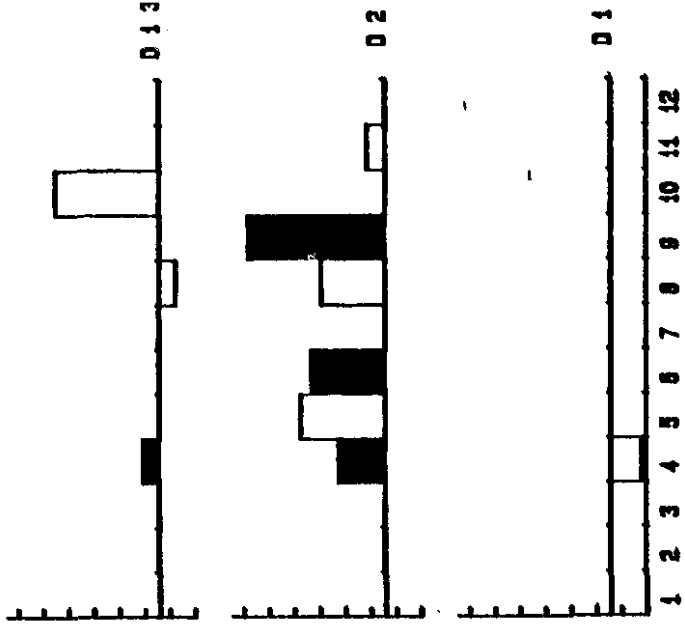
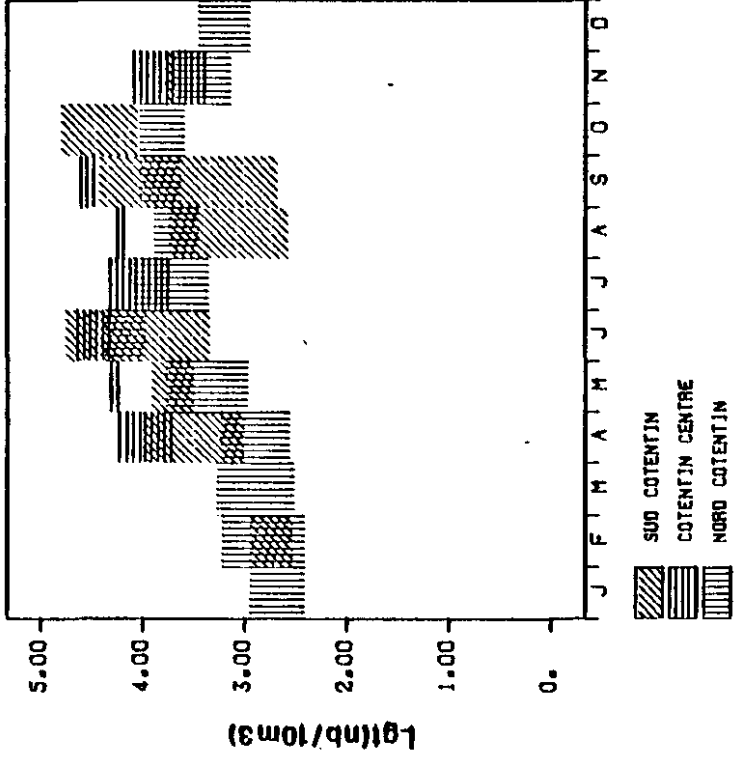


1 Grad. = 2 mg/m\*\*3

# CLASSE	# SUD COTENTIN		# COTENTIN CENTRE		# NORD COTENTIN		# D I S T A N C E								
	# MOYENNE	# ECART-T	# MOYENNE	# ECART-T	# MOYENNE	# ECART-T	# I - II	# I II - III	# I I - III	#					
1-30					3.81	1.20	4								
31-60	.30	.28	2		4.67	.77	5			-4.37	91%				
61-90					4.64	2.49	7								
91-120	1.10	.74	4	2.38	1.72	9	5.87	1.59	10	-1.28	92%	-2.69	99%	-3.97	99%
121-150	.80	.35	3	3.20	.80	1	9.97	10.74	13	-2.40		-6.77		-9.17	98%
151-180	6.70	7.83	5	4.80	.92	9	8.26	2.47	8	2.70		-4.26	99%	-1.56	87%
181-210				2.95	2.20	6	8.44	2.64	17			-5.49	99%		
211-240	1.90	.36	3	2.20	.80	1	7.37	3.13	8	-30		-5.17		-5.47	97%
241-270	.85	.48	4	3.23	1.40	3	8.58	2.88	8	-2.38	88%	-5.35	97%	-7.73	99%
271-300	1.75	1.20	2				7.43	.32	5					-5.66	91%
301-330	.50	.80	1	.82	.67	5	5.85	1.40	4	-32		-4.23	98%	-4.55	
331-360							5.86	4.94	6						

C O P E P O D E S (NB/10M\*\*3)

FIG II 19



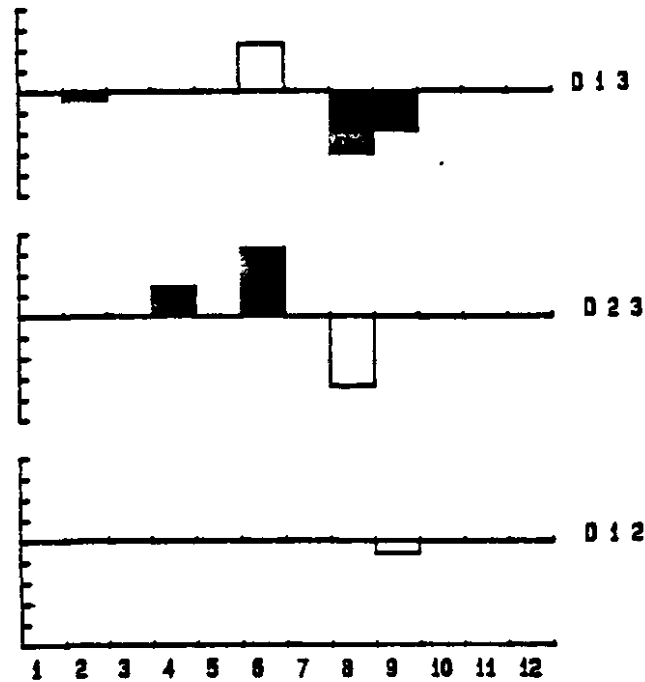
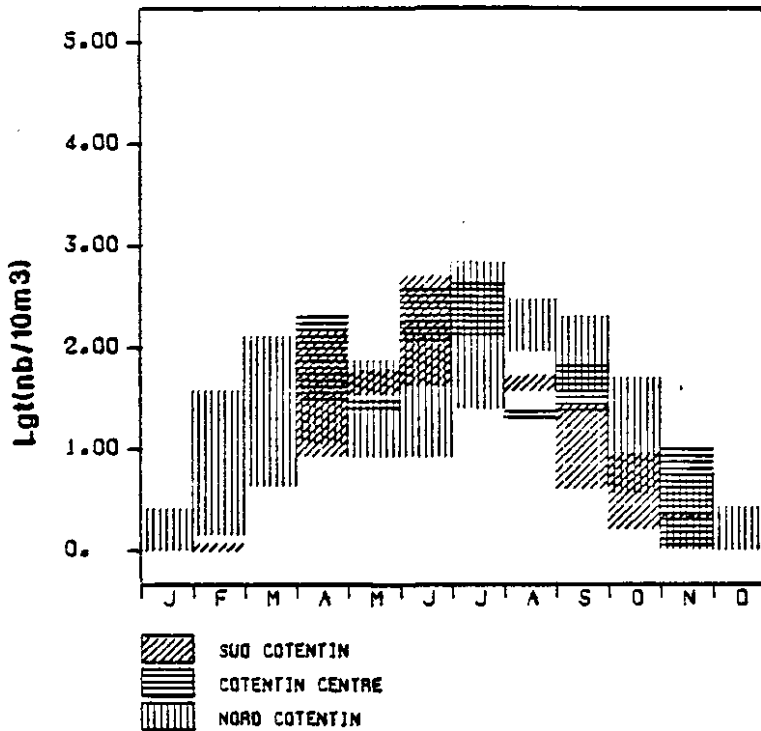
1 Grad. = 5000 IND/10m\*\*3

#	SUD COTENTIN		COTENTIN CENTRE		NORD COTENTIN		#	DISTANCES	SECURITE
	#	I	#	II	#	III			
#	MOYENNE ECART-T	N	MOYENNE ECART-T	N	MOYENNE ECART-T	N	I - II	II - III	I - III
1-30	---	---	---	---	---	---	---	---	---
31-60	511	292	---	---	---	---	---	---	423
61-90	---	---	---	---	---	---	---	---	---
91-120	4410	4998	10460	5781	0	1003	-6053	92%	9460 99%
121-150	4742	2143	19880	0	1	3191	-15130	---	16690 88%
151-180	19800	47700	30730	15810	9	45900	-10930	---	14830 99%
181-210	---	---	13170	11440	5	7277	---	---	5893
211-240	1875	1522	47800	0	1	5177	-15930	---	12630 85%
241-270	11860	19520	34610	5429	3	7384	-22730	---	27230 99%
271-300	27790	29030	---	---	---	7244	---	---	---
301-330	4947	0	6628	4909	5	2901	-1711	---	3648 87%
331-360	---	---	---	---	---	1838	---	---	---



L A R V E S B R A C H Y O U R E S (NB/10M\*\*3)

Fig II 20



1 Grad. = 50 IND./10 m\*\*3

CLASSE	SUD COTENTIN I			COTENTIN CENTRE II			NORD COTENTIN III			DISTANCES			SECURITE	
	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	I - II	I	II - III	I	I - III
1-30							0	1	11					
31-60	0	0	2				23	50	14					-23 97%
61-90							67	91	11					
91-120	56	61	4	108	89	8	32	23	22	-51		76	98%	24
121-150	39	0	3	20	0	1	33	25	26	11		-5		5
151-180	197	169	5	249	242	9	82	114	12	-52		167	99%	115 89%
181-210				264	130	5	321	426	25			-56		
211-240	36	6	3	22	0	1	190	132	15	14		-168	85%	-154 99%
241-270	11	11	4	41	23	3	110	73	16	-29	88%	-69		-99 99%
271-300	3	2	2				24	29	13					-21
301-330	1	0	1	4	5	5	2	4	8	-3		1		-1
331-360							0	1	19					

### II.3.16 - Larves d'Annélides (figure II.21)

Les larves d'annélides sont produites principalement à la fin de l'hiver et au début du printemps avec un maximum de 465 individus par 10 m<sup>3</sup> en avril, au fond du golfe.

Les régions Nord et Centre du Cotentin ne peuvent guère être distinguées qu'en mai et septembre (D2-3). En contre-partie, les distances (D1-2) et (D1-3) révèlent une plus grande abondance des annélides dans le Sud-Cotentin, surtout en avril, période pendant laquelle nous avons observé environ 500 individus par 10 m<sup>3</sup>, soit cinq fois plus que dans les deux autres régions.

### II.3.17 - Larves de mollusques (figure II.22)

Les larves de mollusques présentent un gradient d'abondance décroissant du Sud vers le Nord (D1-3, D2-3, D1-2). Elle atteint plus de 5000 individus par 10 m<sup>3</sup> dans le Sud-Cotentin au mois de juin. Elles sont en moyenne vingt fois moins abondantes au Nord que dans les deux autres régions et le maximum annuel d'abondance y est atteint plus tardivement. On est en droit de penser que les pics d'abondance du printemps et de l'été correspondent à des larves différentes. En effet, le printemps est favorable à la reproduction des principaux bivalves, tandis qu'en été, on note une forte augmentation des larves de crépidules (cf. chapitre I).

### II.3.18 - Oikopleura dioica (figure II.23)

Deux maxima annuels d'abondance apparaissent d'avril à octobre sur l'ensemble du golfe. Un laps de temps plus important au Sud qu'au Nord sépare ces deux maxima et les variations d'amplitude sont plus fortes au Sud.

La plus forte production d'Oikopleura dioica, d'avril à juin, correspond au maximum annuel de production phytoplanctonique qui favorise non seulement la production, mais aussi le développement des populations de ce filtreur herbivore. Elle est plus précoce au Sud.

La comparaison des différentes zones montre que le Cotentin-Centre se différencie des deux autres régions par sa plus grande abondance en Oikopleura dioica (D2-3 et D1-2), avec un maximum d'environ 4000 individus par 10 m<sup>3</sup> en mai.

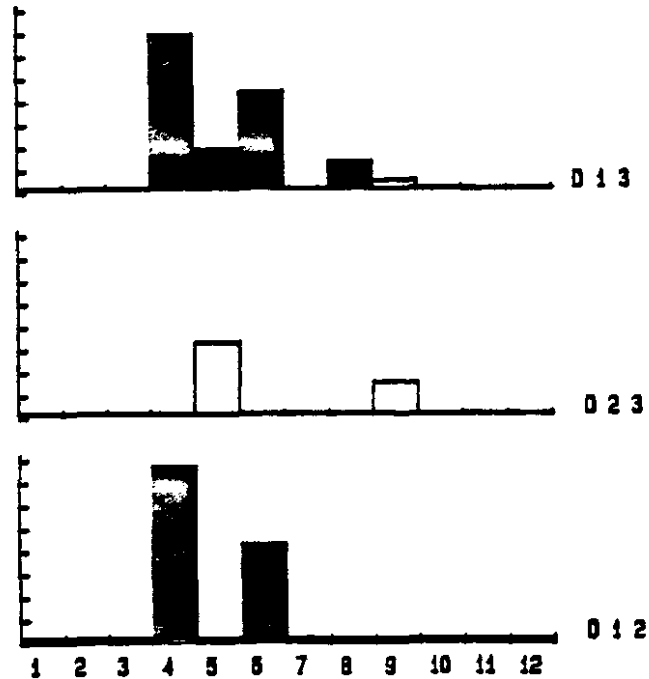
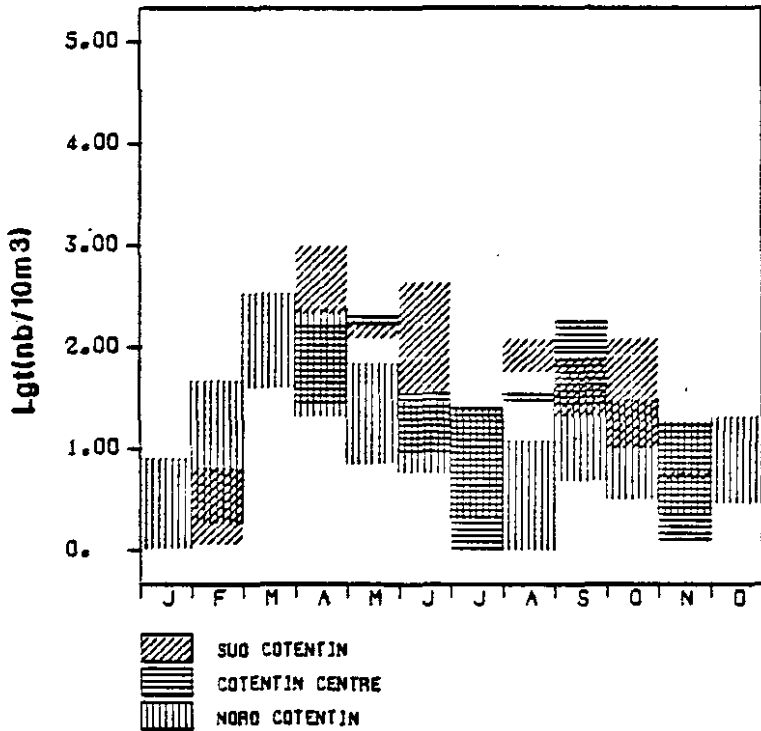
### II.3.19 - Oeufs de poissons (figure II.24)

Le maximum annuel d'abondance, 15 à 73 individus par 10 m<sup>3</sup> selon la zone étudiée, se situe entre les mois de mars et de mai pour l'ensemble du golfe.

Dès le mois d'août, il n'y a plus de production d'oeufs dans les zones Sud et centre Cotentin, alors qu'elle se poursuit jusqu'en septembre dans la région Nord.

L A R V E S   A N N E L I D E S   ( N B / 1 0 M \* \* 3 )

Fig II 21



1 Grad. = 50 Annel./10m\*\*3

CLASSE	SUD COTENTIN			COTENTIN CENTRE			NORD COTENTIN			DISTANCES			SECURITE	
	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	I - II	II - III	I	I - III	
1-30							3	5	11			I	I	
31-60	1	2	2				24	41	14			I	I -23	
61-90							156	119	11			I	I	
91-120	465	222	4	86	66	8	125	148	22	379	98%	I	-39 I 340 98%	
121-150	126	24	3	194	0	1	36	41	26	-68		I	157 88% I 89 98%	
151-180	230	372	5	18	9	9	14	10	12	241	99%	I	3 I 215 99%	
181-210				11	16	5	11	12	25			I	I	
211-240	70	25	3	33	0	1	6	13	15	37		I	26 I 63 99%	
241-270	41	34	4	92	94	3	22	27	16	-51		I	69 95% I 18 98%	
271-300	40	44	2				13	10	13			I	I	
301-330	4	0	1	6	5	5	8	9	8	-2		I	-2 I -4	
331-360							9	8	19			I	I	

CLASSE	MOYENNE ECART-I	MOYENNE ECART-II	MOYENNE ECART-III	SECURITE
1-30	9	11	11	I
31-60	6	2	38	I -25
61-90	89	74	11	I
91-120	2118	3544	1860	I 1802 99% I 2860 99% I
121-150	376	125	857	I 793 86% I 312 99% I
151-180	6400	5157	1633	I 1573 99% I 6339 99% I
181-210	---	---	3189	I 3859 99% I
211-240	141	167	189	I 40
241-270	577	716	417	I 254
271-300	288	185	2	I
301-330	85	8	1	I 67 98% I 65
331-360	---	---	---	I

1 Grad. = 1000 IND./10m\*3

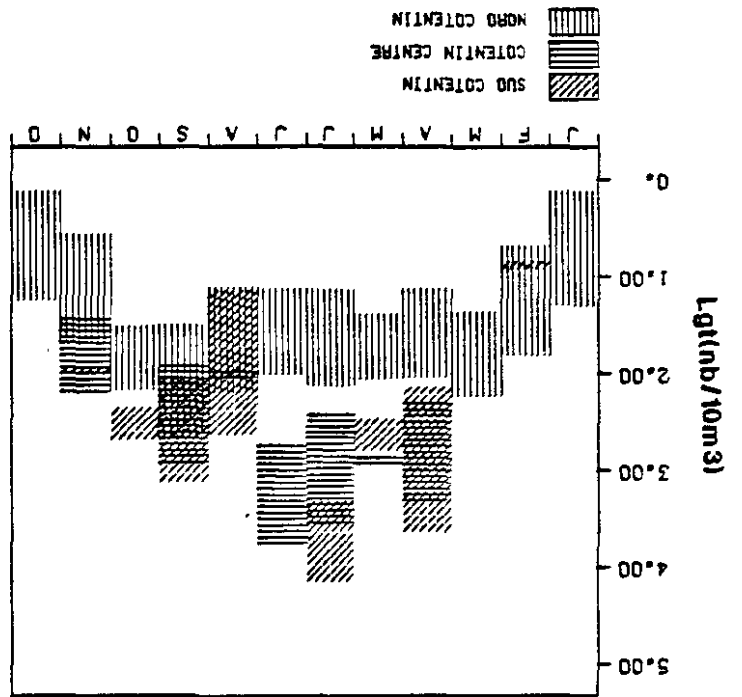
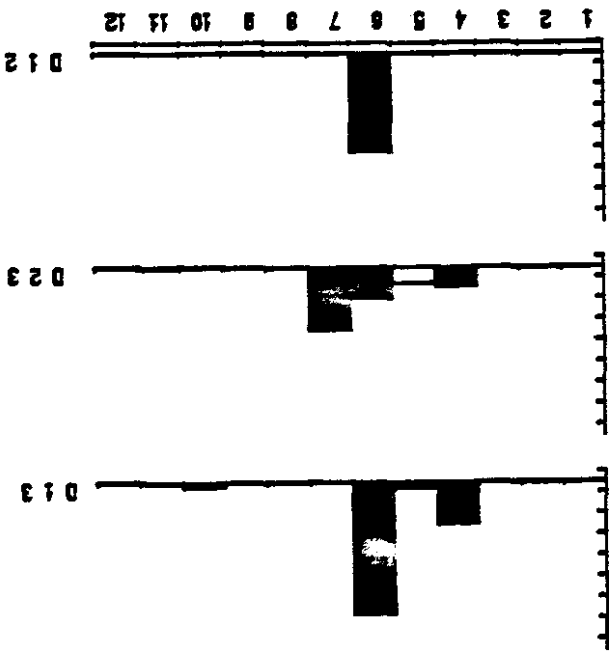
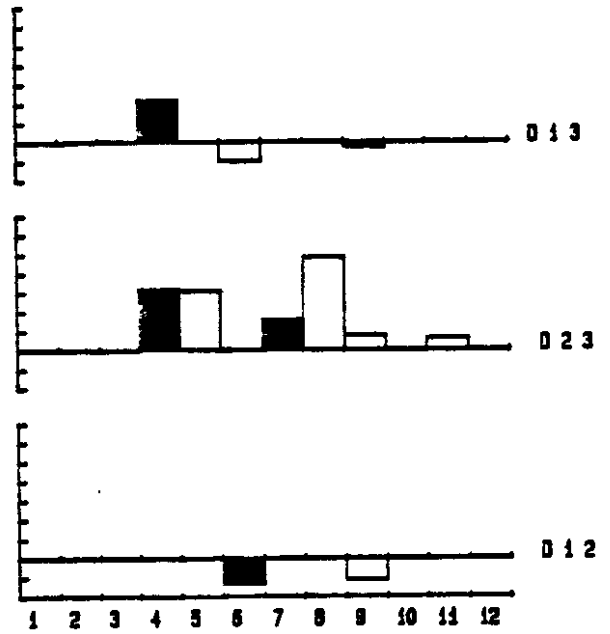
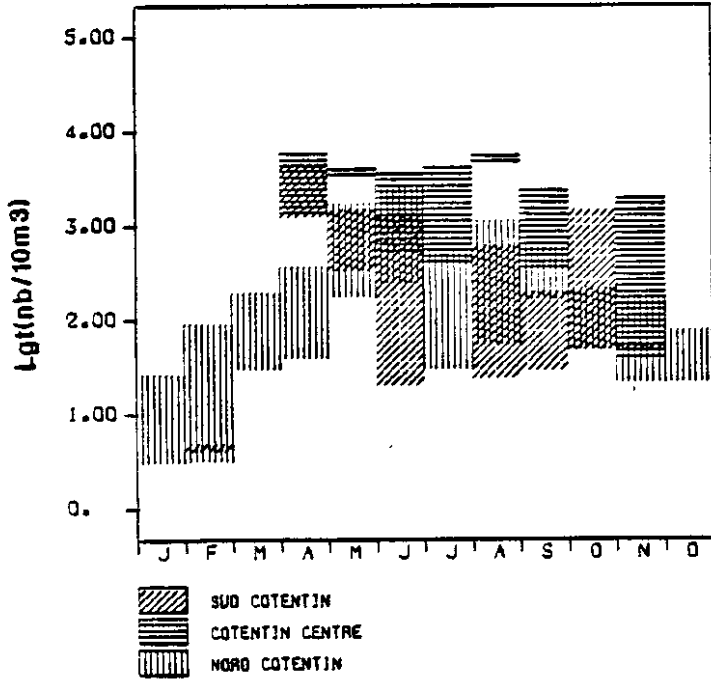


Fig II 22

L A R V E S M O L L U S Q U E S ( N B / 1 0 M \* 3 )

O I K O P L E U R A      D I O I C A      (NB/10M\*\*3)

Fig II 23

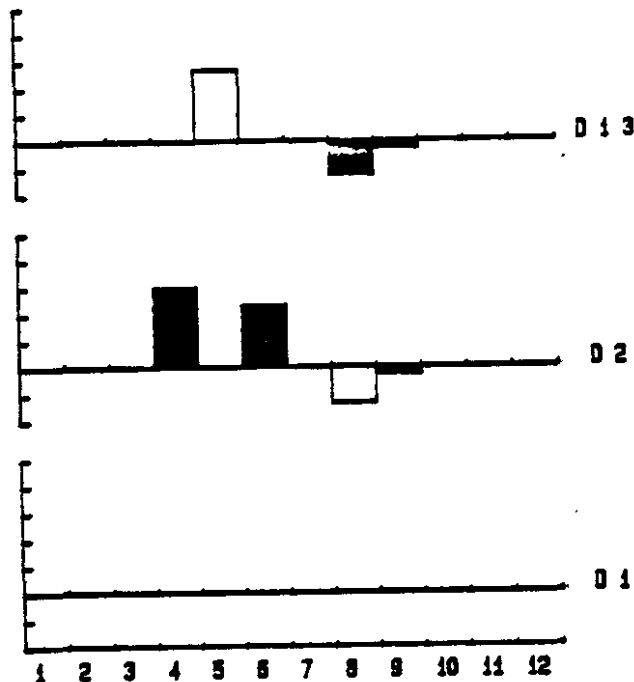
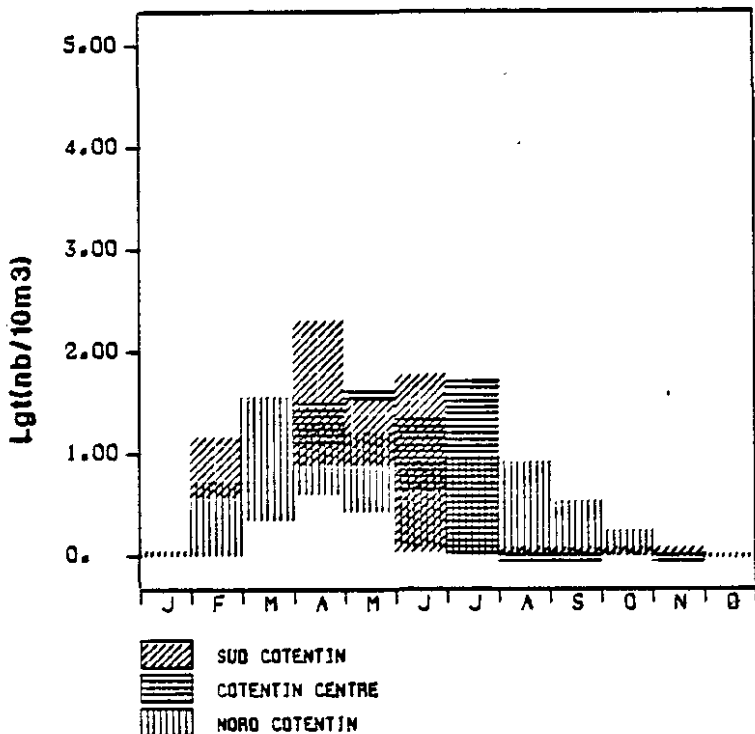


1 Grad. = 1000 IND./10m\*\*3

CLASSE	SUD COTENTIN I		COTENTIN CENTRE II		NORD COTENTIN III		D I S T A N C E					
	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	I - II	II - III	I - III
1-30							14	18	11			
31-60	3	0	2				47	78	14			-44
61-90							184	73	11			
91-120	2459	1364	4	3467	2428	8	231	421	22	-1088	3235	99% 2227 99%
121-150	740	598	3	3943	0	1	859	784	26	-3282	3884	88% -118
151-180	587	777	5	1934	1643	9	1585	1594	12	-1424	97% 425	-998 91%
181-210				1983	1898	5	316	443	25		1667	99%
211-240	192	186	3	5469	0	1	629	983	15	-5277	4839	85% -437
241-270	87	66	4	1289	1112	3	437	543	16	-1122	95% 771	93% -349 99%
271-300	486	481	2				128	99	13			277
301-330	46	0	1	694	798	5	88	51	8	-648	613	98% -34
331-360							46	28	19			

O E U F S     D E     P O I S S O N S     (NB/10M\*\*3)

Fig II 24



1 Grad. = 3 Oeufs/10m\*\*3

*****															
SUD COTENTIN			COTENTIN CENTRE			NORD COTENTIN			DISTANCES			SECURITE			
I			II			III			I - II			I - III			
CLASSE	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	MOYENNE	ECART-T	N	I	II - III	I	I - III		
*****															
1-30							0	0	11						
31-60	6	4	2				2	2	14				3		
61-90							15	15	11						
91-120	73	85	4	19	10	8	10	7	22	53	9	98%	63		
121-150	16	9	3	39	0	1	8	9	26	-22	30		8	89%	
151-180	21	27	5	11	10	9	3	4	12	9	7	97%	17		
181-210				32	62	5	7	21	25		25				
211-240	0	0	3	0	0	1	4	7	15	0	-4	85%	-4	99%	
241-270	0	0	4	0	0	3	1	1	16	0	95%	-1	99%		
271-300	0	0	2				0	0	13				0	97%	
301-330	0	0	1	0	0	5	0	0	8	0	0	99%	0		
331-360							0	0	19						
*****															

Le test ne permet pas de distinguer les régions centre et Sud (D1-2) ; par contre, la région Nord s'en distingue nettement (D1-3 et D2-3) : elle est plus pauvre avant août et inversement plus riche par la suite. La prédominance des poissons plats à reproduction printanière au Sud et celle des espèces pélagiques à reproduction estivale au Nord pourrait en être la cause.

#### II.4 - CONCLUSION

Les écosystèmes des différentes zones définies d'après l'étude des variations spatiales suivent une évolution saisonnière analogue d'après les paramètres étudiés. Ces paramètres sont d'ailleurs globaux, et peuvent, dans certains cas, regrouper des espèces au comportement très différent. Une étude spécifique aurait sans doute montré des particularités plus marquées.

Les extrêmes thermiques ont lieu pour les trois sites en février et août et l'amplitude des variations varie entre 9 et 12° C. Les concentrations en sels nutritifs azotés et phosphorés présentent des variations typiques avec régénération automnale et assimilation dès avril.

Les variations saisonnières du phytoplancton font ressortir deux périodes de productivité : une période printanière (avril-mai), représentée par des espèces responsables de blooms (Rhizosolenia delicatula), et une période estivale (août-septembre), composée d'espèces plus diversifiées et productives qui sont responsables du maintien des valeurs de la chlorophylle et de la production primaire. Il convient de remarquer que la composition floristique et l'état physiologique des populations interfèrent avec l'amplitude des variations saisonnières.

Les différents groupes zooplanctoniques étudiés présentent une succession de maxima d'abondance. En effet, les larves d'annélides et les oeufs de poissons plats apparaissent dès mars. Les copépodes et larves de mollusques prédominent en juin. Le mois de septembre marque la fin de la période de production intense avec la présence de copépodes, de brachyours et d'oeufs de poissons pélagiques.

Les comparaisons entre zones ont mis en évidence une gradation le long de la côte du Cotentin. L'inertie thermique de la masse d'eau conduit à des différences notables qui peuvent induire des décalages temporels et/ou des différences de production entre les trois zones. Le maximum thermique d'août est plus élevé de 2,7°C au Sud qu'au Nord et le refroidissement en automne est plus lent au Nord, ce qui conduit à des écarts de 4,0°C au mois de novembre. La quantité d'eau douce décroît progressivement du Sud vers le Nord. Ceci conduit à des stocks hivernaux de sels nutritifs (nitrate et phosphate) supérieurs de 50 % au Sud à ceux de la zone Nord. Ces apports n'ont pas d'influence sur les concentrations de nitrite et d'ammonium mesurées en fin d'hiver.

Les apports telluriques, importants dans la région Sud, contribuent à l'enrichissement du milieu, qui induit des différences de fonctionnement de l'échelon primaire. Le Sud Cotentin est, à ce titre, une zone particulière, où prolifèrent des petites cellules qui maintiennent la productivité à un taux important, ce qui conduit à des biomasses algales plus importantes au Sud qu'au Nord.

Les échelons supérieurs (zooplancton) se caractérisent par un maximum de la biomasse et du nombre d'individus au mois de juin. Cependant, une précocité de la zone Sud peut être constatée pour les larves d'annélides, de mollusques, de brachyours et les oeufs de poissons. Les inversions d'abondance, entre le Sud et le Nord, des larves de brachyours et des oeufs de poissons sont dues à la diversité des espèces composant ces deux groupes.

En résumé, la zone Sud est une zone soumise aux apports telluriques et donc plus productive en phytoplancton. Si les écosystèmes étaient équivalents au Sud et au Nord dans l'échelon secondaire, on devrait observer une biomasse pélagique secondaire plus élevée au Sud, ce qui n'est pas le cas. Cette remarque permet de penser que le prélèvement du phytoplancton par le compartiment benthique n'est pas négligeable dans la zone Sud.

L'étude par zones a montré des différences importantes liées à une variation Nord - Sud. La zonation décrite dans le chapitre précédent se maintient au cours d'un cycle saisonnier et, de plus, est stable d'année en année.



**CONCLUSION GENERALE**

### CONCLUSION GENERALE

Le domaine pélagique du Golfe Normano-Breton résulte de la complexité et de la variabilité des courants de marée, de la morphologie et de la topographie du fond.

A l'écart des courants forts SW-NE, il est soumis à l'influence des eaux de la Manche centrale qui pénètrent plus ou moins dans le golfe et à l'influence des apports telluriques azotés, surtout importants dans la région Sud.

La bathymétrie, tout en conditionnant les structures hydrologiques, joue un rôle important dans la répartition spatiale des espèces planctoniques.

Les limites hydrobiologiques établies saisonnièrement se confirment par l'observation des images satellites infra-rouges thermiques. Celles-ci justifient parfaitement la délimitation des masses d'eau du golfe, obtenue par suivi des paramètres hydrobiologiques.

Au printemps, on remarque l'influence des courants côtiers créant des limites halines et, en été, la zonation visible dépend surtout du facteur thermique.

L'hétérogénéité spatiale et la variation temporelle des masses d'eau définissent ainsi deux écosystèmes pélagiques à forte productivité et regroupant des espèces au comportement différent : l'écosystème du large et l'écosystème côtier.

Dans l'écosystème du large, soumis aux influences atlantiques, se développe une production pélagique plus tardive qu'à la côte. La population y est plus diversifiée et les espèces sont dans l'ensemble de "grande taille".

Dans l'écosystème côtier, les apports telluriques importants dans la zone interne du golfe contribuent à l'enrichissement du milieu et induisent des différences de fonctionnement dans l'échelon primaire. La zone Sud est à ce titre une zone particulière où prolifèrent des "petites" espèces phytoplanctoniques qui maintiennent la productivité à un taux important. La majeure partie de cette source trophique n'étant pas prélevée par l'échelon secondaire (petits herbivores), on suppose que le prélèvement de la biomasse algale par le compartiment benthique (filtreurs) n'est pas négligeable.

Dans l'ensemble, l'écosystème pélagique du Golfe Normano-Breton est riche en espèces. L'état physiologique des populations planctoniques ne montre aucune trace de pollution et une bonne production globale. Les répartitions spatiales et temporelles de la production pélagique se maintiennent au cours d'un cycle saisonnier et, de plus, sont stables d'année en année.

**BIBLIOGRAPHIE GENERALE**

## BIBLIOGRAPHIE GENERALE

- AGOUMI A., 1985. Modélisation de l'écosystème pélagique en Manche. Etude de l'influence des phénomènes physiques sur le système planctonique. Th. Etat Sci. Nat. Univ. P. et M. PARIS VI : 303 p et annexe 77 p.
- AMINOT A., CHAUSSEPIED M., 1983. "Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Ed. CNEXO : 395 p.
- ARNAL O., 1979. Biomasse du zooplancton et composition biochimique en carbone et en azote in : Etude écologique du site de Flamanville. 2ème année de projet. Contrat CNEXO/EDF (doc. prov.) p : 124-135.
- ARNAL O., 1981. Biomasse du zooplancton et composition biochimique en carbone et en azote in : Etude écologique d'avant projet du site marémoteur du Golfe Normano-Breton. 1ère année 1980. Contrat CNEXO/EDF (doc. prov.) p : 88-91.
- ARNAL O., 1983. Biomasse et nombre total d'organismes du zooplancton in : Etude écologique d'avant projet du site marémoteur du Golfe Normano-Breton. 2ème année 1980-1981. Contrat CNEXO/EDF (doc. prov.) p : 4.7-4.12.
- ARNAL O., 1983. Biomasse zooplanctonique in : Etude écologique du site de Cotentin centre. Volume I : Le domaine pélagique. Contrat CNEXO/EDF (doc. prov.) p : IIC1-IIC9.
- ARZUL G., CRASSOUS P., 1981. Hydrologie in : étude écologique d'avant-projet du site marémoteur du Golfe Normano-Breton. Rapport final 1ère année 1980. Contrat CNEXO/EDF (doc. prov.) p : 9-55.
- ARZUL G., CRASSOUS P., 1983. Hydrologie in : étude écologique d'avant-projet du site marémoteur du Golfe Normano-Breton Rapport final 2ème année 1980-1981. Contrat CNEXO/EDF (doc. prov.) p : 2.1-2.14.
- BELLEBOCH G., 1983. "GIPSY" : General Image Processing System. Logiciel interactif de traitement d'images numériques. Rapport CNEXO-COB/DI : 282 p.
- BLANCHARD M., CHARDY P., CHAUSSEPIED M., DAO J.C., LE HIR P., JEGOU A.M., LARSONNEUR C., LOARER R., MANAUD F., 1982. Le Golfe Normano-Breton. Bilan des connaissances. Rapport CNEXO-COB/ELGMM edit. : 171 p.
- BLANCHARD M., CHARDY P., BERTHOU P., 1983. Etude écologique du site Cotentin Centre. Vol. III : Domaine subtidal. Contrat CNEXO/EDF (doc. prov.) p : 1-38.

- BLANCHARD M., 1984. Etude écologique d'avant-projet du site marémoteur du Golfe Normano-Breton 1980-1981. Le benthos subtidal : peuplements des sables grossiers. Contrat IFREMER/EDF : 37 p.
- BLANCHARD M., MORVAN C., QUINIOU F., 1986. Dynamique de la population de la palourde rose Tapes rhomboïdes (Pennant 1777) dans le Golfe Normano-Breton. Haliotis (sous-presse).
- CASSANET J., 1981. Etude par télédétection des températures et turbidités des eaux au large de la Loire-Atlantique. Rapport de contrat CNEOX/ENS/EPHE 80/6162, 200 p.
- COUM A., 1979. La population de crépidules, Crepidula fornicata L. (1758) en rade de Brest. Ecologie et dynamique. Th. 3ème cycle, Oceano. Biol. Univ. Bretagne Occidentale, 133 p.
- DEMIR N. and A.J. SOUTHWARD, 1974. The abundance and distribution of eggs and larvae of Teleosteen fishes off Plymouth on 1969 and 1970. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 54. p : 333-353.
- DREBES G., 1974. Marines phytoplankton. Georg. Thieme Verlag Stuttgart. 186 p.
- ERARD E., RYCKAERT M., CRASSOUS P., 1977. Phytoplankton et production primaire in : Etude écologique de projet du site de Flamanville (1er cycle). Rapport général. Contrat CNEOX/EDF (Doc. prov. p : 65-98.
- ERARD E., RYCKAERT M., CRASSOUS P., 1979. Phytoplankton et production primaire in : Etude écologique de projet du site de Flamanville (2ème cycle). Rapport général. Contrat CNEOX/EDF (Doc. prov.) p : 53-116.
- ERARD E., CRASSOUS M.P., 1981. Phytoplankton in : Etude écologique d'avant-projet du site marémoteur du Golfe Normano-Breton. Rapport final 1ère année 1980. Contrat CNEOX/EDF (doc. prov. ) p : 56-79.
- ERARD E., CRASSOUS M.P., 1983. Phytoplankton in : Etude écologique d'avant projet du site maremoteur du Golfe Normano-Breton. Rapport final 2ème année 1980-1981. Contrat CNEOX/EDF (doc. prov.) 30 p.
- ERARD E., CRASSOUS M.P., 1983. Phytoplankton in : Etude écologique du site Cotentin-Centre. Volume I : Le domaine pélagique. Contrat CNEOX-EDF (Doc. prov.) p : IIB1-IIB2.
- ERARD E., CRASSOUS M.P., 1984. Hydrologie et phytoplankton in : Etude de surveillance écologique sur le site de Flamanville (année 1983). Contrat CNEOX/EDF (doc. prov.) 10 p.
- ERARD E., CRASSOUS M.P., 1985. Le domaine pélagique (phytoplankton) in : Etude de surveillance écologique sur le site de Flamanville (année 1984). Contrat CNEOX/EDF (doc. prov.) 40 p.

- GRALL J.R., 1972a. Recherches quantitatives sur la production primaire du phytoplancton dans les parages de Roscoff. Th. Etat Sci. Nat. Univ. Paris VI : 228 p.
- GRALL J.R., 1972b. Développement "printanier" de la diatomée Rhizosolenia delicatula près de Roscoff. Marine Biology, 16, p : 41-48.
- GUILLAUMONT B., HAMON D., D'OZOUVILLE L., 1984. Baie du Mont St Michel 1981. Etude écologique d'avant-projet du site marémoteur du Golfe Normano-Breton : Etude biosédimentaire du secteur oriental de la baie. Contrat IFREMER/EDF : 53 p + annexes. 76 p.
- GRUET Y., 1969. Faune associée des "recifs édifiés" par l'annelide Sabellaria alveolata (Linné) en baie du Mont Saint-Michel : banc des Hermelles. Mem. Soc. Sc. de Cherbourg T. Liv. : 20 p.
- GRUET Y., 1972. Aspects morphologiques et dynamiques de constructions de l'annelide polychète Sabellaria alveolata (Linné). Rev. Trav. Inst. Pêches Marit. 36 (2) : 131-161.
- HOLLIGAN P.M. and HARBOUR D.S., 1977. The vertical distribution and succession of phytoplankton in the western English Channel in 1975 and 1976. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 57 p : 1075-1093.
- KERNEIS M.J., RUE A., 1984. "GYPSY" - Cartographie. Rapport CNEOX-COB/DI, 50 p.
- KIDWELL K., 1983. NOAA polar orbiter data (TIROS - N, NOAA-6, NOAA-7 and NOAA-8). N.O.A.A., 200 p.
- LE FEVRE J., 1977. Hydrologie et plancton in : Etude écologique d'avant-projet sur le site d'Erdeven (Morbihan). Contrat CNEOX/Univ. de Bret. Occid./EDF.
- LE FEVRE-LEHOERFF G., 1972. Populations planctoniques d'un estuaire à marée : la rivière de Morlaix, leurs relations avec les conditions hydrologiques. Thèse. 3ème cycle. Univ. P. et M. Curie, PARIS VI : 212 p.
- LE FEVRE-LEHOERFF G., 1976. Zooplancton in : Etude écologique du site de Gravelines. Contrat CNEOX/EDF p : 115-185.
- LE FEVRE-LEHOERFF G., 1979. Zooplancton - composition faunistique - diversité holoplancton in : Etude écologique du site de Flamanville - 2ème année. Contrat CNEOX/EDF (Doc. prov.) p 136-146 et p 164-219.
- LE FEVRE-LEHOERFF G., 1983. Zooplancton in : Etude écologique de projet 1ère année du site de Plogoff. Contrat CNEOX/EDF (doc. prov.) p : 5.01-5.95.

- LE FEVRE-LEHOERFF G., 1985. Techniques utilisées pour l'étude du zooplancton sur les sites des centrales nucléaires des côtes françaises de Manche et Atlantique. Rapport IFREMER Centre de Brest/France. 24 p (2 versions, une en langue française, l'autre en langue anglaise).
- LE HIR P., 1982. Cadre physique in : Le Golfe Normano-Breton. Bilan des connaissances (CNEOX-COB/ELGMM, édit.) p : 8-44.
- LOARER R., 1983. Présentation géographique in : Etude écologique du site Cotentin-Centre. 1er volume. Présentation générale. Contrat CNEOX/E.D.F (doc. prov.) p : I4-I10.
- LORENZEN C.J., 1966. A method for the continuous measurements of in vivo chlorophyll concentration. Deep Sea Res. 13 : p. 223-227.
- MATHIEU R., 1966. Mise en évidence d'un faciès à affinités estuariennes dans un milieu franc. Région de Chateau-Richeux - Baie du Mont Saint-Michel. Bull. Soc. Géol. Normandie. Amis du Museum du Havre. t 56. p : 51-55.
- Météorologie Nationale, 1983 et 1984. Bulletins climatologiques de la Basse-Normandie.
- MOUNIER J., 1982. Erouillards d'été sur les côtes septentrionales de la Bretagne. Norois, 116, p : 547-559.
- ORBI A., 1986. Circulation résiduelle de marée dans le Golfe Normano-Breton. Thèse Univ. de Bretagne Occidentale (sous-presse).
- PINGREE R.D., FORSTER G.R., MORRISON G.K., 1974. Turbulent convergent tidal fronts. J. Mar. Biol. Ass. U.K. (54), p : 469-479.
- PINGREE R.D., MADDOCK L., 1977. Tidal residual in the English channel. J. Mar. Biol. Ass. U.K. (57). n° 2, p : 339-354.
- PINGREE R.D., 1984. Some applications of remote sensing to studies in the Bay of Biscay, Celtic and English Channel. From remote Sensing of Shelf Sea Hydrodynamics. J.C.J. Nihoul Edit. Elsevier Science Publ. Amsterdam, p : 287-296.
- PINGREE R.D., MARDELL G.T. and L. MADDOCK, 1985. Tidal mixing in the Channel isles region derived from the results of remote sensing and measurements at sea. Estuarine coastal and shelf science, 20 p : 1-18.
- RETIERE C., 1979. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques du Golfe Normano-Breton. Thèse Etat Sc. Nat., Univ. de Rennes, 370 p.
- S.H.O.M., 1968 et 1976. Courants de marée dans la Manche et sur les côtes françaises de l'Atlantique. S.H.O.M. n° 550, p : 115-161 (Supplément n° 550, 1976 : 25 p).
- S.H.O.M., 1973. Courants de marée de Cherbourg à Paimpol. Iles Anglo-normandes. Ouvrage n° 553.

- S.H.O.M., 1983 et 1984. *Annales des marées*. SHDM (Edit.), Brest.
- SMITH P. and RICHARDSON S.L., 1977. Standard techniques for fish egg and larva surveys. F.A.O. fisheries technical papers, 175, 100 p.
- SOUTHWARD A.J., 1974. Changes in the plankton community of the western English channel. *Nature*. London 249, p : 180-181.
- SOUTHWARD A.J. and BARY M.C.K., 1980. Observations on the distribution of eggs and larvae of mackerel and other teleostens in the celtic sea and on the sampling performance of different nets in relation to stock evaluation. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* (60), p : 295-311.
- STEEMANN-NIELSEN E., 1952. The use of radioactive carbon ( $C^{14}$ ) for measuring organic production in the sea. *J. Cons. Perm. Int. Explor. mer*, 18 (2), p : 117-140.
- UNESCO, 1968. Zooplankton sampling. Unesco monograph on oceanographic methodology 2, Unesco Press Paris, 174 p.
- UTERMOHL H., 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton - Method. *Mitt. int. Verein. Limnol.* (9) : p : 1-38.
- VAN DER BAAN and HOLTHUIS L.B., 1971. Seasonal occurrence of mysidacea in the surface plankton of the southern north sea near the "Texel" lightship. *Netherlands journal Sea Res.*, 5 (2), p : 227-239.
- VERCELLI C., 1985. Le Golfe Normano-Breton. Etude de la température de surface à l'aide de données satellitaires. *Mémoire IFREMER* : 93 p.



**ANNEXES**

- I.1 - Télédétection - Méthodologie
- I.2 - Hydrologie - Méthodologie
- I.3 - Phytoplancton - Méthodologie
- I.4 - Zooplancton - Méthodologie
- II.1 - Variations saisonnières - Définition des zones
- II.2 - Espèces phytoplanctoniques dominantes

## Annexe I.1 - Télédétection - Méthodologie

Cette partie du travail a été réalisée avec les équipements actuellement en place au laboratoire de traitement d'images du département Informatique du Centre IFREMER de Brest, à l'aide des logiciels développés par G. BELBEOCH et les informaticiens de son équipe.

### I.1.1 - Présentation du système de traitement

Le système actuellement opérationnel est la COMTAL VISION 1/20 (Sté Image Processing System, USA), connectée à un ordinateur-hôte HP 21-MX. Ce système offre une visualisation en 256 niveaux de valeurs exprimées soit en dégradés de Noir (0) à Blanc (255), soit en couleurs (mélanges de Rouge/Vert/Bleu). La capacité du système permet de travailler à l'aide de 5 plans-mémoires de 512 lignes sur 512 colonnes de 8 bits, et de 4 plans-graphiques.

Le traitement a été essentiellement réalisé à l'aide du logiciel interactif GIPSY écrit par G. BELBEOCH à l'intention des thématiciens. GIPSY est articulé sous forme de modèles représentatifs des principales fonctions utilisées en traitement d'images.

#### General Image Processing System :

DI	disc transfert
MT .....	magnetic tape transfert
AR .....	arithmetic package
ST .....	statistical package
GE .....	geometric package
NE .....	neighborhood operations package
PO .....	point operations package
VI .....	video package
LO .....	logical package
GR .....	graphic package
HC .....	hardcopy package
FO .....	fourier package
EX .....	exit

Menu principal

de GIPSY

### I.1.2 - Méthodologie utilisée

#### I.1.2.1 - Extraction de la zone

La première étape du traitement consiste à extraire la zone d'étude dans un format de 512 lignes sur 512 colonnes (une scène totale comprenant 2048 colonnes) en la repérant sur le "quick look"\* à l'aide d'une grille, puis en décodant la bande magnétique en indiquant au dérouleur la ligne et la colonne de départ (module MTAPE de GYPSY).

\* Quick look : document de référence (visualisation rapide) présentant une scène comprimée un pas sur quatre par exemple.

### I.1.2.2 - Symétrie

Lorsque la scène a été enregistrée dans la partie descendante de la trajectoire, la symétrie est inversée et il est nécessaire d'appliquer à l'image une rotation de 180° afin que le Nord retrouve... le Nord ! (module GEPAC de GIPSY).

### I.1.2.3 - Déformation des images

Du fait de l'altitude du satellite, du système de balayage du capteur et de la rotondité de la terre, les images acquises présenteront des déformations plus ou moins importantes, auxquelles il faut s'efforcer de remédier.

#### - correction géométrique

Le pixel, qui est le plus petit élément de l'image ne représente 1,1 km<sup>2</sup> de surface terrestre (pour NOAA) que dans la bande centrale de l'image ; sa taille varie le long d'une ligne de balayage.

Le module GEPAC de GYPSY permet de corriger cette distorsion par ré-échantillonnage des pixels, en tenant compte de la rotation terrestre.

#### - rectification des images

La déformation concerne également le trait de côte, plus ou moins étiré selon que la zone d'intérêt se trouve décalée à droite ou à gauche de la trace du satellite.

Afin de pouvoir comparer des situations multi-temporelles superposables, on effectue une rectification géographique. Deux procédés peuvent être utilisés :

- . la rectification par paramètre d'orbite (non implantée actuellement sur les logiciels utilisés au Centre de Brest),

- . La rectification par pointage d'amers (module GEPAC de GIPSY).

C'est la deuxième technique qui a été employée, la référence étant un trait de côte IGN en projection Mercator, ce qui permet de travailler à des échelles et dans une projection comparables aux documents cartographiques existants.

### I.1.2.4 - Amélioration de l'image

Afin de faciliter l'interprétation des images, on appliquera plusieurs types de traitement :

#### - Correction des défauts

On peut améliorer la qualité de l'image enregistrée en éliminant certains défauts par application de filtres (module NEPAC de GIPSY).

### - Agrandissement

Par un effet de zoom (x2 en l'occurrence), on obtient un agrandissement qui permet de mieux mettre en évidence la zone d'étude.

### - Masques

Puisqu'on ne s'intéresse qu'à la surface de l'eau, il est également recommandé de masquer par des graphiques la partie terrestre et, dans la mesure du possible, les nuages.

### - Rehaussement des contrastes

Afin de rendre plus apparentes les différences de densités, on procède à un rehaussement des contrastes selon les procédés suivants (figure I.1) :

- . on calcule et on trace l'histogramme de l'image qui représente, pour chaque classe de gris, le nombre de pixels comptabilisés,

- . une égalisation de l'histogramme, ou l'application d'une fonction linéaire entre les bornes extrêmes de l'histogramme, utilisée comme fonction de transfert, permet d'obtenir une image sur laquelle la dynamique de départ est étirée entre 0 et 255.

#### I.1.2.5 - Habillage de l'image

Une légende est appliquée (par fonction graphique) sur chaque image, afin de l'identifier rapidement (date, canal, orbite, heure).

#### I.1.2.6 - Edition

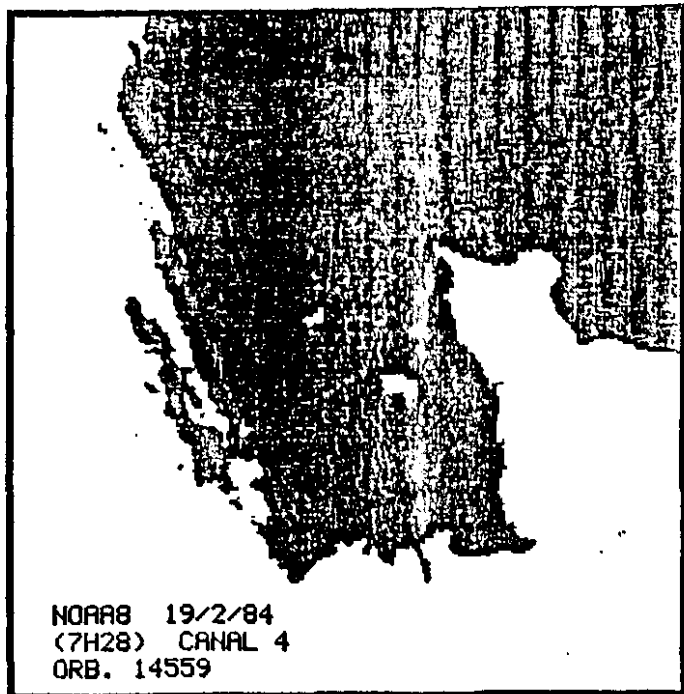
Enfin, une édition sur papier (imprimante électrostatique VERSATEC) permettra d'examiner à loisir les documents obtenus qu'il s'agira d'interpréter.

### I.1.3 - Problème de la correction radiométrique des données

Ainsi que nous l'avons évoqué, des messages de calibrage contenus dans la donnée sur bande fournie par Lannion permettent d'étalonner les comptes radiométriques de chaque pixel par rapport à des étalons grâce à quoi on peut notamment s'affranchir des dérives éventuelles du capteur.

D'autre part, dans la bande spectrale Infra-Rouge Thermique, l'atmosphère absorbe une partie du rayonnement reçu par le capteur et émet elle-même à sa température propre. Ce phénomène perturbe la réception. Il en résulte une atténuation de la température radiative observée par rapport à la température réelle.

De nombreux auteurs ont établi des algorithmes destinés à corriger cette atténuation atmosphérique et à permettre d'effectuer une calibration en température absolue. Cependant, le problème est fort complexe, car la répartition spatiale des différents composants chimiques de l'atmosphère n'est pas homogène.

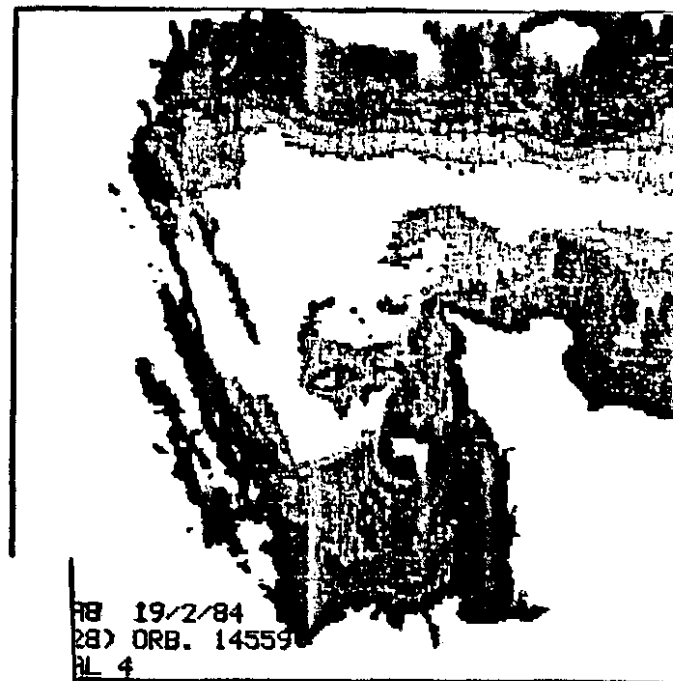


a) Image brute

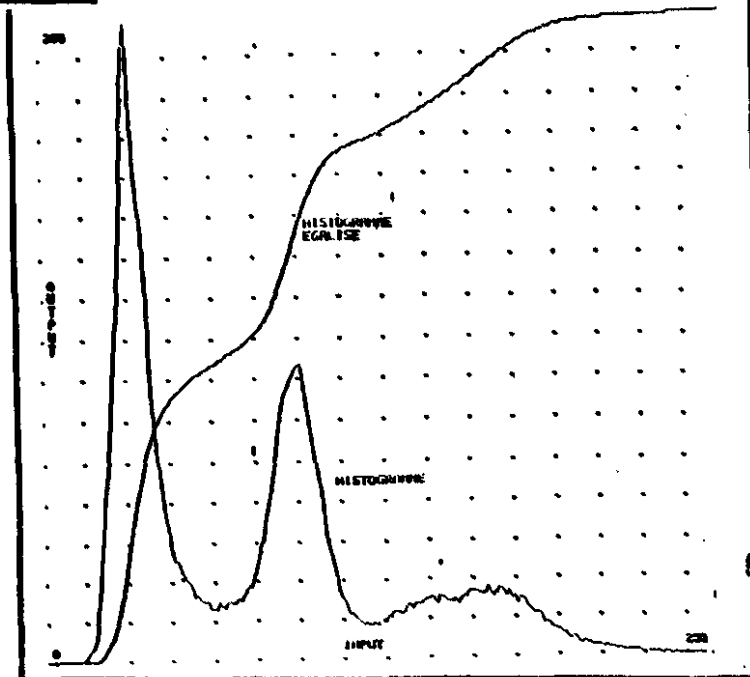
Annexe Fig I.1

Rehaussement des contrastes  
par égalisation de l'histo-  
gramme de l'image.

b) Egalisation de l'histogramme :



c) Image après égalisation de  
l'histogramme : contrastes  
rehaussés.



Pour le travail présenté ici, ce point n'a, volontairement, pas été traité, considérant :

- d'une part que les corrections appliquées à une telle série de données en alourdiraient considérablement le traitement,

- et que, d'autre part, ces corrections en température absolue ne sont possibles, techniquement, qu'avec un seul des satellites (NOAA - 7),

- enfin, nous avons considéré que, même légèrement atténuées sur leur ensemble, les structures thermiques observées et leur évolution restent détectables et comparables en valeurs relatives.

## Annexe I.2.1 : Hydrologie - Méthodologie

### I.2.1 - Matériel et méthodes

L'eau est prélevée au moyen de bouteilles Niskin (5 litres).

La température est mesurée par thermomètres RICHTER & WIESE (précision 0,05°C). La salinité est mesurée avec une précision de  $\pm 0,01$  ‰. L'oxygène dissous est mesuré par la méthode Winkler. Pour les sels nutritifs, les échantillons sont préfiltrés à 20  $\mu$  et congelés immédiatement. La mesure de blanc de turbidité est effectuée pour chaque échantillon de phosphate et silicate. Les limites de détection sont les suivantes :

- azote ammoniacal : 0,05  $\mu$ atg/l
- azote nitreux : 0,01  $\mu$ atg/l
- azote nitrique : 0,05  $\mu$ atg/l
- phosphate : 0,02  $\mu$ atg/l
- silicate : 0,10  $\mu$ atg/l

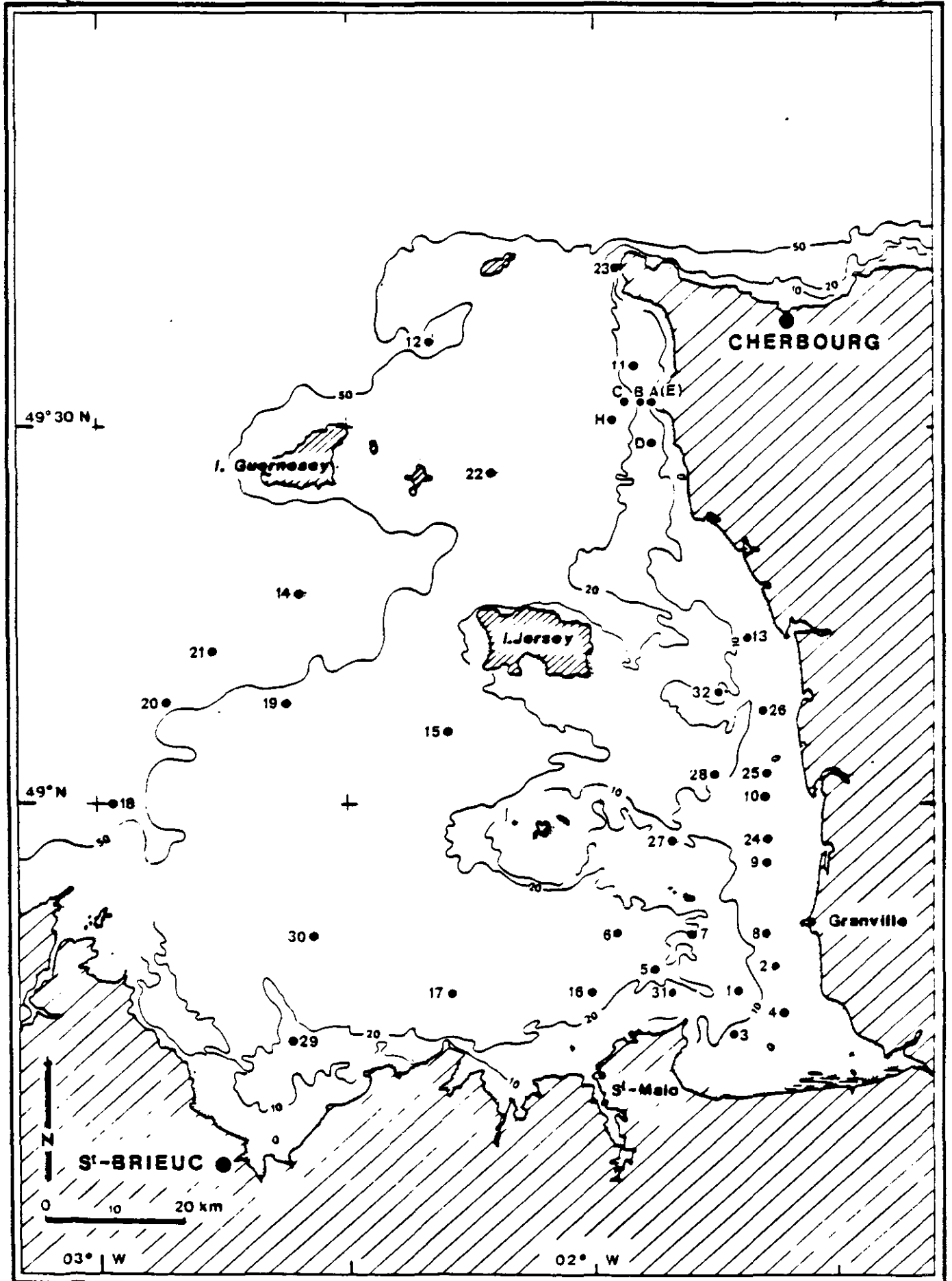
Les méthodes analytiques diffèrent très peu de celles décrites par AMINOT et CHAUSSEPIED dans leur "Manuel des analyses chimiques en milieu marin, CNEOX, 1983".

## GOLFE NORMANO-BRETON

## Points 'Pélagos'

(Hydrologie-Phytoplancton-Zooplancton)

Annexe I 2 2





**Annexe I.2.3 - Coordonnées nominales des points du golfe Normano-Breton**  
(Etudes des paramètres hydrologiques, phytoplanctoniques  
et zooplanctoniques)

Les coordonnées de chaque point correspondent aux coordonnées théoriques  
adoptées pour la première mission où le point a été étudié.

Numero du point	$\Psi$	G.	1ère mission où le point a été étudié
1	48° 44' 40	1° 45' 70	25/04/80 (Thalia) Programme Sud-Chausey
2	48° 46' 25	1° 41' 25	"
3	48° 40' 80	1° 46' 20	"
4	48° 42' 50	1° 40' 00	"
5	48° 46' 20	1° 55' 45	"
6	48° 49' 00	2° 00' 00	"
7	48° 49' 00	1° 51' 00	"
8	48° 49' 00	1° 42' 10	"
9	48° 54' 70	1° 42' 10	"
10	49° 00' 00	1° 42' 10	"
11	49° 34' 40	1° 57' 15	Août 1980 (Noroit)
12	49° 36' 40	2° 21' 75	"
13	49° 12' 70	1° 43' 75	"
14	49° 16' 60	2° 37' 70	"
15	49° 05' 50	2° 20' 00	"
16	48° 44' 40	2° 03' 25	"
17	48° 44' 40	2° 20' 00	"
18	49° 00' 00	3° 00' 00	"
19	49° 08' 00	2° 39' 00	Août 1980
20	49° 08' 00	2° 53' 50	Mai 1981
21	49° 12' 10	2° 48' 00	"
22	49° 25' 92	2° 14' 63	"
23	49° 42' 00	1° 58' 90	
24	48° 56' 50	1° 42' 00	Avril 1982 - Programme Cotentin Centre
25	49° 01' 75	1° 42' 00	"
26	49° 06' 75	1° 42' 00	"
27	48° 56' 50	1° 53' 50	"
28	49° 01' 75	1° 48' 00	"
29	48° 40' 65	2° 38' 95	Mai-juin 1982 (Cryos)
30	48° 49' 14	2° 36' 52	"
31	48° 44' 33	1° 53' 49	"
32	49° 08' 34	1° 47' 40	"
F A	49° 31' 50	1° 55' 00	Flamanville Projet 1976
F B	49° 31' 50	1° 56' 40	" "
F C	49° 31' 50	1° 57' 80	" "
F D	49° 26' 70	1° 54' 80	" "
F H	49° 30' 00	2° 00' 00	Flamanville Surveillance à partir de mars 1983
F E	49° 31' 50	1° 54' 00	Flamanville Surveillance à partir de juin 1983

### Annexe I.3.1 - Phytoplancton - Méthodologie

L'étude du phytoplancton, responsable de la production primaire pélagique, premier échelon de la chaîne trophique marine, est abordée dans ce travail par les trois méthodologies classiques.

#### I.3.2.1 - Evaluation de la biomasse chlorophyllienne

La biomasse pigmentaire est représentée par le taux de chlorophylle a, pigment actif.

Dosage des pigments chlorophylliens (chlorophylle a + phéopigment a) à partir de leur extraction dans l'acétone à 90 % et mesure monochromatique dite méthode de Lorenzen (1966) au fluorimètre TURNER modèle III et/Ou spectrophotomètre KONTRON-UVIKON.

#### I.3.2.2 - Dénombrement et détermination des organismes "microplanctoniques" et "nanoplanctoniques"

Le dénombrement, réalisé en deux étapes, ne représente qu'une fraction comprise entre 5 et 70 % (lors des floraisons phytoplanctoniques) du matériel décanté. Hormis les particules minérales, des fragments organiques divers sont aussi présents, tels que : les graines de pollen, les débris végétaux, les oeufs et pelotes fécales d'organismes zooplanctoniques, certains petits copépodes et de nombreux fragments non identifiés.

En premier lieu sont déterminés les organismes "microplanctoniques", de 5 à 100-200 $\mu$ , solitaires ou en colonies, chaque cellule constituant une unité.

En deuxième lieu, sont recensés dans la classe de taille inférieure à 5 $\mu$  des dinoflagellés (Gymnodinés ...), des Cryptophycés, regroupés improprement sous le terme de "nanoplancton".

En plus des organismes chlorophylliens sont dénombrés des Protozoaires, tels que les Ciliés dont la détermination n'a pas été effectuée :

- fixation des échantillons au lugol acide,
- comptage et détermination après sédimentation dans des cuves de 50/100 ml selon la méthode d'UTERMOHL (1958),
- observation des échantillons au microscope inversé LEITZ WETZLAR.

#### I.3.2.3 - Evaluation de la production primaire potentielle

Elle permet d'apprécier les possibilités d'élaboration de matière organique en un temps donné, par les populations reconnues selon les méthodes précédentes. Le taux de production est dépendant de la composition spécifique des échantillons, du nombre de cellules autotrophes par unité de volume, de leur état physiologique et de leur volume. Il est également dépendant des paramètres physiques comme la lumière et la température. Méthode au radio-carbone de STEEMAN-NIELSEN (1952) : incubation de quatre heures en lumière artificielle, comptage de l'activité par scintillation sur compteur INTERTECHNIQUE SL 30 et/ou sur compteur INTERTECHNIQUE BETAMATIC I.

## ANNEXE I.3.2.

Golfe Normano-Breton - Liste des espèces phytoplanctoniques  
présentes lors des différentes études (1976 - 1984)BACILLARIOPHYCEAECentrales

Actinocyclus sp. Ehrenberg  
Actinoptychus senarius (Ehrenberg) Ehrenberg  
Asteromphalus sp. Ehrenberg  
Bellerochea malleus (Brightwell) Heurck  
Biddulphia alternans (Bail) Van Heurck  
Biddulphia aurita (Lyngbye) de Brebisson  
Biddulphia pulchella Gray  
Biddulphia regia (Schultze) Ostenfeld  
Biddulphia sinensis Greville  
Cerataulina pelagica Cleve (Hendey)  
Chaetoceros sp. Ehrenberg  
Chaetoceros affine Lauder  
Chaetoceros compressum Lauder  
Chaetoceros crinitum Schütt  
Chaetoceros curvisetum Cleve  
Chaetoceros danicum Cleve  
Chaetoceros diadema (Ehrenberg) Gran  
Chaetoceros debile Cleve  
Chaetoceros decipiens Cleve  
Chaetoceros densum Cleve  
Chaetoceros didymum Ehrenberg  
Chaetoceros eibenii (Grunow) Meunier  
Chaetoceros gracile Schütt  
Chaetoceros ingolfianum Ostenfeld  
Chaetoceros perpusillum Cleve  
Chaetoceros rigidum Greville  
Chaetoceros simile Cleve  
Chaetoceros simplex Ostenfeld  
Chaetoceros sociale Lauder  
Chaetoceros subtile Cleve  
Chaetoceros teres Cleve  
Chaetoceros sp.1  
Chaetoceros sp.2  
Chaetoceros sp.3  
Corethron criophilum Castracane  
Corethron sp. Castracane  
Coscinodiscus sp. Ehrenberg  
Coscinodiscus eccentricus Ehrenberg  
Coscinodiscus radiatus Ehrenberg  
Coscinosira polychorda Gran (Gran)  
Ditylum brightwellii (T. West) Gran ex Van heurck  
Eucampia zodiacus Ehrenberg  
Guinardia flaccida (Castracane) Peragallo  
Lauderia borealis Gran  
Leptocylindrus danicum Cleve  
Leptocylindrus minimum Gran  
Lithodesmium undulatum Ehrenberg  
Paralia sulcata (Ehrenberg) Cleve  
Podosira stelliger (Beiley) Mann

Rhizosolenia alata f. alata Brightwell  
Rhizosolenia delicatula Cleve  
Rhizosolenia faeroensis Ostenfeld  
Rhizosolenia fragilissima Bergon  
Rhizosolenia pungens Cleve  
Rhizosolenia setigera Brightwell  
Rhizosolenia shrubsolei Cleve  
Rhizosolenia stolterfothii H. Peragallo  
Schroderella delicatula Peragallo (Pavillard)  
Skeletonema costatum Greville  
Streptotheca tamesis Schrubsole  
Thalassiosira sp. Cleve  
Thalassiosira decipiens (Gran ex Van Heurck) Jorgensen  
Thalassiosira gravida Cleve  
Thalassiosira levanderi Goor  
Thalassiosira nordenskioldii Cleve  
Thalassiosira rotula Meunier  
Thalassiosira subtilis (Ostenfeld) Gran

### Females

Asterionella japonica Cleve & Miller ex. Gran  
Asterionella kariana Grunow in Cleve & Grunow  
Bacillaria sp. Gmelin  
Bacillaria paradoxa Gmelin  
Bacillaria paxillifer (of Miller) Hendeby  
Diatoma sp. Kutzing  
Diploneis sp. Ehrenberg  
Fragilaria sp. Lyngbye  
Grammatophora oceanica Ehrenberg  
Grammatophora serpentina Ehrenberg  
Gyrosigma sp. Hassal  
Licmophora sp. Agardh  
Navicula sp. Bory  
Navicula pelagica Cleve  
Nitzschia sp. Hassal  
Nitzschia closterium (Ehrenberg) Wm Smith  
Nitzschia delicatissima Cleve  
Nitzschia longissima (de Brebisson ex. Kutzing)  
Nitzschia seriata Cleve  
Nitzschia sp.1  
Plagiogramma sp. Greville  
Pleurosigma sp. Wm Smith  
Rhaphoneis surirella (Ehrenberg) Grunow  
Stauroneis membranacea (Cleve) Hustedt  
Surinella sp. Turpin  
Thalassionema nitzschioides Hustedt

### DINOPHYCEAE

Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujard  
Ceratium lineatum (Ehrenberg) Cleve  
Dinophysis sp. Ehrenberg  
Dinophysis acuminata Claparede u. Lachmann  
Dinophysis acuta Ehrenberg

Dinoflagellé indéterminé  
Gymnodinium sp. Stein  
Gymnodinium fusus Schütt  
Gymnodinium lohmanni Paulsen  
Gymnodinium splendens Lebour  
Gyrodinium sp. Kafoid u. Swezy  
Gyrodinium aureolum Hulburt  
Heterocapsa triquetra (Ehrenberg) Grunow  
Minuscula bipes Lebour  
Peridinium sp. Ehrenberg  
Peridinium breve Paulsen  
Peridinium brevipes (Paulsen) Lebour  
Peridinium cerasus Paulsen  
Peridinium claudicans Paulsen  
Peridinium pyriforme Paulsen  
Peridinium ovatum (Pouchet) Smith  
Prorocentrum gracile Schütt  
Prorocentrum micans Ehrenberg  
Prorocentrum lima (ex. Exuviella marina) Cienkowski  
Pronoctiluca sp.  
Pyrocystis lunula Schütt  
Torodinium robustum Kof. u Swezy

#### SILICOFLAGELLATAE

Dictyocha speculum (Ehrenberg) Haeckel  
Ebria sp. Borget

#### HAPTOPHYCEAE

Phaeocystis sp. (Hariot) Lagerheim

#### CHLOROPHYCEAE

Chlorophycée indéterminée  
 Chlorophycée sp.6  
Ankistrodesmus sp. Corda  
Closterium sp. Nitzsch  
Scenedesmus sp. (Turp) Bred.  
Scenedesmus quadricauda Meyen

#### CHRYSOPHYCEAE

Chrysophycée indéterminée  
Trochischia sp. Kuetz

#### EUGLENOPHYCEAE

Euglene indéterminé

#### CYANOPHYCEAE

Cyanophycée indéterminée

CILIES

Tintinnidés ...

NANOPLANCTON

Cryptophycées

Gymnodines ...

CELLULES INDETERMINEES

Cellules indéterminées

Cellules centriques

cellules pennées

ANNEXE I.4.1 - Liste faunistiqueCNIDAIRES

## HYDROZOAIRES

Anthoméduces

## Corynidae

Sarsia eximia  
Sarsia gemmifera  
Sarsia prolifera  
Dipurena halterata  
Dipurena ophiogaster

## Tubulariidae

Steenstrupia nutans (= Corymorpha nutans)  
Hybocodon prolifer  
Ectopleura dumortieri  
 Larves Actinules de Tubulariidae

## Zancleidae

Zanclea sessilis  
Zanclea costata  
Zanclea sp.

## Pandeidae

Amphinema dinema

Leptoméduces

## Laodiceidae

Laodicea undulata

## Campanulariidae

Phialidium hemisphaericum  
Obelia sp.  
Agastra mira (= Orthopyxis integra)

## Lovenellidae

Eucheilota maculata

## Phialellidae

Phialella quadrata

## Eutimidae

Eutima gracilis  
Octhorchis gegenbauri (Eutima campanule)

Trachyméduces

## Geryonidae

Liriope tetraphylla

Siphonophores

Miggaeia atlantica  
 Eudoxies de Miggaeia

SCYPHOLOAIRES

Rhizostoma sp.  
Aurelia sp.  
 Larves Ephyrules

ANTHOZOAIRES

Larves Cerinules

CTENAIRES

Pleurobrachia pileus  
Beroe cucumis

CHAETOGNATHES

Sagitta setosa  
Sagitta elegans  
Spadella sp.

ANNELIDES

Archiannelides  
Polygordius sp.

Polychètes

Aphroditidae

Syllidae  
Autolytus prolifer

Néréidae

Phyllodocidae  
Phyllodoce sp.

Tomopteridae  
Tomopteris helgolandica

Nephtyidae  
Nephtys sp.

Spionidae  
Scolecoplepis ciliata  
Scolecoplepis girardi  
Scolecoplepis fuliginosa  
Nerine sp.  
Spiophanes bombyx  
Spio sp.  
Pigospio elegans  
Polydora ciliata  
Polydora flava  
Polydora caeca  
Polydora pulchra  
Spionidae nd.

Sabellariidae  
Pectinaria sp.

Terebellidae  
Lanice conchilega



OSTRACODESCLADOCERESPodon sp.Evadne sp.COPEPODES

## Calanidae

Calanus helgolandicus

## Eucalanidae

Eucalanus elongatus

## Paracalanidae

Paracalanus parvus

## Pseudocalanidae

Pseudocalanus minutusClausocalanus sp.

## Euchaetidae

Euchaeta hebes

## Diaixidae

Diaixis hibernica

## Stephidae

Stephos minorStephos scotti

## Temoridae

Temora longicornis

## Metridiidae

Metridia lucens

## Centropagidae

Centropages typicusCentropages hamatusIsias clavipes

## Pseudocyclopidae

Pseudocyclops sp.

## Candaciidae

Candacia armata

## Pontellidae

Anomalocera patersoniLabidocera wollastoni

## Parapontellidae

Parapontella brevicornis

## Acartiidae

Acartia clausiAcartia discaudata

## Othonidae

Oithona helgolandicaOithona sp.

## Ectinosomidae

## Tachydiidae

Euterpina acutifrons

## Clytemnestridae

Clytemnestra sp.

## Oncaeiidae

Oncaea sp.

## Corycaeiidae

Corycaeus sp.

## Peltidiidae

## Monstrillidae

Monstrilla sp.CIRRIPEDESLarves naupliiLarves cyprisMYSIDACES

## Mysidae

Siriella armataSiriella clausiGastrosaccus sanctusGastrosaccus normaniGastrosaccus spiniferAnchialina agilisMysidopsis gibbosaParamysis sp.Schistomysis spiritusSchistomysis ornataMesopodopsis slabberiAcanthomysis longicornisCUMACESLarves EPICARIDESISOPODESAMPHIPODES

caprelliens

gammeriens

hyperiens

STOMATOPODESSquilla mantis

EUPHAUSTACES

Larves Calyptopis  
 Larves Furcilia  
 Larves Cyrtopia

DECAPODES

Caridés  
 Sténopidés  
 Crangonidés  
     Crangon crangon  
 Pandalidae  
     Pandalina

ANOMOURES

Thalassinidés  
     Upogebia sp.  
     Callinassa sp.  
     Axius sp.  
 Paguridae  
     Larves Zoe  
     Larves glaucothoe  
 Galatheidae  
     Larves Zoe  
 Porcellanidae  
     Larves Zoe

MACROURES

Palinuridae  
     Larves Phyllosome de Palinurus vulgaris  
     Larves Phyllosome de Scyllarus sp.

BRACHYOURES

Larves Zoe  
 Larves Megalopes

MOLLUSQUES

Gastéropodes  
 Littorinidae  
     Crepidula fornicata  
     Larves indeterminees

## Lamellibranches

Mytilidae

Anomia ehipium

Pectinidae

Ostreidae

Cardiidae

Veneridae

Solenidae

Larves indéterminées

## Céphalopodes

Sepia (jeune)BRYOZOAIRES

Larves Cyphonautes

ECHINODERMES

Stellérides

Larves RipinnariaLarves Brachiolaria

Ophiurides

Larves OphiopluteusAPPENDICULAIRESOikopleura dioicaASCIDIÉS

Larves Tétards

TELEOSTEENS\*

Oeufs

Alevins

Clupeidae

Sardina pilchardusClupea sprattus

Larves de Clupeidae n.d.

Syngnathidae

Hypocampus europaeus

Gadiidae

Onos sp.

Carangidae

Trachurus trachurus

\* déterminées par D. HALGAND.

## Sparidae

Spondyllosoma cantharus

## Labridae

LabrusCtenolabrus rupestris

## Amodytidae

Amodytes sp.

## Scombridae

Scomber scombrus

## Gobiidae

Gobius sp.

## Callionymidae

Callionymus sp.

## Scophthalmidae

Scophthalmus rhombus

## Soleidae

Solea solea

Larves de Pleuronectiformes n.d.

#### ANNEXE I.4.2 - Zooplancton - méthodologie

Les techniques utilisées pour l'étude du zooplancton dans le Golfe Normano-Breton sont celles décrites et résumées dans un rapport récemment publié (G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1985) et mises en oeuvre pour l'étude des sites côtiers de la Manche et de l'Atlantique à l'occasion des projets d'implantations de centrales nucléaires littorales.

La stratégie d'échantillonnage, la récolte et la conservation des échantillons, les techniques de laboratoire ont été dans la mesure du possible standardisées, ce qui a permis de comparer ultérieurement des données recueillies pendant plusieurs années sur des programmes différents.

##### Exemple : Récolte du zooplancton

Elle été réalisée avec un filet type WP2 décrit selon les normes UNESCO (UNESCO, 1968). C'est un filet cylindroconique dont le diamètre d'ouverture est 1/4 m<sup>2</sup>, le matériel filtrant en nylon est tissé selon un maillage dont le vide de maille est 200 µm. Il permet de récolter le mésoplancton et le petit macroplancton (diamètre 200 µm à 10 mm). Afin de recueillir les organismes plus petits (stades juvéniles et larves de mollusques) nous avons utilisé un filet WP2 modifié et équipé d'un filet de 80 µm de vide de maille.

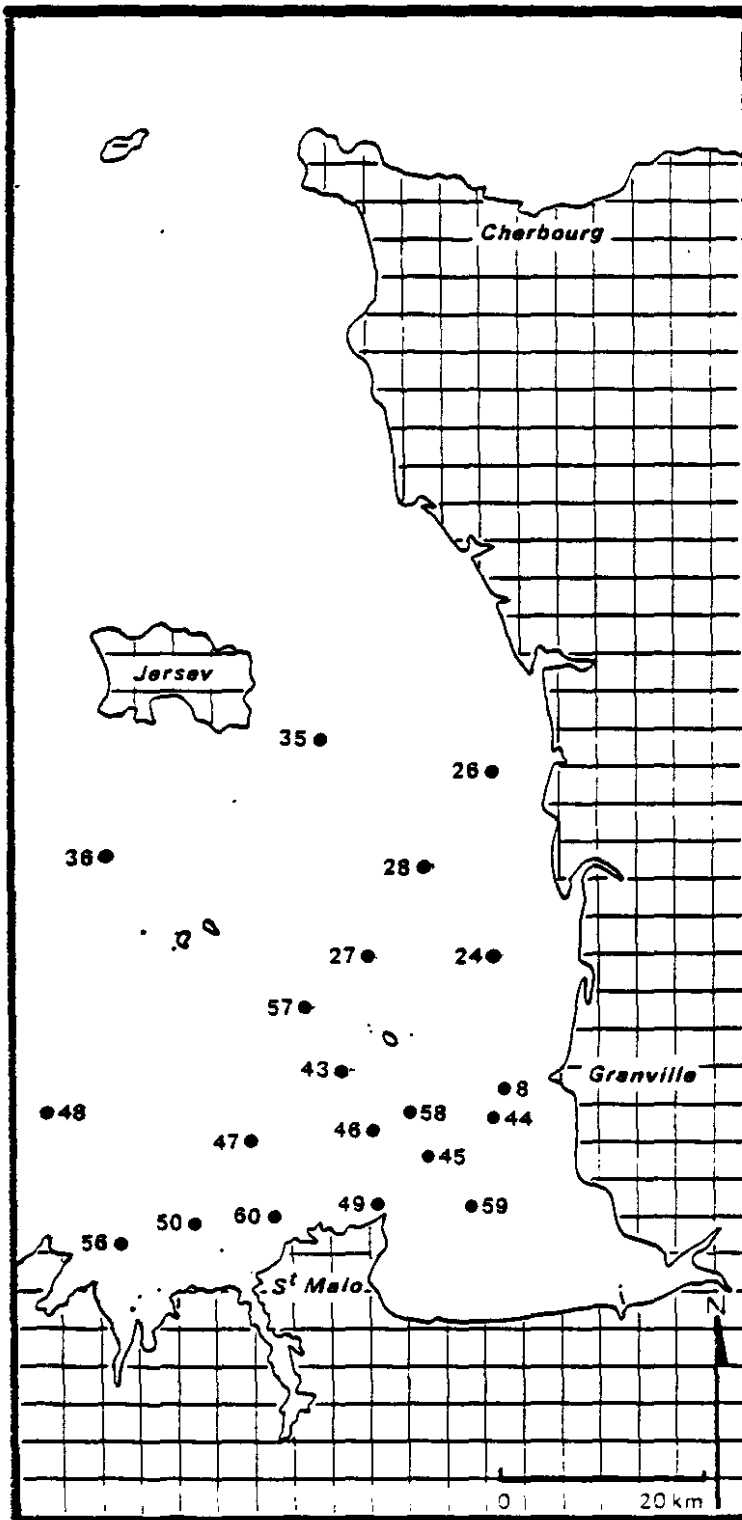
Au cours de certaines campagnes, nous avons souhaité recueillir les espèces de grande taille et avons utilisé un autre filet, le filet Bongo à maille 315 µm et 475 µm, filet échantillonneur couramment utilisé par les chercheurs des laboratoires de pêche (SMITH, 1977).

Les traits ont été effectués soit par traits verticaux soit par traits horizontaux.

Les résultats d'abondance de la biomasse ou du nombre d'individus des espèces sont connus quantitativement grâce à la mesure du volume d'eau filtrée (débitmètre T.S.K. : Tsurimi Seiki Kosakusho). Les résultats sont exprimés en poids mg/m<sup>2</sup> ou en mg/m<sup>3</sup> ou en nombre d'individus N/m<sup>2</sup> ou N/m<sup>3</sup>.

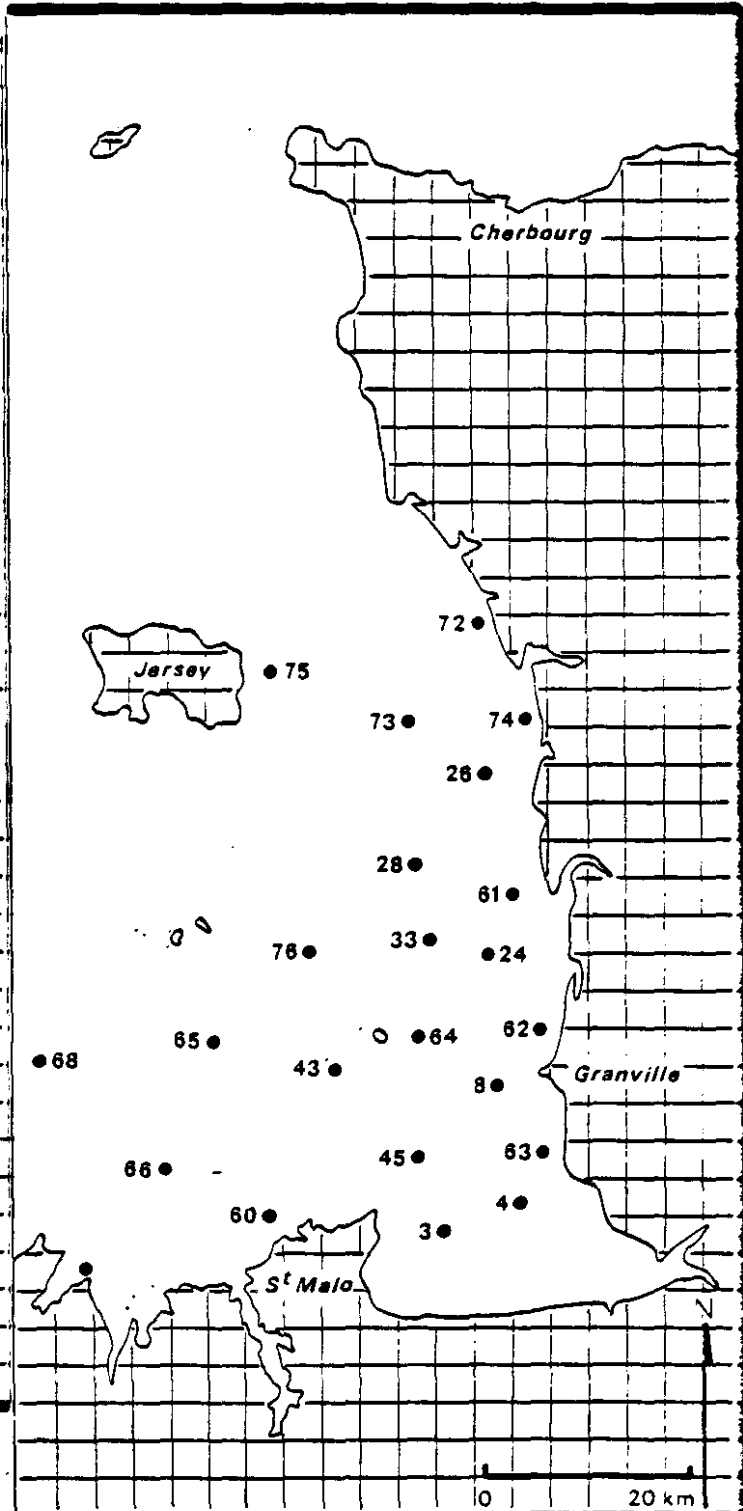
## Points de Prélèvements: Larves de Mollusques

Mai. Juin 1984



Novembre 1984

Avril. Aout 1985



Annexe I.4.4 - Coordonnées nominales des points du Golfe Normanno-Breton pour l'échantillonnage des larves de mollusques.

Numéro du point			Nom commun
3	48°40'80	1°46'20	
4	48°42'50	1°40'00	
8	48°49'00	1°42'10	
24	48°56'50	1°42'00	La Cathouse
26	49°06'73	1°42'00	Basse Jourdan
27	48°56'50	1°53'50	
28	49°01'73	1°48'00	Basse La Vieille
33	48°57'45	1°47'10	
35	49°08'30	1°56'90	
36	49°02'00	2°15'20	
43	48°49'90	1°55'40	
44	48°47'00	1°42'90	
45	48°45'00	1°48'40	
46	48°46'80	1°53'00	
47	48°45'90	2°03'00	
48	48°47'90	2°20'00	
49	48°42'20	1°52'90	
50	48°41'50	2°07'90	
56	48°40'00	2°14'00	
57	48°53'30	1°58'50	
58	48°47'40	1°49'70	
59	48°42'10	1°44'70	
60	48°42'90	2°02'00	
61	49°00'00	1°40'00	
62	48°52'00	1°38'00	
63	48°45'00	1°38'00	
64	48°52'00	1°48'00	
65	48°52'00	2°05'00	
66	48°45'00	2°10'00	
67	48°39'00	2°17'00	
68	48°51'00	2°20'00	
72	49°15'00	1°42'00	
73	49°10'00	1°48'40	
74	49°10'25	1°38'40	
75	49°12'70	1°59'80	
76	48°56'85	2°01'00	

Les coordonnées de chaque point correspondent aux coordonnées théoriques adoptées pour la première mission où le point a été étudié.

Points	1984										1985										
	Jours		02	04	04	05	05	06	07	08	10	11	02	03	04	05	07	07	08	09	10
	14/15	06	26	09	20/27	12	14/19	18	18	18/17	13/15	27	28	16/25	17	04	28	23/26	20	22	
3											*									*	
4											*									*	
6											*									*	
8						*			*		*									*	
24	*	*		*	*		*		*	*	*				*					*	
26	*			*	*				*	*	*				*					*	
27							*				*									*	
28				*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
33											*									*	
35						*					*									*	
36						*					*									*	
43					*	*	*	*	*	*	*				*		*			*	
44					*	*	*	*	*	*	*				*		*			*	
45					*	*	*	*	*	*	*				*		*			*	
46					*	*	*	*	*	*	*				*		*			*	
47					*	*	*	*	*	*	*				*		*			*	
48					*	*	*	*	*	*	*				*		*			*	
49					*	*	*	*	*	*	*				*		*			*	
50					*	*	*	*	*	*	*				*		*			*	
56					*	*	*	*	*	*	*				*		*			*	
57					*	*	*	*	*	*	*				*		*			*	
58					*	*	*	*	*	*	*				*		*			*	
59					*	*	*	*	*	*	*				*		*			*	
60					*	*	*	*	*	*	*				*		*			*	
61					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
62					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
63					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
64					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
65					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
66					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
67					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
68					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
72					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
73					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
74					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
75					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
76					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Dates des missions et points échantillonnés.

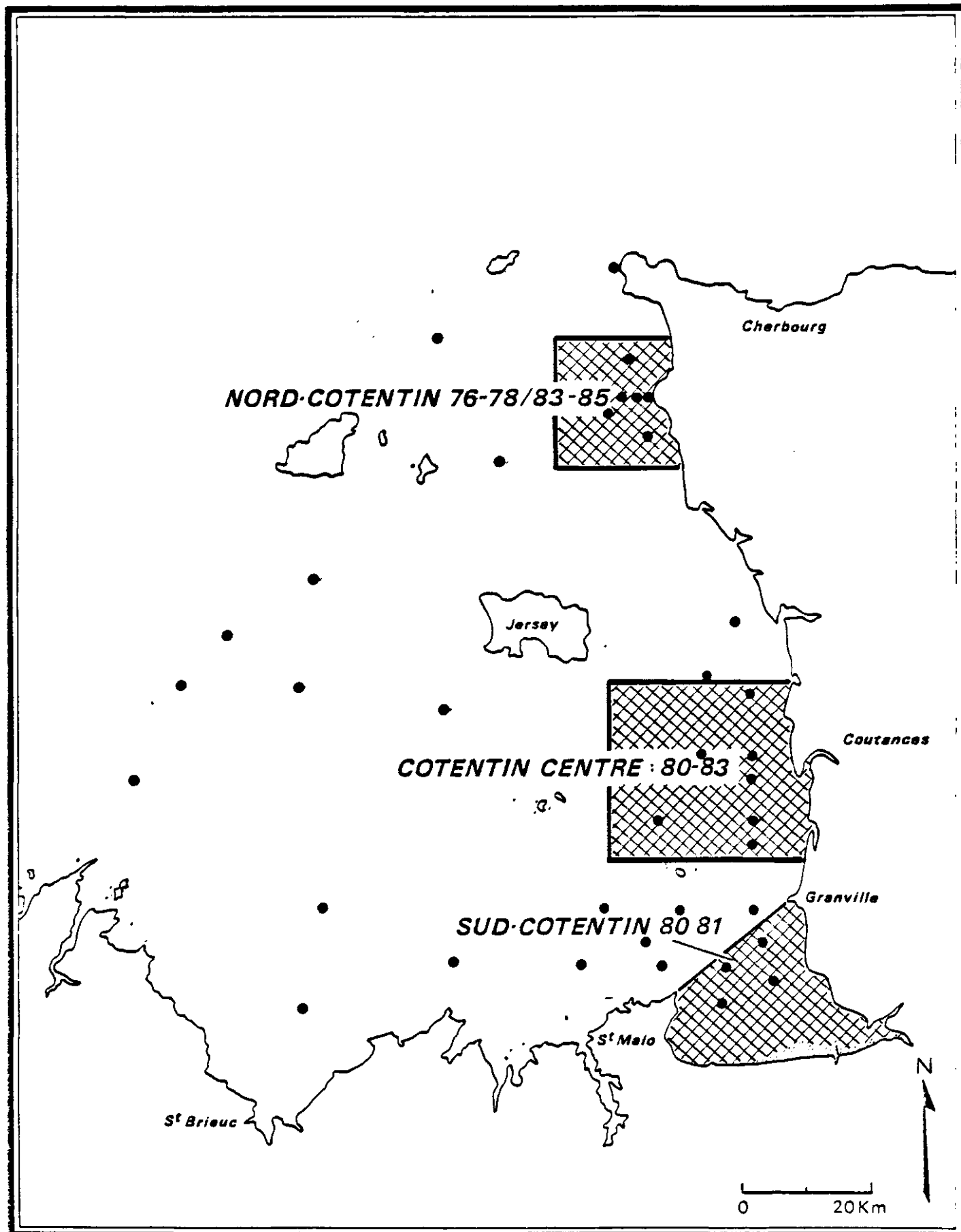


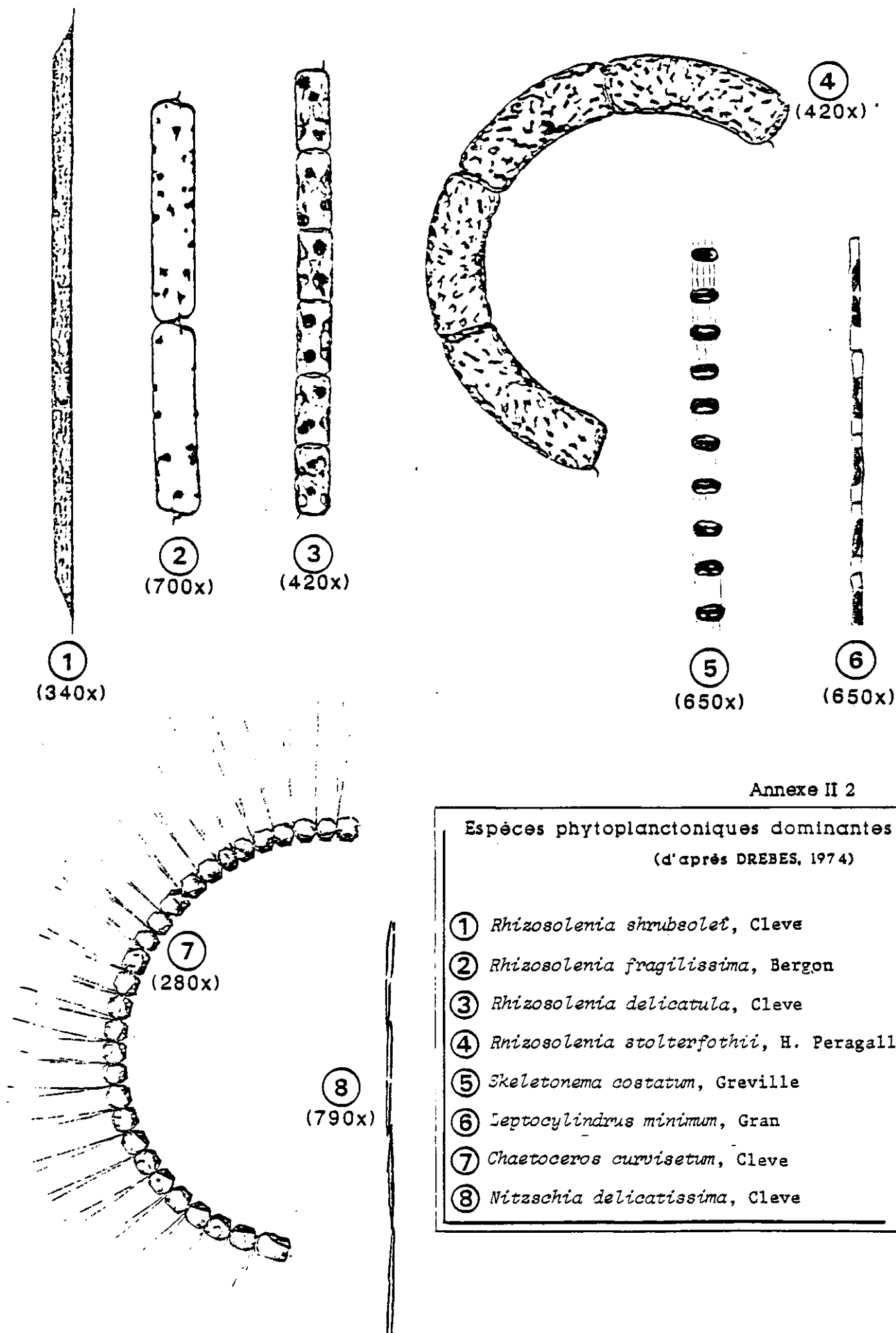
*Golfe Normano-Breton*

## PELAGOS: Variations saisonnières

## Définition des Zones

Annexe II 1





## Annexe II 2

Espèces phytoplanctoniques dominantes  
(d'après DREBES, 1974)

- ① *Rhizosolenia shrubsolef*, Cleve
- ② *Rhizosolenia fragilissima*, Bergon
- ③ *Rhizosolenia delicatula*, Cleve
- ④ *Rhizosolenia stouterfothii*, H. Peragallo
- ⑤ *Skeletonema costatum*, Greville
- ⑥ *Leptocylindrus minimum*, Gran
- ⑦ *Chaetoceros curvisetum*, Cleve
- ⑧ *Nitzschia delicatissima*, Cleve