

44505?

JL MAILLARD

8 AVR. 1988

# DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DES RECHERCHES OCEANIQUES

## FACTEURS HYDROCLIMATIQUES ET APPARITIONS D'EAUX COLOREES, EN BAIE DE VILAINE, DURANT L'ANNEE 1986.

par

Pierre MAGGI, Patrick LASSUS, Isabelle TRUQUET

IFREMER. DEPARTEMENT "MILIEU ET RESSOURCES". NANTES.

et

Louis SOULARD

DÉPARTEMENT ENVIRONNEMENT  
LITTORAL ET GESTION DU MILIEU  
MARIN

CENTRE METEOROLOGIQUE DEPARTEMENTAL

DE NANTES-CHATEAU BOUGON.



# DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DES RECHERCHES OCEANIQUES

## FACTEURS HYDROCLIMATIQUES ET APPARITIONS D'EAUX COLOREES, EN BAIE DE VILAINE, DURANT L'ANNEE 1986.

par

Pierre MAGGI, Patrick LASSUS, Isabelle TRUQUET

IFREMER. DEPARTEMENT "MILIEU ET RESSOURCES". NANTES.

et

Louis SOULARD

CENTRE METEOROLOGIQUE DEPARTEMENTAL

DE NANTES-CHATEAU BOUGON.

08 MARS 1988

DERO-87.16-MR

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER

IFREMER  
CENTRE DE NANTES  
B. P. n° 1049  
44037 NANTES CEDEX 01  
Tél. 40 37 40 00

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT  
ET DES RECHERCHES Océaniques  
DEPARTEMENT MILIEU ET RESSOURCES - NANTES

AUTEUR (S) : MAGGI Pierre, LASSUS Patrick, TRUQUET Isabelle, SOULARD Louis	CODE : N° DERO-87-16-MR
TITRE FACTEURS HYDROCLIMATIQUES ET APPARITIONS D'EAUX COLOREES, EN BAIE DE VILAINE, DURANT L'ANNEE 1986.	date :décembre 1987 tirage nb : 80 Nb pages : 50 Nb figures : 31 Nb photos :
CONTRAT (intitulé)	DIFFUSION libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> confidentielle <input type="checkbox"/>

*RESUME* : Contrairement à 1983 et 1984 le bloom printanier à diatomées *Skeletonema costatum* ne s'est pas manifesté en 1985 et 1986 par une intense coloration marron des eaux superficielles de la baie de Vilaine car certains facteurs ont été défavorables : températures basses, vents modérés et forts abondants, mer agitée à très forte...

Lorsque les conditions deviendront favorables on observera, fin avril, un bloom à *Thalassiosira rotula* avec seulement 300 000 cellules par litre mais plus de 20 mg de chlorophylle par m<sup>3</sup>.

A la mi-juin, un véritable bloom estival à *Cerataulina bergohnii* se produira mais sans conséquence pour le milieu. Durant tout l'été les populations de diatomées avoisineront 1 000 000 de cellules par litre avec des concentrations chlorophylliennes supérieures à 1 mg/m<sup>3</sup>.

Enfin, l'enrichissement des eaux, après les pluies importantes de la mi-septembre, induira un bloom à diatomées fin septembre qui sera sans incidence sur le milieu.

L'évolution saisonnière des dinoflagellés dans la baie montre une certaine similitude avec les maximums observés en 1985 bien que les variations quantitatives diffèrent pour certains groupes : les gymmodiniens sont beaucoup plus nombreux qu'en 1985 alors que le genre *Alexandrium* est peu ou pas représenté, au contraire de 1985.

Enfin, pour ce qui concerne l'espèce toxique *Dinophysis sacculus*, ses concentrations sont plus denses qu'en 1985 bien que le pic saisonnier soit toujours situé en juin.

mots-clés : Eaux colorées, facteurs climatiques, baie de Vilaine, sels nutritifs, diatomées

key words : Bloom, climatic factors, Vilaine bay, nutrients, diatoms

© IFREMER - Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer.



**Abstract** : Unlike to 1983 and 1984 spring bloom of diatom Skeletonema costatum was not detected in 1985 and 1986 as a strong brown discolored water outspreading in surface layers of Vilaine bay. This can be explained by the role of some negative factors : low temperatures, high amounts of moderate to strong winds, surface of the sea rough to heavy.

With occurrence of favourable conditions in late April a bloom (300 000 cells by  $l^{-1}$  and 20 mg/m<sup>3</sup> chlorophyll) of Thalassiosira rotula was detected. A real summer bloom of Cerataulina bergohnii was then observed in mid-June but without any effects on environment. Diatoms populations during all summer period reached one million cells by  $l^{-1}$  with chlorophyll concentrations exceeding 1 mg/m<sup>3</sup>.

After heavy rainfalls of mid September, nutrients input in the bay produced a diatom bloom in late September, still without any effects on environment.

Seasonal developments of dinoflagellates in the bay system is rather similar to 1985 patterns except variations in biomasses : Gymnodinidae populations are higher than in 1985 whereas genera Alexandrium is weakly represented, unlike to 1985 high concentrations of July. At least, the toxic species Dinophysis sacculus show higher concentrations in 1986 than 1985 with the same maximum in June.

## SOMMAIRE

I - INTRODUCTION .....	2
II - FACTEURS CLIMATIQUES .....	4
1 - Précipitations atmosphériques .....	4
2 - Températures de l'air .....	7
3 - Vents .....	7
4 - Insolation .....	10
5 - Etat de la mer du vent .....	11
6 - Coefficients de marée .....	16
III - FACTEURS HYDROLOGIQUES .....	17
1 - Méthodologie .....	17
a) Campagnes de prélèvements .....	17
b) Méthodes analytiques .....	17
2 - Résultats .....	19
a) Température .....	19
b) Salinité .....	19
c) Chlorophylle a, phéopigments et rapport pigmentaire .....	24
d) Nitrates .....	28
e) Nitrites .....	28
f) Ammoniaque .....	28
g) Urée .....	28
h) Phosphates .....	28
IV - VARIATIONS D'ABONDANCE DU PHYTOPLANCTON .....	34
1 - Successions phytoplanctoniques .....	34
2 - Distribution verticale des différents groupes phytoplanctoniques dénombrés .....	35
a) Diatomées .....	35
b) Dinoflagellés .....	35
V - CONCLUSIONS .....	49

## I - INTRODUCTION

Ce travail fait suite aux études entreprises, en baie de Vilaine, après les mortalités de poissons de 1982 (MAGGI, 1982) et les troubles diarrhéiques observés parmi les consommateurs de moules, les années suivantes (ALZIEU et al., 1983 ; LASSUS et al. 1983 ; 1984 ; 1986 ; MAGGI, 1984 ; MAGGI et al., 1984 ; 1985 ; 1986 ; 1987).

Dès la fin 1982, les autorités mirent en place une Commission quadripartite, composée de représentants des administrations, des professionnels de la mer, d'élus locaux et de scientifiques, qui avait pour but de définir les axes de recherches permettant de trouver des solutions aux problèmes posés.

Mais auparavant dès janvier 1982, l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes (1) avait entrepris un inventaire phytoplanctonique (ANDRESEN-LEITAO et al., 1983) complété par une étude bactériologique conduite par le Laboratoire de Microbiologie Pharmaceutique de l'Université de Rennes (GRIMANDI et al. 1983). Le but de ces études était de rechercher l'origine des troubles de type gastro-entérite consécutifs à la consommation des moules et tenter de faire la part entre ce qui pouvait être d'origine bactérienne et ce que l'on soupçonnait, alors, dû à une toxine produite par des dinoflagellés. Mais il n'y eut pas d'intoxication en 1982, vraisemblablement parce que le milieu fortement réducteur, résultant des chutes des teneurs en oxygène dissous des eaux de fond, limitait le développement des organismes suspectés.

Ces études ont été suivies, dès 1983, par la mise en place d'un programme qui n'était plus limité aux zones de production mytilicole mais se voyait étendu à l'ensemble de la baie de Vilaine. Ce programme a permis d'expliquer les apparitions "d'eaux brunes" de printemps signalées par les pêcheurs locaux comme étant des taches d'eau douce issues de la Vilaine, lors de lâchers du barrage d'Arzal. Ainsi, la coloration des eaux de la mi-mars 1983 a été attribuée à une efflorescence de la diatomée *Skeletonema costatum* dont la prolifération a été favorisée par des conditions hydroclimatiques particulières (MAGGI, 1983). Ce programme a également permis de détecter la prolifération de diatomées, des genres *Nitzschia* et *Rhizosolenia*, apparue début juin et également favorisée par les conditions hydroclimatiques qui ont régné (ALZIEU et al., 1983 ; MAGGI et al., 1984). Par la suite, le bloom à diatomées a épuisé le stock de sels nutritifs et les populations de diatomées ont régressé à l'avantage des dinoflagellés dont une espèce *Dinophysis cf. acuminata* (2) rendait les moules toxiques ; ceci a contraint les autorités préfectorales à suspendre la commercialisation des moules en juillet et août.

(1) L'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes a été, au 1er janvier 1985, fusionné avec le Centre National pour l'Exploitation des Océans donnant naissance à l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer.

(2) *Dinophysis cf. acuminata* serait vraisemblablement *Dinophysis sacculus* (BALECH, 1986. Communication personnelle).

La poursuite du programme en 1984 a confirmé la responsabilité de la diatomée S. costatum dans les apparitions d'eaux brunes du début avril et celle des petites diatomées (Chaetoceros et Rhizosolenia) dans les eaux colorées de courant juin. Comme l'année précédente les conditions hydroclimatiques ont favorisé ces développements. Le bloom estival a également été suivi d'un appauvrissement du stock de sels nutritifs et les populations de diatomées ont regressé à l'avantage des dinoflagellés dont le D. sacculus qui a contraint à un arrêt de la commercialisation des moules à la mi-juillet.

Durant l'année 1985 le développement printanier de la diatomée S. costatum ne s'est pas manifesté par une coloration marron des eaux superficielles du fait de conditions hydroclimatiques défavorables : températures basses mais surtout importante agitation de la mer par les vents. Par contre, ce bloom à S. costatum a été visible, fin mars, dans les bassins portuaires de Saint-Nazaire qui constituaient un milieu particulièrement calme.

Par la suite, un bloom estival précoce s'est manifesté, dès le début mai, avec la pullulation de petites diatomées (Thalassiosira sp. et Rhizosolenia delicatula) qui ont regressé fin juin. Cette efflorescence a été favorisée par certains facteurs hydroclimatiques (forte pluviosité, mer faiblement agitée, dessalure et enrichissement en sels nutritifs des eaux superficielles) ; elle a disparu lorsque la mer a été agitée et que les teneurs en sels nutritifs ont chuté à des valeurs faibles.

En ce qui concerne l'incidence économique du phénomène Dinophysis on peut dire qu'elle a été nulle en 1985 puisqu'aucun cas d'intoxication par les moules n'a été signalé ; toutefois D. sacculus a bien été présent dans l'eau à partir du mois d'avril avec trois périodes à plus fortes densités : début mai, mi-juin et mi-juillet.

Le présent travail a été réalisé dans le cadre des programmes 1986 de l'IFREMER, en collaboration avec l'Association Halieutique du Mor Bras, afin de mieux connaître les conditions de milieu pouvant favoriser les blooms à diatomées et les apparitions de D. sacculus.

## II - FACTEURS CLIMATIQUES

L'analyse des facteurs climatiques a été effectuée à partir des données du Centre Météorologique départemental de Nantes/Château-Bougon et du sémaphore de l'île d'Yeu.

### 1 - Précipitations atmosphériques (tabl. 1, fig. 1 et 2)

Globalement la pluviosité a été légèrement supérieure à la normale (+ 9 %). D'une façon générale il y a eu :

- des périodes à pluviosités très fortement excédentaires : janvier (+ 51 %), février (+ 41 %), avril (+ 23 %), septembre (+ 43 %) et octobre (+ 18 %) ;
- des périodes à pluviosités proches de la normale : mars (+ 7 %), mai (+ 5 %), novembre (+ 3 %) et décembre (+ 2 %) ;
- des périodes à pluviosités très largement déficitaires : juin (- 30 %), juillet (- 52 %) et août (- 54 %).

Ainsi il apparaît qu'une longue période - du 1er janvier au 20 mai - particulièrement pluvieuse (+ 34 %) a été suivie d'une période à fort déficit pluviométrique (- 54 %) : du 21 au 10 septembre c'est-à-dire durant tout l'été. Ce sont les deux faits marquants de 1986 qui peuvent avoir eu une incidence sur les populations phytoplanctoniques. En effet, les fortes pluies de septembre, octobre et novembre ne suffisent pas à elles seules à relancer la multiplication des organismes à un moment où insolation et température deviennent des facteurs limitants.

mois	1ere decade	2eme decade	3eme decade	Total	Normale
Janvier	63,4	14,9	48,5	126,8	84
Février	20,3	38,8	37,9	97,0	69
Mars	5,9	5,8	58,0	69,7	65
Avril	18,2	19,2	19,1	56,5	46
Mai	32,7	20,0	6,3	59,0	56
Juin	2,7	2,2	27,2	32,1	46
Juillet	15,7	0,1	7,5	23,3	48
Août	3,8	5,2	17,5	26,5	57
Septembre	0,1	95,9	4,2	100,2	70
Octobre	0	26,5	58,5	85,0	72
Novembre	10,0	64,5	17,3	91,8	89
Décembre	25,4	52,8	12,1	90,3	88
TOTAL	-	-	-	858,2	790

Tabl.1.- Précipitations décadaires et mensuelles pour 1986 et normales mensuelles calculées sur la période 1951-1980 (exprimées en mm).



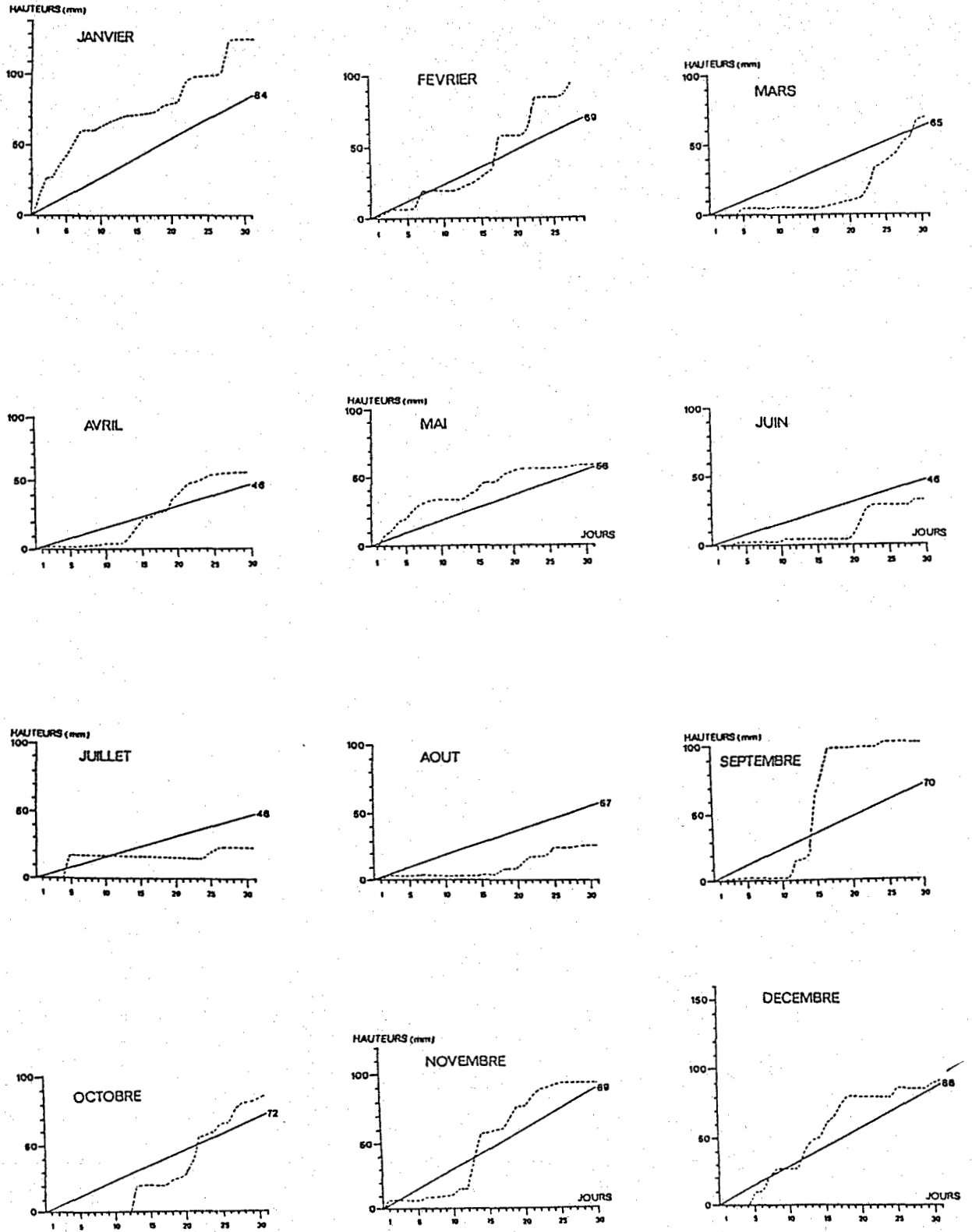


Fig. 1.- Hauteurs journalières cumulées des précipitations atmosphériques mensuelles pour chaque mois de 1986 (---) et normales théoriques correspondantes calculées sur la période 1951-1980 (—).

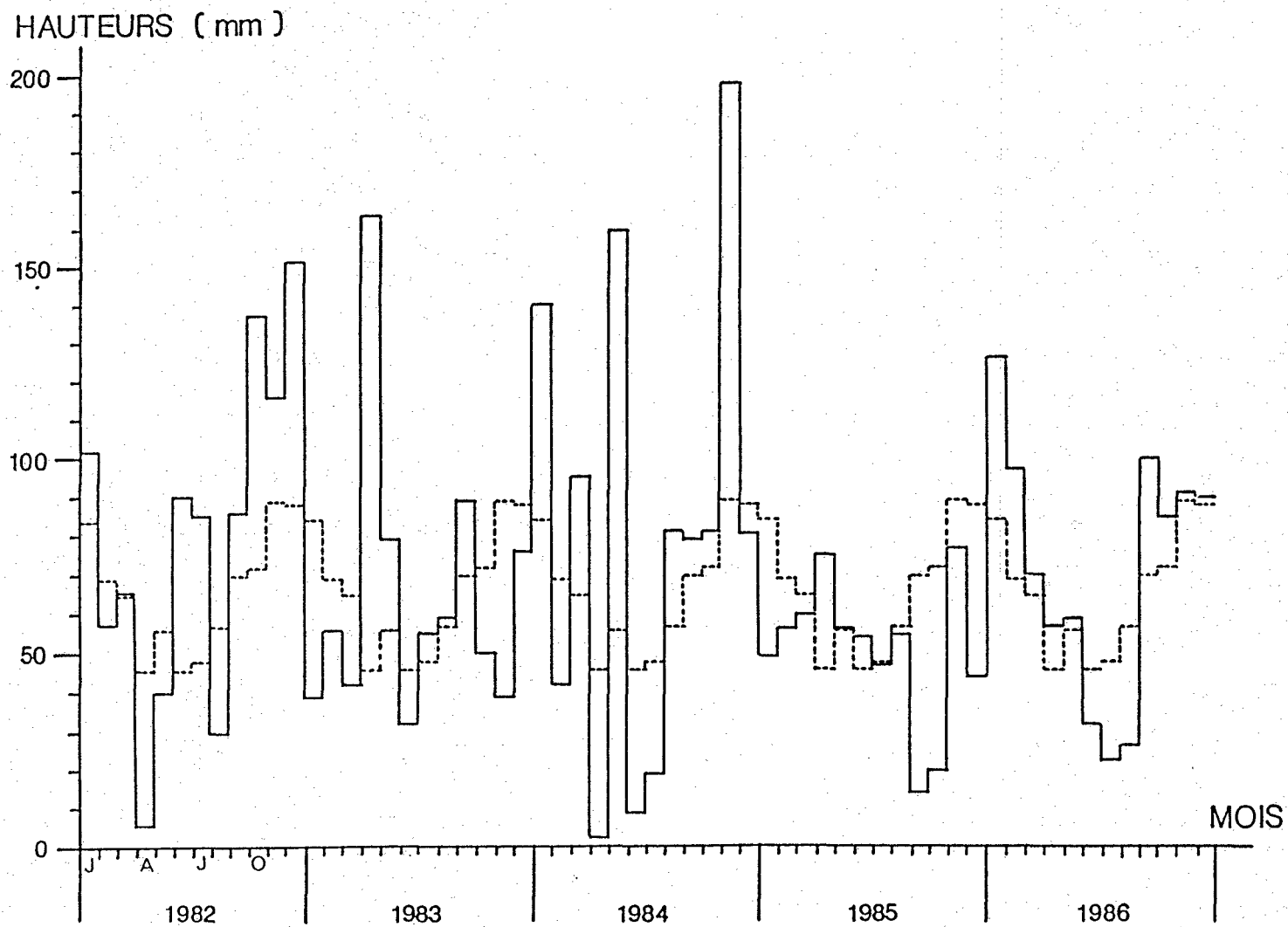


Fig. 2.- Précipitations mensuelles de 1982 à 1986 (-)  
 et normales correspondantes calculées pour la période 1951-1980 (...)

## 2 - Température de l'air (fig. 3)

L'évolution de la température de l'air a une répercussion sur la valeur des températures du milieu aquatique et, par là, sur la croissance et la multiplication du phytoplancton.

A un début d'année particulièrement doux et pluvieux, a succédé, à partir du 25 janvier, une période exceptionnellement froide, avec d'abondantes chutes de neige, jusqu'à début mars. Après une fin de mois à températures voisines des normales, avril et la première moitié de mai enregistrent un déficit thermique bien marqué.

Après un léger réchauffement durant la seconde quinzaine de mai, les températures deviennent déficitaires durant la première moitié de juin puis excédentaires pendant la seconde.

Juillet et août enregistrent des températures sensiblement voisines des normales tandis que septembre est un mois plutôt frais.

Enfin, durant les trois derniers mois de l'année, les températures extrêmes sont supérieures aux normales.

Ainsi, en ce qui concerne le paramètre température en tant que facteur favorisant le développement du phytoplancton, il faut retenir que les températures printanières n'ont pas été favorables tandis que celles de la seconde moitié de juin l'ont été.

## 3 - Vents (fig. 4)

Rappelons que, d'après leur vitesse, on distingue les vents :

- calmes : inférieurs à 2 m/s
- faibles : 2 à 4 m/s
- modérés : 5 à 9 m/s
- forts : 10 m/s et plus.

En baie de Vilaine, la configuration et l'orientation des rivages modifient le rôle des vents sur la physico-chimie du milieu marin :

- les vents de terre, soufflant des secteurs 360° et 80° avec une certaine force, favorisent le mélange des eaux continentales aux eaux océaniques ; cependant, du fait de la configuration des rivages, les vents faibles ont peu d'influence sur une grande partie de la baie, à moins qu'ils ne soufflent durant une longue période,
- les vents de mer, issus des secteurs 180° et 280°, au contraire retardent ce mélange des eaux et peuvent maintenir dans la frange littorale, les eaux dessalées et enrichies favorables au développement du phytoplancton lorsque les autres facteurs du milieu sont optimaux.

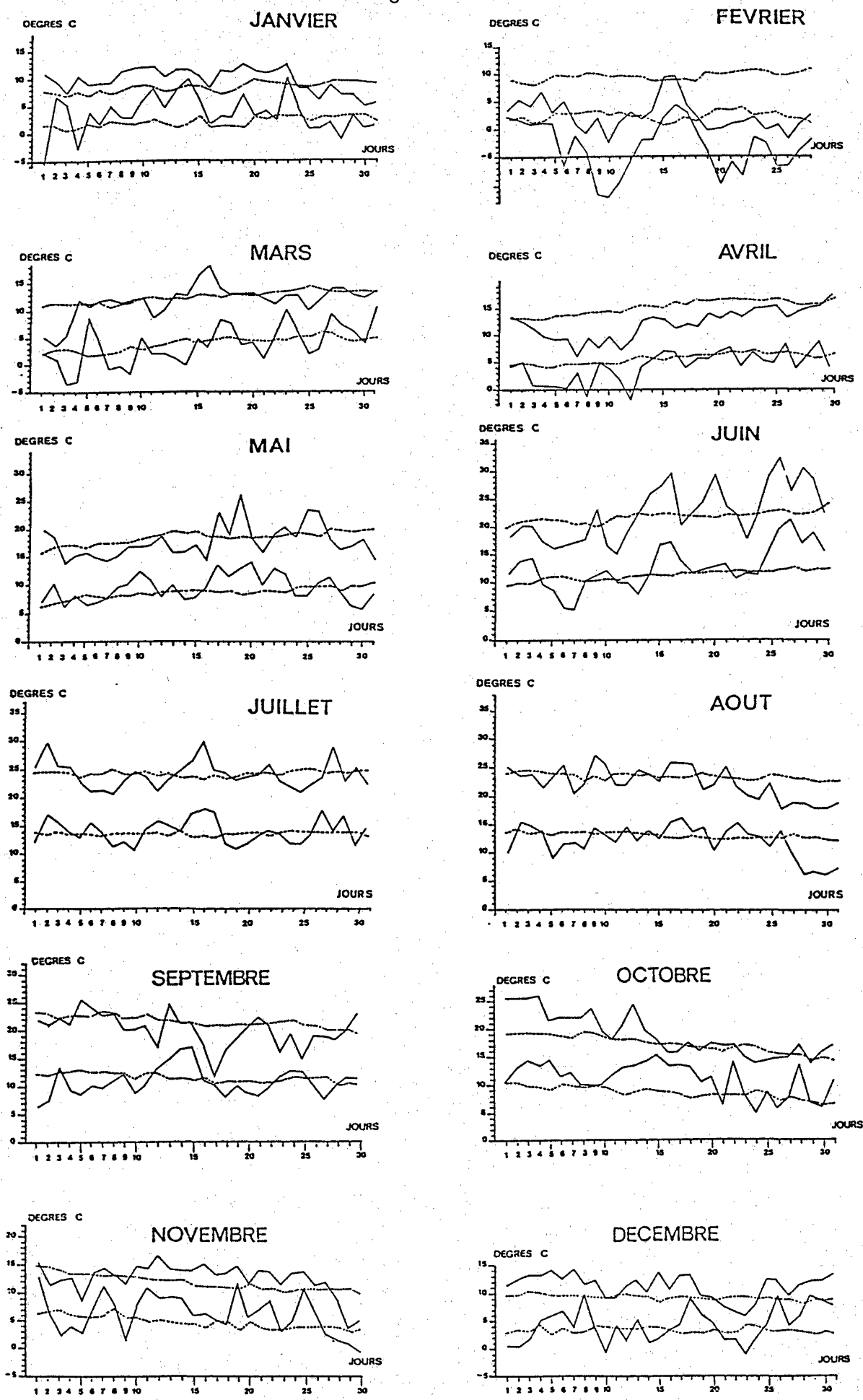
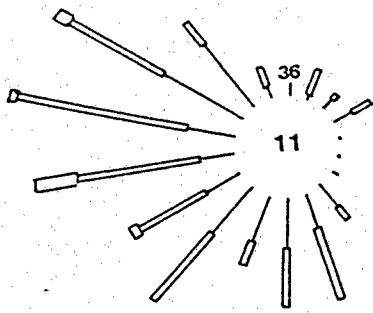
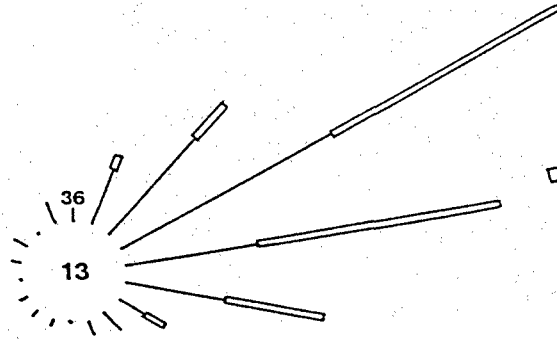


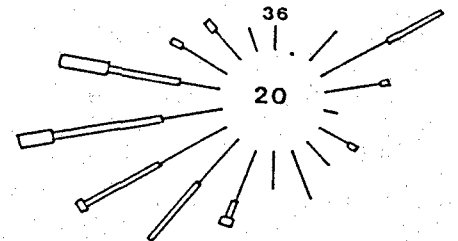
Fig. 3.- Températures journalières minimales (— bas) et maximales (— haut) de l'air, pour chaque mois de 1986, et normales correspondantes (---) calculées sur la période 1951-1980).



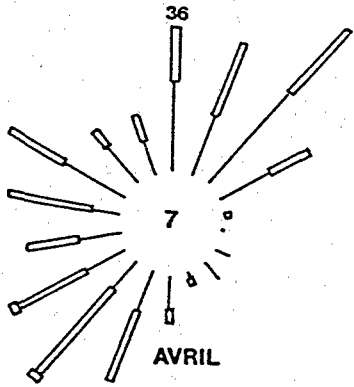
JANVIER



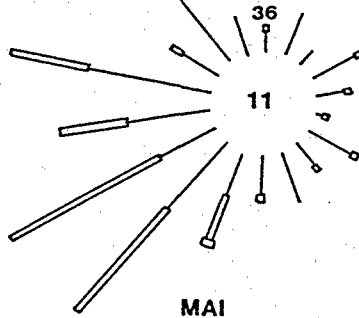
FEVRIER



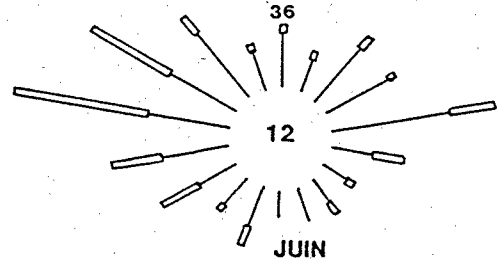
MARS



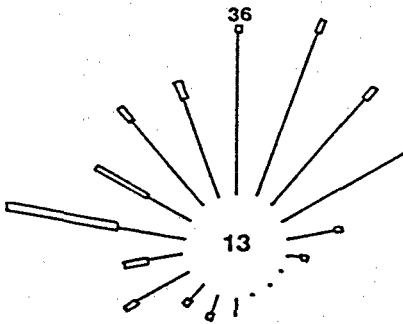
AVRIL



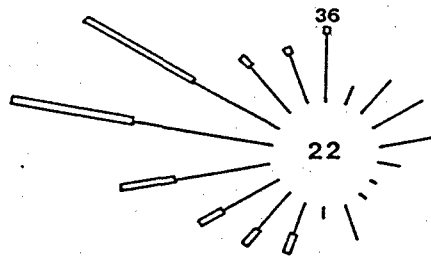
MAI



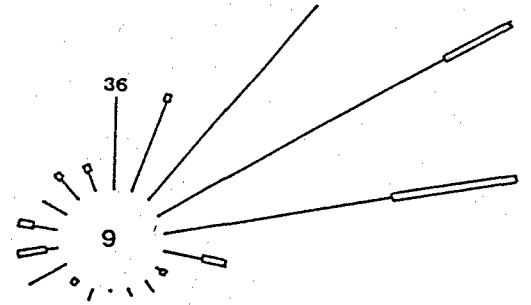
JUN



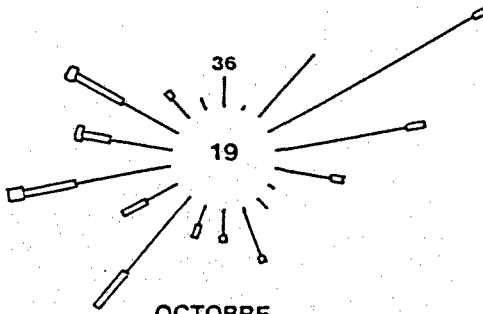
JUILLET



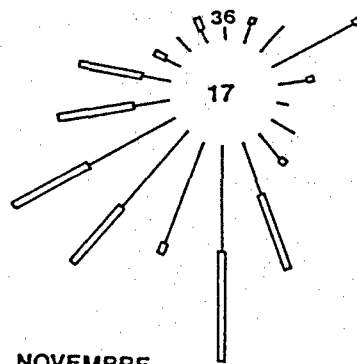
AOUT



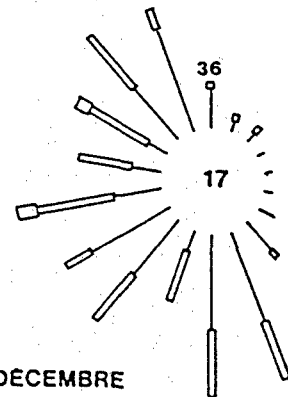
SEPTEMBRE



OCTOBRE



NOVEMBRE



DÉCEMBRE

VC < 2 m/s  
 — 2 a 4 m/s  
 ▬ 5 a 9 m/s  
 ▭ ≥ 10 m/s

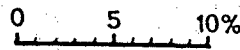


Fig. 4 .- Pourcentages relatifs des intensités de vents, en fonction des directions, pour les mois de 1986. Les chiffres au centre des roses indiquent les pourcentages de vents calmes (VC).

Dans certaines conditions, les vents de mer peuvent favoriser la concentration d'organismes phytoplanctoniques en poussant, vers le rivage, des eaux superficielles fortement colonisées ; les vents de terre peuvent avoir des effets contraires.

D'une manière générale l'absence de vent et les eaux calmes qui en résultent sont des facteurs favorables à la multiplication des organismes dans un volume limité d'eau. A l'opposé, des vents d'une certaine force, en agitant la mer, favorisent la disparition de la coloration donnée à la mer lors d'une efflorescence phytoplanctonique.

L'analyse mensuelle des vents, durant l'année 1986 a été effectuée en fonction de leur direction et de leur vitesse.

Globalement les vents calmes et faibles ont été abondants en début d'année mais avec cependant la dominance de vents :

- modérés des secteurs 160 à 300° en janvier,
- modérés de 040 à 100° en février,
- modérés et forts de 200 à 280° en mars,
- modérés de 200 à (360)060° en avril,

qui ont contribué à entretenir une certaine agitation de la mer.

En mai cette agitation est entretenue par l'importance des vents modérés soufflant des secteurs 200 à 280°.

De juin à octobre les vents modérés régressent, à l'avantage des vents calmes et faibles, favorisant ainsi la stabilité des masses d'eau.

Enfin, le reste de l'année, les vents calmes et faibles redeviennent importants mais avec des vents modérés bien marqués.

D'une manière générale les vents des cinq premiers mois de l'année ont été favorables à une agitation de la mer et, par conséquent, à un bon mélange des eaux côtières dessalées avec celles du large. Par contre, durant tout l'été, les vents ont été favorables à une grande stabilité des masses d'eau.

#### 4 - Insolation (tabl. 2, fig. 5)

L'insolation a été :

- légèrement déficitaire en mars,
- légèrement excédentaire en juin, juillet et septembre,
- très excédentaire en décembre (+ 53 %),
- et voisine des normales le reste de l'année.

L'insolation est un facteur essentiel au développement des végétaux mais, dès mars-avril, la durée d'insolation atteinte suffit au démarrage de la végétation et tout excédent semble alors sans effet apparent. De même, le léger déficit de mars ne peut avoir eu qu'une action mineure.

mois	1ère décade	2ème décade	3ème décade	Total	Normale
Janvier	28,9	24,4	23,2	76,5	72
Février	32,4	33,2	33,1	98,7	98
Mars	41,6	42,4	42,7	126,7	149
Avril	51,3	55,9	66,1	173,3	190
Mai	64,7	56,0	85,7	206,4	219
Juin	71,0	102,7	95,0	268,7	234
Juillet	87,8	90,3	97,6	275,7	250
Août	90,5	64,8	67,9	223,2	229
Septembre	107,9	36,7	63,7	208,3	182
Octobre	85,6	26,1	38,5	150,2	139
Novembre	28,5	22,3	31,8	82,6	85
Décembre	47,7	17,9	32,9	98,5	64
TOTAL	-	-	-	1988,8	1 911

Tabl. 2.- Insolations décadaires et mensuelles pour 1986 et normales mensuelles calculées sur la période 1951-1980 (exprimées en heures).

### 5 - Etat de la mer du vent

Nous avons analysé les données recueillies par le sémaphore de l'île d'Yeu ; l'état de la mer du vent est décrit en fonction de la hauteur moyenne des vagues (tabl. 3).

Etat de la mer	Hauteurs moyennes des vagues (m)
Calme	0
Ridée	0 à 0,1
Belle	0,1 à 0,5
Peu agitée	0,5 à 1,25
Agitée	1,25 à 2,5
Forte	2,5 à 4
Très forte	4 à 6
Grosse	6 à 9
Très grosse	9 à 14
Enorme	14 et plus

Tabl. 3.- Différents états de la mer du vent.

Les tableaux 4 et 5 et la figure 6 regroupent les pourcentages relatifs des différents états de la mer, calculés par décades et par mois, pour toute l'année 1986.

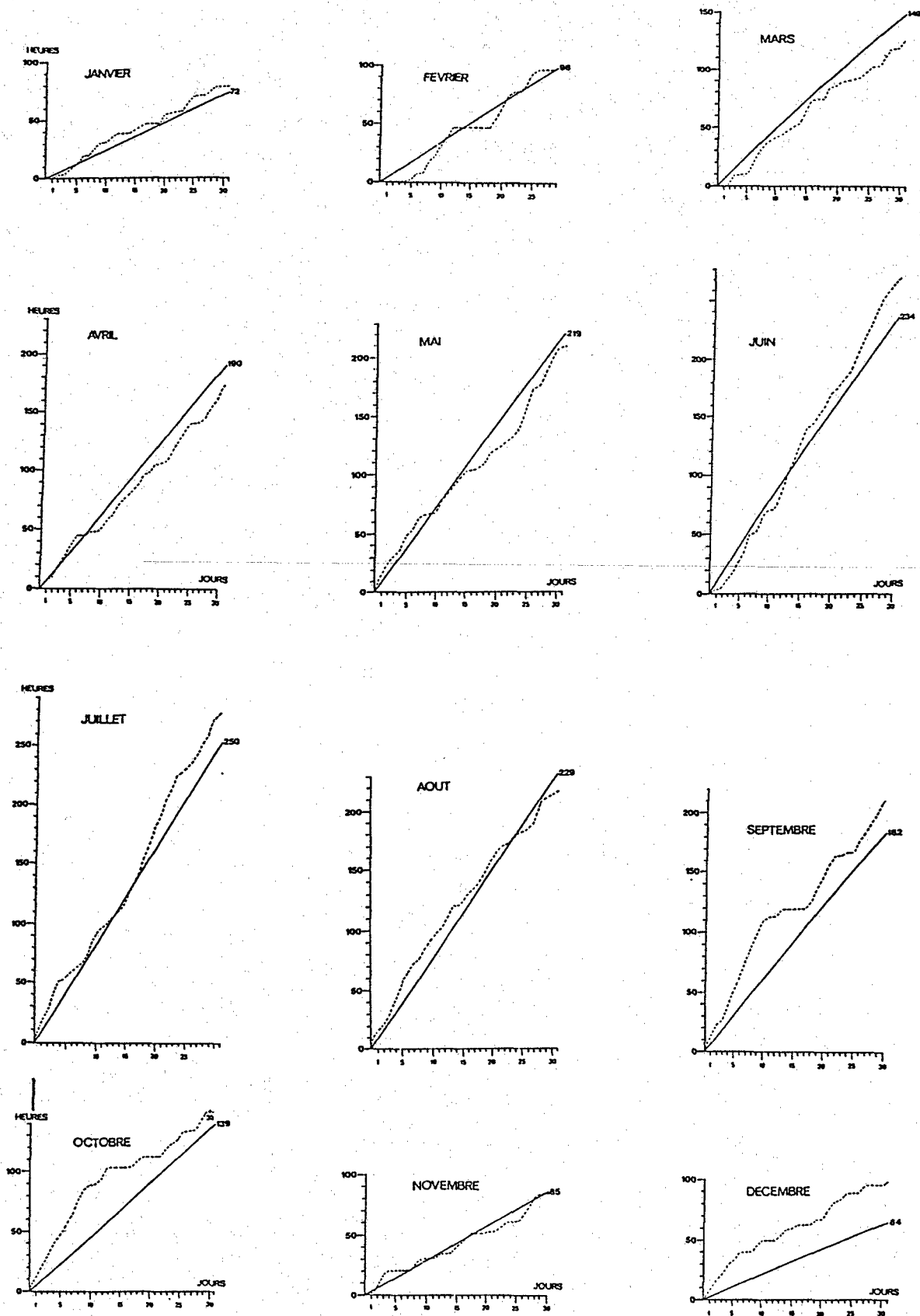


Fig. 5 .- Durées journalières cumulées de l'insolation mensuelle pour chaque mois de l'année 1986 (---) et normales théoriques correspondantes calculées sur la période 1951-1980 (—).



Mois	Mer	1ère décade	2ème décade	3ème décade	Mois entier
JANVIER	1 - Ridée	0	0	0	0
	2 - Belle	18,6	20,0	11,7	16,6
	3 - Peu agitée	20,0	31,4	33,7	28,6
	4 - Agitée	25,7	31,4	20,8	25,8
	5 - Forte	17,1	17,1	19,5	18,0
	6 - Très forte	12,9	0	14,3	9,2
	7 - Grosse	5,7	0	0	1,8
FEVRIER	1 - Ridée	0	0	0	0
	2 - Belle	25,7	1,5	20,0	15,5
	3 - Peu agitée	55,7	72,5	43,6	58,3
	4 - Agitée	15,7	24,6	36,4	24,7
	5 - Forte	2,9	1,5	0	1,6
	6 - Très forte	0	0	0	0
	7 - Grosse	0	0	0	0
MARS	1 - Ridée	0	4,2	0	1,4
	2 - Belle	68,3	67,1	3,9	44,3
	3 - Peu agitée	30,2	15,7	11,7	18,6
	4 - Agitée	1,6	12,9	31,2	16,2
	5 - Forte	0	0	33,8	12,4
	6 - Très forte	0	0	19,5	7,1
	7 - Grosse	0	0	0	0
AVRIL	1 - Ridée	1,4	0	0	0,5
	2 - Belle	61,4	0	46,4	35,9
	3 - Peu agitée	28,6	50,0	24,6	34,5
	4 - Agitée	8,6	32,9	17,4	19,6
	5 - Forte	0	17,1	11,6	9,6
	6 - Très forte	0	0	0	0
	7 - Grosse	0	0	0	0
MAI	1 - Ridée	1,4	1,5	2,6	1,9
	2 - Belle	28,6	82,6	75,3	62,5
	3 - Peu agitée	52,9	15,9	14,3	27,3
	4 - Agitée	12,9	0	7,8	6,9
	5 - Forte	4,3	0	0	1,4
	6 - Très forte	0	0	0	0
	7 - Grosse	0	0	0	0
JUIN	1 - Ridée	4,8	30,2	7,1	13,8
	2 - Belle	81,0	55,6	62,9	66,3
	3 - Peu agitée	14,3	11,1	27,1	17,9
	4 - Agitée	0	3,2	2,9	2,0
	5 - Forte	0	0	0	0
	6 - Très forte	0	0	0	0
	7 - Grosse	0	0	0	0

Tabl. 4. - Pourcentages relatifs, décadaires et mensuels, de l'état de la mer du vent pour le premier semestre 1986.

Mois	Mer	1ère décade	2ème décade	3ème décade	Mois entier
JUILLET	1 - Ridée	27,0	27,1	21,4	25,1
	2 - Belle	49,2	38,6	52,9	46,8
	3 - Peu agitée	22,2	34,3	25,7	27,6
	4 - Agitée	1,6	0	0	0,5
	5 - Forte	0	0	0	0
	6 - Très forte	0	0	0	0
	7 - Grosse	0	0	0	0
AOÛT	1 - Ridée	4,3	19,1	1,3	7,6
	2 - Belle	68,6	71,4	35,1	57,1
	3 - Peu agitée	27,1	9,5	41,6	27,1
	4 - Agitée	0	0	16,9	6,2
	5 - Forte	0	0	5,2	1,9
	6 - Très forte	0	0	0	0
	7 - Grosse	0	0	0	0
SEPTEMBRE	1 - Ridée	12,9	1,4	3,9	6,0
	2 - Belle	74,3	54,3	77,9	69,1
	3 - Peu agitée	12,9	41,4	15,6	23,0
	4 - Agitée	0	2,9	2,6	1,8
	5 - Forte	0	0	0	0
	6 - Très forte	0	0	0	0
	7 - Grosse	0	0	0	0
OCTOBRE	1 - Ridée	1,5	0	0	0,5
	2 - Belle	98,6	52,2	3,2	53,0
	3 - Peu agitée	0	33,3	41,9	24,5
	4 - Agitée	0	5,8	27,4	10,5
	5 - Forte	0	8,7	17,7	8,5
	6 - Très forte	0	0	9,7	3,0
	7 - Grosse	0	0	0	0
NOVEMBRE	1 - Ridée	0	0	0	0
	2 - Belle	45,7	8,6	21,4	25,2
	3 - Peu agitée	22,8	25,7	21,4	23,3
	4 - Agitée	31,4	51,4	34,3	39,0
	5 - Forte	0	14,3	20,0	11,4
	6 - Très forte	0	0	2,9	1,0
	7 - Grosse	0	0	0	0
DECEMBRE	1 - Ridée	0	0	0	0
	2 - Belle	24,3	11,4	7,8	14,3
	3 - Peu agitée	25,6	20,0	64,9	38,7
	4 - Agitée	30,0	31,4	24,7	28,6
	5 - Forte	14,3	30,0	2,6	15,2
	6 - Très forte	2,9	7,1	0	3,2
	7 - Grosse	0	0	0	0

Tabl. 5.- Pourcentages relatifs, décadaires et mensuels, de l'état de la mer du vent pour le second semestre 1986.

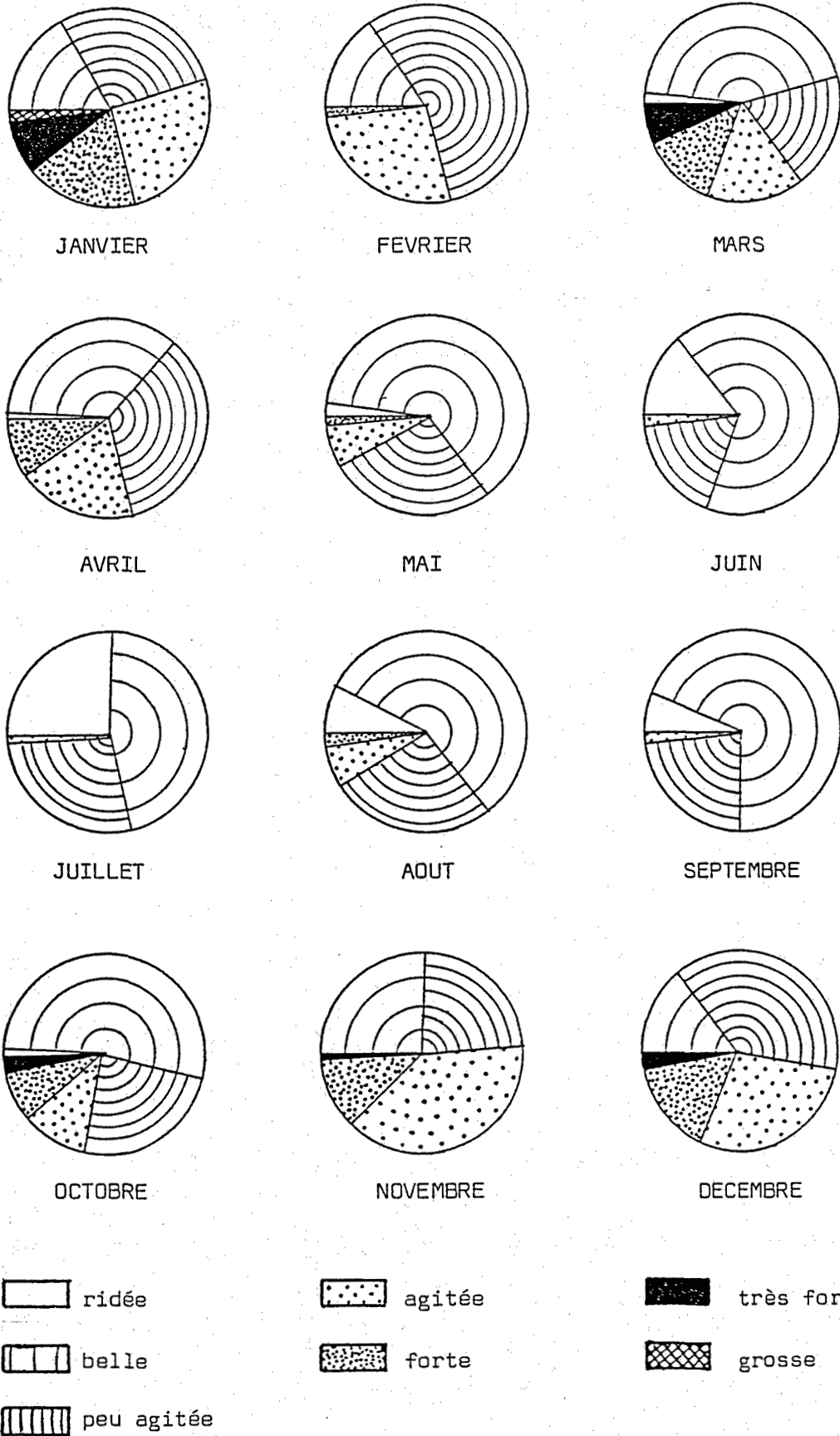


Fig. 6.- Pourcentages relatifs des différents états de la mer pour les mois de 1986.

Il ressort de l'analyse de ces tableaux que la mer a été le siège d'une agitation très importante en janvier et mars et un peu moins marquée en février et avril. Dans le détail il est à noter toutefois que, durant les deux premières décades de mars et la première d'avril, la mer a été essentiellement belle ou peu agitée.

Dès le mois de mai, et jusqu'à la mi-octobre, l'agitation de la mer sera faible.

Enfin, le reste de l'année, la mer sera fréquemment agitée à très forte.

C'est en partie l'agitation des eaux du début d'année qui a empêché la matérialisation de la multiplication phytoplanctonique de printemps sous la forme de lentilles superficielles d'eau marron. L'état de la mer a pourtant été favorable durant les deux premières décades de mars et la première d'avril mais les coefficients de marées ont été assez importants pour maintenir un certain mouvement des masses d'eau.

Toutefois, la multiplication phytoplanctonique a tout de même eu lieu mais au sein d'une plus importante couche d'eau, c'est-à-dire sans coloration intense. Par contre, un bloom à diatomée *S. costatum* a été observé, début avril, dans les bassins portuaires de Saint-Nazaire qui constituent un milieu abrité.

Puis fin avril, l'état de la mer, surtout belle et peu agitée, favorisera le développement d'un bloom à grosse diatomée : *T. rotula*

Enfin, dès le mois de mai et durant tout l'été, la faible agitation de la mer sera un facteur favorisant la multiplication des petites diatomées : *C. bergohnii*, *Chaetoceros* spp., *R. delicatula*, *Nitzschia seriata* ....

## 6 - Coefficients de marées (fig. 7)

Les périodes de mortes-eaux de mars (coefficient 25 le 19) et avril (coefficient 28 le 17) ont induit un faible mouvement des eaux pouvant favoriser les proliférations phytoplanctoniques. Mais les vents et l'état de la mer n'ont pas été favorables en maintenant une forte agitation de la mer.

Enfin, les faibles variations d'amplitudes des marées de juin, juillet et août (coefficients de mortes-eaux : 50, 50, 47, 57, 37 et 48 ; coefficients de vives-eaux : 72, 92, 72, 93, 85 et 99) ont été favorables à la stabilité des eaux et aux multiplications phytoplanctoniques à un moment où les vents et l'état de la mer constituaient également des facteurs favorables.

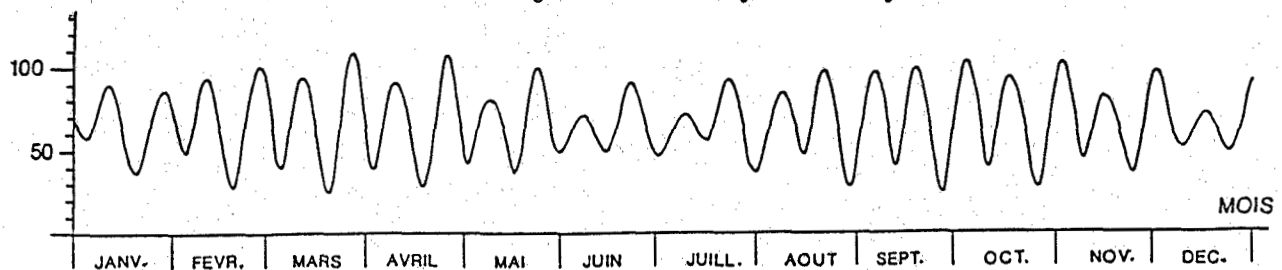


Fig. 7.- Variation des coefficients de marées au cours de l'année 1986.

### III - FACTEURS HYDROLOGIQUES

#### 1 - Méthodologie

L'objectif du programme 1986 était la surveillance du milieu au moment du bloom estival à diatomées, puis de sa régression et de la multiplication concomitante du dinoflagellé D. sacculus.

##### **a) Campagnes de prélèvements**

Dix campagnes de prélèvements ont été effectuées d'avril à septembre. Les prélèvements d'eau ont été effectués à sept stations, situées sur une radiale sensiblement N - S, et à différentes profondeurs : surface, 1 m, 3 m, 5 m, 10 m et au voisinage du fond selon la bathymétrie des stations (fig. 8).

Dans la mesure du possible les prélèvements ont été réalisés sur une période de quatre heures autour de la basse mer (tabl. 6).

##### **b) Méthodes analytiques**

Les salinités ont été déterminées au salinomètre à électrode type Guildine Autosal modèle 8400.

Pour les sels nutritifs, les échantillons aussitôt filtrés, sur microfibrilles de verre Whatmann GF/C de 0,45 µm de porosité de 25 mm de diamètre, ont été conservés en flacons polyéthylène dans la carboglace, puis au congélateur à - 30° C jusqu'à l'analyse. Les teneurs ont été déterminées par dosage colorimétrique en analyse automatique (TREGUER et LE CORRE, 1975) sur Auto-analyser Technicon suivant les méthodes de :

- BENSCHNEIDER et ROBINSON (1952) pour les nitrites,
- WOOD et al. (1967) pour les nitrates,
- MURPHY et RILEY (1962) pour les phosphates,
- GRASSHOF (1969) pour les silicates,
- AMINOT et KEROUEL (1982) pour l'urée.

Les concentrations en chlorophylle a et phéopigments ont été déterminées sur les filtres employés pour les sels nutritifs, selon la méthode de YENTSCH et MENZEL (1963) et calculées d'après les équations de LORENZEN (1966).

Le dosage de l'ammoniaque a été effectué selon la méthode de KOROLEFF (1969).

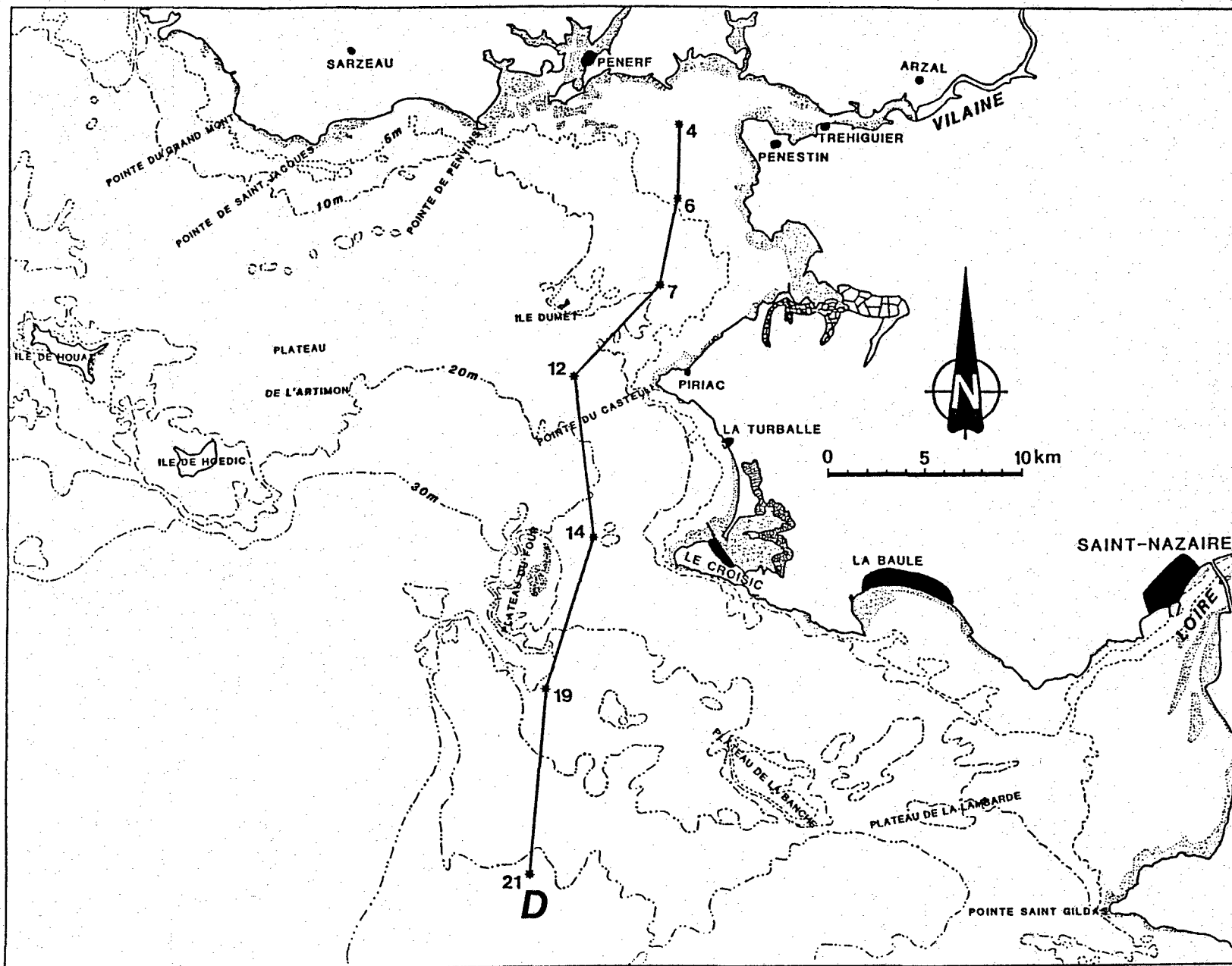


Fig. 8.- Localisation des stations de prélèvements et de la radiale étudiée (D).

Dates	7 avril	30 avril	27 mai	5 juin	16 juin	4 juil.	15 juil.	29 juil.	13 août	25 sept.
Heures basse mer	11H09	16H42	14H38	10H39	18H42	10H07	17H58	17H48	17H22	16H12
Coefficients	79	48	83	68	55	56	57	42	55	36
Station 4	13H15	18H45	16H45	8H45	16H35	13H05	16H15	20H45	19H30	14H30
Station 6	12H40	18H20	16H15	9H10	16H55	12H50	16H35	20H25	19H05	14H50
Station 7	12H15	18H00	16H00	9H30	17H25	12H30	16H50	19H50	18H35	15H15
Station 12	11H45	17H30	15H30	10H25	17H55	12H10	17H15	19H25	18H10	15H40
Station 14	11H10	16H30	12H45	11H15	18H20	11H40	17H40	17H10	17H45	16H15
Station 19	10H30	15H35	12H15	11H45	18H50	11H10	18H10	17H50	16H20	16H55
Station 21	9H35	15H00	11H30	12H30	19H30	10H30	18H50	18H20	16H50	17H30

Tabl. 6.- Moments de prélèvements, par rapport à la basse mer, aux différentes stations échantillonnées durant l'année 1986.

## 2 - Résultats

Nous avons représenté les valeurs obtenues pour les différents paramètres étudiés, au niveau de sept stations sur un profil bathymétrique correspondant à la radiale D (cf. fig. 8).

### a) Température (fig. 9)

Les températures relevées début avril sont basses pour la saison, vraisemblablement du fait des grands froids de l'hiver. Mais dès la fin avril ces températures se rapprochent des valeurs normales avec le réchauffement des eaux superficielles qui est bien net durant tout l'été avec un maximum en juillet.

Il résulte de tout ceci l'installation d'une stratification thermique, bien marquée de la mi-juin à la mi-juillet, qui disparaîtra lentement à la fin de l'été.

D'une manière générale, les températures estivales de 1986 ont été supérieures à celles observées en 1985 qui étaient inférieures à celles de 1983 et 1984.

### b) Salinité (fig. 10)

Les campagnes de prélèvements d'avril indiquent une légère dessalure au fond de la baie de Vilaine (station 4) et dans le prolongement de la Loire (station 21). Ceci est à relier aux débits de la Vilaine (fig. 11) et de la Loire (fig. 12) qui ont été en crue en mars-avril. Cependant ces crues ne sont pas très importantes et rapidement les eaux océaniques s'installent dans toute la baie, au cours de l'été.

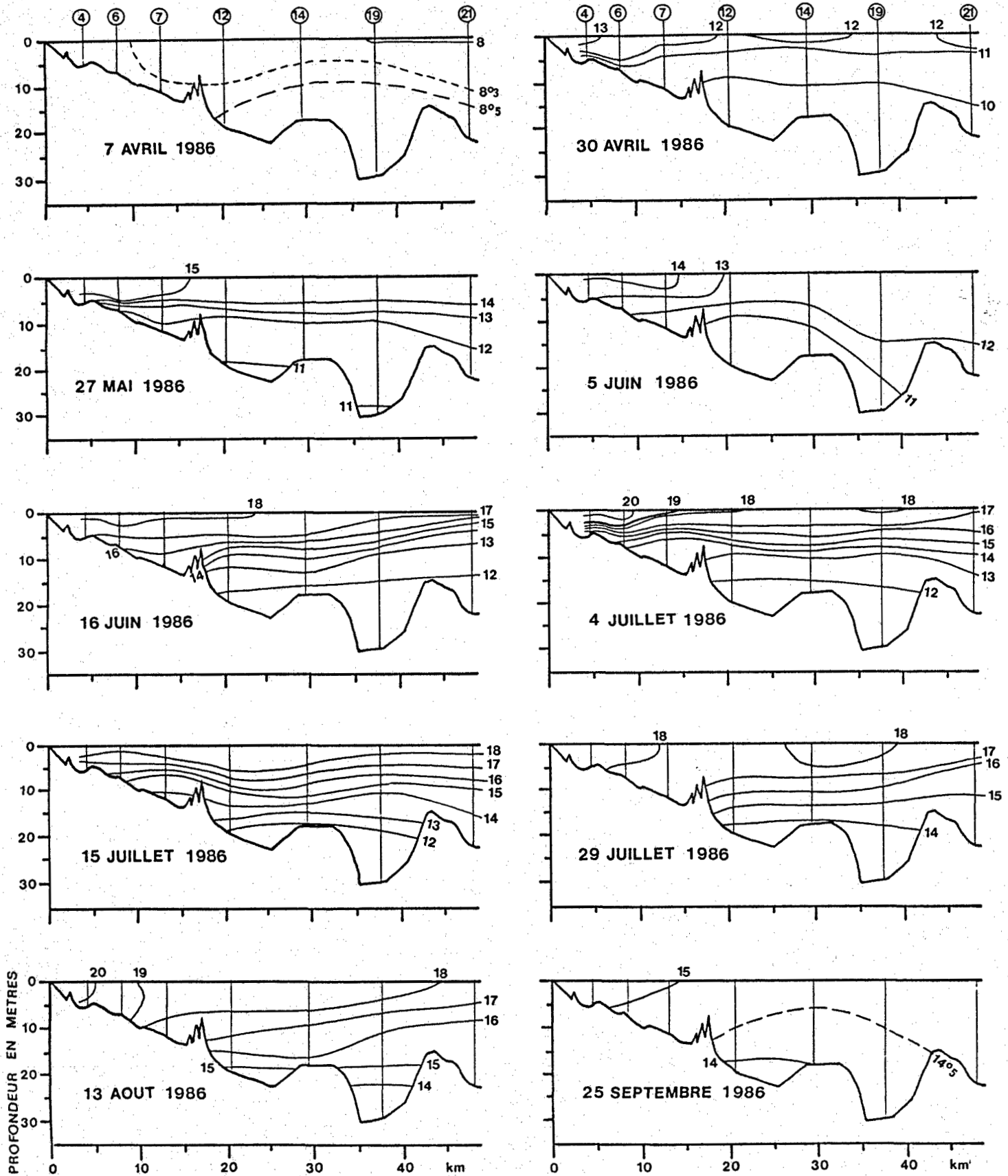
RADIALE **D** : TEMPERATURE

Fig. 9.- Températures, en degrés Celsius, le long de la radiale D (cf. fig. 8), lors des différentes campagnes de 1986.



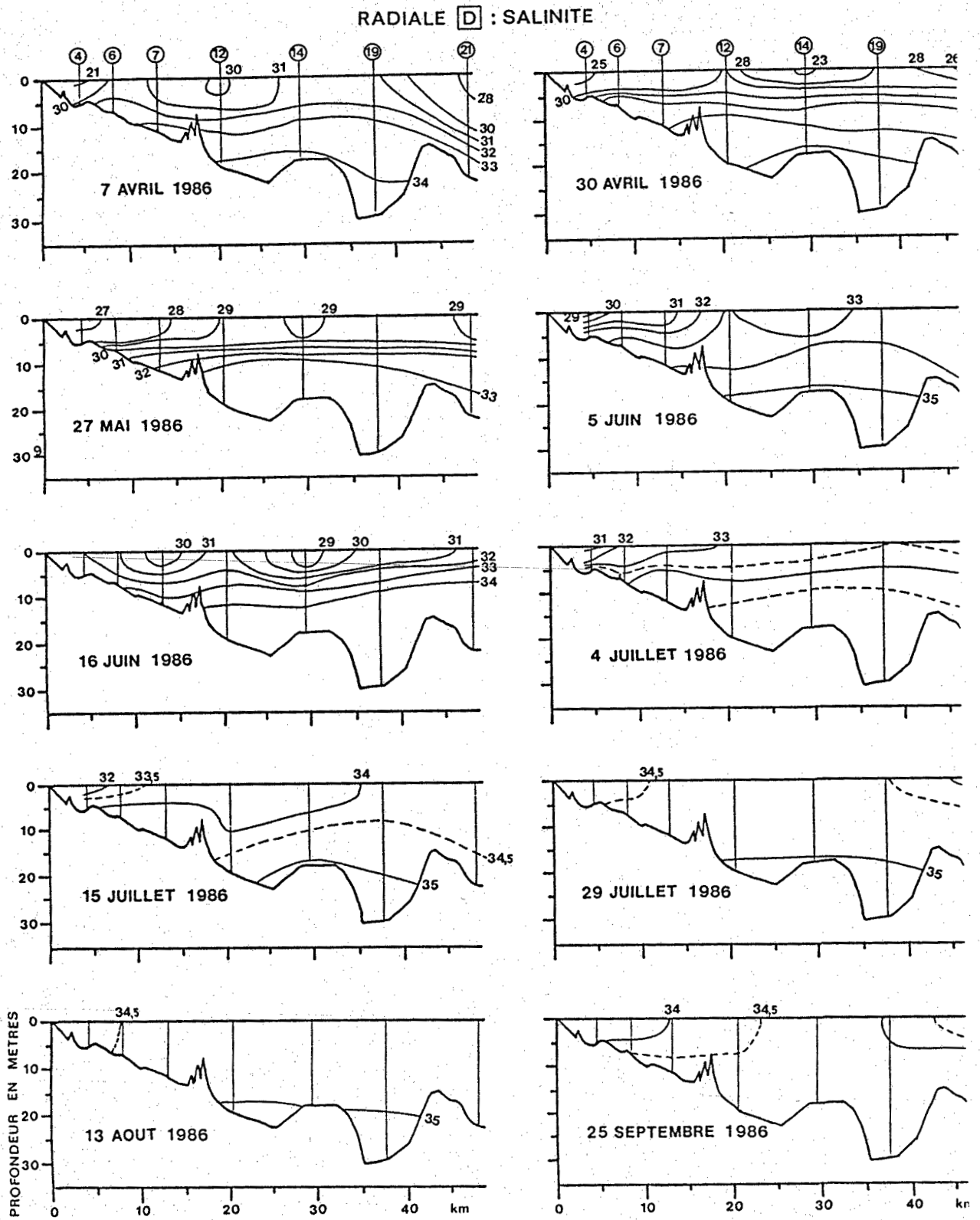


Fig. 10.- Salinités, en g par kg, le long de la radiale D (cf. fig. 8), lors des différentes campagnes de 1986.

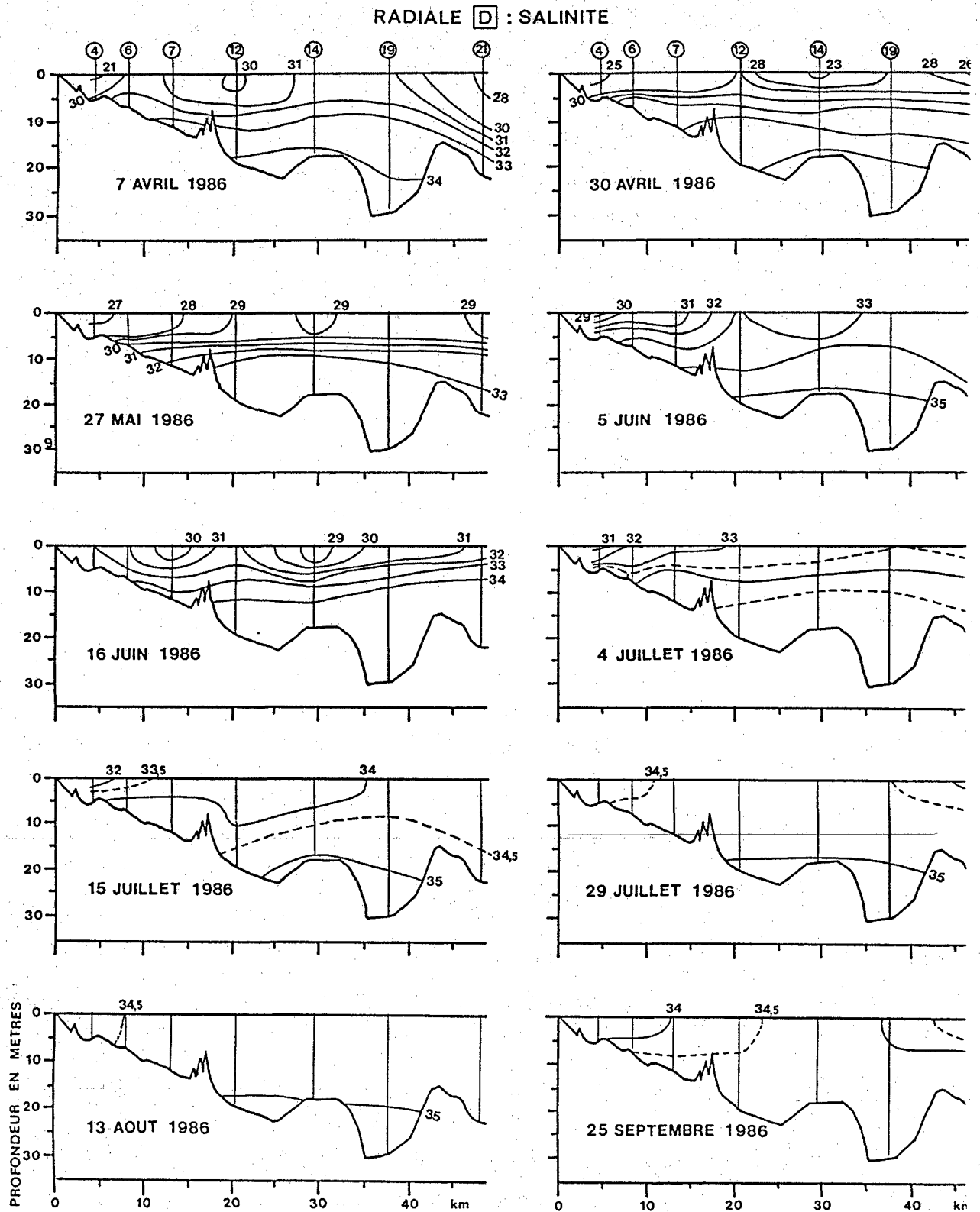


Fig. 10.- Salinités, en g par kg, le long de la radiale D (cf. fig. 8), lors des différentes campagnes de 1986.

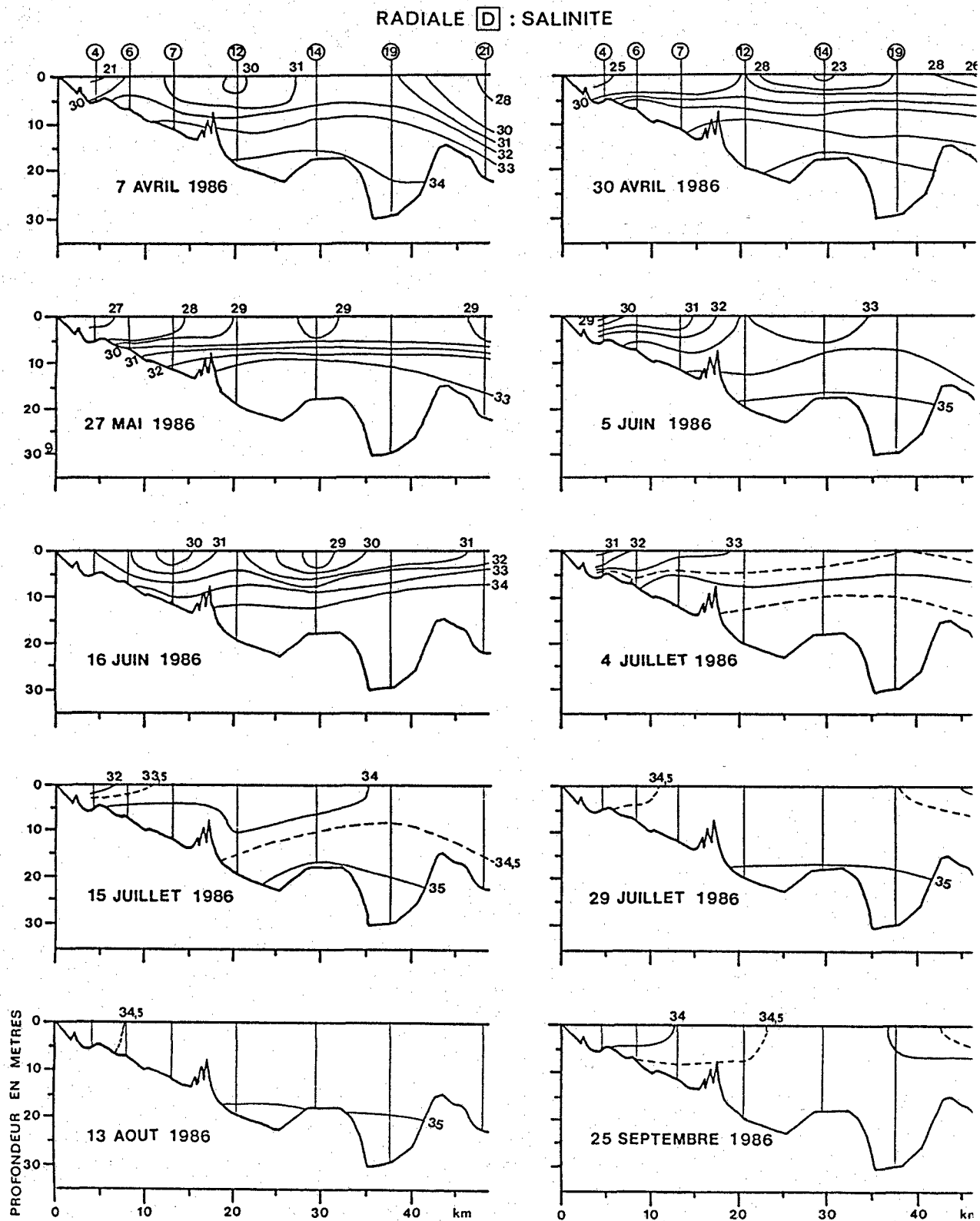


Fig. 10.- Salinités, en g par kg, le long de la radiale D (cf. fig. 8), lors des différentes campagnes de 1986.

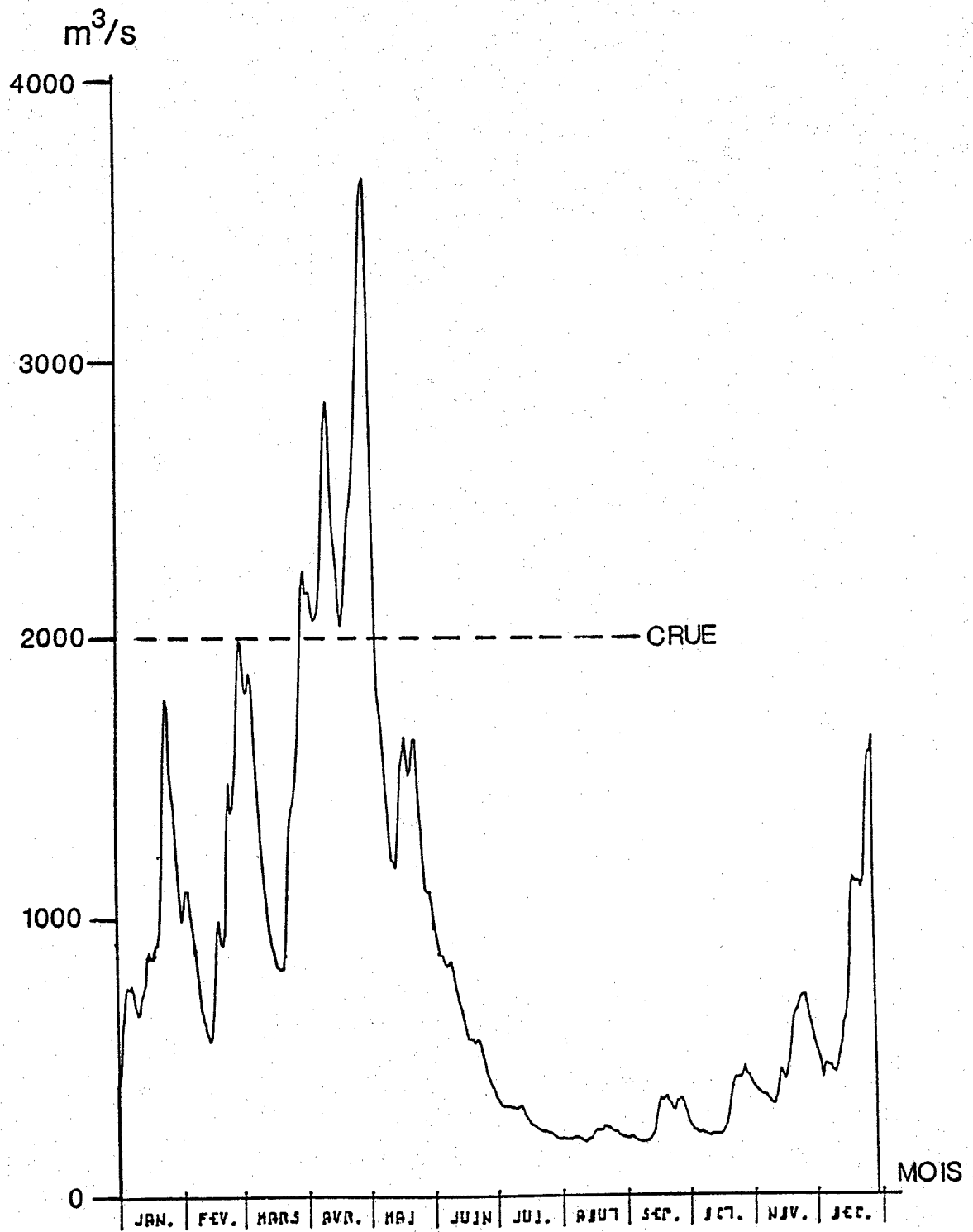


Fig. 12.- Débits moyens journaliers de la Loire durant l'année 1986.  
(Document du Service Hydrologique centralisateur de Limoges).

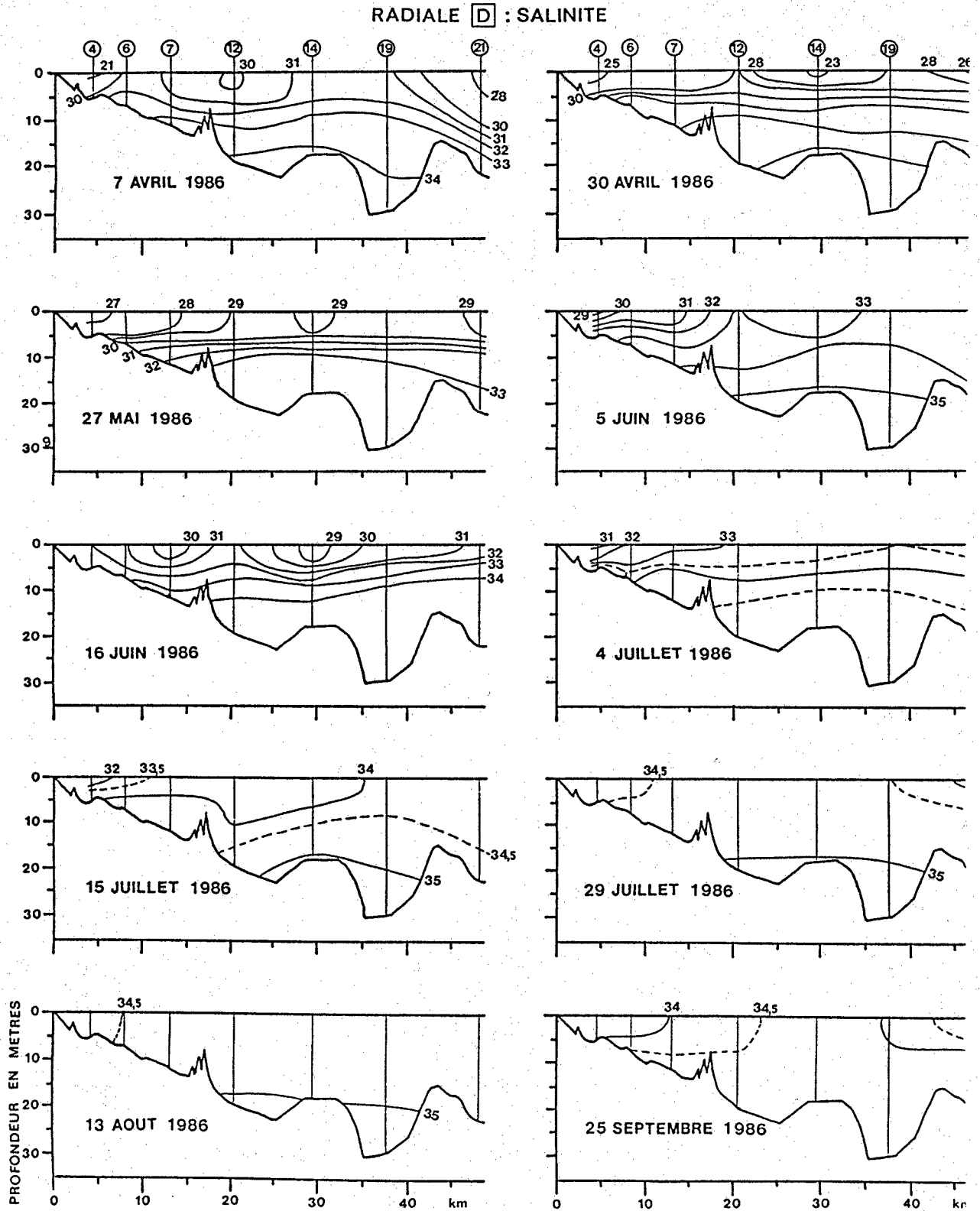


Fig. 10.- Salinités, en g par kg, le long de la radiale D (cf. fig. 8), lors des différentes campagnes de 1986.

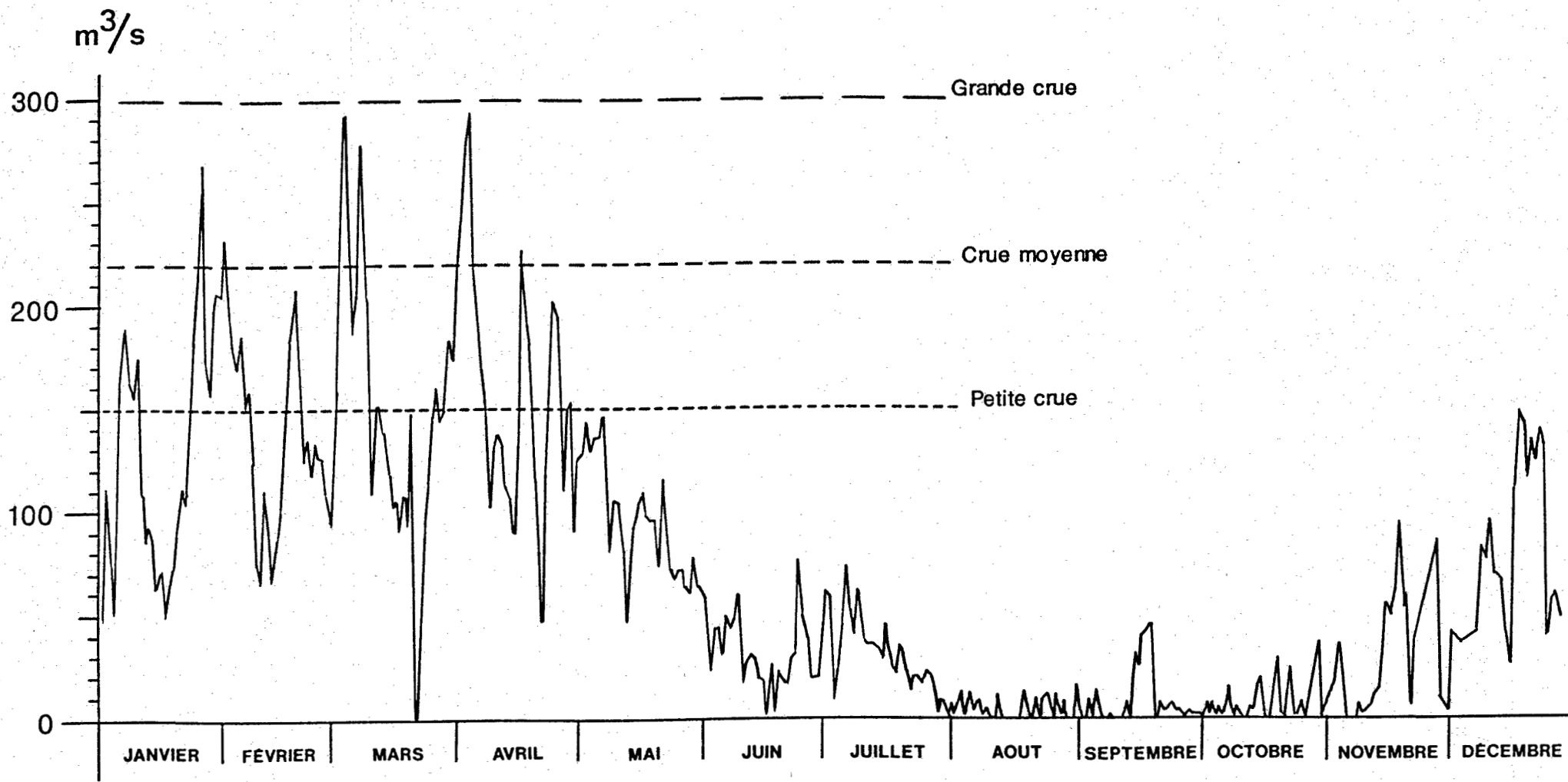


Fig. 11.- Débits moyens journaliers des lâchers d'eau du barrage d'Arzal durant l'année 1986 (données du Service régional de l'Aménagement des eaux de Bretagne. Rennes).

### c) Chlorophylle a, phéopigments et rapport pigmentaire (fig. 13 à 15)

Les teneurs en chlorophylle a, pas très importantes le 7 avril, atteignent des valeurs élevées dans les eaux superficielles le 30 avril (fig. 13). Les maxima sont observés dans le centre de la baie et il s'agit surtout de chlorophylle active (fig. 15). Le pourcentage de chlorophylle active représente l'expression de la chlorophylle a fonctionnelle par rapport à l'ensemble des pigments du groupe de la chlorophylle a (PLANTE-CUNY, 1978) ; il est égal au rapport des concentrations :

$$\frac{\text{chlorophylle a}}{\text{chlorophylle a + pheopigments}} \times 100 \quad [1]$$

A ce moment-là les phéopigments sont faibles dans les eaux superficielles tandis qu'ils sont élevés dans les eaux profondes témoignant de la fin du bloom à diatomées et d'une importante sédimentation de ces organismes (fig. 14). C'est la grosse diatomée T. rotula qui domine la population phytoplanctonique avec environ 300 000 cellules par litre.

Ce premier bloom peut être interprété comme la manifestation tardive de l'efflorescence printanière en pleine mer, par suite de conditions hydrodynamiques particulièrement défavorables.

Après une phase de régression, un nouveau bloom occupe l'ensemble de la baie le 16 juin avec de faibles concentrations en phéopigments et de forts pourcentages de chlorophylle active. C'est la diatomée C. bergohnii (4 000 000 à 5 000 000 de cellules par litre) qui domine alors.

Par la suite, durant tout l'été, les concentrations en chlorophylle chuteront mais à des valeurs tout de même supérieures à 1 mg/m<sup>3</sup> dans toute la baie. Les diatomées seront encore abondantes mais à des densités plus faibles qu'à la mi-juin avec notamment :

- Chaetoceros spp. : 800 000 à 900 000 cel./l le 4 juillet
- R. delicatula : 600 000 à 700 000 cel./l le 15 juillet
- R. delicatula et N. seriata : 600 000 à 700 000 cel./l le 29 juillet
- N. seriata, Thalassiosira spp. et Chaetoceros spp. : 1 000 000 à 1 200 000 le 13 août
- Chaetoceros spp. : 1 000 000 à 2 000 000 le 5 septembre
- Chaetoceros spp., Rhizosolenia sp. et Coscinodiscus sp. : 2 à 3 000 000 le 25 septembre.

En résumé, durant l'été 1986, toute la baie de Vilaine apparaît comme un milieu fortement colonisé par les diatomées avec des densités moyennes de 400 000 à 500 000 cellules par litre et des maxima de 4 000 000 à la mi-juin et 2 000 000 de fin août début septembre.

Au niveau des concentrations en chlorophylle les maxima sont observés fin avril et à la mi-juin.

[1] Lorsque ce rapport tend vers 100, la chlorophylle a est dominante et les populations phytoplanctoniques sont en période d'activité maximale. Lorsqu'il tend vers 0, les populations phytoplanctoniques sont en phase de sénescence car ce sont alors les produits de dégradation de la chlorophylle a qui dominent.

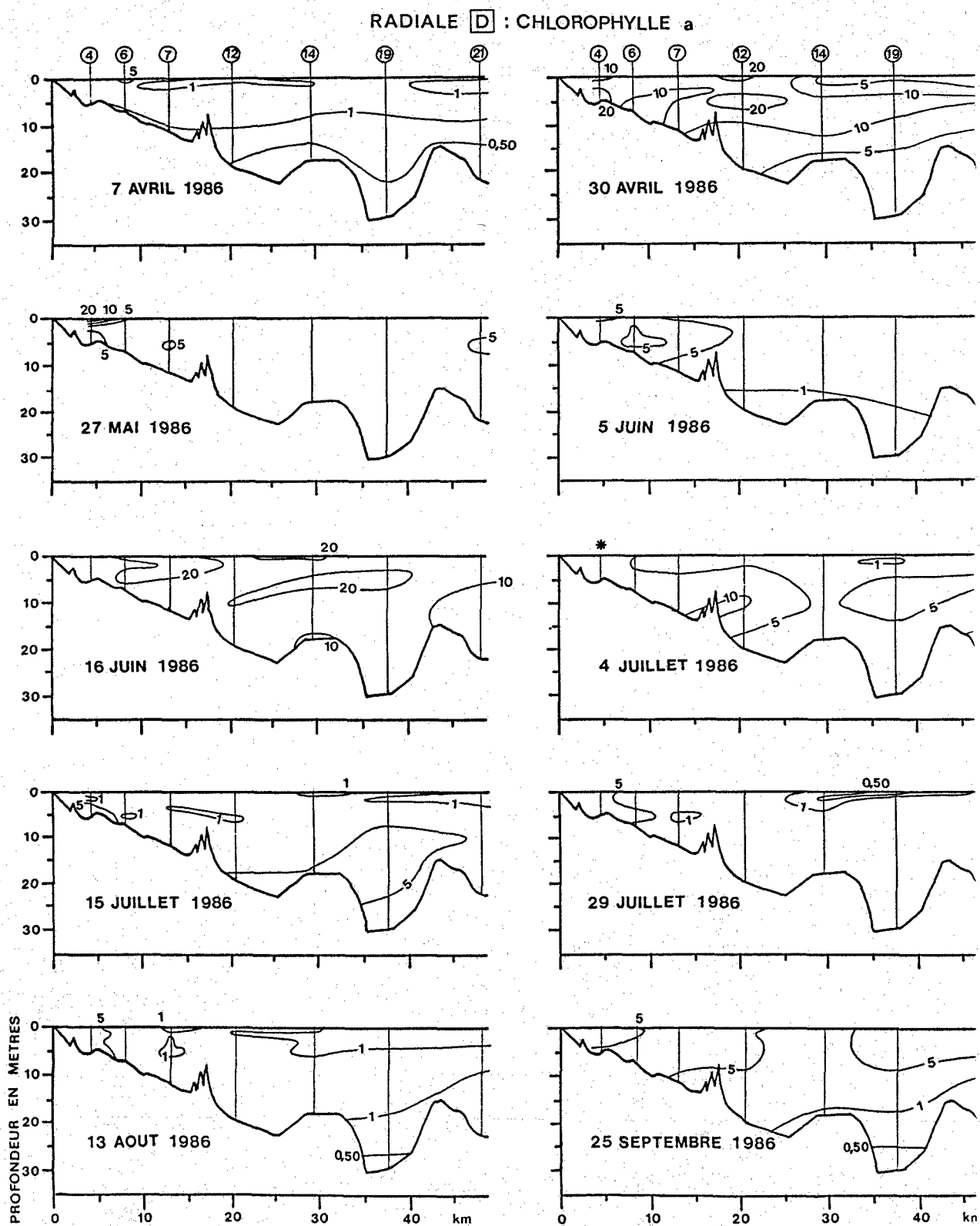


Fig. 13.- Teneurs en chlorophylle a, exprimées en mg/m<sup>3</sup>, le long de la radiale D (cf. Figure 8), lors des différentes campagnes de 1986.

\* Station non échantillonnée



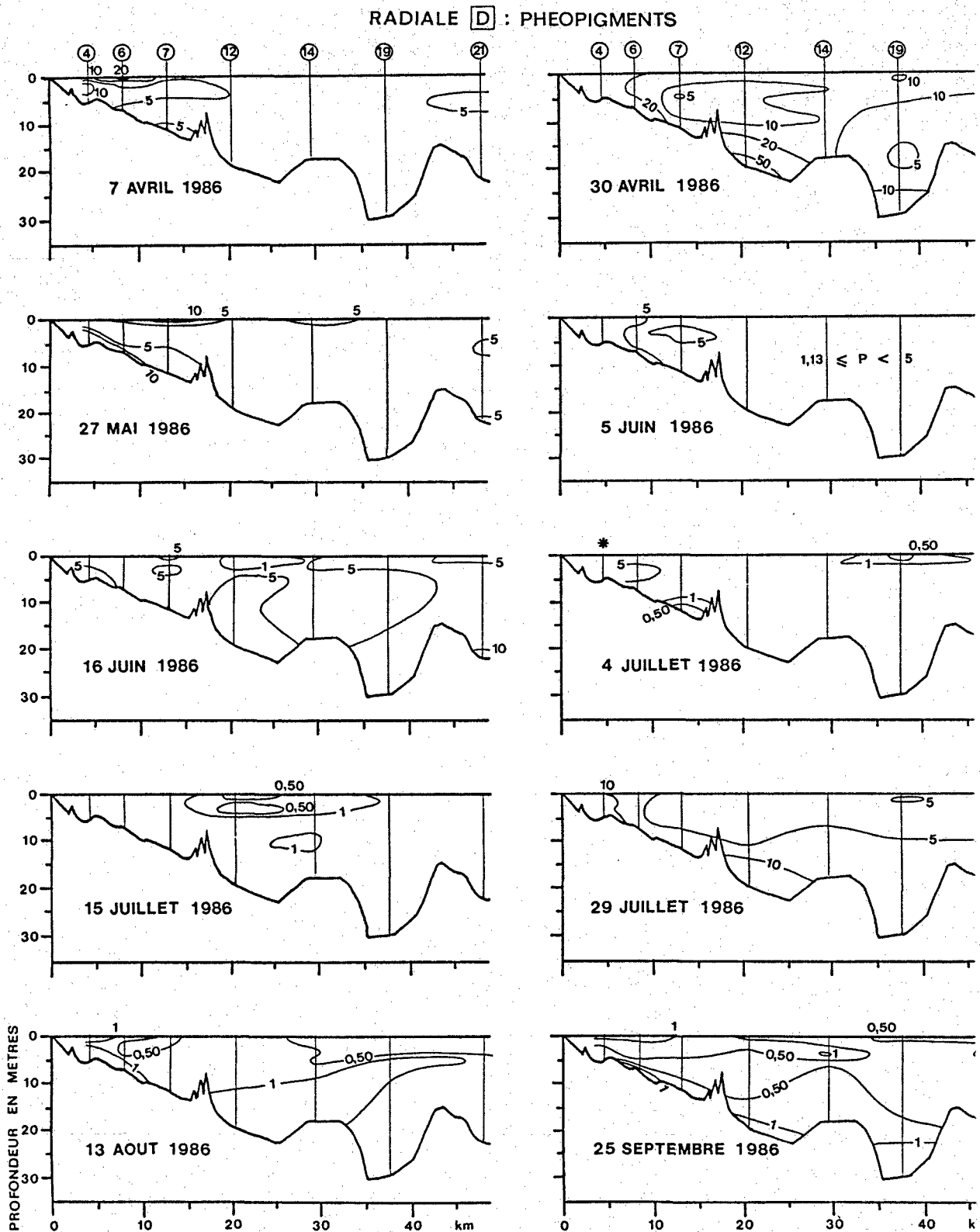


Fig.14.-Teneurs en phéopigments, exprimées en mg/m<sup>3</sup>, le long de la radiale D (cf. Figure 8), lors des différents campagnes de 1986.

\* Station non échantillonnée.

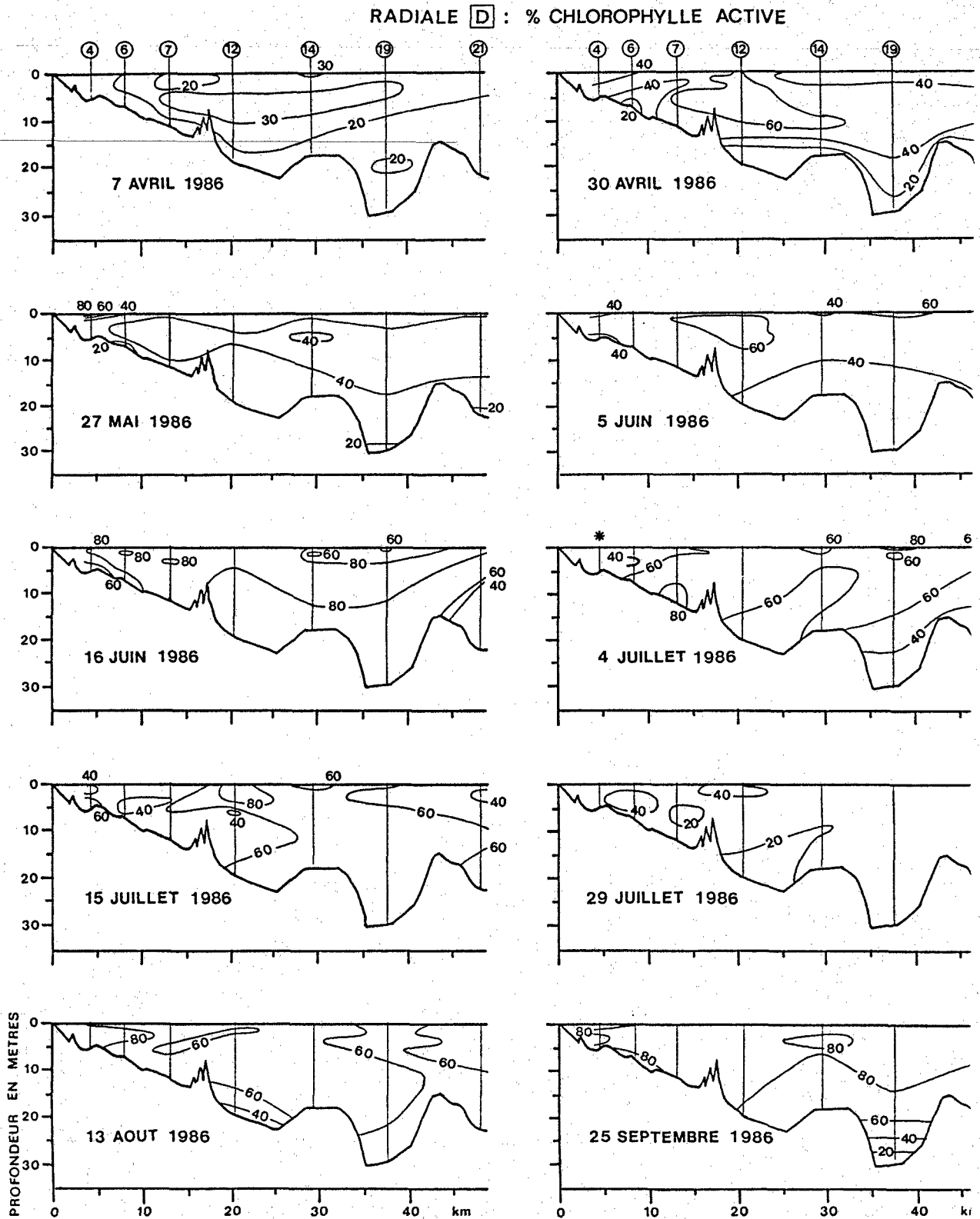


Fig.15.- Pourcentages de chlorophylle active, le long de la radiale D (cf. Figure 8), lors des différentes campagnes de 1986.

\* Station non échantillonnée.

**d) Nitrates (fig. 16)**

Les résultats fragmentaires obtenus en 1986 rendent difficile leur analyse. Globalement les teneurs en nitrates sont élevées en avril-mai, elles décroissent le 16 juin au moment du bloom à *Cerataulina* pour atteindre des valeurs basses le 4 juillet et le 13 août. On peut donc supposer que le stock de nitrates a été en grande partie consommé par ce bloom estival ; ainsi le développement des diatomées, à des concentrations voisines de 500 000 à 1 000 000 de cellules par litre durant tout l'été, a dû utiliser d'autres sources d'azote que les nitrates.

**e) Nitrites (fig. 17)**

Les résultats sont également trop fragmentaires pour permettre une interprétation satisfaisante.

Grossièrement on peut dire que les concentrations élevées des eaux superficielles chutent après le bloom estival ; cette chute concerne ensuite toute la couche d'eau le 13 août.

**f) Ammoniaque (fig. 18)**

Dans l'ensemble les teneurs en ammoniaque sont plus élevées dans les couches profondes que dans les eaux superficielles. Bien que les concentrations soient un peu plus élevées lors des périodes de bloom il ne semble pas y avoir de relation entre les teneurs en ammoniaque et celles en chlorophylle.

**g) Urée (fig. 19)**

Bien que très fragmentaires (seuls les échantillons de trois campagnes de prélèvements ont été analysés) les valeurs d'urée semblent tout de même varier comme celles de l'ammoniaque. En effet, les valeurs les plus élevées sont trouvées dans les eaux profondes et les teneurs sont fortes lors du bloom de la mi-juin et chutent ensuite.

**h) Phosphates (fig. 20)**

Bien que fragmentaires les données sur les phosphates mettent en évidence une consommation importante du stock début juillet par les blooms à diatomées du 30 avril et du 16 juin.

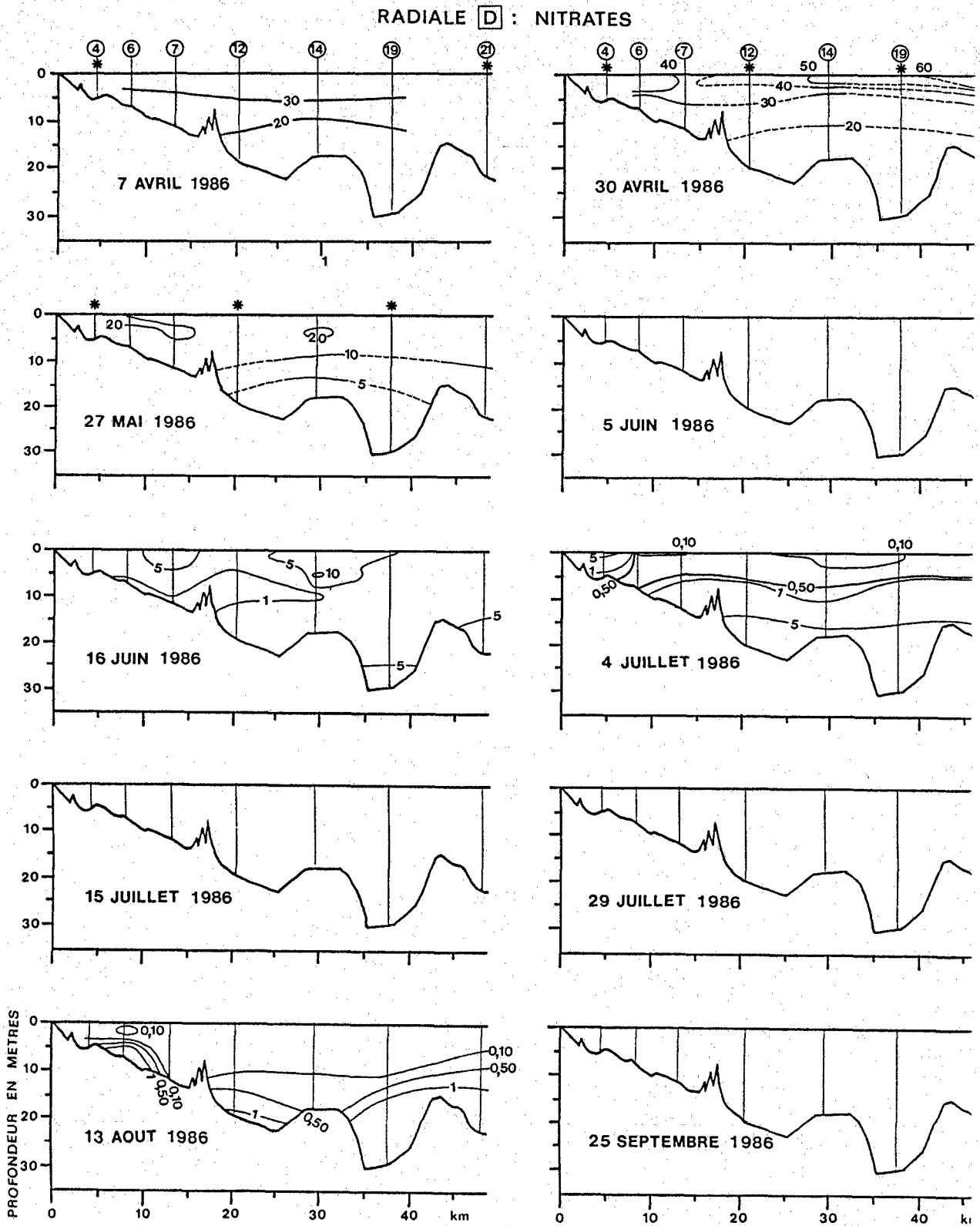


Fig. 16.-Teneurs en nitrates, exprimées en  $\mu\text{mol. l}^{-1}$ ; le long de la radiale D (cf. figure 8), lors des différentes campagnes de 1986.

\* Station non échantillonnée

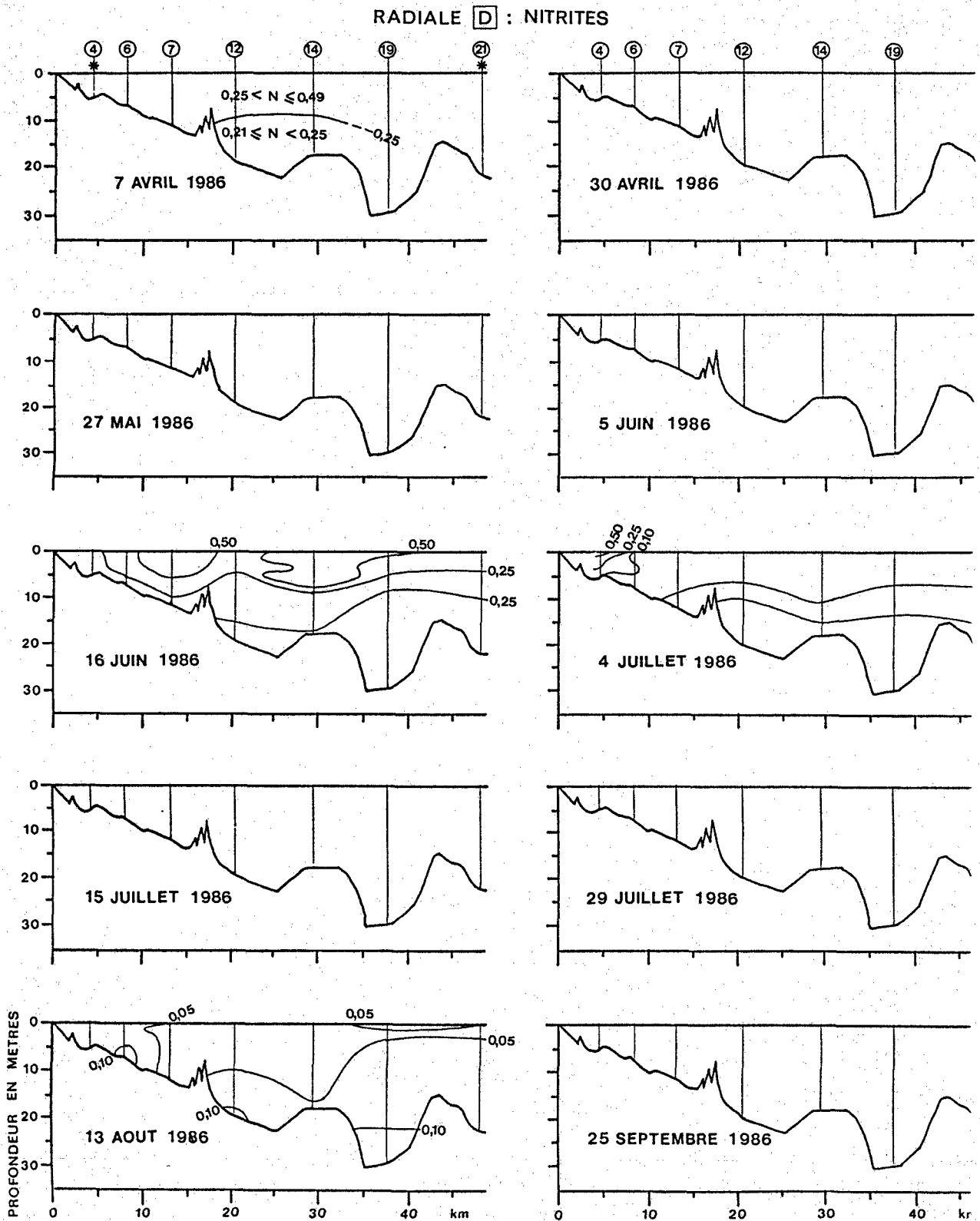


Fig. 17.- Teneurs en nitrites, exprimées en  $\mu\text{mol. l}^{-1}$ , le long de la radiale D (cf. figure 8), lors des différentes campagnes de 1986.

\* Station non échantillonnée.

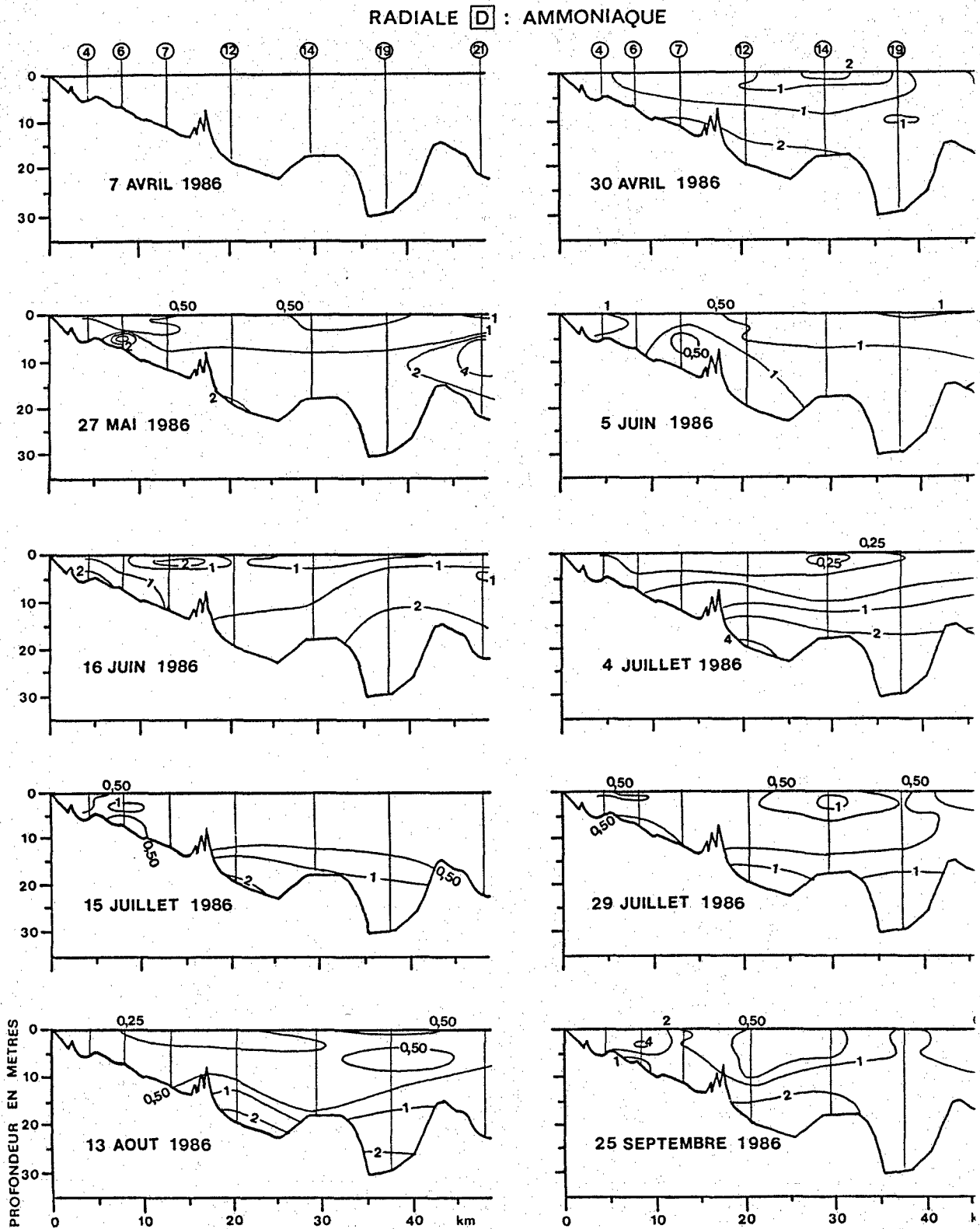


Fig. 18.- Teneurs en ammoniac, exprimées en  $\mu\text{mol. l}^{-1}$ , le long de la radiale D (cf. figure 8), lors des différentes campagnes de 1986.

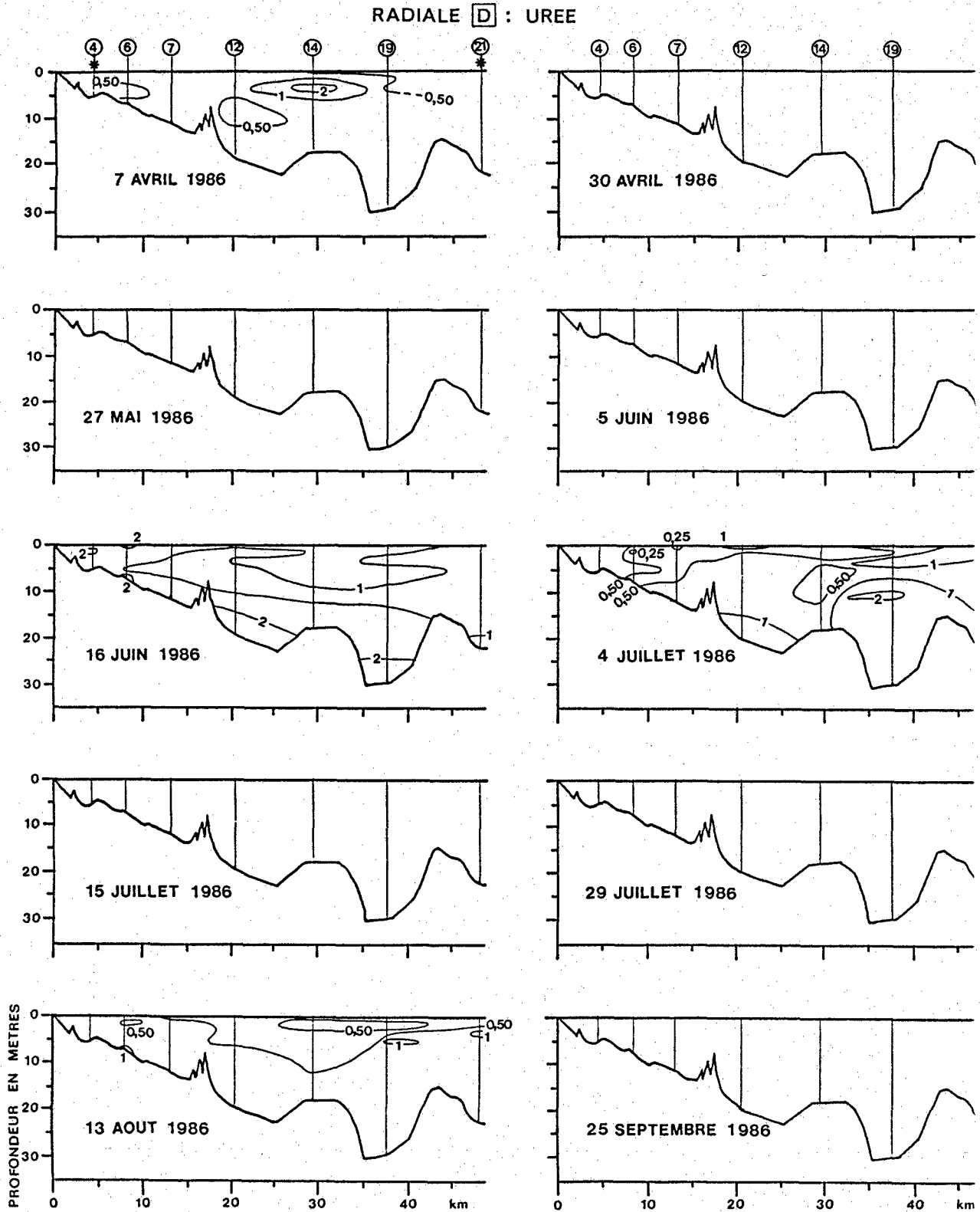


Fig. 19.- Teneurs en urée, exprimées en  $\mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ , le long de la radiale D (cf. figure 8), lors des différentes campagnes de 1986.

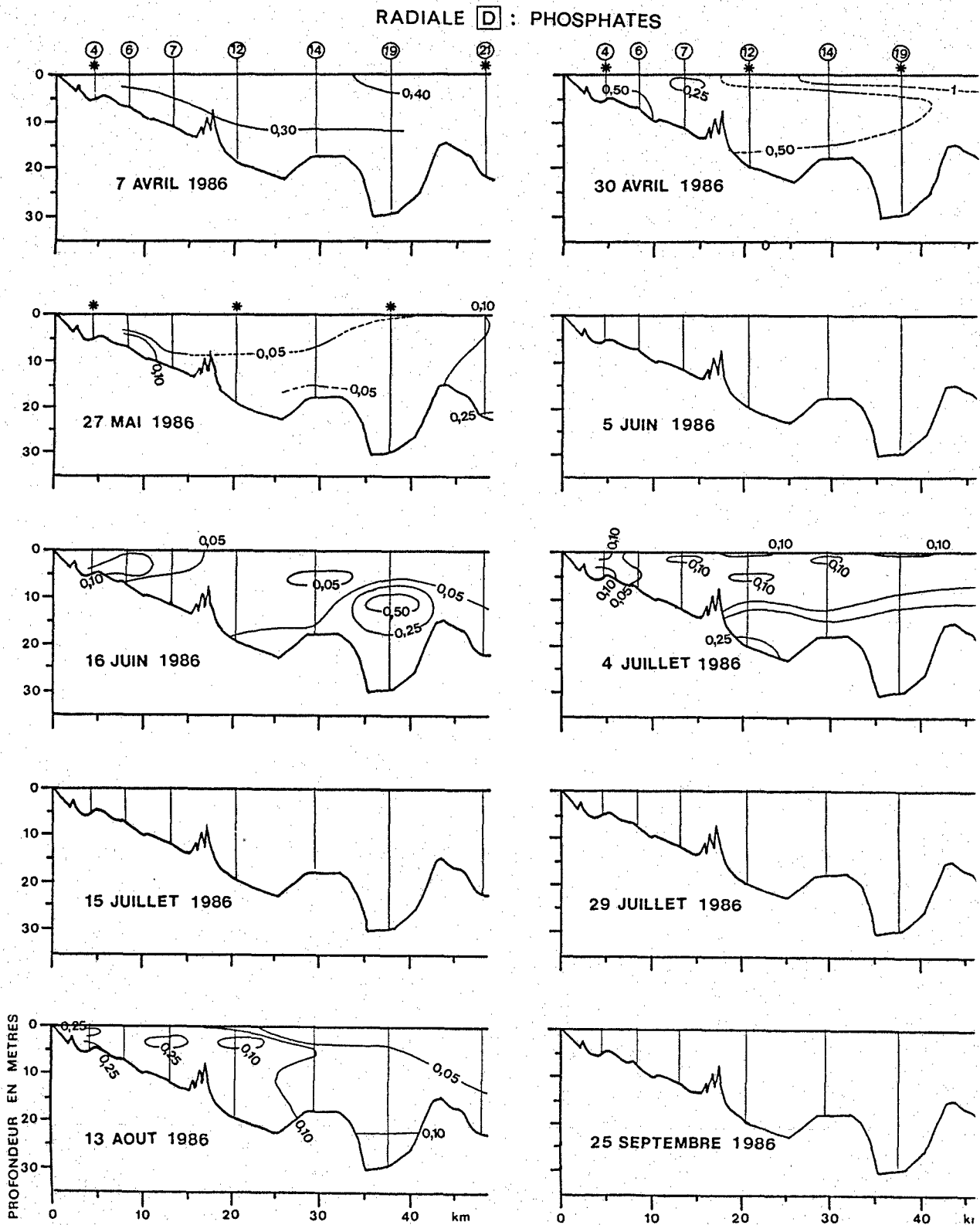


Fig. 20.- Teneurs en phosphates, exprimées en  $\mu\text{mol. l}^{-1}$ , le long de la radiale D (cf. figure 8), lors des différentes campagnes de 1986

\* Station non échantillonnée



#### IV - VARIATIONS D'ABONDANCE DU PHYTOPLANCTON

##### 1°) Successions phytoplanctoniques

Nous avons essayé d'estimer les variations quantitatives de différents groupes phytoplanctoniques au cours de dix campagnes de prélèvements réparties entre avril et septembre 1986. Le choix de ces groupes a été déterminé selon les critères suivants :

- . Dinophysis : Genre comprenant principalement les espèces : D. sacculus, D. acuminata, D. norvegica, D. rotundata.
- . Prorocentridae : Famille comprenant essentiellement le genre Prorocentrum en baie de Vilaine, l'espèce la plus fréquente étant P. micans.
- . Ceratidae : Cette famille, importante au niveau des effectifs de dinoflagellés en baie de Vilaine, comprend principalement les espèces Ceratium furca, C. fusus, C. tripos et C. lineatum.
- . Protopteridiniidae : Autre famille rattachée à l'ordre des Péridiniales et qui comprend le plus grand nombre d'espèces. En baie de Vilaine les principaux genres rencontrés sont Protopteridinium, Scrippsiaella, Cachonina, Minuscula, Diplopsalis, Diplopeltopsis et Heterocapsa.
- . Gonyaulacidae : Dernière famille rattachée aux Péridiniales et étudiée dans la zone prospectée ; elle comprend principalement les genres Gonyaulax et Protogonyaulax avec quelques espèces assez fréquentes telles Gonyaulax spinifera, G. diacantha, G. triacantha, G. digitale, G. grindleyi, Protogonyaulax sp. et Alexandrium ibericum.
- . Gymnodiniales : Ordre comprenant de nombreuses familles. Nous avons rassemblé ici principalement les Gymnodinidae et les Polykrikidae.
- . Noctilucales : Ordre bien connu par l'espèce Noctiluca scintillans commune en baie de Vilaine, pendant la période estivale, comme en de nombreux sites des côtes françaises. C'est uniquement cette espèce dont les variations d'abondance sont représentées ici.

Par ailleurs, et à titre comparatif, nous avons représenté les effectifs totaux de Diatomées pendant la période d'étude, les principales espèces recensées étant : Cerataulina bergohnii, Chaetoceros spp., Rhizosolenia delicatula, R. setigera, Nitzschia delicatissima, N. seriata, Leptocylindrus sp., Skeletonema costatum, Thalassiosira levanderi, T. rotula, Thalassionema nitzschioides, Ditylum brightwellii.

## 2°) Distribution verticale des différents groupes phytoplanctoniques dénombrés

### a) Diatomées (fig. 21)

Elles sont très abondantes dès le début avril avec plus de 100 000 cellules par litre dans les eaux superficielles. Les espèces dominantes sont T. levanderi et T. rotula jusqu'au 30 avril.

En mai, et pratiquement jusqu'en septembre, les genres Chaetoceros, Cerataulina et Rhizosolenia seront dominants soit des cellules de petites dimensions formant des chaînes.

Les densités augmentent de mai à juillet avec un maximum le 16 juin (4 à 5 000 000 de cellules par litre) qui conduit à une phase de déclin des nitrates dans les eaux superficielles avec des teneurs inférieures à  $0,5 \mu\text{mol.l}^{-1}$  (cf. fig. 16), le 4 juillet et le 13 août alors que les densités cellulaires des diatomées demeuraient fortes (900 000 à 1 000 000 par litre).

Le 30 avril, les teneurs en chlorophylle sont supérieures à 10 mg/m<sup>3</sup> dans la couche d'eau superficielle de la baie du fait de l'abondance d'une diatomée de grande taille : T. rotula (cf. fig. 13).

Le 16 juin les teneurs en chlorophylle sont supérieures à 10 mg/m<sup>3</sup>, sur toute la tranche d'eau et dans toute la baie, avec des zones supérieures à 20 mg/m<sup>3</sup> ; ces fortes valeurs correspondent à un bloom à C. bergohnii dépassant 4 000 000 de cellules par litre.

Par la suite les valeurs de chlorophylle chutent rapidement pour se stabiliser aux environs de 1 mg/m<sup>3</sup> du fait de la présence de diatomées à des concentrations proches de 1 000 000 de cellules par litre.

En septembre les valeurs de chlorophylle augmentent jusqu'à 5 mg/m<sup>3</sup>, concentrations associées à des dénombrements cellulaires de l'ordre de 1 000 000 à 2 000 000 de Chaetoceros spp. par litre.

On peut rapprocher ces valeurs de celles trouvées en 1985 puisque les blooms de mai et juillet correspondaient respectivement à des teneurs en chlorophylle de 25 et 5 mg/m<sup>3</sup> avec la multiplication des genres Thalassiosira et Chaetoceros. A la concentration chlorophyllienne de 5 mg/m<sup>3</sup> étaient également associés des dénombrements cellulaires de l'ordre de 1 000 000 de Chaetoceros.

En résumé, on peut considérer que toute la baie est un milieu riche, en ce qui concerne les populations de diatomées entre mai et septembre, avec des densités moyennes de 400 000 à 500 000 cellules par litre et des maxima atteignant plus de 4 000 000 en juin et près de 2 000 000 en septembre.

### b) Dinoflagellés

#### . Gymnodinidae (fig. 22)

Beaucoup plus abondantes qu'en 1985, ces espèces atteignent un maximum de 155 000 cellules par litre en juillet et sont très bien représentées de juin à août avec des concentrations variant de 6 000 à 60 000 cel. par litre.

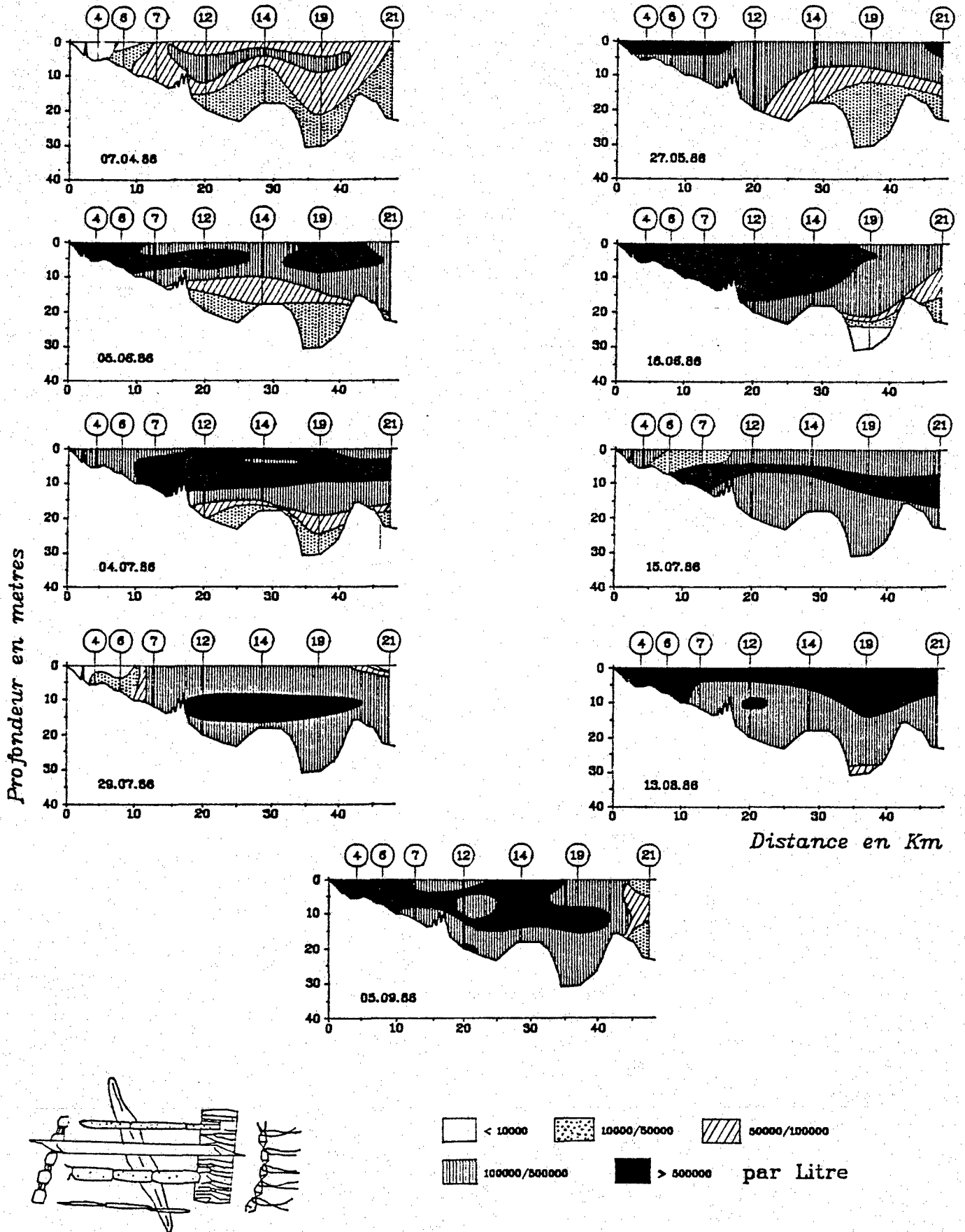


Fig. 21.- Distribution des Diatomées, le long de la radiale D (cf. figure 8), lors des différents campagnes de prélèvements en 1986.

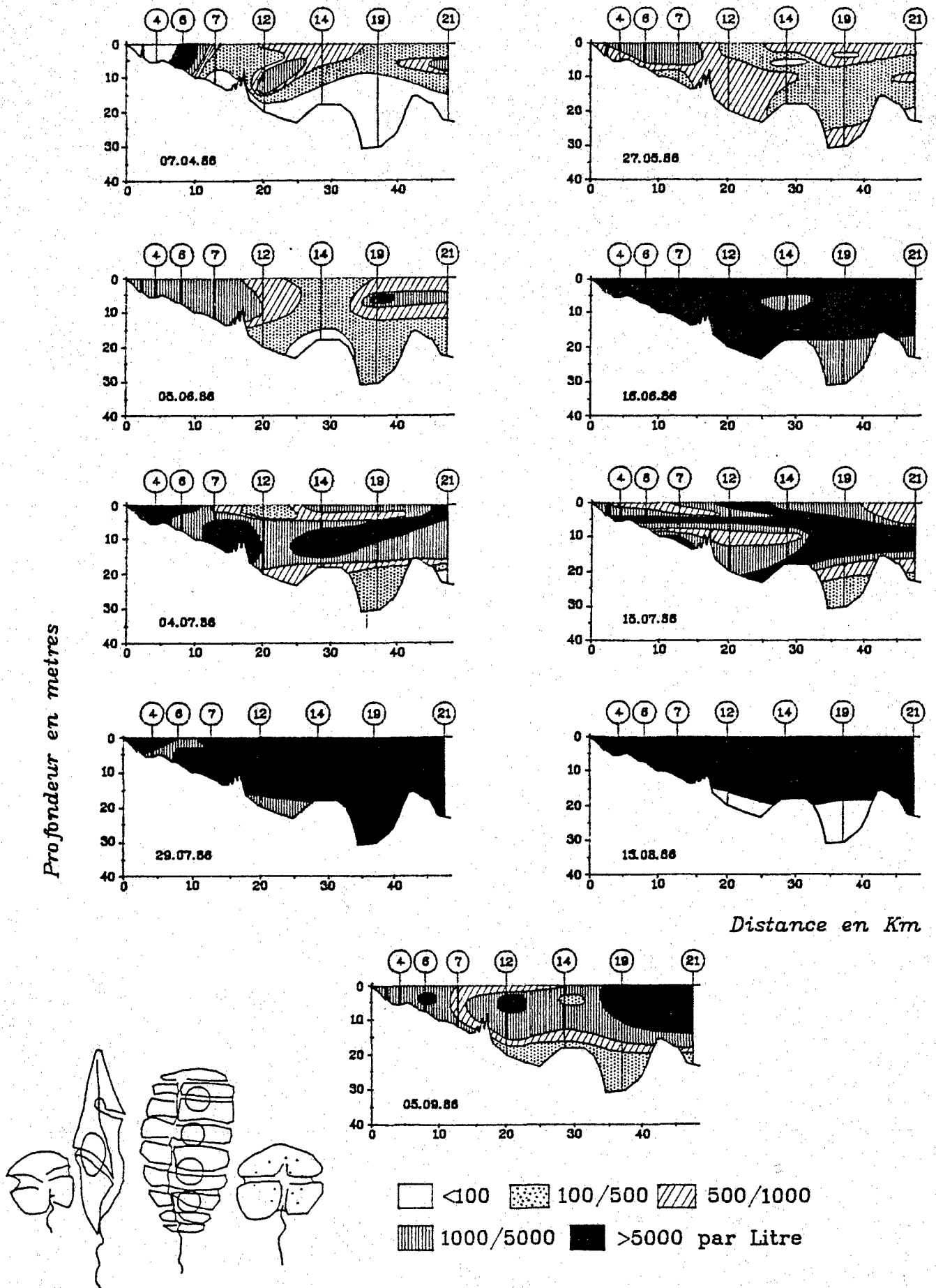


Fig. 22.- Distribution des gymnodinidae, le long de la radiale D (cf. figure 8), lors des différentes campagnes de prélèvements en 1986.

. Ceratidae (fig. 23)

Uniformément réparties dans la baie, ces espèces (C. fusus, C. furca et C. lineatum) voient leurs densités augmenter d'avril à juillet avec un maximum début juillet. Fin juillet et début août les concentrations les plus importantes semblent restreintes au nord de la baie, en zone estuarienne (stations 4 et 6), puis se déplacent vers les couches profondes. En septembre, les densités maximales se rencontrent vers le sud de la baie.

. Protoperidinidae (fig. 24)

Les densités maximales s'observent le 29 juillet (350 000 cel./l) dans le nord de la baie (station 4 et 6) et le 13 août (500 000 cel./l) avec un déplacement vers le sud de la baie (station 14). Les concentrations cellulaires diminuent fortement en septembre.

. Gonyaulacidae (fig. 25)

Les différentes espèces dénombrées apparaissent en avril surtout dans le sud de la baie. Leur maximum se situe en juillet avec 27 000 cellules par litre dans le nord de la baie.

La situation est très différente de celle observée en 1985 où le genre Protogonyaulax était dominant en juillet avec un bloom à 400 000 cellules par litre d'une espèce identifiée par BALECH (com. pers.) comme étant Alexandrium ibericum.

. Prorocentridae (fig. 26)

Le maximum saisonnier s'observe le 15 juillet (400 000 cellules par litre) dans la partie estuarienne de la baie tandis que le développement de cette espèce semble se faire à partir de cette zone et avec une extension vers le sud, ce qui accrédirait l'hypothèse des affinités estuariennes de ce dinoflagellé.

. Noctilucidae (fig. 27)

Le maximum saisonnier est restreint à la mi-juillet et la période totale de développement important de cette espèce, en baie de Vilaine, ne couvre que les mois de juillet et août.

. Dinophysis (fig. 28)

L'apparition de cette espèce en avril semble se faire par le sud de la baie de Vilaine. Les concentrations maximales sont observées en juin, comme en 1985 et les années précédentes, d'abord sur le fond des stations 6 et 7, puis ensuite dans les eaux superficielles de la même zone ainsi qu'au sud de la baie, avec des densités de l'ordre de 10 000 à 14 000 cellules par litre.

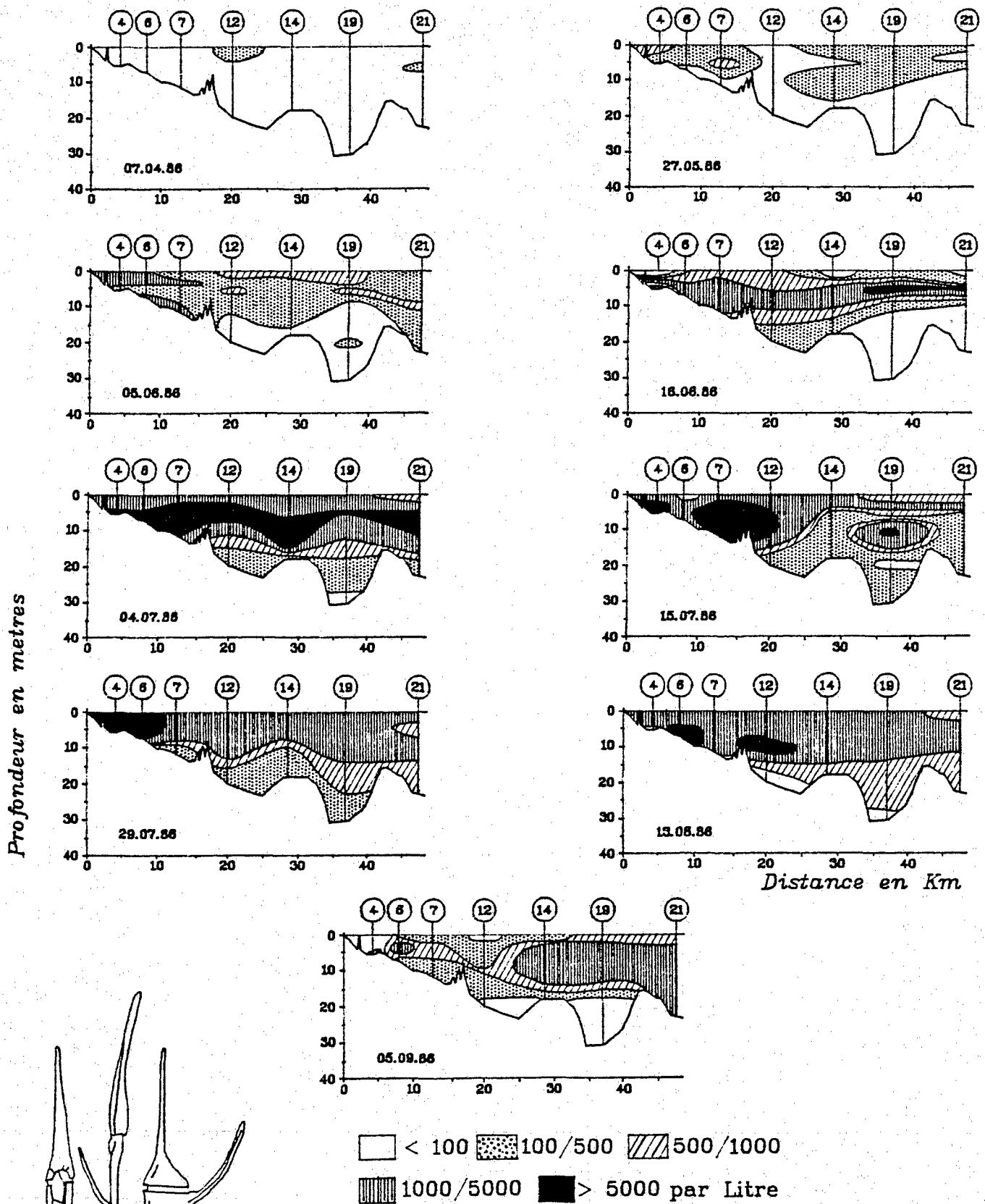


Fig. 23.- Distribution des Ceratidae, le long de la radiale D (cf. figure 8), lors des différentes campagne de prélèvements en 1986.

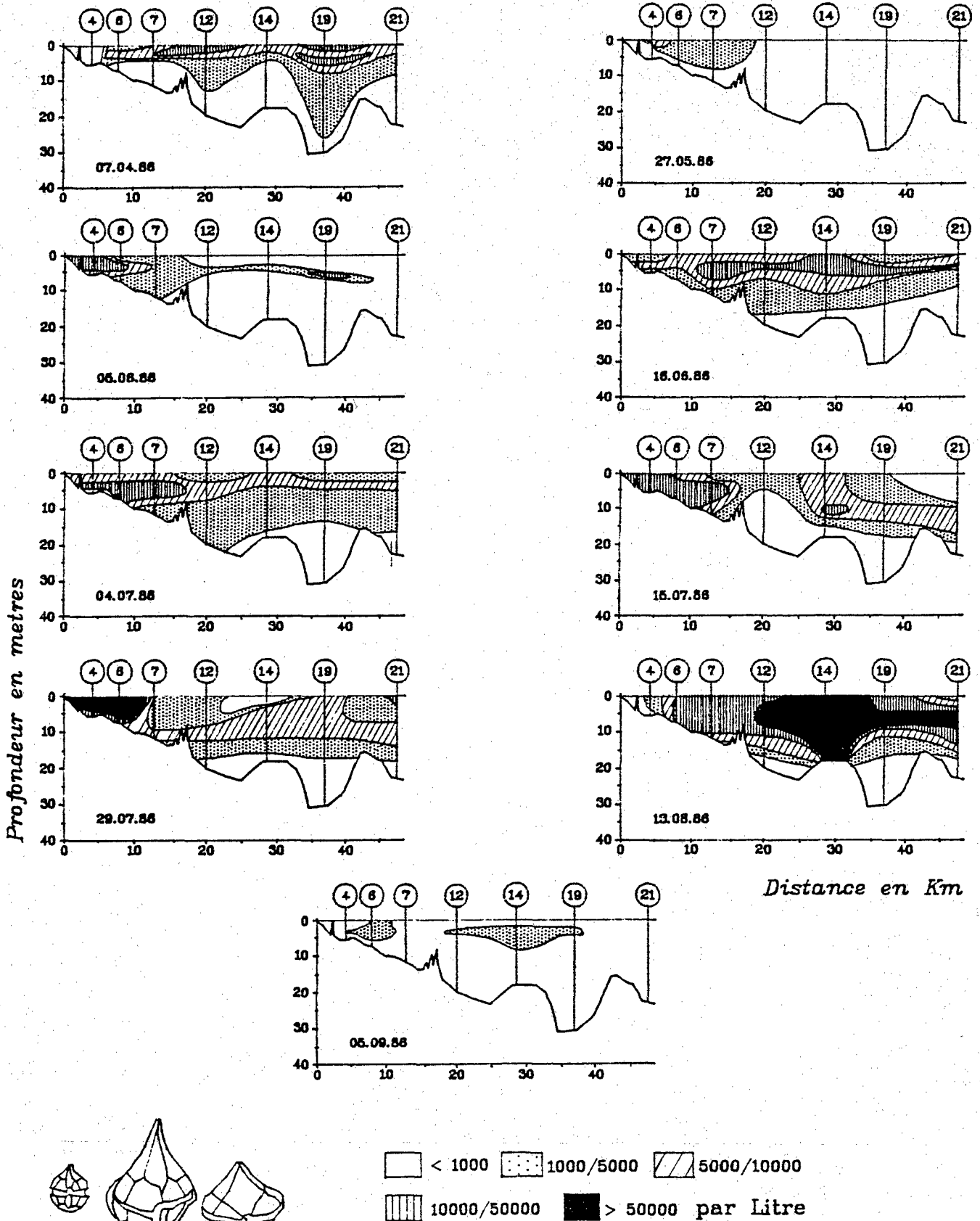


Fig.24.-Distribution des protopéridinidae, le long de la radiale D (cf. figure 8), lors des différentes campagnes de prélèvements en 1986.

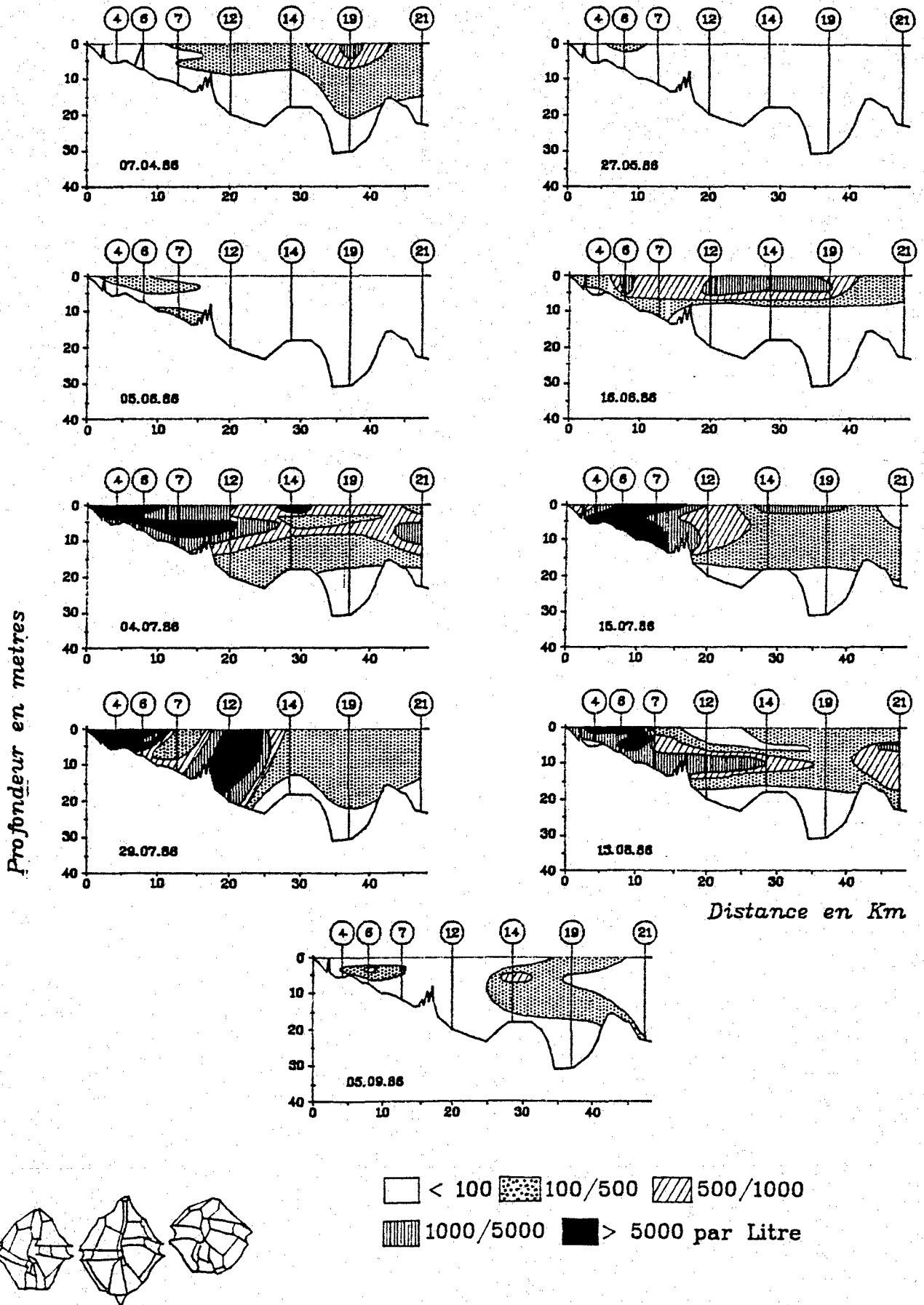


Fig.25.- Distribution des Gonyaulacidae, le long de la radiale D (cf. figure 8) lors des différentes campagnes de prélèvements en 1986.



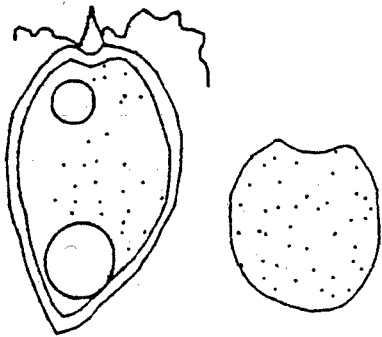
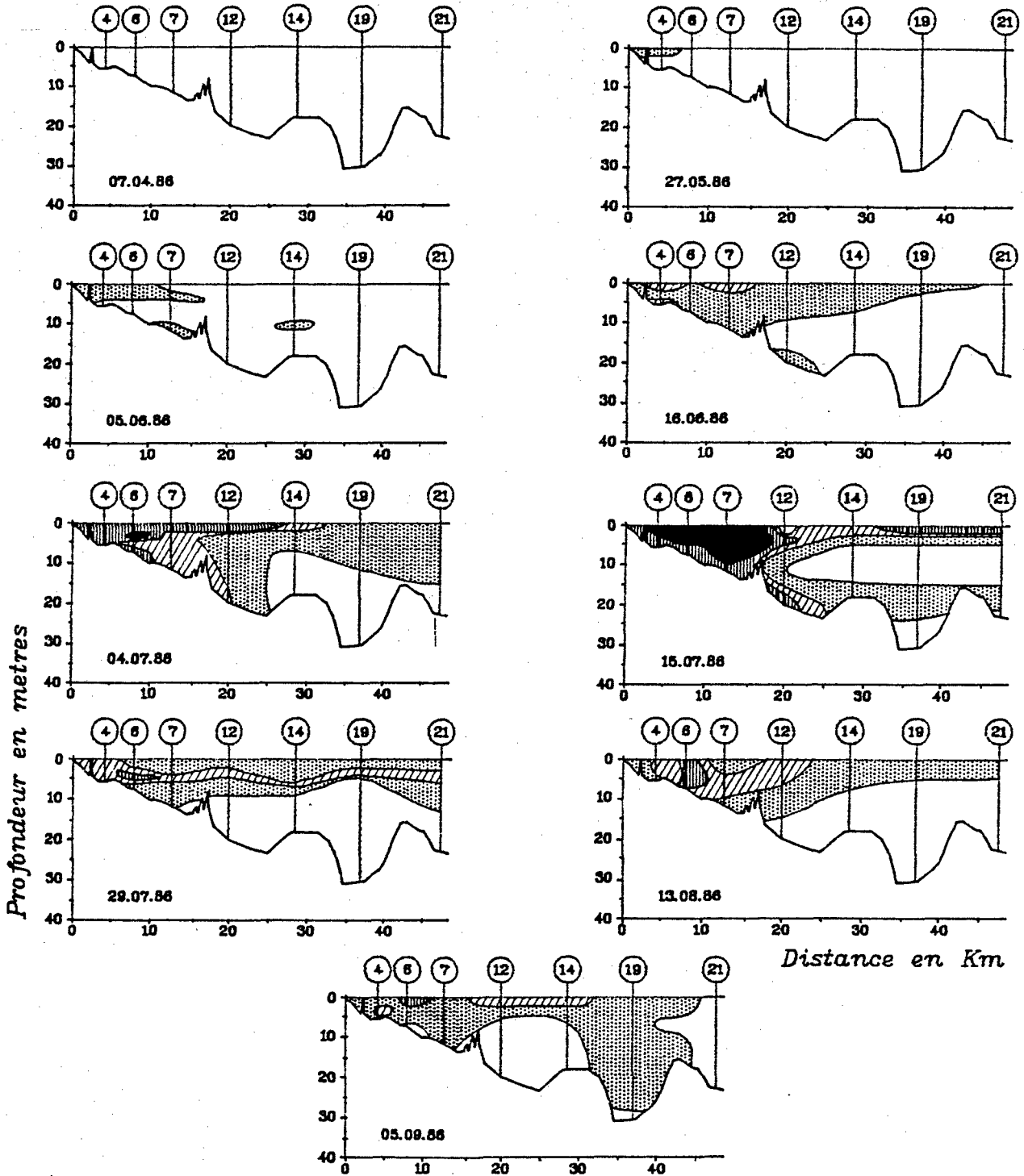


Fig. 26.- Distribution des prorocentridae, le long de la radiale D (cf. figure 8), lors des différentes campagnes de prélèvements en 1986.

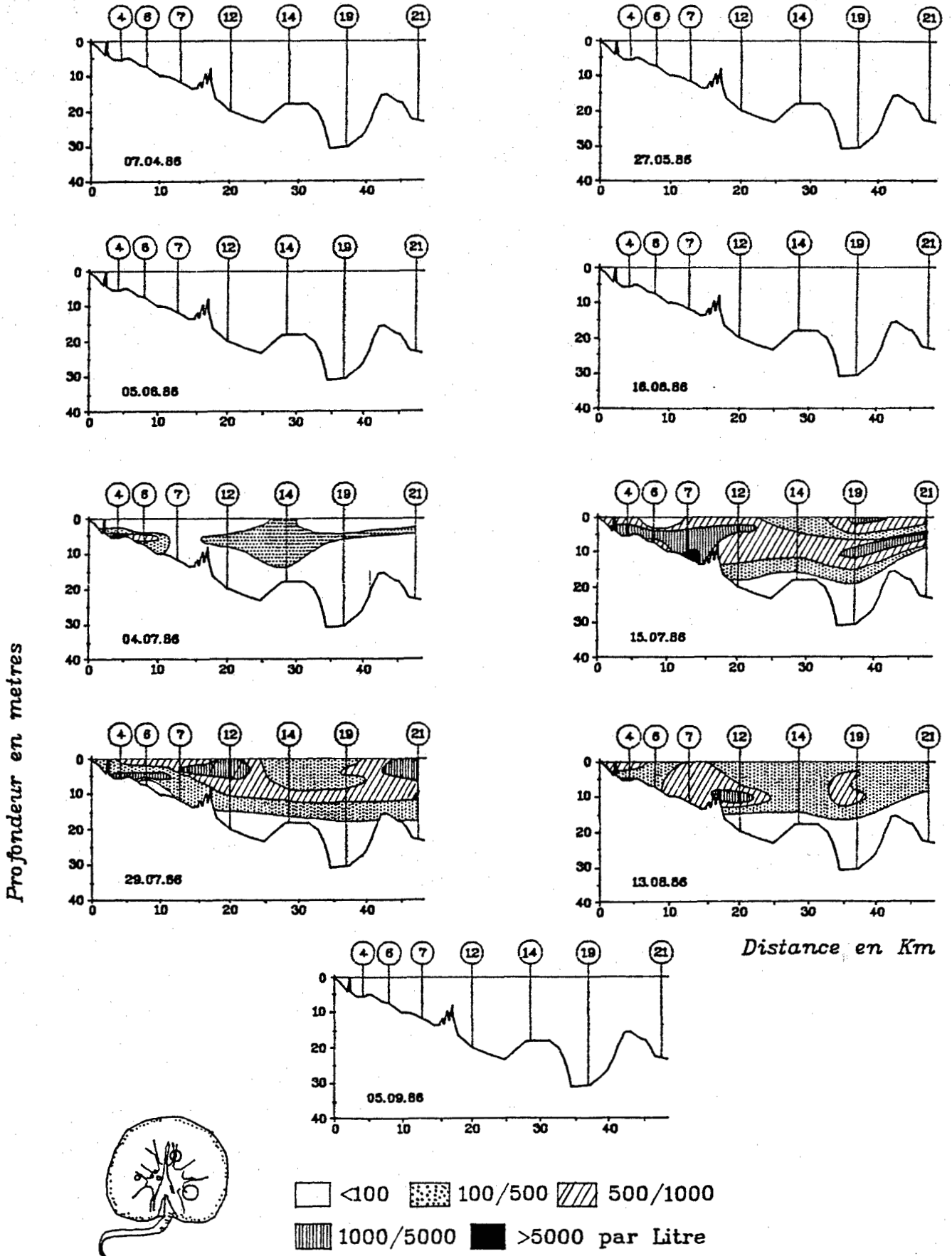


Fig. 27.- Distribution des Noctilucidae, le long de la radiale D (cf. figure 8), lors des différentes campagne de prélèvements en 1986.

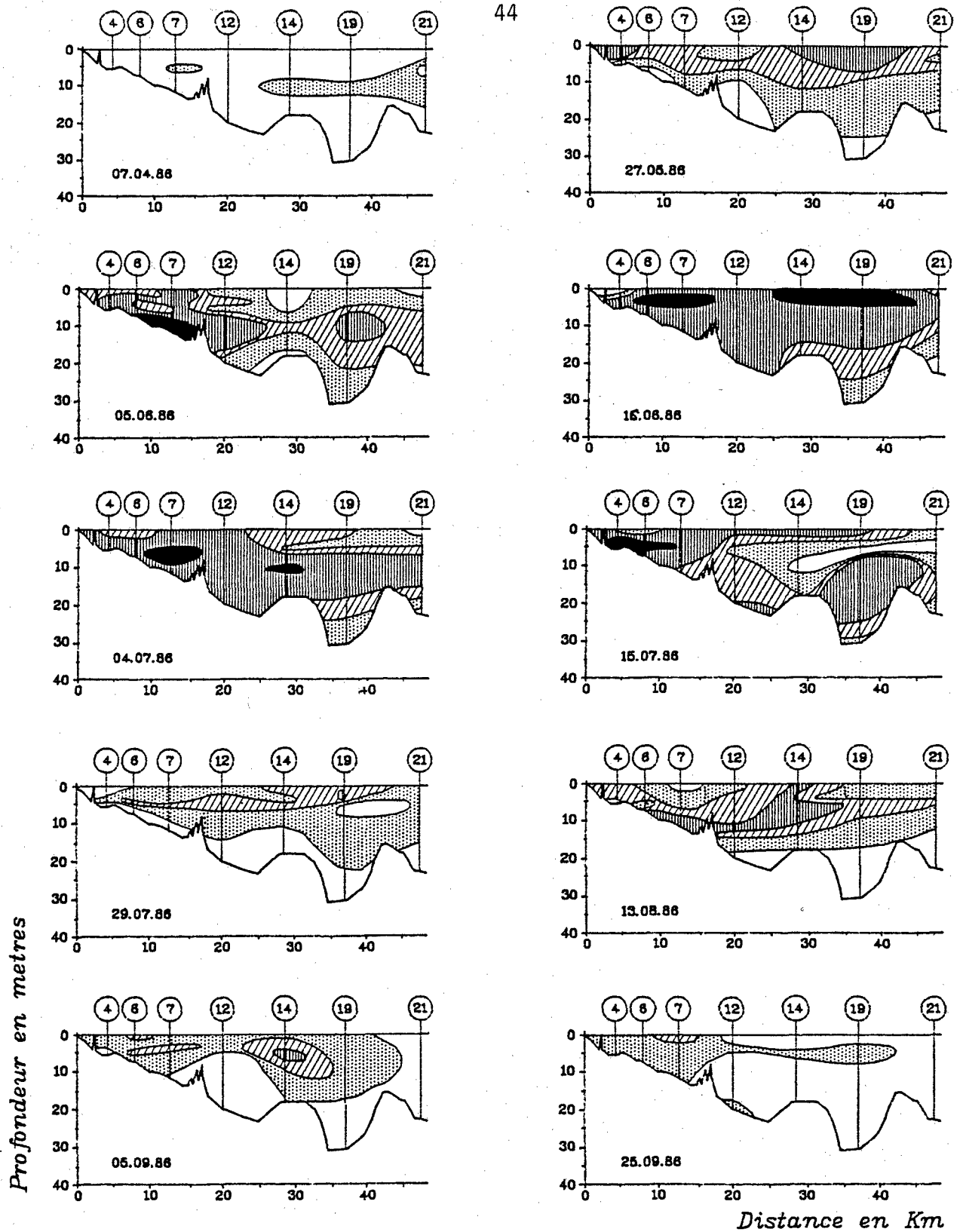


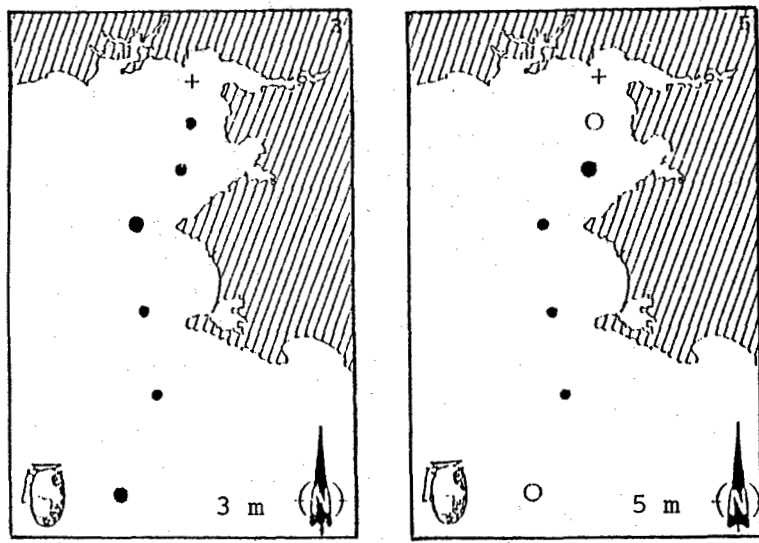
Fig. 28. - Distribution de *Dinophysis*, le long de la radiale D (cf. figure 8), lors des différentes campagne de prélèvements en 1986.

L'évolution en juillet-août montre une diminution notable des concentrations.

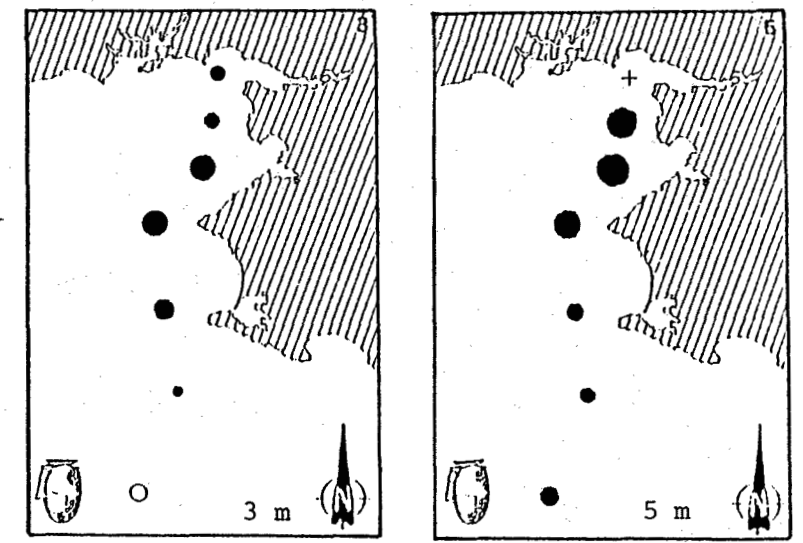
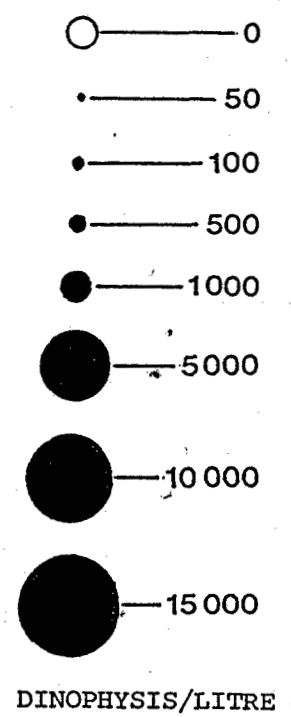
Par ailleurs, nous avons représenté l'évolution des concentrations en Dinophysis dans la baie, aux niveaux 3 m et 5 m, d'avril à septembre (fig. 29 à 31). Nous remarquerons le développement important de cette espèce, dans toute la baie le 16 juin, puis seulement dans la zone estuarienne les 4 et 15 juillet.

En résumé nous n'observons pas de différences marquées avec le transect étudié en 1985, excepté des densités plus importantes de Dinophysis et Gymnodinium et, par contre, des concentrations plus faibles en Protogonyaulax.

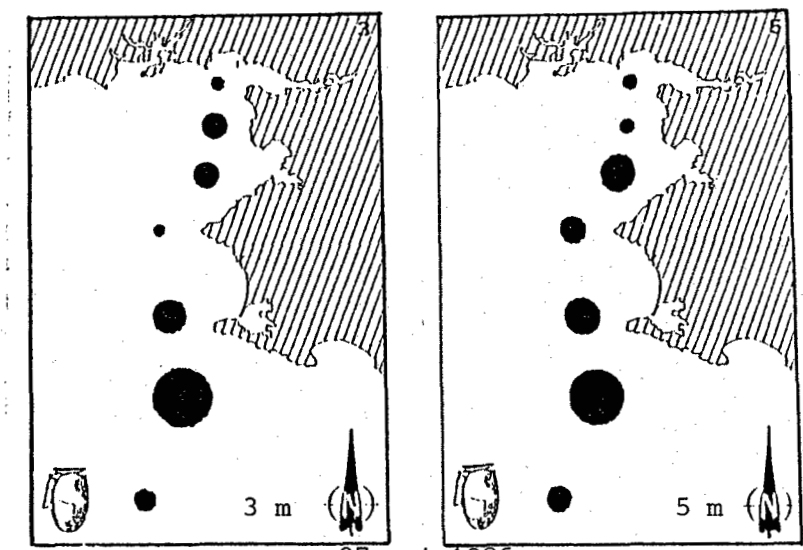
De nombreuses espèces semblent se développer préférentiellement, en juin-juillet, dans la partie estuarienne de la baie (Protoperidinium, Gonyaulax, Prorocentrum, Dinophysis) tandis qu'en avril l'apparition de ces différents groupes peut se faire soit par le sud de la baie, en secteur océanique (Dinophysis, Ceratium, Gonyaulax), soit à partir du secteur estuarien : c'est le cas de Prorocentrum.



7 avril 1986



30 avril 1986



27 mai 1986

Fig. 29.- Concentrations de Dinophysis, à 3 m et 5 m, lors de campagnes de prélèvements en 1986.  
station non échantillonnée

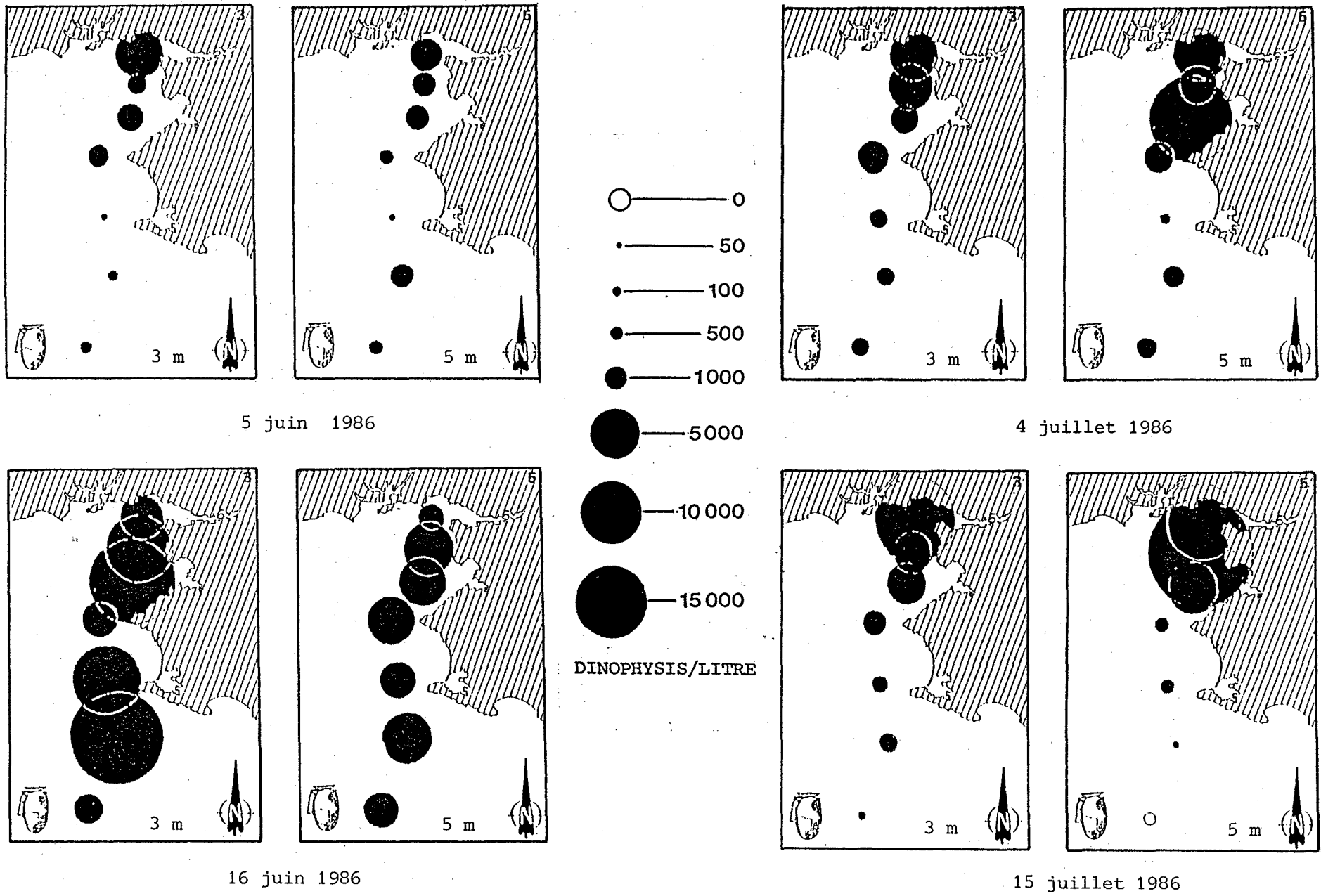


Fig. 30.- Concentrations de Dinophysis, à 3 m et 5 m, lors de la campagne de prélèvements en 1986.

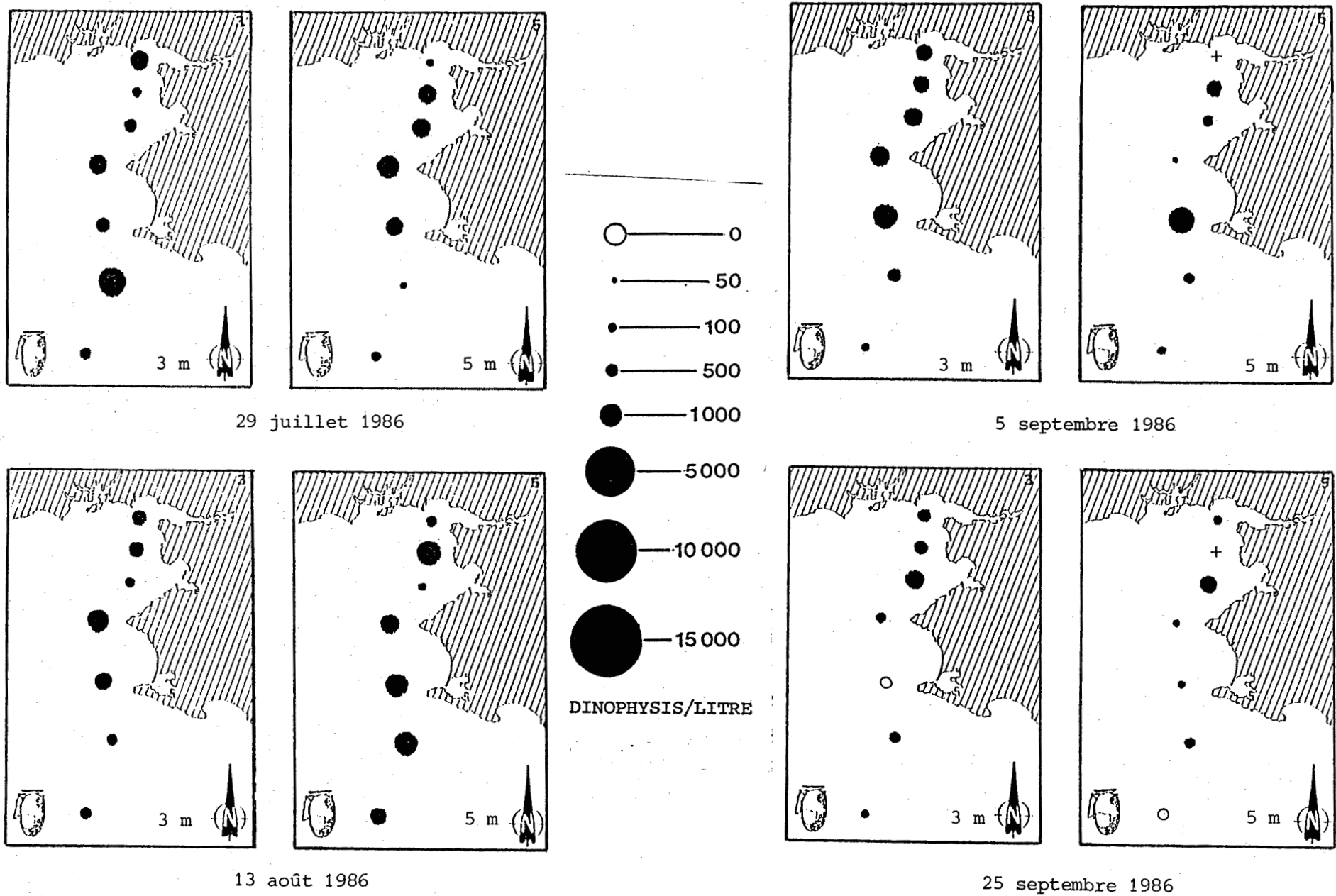


Fig. 31.- Concentrations de *Dinophysis*, à 3 m et 5 m, lors de campagnes de prélèvements en 1986.

station non échantillonnée

## V - CONCLUSIONS

Comme en 1985, l'intense coloration des eaux superficielles par le bloom printanier à diatomées ne s'est pas produite en mars-avril. Pourtant certaines conditions de milieu ont été favorables à cette multiplication du phytoplancton :

- forte pluviosité de début d'année,
- crues de la Vilaine en mars et avril et de la Loire en avril,
- dessalure et teneurs élevées en sels nutritifs des eaux superficielles dans la baie,
- faible agitation de la mer durant les deux premières décades de mars et la première d'avril.

Mais d'autres facteurs hydroclimatiques ont été particulièrement défavorables à ce bloom superficiel :

- déficit thermique marqué dans l'air, et par conséquence dans l'eau, durant le premier semestre,
- vents favorables à l'agitation de la mer quasiment de janvier à mai,
- agitation de la mer assez marquée sauf durant les deux premières décades de mars et la première d'avril,
- marées de vives-eaux (coefficients 96 les 11 et 12 mars et 92 les 9 et 10 avril) durant les deux seules périodes à faible agitation des eaux.

Toutefois, la multiplication phytoplanctonique s'est tout de même produite mais au sein d'une plus importante couche d'eau c'est-à-dire sans coloration intense. Et, comme en 1985, un bloom à diatomée Skeletonema costatum a été observé, début avril, dans le milieu calme des bassins portuaires de Saint-Nazaire.

Fin avril, dès que certaines conditions hydroclimatiques seront plus favorables à la prolifération du phytoplancton :

- dessalure et enrichissement des eaux superficielles entretenus par les pluies importantes des quatre premiers mois de l'année et les crues de la Vilaine et de la Loire,
- faible agitation de la mer,
- approche d'une période de mortes-eaux (coefficient 43 le 1er mai),

on assistera à un premier bloom (printanier tardif ou estival précoce ?) à Thalassiosira rotula avec des densités cellulaires peu importantes (300 000 cellules par litre) mais des concentrations chlorophylliennes élevées (plus de 20 mg/m<sup>3</sup>) car il s'agit d'une grosse diatomée.

Après une phase de légère régression, un nouveau bloom occupe l'ensemble de la baie le 16 juin avec de fortes densités de Cerataulina bergohnii (4 à 5 000 000 de cellules par litre) et des concentrations en chlorophylle élevées (plus de 20 mg/m<sup>3</sup>).

Ce bloom estival normal a profité :

- de l'élévation importante des températures de l'air, ainsi que de l'eau, courant juin,
- des teneurs élevées en nitrates dans l'eau,
- de vents favorables à une grande stabilité des eaux,
- d'une mer soumise à une faible agitation,
- d'une période de mortes-eaux (coefficients 50 les 14 et 15 juin) faisant suite à une de vives-eaux de faible amplitude (coefficients 72 les 7 et 8 juin).



Par la suite, durant tout l'été, les populations de diatomées chuteront, mais avec des teneurs en chlorophylle supérieures à 1 mg/m<sup>3</sup> et des concentrations cellulaires avoisinant 1 000 000 par litre :

- 4 juillet : Chaetoceros spp. (8 à 900 000)
- 15 juillet : Rhizosolenia delicatula (6 à 700 000)
- 29 juillet : R. delicatula et Nitzschia seriata (6 à 700 000)
- 13 août : N. seriata, Thalassiosira spp. et Chaetoceros spp. (1 à 1 200 000)
- 5 septembre: Chaetoceros spp. (1 à 1 200 000)

Puis fin septembre les pluies très importantes du 14 au 16 apporteront dans le milieu les sels nutritifs qui manquaient et un petit bloom à Chaetoceros spp., Rhizosolenia sp. et Coscinodiscus sp. (2 à 3 000 000) se développe avec des teneurs en chlorophylle supérieures à 5 mg/m<sup>3</sup>.

Ainsi en période estivale, alors que les teneurs en sels nutritifs sont relativement faibles, il y a toujours le risque qu'une phase très pluvieuse vienne perturber l'équilibre phytoplanctonique de la baie par des apports massifs de sels nutritifs à un moment où toutes les conditions de milieu sont optimales. C'est ce qui s'est passé fin juillet 1982 après la crue de la Vilaine ; c'est aussi, à plus petite échelle, ce qui s'est produit fin septembre 1986 où l'importante pluviosité du 14 au 16 a induit un bloom à diatomées sans dommage pour le milieu du fait de sa faible ampleur.

En ce qui concerne les Dinoflagellés on observe sensiblement les mêmes pics saisonniers qu'en 1985 pour les différents groupes étudiés, excepté quelques variations quantitatives. Ainsi, les Gymmodinidés sont beaucoup plus abondants qu'en 1985 alors que le genre Alexandrium (Gonyaulacidae) très bien représenté en juillet 1985 est absent ou rare en 1986. Les affinités estuariennes des Prorocentrum sont confirmées au contraire du genre Dinophysis qui apparaît en avril par le sud de la baie, ce qui autorise l'hypothèse d'un apport par des populations se développant au large. Néanmoins, comme en 1985, des densités importantes sont décelées sporadiquement en juin sur les faibles fonds proches de la zone estuarienne. De ce fait le rôle de cellules de dormance benthiques dans le bloom estival ne peut non plus être exclu. Enfin, d'une façon générale, les densités de ce dinoflagellé toxique ont été plus importantes en 1986 qu'en 1985 ; il y a eu risque pour les consommateurs ce qui a conduit les autorités préfectorales à suspendre la commercialisation des moules du 23 mai au 18 juin puis du 27 juin au 30 juillet.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES CITEES

- AMINOT (A.) et KEROUEL (R.), 1982.- Dosage automatique de l'urée dans l'eau de mer : une méthode très sensible à la diacétylmonoxime. Can. J. Fish. Aquat. Sc., 39, 174-183.
- ALZIEU (C.), LASSUS (P.), MAGGI (P.), POGGI (R.) et RAVOUX (G.), 1983.- Contamination des coquillages des côtes bretonnes et normandes par une algue unicellulaire toxique (Dinophysis acuminata).- Rapport technique I.S.T.P.M., N° 4, 33 p.
- ANDRESEN LEITAO (M.), LASSUS (P.), MAGGI (P.), LE BAUT (C.), CHAUVIN (J.) et TRUQUET (P.), 1983.- Phytoplancton des zones mytilicoles de la baie de Vilaine et intoxication par les coquillages.- Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 46 (3) 233-262.
- BENDSCHNEIDER (K.) and ROBINSON (R.J.), 1952.- A New spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water.- J. Mar. Res. 11, 87-96.
- GRASSHOF (K.), 1969.- A simultaneous multiple channel system for nutrient analyses in seawater with analog and digital data record. Technicon International congress. June 4-6, Chicago, 133-145.
- GRIMANDI (G.), MAGGI (P.) et CORMIER (M.), 1983.- Phytoplancton des zones mytilicoles de la baie de Vilaine et intoxication par les coquillages : analyses bactériologiques.- Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 46 (3) 263-266.
- KOROLEFF (F.), 1976.- Determination of ammonia, p. 126-133, in Methods of sea water analysis, K. GRASSHOF (ed.). Verlag Chemie, Weinheim, RFA.
- LASSUS (P.), MARTIN (A.G.), MAGGI (P.), BERTHOME (J.P.), LANGLADE (A.) et BACHERE (E.), 1983 (1985).- Dinoflagellés toxiques sur les côtes françaises pendant l'été 1983.- Extension du dinoflagellé Dinophysis acuminata en Bretagne sud et conséquences pour les cultures marines.- Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 17 (3 et 4) 122-133.
- LASSUS (P.), MARCAILLOU-LE BAUT (C.) et MAGGI (P.), 1984.- Analyse des conditions ayant provoqué une efflorescence de Dinophysis acuminata en baie de Vilaine (été 1983 - France).- C.I.E.M./C 4, Special meeting.
- LASSUS (P.), MAGGI (P.), TRUQUET (I.), TRUQUET (P.), BARDOUIL (M.) et LARRAZABAL (M.), 1986.- Distribution de Dinophysis cf. acuminata et des espèces associées, en baie de Vilaine, pendant l'été 1985.- Rapport IFREMER, DERO-86.02-MR, 56 p.
- LORENZEN (C.J.), 1966.- A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration.- Deep-Sea Res., 13, 223-227.

- MAGGI (P.), 1982.- Les mortalités massives de poissons en baie de Vilaine (juillet 1982).- Rapport I.S.T.P.M., 16 août 1982, 19p.
- MAGGI (P.), 1983.- Alerte "Eaux brunes des 17 et 18 mars 1983".- Premiers résultats des analyses effectuées.- Rapport à diffusion restreinte n° 1, mars 1983, 13 p.
- MAGGI (P.), 1984.- Conditions hydroclimatiques et apparitions d'eaux colorées en baie de Vilaine, durant l'été 1983.- Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest de la France, Nouvelle Série, 6 (1), 43-56.
- MAGGI (P.), SOULARD (L.), TRUQUET (I.), et CHAUVIN (J.), 1984.- Facteurs hydroclimatiques et apparitions d'eaux colorées, en baie de Vilaine, durant l'année 1983.- Rapport technique ISTPM n° 8, 45 p.
- MAGGI (P.), MASTOURI (A.) et SOULARD (L.), 1985.- Analyse des facteurs climatiques susceptibles de jouer un rôle dans les apparitions d'eaux colorées en baie de Vilaine, durant l'année 1982.- Rapport IFREMER DERO-85.01-MR, 28 p.
- MAGGI (P.), MASTOURI (A.), TRUQUET (I.), SOULARD (L.), CADIOU (Y.), LE PAUL (C.) et GIBOIRE (L.), 1986.- Facteurs hydroclimatiques et apparitions d'eaux colorées, en baie de Vilaine, durant l'année 1984.- Rapport IFREMER, DERO-86.06-MR, 65 p.
- MAGGI (P.), LASSUS (P.), TRUQUET (I.), MASTOURI (A.) et SOULARD (L.), 1987.- Facteurs hydroclimatiques et apparitions d'eaux colorées en baie de Vilaine, durant l'année 1985.- Rapport IFREMER, DERO-05-MR, 46 p.
- MURPHY (J.) and RILEY (J.P.), 1962.- A modified single solution method for the determination of phosphate in naturel waters.- Anal. Chim. Acta 27, 31-36.
- PARSONS (T.R.), STEPHENS (K.) and STRICKLAND (J.D.H.), 1961.- On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankton.- J. Fish. Res. Bd. Can. 18 (6), 1001-1025.
- PLANTE-CUNY (M.R.), 1978.- Pigments phytosynthétiques et production primaire des fonds meubles néritiques d'une région tropicale (Nosy-Bé, Madagascar).- Travaux et Documents de l'O.R.S.T.O.M., n° 96, p. 96 et 97.
- WOOD (E.D.), ARMSTRONG (F.A.J.) and RICHARDS (F.A.), 1967.- Determination of nitrate in sea water by cadmium copper reduction to nitrite.- J. Mar. Biol. Ass. U.K. 47, 23-31.
- YENTSH (C.S.) et MENZEL (D.W.), 1963.- A method for the determination of phytoplankton chlorophyll.- Deep-Sea Res., 10, 221-231.
- TREGUER (P.) et LE CORRE (P.), 1975.- Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer.- Utilisation de l'autoanalyser II, Technicon R. U.B.O., Lab. d'Océanologie chimique, 110 p.