

**DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT
ET DES RECHERCHES OCEANIQUES**

**Etude des conséquences du fonctionnement
de la centrale de GRAVELINES
sur le milieu marin**



-Avril 1986-

IFREMER
 Centre de BREST
 S.D.P.
 B.P. 337
 29273 BREST CEDEX
 Tél. : 98.45.80.55
 Télex 940 627

DIRECTION ENVIRONNEMENT
 ET RECHERCHES OCEANIQUES

DEPARTEMENT ENVIRONNEMENT LITTORAL

AUTEUR(S) :		CODE :
GENTIEN P., Ph. GROS, G. LE FEVRE-LEHOËRFF		N° <u>DERO/EL.07/86</u>
TITRE		Date : 29.04.1986
Evaluation des conséquences du fonctionnement de la centrale de Gravelines sur le milieu marin.		Tirage nb : 30
Nb pages : 145		
Nb figures : 25		
Nb photos :		
CONTRAT (intitulé)		DIFFUSION
N° <u>E-2898</u>		Libre <input type="checkbox"/>
		Restreinte <input checked="" type="checkbox"/>
		Confidentielle <input type="checkbox"/>
<u>RESUME</u>		
<p>Une étude du rejet d'eau chaude (chlorée) du Centre de Production nucléaire a été effectuée selon deux méthodologies :</p> <ul style="list-style-type: none"> - une étude globale du panache par mesures en continu afin de cerner les sources de variations et de tenter des bilans. - une étude de la dilution du panache afin de tester un nouveau type d'échantillonnage. <p>ABSTRACT Les bilans sont présentés pour deux types de rejet (chloré ou non). De plus une cartographie sonar de la zone adjacente est présentée.</p>		
Mots-clés	Centrale nucléaire, Gravelines, Impact, Dilution, Phytoplancton, Sonar.	
Key words	Nuclear power plant, Gravelines, Impact, Dilution, Phytoplankton, Sonar.	



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

SOMMAIRE

INTRODUCTION.

METHODOLOGIE.

- A. Stratégies d'observation.
- B. Etude de la dilution.
Protocole et notations.
- C. Cartographie du rejet.
Mesures.
Estimation des aires et valeurs moyennes.

RESULTATS.

- Introduction.
Calendrier des missions.
Discussions sur les paramètres.
- A. Description de la zone d'étude.
Limites de la zone.
Hydrodynamique.
Hétérogénéité côte-large.
Description des eaux côtières.
Influence de l'Aa sur les matières en suspension.
Variations saisonnières.
- B. Description du panache.
Principe d'échantillonnage.
Validation d'échantillonnage.
Evolution des paramètres avec la température.
Période de chloration.
Période de non-chloration.
- C. Etude de la dilution.
Analyse des variations de chlorophylle a dans le panache.
- D. Tentative de calcul de bilan.
- E. Zooplancton et noctiluques.
- F. Conclusion.

ANNEXE 1.

Tableaux de résultats : étude de la dilution du panache.

ANNEXE 2.

Méthodes d'analyses.

ANNEXE 3.

Carte sonar de la zone de Gravelines.

Contributeurs à l'élaboration du rapport

Coordination et étude du panache
Etude de la dilution
Zooplancton et noctiluques
Représentation sonar
Traitement informatique
Dessin
Dactylographie

P. GENTHEN
Ph. GROS
G. LE FEVRE-LEHOËRFF
C. AUGRIS, Ph. BASSOULET
M. BRETON
P. BODENES
J. HUGUEN

I N T R O D U C T I O N

Les rejets d'eaux chaudes chlorées peuvent produire des perturbations, si l'on s'en tient au système pélagique, par effet de transit et par impact de ces eaux ayant transité sur le milieu récepteur. Le but de l'étude rapportée ici est d'évaluer ces impacts sur le système pélagique en focalisant sur le phytoplancton.

Les études de surveillance des centrales nucléaires situées sur le littoral, effectuées jusqu'alors, ne permettent pas d'établir un bilan d'impact d'aménagement. Ce n'est d'ailleurs pas leur but affiché qui est plutôt de détecter un déséquilibre ou une modification du milieu récepteur. En effet, par la stratégie employée, il est très délicat d'extraire des variabilités observées la variation naturelle d'année en année et la variation due à l'aménagement (1). Dans le meilleur des cas, en l'absence de toute variation interannuelle, il serait possible d'observer l'évolution de tel ou tel paramètre en fonction de la température, qui est le traceur de dilution du rejet dans l'hypothèse où l'effet de la convection atmosphérique reste négligeable, hypothèse vérifiée sur le panache de la centrale de Gravelines (2). Nous avons tenté par cette étude de décrire l'évolution des paramètres pertinents de mesure d'impact avec la température et d'estimer des bilans.

Dans le cas d'un mélange à deux sources, on considère que le paramètre évoluant linéairement avec le descripteur du mélange est conservatif. Ce paramètre n'est dans ce cas pas soumis à d'autres influences que celles de la dilution.

La non-linéarité de la courbe de dilution des eaux du panache avec le milieu récepteur n'implique donc pas forcément que le paramètre disparaisse ou soit produit lors du mélange. En effet, il est possible qu'un puits apparent soit observé sans qu'il corresponde à une disparition de matériel mais plutôt à une accumulation de matériel à l'interface. Cette considération est relativement importante car la mesure de l'impact de la centrale comporte la mesure des impacts par transit et celle de l'effet sur le milieu récepteur. Si l'effet rémanent sur le milieu était négligeable, on devrait approcher la conservation du paramètre lors du mélange, si l'on exclut la possibilité d'accumulation physique à l'interface.

Si l'impact par transit est assez facilement estimé par différence entre l'amenée et le rejet, il n'en va pas de même pour l'impact sur le milieu récepteur. Nous nous sommes attachés à la mesure d'une variation globale (effet de transit + effet rémanent). On pourrait soustraire de l'effet global l'effet de transit afin d'obtenir l'ordre de grandeur de l'effet rémanent.

En effet, ceci est possible car l'impact par transit d'une centrale électrique sur le phytoplancton est assez bien connu tout au moins en ce qui concerne les effets à court terme des chocs mécaniques, thermiques ou chimiques (chloration). Cet impact est l'impact minimal sur le milieu ; à celui-ci peut éventuellement se rajouter l'effet rémanent des eaux ayant transité, sur les paramètres des eaux de dilution. Cet impact rémanent est malheureusement moins bien compris car plus difficile à évaluer. Quelques résultats sont présentés dans la littérature (3) qui concernent principalement des simulations in vitro.

Le problème des effets rémanents reste très complexe et non totalement résolu comme le souligne A. Ramade (4).

Cette étude commandée par E.D.F. à l'IFREMER a pour but d'évaluer l'impact global de la centrale nucléaire sur le système pélagique et plus particulièrement sur le phytoplancton. Nous avons utilisé deux approches différentes et complémentaires.

La première partie de ce rapport concerne les méthodologies (les stratégies d'échantillonnage et les méthodes de calcul) utilisées dans le cadre des deux études. Les résultats des quatre campagnes destinées à estimer des bilans globaux sont présentés dans un deuxième chapitre et suivent les présentations des résultats des campagnes saisonnières en ce qui concerne le phytoplancton et le zooplancton. La conclusion est suivie d'une annexe dans laquelle sont présentés les résultats des études de dilution, ainsi qu'une partie méthodologique d'analyses et une carte de couverture sonar de la zone.

M E T H O D O L O G I E

A - Stratégies d'observation.

En étudiant la littérature, on peut voir que l'impact de la centrale est de deux types selon que l'on a ou non chloration. Dans ce cas, la chloration a lieu au dessous de 10° C à la prise d'eau. L'eau de refroidissement est donc chlorée entre à peu près la mi-mai et fin novembre. Nous avons donc considéré cette partition qui se superpose au cycle saisonnier pélagique. C'est pourquoi les campagnes ont été réparties sur les deux périodes.

Deux types d'approches ont été utilisées, la première exigeant des moyens lourds et la deuxième plus légère. La première avait pour but d'établir des bilans complets en étudiant l'évolution des divers paramètres avec la dilution, en estimant les valeurs aux sources et les volumes d'eaux concernés par chaque classe de dilution. Ces campagnes ont nécessité la mise au point d'un conteneur laboratoire d'analyses en continu. Elles ont eu lieu en Mars-avril et septembre pendant deux ans. Une première série de mesures a été effectuée en Mai 82 et a servi à la mise au point des techniques. Les résultats de cette campagne ne sont pas reportés ici.

L'autre type de campagne était beaucoup plus léger. De ce fait, huit campagnes par an ont été effectuées. Ceci nous a permis de faire des mesures aux différentes périodes du cycle saisonnier. La dilution du panache étant le phénomène intéressant, il a été décidé de procéder à un échantillonnage en fonction de la température. Les classes d'échauffement retenues pour échantillonnage sont :

$$T > 5^{\circ}\text{C} ; 3^{\circ} < T < 5^{\circ}\text{C} ; 1^{\circ}\text{C} < T < 3^{\circ}\text{C} ; T < 3^{\circ}\text{C}$$

Chaque point étant échantillonné en surface et au fond, il est théoriquement possible de calculer les variations des paramètres dues au rejet d'eau chaude, chlorée ou non.

Les techniques utilisées sont présentées en deux parties relatives aux campagnes de couverture géographique et aux campagnes d'échantillonnage selon la température.

B - Etude de la dilution.

Protocole et notations.

Le problème posé est celui d'évaluer l'impact du fonctionnement de la centrale sur le compartiment pélagique. Cette formulation relativement vague du fait même de la généralité recouvre plusieurs questions de natures différentes. Essentiellement deux, dont la symétrie de l'intitulé souligne la complémentarité :

- Quelles sont les modifications imputables aux phénomènes (chocs mécaniques, choc thermique, chloration éventuelle) intervenant dans les circuits de refroidissement ?
- Quelles conséquences ces transformations entraînent-elles sur le milieu récepteur lui-même ?

Il apparaît d'emblée que la seconde question procède la préoccupation plus ambitieuse que la première. Sa résolution est en effet conditionnée par la connaissance du fonctionnement du système pélagique dans le champ proche du rejet ; pour fixer les idées, ce champ proche peut être défini comme correspondant aux "boîtes" 1 à 5 incluses du modèle utilisé par EDF (réf. 5).

Il sera admis que l'objectif de l'étude complémentaire dite "légère" est simplement de tenter de répondre à la première question, en s'appuyant sur l'étude des variations de la biomasse phytoplanctonique (exprimée en concentration de chlorophylle a) dans le panache de rejet de la centrale. Afin de pouvoir y détecter un déficit éventuel, les mesures sont effectuées dans 3 domaines distincts :

- à la source, c'est-à-dire à la prise d'eau des circuits dans l'avant-port de Dunkerque ;
- dans le panache lui-même, plus précisément dans les secteurs définis par des échauffements superficiels supérieurs à 5°C, compris entre 3 et 5°C, entre 1 et 3°C et inférieur à 1°C respectivement (tout au moins en 1983) ;
- dans le milieu récepteur ; compte tenu de l'étalement en surface des eaux du rejet (cf. profils thermiques verticaux joints en annexe), le milieu extérieur est échantillonné sous le panache en chacune des quatre stations précédemment définies.

Dans la suite du texte seront utilisées les notations suivantes :

1) Concernant la température :

Un profil de mesures est réalisé dans l'avant-port, qui montre le maintien au cours de l'année d'une homogénéité verticale de cette variable. La température moyenne estimée est notée T_0 , et l'estimation de la variance $V(T_0)$ est désignée par $\hat{V}(T_0)$.

Il est supposé que cette eau pompée à la prise subit dans les circuits de la centrale un échauffement constant de 12°C. Si TR désigne la température de l'eau au rejet :

$$TR = T_0 + 12$$

Enfin, en chacune des 4 stations du panache est réalisé un profil thermique vertical. La température relevée en surface est notée TS_k (avec $k = 1, 2, 3, 4$) ; étant donné qu'il n'est saisi qu'une seule valeur de la température superficielle, il n'a pas été possible d'estimer $V(TS_k)$. En revanche, la prolongation du profil sous le panache fournit plusieurs valeurs de la température du milieu récepteur, dont la moyenne et la variance estimée de cette moyenne sont notées TF_k et $\hat{V}(TF_k)$ respectivement.

Ainsi qu'il est classiquement admis, la température est considérée comme un indice de la dilution du panache. Donc, soit πAP_k la proportion de l'eau en provenance de l'avant-port présente à la surface du panache à la station k :

$$\begin{aligned}\pi AP_k &= (TS_k - TF_k) / (TR - TF_k) \\ &= \Delta SF_k / \Delta RF_k\end{aligned}$$

avec :

$$V(\pi AP_k) \approx \left(\frac{E(\Delta SF_k)}{E(\Delta RF_k)} \right)^2 (CV^2(\Delta SF_k) + CV^2(\Delta RF_k) - \frac{2 \text{Cov}(\Delta SF_k, \Delta RF_k)}{E(\Delta SF_k) E(\Delta RF_k)})$$

où CV^2 désigne le carré du coefficient de variation. On a évidemment :

$$V(\Delta RF_k) = V(T_o) + V(TF_k)$$

et
$$V(\Delta SF_k) = V(TF_k) + V(TS_k)$$

Compte tenu de ce qui a été dit plus haut, il n'est pas possible d'estimer $V(\Delta SF_k)$; force est donc de s'en tenir à une sous-estimation :

$$\hat{V}(\Delta SF_k) \equiv \hat{V}(TF_k)$$

en remarquant toutefois qu'admettre l'hypothèse $\hat{V}(TF_k) = V(TS_k)$ permettrait d'écrire, sous la condition d'indépendance : $V(\Delta SF_k) = 2 \hat{V}(TF_k)$.

Quoiqu'il en soit, et dans la mesure où le protocole serait maintenu à l'avenir, la solution la plus élégante consisterait à se doter de replicats pour l'évaluation de TS_k . Mieux même, de replicats de couples indépendants (TS_k, TF_k) en une même station, afin d'obtenir directement une approximation du terme de covariance qui intervient dans l'expression de $V(\pi AP_k)$. Cette covariance ne serait qu'approchée car :

- le numérateur et le dénominateur de πAP_k sont des moyennes, et pour chacun on ne dispose que d'une estimation par station ; d'où la nécessité de recourir à :

$$\widehat{\text{Cov}}(\bar{X}_1, \bar{X}_2) \approx \frac{1}{n} \widehat{\text{Cov}}(X_1, X_2)$$

- au surplus, dans cette approximation, TR est traité abusivement comme une constante. Ce dernier point n'est toutefois guère gênant, compte tenu de la faible dispersion enregistrée pour cette variable.

En l'état actuel, non seulement la stratégie adoptée n'inclut pas le réplikat de couples, mais elle ne prévoit qu'une seule mesure en surface par station.

La nécessité d'apprécier l'incertitude associée aux estimations contraint néanmoins à recourir à l'un des termes de l'alternative suivante:

- considérer que $\text{cov}(\Delta SF_k, \Delta RF_k)$ à la station k peut être estimée par la covariance empirique des 4 couples de différences obtenus aux 4 stations ; cette solution, qui éventuellement vaudrait pour les stations très proches les unes des autres, est ici totalement inadaptée car elle ne peut pas faire ressortir la covariabilité intra-station. Ce choix ne peut donc être valablement retenu.
- supposer que la covariance est nulle ; c'est finalement cette option qui sera adoptée, d'une part parce qu'elle n'apparaît pas a priori irréaliste, d'autre part du fait qu'elle conduit à surestimer éventuellement la variance plutôt qu'à la sous-estimer.

Au demeurant, il est bon de souligner ici que l'imprécision des résultats est beaucoup plus attribuable à la variabilité de la chlorophylle qu'à celle de la température.

- 2) Concernant la chlorophylle, la notation sera homogène à cette employée pour la température, i.e. :

C_0 est la concentration moyenne à l'entrée des circuits dans l'avant-port, estimée à partir de 4 mesures (2 en surface et 2 au fond dans le protocole 1983), et exprimée en $\mu\text{g. l}^{-1}$ de chl.a.

De même, à la station k , les concentrations moyennes de chlorophylle mesurées à la surface du panache (2 réplicats) et sous le panache (2 réplicats) sont respectivement désignées par CS_k et CF_k .

Par opposition à ces valeurs observées, soit \tilde{CS}_k la concentration théorique en surface à la station k . Avec les hypothèses :

- a) le transit dans la centrale est sans effet sur le phytoplancton,
- b) les cellules phytoplanctoniques sont l'objet d'une diffusion passive,
- c) la concentration CF_k mesurée sous le panache fournit une bonne estimation de la concentration de l'eau ayant dilué le panache.

Il vient :

$$CS_k = \pi AP_k \cdot C_0 + (1 - \pi AP_k) \cdot CF_k.$$

Le calcul de \hat{CS}_k en tout point de la surface du panache repose donc sur l'hypothèse d'homogénéité du milieu récepteur ; d'un double point de vue :

homogénéité "biologique" : $CF_k \equiv CF = \text{cste}$
et homogénéité thermique : $TF_k \equiv TF = \text{cste}$

En l'absence d'impact (hypothèse (a)), CS_k est alors une fonction linéaire simple de TS_k :

$$\tilde{CS}_k = [(C_0 - CF) TS_k + TR.CF - TF \cdot C_0] / \Delta RF$$

Si au contraire toute la chlorophylle est détruite dans les circuits de refroidissement :

$$\hat{CS}_k = (TR - TS_k) CF / \Delta RF$$

Il faut insister sur le fait que l'hypothèse d'homogénéité du milieu récepteur, qui autorise à utiliser ces formules très simples, est d'autant moins réaliste que l'on s'éloigne du point de rejet. Cette question sera revue lors de l'examen des résultats, mais la reconnaissance a priori des variations spatiales dans le champ proche détermine le choix de la méthode même d'évaluation d'un éventuel déficit en chlorophylle (on postule qu'il n'y a pas création de chlorophylle durant le transit dans les circuits). Soit ΔC_o de déficit imputable à la centrale, dans une situation intermédiaire entre les deux extrêmes précédemment décrits :

$$\Delta C_{o,k} = (CS_k - \hat{CS}_k) / \pi AP_k$$

où \hat{CS}_k est la chlorophylle prévue en surface à la station k sous l'hypothèse (a). Il serait tentant d'évaluer globalement un déficit moyen ΔC_o .

$$\overline{\Delta C_o} = \frac{1}{S} \sum_k^S \Delta C_{o,k}$$

à partir des stations visitées dans le panache. Toutefois, dans une telle approche, d'isopondération des termes de la somme équivaut à attribuer la même force à l'hypothèse (c) en chacune des stations, et donc à négliger les variations de la biomasse phytoplanctonique de la masse d'eau qui dilue le panache. Cette simplification n'est guère gênante à proximité du rejet ($k = 1$), mais elle n'est plus acceptable lorsque ce dernier est caractérisé par des échauffements de l'ordre du degré ($k = 4$). Il faut remarquer aussi qu'une pondération satisfaisante des composantes de $\overline{\Delta C_o}$ supposerait le problème pratiquement résolu.

Une manière d'intégrer la variabilité biologique dans le calcul de la concentration théorique sous (a) consisterait à poser :

$$\hat{CS}_k = \pi AP_k \cdot C_o + (1 - \pi AP_k) \cdot \overline{CF}$$

avec :
$$\overline{CF} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k CF$$

La solution ici choisie sera finalement celle qui conserve les valeurs individuelles $\Delta C_{o,k}$, en considérant que l'évaluation la plus réaliste du déficit est $\Delta C_{o,1}$. A ce niveau se trouve mise en lumière l'ambiguïté de la présente étude : pour statuer sur (a), il faut supposer (c) vérifiée. Mais en fait la discussion des résultats obtenus porte autant sur (a) (à partir de $\Delta C_{o,1}$) que sur (c) (à partir de la stabilité des autres estimations $\Delta C_{o,2}, \dots, \Delta C_{o,4}$).

Dans la présentation des résultats, les déficits calculés en chaque station seront exprimés en %, i.e. :

$$\Delta C_{o,k} = 100 (CS_k - \tilde{CS}_k) / (C_o \cdot \pi AP_k)$$

Il a été jusqu'ici implicitement admis que l'eau pompée dans l'avant-port injecte dans le rejet un flux de chl.a qui demeure constant pendant la durée d'une campagne ; supposer l'absence d'impulsions brèves autour de C_o semble a priori réaliste, bien que cela n'ait fait l'objet d'aucune vérification.

Pour calculer la variance du déficit relatif tel que défini ci-dessus, l'expression suivante sera utilisée :

$$\Delta C_{o,k} = 100 (CS_k - \pi AP_k \cdot C_o - (1 - \pi AP_k) \cdot CF_k) / (C_o \cdot \pi AP_k)$$

$$\Rightarrow V(\Delta C_{o,k}) = V\left(\frac{CS_k - (1 - \pi AP_k) CF_k}{C_o \cdot \pi AP_k}\right)$$

Afin d'alléger l'écriture, les notations suivantes seront employées dans la suite des calculs :

$$CS_k \equiv X_1 ; CF_k \equiv X_2 ; C_o = X_3 ; \pi AP_k \equiv X_4$$

$$\text{et } E(X_i) \equiv \mu_i ; V(X_i) \equiv \sigma_i^2$$

Le problème est donc d'évaluer :

$$V(\psi(\vec{X})) = V\left(\frac{X_1 - X_2(1 - X_4)}{X_3 X_4}\right)$$

Ce qui est réalisé en s'appuyant sur deux approximations ; la première consiste à négliger le biais b dans l'égalité :

$$E(\psi(\vec{X})) = \psi(\vec{\mu}) + b$$

et donc d'écrire :

$$V(\psi(\vec{X})) \approx E((\psi(\vec{X}) - \psi(\vec{\mu}))^2)$$

La seconde approximation consiste à calculer le membre de droite en négligeant les termes d'ordre supérieur à 1 du développement de Taylor de ψ au voisinage de $\vec{X} = \vec{\mu}$; il vient :

$$V(\psi(\vec{X})) \approx \sum_i V(X_i) \left. \frac{\partial \psi}{\partial X_i} \right|_{\vec{X}=\vec{\mu}}^2 + 2 \sum_{i < j} \text{cov}(X_i, X_j) \left. \frac{\partial \psi}{\partial X_i} \frac{\partial \psi}{\partial X_j} \right|_{\vec{X}=\vec{\mu}}$$

Expression qui se simplifie si l'on admet que :

$$\text{cov}(X_i, X_j) = 0 \quad \forall i \neq j$$

Cette hypothèse, qui suppose que la matrice des covariances entre moyennes empiriques CS_k , CF_k , πAP_k (estimées à la station k), C_0 (estimée dans l'avant-port) est diagonale, apparaît a priori assez réaliste. Elle permet d'obtenir une formulation approchée simple de $\hat{V}(\psi(\vec{X}))$:

$$V(\psi(\vec{X})) \approx \psi^2(\vec{\mu}) \left[\frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 (\mu_4 - 1)^2}{(\mu_2 (1 - \mu_4) - \mu_1)^2} + \frac{\sigma_3^2}{\mu_3^2} + \frac{\sigma_4^2}{\mu_4^2} \right]$$

Qui est estimée par $\hat{V}(\psi)$ en remplaçant les paramètres inconnus de $V(\psi)$ par leurs valeurs empiriques.

C - Cartographie du rejet.

1. Mesures.

Nous avons effectué des cartographies du rejet de manière à tenter un calcul des bilans et tout au moins, de bien décrire la zone dans laquelle s'effectue le rejet afin de déterminer si possible les sources de dilution. Cette approche nous a conduit à mettre en oeuvre des techniques nouvelles, en particulier, un laboratoire automatique de mesures hydrobiologiques. Ce laboratoire en cours d'études, a été équipé d'une centrale d'acquisition des données : en septembre 1983, un simple enregistreur de données Aanderaa et pour la campagne d'avril 1984, une centrale d'acquisition architecturée sur un ordinateur 32 bits. Les enregistrements des missions de septembre 82 et mars 83 ont été acquis sur papier et les résultats mesurés toutes les minutes. Cette dernière amélioration a permis de calculer en temps réel les concentrations, de les figurer et en même temps, de suivre la route repérée au Syledis à ± 5 m. La fréquence d'acquisition a été fixée à 30 sec. soit une mesure de tous les paramètres tous les 45 mètres. Les paramètres mesurés en routine sont :

- la position (latitude et longitude).
- la température (0,5 m de profondeur).
- la salinité.
- les sels nutritifs (Azote ammoniacal, Azote nitrique et nitreux et Silicates).
- la fluorescence en tant qu'estimation de la chlorophylle.
- la fluorescence induite au D.C.M.U. qui permet d'estimer la production primaire.
- la turbidité qui permet l'estimation de la charge particulaire.

Les détails relatifs aux différents techniques de mesures sont présentées en annexe.

Les données, une fois acquises et validées sont transférées au laboratoire sur DPS7. Les calculs présentés ci-dessous sont effectués sur cet ordinateur et nous avons utilisé plusieurs des logiciels de CARTOLAB, ensemble mis au point par MALLET l'Ecole des Mines de Nancy (1976).

2. Estimation des aires et des valeurs moyennes dans chaque classe de température

2.a. Interpolation aux noeuds d'un réseau régulier

Il nous importe de pouvoir calculer un contenu du paramètre considéré dans le panache et pour ce faire, il faut connaître l'aire intéressée par tel ou tel échauffement, son volume et la moyenne des paramètres dans cette classe de température.

Nous disposons d'observations en x , y non uniformément réparties sur le domaine qui nous intéresse. Il est donc nécessaire d'estimer une fonction algébrique en x et y aux noeuds d'un réseau régulier. En l'absence d'autres processus générateurs d'information, il existe une infinité de solutions qui consiste à trouver en tout point x , y du réseau une valeur numérique qui interpole les mesures aux points d'échantillonnage. Nous nous sommes donc donné une hypothèse concernant la solution qui est de fixer par le biais d'une fonction approchée, l'allure générale de la fonction interpolée. Ceci correspond à la méthode des moyennes quadratiques. La fonction approchée est obtenue par approximation aux sens des moindres carrés d'un polynôme trigonométrique en x , y sur le rectangle homothétique de rapport 2 du plus petit rectangle construit sur les N premiers voisins du noeud considéré. Cette technique d'interpolation en μ -moyenne est en fait un cas particulier d'interpolation au sens des filtres autorégressifs pour lequel l'hypothèse d'ergodicité du second ordre n'est plus exigée. Ceci n'est pas négligeable en raison de l'impossibilité pratique de contrôler cette hypothèse.

En fait, il est important de noter que de même qu'il est difficile de définir rigoureusement la stratégie d'échantillonnage la mieux adaptée, rien ne permet de formuler des critères rigoureux de choix de telle ou telle technique d'interpolation ainsi que du poids de telle ou telle espèce d'observation. Il est donc nécessaire de considérer la vraisemblance de la technique retenue au vu des résultats que celle-ci entraîne.

Les influences de l'échantillonnage et de la technique d'interpolation sur le résultat sont malheureusement indissociables.

Ainsi, nous avons pu constater que la technique d'interpolation au sens des filtres autorégressifs avec un certain nombre de voisins considérés, une fonction de covariance donnée et avec l'échantillonnage retenu conduit à une représentation de la tache thermique irréaliste.

La tache représentée était constituée d'une multitude de petites taches disjointes, ce qui manifestement ne représente pas la situation réelle comme on peut le constater sur les thermographies aériennes produites par l'Electricité de France. Le maillage retenu pour la zone est aussi une valeur critique qui doit être optimisée en fonction de la densité des observations. Si le pas de maillage est trop faible relativement au pas d'échantillonnage suivant les axes considérés, on aboutit de même à une représentation dispersée. Les paramètres de calcul

sont retenus après examen de la vraisemblance des résultats. On peut toutefois remarquer qu'ils ne varient pas d'une campagne à l'autre, à condition d'avoir maintenu le même schéma d'échantillonnage. Nous avons effectué les calculs d'interpolation sur les 8 premiers voisins et sur des réseaux de 36 par 36 mailles, ce qui correspond à des pas de 15" en longitude et 75" en latitude.

Nous avons rejeté, dans la recherche des premiers voisins, les points qui se situaient de l'autre côté d'une frontière (digues du port) par rapport au noeud considéré afin d'éviter les débordements artéfactuels de la tache thermique dans l'avant port. D'autre part, les interpolats ne sont calculés qu'à l'extérieur du compact de la côte. A partir de ce réseau d'interpolats, il est possible de représenter les courbes d'isovaleur d'équation : $Y(x, y) - y_0 = 0$. Nous avons utilisé l'algorithme de MALLET (1974) pour obtenir cette représentation.

2.b. Intégrations.

Les valeurs moyennes de la source-port, sont obtenues par intégration à l'intérieur de l'avant port. Cette intégrale est calculée suivant une méthode d'intégration numérique de Tchebycheff d'ordre N en x et N en y sur un domaine d'intégration qui n'est pas forcément un rectangle.

Nous avons pu vérifier qu'en accroissant le paramètre N d'intégration, une solution stable est atteinte assez rapidement. Ainsi, pour les données cumulées du 23 et 26 septembre 1983 les moyennes obtenues dans l'avant-port sont représentées dans le tableau suivant :

ordre d'integration	Temperature	Fluorescence	Turbidite	Silicates	Ammonium	Nitrate
5	16.92	3.59	26.69	10.72	6.33	4.91
10	16.61	3.51	25.79	10.49	6.11	4.82
15	16.70	3.54	25.82	10.57	6.15	4.85
20	16.71	3.54	25.93	10.56	6.14	4.85
25	16.65	3.53	25.99	10.55	6.16	4.84

Variation des moyennes avec le paramètre d'intégration.

Nous avons retenu l'ordre d'intégration de 15 comme étant un compromis valable entre le temps de calcul et la stabilité du résultat.

L'influence du chemin d'observation dans l'avant port sur le résultat ainsi que celle des variations temporelles ont été évaluées. A titre d'exemple, on peut constater que les mesures du 23 et du 26 septembre 1983 ont conduit à des valeurs moyennes assez peu différentes.

Jour	Température	Fluorescence	Turbidité	Silicates	Ammonium	Nitrate
26/09/83	16.50	3.34	21.29	10.82	6.23	4.71
23/09/83	16.49	3.52	27.58	10.53	6.43	4.95

Stabilité des valeurs moyennes de l'avant-port les 23 et 26 septembre 1983

La reproductibilité des résultats, d'un jour à l'autre, est satisfaisante, bien que le chemin d'observation diffère. Ceci est sans doute dû au fait que les mouvements des masses d'eau en fonction de la marée sont très limités par les digues du port. Les variations assez fortes de turbidité sont dues au dragage en cours le 26. Il est à noter que ce changement de turbidité ne semble pas affecter les valeurs des autres paramètres hydrologiques bien que l'on ait pu observer des remises en surface de matériel sédimentaire anoxique.

Nous avons décomposé de manière arbitraire le panache en classes d'échauffement de 0.5°C . En effet, cet incrément de température permet d'avoir un nombre raisonnable d'interpolats dans chaque classe pour les échauffements inférieurs à 4°C et permet d'obtenir une description suffisamment fine du rejet (12 estimations au minimum). Les estimations sont obtenues par intégration du paramètre considéré entre l'isotherme (T) et l'isotherme ($T + 0.5^{\circ}\text{C}$). Dans ce cas la température est la fonction limitante. Les valeurs intégrales sont calculées par la méthode de Cotes.

L'intégration sur le domaine défini par la fonction limitante est effectuée par une méthode des trapèzes à deux dimensions. Par interpolation de Lagrange, on superpose dans ce domaine un réseau plus fin de maille carrée et la somme algébrique des volumes des prismes droits correspond à la valeur intégrale. De la même manière que pour l'intégration dans un compact, le paramètre d'intégration N définit le pas du réseau superposé :

$$px = PX/N \quad py = PY/N$$

La valeur intégrale dépend bien entendu de la valeur de N. Nous avons choisi une valeur de 20 pour N.

Dans le cas des estimations des valeurs intégrales entre deux isothermes, il est malheureusement impossible de procéder comme dans l'avant port, pour tester la stabilité car les échanges latéraux sont très importants. Cependant, si l'échantillonnage a été adéquat et l'intégration conduit à une solution stable, on doit pouvoir obtenir une reproductivité des courbes d'évolution d'un paramètre en fonction de la dilution (échauffement). Nous avons vérifié, entre autres, la stabilité de l'évolution de la chlorophylle en fonction de différents périodes d'échantillonnage et des groupages de données.

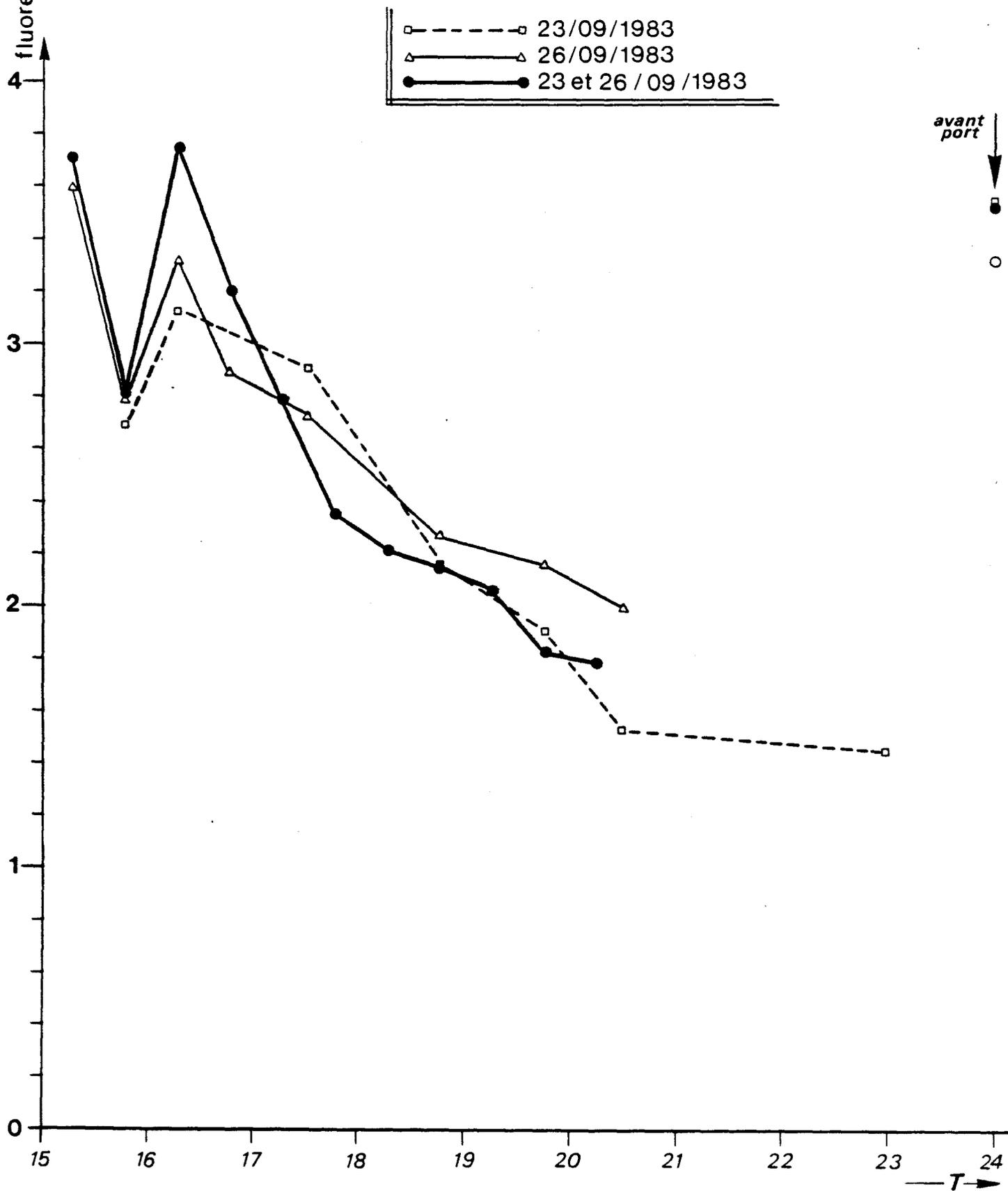
Par exemple, on peut constater sur la figure n° 1, une bonne stabilité des résultats compte tenu de la dérive vers le Nord Est des masses d'eau, qui peut induire des modifications des qualités d'eaux. Nous verrons plus loin un exemple de ces modifications entre le 12 et le 14 septembre 1982. Ces techniques semblent conduire à des solutions réalistes et reproductibles.

Fig.-1-

GRAVELINES

FLUORESCENCE

Septembre 1983



R E S U L T A T S

Calendrier des missions.

Etude du panache.

Les campagnes de description du rejet ont été effectuées au printemps et en septembre, ces intervalles étant choisis d'après les variations saisonnières précédemment décrites. Le calendrier en a été le suivant :

- 03-05 mai 1982
- 12-14 septembre 1982
- 20-24 mars 1983
- 22-26 septembre 1983
- 04-06 avril 1984.

Il est à noter que la campagne de mai 82 a été une campagne de "mise au point" et les résultats ne sont pas présentés sauf ceux concernant le zooplancton.

Etudes de dilution.

Ces études de dilution du rejet ont été réparties sur trois ans, en fonction des périodes de production pélagique. Les dates de sorties sont les suivantes :

- année 82 : 18.09, 22.10.
- année 83 : 02.03, 30.05, 19.07, 31.08, 07.10.
- année 84 : 21.03, 17.04, 05.05, 07.06.

Les tableaux de résultats correspondant à ces campagnes sont présentés en annexe.

A - Description de la zone d'étude.

Limites de la zone et situation du rejet.

Les thermographies aériennes présentées dans le rapport EDF-DARRAS permettent de délimiter une zone limitée par la côte, les méridiens $2^{\circ}4'$ et $2^{\circ}12'$ Est et le parallèle $51^{\circ}4,5'$. Sur les cartes présentées plus loin, nous utilisons les notations longitude -2° et latitude -51° . Ces limites ont été choisies de manière à englober la tache thermique dans toutes les conditions observées et en même temps, de disposer d'un champ d'observation des différents types d'eaux côtières qui sont susceptibles de se mélanger au rejet.

L'eau de refroidissement est pompée dans l'avant-port Ouest de Dunkerque ; elle est ensuite rejetée, après échauffement et chloration éventuelle, à proximité du panache dessalé, riche en matières détritiques et éléments nutritifs, de l'Aa. Le rejet s'effectue donc dans un milieu complexe et il importe donc de bien cerner les sources de dilution du panache. La zone source (port de Dunkerque) a bien sûr été incluse dans la zone d'observation.

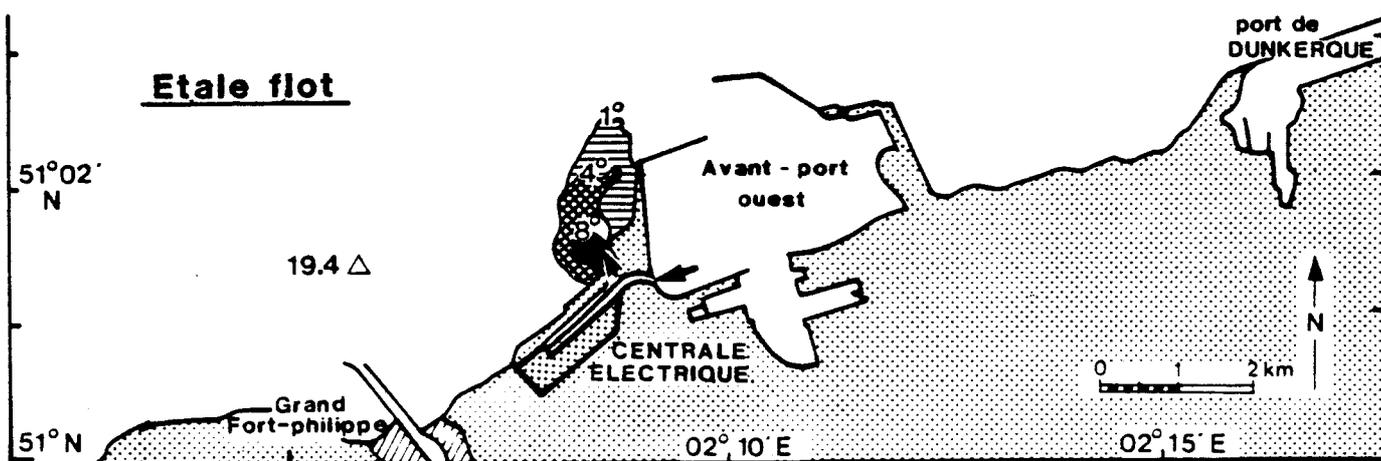
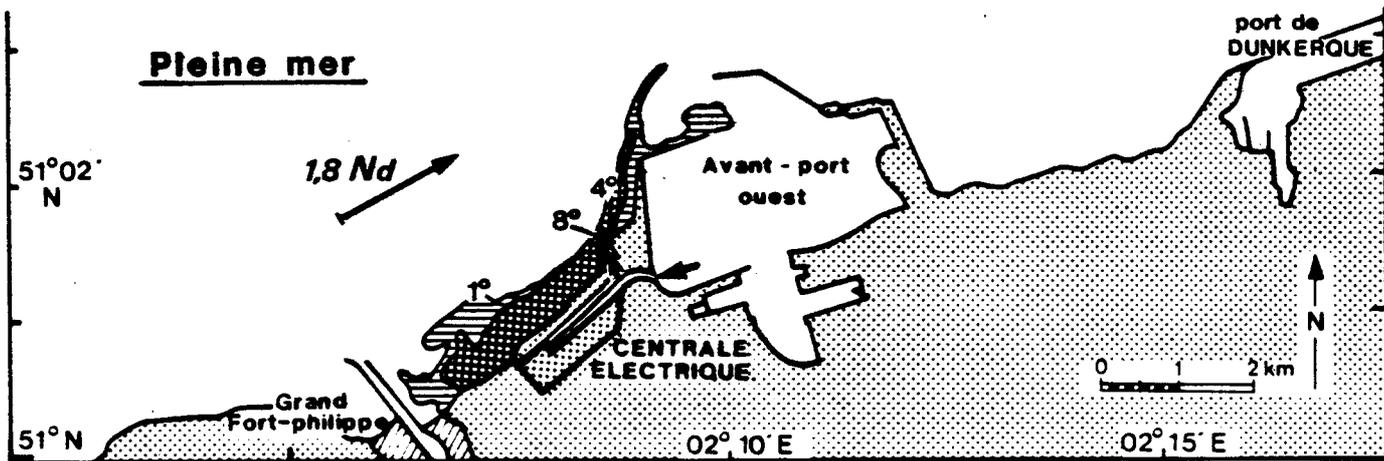
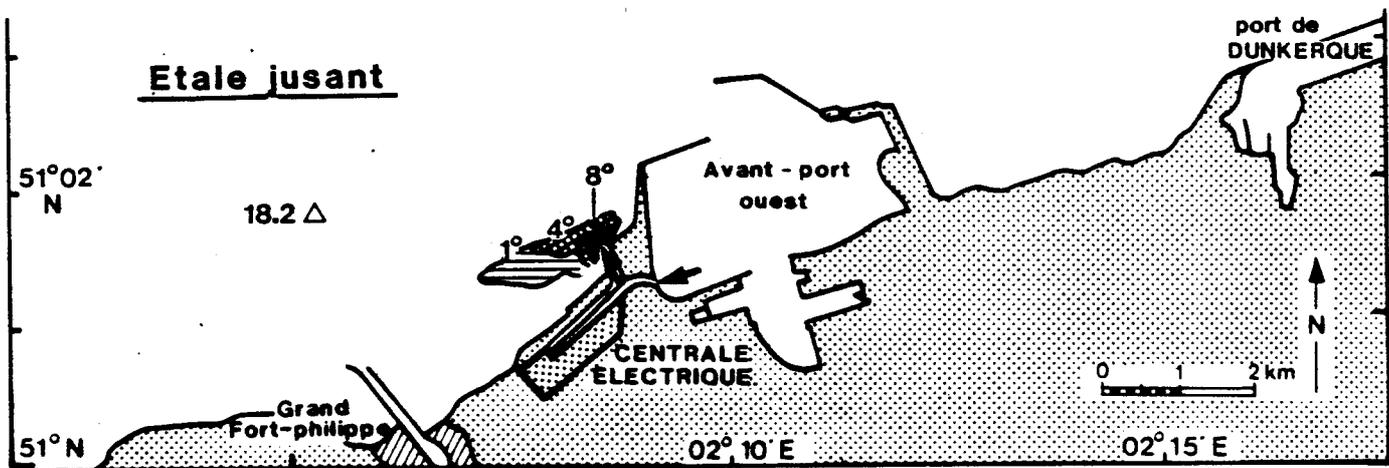
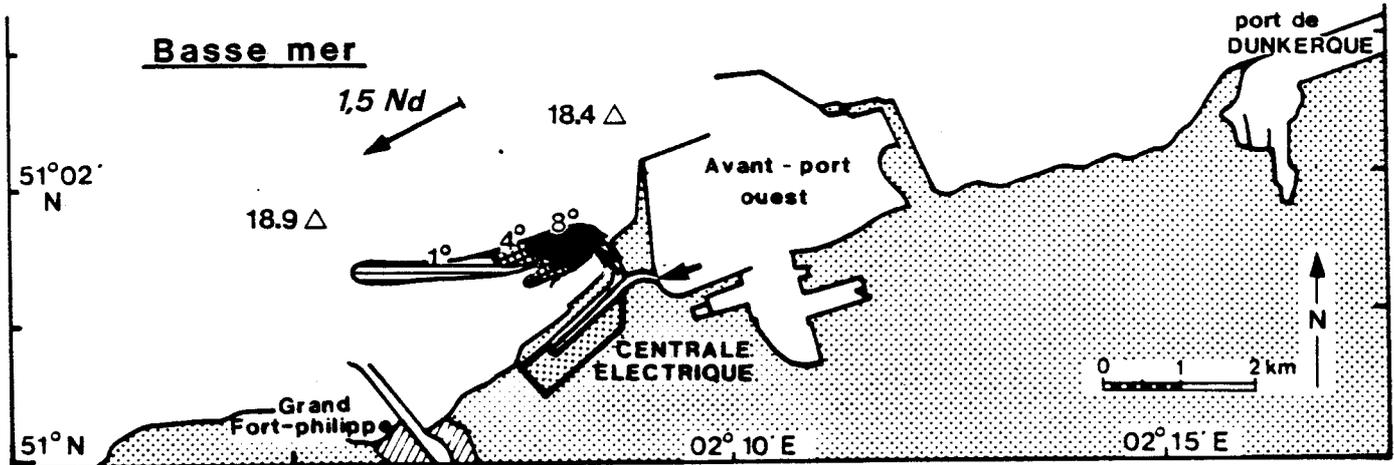
Hydrodynamique.

Le Pas de Calais, dans lequel s'effectue le rejet, est une zone de transition entre la Manche et la Mer du Nord. En moyenne, la dérive porte au Nord-Est à environ 2,5 milles par jour, mais des conditions météorologiques particulières (vents prolongés de secteur Est-Nord-Est) peuvent créer une dérive au Sud-Ouest.

Les courants de marée sont alternatifs devant Gravelines et suivent les chenaux principaux entre les bancs. Les vitesses maxima de courant sont de l'ordre de 2 noeuds. Les étales de courant se produisent vers $-2h20$ et vers $+3h30$ autour de la pleine mer. Le courant porte légèrement vers le large en fin de flot et vers la terre en fin de jusant. Il est important de noter que ces caractéristiques sont des moyennes ; en effet, les heures d'étales varient notablement en fonction des conditions météorologiques, en raison de la superposition du courant de vent et du courant de marée. Ainsi, ces étales peuvent être déplacées de deux heures, même en vive-eau. Ces situations rendent difficile un échantillonnage centré sur un moment de la marée. Ces caractéristiques de la marée sont extraites de l'ouvrage N° 550 du SHOM (1968).

Le rejet s'effectue donc dans un champ de courants de marée alternatifs qui induisent un balancement du panache. Une illustration de cette oscillation est présentée sur la figure 2. Ces cartographies du rejet à différentes heures de la marée, ont été extraites des thermographies aériennes effectuées par EDF, les 6, 7 et 8 septembre 1983 qui nous ont été aimablement communiquées par le Centre de Production Nucléaire de Gravelines. Certaines données des thermistances du Centre de Production Nucléaire qui ont été figurées par des triangles ont été reportées sur les cartes afin d'illustrer la variabilité spatiale et temporelle du milieu récepteur. On peut relever sur la planche de basse mer une différence de 0.5°C sur 4.5 km. Il est aussi à noter qu'entre les deux étales, les écarts de température au même point atteignent 1.2°C .

Fig.-2- Centrale EDF - GRAVELINES
Positions de la tache thermique



Cette variabilité spatiale entrainera des incertitudes quant aux degrés de dilution les plus importants. En effet, le seul descripteur de dilution utilisable facilement est la température et il est difficile d'estimer les échauffements inférieurs à 1°C.

Hétérogénéité côte-large.

La zone côtière qui nous intéresse, outre la marée, est soumise aux houles. On a pu observer l'existence d'une bande côtière riche en matériel particulaire et en chlorophylle. A titre d'exemple, on peut consulter le rapport d'études du Laboratoire d'Optique Atmosphérique de Lille. Une bande côtière plus ou moins large peut être constatée sur tous les clichés satellites présentés dans ce document.

Ces eaux côtières reçoivent tous les panaches des rivières et émissaires qui contribuent à la maintenance d'une masse d'eau particulière. En effet, une étude IFREMER en cours sur le Nord Pas de Calais permet de suivre différents émissaires le long de la côte qui participent tous à cette masse d'eau côtière. D'autre part, cette bande est de largeur variable en fonction de la marée et peut présenter des discontinuités.

Le panache que nous devons étudier s'établit dans une zone hétérogène avec une variabilité fonction de la distance à la côte. Pour illustrer ceci, les données de fluorescence (estimation de la biomasse chlorophyllienne) et de turbidité (estimation de la charge particulaire) enregistrées en continu les 12 et 14 mars 1982 nous ont permis de préciser la notion de "gradient côte-large" déjà mentionnée dans les rapports de surveillance du site de Gravelines. Pour ce faire, le champ d'observation a été découpé arbitrairement en sept bandes parallèles à la côte. La largeur de ces bandes a été choisie de manière à disposer d'environ le même nombre d'échantillons dans chacune (voir figure 3). Les données du port dans la tranche 1 n'ont pas été prises en compte car le port est un bassin où les échanges latéraux sont limités.

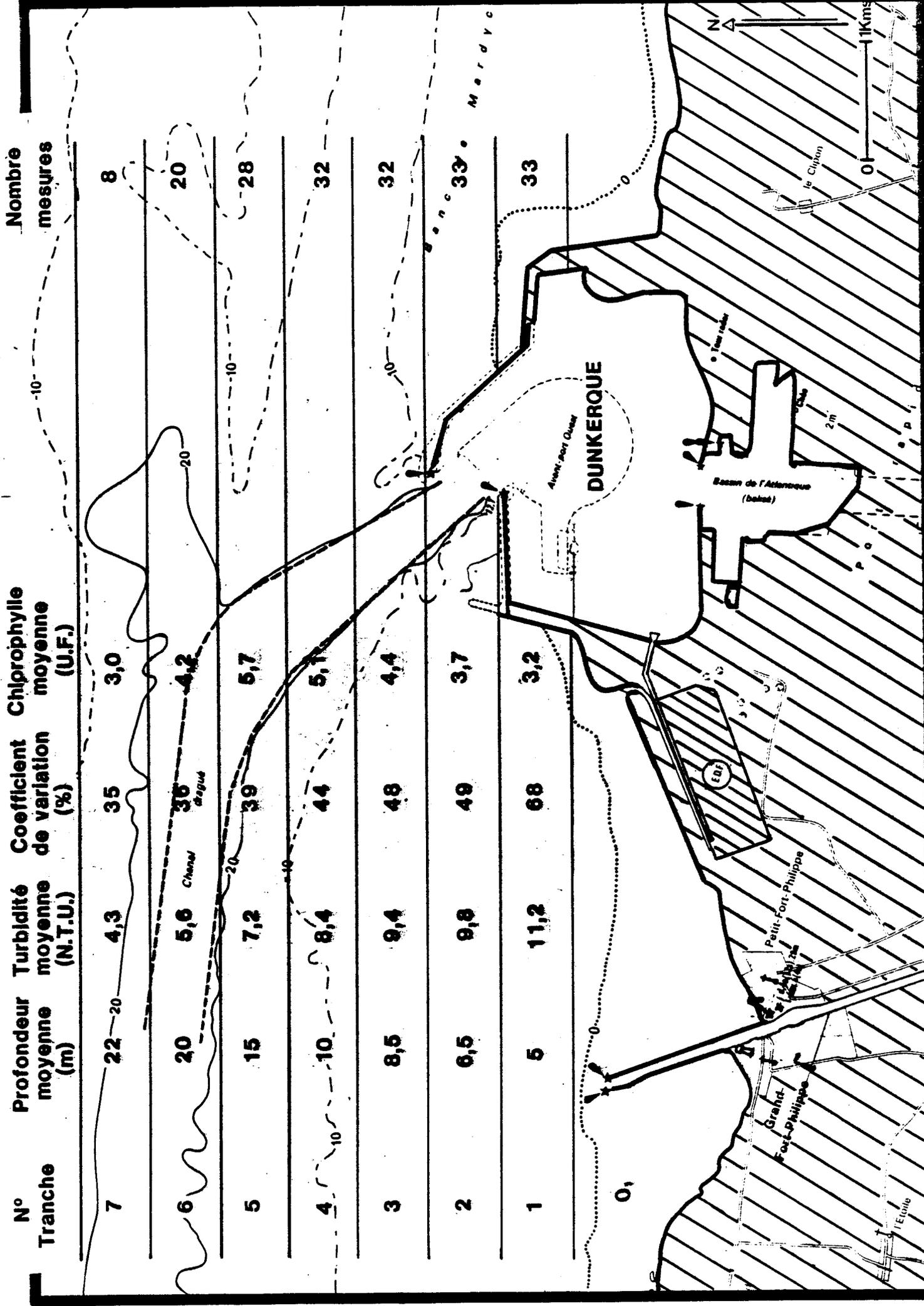
La décroissance des valeurs de turbidité avec la distance croissante à la côte est très nette ; par contre, la même tendance n'apparaît pas pour la chlorophylle, tout au moins à cette époque. La notion de zone riche en phytoplancton à la côte n'est pas forcément adéquate, celle-ci se situant à cette période dans la zone d'eau de 19 à 15 mètres de profondeur. Il est difficile de savoir si la limitation de lumière à la côte est le facteur limitant la biomasse mais c'est peu probable étant donné le taux de renouvellement des eaux côtières. On peut aussi constater que le coefficient de variation au sens de PEARSON associé aux moyennes de turbidité varie de façon linéaire avec l'inverse de la hauteur d'eau.

Il sera donc nécessaire d'effectuer un échantillonnage plus serré sur les hauts fonds.

Description des eaux côtières à proximité du rejet.

Zonation des masses d'eau.

En plus de cette bande côtière qui introduit une variabilité spatiale, le rejet de la rivière Aa se fait à proximité du rejet de la centrale.



Ces eaux de l'Aa sont riches en algues phytoplanctoniques et en débris végétaux. La salinité peut en être le traceur. Il est intéressant d'estimer l'étendue moyenne du panache de cette rivière et d'en fixer une limite en salinité. Nous en avons fait l'exercice sur les données de septembre 1983. La moyenne des différents paramètres a été calculée dans différentes classes de salinité. La borne inférieure de salinité de toutes ces classes a été fixée à 29.8 ‰ (la plus faible salinité mesurée) et la borne supérieure est croissante. Ce calcul a donné les résultats suivants :

Borne sup isohaline	Aire ₂ (km ²)	T °C	Fluo. (U.F.)	Turb. (N.T.U.)	NH ₄ (µM/l)	NO ₃ (µM/l)	P.P ₃ mgC.m ³ .h
32.3	0.30	16.56	4.79	22.40	4.27	19.16	19.68
32.9	0.58	16.52	4.59	21.94	4.47	16.25	17.97
33.5	1.46	16.54	4.08	22.40	4.82	11.22	16.44
33.6	1.78	16.53	3.99	22.36	4.8	10.53	16.27
33.66	2.27	16.54	3.52	20.92	5.23	8.14	15.76
33.78	4.97	16.40	3.50	20.44	5.29	7.34	15.50
33.85	6.87	16.35	3.46	20.76	5.50	6.74	15.08
33.91	9.74	16.27	3.44	20.64	5.51	6.15	14.65
33.97	13.87	16.18	3.39	20.71	5.81	5.70	14.13
34.03	21.04	16.05	3.27	19.7	5.49	5.22	13.37
34.10	31.96	15.94	3.07	17.97	4.94	4.75	12.86
34.16	40.43	15.89	3.02	17.64	4.73	4.58	12.84

Afin de définir les limites en salinité des différents types d'eau, les variations des dérivées des différents paramètres par rapport à la salinité sont représentées sur la figure 4. Il est très net qu'à cette époque existent deux limites très marquées, communes à tous les paramètres. La plus basse, entre 33.63 ‰ et 33.72 ‰, correspond à la limite du panache de l'Aa. L'autre limite de salinité est à 34.06 ‰ de salinité et permettrait de séparer deux masses d'eaux. Toutes les eaux de salinité inférieure à 33.67 ‰ sont donc considérées faisant partie du panache de l'Aa. Les moyennes des différents paramètres dans les trois zones ainsi définies sont présentées dans le tableau suivant :

Masse d'eau	T °C	Fluo. (U.F.)	Turb. (N.T.U.)	NH ₄ (µM/l)	NO ₃ (µM/l)	P.P ₃ mgCm ³ .h
I	16.54	3.85	22.14	5.02	9.59	15.9
II	15.99	3.20	19.40	5.55	4.69	13.1
III	15.72	2.75	15.40	3.90	3.88	12.5

La production primaire a été estimée selon la réponse à l'induction en fluorescence par le D.C.M.U. Cette méthode est exposée en annexe.

Fig.-4-

Zonation de la région de Gravelines

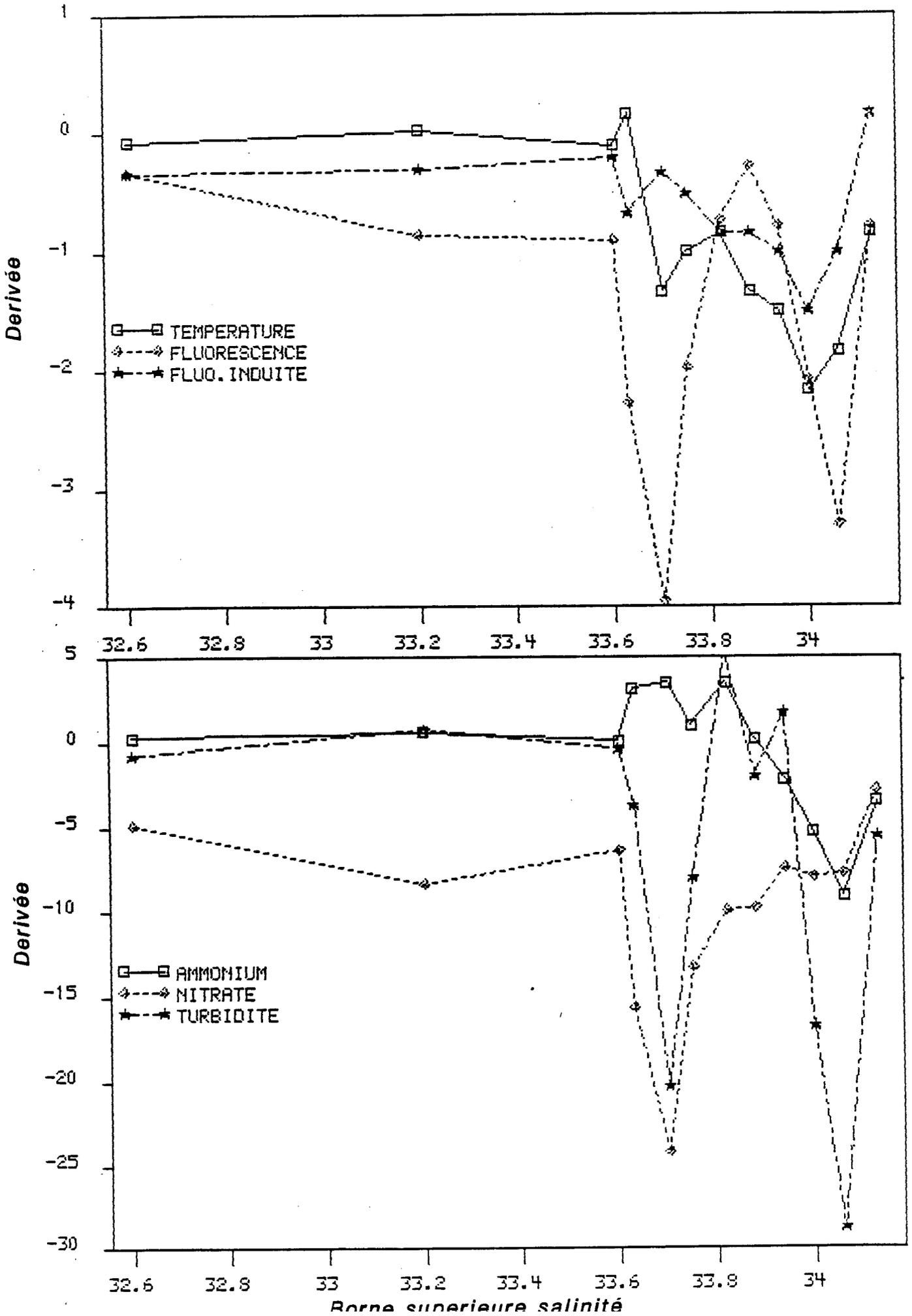


Fig.-5-

GRAVELINES

26 SEPTEMBRE 1983

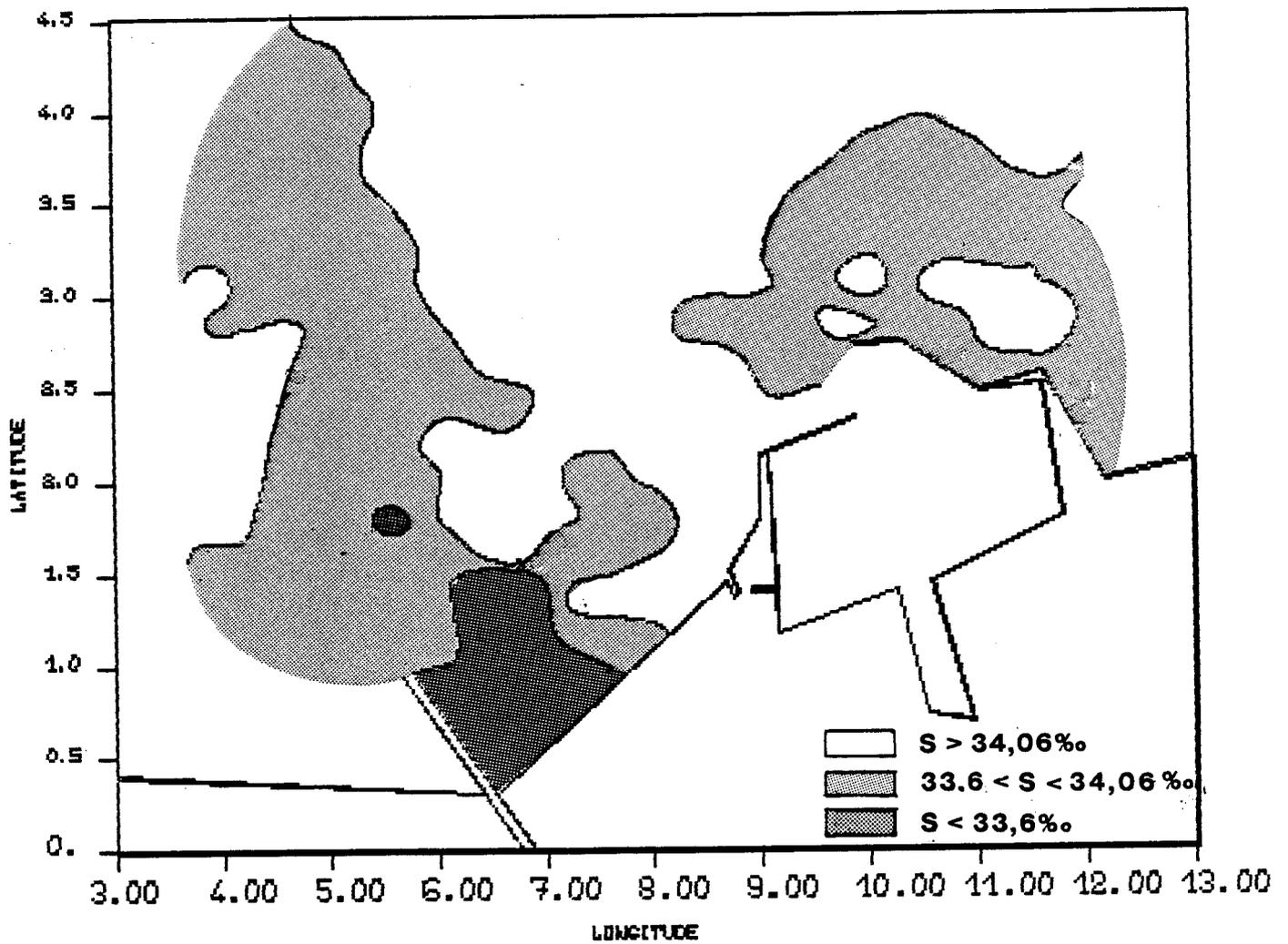
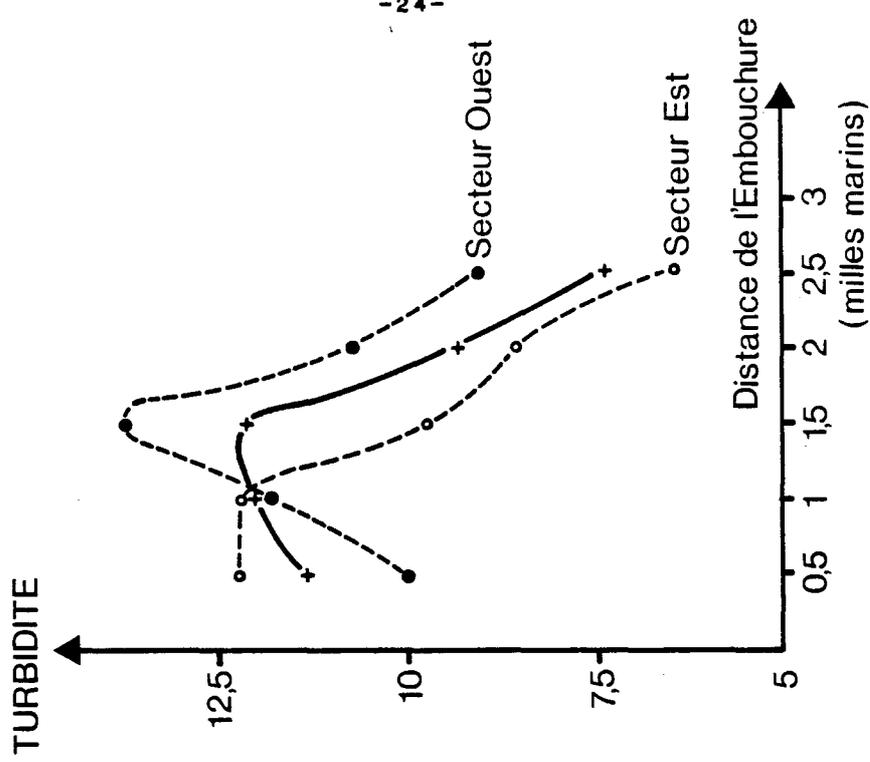
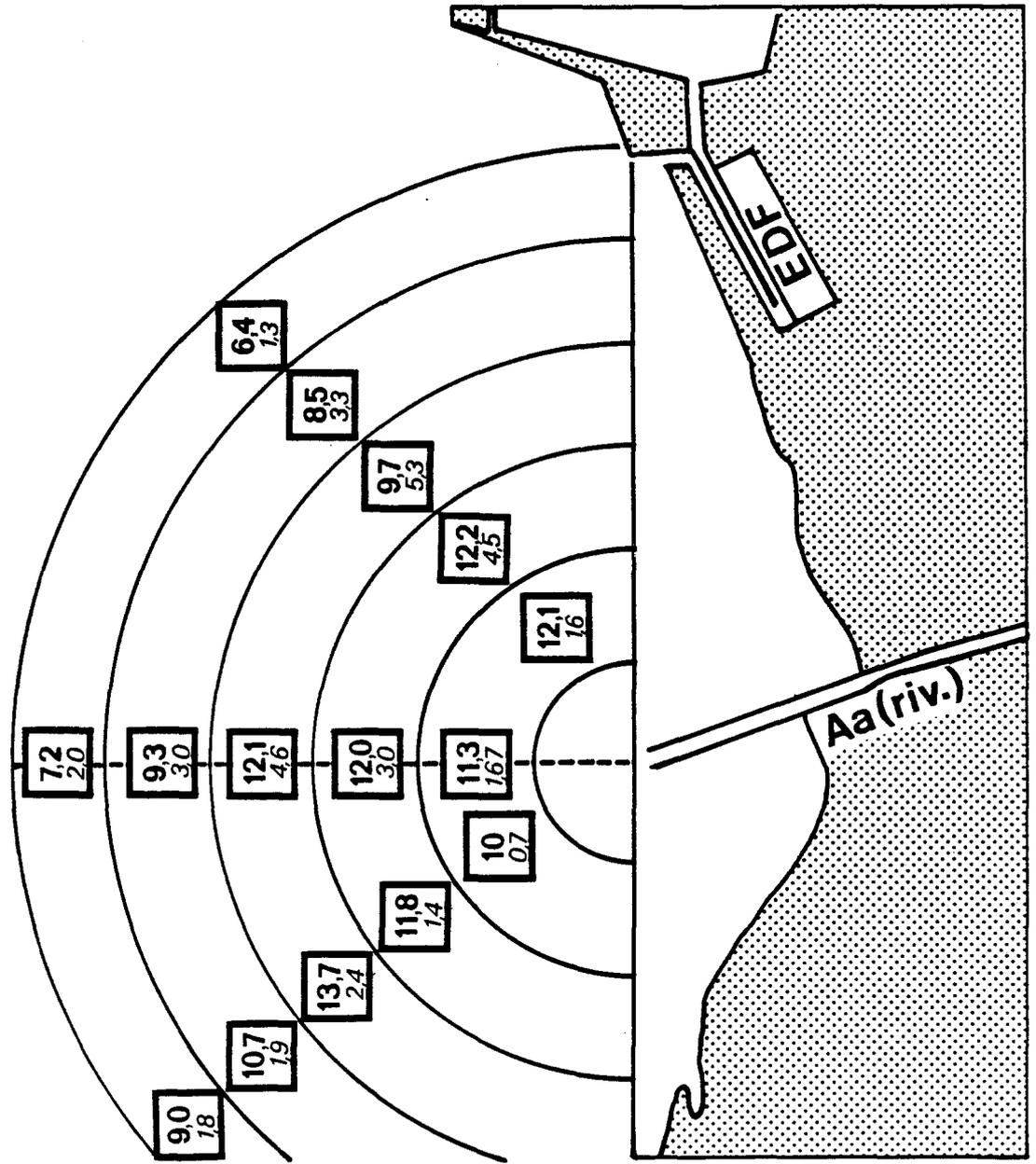


Fig.-6-

GRAVELINES

TURBIDITES: INFLUENCE de la RIVIERE "AA"

12-14 Septembre 1982



La masse d'eau de type I correspond au panache de l'Aa qui est bien différencié géographiquement (voir carte de distribution des types d'eau fig. 5). Par contre, les deux autres masses ainsi définies ne sont pas bien localisées. A cette période, sur la base de la salinité, il est difficile de parler d'un gradient côte-large associé à la salinité.

D'autre part le type II est beaucoup plus chargé en seston que le type III : ces résultats semblent contredire les observations faites par télédétection aéroportée qui démontrent la présence d'une bande côtière turbide bien définie. Il s'agit peut-être d'une discontinuité dans cette bande.

Influence des apports de l'Aa sur les matières en suspension.

Les turbidités exprimées en N.T.U. (Nephelometry Turner Units) sont représentatives de la charge en matériel particulaire de l'eau (voir annexe). Les mesures effectuées sur différentes radiales les 12 et 14 septembre 1982 (voir plan d'échantillonnage fig. 8) ont été moyennées dans des couronnes autour du point de rejet de l'Aa. Les moyennes et coefficients de variation sont représentés sur la figure 6.

Le secteur Ouest est plus chargé en matériel en suspension que le secteur, ce qui semble en accord avec les observations de DEWARUMEZ présentées dans le rapport de l'Etude de Surveillance Ecologique (Nov. 82 - Oct. 83). Cet auteur a en effet observé un dégraissage des hauts niveaux de l'estran. Ce dégraissage ayant eu lieu, il est normal que les charges particulières soient plus faibles en face de cet estran. D'autre part, le rapport préliminaire de surveillance de Gravelines (1985)(Nov. 83 - Oct. 84) fait mention d'un recrutement important d'une espèce à affinité vasicole (Sphiophanes bombyx) à la station subtidale B de la surveillance ; cette station est située dans le secteur Ouest défini (fig. 6). L'observation d'un engraissement possible par le rejet de l'Aa demande une analyse granulométrique de cette station : cette donnée n'est pas disponible actuellement mais pourrait confirmer l'observation que le panache de l'Aa se dilue plutôt dans le secteur Ouest. Une ambiguïté semble apparaître en regard des résultats présentés sur la carte de répartition des masses d'eau (fig. 5). Malheureusement, ces résultats ne correspondent pas aux mêmes périodes d'échantillonnage. Les 12 et 14 septembre 1982, l'échantillonnage a été dispersé sur le cycle de marée alors que le 26 septembre 1983, les radiales R1 et R2, représentant la zone concernée, ont été effectuées autour de la pleine mer. A ce moment, le courant porte Est-Nord-Est et le panache est vraisemblablement déporté vers l'Est.

Variations saisonnières.

Les paramètres de l'eau et les populations phytoplanctoniques suivent sur le site l'évolution classique maintes et maintes fois décrites. On peut en résumer les caractéristiques, rapidement : production phytoplanctonique abondante en mars, avril, suivie d'une période d'accroissement de la biomasse zooplanctonique et deuxième période de production phytoplanctonique fin août - septembre. Les périodes de production pélagique sont évidemment à prendre en compte dans le choix des périodes d'échantillonnage. D'autre part, il est important de considérer les périodes de chloration qui ont eut lieu quand la température dépasse 10°C.

Deux cycles (variations saisonnières et cycle annuel de chloration) se superposent donc. Il nous a semblé nécessaire, pour étudier l'impact de la centrale sur le site, de travailler durant des périodes de production avec chloration et non-chloration. Ceci nous imposait d'effectuer des mesures avant la mi-mai pour mesurer l'influence de l'aménagement sans chloration. La floraison printanière démarrant en mars, une fourchette assez large a été définie. Cependant, le maximum de chlorophylle correspond assez fréquemment en mai, à des populations à majorité de Phaeocystis pouchetii. Ces algues colmatent très rapidement les filtres et empêchent toute mesure en continu. Nous avons donc choisi des périodes avec un minimum de densité de ces organismes, soit fin mars, soit début avril. La deuxième période retenue a été septembre, qui correspond au maximum thermique ainsi qu'à la deuxième période de production phytoplanctonique. Le zooplancton n'étant pas analysé lors des campagnes de couverture, il n'a pas été un critère de choix de ces campagnes.

Nous avons tenu compte, autant que possible, des sources de variabilités inhérentes au système pélagique devant la centrale de Gravelines dans la définition de notre plan d'échantillonnage.

En ce qui concerne les études de la dilution du rejet ou principalement de son impact, nous nous sommes affranchis des variabilités spatiales en échantillonnant avec la température. Le but de ce volet de l'étude était de tester l'utilité d'une stratégie d'échantillonnage légère ainsi que de suivre l'évolution de l'impact au cours de l'année. C'est pourquoi ces campagnes de prélèvements ont été réparties dans la période allant de mars à octobre, période sur laquelle le maximum de production pélagique a lieu.

Cette description assez sommaire des caractéristiques hydrologiques de la zone nous a semblé être un préalable nécessaire à toute étude du rejet proprement dit.

Fig.-7- SITUATION des RADIALES et du COMPARTIMENT CI d'ECHAUFFEMENT MAXIMAL. PREDIT par le MODELE HYDRODYNAMIQUE de Le Petit (1979)

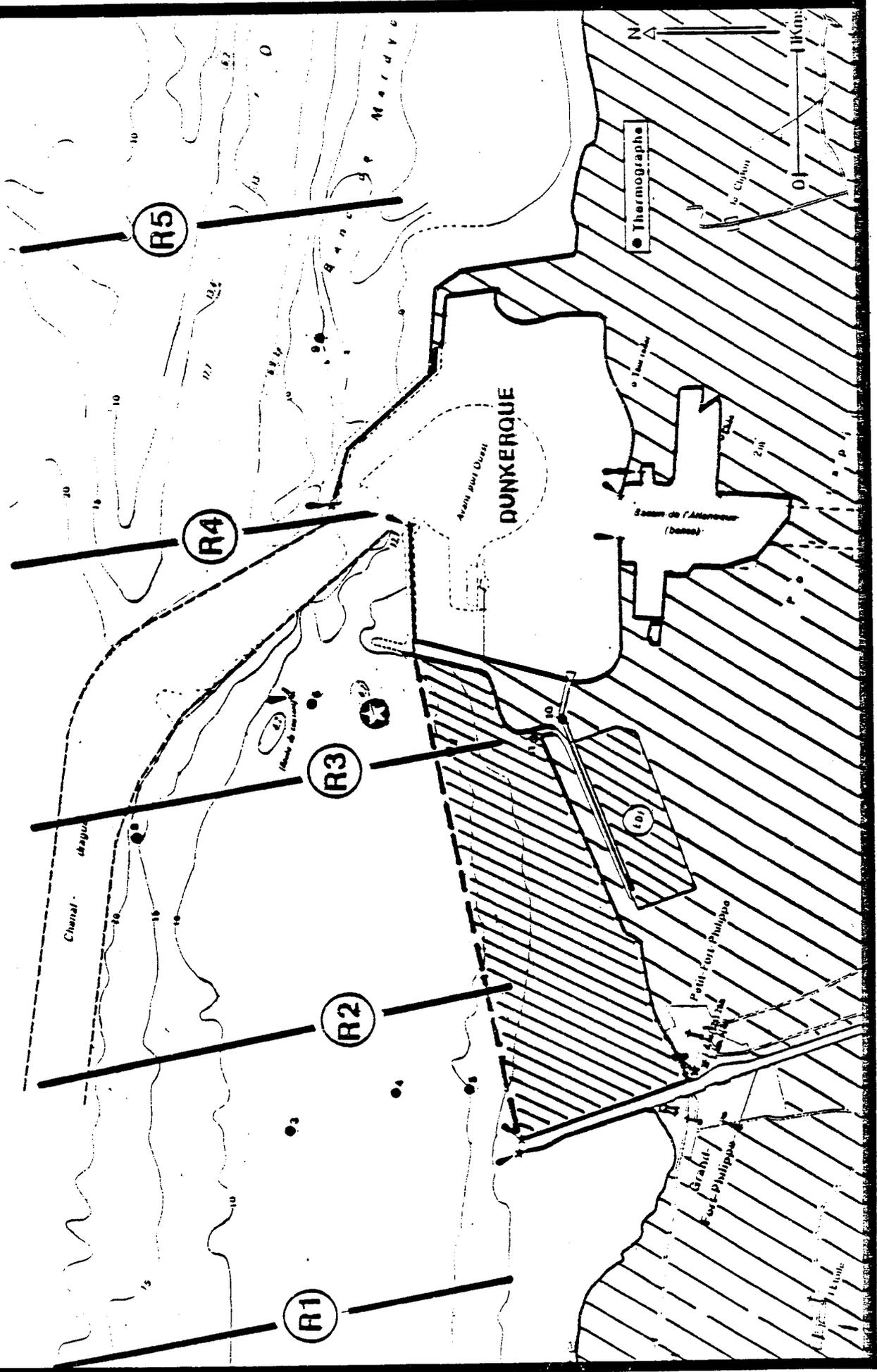


Fig.-8- GRAVELINES
PLANS d'ECHANTILLONNAGE

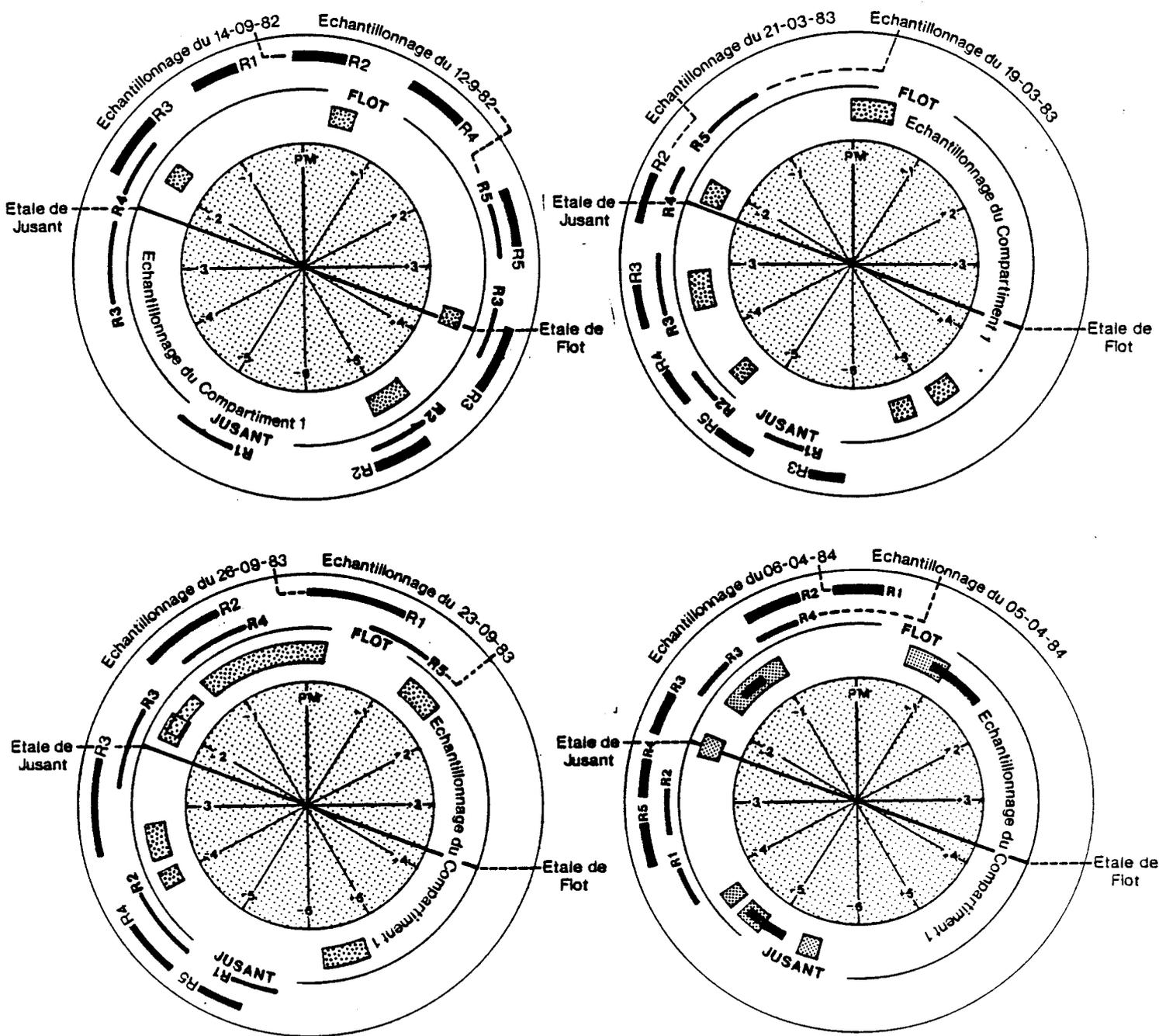
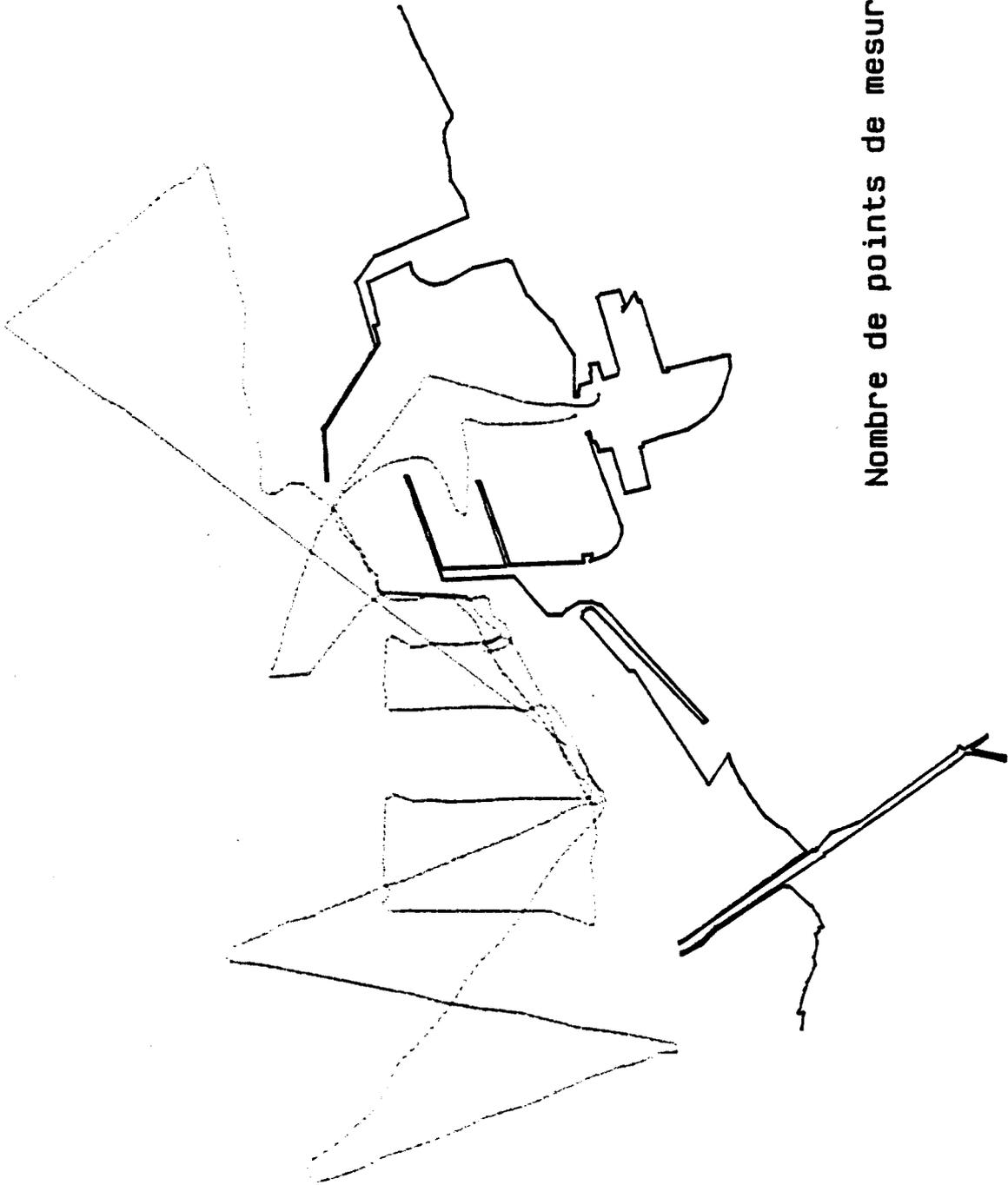


Fig.-9- GRAVELINES - Routes en continu du 6 Avril 1984.



Nombre de points de mesure : 1018.

B - Description du panache.

Principe de l'échantillonnage.

Les eaux de surface sont analysées en continu dans un conteneur laboratoire et les mesures sont discrétisées avec une période de 1 min. pour les trois premières campagnes et une période de 30 s pour la dernière. Cette variation est due à l'amélioration des moyens de calcul et de stockage des données.

Les radiales principales sur lesquelles est bâti le plan d'échantillonnage sont présentées sur la carte (fig. 7). Celles-ci sont les radiales prévues aux termes du contrat. L'idée de base est de tenter d'obtenir une situation moyenne autour d'une étale de courant. Pour ce faire, nous avons échantillonné sur deux jours. La radiale R3 est parcourue les deux jours à l'étale théorique de jusant. Les R1 et R2 sont suivies avant R3 et R4, R5 après R3 le premier jour. Les R4 et R5 le sont avant R3 et R1, R2 après R3, le deuxième jour. Sur la carte présentant les radiales, la zone hachurée correspond au compartiment d'échauffement maximal CI prédit par le modèle en boîtes de LE PETIT (1979). On peut constater que le plan d'échantillonnage prévu ne permet pas d'observer le rejet proprement dit de manière satisfaisante. C'est pourquoi nous avons rajouté aux prévisions, des parcours dans la tache proprement dite.

Les plans d'échantillonnages effectués sont présentés sur la figure 8 pour les quatre campagnes. Nous avons adjoint aux intervalles de parcours des radiales, les trajets dans le compartiment CI. L'échantillonnage de septembre 1982 n'a pas été suffisamment centré sur l'étale à cause de problèmes techniques qui ont retardé le démarrage des mesures le 12 septembre. On peut remarquer cependant que, lors des autres missions, l'échantillonnage a été centré sur l'étale. Il n'a pas été possible de réduire la durée d'échantillonnage tout en couvrant la même surface. En effet, pour ce genre de mesures il est difficile d'opérer à une vitesse du bateau supérieure à 3 noeuds. La résolution spatiale dépend en effet de la vitesse du bateau, de la période d'acquisition et de la fonction de transfert du système tuyau - pompe - débulleur.

Une acquisition toutes les 30 secondes a été finalement retenue. Le temps de transfert entre le prélèvement et la sortie du débulleur est de 20 s. Il est évident qu'un lissage s'opère dans ce transfert, lissage que nous n'avons pas estimé. La résolution dans les conditions choisies serait de l'ordre de 50 m.

Sur la figure 9, le trajet parcouru le 06 avril 1984 est représenté dans sa totalité. On peut effectivement constater que le compartiment d'échauffement maximal CI, délimité par la côte et la ligne entre la digue de l'avant-port ouest et la digue de l'Aa, a été échantillonné en détail. Cependant, nous n'avons pas pu échantillonner sur les hauts fonds de profondeur inférieure à 5 m.

Les résultats proprement dits sont présentés en plusieurs rubriques :

- le manque de synopticité de l'observation peut conduire à des biais d'observation, nous avons donc tenté de vérifier la validité de l'échantillonnage.

Fig.-10-

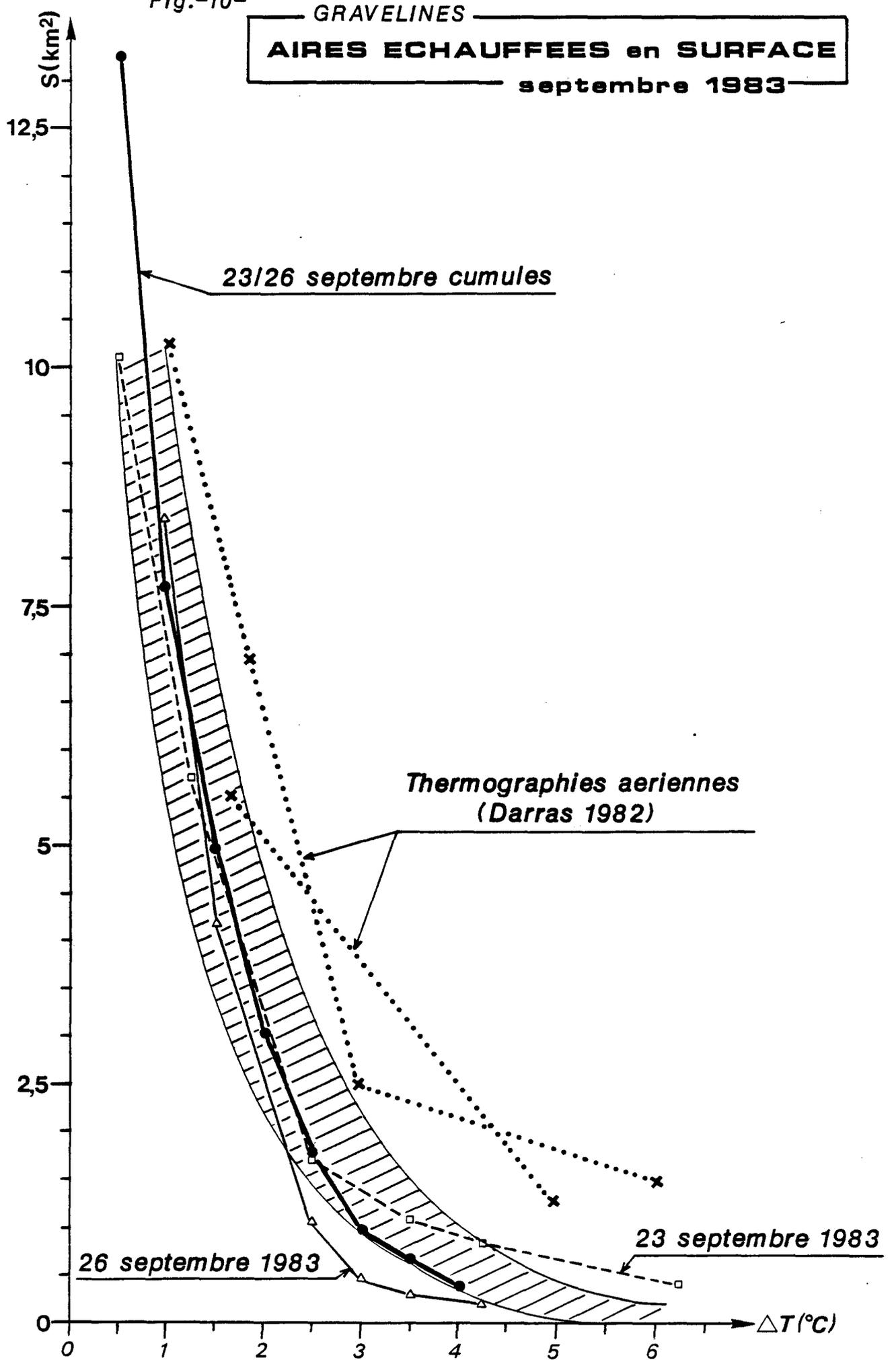
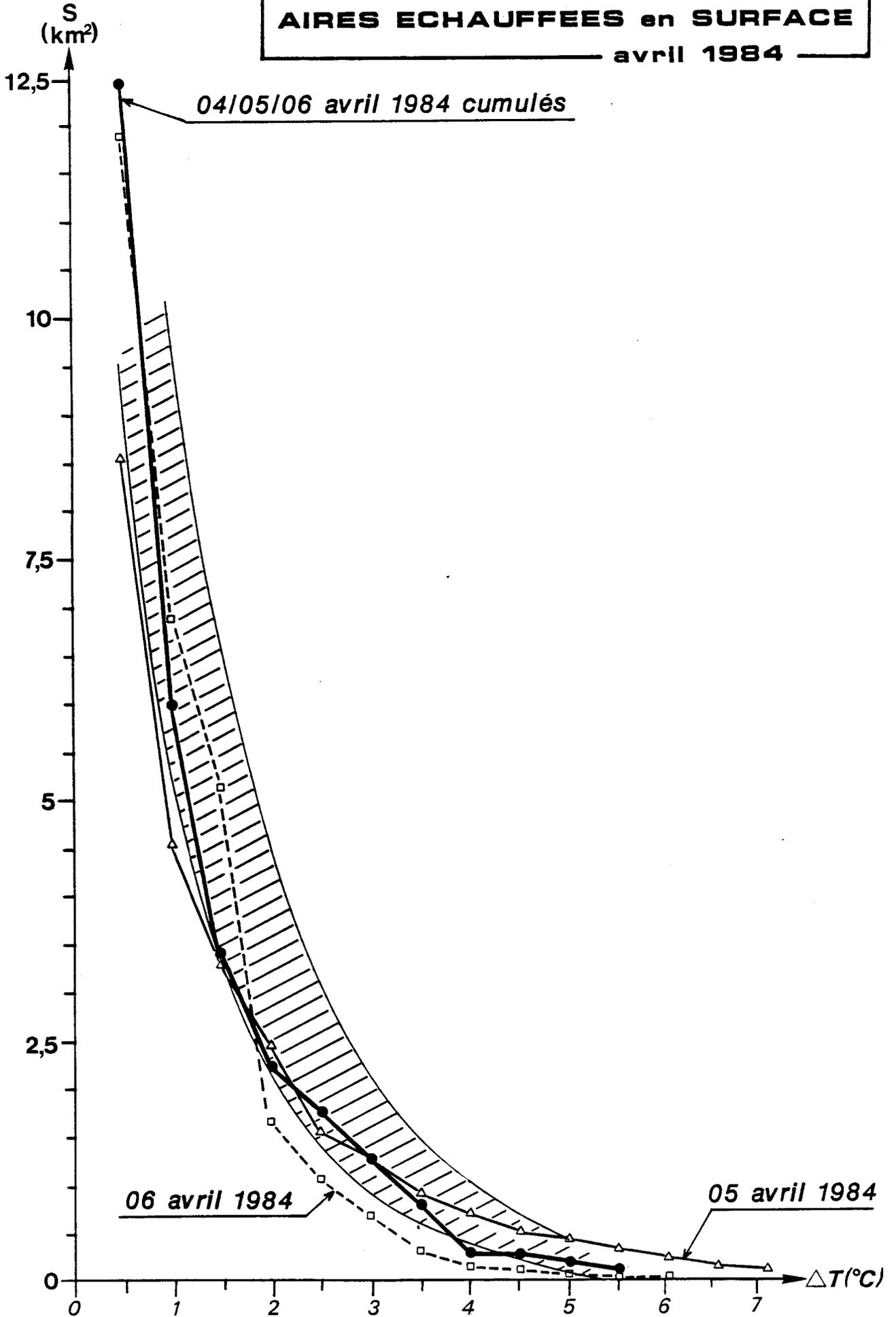


Fig.-11-

GRAVELINES
AIRES ECHAUFFEES en SURFACE
avril 1984



- les représentations de la zone sont ensuite présentées paramètre par paramètre.
- l'évolution en fonction de la température des différents paramètres est décrite.
- les résultats de l'étude de dilution dont la méthodologie a été décrite plus haut sont présentés pour la chlorophylle uniquement. Il nous a en effet semblé que, les résultats mettant en évidence un manque de replication des mesures, il était inutile d'appliquer le même calcul aux autres paramètres. Les résultats complets sont présentés en tableaux en annexe.
- une tentative de bilan est finalement effectuée.

Validation de l'échantillonnage.

Du fait du manque de synopticité de l'observation et du balancement du panache, on pourrait observer en différentes positions la même masse d'eau qui contribuerait ainsi plusieurs fois à la même classe de dilution du rejet. Il en résulterait donc une augmentation importante des aires observ es pour telle ou telle classe de température.

Le modèle prédictif de la tache thermique établi par le L.N.H. (5) prévoyait un accroissement approximativement exponentiel des aires  chauff es avec la dilution du rejet (ou avec la température). Ce résultat a été utilisé comme test de la validité de l'échantillonnage. Le diagramme (fig. 10) représente les variations des aires  chauff es en surface pour lesquelles la température est supérieure à la valeur de l'abscisse T. Les courbes expérimentales obtenues grace aux données du 23 et du 26 septembre 1983 sont compar es avec les prédiction du modèle LNH dans une gamme de coefficients de dispersion (0.5 à 5 m²/s), gamme représentative des variations de ces coefficients au cours d'un cycle de mar e. Les valeurs obtenues par thermographies aériennes, valeurs extraites d'un rapport EDF (DARRAS, 1982) sont figur es pour comparaison. Les courbes obtenues sont en bonne correspondance avec les prévisions. Il est à noter que les écarts de températures supérieures à 6 C n'ont pas été  chantillonn es et que ceci contribue à une diminution notable des aires  chauff es dans les échauffements moyens. Le nombre de classes de mesures influence l'allure de la courbe ainsi que la taille de la maille élémentaire de calcul des interpolats. Les résultats présentés correspondent à un découpage de la zone d'observation en 36 x 36 mailles.

La figure 11 représente de la même manière les aires  chauff es en surface telles que mesur es du 04 au 06 avril 1984. L'échauffement nul dans ce cas se situe dans la classe 6.0 - 6.5 C. On peut noter que si la courbe du 05 avril 1986 est parfaitement régulière, celle du 06 avril présente une cassure entre 1 et 2 C d'échauffement. Ceci indique probablement un échantillonnage trop dense de la classe de dilution correspondant aux échauffements compris entre 0.5 et 1.5 C.

Evolution des paramètres avec la température.

Nous distinguons ici les résultats de campagnes en période de chloration et hors chloration.

Période de chloration.

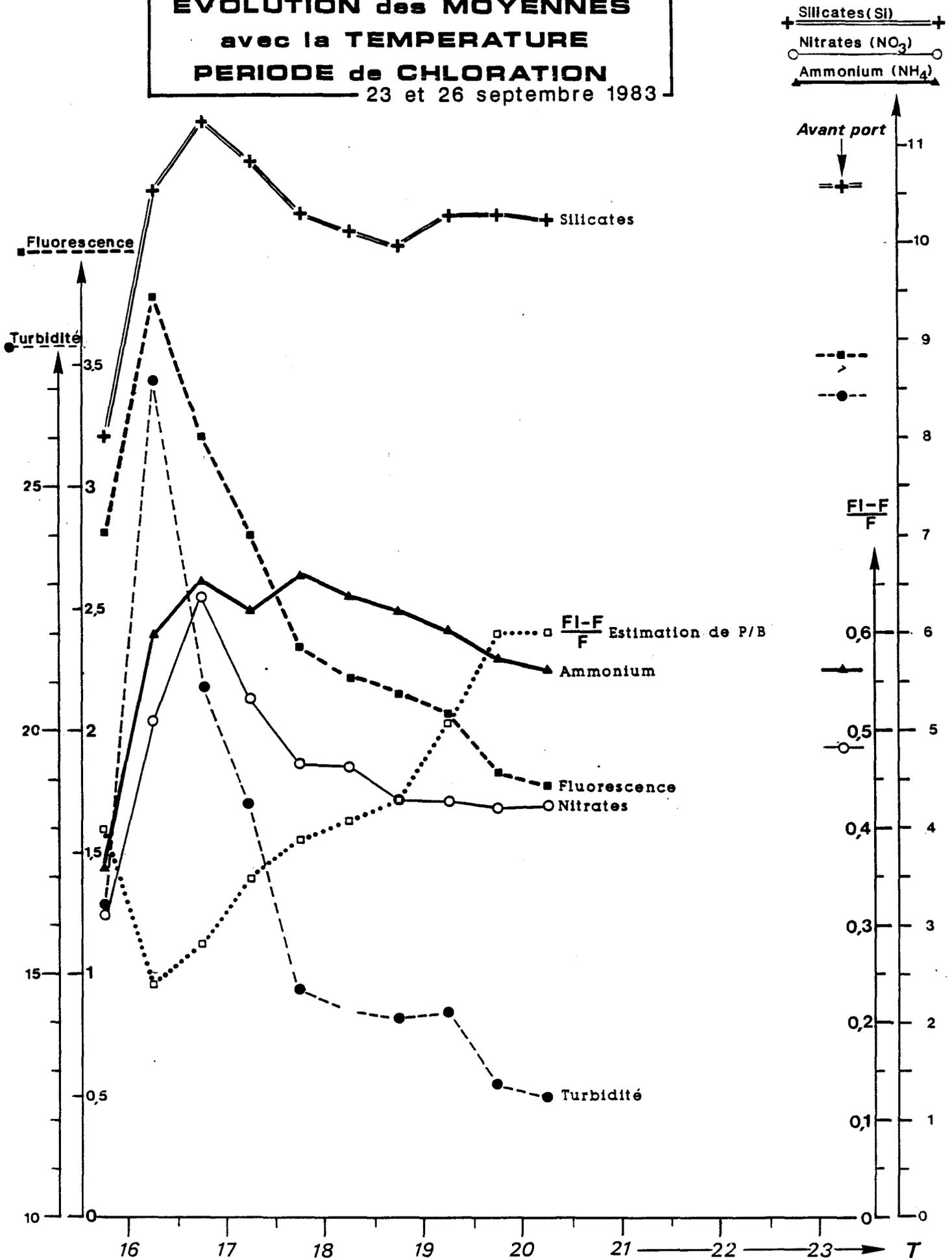
Les valeurs moyennes des différents paramètres ont été calcul es dans l'avant-port le 23 et le 26 septembre 1983 et sont pr sent es dans le tableau suivant :

Fig.-12-

GRAVELINES

EVOLUTION des MOYENNES
avec la TEMPERATURE
PERIODE de CHLORATION

23 et 26 septembre 1983



Jour	Température (°C)	Fluorescence F.T.U.	Turbidité N.T.U.	Silicate μM/l	Ammonium μM/l	Nitrate μM/l
26.09.83	16.50	3.34	21.29	10.82	6.23	4.71
23.09.83	16.49	3.52	27.58	10.53	6.43	4.95
23 et 26.09.83	16.6	3.54	25.9	10.56	6.14	4.85

La fluorescence est exprimée en Fluorescence Turner Units (F.T.U.) et estime le contenu chlorophyllien de l'eau. Les 12 calibrations effectuées le 26 septembre conduisent à une relation linéaire :

$$\text{F.T.U. in vivo} = 0.756 [\text{chlorophylle (mg/m}^3)] + 0.01 \quad \text{avec } r = + 0.826$$

La chlorophylle est estimée grâce à la fluorescence de l'extrait acétonique par la méthode de Lorenzen. D'autre part, grâce à 12 calibrations, le 26 septembre, on peut relier la production primaire (mgC/m³.hr) à la différence entre la fluorescence induite par l'action du Dichlorophenyl dimethyl urée et la fluorescence chlorophyllienne in vivo, par la relation :

$$\text{Production primaire (mgC/m}^3\text{.hr)} = 8.524 (\text{Fluo. induite} - \text{Fluo.}) + 5.956$$

Le coefficient de corrélation est de 0.836. On peut donc considérer que le rapport (Fluorescence induite-Fluorescence)/Fluorescence $\frac{FI-F}{F}$ représente le rapport Production sur Biomasse et donc indique l'état physiologique du phytoplancton dans son environnement.

La turbidité estime la charge (en mg/l) des matières en suspension comme l'indique la régression sur 13 valeurs :

$$[\text{MES}] (\text{mg/l}) = 0.464 * [\text{Turbidité}] (\text{N.T.U.}) + 5.695$$

avec un coefficient de corrélation de 0.943. Il est à noter que la matière en suspension contient une proportion constante de matière organique comme l'atteste la régression sur 39 valeurs :

$$[\text{M.organique en suspension}] (\text{mg/l}) = 0.160 * [\text{M.en suspension}] (\text{mg/l}) + 0.983$$

$$r = 0.953$$

Les valeurs moyennes des différents paramètres sont reportées dans les tableaux suivants en fonction des classes de température et représentées sur la figure 12 pour l'ensemble des mesures du 23 et 26 septembre.

Classe	Fluorescence F.T.U.	Nitrate µM/l	Ammonium µM/l	Turbidite N.T.U.	Silicates µM/l	FI-F/F
15.5-16	2.71	3.24	5.84	17.59	8.46	0.65
16 -16.5	3.15	3.79	5.24	21.23	9.18	0.35
16.5-17	4.08	4.66	7.63	30.11	10.64	0.25
17 -17.5 } 17.5-18 }	2.93	3.80	7.68	18.80	10.44	0.38
18 -18.5	-	-	-	-	-	-
18.5-19	2.17	3.78	7.50	13.32	10.31	0.52
19 -19.5	-	-	-	-	-	-
19.5-20	1.92	3.57	6.47	12.00	10.34	0.57
20 -21	1.54	3.58	6.35	10.99	10.59	0.77
21 -25	1.46	3.59	6.47	10.86	10.48	0.87

Evolution des moyennes avec la température le 23.09.1983.

Classe	Fluorescence F.T.U.	Nitrate	Ammonium	Turbidite	Silicates	FI-F/F
15 -15.5	3.61	3.37	2.77	-	7.84	0.42
15.5-16	2.79	3.67	3.37	-	7.94	0.27
16 -16.5	3.33	5.62	5.27	-	10.79	0.29
16.5-17	2.90	6.66	6.60	-	10.91	0.28
17 -17.5 } 17.5-18 }	2.73	5.40	7.19	-	11.17	0.28
18 -18.5	-	-	-	-	-	-
18.5-19	2.27	5.35	6.35	-	10.64	0.34
19 -19.5	-	-	-	-	-	-
19.5-20	2.17	5.21	5.71	-	10.91	0.39
20 -21	2.05	5.12	5.64	-	10.55	0.39
21 -25	-	-	-	-	-	-

Evolution des moyennes avec la température le 26.09.1983.

Classe	Aire (km ²)	Fluorescence (F.T.U.)	Nitrate (µM/l)	Ammonium (µM/l)	Turbidite (N.T.U.)	Silicates (µM/l)	FI-F/F
15 -15.5	1.81	3.72	3.78	3.23	18.92	8.54	0.39
15.5-16	46.22	2.82	3.24	3.60	16.34	7.97	0.40
16 -16.5	14.48	3.77	5.12	6.00	27.15	10.54	0.24
16.5-17	3.05	3.21	6.41	6.56	20.95	11.26	0.28
17 -17.5	1.25	2.79	5.84	6.25	18.49	10.83	0.35
17.5-18	0.89	2.35	4.71	6.59	14.68	10.29	0.39
18 -18.5	0.58	2.22	4.65	6.38	14.27	10.16	0.41
18.5-19	0.37	2.16	4.29	6.26	14.10	9.98	0.43
19 -19.5	0.12	2.09	4.32	6.04	14.24	10.30	0.51
19.5-20	0.13	1.83	4.22	5.74	12.74	10.29	0.60
20 -20.5	0.18	1.78	4.27	5.66	12.51	10.24	0.60

Evolution des moyennes avec la température.
Données du 23 et 26 septembre 1983 cumulées.

Evolution du rapport P/B estime avec. la turbidite.

Septembre 1983

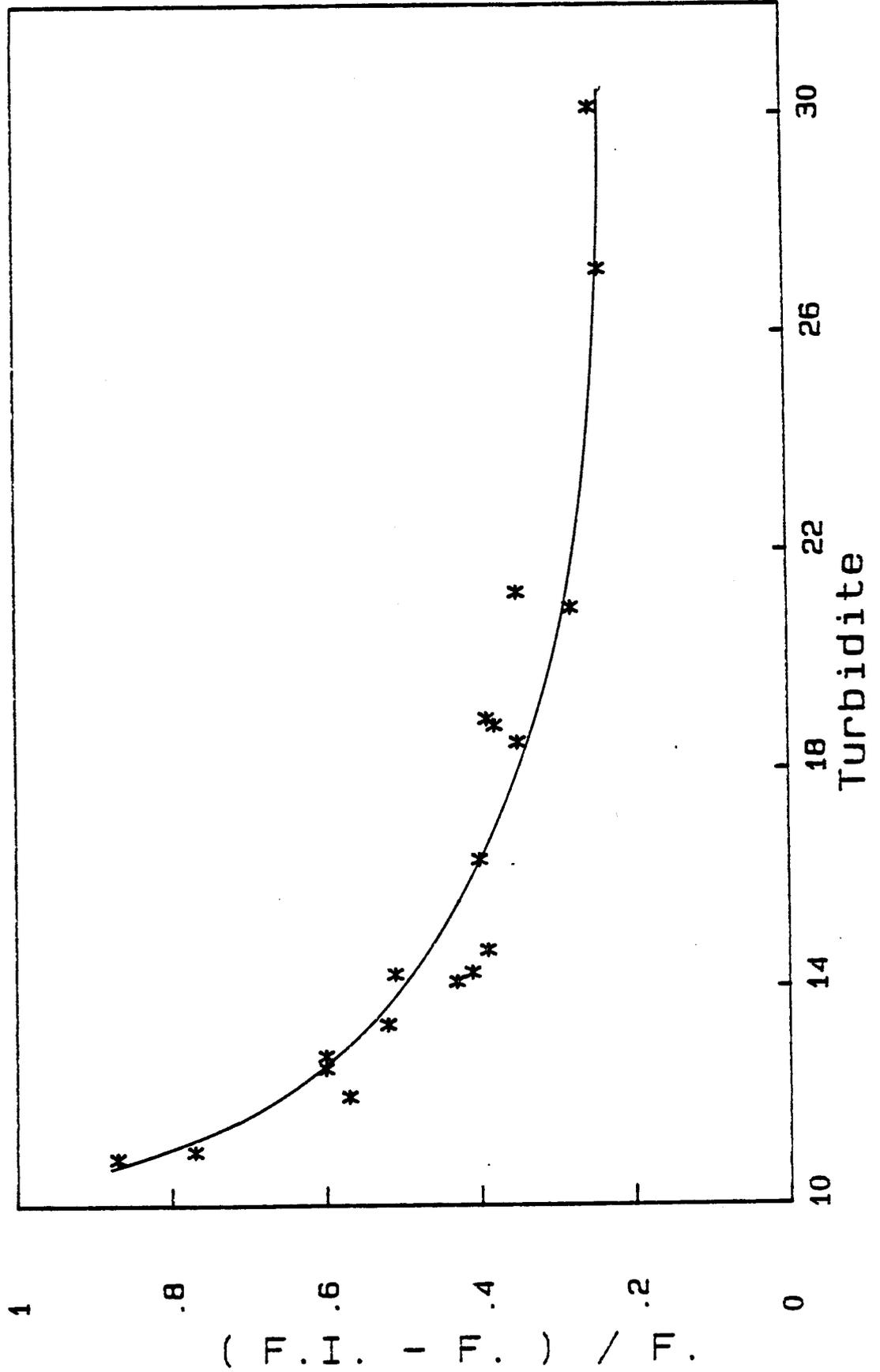
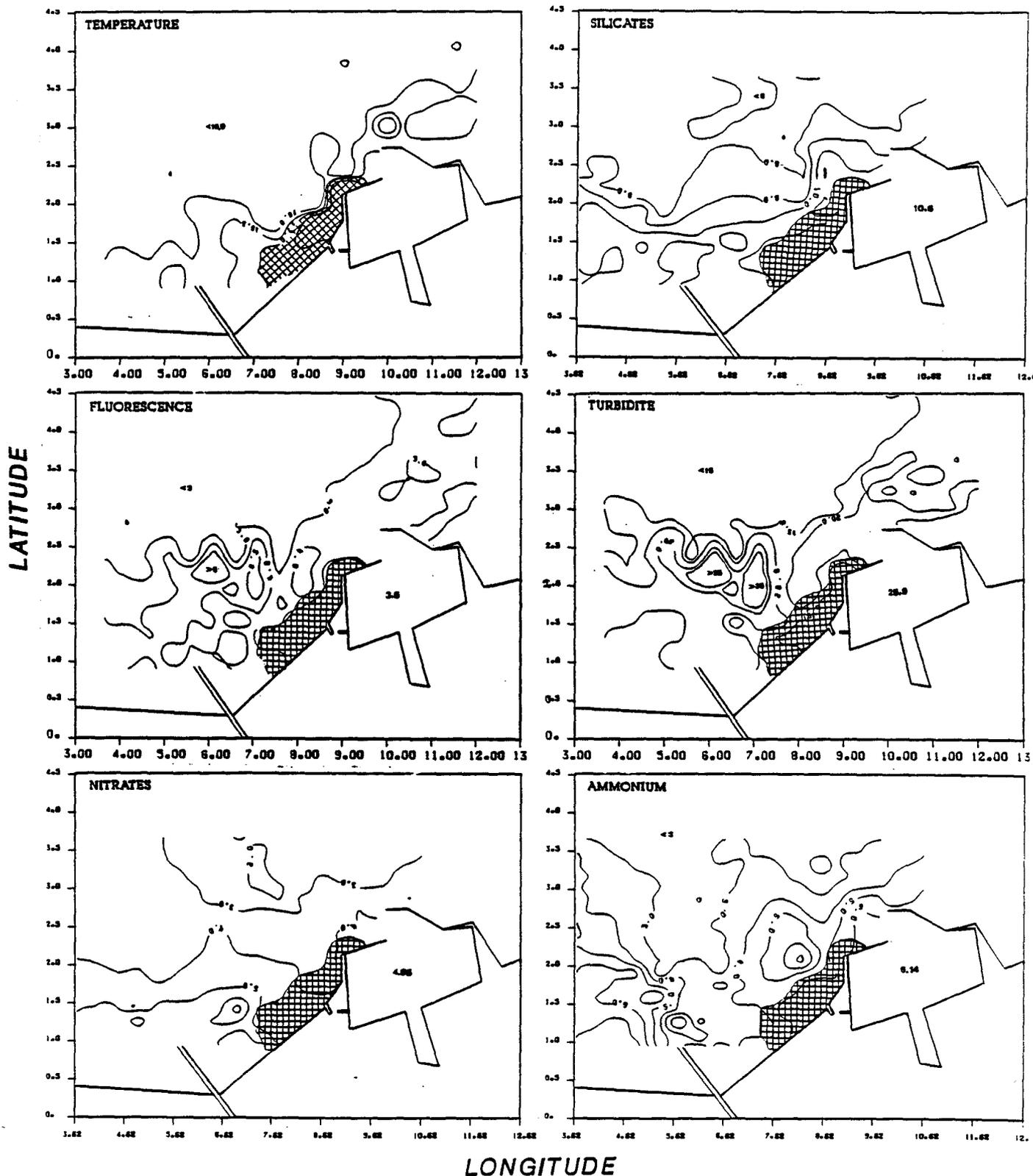


Figure 13.

Fig.-14- GRAVELINES
REPARTITIONS SPATIALES
septembre 1983



Les données dans les tableaux sont reportées pour chaque jour séparé ainsi que pour les données cumulées afin de pouvoir juger de l'identité des tendances. L'évolution des paramètres sur les données cumulées montre une constance des silicates dans la dilution du rejet. Les valeurs plus faibles dans la classe 15.5 - 16°C montrent, par comparaison avec la carte de distribution des silicates, que cette classe correspond à des eaux froides peu chargées en silice, donc à des eaux du large qui ne participent pas directement à la dilution du rejet. Le maximum des paramètres associés à la charge particulaire se situe dans la classe 16 - 16.5°C alors que celui des paramètres dissous se situe dans la classe 16.5 - 17°C.

Dans la classe 16 - 16.5, on observe de plus une dépression de l'activité photosynthétique par unité de biomasse. Ce paramètre est d'ailleurs sur l'ensemble des mesures relié à la diminution de lumière disponible selon une loi régulièrement décroissante (cf. fig. 13). Il est cependant difficile d'en déduire une relation P/B fonction de la turbidité car la mesure de ce dernier paramètre en un niveau n'est pas suffisante pour estimer le coefficient d'extinction.

Il n'en demeure pas moins que les algues présentes dans le panache à des échauffements de 3 à 5°C produisent à peu près deux fois plus par unité pigmentaire que les algues de la bande côtière. Des prélèvements phytoplanctoniques (12) effectués sur toute la zone n'ont pas permis de relever de grandes variations dans la composition floristique. Ces différences de P/B ne découlent donc pas de l'hétérogénéité des populations. Par contre, il est actuellement difficile de connaître la part de l'échauffement et de la transparence de l'eau dans la stimulation phytoplanctonique.

La source de dilution du panache se trouve certainement dans la gamme 15.5 - 17°C. Il s'agit de la définir en ces caractéristiques. Or, cette classe de températures correspond à des variations importantes des paramètres étudiés. La définition de la classe d'échauffement 0°C est donc particulièrement critique. Même si les représentations cartographiques sont biaisées du fait du manque de synopticité de l'observation, il est toutefois possible de se baser sur la répartition des paramètres du fait de la simultanéité de la mesure de ceux-ci.

La classe de température 15.5 - 16.0°C correspond aux eaux du large qui ne diluent pas directement le panache. La source de dilution correspond donc aux eaux de températures comprises entre 16 et 16.5°C ou 16.5 et 17°C. En l'absence de critère rigoureux de choix de T₀, nous avons, dans le chapitre "Tentative de bilan", fait varier la caractéristique de la source afin d'estimer son effet sur les taux de variations de la chlorophylle.

La planche n° 14 représente 6 cartes obtenues à partir des données cumulées du 23 et 26 septembre 1983. Le schéma d'échantillonnage permet de reconstruire une situation moyenne théorique qui ne représente pas une réalité synoptique. Il faut donc éviter une interprétation qui prendrait en compte une localisation géographique précise. Cependant, il est possible de discuter les répartitions relatives des différents paramètres.

Le gradient côte-large est particulièrement visible et concerne tous les paramètres représentés : l'isotherme 16°C suit la côte. Les silicates diminuent rapidement de 10 à 8 µmoles/l en s'éloignant de la côte. La zone côtière est beaucoup plus riche en chlorophylle que le large, elle est de plus très chargée en matières en suspension. La zonation ainsi définie est confirmée par les distributions de sels azotés (nitrates et ammonium).

La correspondance remarquable entre les cartes de fluorescence et de turbidité pose des problèmes d'interprétation car ces deux paramètres ne sont que des estimateurs des pigments chlorophylliens et de la matière en suspension. En aucun cas, on ne peut considérer que la fluorescence contribue seule à la charge particulaire. N'ayant pas mis en évidence d'interférence de la turbidité sur la fluorescence, on ne peut que constater une répartition identique de ces deux paramètres qui concernent le matériel particulaire et qui se distribuent d'une manière différente des paramètres dissous.

L'isotherme 17°C définit une zone correspondant au panache thermique, zone pauvre en fluorescence, turbidité. L'élévation de température ne semble pas influencer la distribution en nitrates.

Le déficit en matériel particulaire (chlorophylle et turbidité) peut s'expliquer de deux manières (décantation et/ou disparition) La décantation des particules est accélérée dans l'eau réchauffée du rejet. Il convient cependant de signaler que, lors de profils exécutés en continu, il n'a pas été relevé d'accumulation de matériel particulaire à l'interface du panache et de l'eau sous jacente. Comme les algues vivantes sédimentent moins vite que les mortes, il est considéré que la disparition de chlorophylle correspond à une mortalité des cellules. Pour l'autre campagne effectuée en période hors chloration (12-14 septembre 1982), les valeurs moyennes dans l'avant-port sont représentées dans le tableau suivant :

Jour	Température	Fluorescence	Turbidité
12 et 14.09.82	18.29	3.89	2.67

Valeurs moyennes dans le port (septembre 1982).

Les moyennes dans chaque classe de température permettant de tracer l'évolution des paramètres lors de la dilution du rejet sont reportées dans les tableaux suivants :

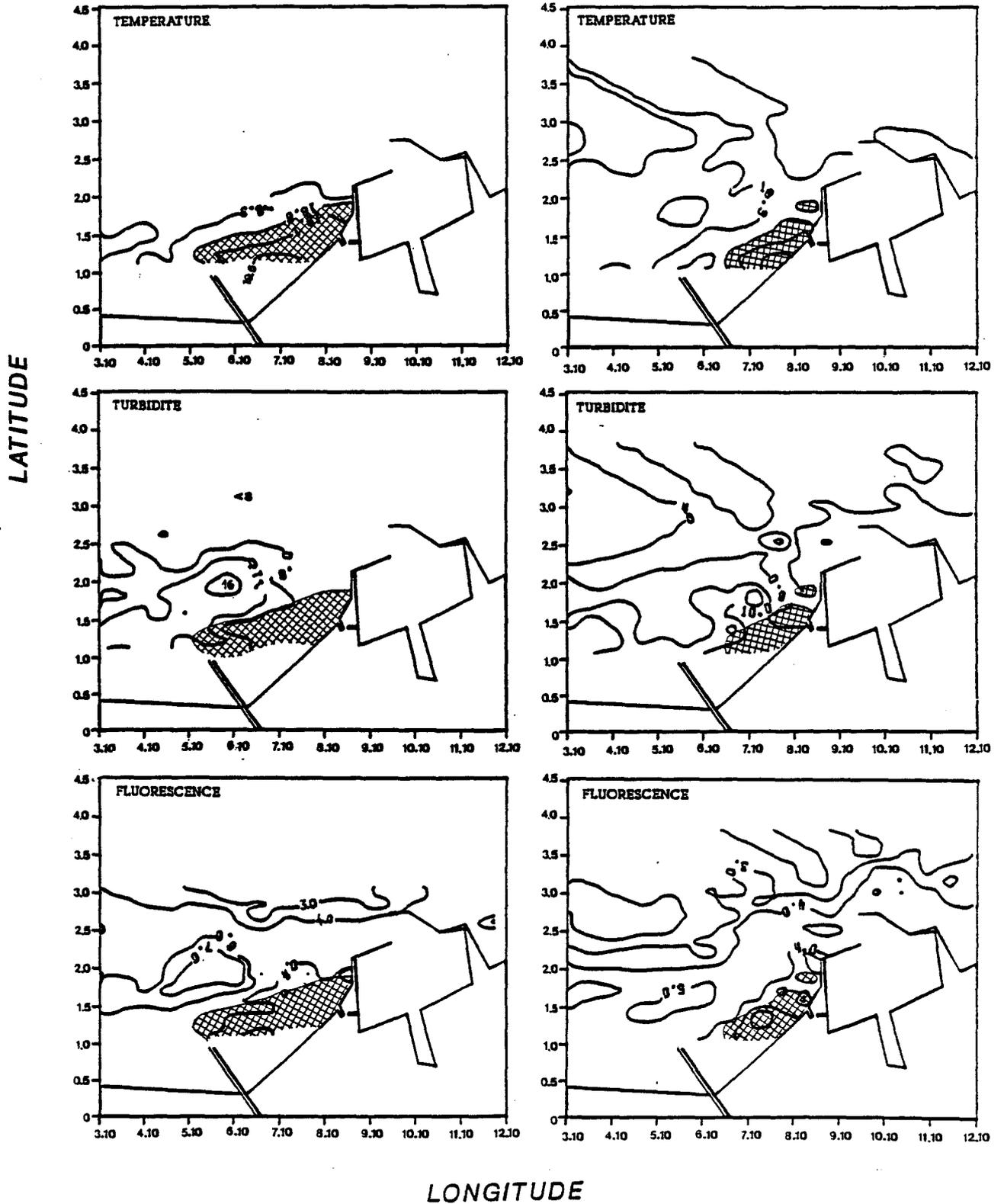
Classe	Fluorescence	Turbidité	Salinité
17.5-18	5.08	5.18	33.93
18 -18.5	4.83	8.03	33.66
18.5-19	4.13	9.04	33.33
19 -19.5	3.59	7.1	33.03
19.5-20	3.03	8.29	32.95
20 -20.5	2.65	7.7	33.50
20.5-21	3	9.00	-

Valeurs moyennes dans le panache le 12.09.82.

Fig.-15- GRAVELINES
REPARTITIONS SPATIALES

12 septembre 1982

14 septembre 1982



Classe	Fluorescence	Turbidité	Salinité
17.5-18	2.27	3.67	34.02
18 -18.5	3.54	6.12	33.96
18.5-19	3.51	6.25	33.91
19 -19.5	3.13	6.68	33.88
19.5-20	-	-	-

Valeurs moyennes dans le panache le 14.09.82.

Le chemin d'observation n'a pas été adéquat le 14.09.82 ce qui ne nous a pas permis d'observer les variations sur un domaine suffisant d'échauffements. On note pour le 12 septembre une décroissance régulière des teneurs en chlorophylle avec la température. D'autre part, la turbidité augmente ou reste stable dans le rejet alors qu'en septembre 83 elle diminuait de façon notable. La centrale, rejetant les boues de déminéralisation de manière intermittante peut produire du matériel en suspension. Il semble que ce fût le cas en septembre 1982. Les calibrations permettent de calculer la charge en matériel particulaire à partir de la turbidité. Cette charge varie de 5.9 à 11₃ mg/l de poids sec. La chlorophylle décroît régulièrement de 9.5 à 2.7 mg/m³.

Les cartes de distributions du 12 et 14 septembre 82 sont représentées sur la figure 15. La tache thermique délimitée par l'isotherme 18.8°C ne déborde pas, dans les deux cas du compartiment d'échauffement maximal. Une bande de chlorophylle (> 4.0 F.T.U. soit 6.5 mg/m³) sépare les zones pauvres du large de la tache thermique. On remarque au droit de l'Aa une zone plus riche s'étendant à l'Ouest (> 12 mg/m³). Cette distribution de chlorophylle se retrouve dans les cartes de distributions de matières en suspension.

Période de non-chloration.

Les valeurs moyennes des différents paramètres ont été calculées dans l'avant-port pour la campagne du 04 au 06 avril 1984.

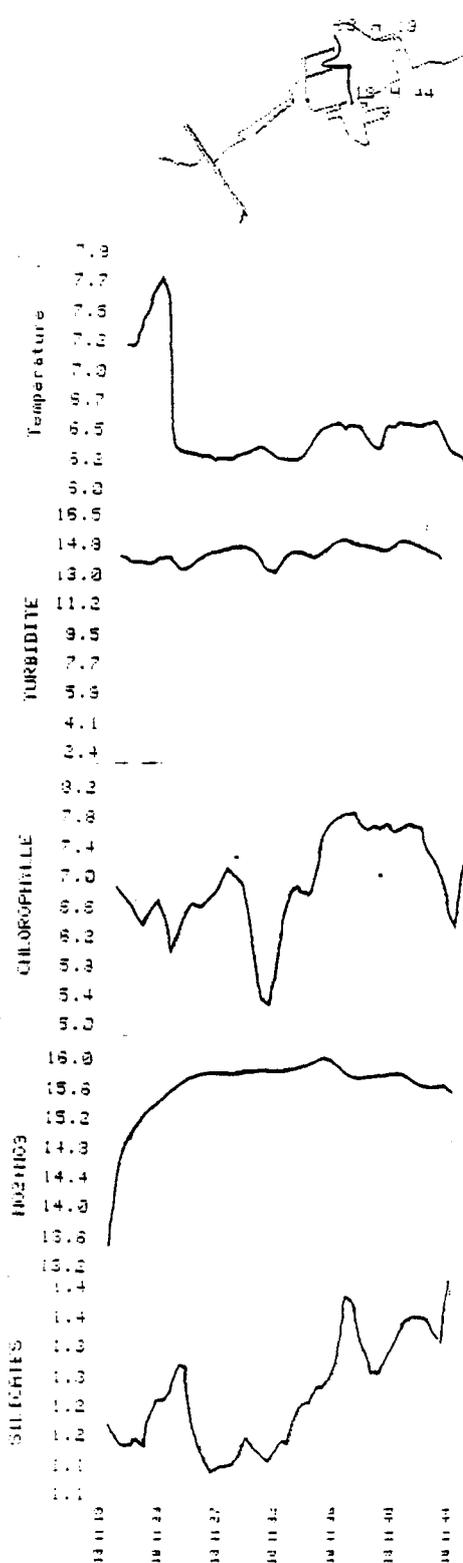
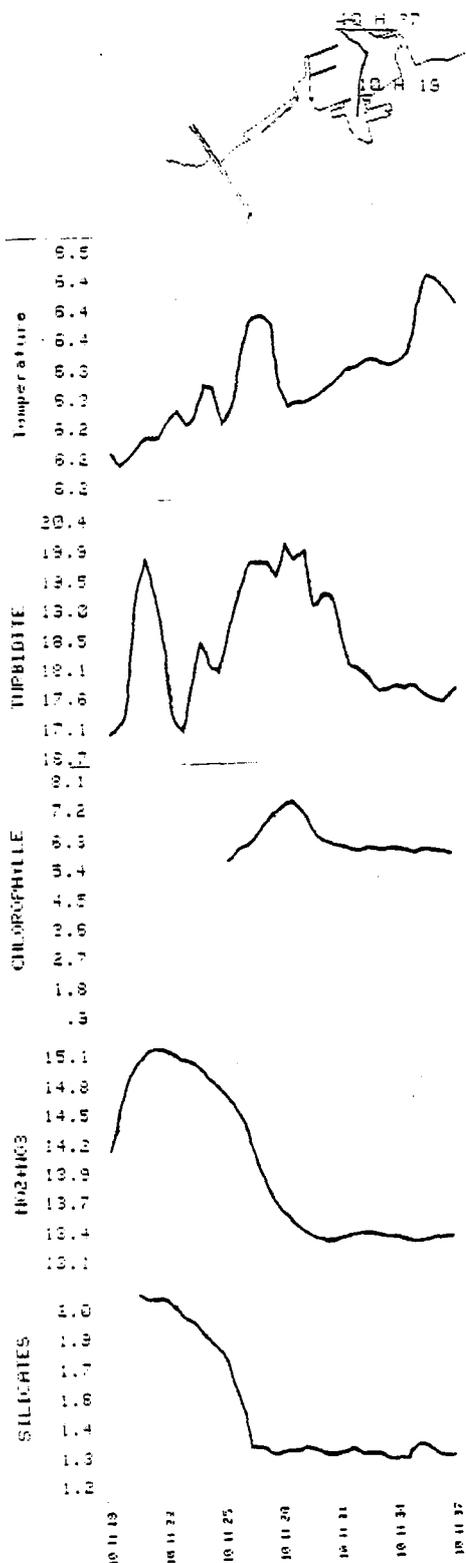
Jour	Température °C	Fluorescence µg/l	Turbidité mg/l	Silicates µM/l	Ammonium µM/l	Nitrate µM/l
05 avril	6.5	4.2	5.1	1.7	1.3	13.0
06 avril	6.8	6.2	-	1.1	1.3	12.6
4,5,6 avril	6.6	5.0	15.3	1.5	1.7	12.8

Valeurs moyennes dans l'avant-port (avril 84).

Fig.-16- — GRAVELINES —

Routes en continu du 06/04/84

Routes en continu du 06/04/84



Entre les 04 et 06 avril, l'intégration des paramètres conduit à des variations importantes en certains de ceux-ci, en particulier en chlorophylle et turbidité. La forte variabilité de ces valeurs nous oblige à traiter séparément les variations du 05 et du 06 avril 1984.

Les variabilités dans le port aussi bien temporelles que spatiales sont illustrées sur la planche n° 16 par les différents tracés obtenus à 8 h d'intervalle le 06 avril 1984. Les tracés de la colonne de gauche correspondent à la sortie du port, donc les valeurs à droite représentent le passage des digues externes ; pour les tracés de droite, le fond du port est représenté à droite. Il est facile de se rendre compte d'une variabilité spatiale en tous les paramètres et les variations temporelles peuvent être très importantes particulièrement en turbidité, nitrates. Il est difficile d'estimer la valeur source port intégrée sur le temps d'établissement du panache sans enregistrement en continu simultané dans le canal d'amenée. C'est pourquoi, tout en séparant les estimations de moyenne des différents jours, nous avons cumulé pour l'estimation de la source port toutes les mesures effectuées le même jour.

Classe	Fluorescence µg/l	NO ₃ µM/l	NH ₄ µM/l	U mg/l	Si µM/l
5.5- 6	7.10	8.51	0.77	16.87	1.43
6 - 6.5	6.83	9.00	0.82	15.58	1.25
6.5- 7	7.79	9.17	0.97	20.93	1.48
7 - 7.5	6.99	9.98	1.05	19.58	1.57
7.5- 8	6.90	11.49	0.97	16.05	1.64
8 - 8.5	6.83	12.38	0.89	15.20	1.65
8.5- 9	6.54	11.80	1.06	14.18	1.52
9 - 9.5	6.29	11.79	1.03	15.28	1.38
9.5-10	6.35	12.01	1.11	-	1.38
10 -10.5	6.06	12.06	1.09	-	1.42
10.5-11	5.75	12.07	1.05	13.35	1.43
11 -11.5	5.48	12.14	0.92	12.74	1.42
11.5-12	5.24	12.11	0.93	-	1.41
12 -12.5	5.03	11.89	0.97	11.82	1.38
12.5-13	4.69	12.18	1.0	11.44	1.44
13 -13.5	4.60	12.60	1.0	11.20	1.6

Evolution des moyennes avec la température (05 avril 84) (fig. 17).

Fig.-17-

GRAVELINES

**EVOLUTION des MOYENNES avec la TEMPERATURE
PERIODE HORS-CHLORATION**

05 avril 1984

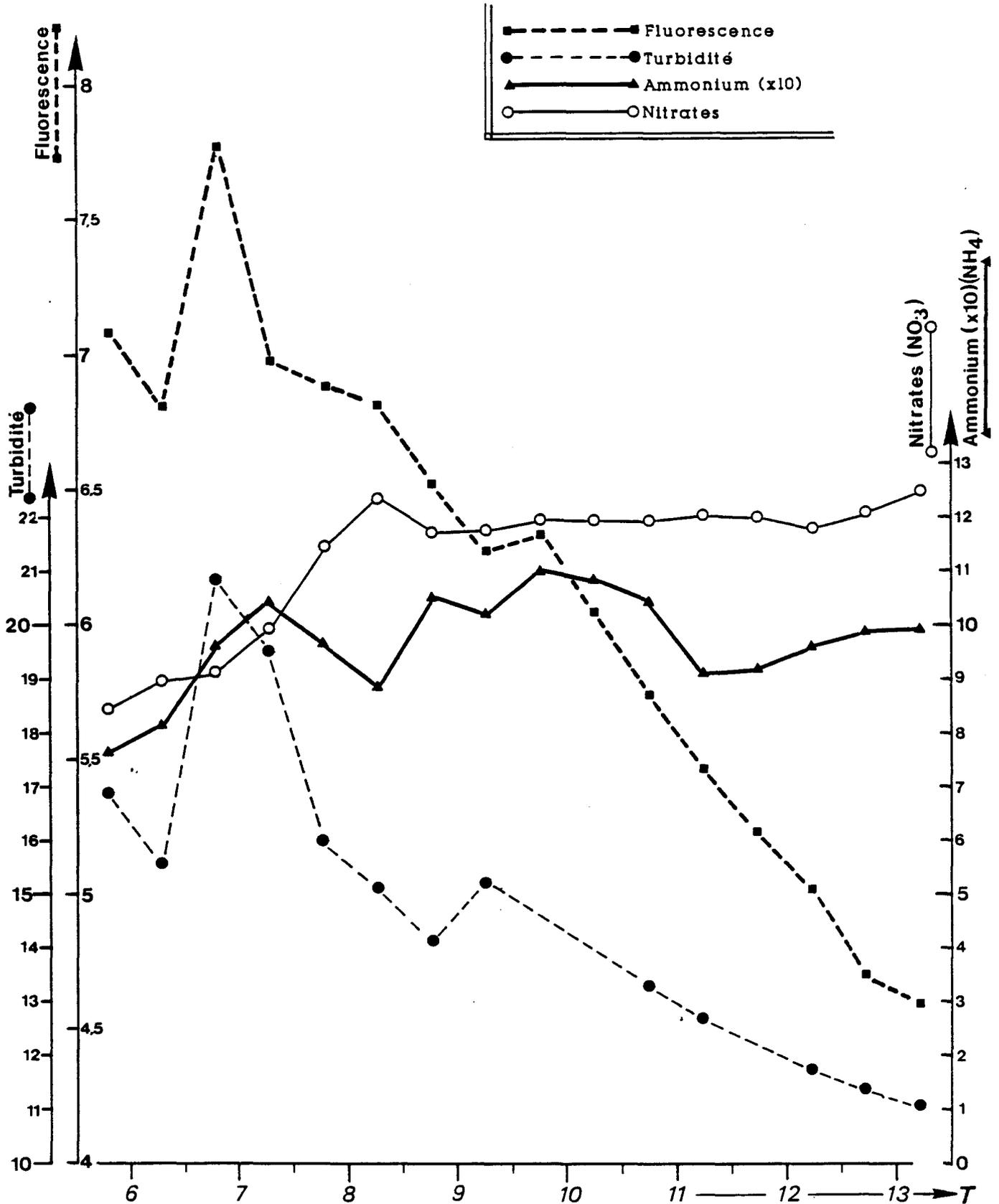
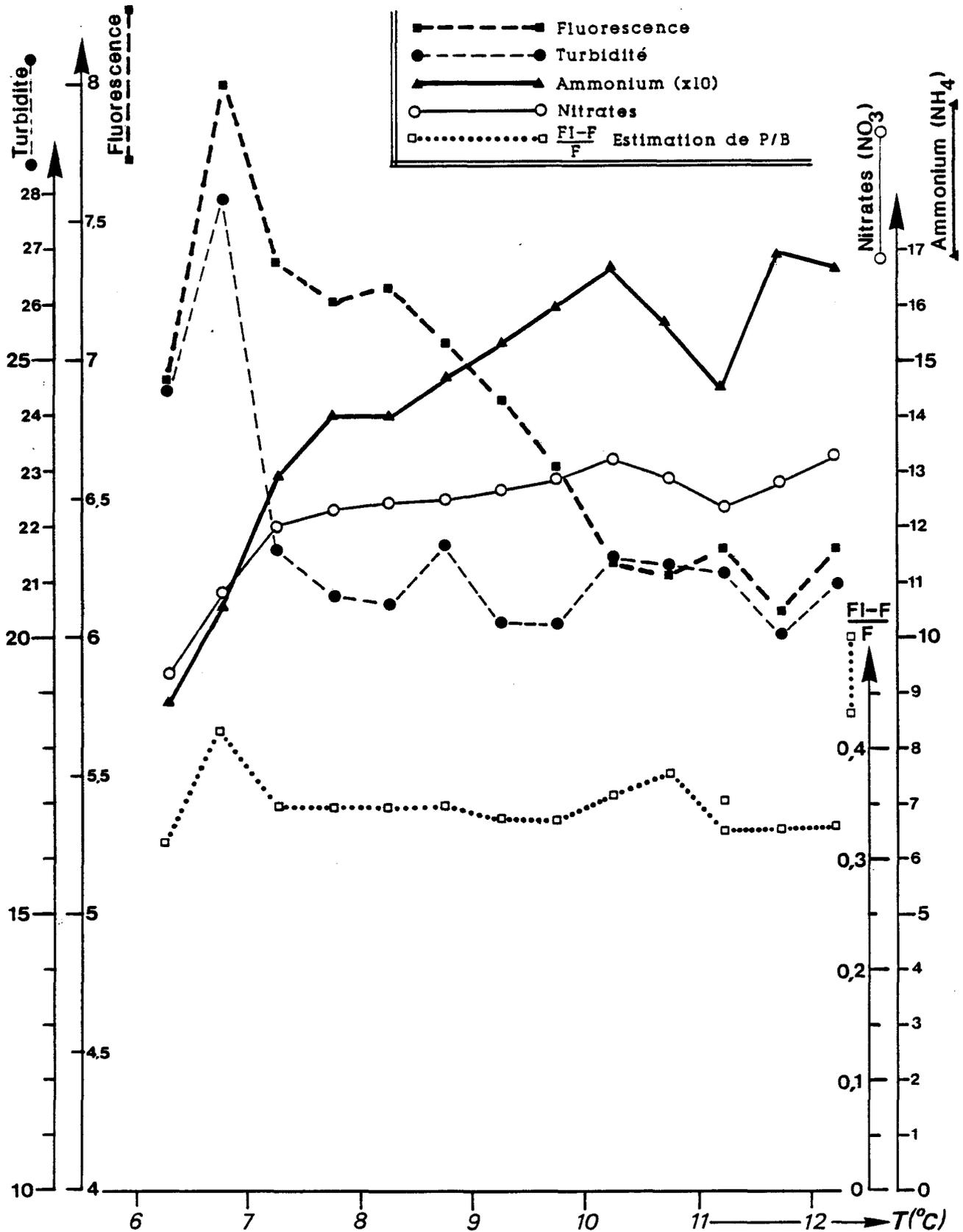


Fig.-18-

GRAVELINES

**EVOLUTION des MOYENNES avec la TEMPERATURE
PERIODE HORS-CHLORATION**

06 avril 1984



Classe	Fluorescence µg/l	NO ₃ µM/l	NH ₄ µM/l	Turb. mg/l	FI-F/F
6 - 6.5	7.00	9.45	0.89	24.60	0.32
6.5- 7	8.38	10.93	1.07	28.00	0.42
7 - 7.5	7.52	12.13	1.30	21.55	0.35
7.5- 8	7.43	12.43	1.41	20.80	0.35
8 - 8.5	7.49	12.48	1.41	20.66	0.35
8.5- 9	7.36	12.57	1.48	21.74	0.35
9 - 9.5	6.87	12.75	1.54	20.35	0.34
9.5-10	6.85	12.95	1.61	20.31	0.34
10 -10.5	6.52	13.35	1.68	21.48	0.36
10.5-11	6.51	12.96	1.58	21.34	0.38
11 -11.5	6.49	12.36	1.46	21.25	0.33
11.5-12	6.43	12.90	1.7	20.11	0.33
12 -12.5	6.09	13.33	1.67	21.00	0.33

Evolution des moyennes avec la température (06 avril 1984) (fig. 18).

On retrouve les mêmes variations pour les deux séries de mesures. La turbidité et la fluorescence décroissent avec la température croissante. Le maximum de ces deux paramètres est dans la classe 6.5-7.0°C. L'ammonium et le nitrate, pour chaque jour, sont relativement stables dès que l'on considère les températures supérieures à 7.5-8°C. Il est à noter cependant que le 06 avril le niveau moyen de NH₄ dans le panache est de 1.6 alors que le 05 avril il était de 1.0. La même variation se retrouve dans les niveaux de turbidité (max. 21, 05 avril ; 28, 06 avril). De plus, pour ce paramètre, on observe une stabilisation le 06 avril dans le panache autour de 21-22 NTU alors que le 05 avril, la turbidité de l'eau décroît régulièrement jusque 11 NTU. La stabilité relative de la turbidité dans le panache explique peut-être la stabilité du coefficient d'assimilation FI-F/F qui hormis un maximum dans la classe 6.5-7 à 0.42 reste compris dans le domaine 0.33-0.38. En aucun cas, nous n'avons observé d'augmentation de ce coefficient comme lors des observations de septembre 1983.

La figure 19 représente 6 cartes obtenues à partir des données du 06 avril 1984. Quelques commentaires peuvent être faits avec les réserves concernant l'interprétation des distributions mentionnées plus haut.

Fig.-19-

GRAVELINES
REPARTITIONS SPATIALES
06 avril 1984

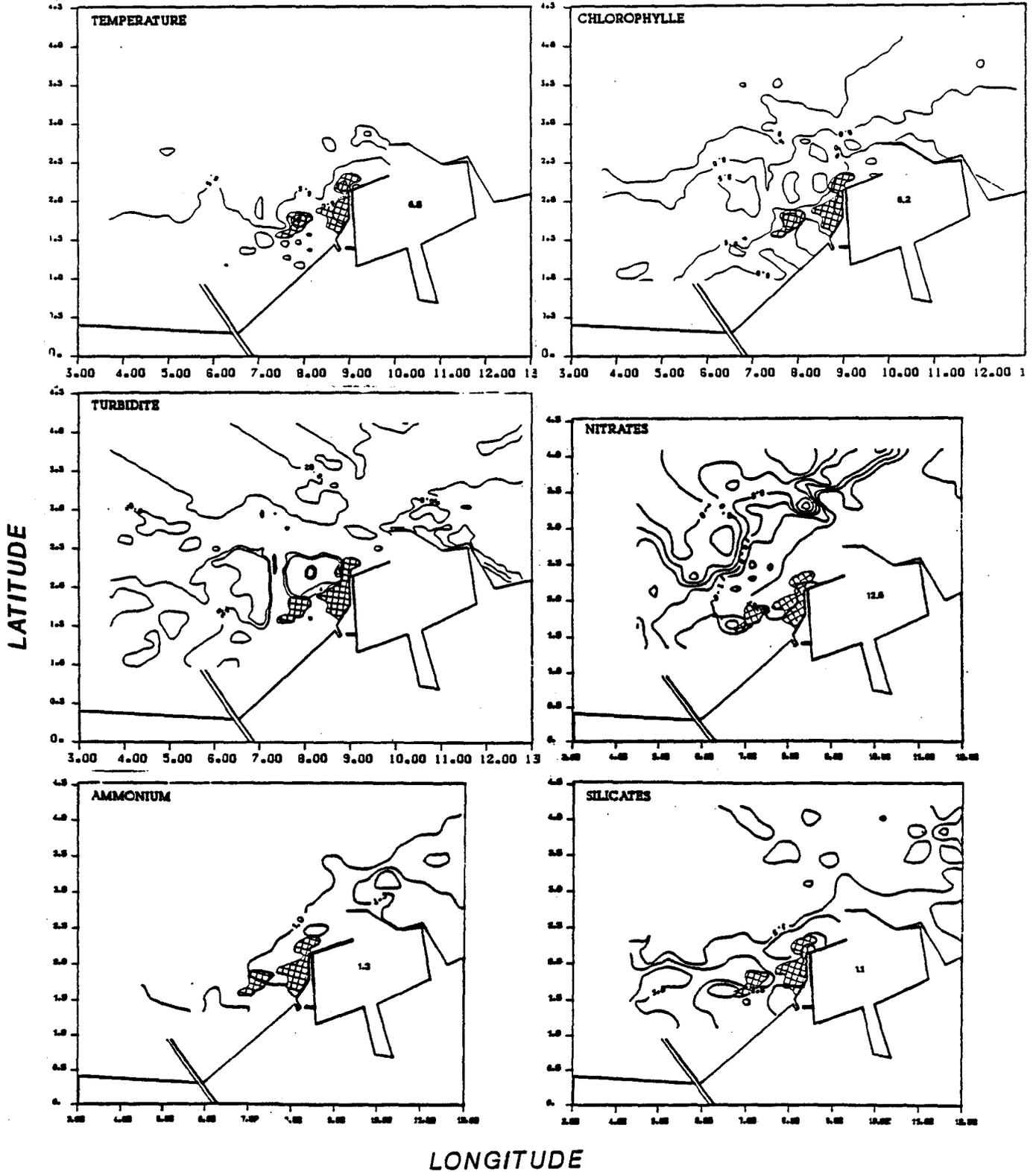
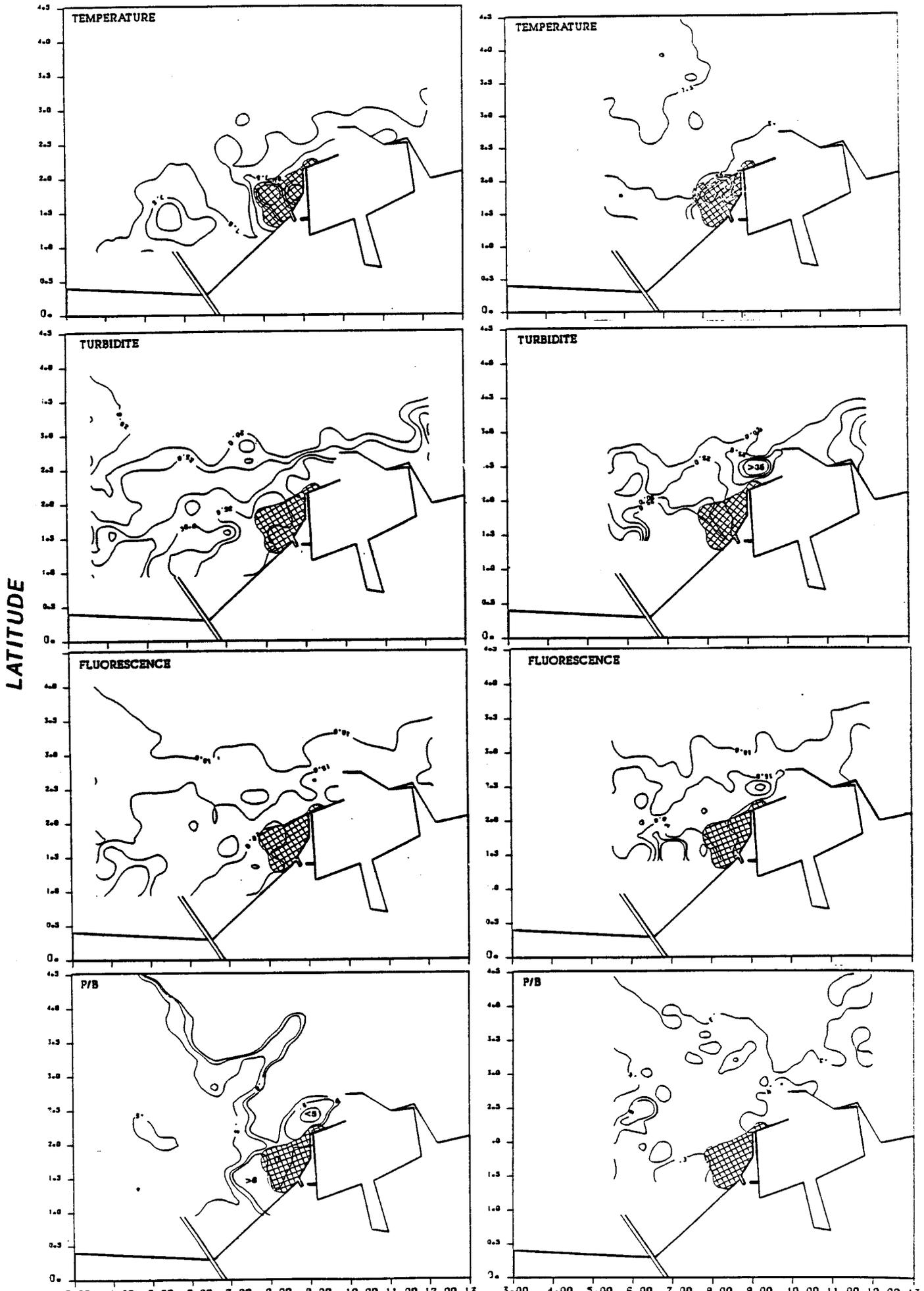


Fig.-20- GRAVELINES
REPARTITIONS SPATIALES

19 mars 1983

21 mars 1983



Le tracé de l'isotherme 6.5°C représente assez bien la zonation côte-large décrite précédemment. Le panache est confiné le long de la jetée des Huttes avec toutefois une bulle d'eau échauffée à l'ouest qui illustre bien le manque de synopticité des observations.

La carte de chlorophylle rend compte de cette réalité, avec, au large, une zone relativement pauvre (l'isocontour au nord correspond à 6.5). On retrouve une bande côtière très riche : il faut cependant noter que les eaux contenant un maximum de chlorophylle (> 9.5) ne sont pas à la côte mais plutôt au niveau de l'isobathe 10 m. La même observation a été faite, en septembre 82 par exemple. La turbidité suit à peu près la même répartition.

Les nitrates, par contre, présentent une décroissance régulière de 12 ou plus à 7 $\mu\text{M}/\text{l}$ avec une localisation des eaux contenant plus de 12 $\mu\text{M}/\text{l}$ dans la zone côtière est et englobant le port. Cette distribution se retrouve sur la carte d'ammonium. Quant aux silicates, on peut observer une similitude de répartition avec la turbidité.

Nous pouvons donc noter une bonne cohérence des répartitions obtenues le 06 avril avec les autres campagnes de mesures.

Campagne de mars 1983 (hors chloration).

Les cartes figur es (fig.20) représentent les distributions calcul es le 19 et le 21 mars 1983. Dans les deux cas, la tache thermique est confin e près de la jet e des Huttes. L'hétérogénité côte-large est de nouveau bien visible : la limite de la bande côtière est ici figur e par l'isoligne 20.0 en fluorescence (17 mg/m³ chlorophylle) et 10 en turbidité (soit 13.3 mg/l poids sec). Les zones correspondant à des températures supérieures à 8.0°C ont été tram es et report es sur les cartes des autres paramètres. Sur la carte de turbidité du 19 mars, on peut ainsi se rendre compte de la présence d'une zone fortement turbide dans le panache thermique.

Les cartes de fluorescence et de turbidité se correspondent encore assez bien avec la même zonation côte-large, la présence d'une zone fortement charg e auprès de l'émissaire de l'Aa et une tache assez concentr e à l'entrée du port.

Cette tache correspond pour les deux jours à une zone peu productive si l'on en juge par la distribution du quotient FI-F/F qui estime le rapport P/B. Un profond bouleversement des structures en ce paramètre peut être observé entre les 19 et 21 mars, qui n'est pas interprétable avec les données dont nous disposons. De plus, dans la zone proche du panache, le 19, peut être observ e une tache fortement productive (> .8) qui n'a pas de correspondance le 21 mars.

Les valeurs moyennes des paramètres mesurés par classe de température sont report es sur le tableau suivant.

Classe	19 mars 1983			21 mars 1983		
	Fluorescence	Turbidité	Production	Fluorescence	Turbidité	Production
6.5- 7	10.25	17.25	0.79	8.47	13.61	0.30
7 - 7.5	17.17	31.17	0.68	13.32	22.14	0.39
7.5- 8	16.23	30.93	0.81	12.02	20.41	0.36
8 - 8.5	17.98	33.64	0.79	9.09	15.73	0.32
8.5- 9	18.06	30.31	0.82	12.88	22.87	0.36
9 - 9.5	24.75	44.00	0.75	18.27	35.55	0.33
9.5-10	22.86	39.07	0.72	16.83	30.45	0.36
10 -10.5	23.06	37.90	0.71	15.33	26.00	0.37
10.5-11	24.03	38.5	0.71	15.42	26.62	0.38

On peut observer contrairement aux résultats de trois autres campagnes une augmentation de fluorescence dans le panache. Cette campagne a été effectuée lors de conditions météorologiques difficiles (un vent de 50 Nd S.W) alors que les campagnes de septembre se sont déroulées par temps calme.

On ne peut donc dans ce cas exclure des remises en suspension à la côte. Ainsi, le 19 mars, une zone de forte turbidité est incluse dans le panache thermique ce qui explique peut-être les fortes valeurs observées au dessus de 9°C. Le rapport (Fluorescence Induite-Fluorescence) /Fluorescence) ne croît pas avec la température, contrairement aux résultats de septembre 83. On ne peut exclure l'influence de la turbidité de la zone sur la production.

La grande variabilité des niveaux entre ces deux jours est probablement imputable aux conditions variables météorologiques.

C - Etude de la dilution.

Les tableaux de résultats d'analyses sont présentés en annexe.

Analyse des variations de chlorophylle a dans le panache du rejet

Pour chaque campagne, les résultats sont présentés sous forme d'un couple de graphes (page 58 à 77). La première des deux figures rassemble les profils thermiques verticaux réalisés dans l'avant-port ainsi qu'en chaque station du panache. L'examen de l'ensemble des mesures faites d'octobre 1982 à juin 1984 fait ressortir quelques caractéristiques communes :

- l'homogénéité verticale de la température des eaux de l'avant-port qui, exceptionnellement, peuvent montrer un échauffement de l'ordre du demi degré C dans le premier mètre (e.g., le 02/03/83),
- le maintien de la situation superficielle du panache à partir du rejet. Les profils légitiment l'échantillonnage du milieu récepteur sous le panache, dès 4-5 m de profondeur, parfois moins (e.g., le 19/07/83),
- la difficulté qu'il y a à définir précisément TSK lorsque la mer est agitée ; ainsi, le 07/06.84, les plus fortes températures ne sont pas enregistrées en surface à la station 1, mais aux environs de 1 m de profondeur.

Sans entrer dans le détail, ce dernier point conduit à souligner le déséquilibre entre le luxe de mesures effectuées dans l'avant-port d'une part (alors que la stabilité de la température ne le justifie guère), et l'absence de replicats dans la surface du panache. D'autre part, d'où la nécessité du palliatif actuellement retenu dans les calculs d'incertitude : $\hat{V}(\Delta SF_k) = 2 \cdot \hat{V}(TF_k)$ (cf. "Protocole et notations").

La seconde figure représente les variations, entre les différentes stations d'une campagne donnée, du rapport $(CS_k - \hat{CS}_k) / \hat{CS}_k$ exprimé en %, en fonction de ΔSF_k (numérateur du coefficient de dilution). Au voisinage de chacun des points définis par ce couple de coordonnées est inscrite l'estimation de πAP_k (exprimée en %), ainsi que l'estimation de l'erreur standard de cet estimateur (sous réserve que l'information nécessaire au calcul de $\hat{V}(\pi AP_k)$ soit disponible). Enfin, à la condition que l'on dispose des éléments nécessaires au calcul de son amplitude, est figuré un intervalle recouvrant deux erreurs standard de part et d'autre de l'estimation ponctuelle et la chlorophylle calculée sous l'hypothèse d'absence d'impact. Il est évidemment tentant d'assimiler cet intervalle à un intervalle de confiance, car cela permettrait de repousser ou non l'hypothèse d'un écart nul (et donc l'absence d'impact) à un seuil de risque donné ; d'après l'inégalité de CHEBYCHEV, le risque de première espèce serait ici de l'ordre de 25 % au plus. Mais cette démarche nécessite l'indépendance entre l'espérance et la variance du rapport $(CS_k - \hat{CS}_k) / \hat{CS}_k$, et l'existence éventuelle de cette propriété n'est pas connue. En l'état actuel, l'utilisation à des fins d'inférence de cet intervalle demeure donc délicate, quoiqu'il soit possible de conclure sans ambiguïté dans plusieurs cas.

Une manière différente d'aborder le problème serait de construire un intervalle de dispersion autour de \hat{CS}_k à l'aide de simulations et de conclure d'après la position de CS_k par rapport aux bornes de cet intervalle, en remarquant que la validité du résultat resterait tributaire de celle du corps d'hypothèses retenu pour effectuer les simulations.

Les graphiques obtenus s'interprètent de la manière suivante : si le transit dans les circuits de la centrale ne détruit pas le phytoplancton pompé dans l'avant-port, si le rejet réchauffé (et éventuellement chloré) n'altère pas le phytoplancton du milieu récepteur avec lequel il se mélange, et si la "dilution thermique" décroît correctement, ce mélange des cellules algales, alors les points correspondant aux différentes stations du panache doivent être regroupés au voisinage de la droite horizontale d'équation $(CS_k - \hat{CS}_k) / \hat{CS}_k = cste = 0$.

Si au contraire toute la chlorophylle qui traverse la centrale est détruite, la concentration CS_k observée en surface doit alors être proche de :

$$CS_k \approx (1 - \pi AP_k) CF_k$$

et l'écart à la concentration attendue sous l'hypothèse d'absence d'impact vaut alors simplement :

$$CS_k - \hat{CS}_k \approx -\pi AP_k \cdot C_0$$

soit encore, exprimée en écart relatif :

$$(CS_k - \hat{CS}_k) / \hat{CS}_k \approx C_0 / (CF_k - C_0 - CF_k / \pi AP_k)$$

et en faisant apparaître ΔSF_k , différence de température entre la surface du panache et l'eau sous-jacente (échelle des abscisses) :

$$(CS_k - \hat{CS}_k) / \hat{CS}_k \approx C_0 / (CF_k (1 - \Delta RF_k / \Delta SF_k) - C_0)$$

La dérivée première par rapport à ΔSF_k du membre de droite vaut :

$$- (C_0 \cdot CF_k \cdot \Delta RF_k) / (\Delta SF_k (CF_k (1 - \Delta RF_k / \Delta SF_k) - C_0))^2$$

Elle est donc toujours négative (on rappelle que : $\Delta RF_k > 0$), et l'écart relatif à \hat{CS}_k décroît donc de façon monotone d'aval en amont du panache. Cette décroissance s'effectue de manière linéaire quand il y a "homogénéité thermique", i.e.

$$TF_k \equiv TF = cste \quad \text{et} \quad \Delta RF_k \equiv \Delta RF = cste$$

et qu'à la condition "d'homogénéité biologique" (i.e., $CF_k \equiv CF = cste$, cf. "Protocole et notations").

S'ajoute celle d'une même concentration à la prise et dans le milieu récepteur : $CF = C_0$. Dans ce cas particulier :

$$(CS_k - \hat{CS}_k) / \hat{CS}_k \approx -\Delta SF_k / \Delta RF$$

La proportion dans le panache de l'eau originale de l'avant-port, inscrite auprès du point correspondant à la station k, est alors précisément égale à l'ordonnée de ce k-ième point.

Pour n'être pas restreint à cette situation particulière, remarquons que la relation est voisine de la linéarité lorsque :

$$|C_0 - CF| \ll CF$$

et que l'on peut admettre l'approximation :

$$(CS_k - \tilde{CS}_k) / \tilde{CS}_k \approx - (C_0 / (CF \cdot \Delta RF)) \Delta SF_k$$

L'ordonnée du k-ième point (d'abscisse ΔSF_k) est alors voisine de πAP_k .

En résumé, les configurations attendues sous les hypothèses simples précédemment énoncées doivent se rapprocher de l'un ou l'autre des deux grands types suivants :

- en l'absence de tout effet de la centrale, qui peut alors être assimilée à une simple pompe des eaux de l'avant-port, les écarts relatifs calculés en chaque station restent au voisinage de la droite $y = 0$,
- si au contraire tout le phytoplancton originaire de l'avant-port est détruit, les points représentatifs de chacune des stations du panache doivent se rapprocher d'une fonction décroissante de ΔSF_k . Cette fonction peut être assimilée à une droite lorsque la concentration moyenne en chlorophylle (C_0) dans l'avant-port n'est pas trop différente de celle du milieu récepteur (CF_k), et que cette dernière est spatialement homogène.

Ce n'est pas rapporter les mesures à l'une ou l'autre de ces situations qui présente un intérêt en soi : cette démarche ne se limite en effet qu'à évaluer l'effet du transit dans sa centrale ; il est bien évident que pour apprécier cet effet, le plus simple serait d'observer ΔC_0 directement à la sortie des circuits. L'attention doit, au contraire, se porter sur les écarts à ces hypothèses. Ce point sera éclairé à l'aide des résultats de quelques campagnes au cours desquelles les données recueillies peuvent être considérées comme relativement satisfaisantes.

Un bon exemple est fourni par la campagne du 19/07/1983 ; quatre stations ont été visitées dans le panache. Des valeurs de déficit $\Delta C_{0,k}$ comprises entre 64 % ($k = 2$) et 125 % ($k = 4$) ont été calculées. Le graphe montre, conformément à ces résultats, que les points correspondants aux stations se situent à proximité des symboles ouverts indiquant les valeurs que prendrait l'écart relatif à l'hypothèse d'absence d'impact si ΔC_0 valait en réalité - 100 %. La première conclusion qui se dégage est donc celle de la destruction du phytoplancton ayant traversé la centrale ; d'autant plus que l'estimation obtenue pour le point le plus proche du rejet ($k=1$), i.e. celui pour lesquelles les hypothèses d'homogénéité du milieu récepteur sont les moins fortes, est de - 111% ; concernant précisément cette valeur du déficit, la question qui se pose est celle de savoir si le fait qu'elle soit inférieure à -100% n'exprimerait pas un effet s'ajoutant à celui du transit, i.e. un impact supplémentaire sur la masse d'eau qui commence à diluer le panache à la sortie du rejet.

Formellement, si en amont de la station $k=1$ une proportion α de la chlorophylle CF_1 a été détruite (en plus de celle de l'avant-port), la concentration qui sera observée en surface sera approximativement :

$$CS_1 \approx (1 - \alpha) (1 - \pi AP_1) CF_1$$

et l'écart à \tilde{CS}_1

$$CS_1 - \tilde{CS}_1 \approx -\pi AP_k \cdot C_0 - \alpha (1 - \pi AP_k) CF_k$$

Le déficit relatif est par conséquent inférieur à - 100 % :

$$\Delta C_{0,1} \approx -100 (1 + \alpha (1 - \pi AP_k) CF_k / (C_0 \cdot \pi AP_k)) < -100\%$$

Dans l'exemple choisi, la précision des résultats ne permet toutefois pas de conclure à un effet autre que celui du transit ; d'autant moins d'ailleurs que le déficit relatif n'atteint pas - 100% aux stations 2 et 3. Cette dernière station montre de surcroît combien l'incertitude associée aux estimations rend l'interprétation des résultats délicate : l'ordonnée de l'écart relatif $(CS - \tilde{CS}) / \tilde{CS}$ est comprise entre la valeur correspondant à l'absence d'impact et celle correspondant à la destruction pendant le transit ; la seconde situation apparaît ici plus vraisemblable que la première ; néanmoins, hors du contexte cohérent offert par la similitude des 4 stations, il serait tout aussi légitime de décider en faveur de la première hypothèse.

Toutes les campagnes ne livrent pas un schéma d'évolution aussi cohérent pour les différentes stations : ainsi, le 31/08/1983, les résultats obtenus en $k = 1$ suggèrent l'existence d'un faible "effet transit", ceux obtenus en $k = 2$ l'absence d'un tel effet, enfin ceux de $k = 3$ pourraient inciter à conclure à la destruction de la chlorophylle originaire de l'avant-port (en fait, l'incertitude en ce point est telle que l'on pourrait tout aussi bien conclure à l'inverse).

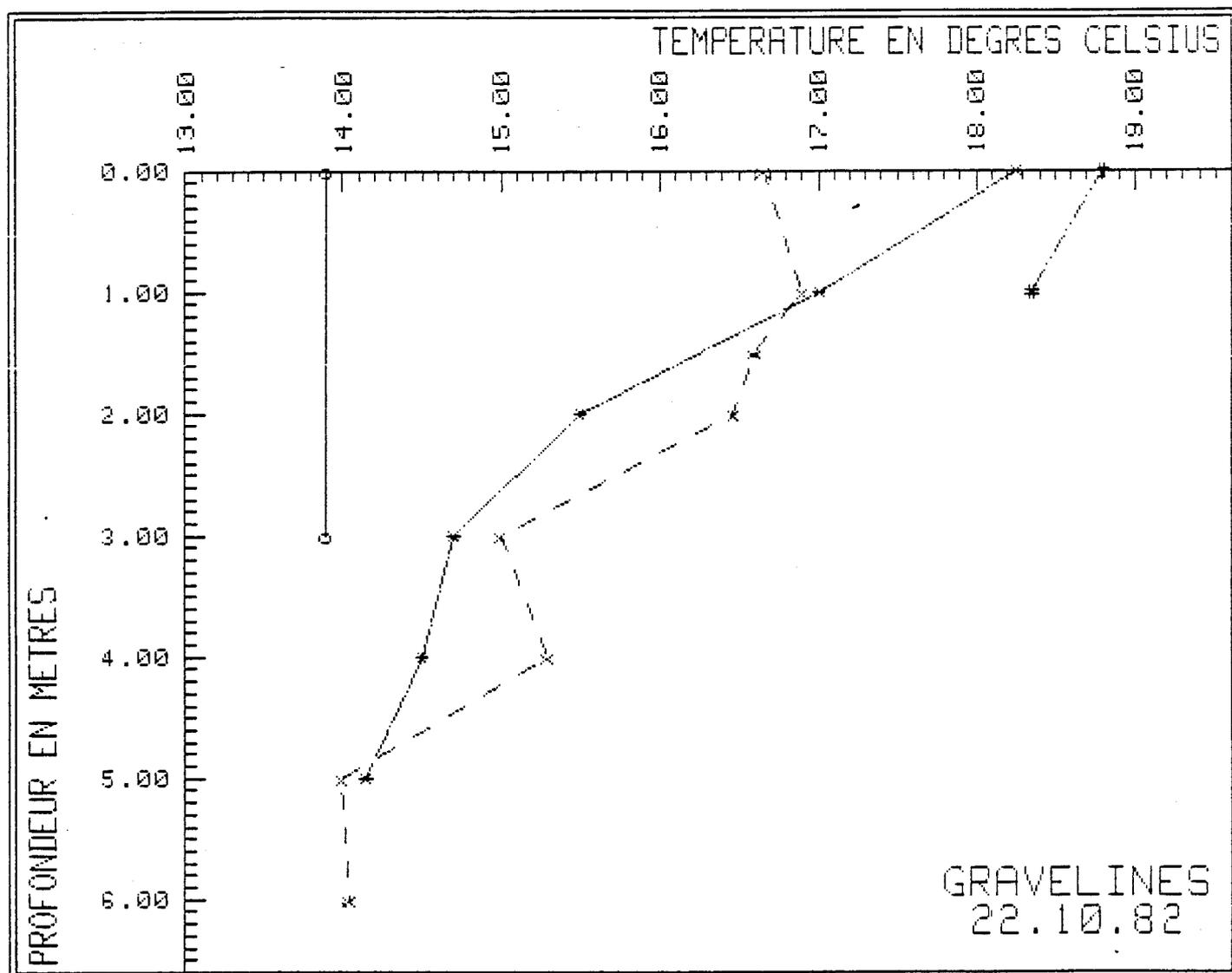
Il faut enfin remarquer que seules quelques campagnes ont fait l'objet du traitement détaillé tel qu'exposé ci-dessus (22/10/82 - 30/05/1983 - 19/07/1983 - 31/08/1983 - 07/10/1983). Quant aux missions réalisées en 1984, la question même de leur utilité est posée, compte tenu qu'au cours de celles-ci les mesures ne s'accompagnèrent d'aucun replicat. Indépendamment de tout souci d'évaluation de la précision des estimations, la simple comparaison du coût de la mesure au coût du déplacement jusqu'aux stations devrait automatiquement conclure à au moins dupliquer toute saisie de données en chaque station.

En conclusion, la mise en évidence par approche statistique d'un éventuel effet du rejet sur le milieu récepteur nécessiterait un aménagement de l'effort entrepris à l'occasion de l'étude complémentaire dite "légère". En particulier :

- il n'est guère utile de descendre loin en aval dans le panache de rejet ; en effet, les hypothèses d'homogénéité (biologique et thermique) ne sont probablement pas réalistes dès que $\pi AP_k < 30\%$ environ. Au surplus, la différence entre les valeurs attendues de $(CS - \tilde{CS}) / \tilde{CS}$ en la présence ou en l'absence d'impact diminue avec πAP_k , pour une précision des estimations qui formellement se maintient à peu près constante, mais qui,

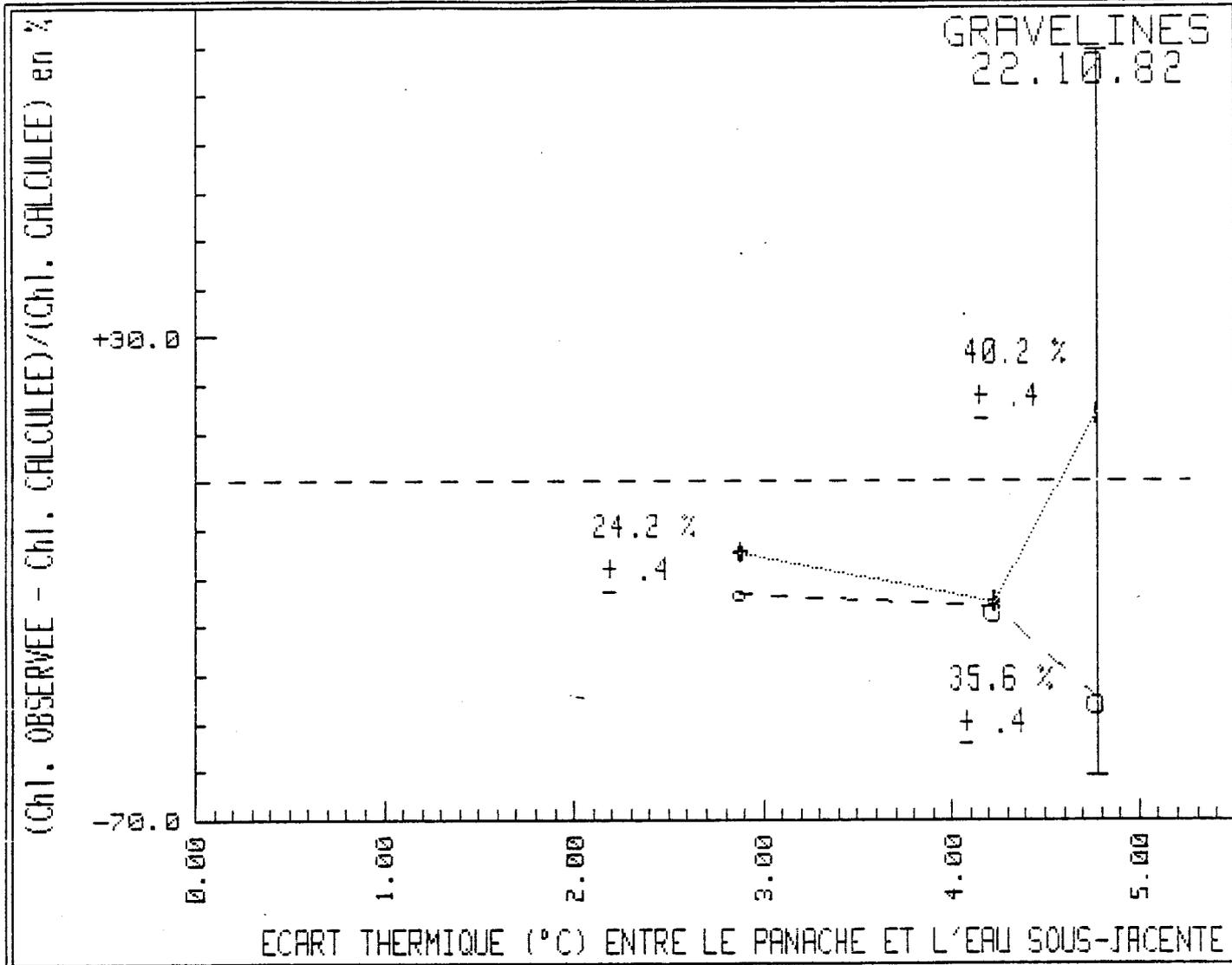
en réalité, devient sans doute, de plus en plus optimiste compte tenu de la contamination progressive par une eau spatialement hétérogène.

- une raison supplémentaire d'échantillonner dans la zone des plus forts échauffements tient au fait que c'est probablement le lieu où l'impact sur le milieu récepteur est maximal, et donc le plus aisé à détecter.
- enfin, ayant fixé a priori l'ampleur maximale de cet impact qu'il serait souhaitable de discerner, il resterait, si une telle étude devait être reconduite, à déterminer la répartition optimale de l'échantillonnage des divers compartiments (source - rejet - milieu extérieur).



- o ET SEGMENTS CONTINUS: PROFIL DE TEMPERATURE DANS L'AVANT-PORT.
- # : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE $> 5^{\circ}\text{C}$
- * : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE $< 5^{\circ}\text{C}$ ET $> 3^{\circ}\text{C}$
- x : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE $< 3^{\circ}\text{C}$ ET $> 1^{\circ}\text{C}$

GRAVELINES
22.10.82

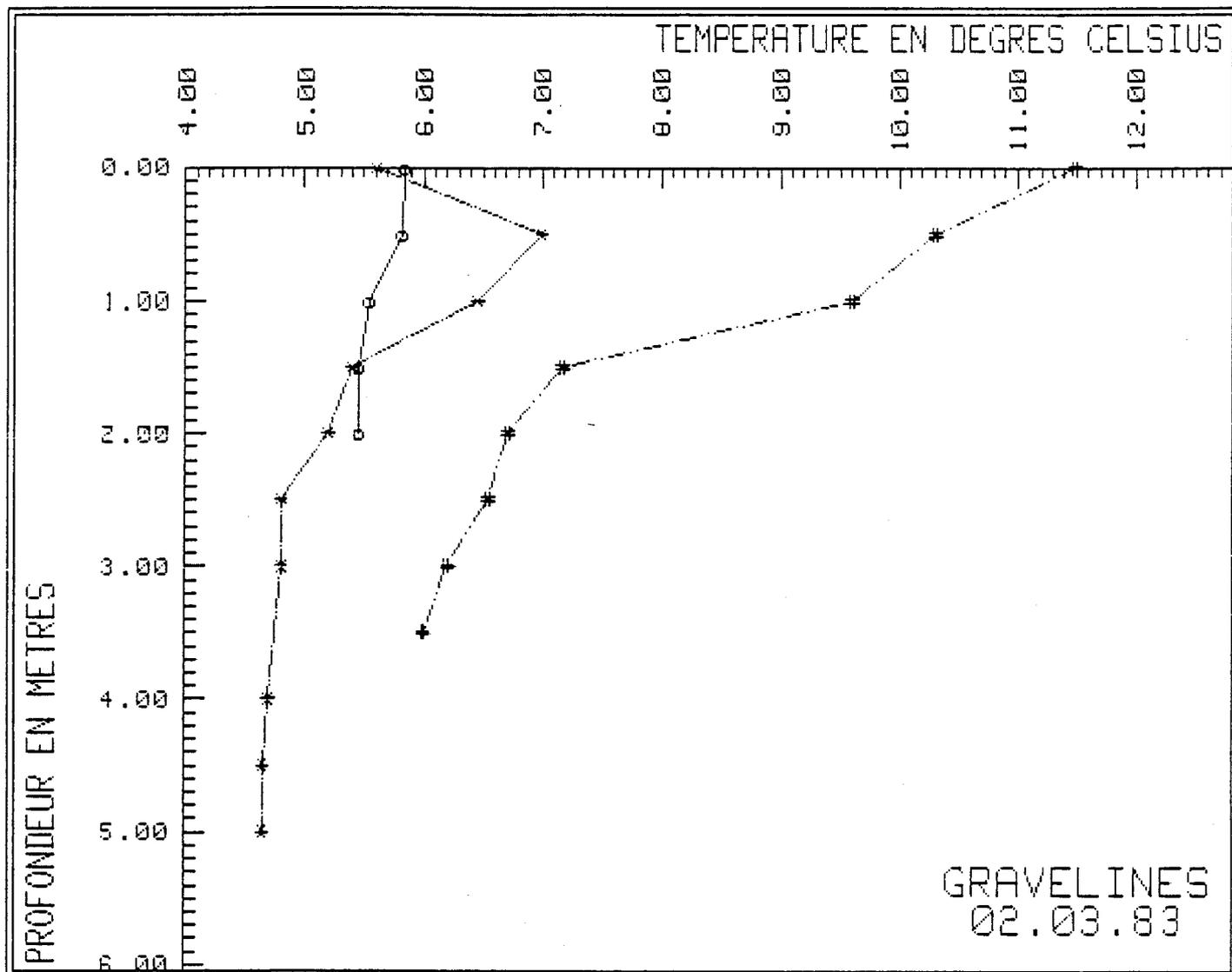


Après de chaque point est indiqué le pourcentage d'eau originarie de l'avant-port (± 1 erreur standard). Cette proportion est calculée en utilisant la température comme indicateur de la dilution de l'eau du panache, réchauffée de 12°C au rejet de la Centrale. L'intervalle autour de l'écart relatif entre Chl. observée et Chl. théorique (i.e., calculée sous l'hypothèse d'absence d'impact) couvre ± 2 erreurs standard. Les symboles ouverts reliés par un tireté représentent les valeurs que prendrait l'écart relatif si toute la Chl. de l'avant-port était en réalité détruite.

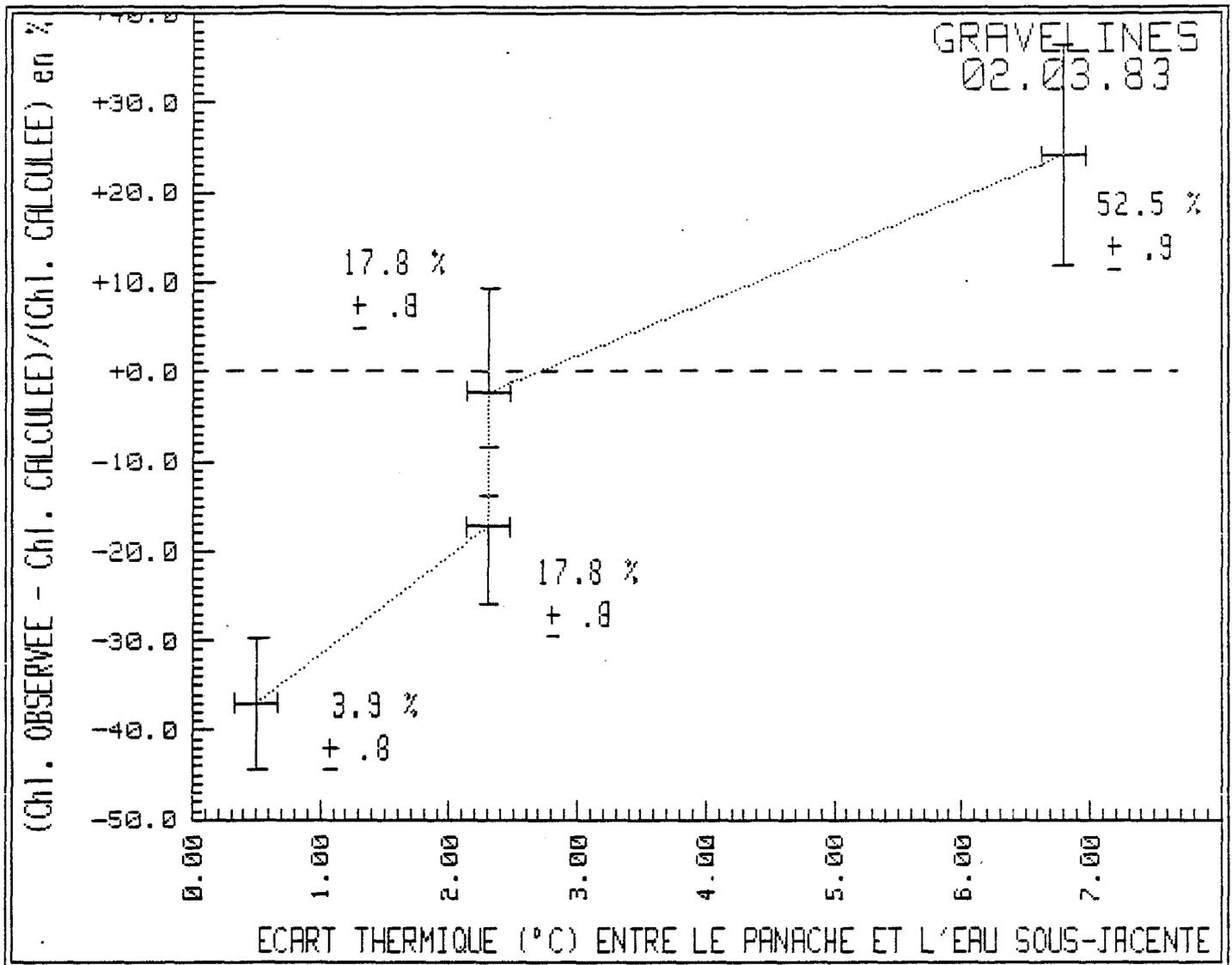
CONCENTRATION MOY. DE CHLOROPHYLLE A LA PRISE: 1.635, ERREUR STANDARD: .045

ECHAUFFEMENT MESURE EN °C =====	Chl. a THEORIQUE EN SURFACE mg/l =====	Chl. a OBSERVEE EN SURFACE mg/l =====	DEFICIT THEORIQUE =====	Chl. a OBSERVEE AU FOND EN mg/l =====
4.78	1.462	1.670	+31.70%	1.345
Erreur standard:	.083	.540	20.01	.135
4.23	2.237	1.680	-95.92%	2.570
2.88	1.699	1.450	-63.01%	1.720

La Chl. a théorique est calculée sous l'hypothèse d'absence d'effet de la Centrale. Elle est comparée à la concentration observée en surface dans le panache. Le déficit représente le % estimé de biomasse chlorophyllienne détruite dans les circuits de refroidissement.



- o ET SEGMENTS CONTINUS: PROFIL DE TEMPERATURE DANS L'AVANT-PORT.
- # : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE > 5°C
- * : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 5°C ET > 3°C

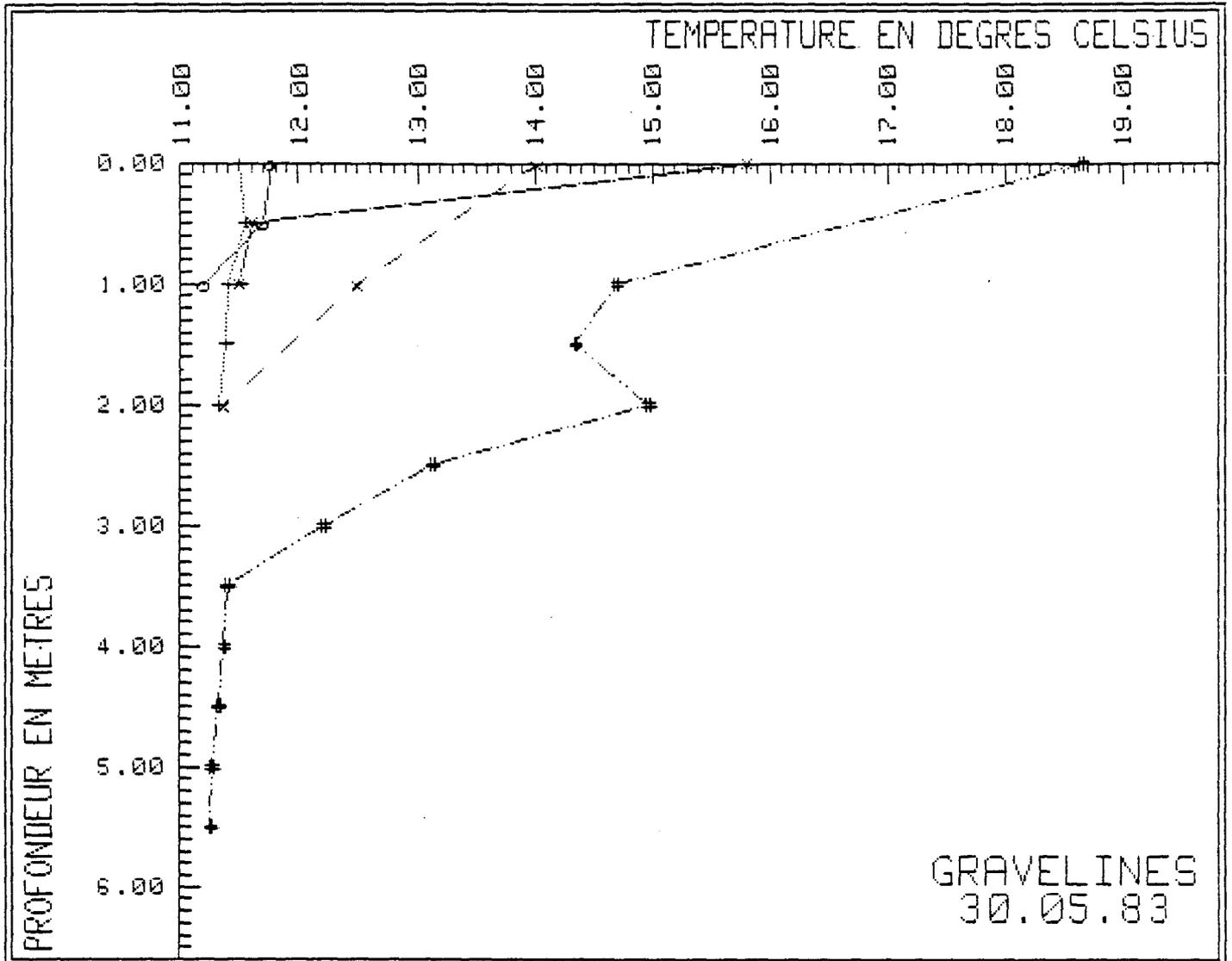


Après de chaque point est indiqué le pourcentage d'eau originare de l'avant-port (± 1 erreur standard). Cette proportion est calculée en utilisant la température comme indicateur de la dilution de l'eau du panache, réchauffée de 12°C au rejet de la Centrale. L'intervalle autour de l'écart relatif entre Chl. observée et Chl. théorique représente ± 2 erreurs standard.

CONCENTRATION MOY. DE CHLOROPHYLLE A LA PRISE: 3.033, ERREUR STANDARD: .021

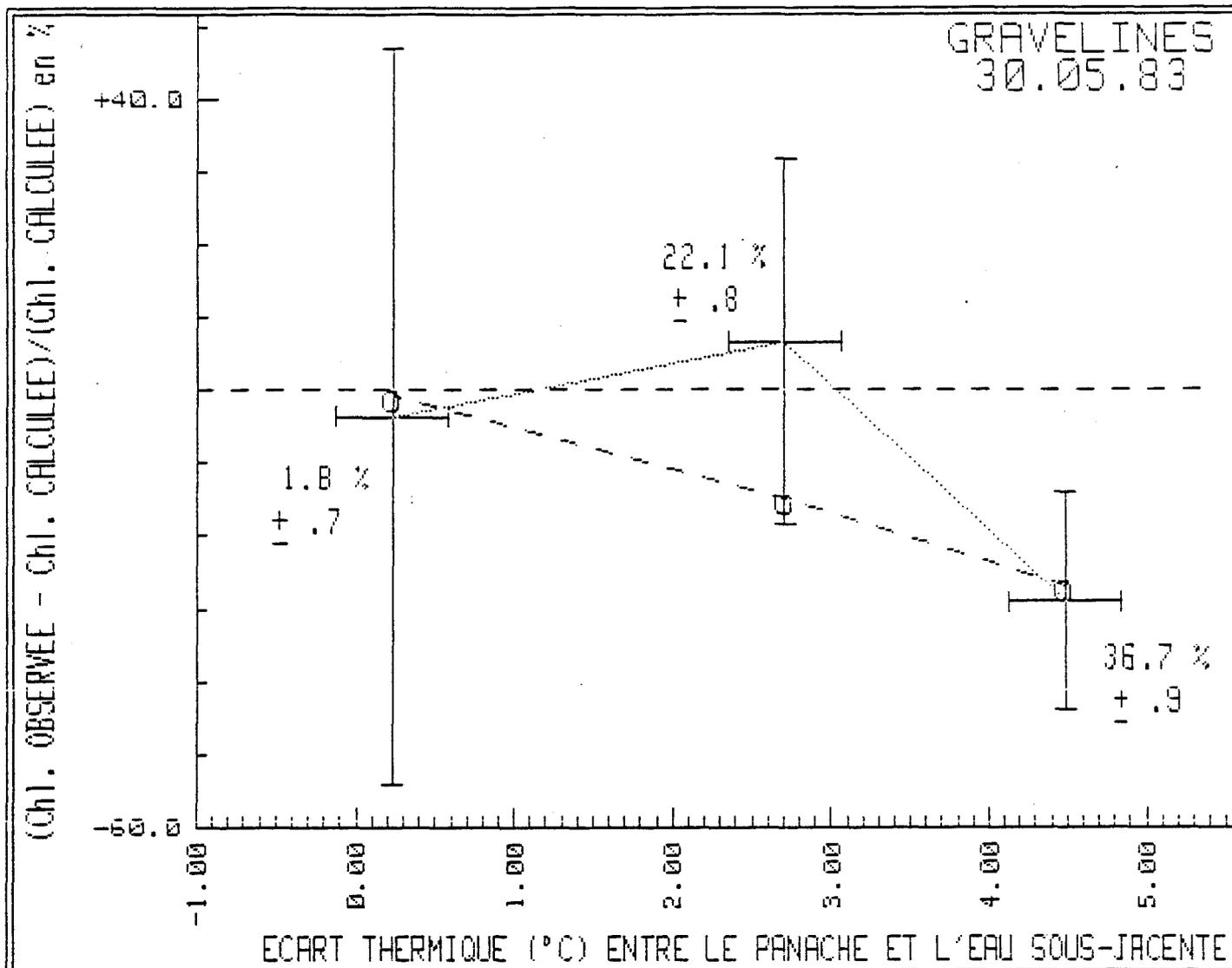
ECHAUFFEMENT MESURE EN °C =====	Chl. a THEORIQUE EN SURFACE mg/l =====	Chl. a OBSERVEE EN SURFACE mg/l =====	DEFICIT THEORIQUE =====	Chl. a OBSERVEE AU FOND EN mg/l =====
6.79 Erreur standard: .228	4.624 .228	5.741 .001	+70.10% 5.97	6.385 .475
2.30 Erreur standard: .272	4.757 .272	4.650 .070	-19.78% 12.33	5.130 .330
2.30 Erreur standard: .174	4.995 .174	4.135 .165	-159.38% 118.99	5.420 .210
.50 Erreur standard: .357	6.673 .357	4.205 .095	-2.1E+03% 534.95	6.820 .370

La Chl. a théorique est calculée sous l'hypothèse d'absence d'effet de la Centrale. Elle est comparée à la concentration observée en surface dans le panache. Le déficit représente le % estimé de biomasse chlorophyllienne détruite dans les circuits de refroidissement.



- o ET SEGMENTS CONTINUS: PROFIL DE TEMPERATURE DANS L'AVANT-PORT.
- # : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE > 5°C
- * : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 5°C ET > 3°C
- x : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 3°C ET > 1°C
- + : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 1°C

GRAVELINES
30.05.83

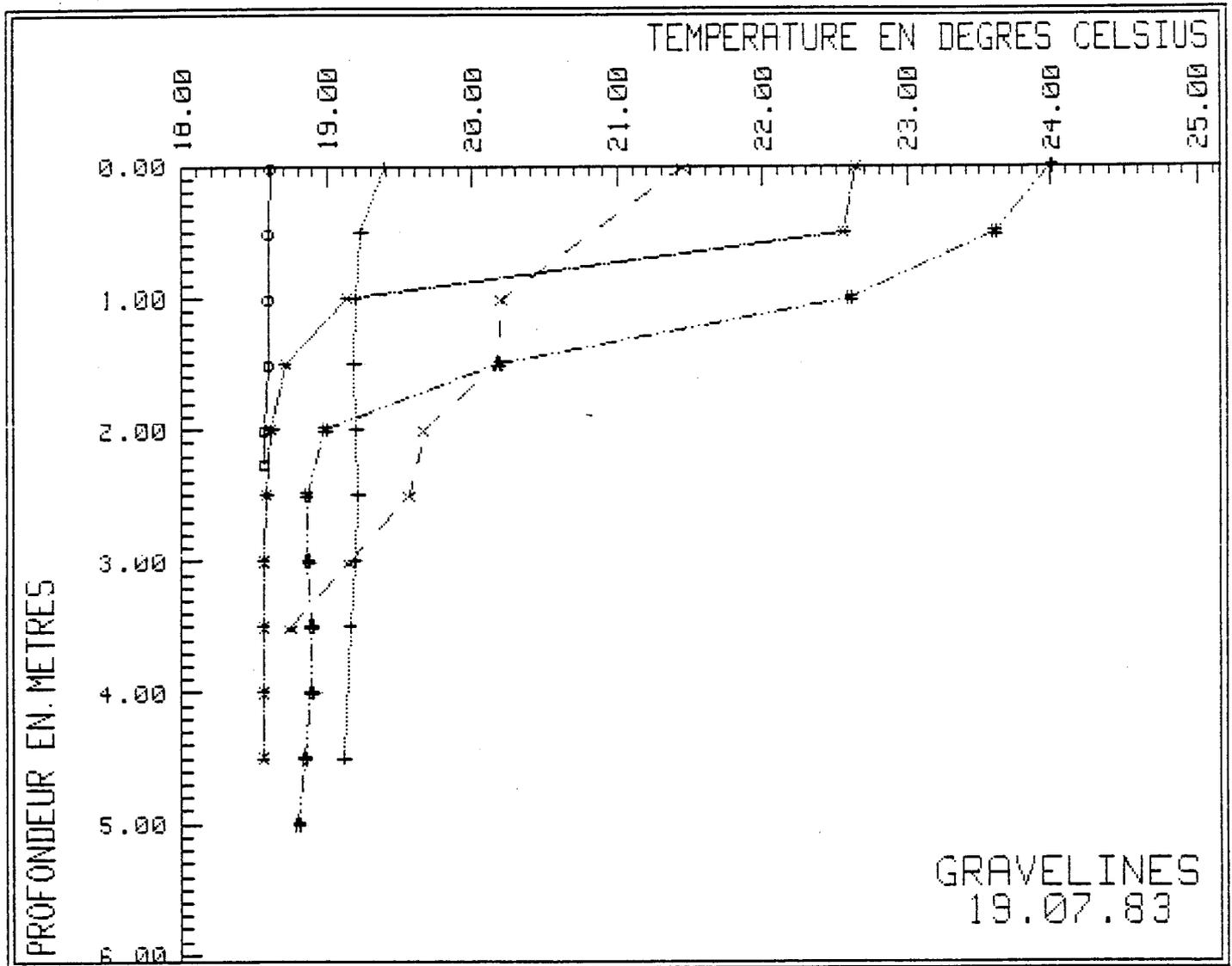


Après de chaque point est indiqué le pourcentage d'eau originarie de l'avant-port (+ 1 erreur standard). Cette proportion est calculée en utilisant la température comme indicateur de la dilution de l'eau du panache, réchauffée de 12°C au rejet de la Centrale. L'intervalle autour de l'écart relatif entre Chl. observée et Chl. théorique (i.e., calculée sous l'hypothèse d'absence d'impact) couvre + 2 erreurs standard. Les symboles ouverts reliés par un tireté représentent les valeurs que prendrait l'écart relatif si toute la Chl. de l'avant-port était en réalité détruite.

CONCENTRATION MOY. DE CHLOROPHYLLE A LA PRISE: 10.880, ERREUR STANDARD: .549

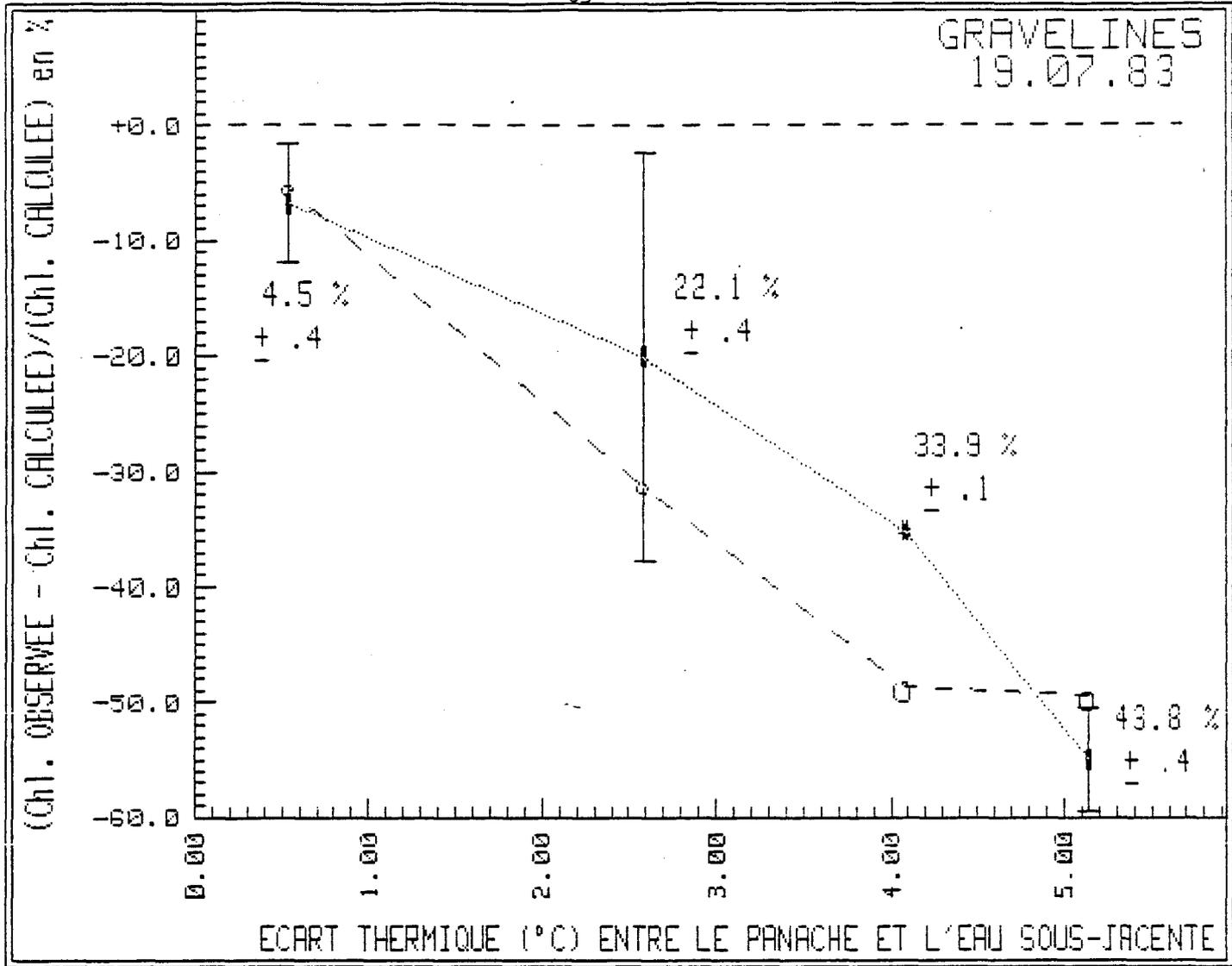
ECHAUFFEMENT MESURE EN °C	Chl. a THEORIQUE EN SURFACE mg/l	Chl. a OBSERVEE EN SURFACE mg/l	DEFICIT THEORIQUE	Chl. a OBSERVEE AU FOND EN mg/l
4.48	14.829	10.525	-107.86%	17.115
Erreur standard:	1.456	.385	512.95	2.275
2.70	16.020	17.090	+44.45%	17.480
Erreur standard:	.448	1.950	25.68	.550
.22	24.138	23.250	-445.32%	24.385
Erreur standard:	6.347	.050	4.1E+03	6.465

La Chl. a théorique est calculée sous l'hypothèse d'absence d'effet de la Centrale. Elle est comparée à la concentration observée en surface dans la panache. Le déficit représente le % estimé de biomasse chlorophyllienne détruite dans les circuits de refroidissement.



- o ET SEGMENTS CONTINUS: PROFIL DE TEMPERATURE DANS L'AVANT-PORT.
- # : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE > 5°C
- * : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 5°C ET > 3°C
- x : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 3°C ET > 1°C
- + : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 1°C

GRAVELINES
19.07.83

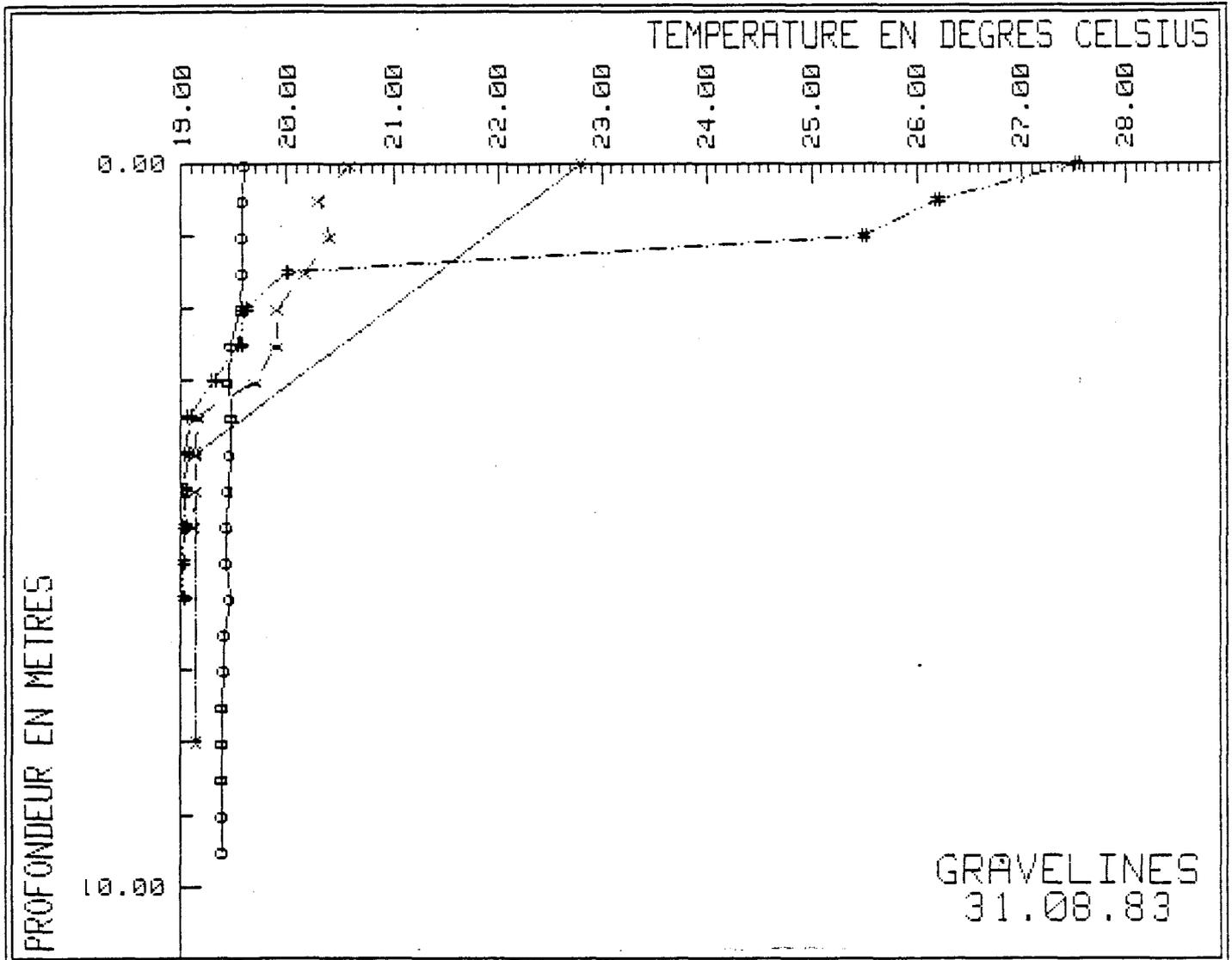


Après de chaque point est indiqué le pourcentage d'eau originale de l'avant-port. (+ 1 erreur standard). Cette proportion est calculée en utilisant la température comme indicateur de la dilution de l'eau du panache, réchauffée de 12°C au rejet de la Centrale. L'intervalle autour de l'écart relatif entre Chl. observée et Chl. théorique (i.e., calculée sous l'hypothèse d'absence d'impact) couvre + 2 erreurs standard. Les symboles ouverts reliés par un tireté représentent les valeurs que prendrait l'écart relatif si toute la Chl. de l'avant-port était en réalité détruite.

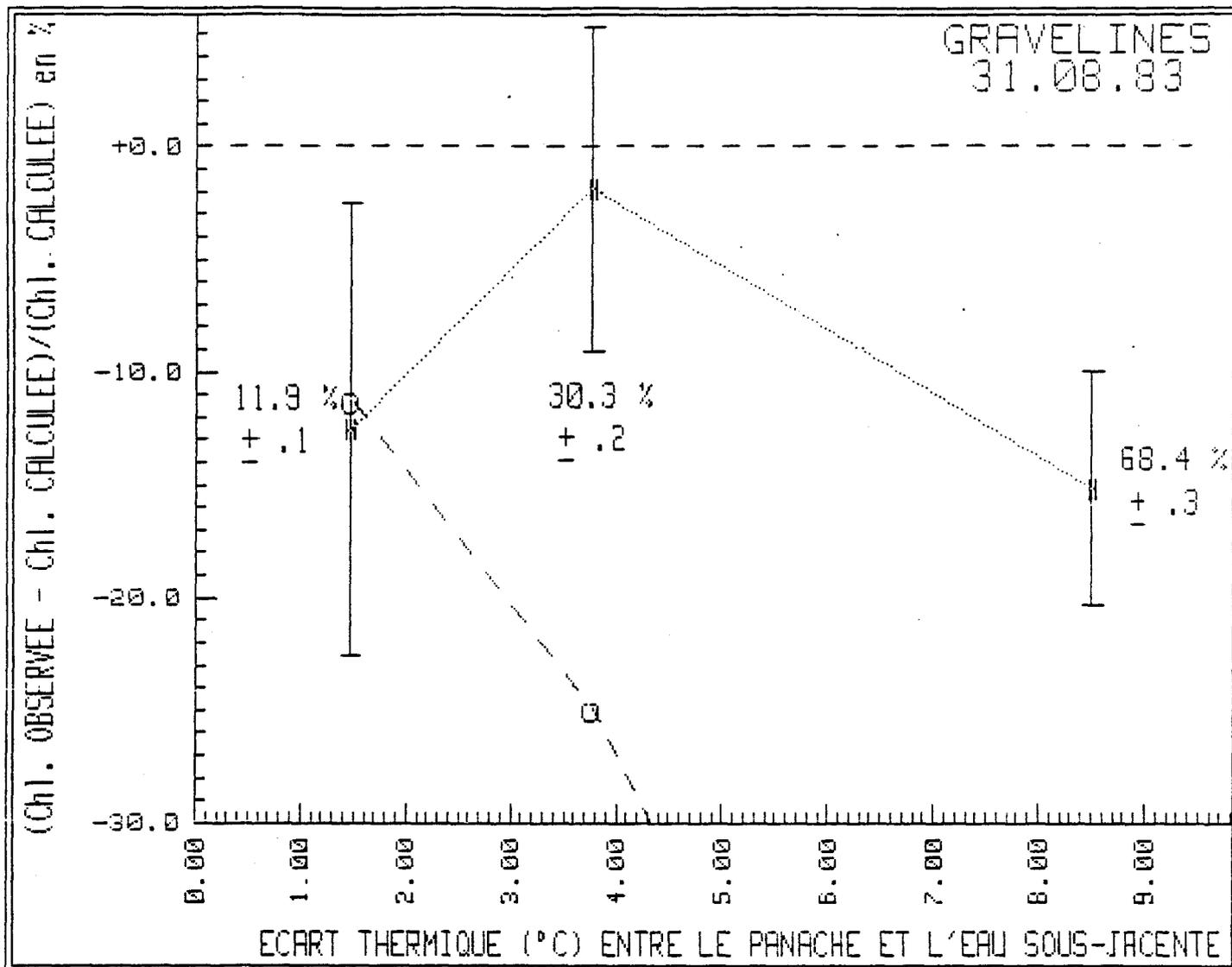
CONCENTRATION MOY. DE CHLOROPHYLLE A LA PRISE: 7.885, ERREUR STANDARD: .328

ECHAUFFEMENT MESURE EN °C	Chl. a THEORIQUE EN SURFACE mg/l	Chl. a OBSERVEE EN SURFACE mg/l	DEFICIT THEORIQUE	Chl. a OBSERVEE AU FOND EN mg/l
5.14	6.983	3.145	-111.13%	6.280
Erreur standard:	.173	.135	56.45	.250
4.08	5.495	3.560	-72.41%	4.270
2.59	5.535	4.420	-64.12%	4.870
Erreur standard:	.270	.440	52.84	.340
.53	6.490	6.050	-124.72%	6.425
Erreur standard:	.110	.130	243.51	.115

La Chl. a théorique est calculée sous l'hypothèse d'absence d'effet de la Centrale. Elle est comparée à la concentration observée en surface dans le panache. Le déficit représente le % estimé de biomasse chlorophyllienne détruite dans les circuits de refroidissement.



- o ET SEGMENTS CONTINUS: PROFIL DE TEMPERATURE DANS L'AVANT-PORT.
- # : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE > 5°C
- * : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 5°C ET > 3°C
- x : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 3°C ET > 1°C

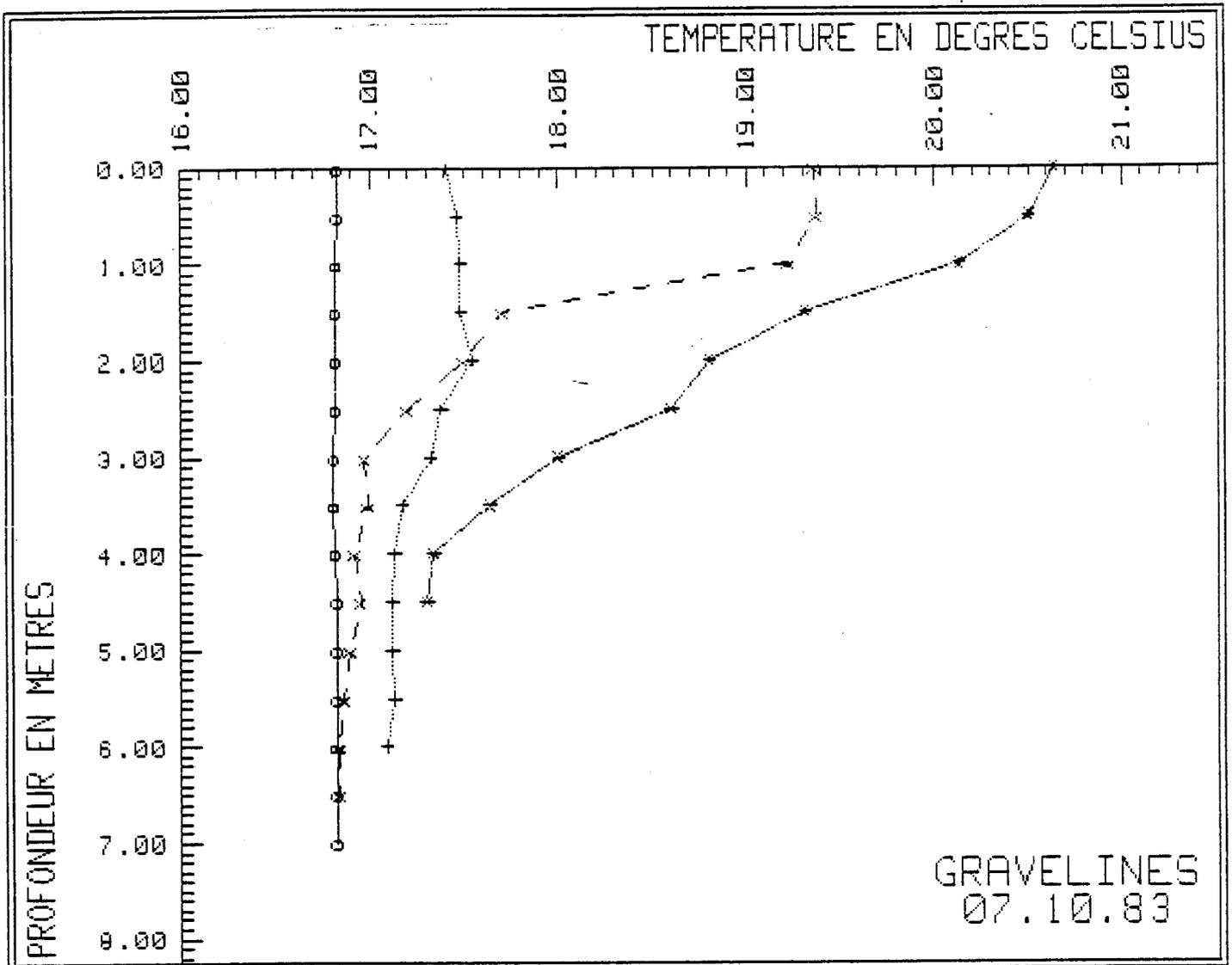


Après de chaque point est indiqué le pourcentage d'eau originarie de l'avant-port (± 1 erreur standard). Cette proportion est calculée en utilisant la température comme indicateur de la dilution de l'eau du panache, réchauffée de 12°C au rejet de la Centrale. L'intervalle autour de l'écart relatif entre Chl. observée et Chl. théorique (i.e., calculée sous l'hypothèse d'absence d'impact) couvre ± 2 erreurs standard. Les symboles ouverts reliés par un traité représentent les valeurs que prendrait l'écart relatif si toute la Chl. de l'avant-port était en réalité détruite.

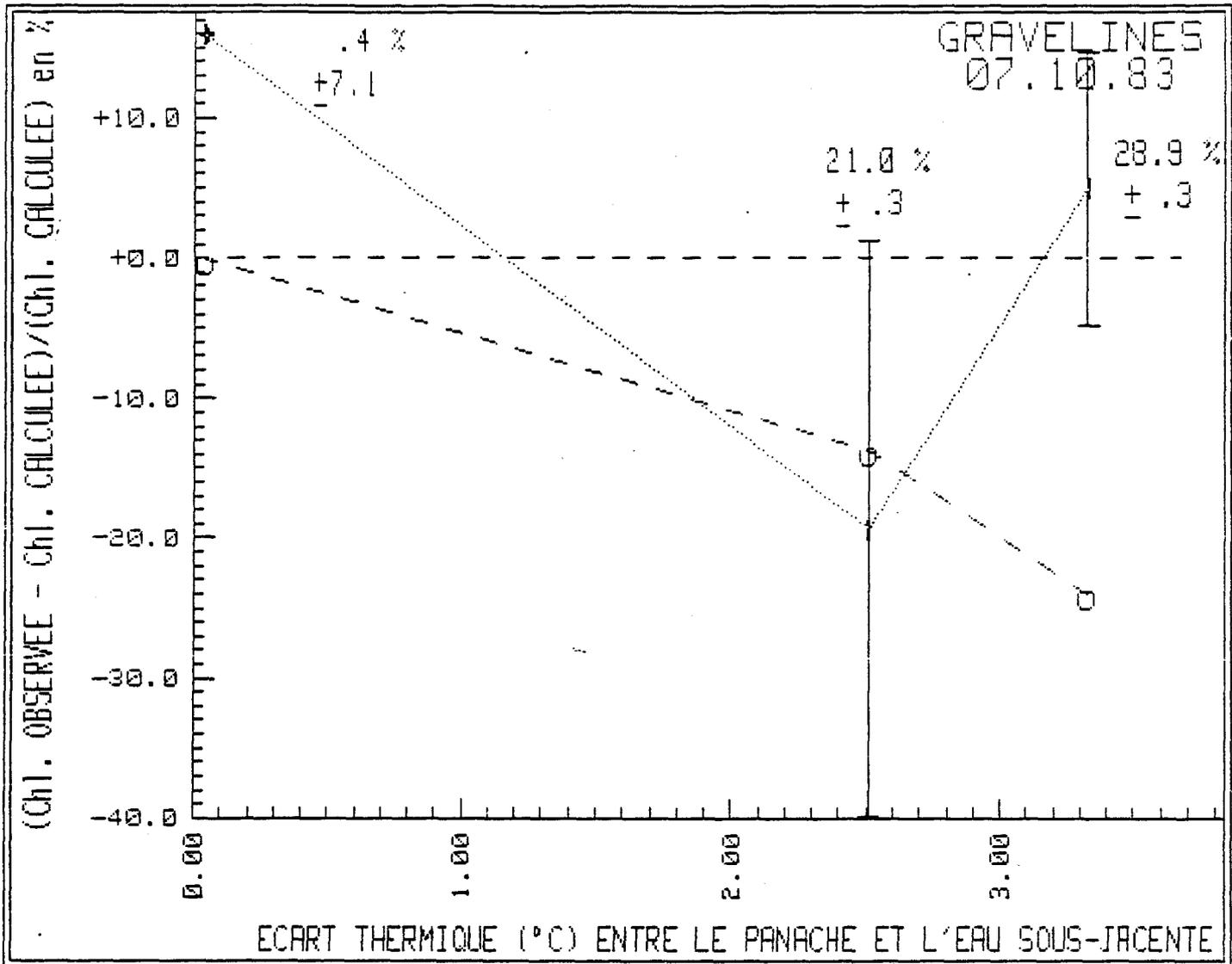
CONCENTRATION MOY. DE CHLOROPHYLLE A LA PRISE: 9.888, ERREUR STANDARD: .173

ECHAUFFEMENT MESURE EN °C	Chl. a THEORIQUE EN SURFACE mg/l	Chl. a OBSERVEE EN SURFACE mg/l	DEFICIT THEORIQUE	Chl. a OBSERVEE AU FOND EN mg/l
=====	=====	=====	=====	=====
8.50	9.992	8.480	-22.35%	10.220
Erreur standard:	.178	.210	1.13	.420
3.76	12.040	11.815	-7.52%	12.975
Erreur standard:	.239	.365	1.18	.335
1.46	10.507	9.185	-112.63%	10.590
Erreur standard:	.591	.105	455.88	.670

La Chl. a théorique est calculée sous l'hypothèse d'absence d'effet de la Centrale. Elle est comparée à la concentration observée en surface dans le panache. Le déficit représente le % estimé de biomasse chlorophyllienne détruite dans les circuits de refroidissement.



- o ET SEGMENTS CONTINUS: PROFIL DE TEMPERATURE DANS L'AVANT-PORT.
- * : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE $\langle 5^{\circ}\text{C ET } > 3^{\circ}\text{C}$
- x : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE $\langle 3^{\circ}\text{C ET } > 1^{\circ}\text{C}$
- + : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE $\langle 1^{\circ}\text{C}$

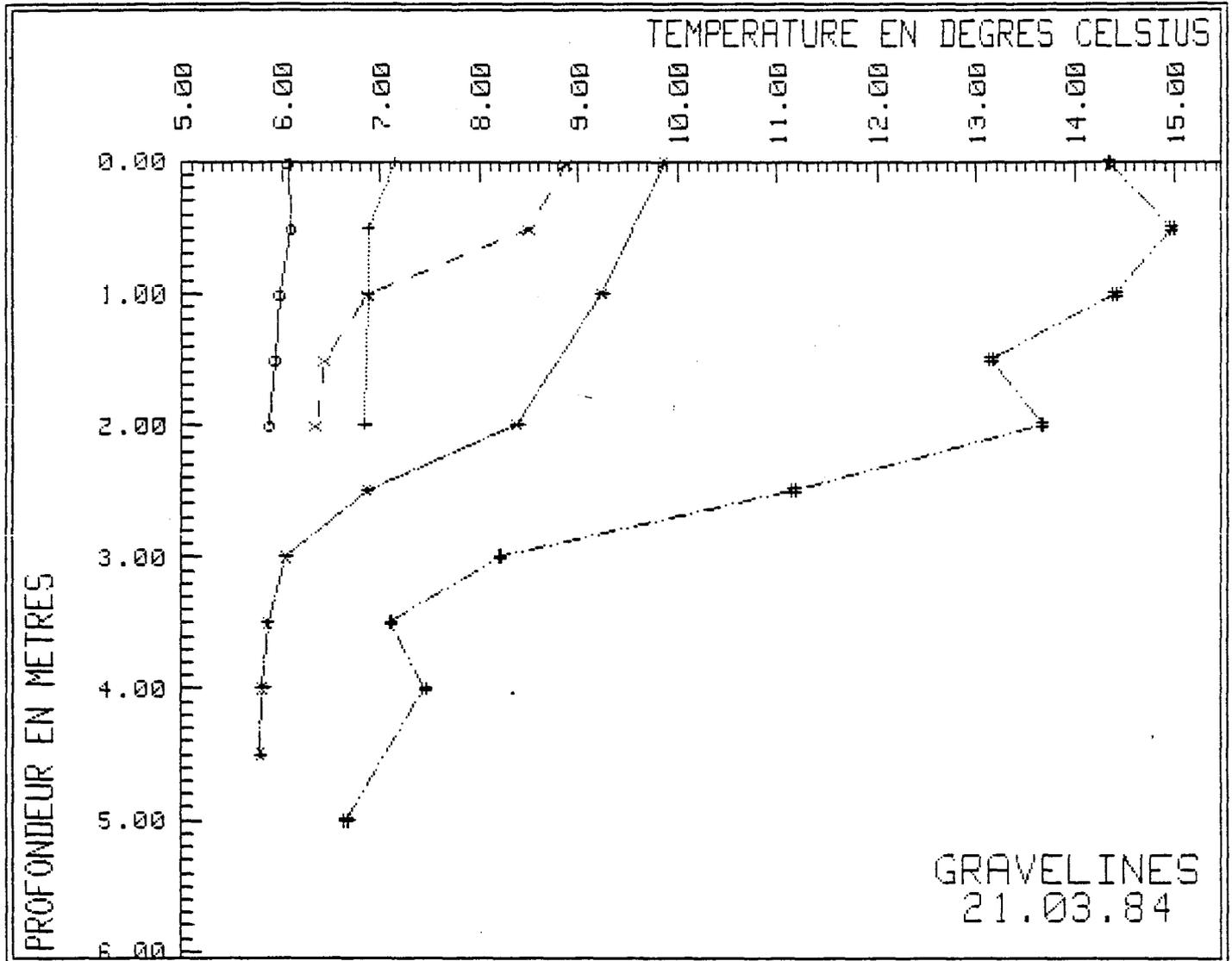


Après de chaque point est indiqué le pourcentage d'eau originaire de l'avant-port (± 1 erreur standard). Cette proportion est calculée en utilisant la température comme indicateur de la dilution de l'eau du panache, réchauffée de 12°C au rejet de la Centrale. L'intervalle autour de l'écart relatif entre Chl. observée et Chl. théorique (i.e., calculée sous l'hypothèse d'absence d'impact) couvre ± 2 erreurs standard. Les symboles ouverts reliés par un tireté représentent les valeurs que prendrait l'écart relatif si toute la Chl. de l'avant-port était en réalité détruite.

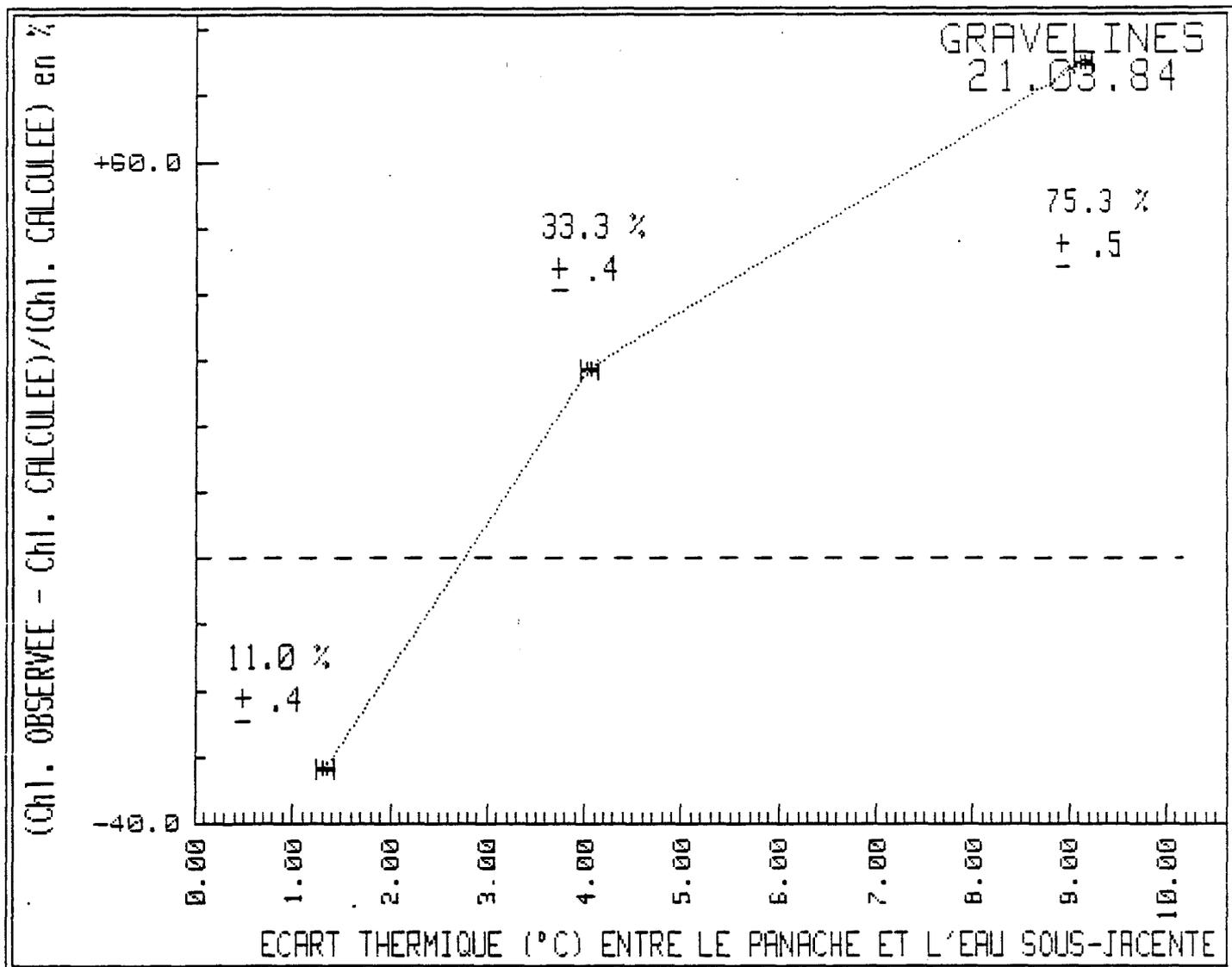
CONCENTRATION MOY. DE CHLOROPHYLLE A LA PRISE: 3.315, ERREUR STANDARD: .234

ECHAUFFEMENT MESURE EN °C =====	Chl. a THEORIQUE EN SURFACE mg/l =====	Chl. a OBSERVEE EN SURFACE mg/l =====	DEFICIT THEORIQUE =====	Chl. a OBSERVEE AU FOND EN mg/l =====
3.33	3.985	4.182	+20.47%	4.258
Erreur standard:	.169	.083	3.43	.217
2.51	5.053	4.076	-140.49%	5.515
Erreur standard:	.070	.516	258.84	.063
.04	5.708	6.618	+7.8E+03%	5.716

La Chl. a théorique est calculée sous l'hypothèse d'absence d'effet de la Centrale. Elle est comparée à la concentration observée en surface dans le panache. Le déficit représente le % estimé de biomasse chlorophyllienne détruite dans les circuits de refroidissement.



- o : ET SEGMENTS CONTINUS: PROFIL DE TEMPERATURE DANS L'AVANT-PORT.
- # : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE > 5°C
- * : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 5°C ET > 3°C
- x : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 3°C ET > 1°C
- + : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 1°C

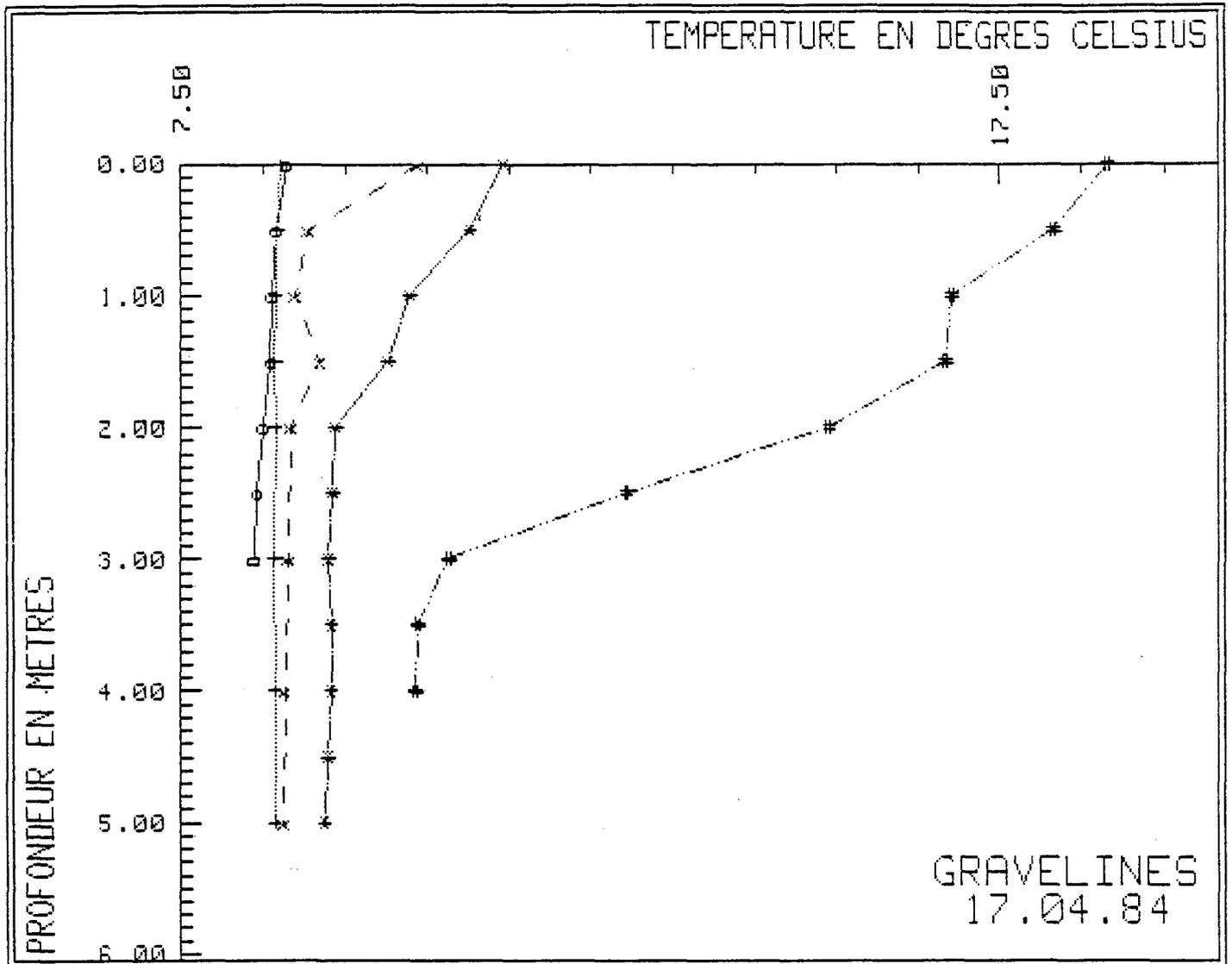


Après de chaque point est indiqué le pourcentage d'eau originare de l'avant-port (± 1 erreur standard). Cette proportion est calculée en utilisant la température comme indicateur de la dilution de l'eau du panache, réchauffée de 12°C au rejet de la Centrale. L'intervalle autour de l'écart relatif entre Chl. observée et Chl. théorique représente ± 2 erreurs standard.

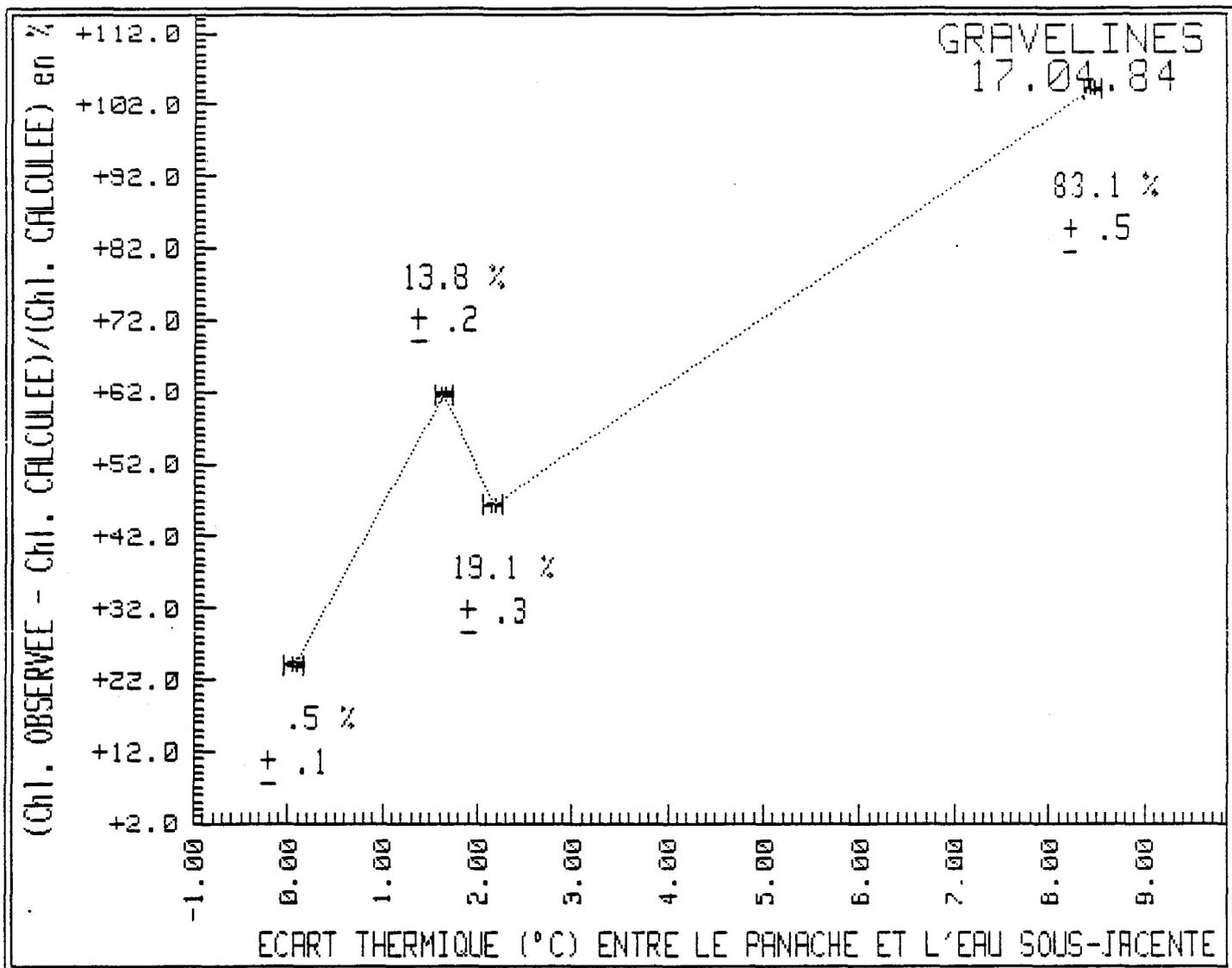
CONCENTRATION MOY. DE CHLOROPHYLLE A LA PRISE: 1.875, ERREUR STANDARD: .055

ECHAUFFEMENT MESURE EN °C =====	Chl. a THEORIQUE EN SURFACE mg/l =====	Chl. a OBSERVEE EN SURFACE mg/l =====	DEFICIT THEORIQUE =====	Chl. a OBSERVEE AU FOND EN mg/l =====
9.14	2.465	4.310	+130.74%	4.260
4.04	2.893	3.720	+132.62%	3.400
1.33	4.987	3.400	-771.55%	5.370

La Chl. a théorique est calculée sous l'hypothèse d'absence d'effet de la Centrale. Elle est comparée à la concentration observée en surface dans le panache. Le déficit représente le % estimé de biomasse chlorophyllienne détruite dans les circuits de refroidissement.



- o ET SEGMENTS CONTINUS: PROFIL DE TEMPERATURE DANS L'AVANT-PORT.
- # : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE > 5°C
- * : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 5°C ET > 3°C
- x : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 3°C ET > 1°C
- + : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 1°C

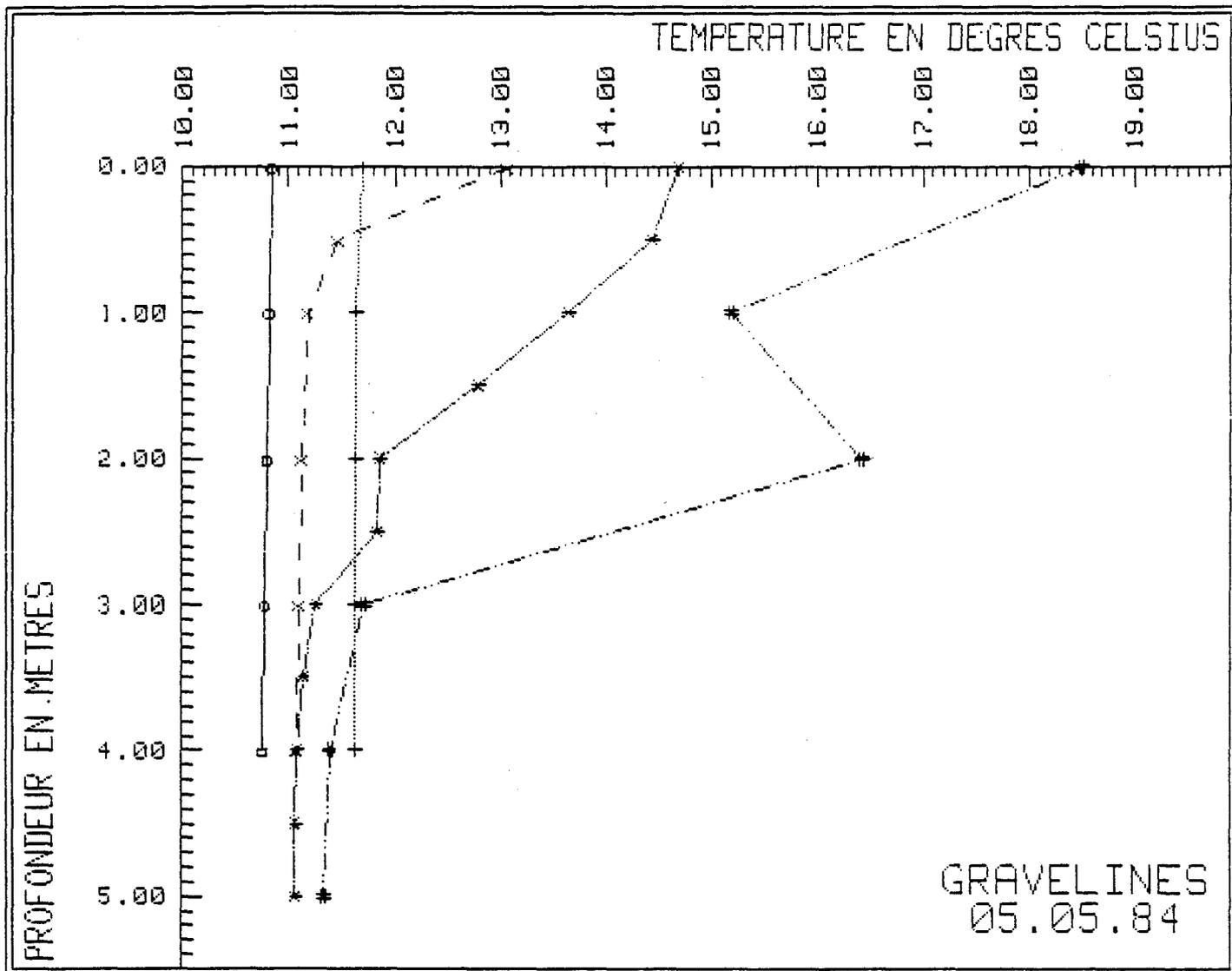


Après de chaque point est indiqué le pourcentage d'eau originale de l'avant-port (± 1 erreur standard). Cette proportion est calculée en utilisant la température comme indicateur de la dilution de l'eau du panache, réchauffée de 12°C au rejet de la Centrale. L'intervalle autour de l'écart relatif entre Chl. observée et Chl. théorique représente ± 2 erreurs standard.

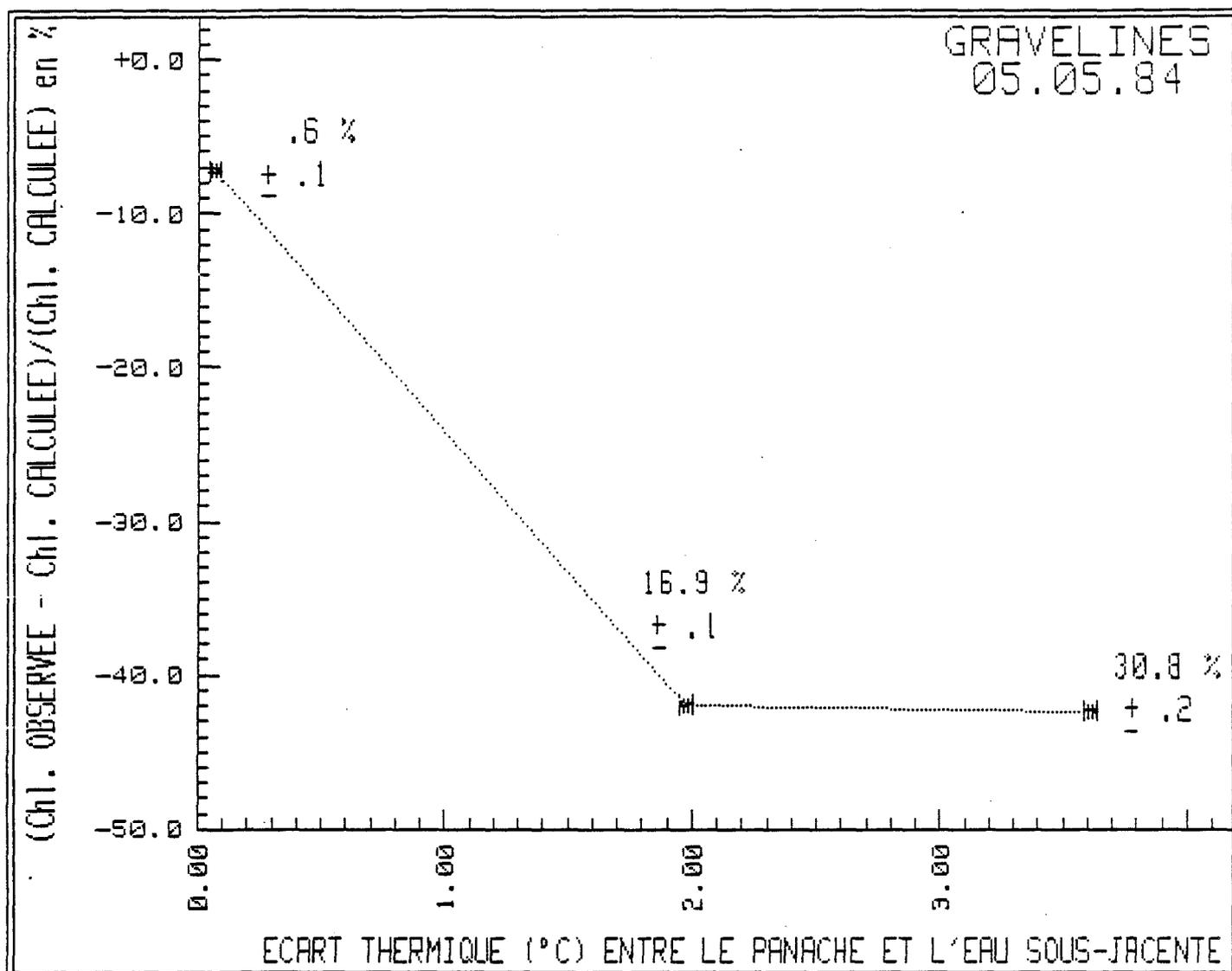
CONCENTRATION MOY. DE CHLOROPHYLLE A LA PRISE: 6.615, ERREUR STANDARD: .455

ECHAUFFEMENT MESURE EN °C =====	Chl. a THEORIQUE EN SURFACE mg/l =====	Chl. a OBSERVEE EN SURFACE mg/l =====	DEFICIT THEORIQUE =====	Chl. a OBSERVEE AU FOND EN mg/l =====
8.46	8.305	16.950	+157.35%	16.590
2.16	21.023	30.770	+770.54%	24.430
1.63	14.902	24.080	+1.0E+03%	16.230
.05	14.592	18.100	+1.1E+04%	14.630

La Chl. a théorique est calculée sous l'hypothèse d'absence d'effet de la Centrale. Elle est comparée à la concentration observée en surface dans le panache. Le déficit représente le % estimé de biomasse chlorophyllienne détruite dans les circuits de refroidissement.



- o ET SEGMENTS CONTINUS: PROFIL DE TEMPERATURE DANS L'AVANT-PORT.
- # : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE > 5°C
- * : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 5°C ET > 3°C
- x : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 3°C ET > 1°C
- + : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE < 1°C

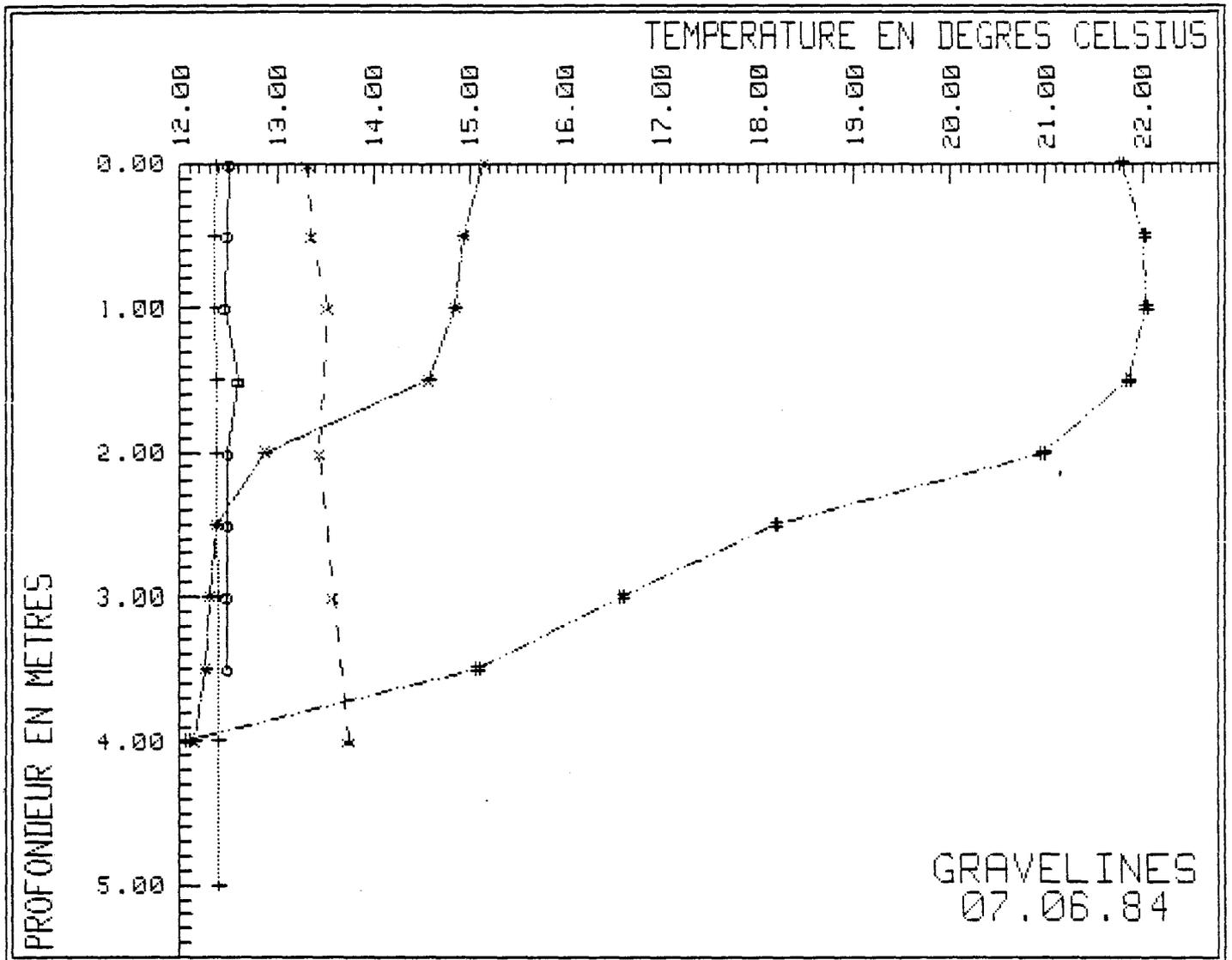


Après de chaque point est indiqué le pourcentage d'eau originale de l'avant-port (± 1 erreur standard). Cette proportion est calculée en utilisant la température comme indicateur de la dilution de l'eau du panache, réchauffée de 12°C au rejet de la Centrale. L'intervalle autour de l'écart relatif entre Chl. observée et Chl. théorique représente ± 2 erreurs standard.

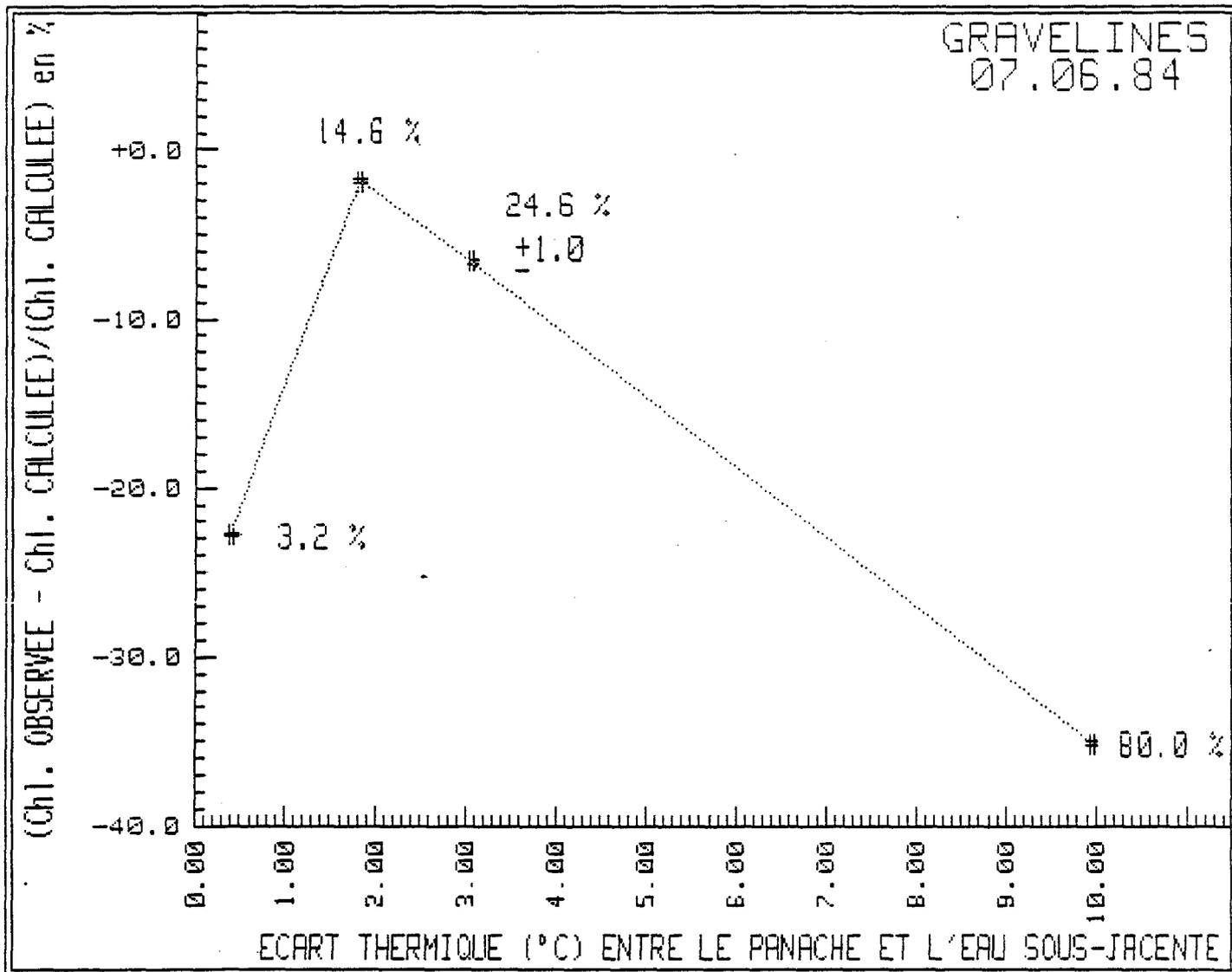
CONCENTRATION MOY. DE CHLOROPHYLLE A LA PRISE: 4.920, ERREUR STANDARD: .600

ECHAUFFEMENT MESURE EN °C	Chl. a THEORIQUE EN SURFACE mg/l	Chl. a OBSERVEE EN SURFACE mg/l	DEFICIT THEORIQUE	Chl. a OBSERVEE AU FOND EN mg/l
3.61	8.710	5.020	-243.24%	10.400
1.98	13.781	8.000	-696.19%	15.580
.07	12.933	12.000	-3.3E+03%	12.980

La Chl. a théorique est calculée sous l'hypothèse d'absence d'effet de la Centrale. Elle est comparée à la concentration observée en surface dans le panache. Le déficit représente le % estimé de biomasse chlorophyllienne détruite dans les circuits de refroidissement.



- o ET SEGMENTS CONTINUS: PROFIL DE TEMPERATURE DANS L'AVANT-PORT.
- # : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE $> 5^{\circ}\text{C}$
- * : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE $< 5^{\circ}\text{C}$ ET $> 3^{\circ}\text{C}$
- x : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE $< 3^{\circ}\text{C}$ ET $> 1^{\circ}\text{C}$
- + : PROFIL MESURE DANS LA ZONE D'ECHAUFFEMENT THEORIQUE $< 1^{\circ}\text{C}$



Après de chaque point est indiqué le pourcentage d'eau originarie de l'avant-port (± 1 erreur standard). Cette proportion est calculée en utilisant la température comme indicateur de la dilution de l'eau du panache, réchauffée de 12°C au rejet de la Centrale. L'intervalle autour de l'écart relatif entre Chl. observée et Chl. théorique représente ± 2 erreurs standard.

CONCENTRATION MOY. DE CHLOROPHYLLE A LA PRISE: 3.235, ERREUR STANDARD: .065

ECHAUFFEMENT MESURE EN °C	Chl. a THEORIQUE EN SURFACE mg/l	Chl. a OBSERVEE EN SURFACE mg/l	DEFICIT THEORIQUE	Chl. a OBSERVEE AU FOND EN mg/l
=====	=====	=====	=====	=====
9.95	3.128	2.030	-42.41%	2.700
3.06	3.962	3.700	-32.90%	4.200
1.81	3.974	3.900	-15.72%	4.100
.40	6.058	4.680	-1.3E+03%	6.150

La Chl. a théorique est calculée sous l'hypothèse d'absence d'effet de la Centrale. Elle est comparée à la concentration observée en surface dans le panache. Le déficit représente le % estimé de biomasse chlorophyllienne détruite dans les circuits de refroidissement.

D. Tentative de calcul de bilan.

Si l'on arrive à calculer le déficit ou la production globale d'un paramètre sur l'ensemble du panache et à comparer ce déficit à la quantité totale transitée dans la centrale durant un temps relatif à l'établissement du panache, on peut atteindre à l'impact global de l'aménagement sur le paramètre considéré.

Il s'agit donc de calculer le déficit en un paramètre par rapport à un mélange conservatif. Ce mélange conservatif s'effectuerait entre deux sources :

- la source du port a les caractéristiques suivantes :

$$[X]_p = \text{concentration moyenne calculée dans le port}$$
$$T_p = T_0 + 12^\circ\text{C} ; \Delta T = 12^\circ\text{C}.$$

- la source de dilution extérieure est plus délicate à déterminer. En effet, comme nous l'avons vu plus haut, le rejet s'effectue dans une zone très hétérogène avec de forts gradients de température et des paramètres considérés. Supposons la connue et égale à $[X_0]$

$$X_{th} = ([X]_p - [X_0]) \times \Delta T / 12 + [X_0]$$

serait donc l'équation de la droite de dilution conservative.

En soustrayant cette valeur théorique aux valeurs estimées pour chaque classe, nous obtenons la valeur du déficit moyen par classe de température d'intervalle 0.5°C .

Afin d'obtenir le déficit total, nous devons sommer les déficits totaux de chaque classe de 0 à 12°C . Il est donc nécessaire d'obtenir le volume intéressé par chaque classe soit, avec A_i l'aire associée à la classe de température i et h_i sa hauteur équivalente :

$$\text{Déficit total} = \sum_{i=0}^{24} \left[[X]_{th} - [X_i] \right] \times A_i \times h_i$$

D'autre part, nous devons estimer le temps durant lequel les pompes ont dû fonctionner pour obtenir l'état d'équilibre. Pour cela nous disposons de la température et des caractéristiques de rejet qui, en l'absence de convection atmosphérique, permettent de calculer ce paramètre.

$$\text{Quantité de chaleur stockée dans le panache } Q_T = \sum_{i=0}^{24} (T_i - T_0) A_i h_i$$

$$\text{Flux de chaleur au rejet} = \emptyset \text{ pompe} \times 12$$

Donc le temps est de :

$$t = \frac{1}{\emptyset \times 12} \sum_{i=0}^{24} (T_i - T_0) A_i h_i$$

Pendant ce temps, le flux du paramètre a été de :

$$Q_{\text{param.}} = t \times \emptyset \times [X]_p$$

L'impact en découle aisément :

$$\text{Impact (\%)} = \frac{12 \times 100 \times \sum_{i=0}^{24} ((X)_{th} - (X)_i) \times A_i \times h_i}{[X_p] \sum_{i=0}^{24} (T_i - T_0) \times A_i \times h_i}$$

Ne disposant pas des volumes associés aux différentes classes d'échauffement, il se pose un problème d'évaluation des hauteurs équivalentes du panache ou h_i . En effet, si ces valeurs par classe étaient constantes sur l'ensemble du panache, on serait confronté seulement à une estimation des aires. Il est aussi à noter que le résultat est indépendant du débit des pompes et n'est fonction que de l'échauffement que nous avons fixé à 12°C.

La profondeur équivalente est la profondeur qu'aurait la lame d'eau échauffée si toute l'eau concernée avait la température de surface (température mesurée effectivement). Ce paramètre est obtenue en intégrant l'excès de température du profil. Cette quantité divisée par l'échauffement de surface correspond à la hauteur équivalente du profil.

D'après les profils recueillis lors des campagnes légères de description de la dilution, on peut ainsi calculer des profondeurs équivalentes variant de 0.8 à 1.8 m indépendantes de l'échauffement superficiel 8.4 à 1.5°C. La moyenne de cette profondeur sur 13 profils est de 1.4 m. Il est normal qu'une variance non négligeable soit associée à cette estimation (la déviation standard est de 0.4 m).

Période hors chloration.

Le 06 avril 1984, nous avons obtenu les résultats suivants pour la chlorophylle.

Classe Température	T	Chlorophylle mesurée	Chlorophylle théorique	Ecart ₃ mg/m ³	Aire ₂ Mm ²	Déficit (10 ⁻² kg)
6 - 6.5						
6.5- 7						
7 - 7.5	0	7.52	7.52	0	1.35	0
7.5- 8	0.5	7.43	7.47	+ 4 x 10 ⁻²	0.88	5.28
8 - 8.5	1	7.49	7.43	- 6 x 10 ⁻²	0.58	5.22
8.5- 9	1.5	7.36	7.40	4 x 10 ⁻²	0.47	2.84
9 - 9.5	2	6.87	7.37	0.5	0.50	37.5
9.5-10	2.5	6.85	7.33	0.48	0.29	21.1
10 -10.5	3	6.52	7.30	0.78	0.41	48.4
10.5-11	3.5	6.51	7.27	0.76	0.44	50.2
11 -11.5	4	6.49	7.23	0.74	0.20	22.2
11.5-12	4.5	6.43	7.20	0.77	0.03	3.85
12 -12.5	5	6.09	7.17	1.08	0.02	3.24

Calcul du déficit en chlorophylle.

avec les sources de dilutions suivantes :

- port : 6.71 mg/m³ de chlorophylle ; 12°C
- milieu : 7.5 mg/m³ ; ΔT = 0°C si T₀ = 7.25

la hauteur est fixée à 1.5 m, bien qu'elle n'ait pas d'influence sur le calcul selon nos hypothèses, seulement dans le but de se rendre compte des échelles de temps.

Ce calcul conduit à une disparition dans le panache de 1.89 kg de chlorophylle. Ce manque est à mettre en relation avec la quantité transitée. La quantité de chaleur emmagasinée dans le panache dans la gamme d'échauffement [0,+ 5] est égale à :

$$\sum_i [T_i - 7.25] * A_i h_i \text{ soit } 10.88 \times 10^6 \text{ m}^3 \times ^\circ\text{C}$$

Pour fournir cette chaleur les pompes ont du tourner un temps $t = (10.88 \times 10^6) / 12 \times 160$ soit 5.667×10^3 s. Durant ce temps, la quantité de chlorophylle transitée est de :

$$[X_{\text{port}}] \times \emptyset \times t = 6.71 \times 160 \times 5.667 \times 10^3 = 6.084 \times 10^6 \text{ mg}$$

L'impact global de la centrale serait dans ce cas, de l'ordre de 30 %. Il est tout de même à noter que lors de cette journée d'observation les classes [8.5-9], [9.5-10], [10.5-11] n'ont probablement été observées correctement si l'on suppose une décroissance régulière des surfaces avec l'échauffement croissant.

Dans ce cas où les écarts à la droite de dilution restent constants et faibles pour les faibles échauffements, l'effet de définition de la source risque d'être important sur le calcul du temps nécessaire à emmagasiner la quantité de chaleur estimée sur la classe d'observation. C'est pourquoi nous avons testé l'effet de décalage de la source sur le résultat final.

Si le ΔT nul correspond à T₀ = 7.75, on obtient un abattement de 38 %. De la même manière, si la source de dilution a pour caractéristiques T = T₀ = 6.75 et X = X₀ = 8.38, on obtient un abattement de 88 %.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Jour	T ₀ (°C)	Abattement (%)	Gamme d'échauffement
6	6.75	88	0 - 5.5
	7.25	30	0 - 5
	7.75	38	0 - 4.5
5	6.75	107	0 - 6.5
	7.25	19	0 - 6
	7.75	36	0 - 5.5

Pourcentage de disparition de la chlorophylle en fonction de T₀ en avril 1984 (période hors chloration).

De la même manière, on peut calculer pour les différents paramètres les variations observées le 06 avril 1984.

T _o	NO ₃	NH ₄
6.75	+ 64 %	+ 167 %
7.25	+ 25 %	+ 116 %
7.75	+ 17 %	+ 71 %

Si l'on considère les cartes de distribution du 06 avril 1984, il est facile de remarquer que l'isotherme 6.5 est parallèle à la côte et que la classe 6.5-7.0°C contient des eaux qui ne participent pas à la dilution directe du panache. De plus, cette classe contient en moyenne beaucoup plus de chlorophylle que les autres classes. Il est donc plus réaliste de considérer une source de dilution du panache à 7.25°C ou 7.75°C. Les bilans calculés deviennent plus stables.

Dans ce cas, le pourcentage de disparition de la chlorophylle est au maximum de 38 % de la quantité transitée, les productions apparentes de nitrate et d'ammonium étant respectivement de 25 et 120 %.

Si pour le nitrate peut se poser un problème relatif à l'homogénéité de la source de dilution, il n'en va pas de même pour l'ammonium si l'on en juge par la distribution de ce composé représentée page . Il semble donc qu'il y ait une libération d'ammonium dans le panache.

Période de chloration.

Nous avons effectué les mêmes calculs sur les données du 26 septembre 1983 en période de chloration. Pour cette campagne, nous avons pu mesurer l'effet du panache de l'Aa sur nos estimations. C'est malheureusement la seule campagne où nous avons disposé de mesures valables de salinité.

Rappelons que ce panache qui, si l'on en juge par la carte de distribution de nitrate (planche 14), est connexe du rejet de la centrale, est inclus dans la classe 16-16.5°C. Cela introduit donc des variations selon qu'on le prenne en compte ou non dans cette classe comme l'indiquent les valeurs de moyennes reportées dans le tableau suivant :

	Aire classe 16-16.5	Fluorescence	Nitrate	Ammonium
Avec Aa	7.61	3.33	5.62	5.27
Sans Aa	4.11	3.09	3.48	5.30

La variation la plus importante se produit en nitrates pour lesquels on observe une diminution de 62 % de la valeur moyenne. Ceci est confirmé par la présence d'une tache de forte concentration en nitrate visible sur la planche 14 à l'est de l'exutoire de l'Aa. Il est à noter

que ceci n'est pas visible sur les cartes du 06 avril. De plus, en septembre 83, on peut noter que les zones fortement chargées en chlorophylle ne sont pas à proximité du panache de l'Aa. Il est donc probable que, dans le seul cas des nitrates, il serait nécessaire de considérer un mélange à trois sources (deux d'entre elles extérieures). Ceci ne nous a pas été possible.

La définition de la concentration de la source de dilution extérieure est particulièrement critique dans le cas présent, où l'on examine uniquement les dilutions du rejet les plus fortes. C'est pourquoi, nous n'avons pas tenté d'estimation.

Le type de calcul défini précédemment aboutit pour le 26 septembre aux résultats suivants en chlorophylle.

$T_o = 16.25$;	déficit - 120 %
$T_o = 16.75$;	- 102 %
$T_o = 17.5$;	- 127 %

La disparition de chlorophylle dans le rejet pourrait donc dans ce cas être estimée à un pourcentage entre 100 et 130 % de la quantité transitée. Si la disparition par transit en chloration peut être évaluée à 100 %, on pourrait penser que 30 % supplémentaires sont dégradés lors du mélange ; il faut toutefois se garder de tirer de telles conclusions.

En effet, rien ne permet d'affirmer la significativité d'une telle différence. Le principe du calcul serait parfaitement valable si, à chaque classe de température pour laquelle une estimation moyenne de paramètre considéré, il était possible d'associer un volume d'eau concerné par cet échauffement. Ceci permettrait de se passer des deux hypothèses principales sur lesquelles le calcul de bilan a été effectué, à savoir :

- hauteur d'eau équivalente constante dans la gamme des échauffements mesurés.
- validité de l'échantillonnage en surface.

Nous n'avons volontairement, pas traité les données de turbidité du fait de leur très forte variabilité :

- en septembre 1983 et avril 1984 elles décroissent avec la température suggérant une décantation dans les eaux du panache soit une diminution par filtration dans le transit de la centrale.
- en mars 1983, par contre elles augmentent avec la température laissant supposer une production de matières en suspension lors du transit (il faut noter que les boues de déminéralisation de la centrale sont rejetées par intermittence dans le milieu).

E. Zooplancton et dinoflagellés (Noctiluques).

Le programme complémentaire ne prévoit pas d'études poussées de l'impact de la centrale sur le zooplancton. Cette étude, si elle devait avoir lieu, devrait être menée avec des moyens adaptés au matériel vivant étudié et ne pourrait se conduire avec la même stratégie que celle mise en place pour les paramètres physiques et chimiques. L'impact du transit et de l'action des effluents chauds sur le plancton animal doit se traduire par des modifications morphologiques et physiologiques immédiates ou différées que l'on ne peut détecter par l'observation des échantillons formolés prélevés à chaque mission. Comme nous le verrons plus loin, l'étude complémentaire n'a pas apporté d'informations plus pertinentes que l'étude de surveillance qui s'étend sur la même période mai 1982 - juin 1984.

Les résultats concernent tout d'abord l'évolution des abondances des espèces zooplanctoniques pendant deux cycles de marée aux points côtier et médian les 3 et 4 mai 1982, comparés à l'évolution hydrologique. Ils concernent également la comparaison des abondances de ces mêmes espèces selon un axe côte-large dans les régions définies par leur DT d'échauffement : $DT > 5^{\circ}$, $3^{\circ} < DT < 5^{\circ}C$, $1^{\circ} < DT < 3^{\circ}C$, $DT < 1^{\circ}C$, avant-port. La comparaison des missions (fig. 21) montre que les gammes de températures couvertes pendant les deux types de missions, surveillance et complément, sont équivalentes. On remarque également que le point côtier de surveillance peut être comparé dans la plupart des cas au point $DT > 5^{\circ}C$ du complément, tandis que l'ensemble des points médian, large et avant-port se regroupent dans un $DT < 1^{\circ}C$. Entre ces deux extrêmes $DT > 5^{\circ}C$ et $DT < 1^{\circ}C$, le but des observations du complément dans les gammes intermédiaires $5^{\circ}C-3^{\circ}C - 3^{\circ}C-1^{\circ}C$, était de détecter les variations avec plus de finesse. Nous verrons si cet objectif a été atteint.

Mission de mai 1982.

Deux cycles de marée ont été étudiés au point côtier le 3 mai et au point médian le 4 mai. L'évolution des paramètres est calée sur la pleine mer (PM). Les données hydrologiques ont été fournies par P. GENTIEN. Au cours de chaque cycle de marée un échantillon de zooplancton est prélevé à chaque station (1 station par heure). Les prélèvements sont effectués au filet WP2 à vide de maille 200μ , et muni de débit-mètre TSK (TSURUMI).

L'évolution de l'abondance des espèces est comparée à l'évolution des paramètres physiques de la masse d'eau en chaque point (fig. 22). Remarquons que les deux cycles de marées ne sont pas réalisés simultanément et que les situations peuvent se modifier très rapidement d'un jour à l'autre (surtout en ce qui concerne les dessalures).

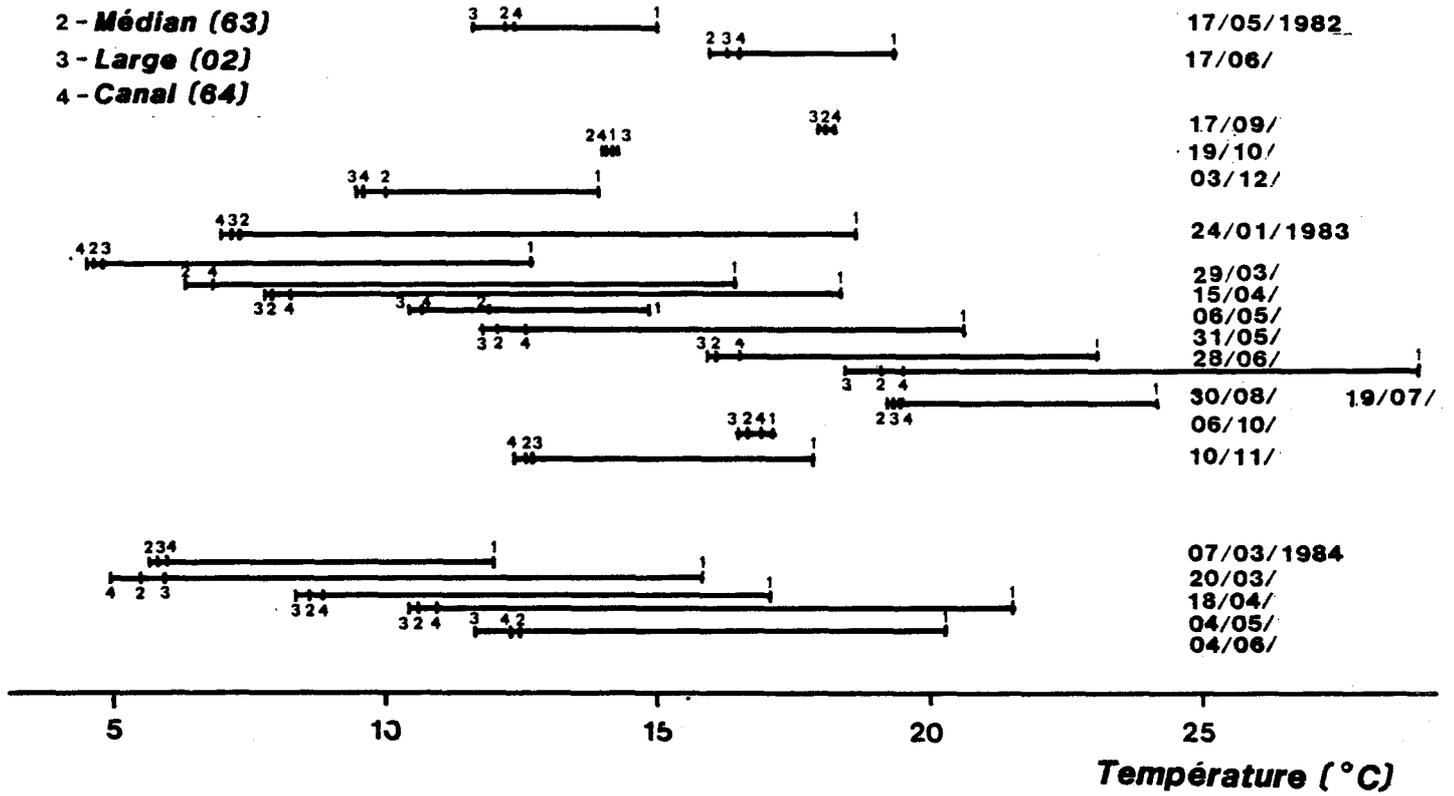
Paramètres physiques.

Au point côtier, on observe deux maxima de température à PM + 4 heures et PM + 6 en surface et au fond (planche 22). Les salinités sont minimales au même moment (32 % . au fond - 31.5 % . en surface). La stratification la plus forte se produit à PM + 6 heures.

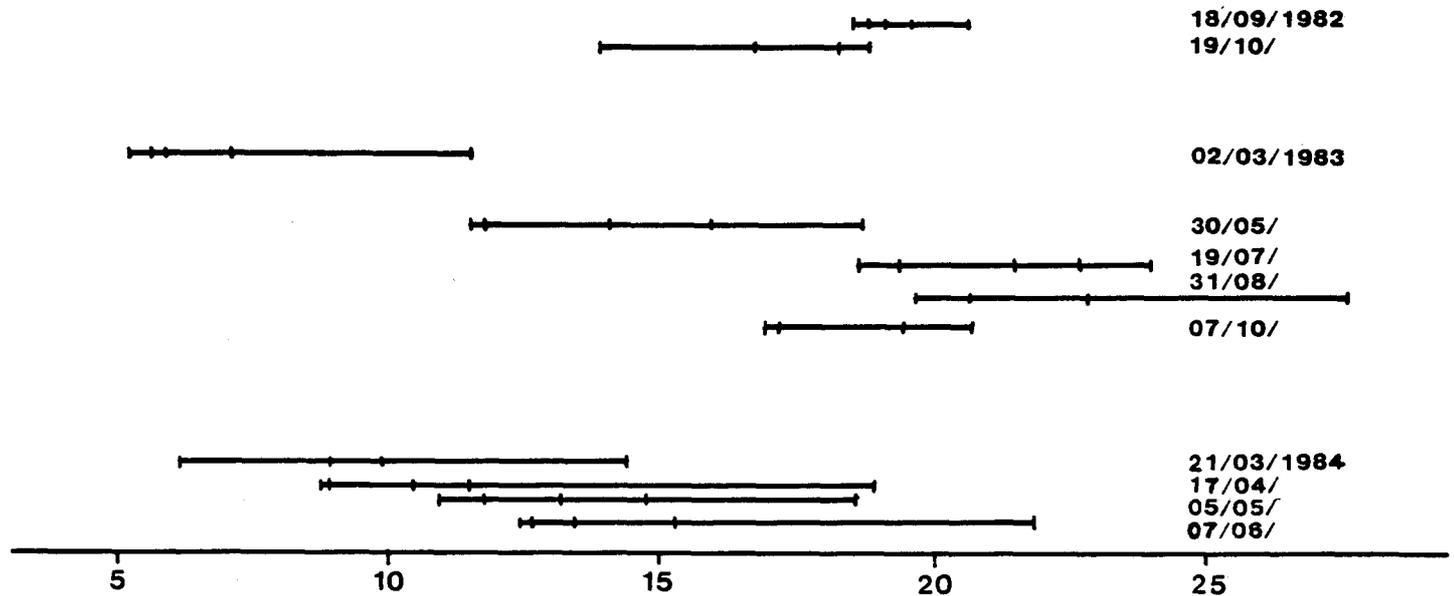
Positionnement des prélèvements par rapport aux températures de l'eau :
 Comparaison de la surveillance et de l'étude complémentaire

Surveillance

- 1 - Côtier (62)
- 2 - Médian (63)
- 3 - Large (02)
- 4 - Canal (64)



Etude complémentaire



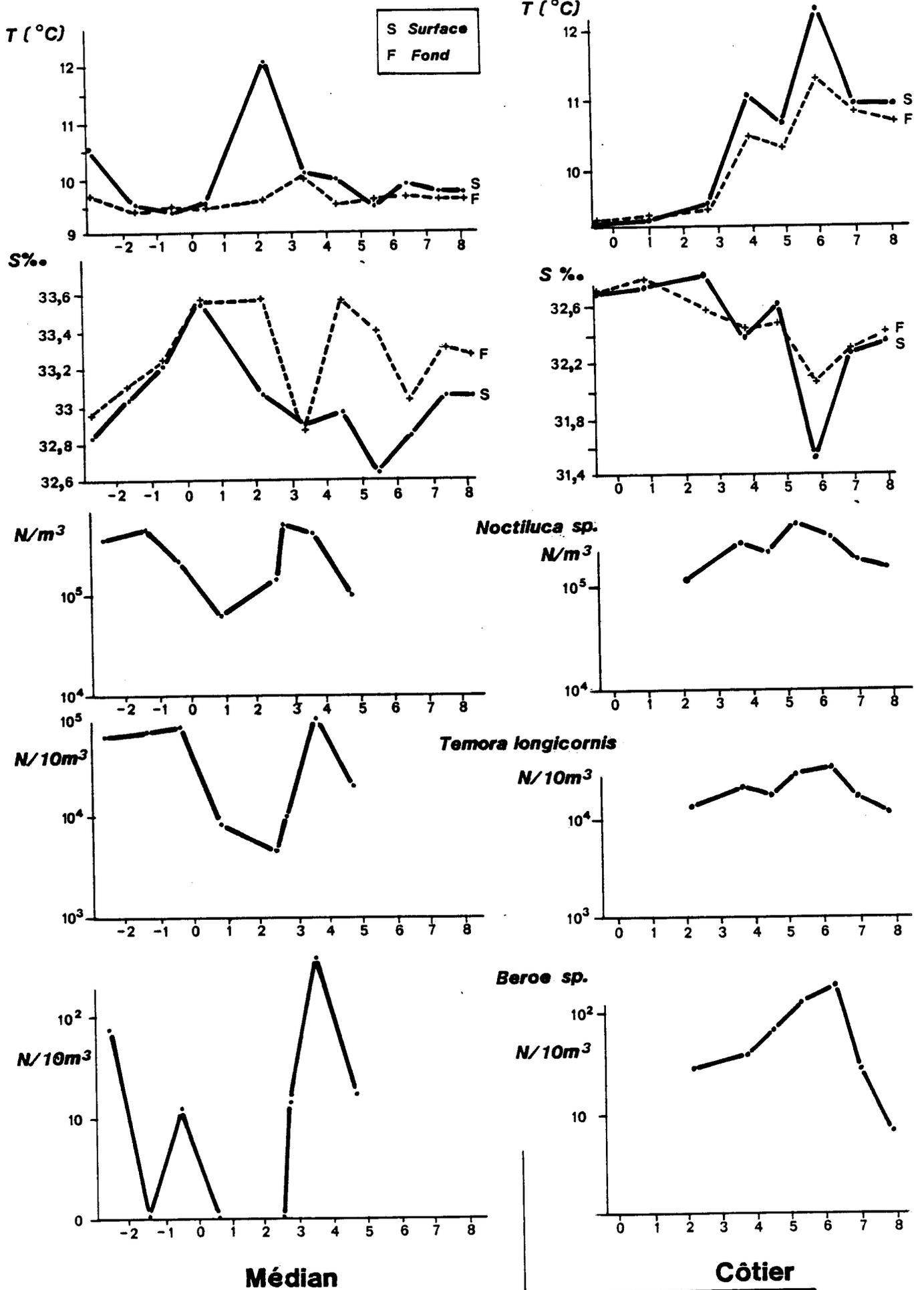


Fig -22-

Heure/Station	H/PM	Mode de prélèvement	N/10m ³ Noctiluques	N/10m ³ <u>Temora</u> <u>longicornis</u>	N/10m ³ <u>Beroe sp.</u>
10 h 40	PM+2.0	Horizontal	11 703	12 681	28
12 h 03	PM+3.4	H	27 599	19 237	37
12 h 55	PM+4.3	H	21 795	16 220	0
13 h 45	PM+5.1	H	42 372	25 692	125
14 h 40	PM+6.0	H	30 389	31 121	182
15 h 30	PM+6.9	H	18 205	15 705	26
16 h 15	PM+7.6	H	15 270	10 902	65
Moyenne stations			23 908	18 794	66
Ecart-type			10 462	7 252	65
Nombre de mesures			7	7	7

POINT COTIER - PM : 9 h 39 (tu) - Le 3 mai

Heure/Stations	H/PM	Mode de prélèvement	N/m ³ Noctiluques	N/10m ³ <u>Temora</u> <u>longicornis</u>	N/10m ³ <u>Beroe sp</u>
7 h 00	PM-2.6	Vertical	34 500	62 500	79
8 h 15	PM-1.4	V	44 545	72 727	0
9 h 15	PM-0.4	V	21 875	79 600	13
10 h 30	PM+0.8	V	6 430	8 694	0
12 h 10	PM+2.5	V	14 667	4 762	0
12 h 20	PM+2.7	V	52 792	10 468	13
13 h 15	PM+3.6	V	42 600	101 440	400
14 h 20	PM+4.7	V	10 450	20 960	16
Moyenne des stations			28 482	45 144	65
Ecart-type			17 446	38 107	138
Nombre de mesures			8	8	8

POINT MEDIAN - PM : 9 h 39 (tu) - Le 4 mai

Au point médian l'évolution est plus complexe. Les températures de surface et de fond sont proches sauf à PM + 2h30 et PM - 3h00. On remarque que le point médian est impacté pendant une durée très limitée du cycle de marée, ce qui correspond aux résultats de la surveillance. A PM + 2h30, la température de surface est proche de 12°C, ce qui est une valeur intermédiaire entre les températures de surface et de fond du point côtier, ce qui confirme l'origine de l'eau échauffée au point médian. La température de fond au point médian montre une légère augmentation à PM + 3h30 et à PM - 3h00 avec un minimum de salinité à ce moment (32.8 ‰ à 32.9 ‰) : au fond comme en surface des eaux échauffées correspondent aux salinités les plus faibles.

Zooplancton et noctiluques (fig. 22).

Les variations d'abondance de trois groupes ont été représentées sur la figure 22 et reportées sur le tableau suivant :

- Temora longicornis (Copépode), espèce zooplanctonique la plus abondante à cette époque de l'année.
- Beroe sp. (Cténaire) filtreur, de grande taille, capable comme un autre Cténaire (Pleurobrachia), de colmater les grilles à l'intérieur du circuit d'eau quand la prolifération est importante. Il vit en surface.
- Noctiluques (Dinoflagellés) susceptibles de faire des eaux rouges en cas de prolifération intense. Il vit en surface.

Au point côtier, on observe une augmentation des abondances entre PM + 6h00, moment des maxima thermiques et minima de salinités.

Au point médian, les maxima se placent de PM + 2h30 à PM + 3h30, et à PM - 3h00, ce qui correspond aussi aux eaux plus chaudes et moins salées.

Les variations d'abondance semblent globalement cohérentes avec celles de la masse d'eau. On ne peut cependant pas dire si un point est plus riche qu'un autre. La comparaison entre points à 24 heures d'intervalle montre que l'amplitude de variations en un point au cours du cycle de marée est bien supérieure à la différence entre les deux points. De plus, les prélèvements du point côtier sont des traits horizontaux tandis que ceux du point médian sont verticaux et la comparaison des deux valeurs absolues est toujours délicate.

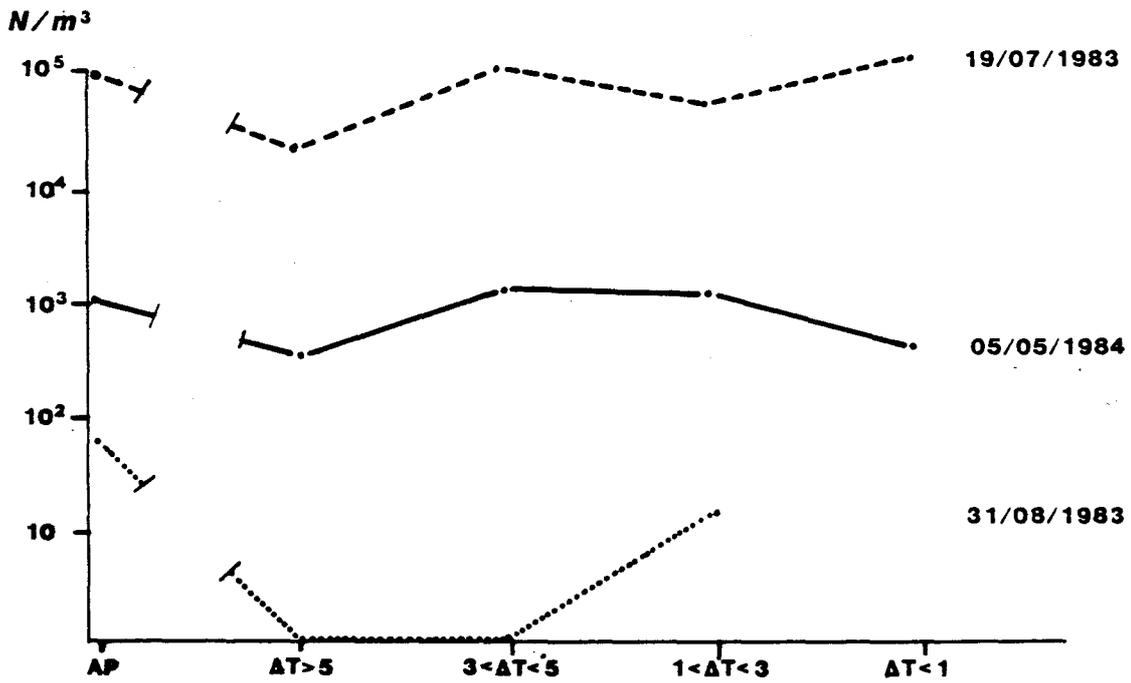
Les missions légères : radiales côte-large selon un DT d'échauffement décroissant.

Des prélèvements de zooplancton ont été réalisés au cours de onze missions entre le 18 septembre 1982 et le 7 juin 1984. Les résultats des comptages d'espèces sont présentés en annexe.

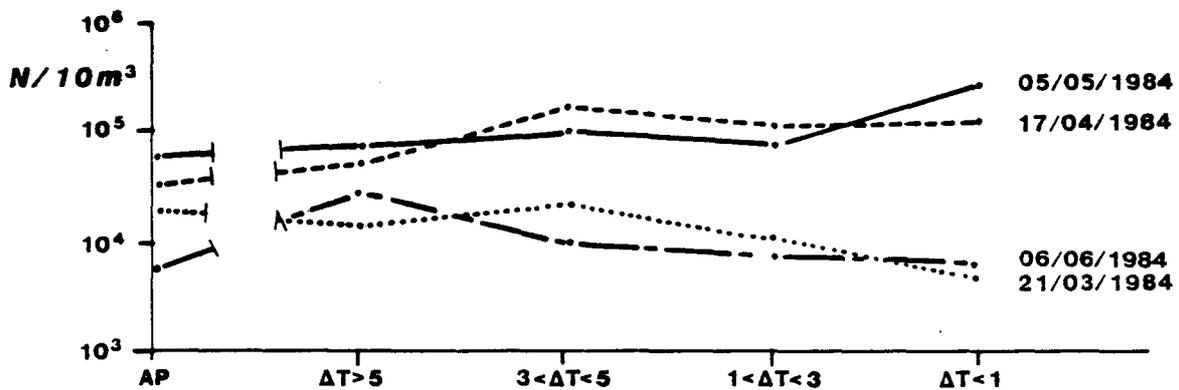
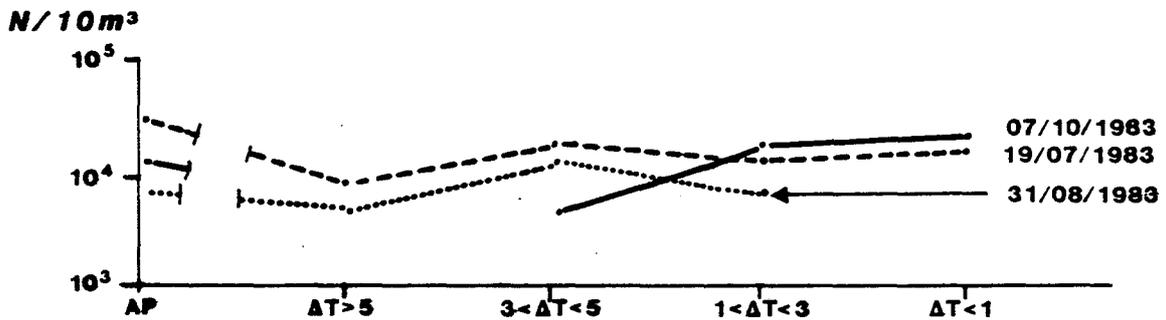
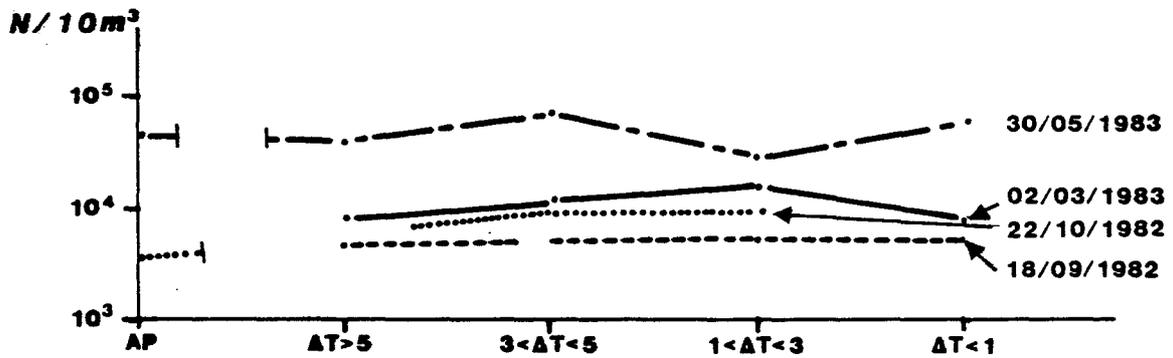
Les figures 23, 24, 25 représentent les variations d'abondance du zooplancton total et de deux espèces abondantes et d'écologie très différente. Le Copépode Centropages hamatus et l'Appendiculaire Oikopleura dioica. On a représenté également la répartition des Noctiluques aux périodes d'abondance sur le site : printemps et été. Les résultats de biomasses sont présentés sous forme de tableau.

Noctiluques

AP : Avant-Port



Total individus du zooplancton



Oikopleura dioica

AP : Avant-Port

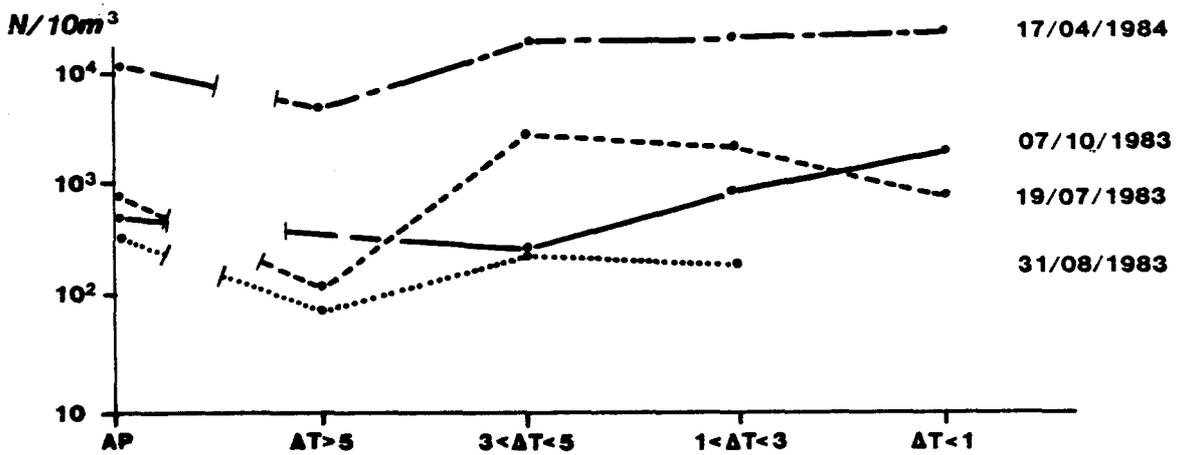
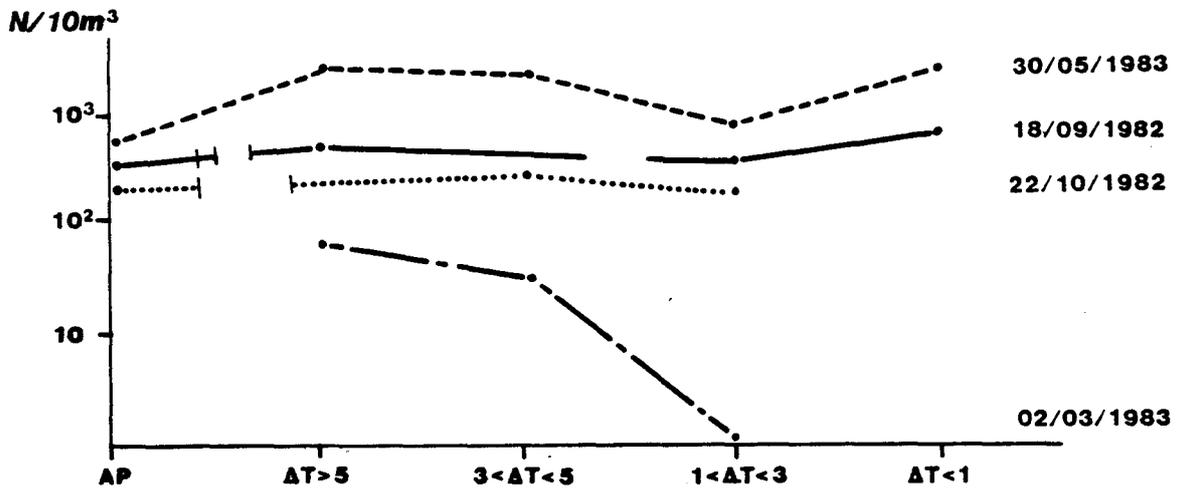
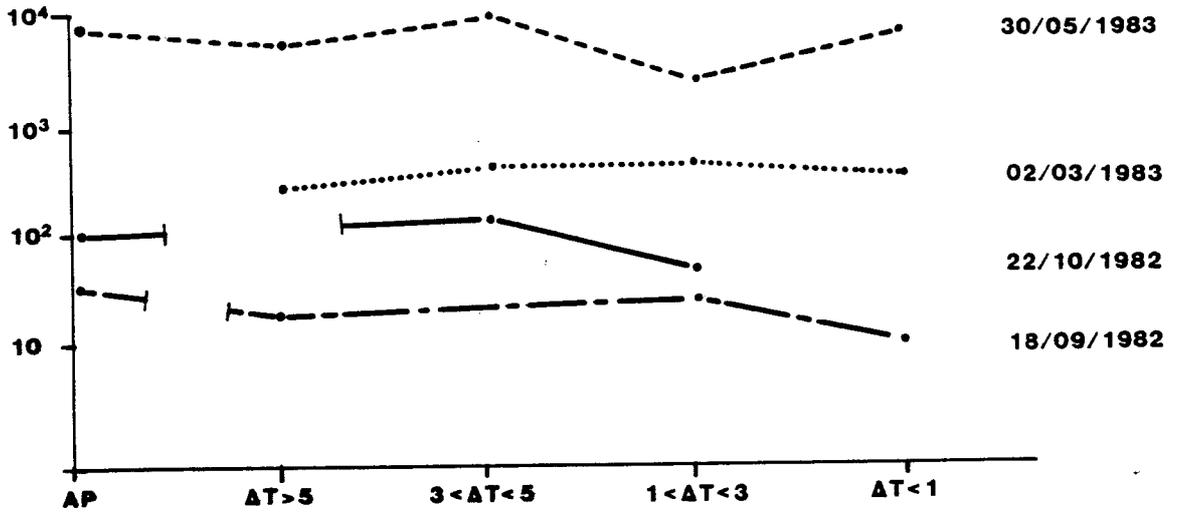


Fig.-24-

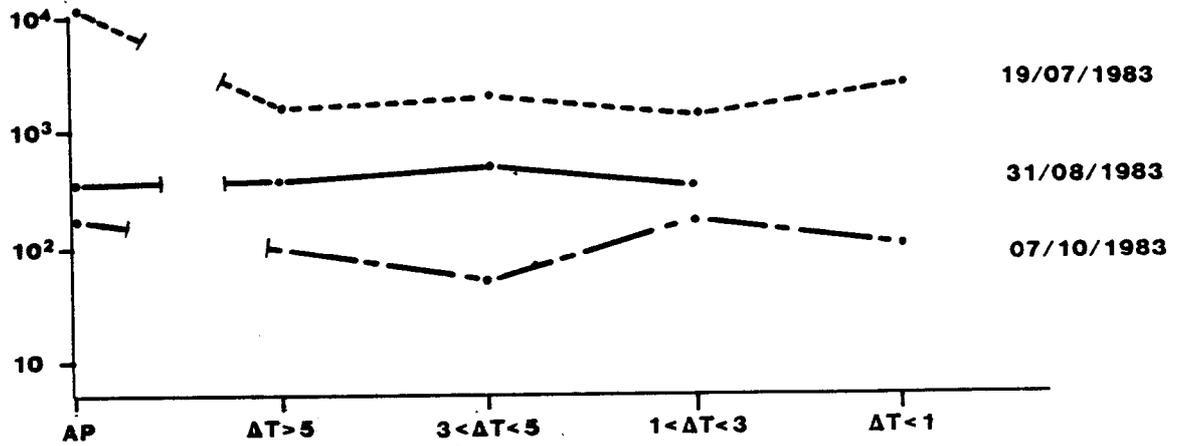
Centropages hamatus

AP : Avant-Port

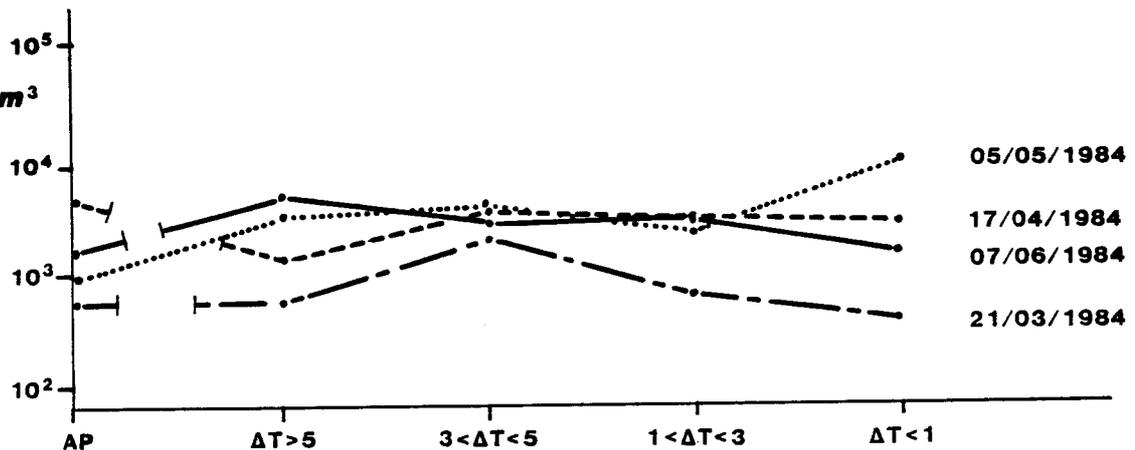
$N/10m^3$



$N/10m^3$



$N/10m^3$



GRAVELINES - COMPLEMENT DE SURVEILLANCE

Poids sec - mg/m³

	18/09/82	22/10/82	2/03/83	30/05/83	19/07/83	31/08/83	7/10/83	21/03/84	17/04/84	5/05/84	7/06/84
Avant-port	7.4	4.0	34.1			14.4	4.6	10.5	299.5		30.5
$\Delta T < 1^{\circ}C$	17.1	-	23.1	pas de biomasse	pas de biomasse	-	16.1	51.6	480.1	pas de biomasse	84.2
$1^{\circ}C < \Delta T < 3^{\circ}C$	6.2	21.3	65.0	pas de biomasse	pas de biomasse	38.8	12.7	22.3	373.9	pas de biomasse	89.0
$3^{\circ}C < \Delta T < 5^{\circ}C$	-	8.2	15.7	pas de biomasse	pas de biomasse	26.3	21.4	51.7	185.7	pas de biomasse	40.5
$\Delta T > 5^{\circ}C$	6.4	-	15.3			27.7	-	34.0	114.3		113.0

Poids de matière organique (mg/m³)

	18/09/82	22/10/82	2/03/83	30/05/83	19/07/83	31/08/83	7/10/83	21/03/84	17/04/84	5/05/84	7/06/84
Avant-port	3.8	2.3	3.9			3.1	3.2	6.8	118.5		-
$\Delta T < 1^{\circ}C$	9.8	-	12.3	pas de biomasses prélevées	pas de biomasses prélevées	-	9.6	22.8	166.1	pas de biomasses prélevées	-
$1^{\circ}C < \Delta T < 3^{\circ}C$	3.4	9.7	36.7	pas de biomasses prélevées	pas de biomasses prélevées	17.4	8.2	14.9	160.8	pas de biomasses prélevées	-
$3^{\circ}C < \Delta T < 5^{\circ}C$	-	-	9.8	pas de biomasses prélevées	pas de biomasses prélevées	12.9	10.9	28.8	94.3	pas de biomasses prélevées	-
$\Delta T > 5^{\circ}C$	3.2	-	10.8	pas de biomasses prélevées	pas de biomasses prélevées	11.5	-	16.6	55.9	pas de biomasses prélevées	-

Poids de carbone (CHN) - mg/m³

	18/09/82	22/10/82	2/03/83	30/05/83	19/07/83	31/08/83	7/10/83	21/03/84	17/04/84	5/05/84	7/06/84
Avant-port	1.5	1.1	1.8	-	-	3.7	1.4	2.4	38.4	-	7.3
$\Delta T < 1^{\circ}C$	4.0	-	1.2	-	-	-	4.4	9.1	50.9	-	28.0
$1^{\circ}C < \Delta T < 3^{\circ}C$	1.4	4.5	15.7	-	-	6.7	3.4	6.8	45.6	-	26.6
$3^{\circ}C < \Delta T < 5^{\circ}C$	-	1.9	4.6	-	-	4.9	4.7	13.2	39.7	-	9.7
$\Delta T > 5^{\circ}C$	1.3	-	4.8	-	-	4.4	-	7.3	22.5	-	35.0

Poids d'azote (CHN) - mg/m³

	18/09/82	22/10/82	2/03/83	30/05/83	19/07/83	31/08/83	7/10/83	21/03/84	17/04/84	5/05/84	7/06/84
Avant-port	0.2	0.3	0.3	-	-	0.7	-	0.5	7.5	-	1.9
$\Delta T < 1^{\circ}C$	0.7	-	0.2	-	-	-	0.8	1.6	10.1	-	7.0
$1^{\circ}C < \Delta T < 3^{\circ}C$	-	0.9	2.3	-	-	1.2	0.7	1.4	9.3	-	5.2
$3^{\circ}C < \Delta T < 5^{\circ}C$	0.3	0.4	0.8	-	-	1.0	0.9	3.2	8.5	-	2.3
$\Delta T > 5^{\circ}C$	0.3	-	0.9	-	-	0.9	0.3	1.4	4.7	-	7.2

L'examen des résultats quantitatifs montre que selon l'axe côte-large les différences d'abondance d'une espèce entre $DT > 5^{\circ}C$ et $DT < 1^{\circ}C$ sont proches des différences que l'on observe habituellement en un même point quand on réalise des prélèvements répétés "ou replicats". La loi de distribution des organismes habituellement observés dans le milieu naturel est une surdispersion des organismes se répartissant alors en essaims de taille plus ou moins grande. Pour des prélèvements répétés, si "m" est la moyenne des abondances et "S" l'écart-type, il y a surdispersion si $S^2 > 1$.

L'étude comparative montre que dans la gamme de DT observée dans un espace très restreint, les effectifs des différents échantillons montrent le même type de distribution. On pourrait penser que la superficie explorée ne permet pas de différencier une zonation entre les deux extrémités. Un examen attentif de la chronologie des missions nous apprend que les conditions ont été défavorables à une bonne observation. En effet, on peut constater que le temps qui sépare le début et la fin de l'échantillonnage de $DT > 5^{\circ}C$ à $DT < 1^{\circ}C$ peut approcher 2 h 30 - 3 h 00. Au contraire, la stratégie d'échantillonnage pendant l'étude de surveillance semble mieux adaptée pour détecter des différences : pendant la surveillance le temps est plus réduit et, entre la côte (souvent dans la zone $DT > 5^{\circ}C$) et médian ($DT < 1^{\circ}C$), le temps est d'environ 3/4 h sans arrêt intermédiaire. La trame des stations en hydrologie ne peut être celle des prélèvements de zooplancton au filet. Une maille serrée de mesures physiques devrait être couplée avec des prélèvements en continu de plancton dans le cas où l'on voudrait cartographier une surface limitée en étendue. Pendant les missions de l'étude complémentaire, 2 h 30 ou 3 h 00 de couverture de zone correspondent à une dérive des masses d'eau telle qu'il est très difficile de comparer le début et la fin d'un tel échantillonnage. La répartition des abondances ne peut être fonction du seul DT. Par exemple, une zone à $DT < 1^{\circ}C$ peut représenter une masse d'eau dont l'origine est à l'Ouest de la tache thermique (Aa) tout aussi bien qu'une eau venant du large avec des populations planctoniques différentes évidemment. Les seules missions où un effet dépressif de la centrale se fait sentir dans la zone à $DT > 5^{\circ}C$ se produit en été 1983. Remarquons qu'en période de surveillance l'année 1983 a montré des échauffements plus importants qu'en 1982 et 1984 (G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1983, 1984, 1985).

Le 19 juillet 1983, les deux missions complémentaires et de surveillance montrent :

- de fortes stratifications verticales dans la tache thermique des différences de températures de surface de 10° entre le point côtier et le point médian.
- une zone très côtière, immédiatement au rejet échauffé montrant un appauvrissement par rapport aux autres points, aussi bien pour le zooplancton que la quantité de noctiluques.

Conclusion.

Pendant la période mai 1982 - juin 1984, les prélèvements de zooplancton ont été étudiés à la fois dans l'étude complémentaire et trois études de surveillance. L'effet dépressif du rejet échauffé sur le zooplancton est mis en évidence en 1983 année où l'échauffement résultant du fonctionnement de la centrale sur le milieu a été supérieur à celui des années 1982 et 1984. Le déficit d'abondance dans le panache échauffé stratifié, pour certains organismes fragiles ne peut être affirmé que si la différence entre les zones comparées est supérieure à la variabilité naturelle du zooplancton (surdispersion $S^2/m > 1$) ce qui n'a été le cas qu'en 1983.

Le prélèvement en continu du zooplancton permettrait :

- le calcul de la variabilité naturelle des différentes espèces dans une unité de surface définie, pour une situation journalière donnée avec un très grand nombre de prélèvements comparables.
- la comparaison des abondances dans les différentes surfaces.

Cette méthodologie de prélèvements devrait permettre l'estimation des déficits instantanés mais devrait être complétée par une estimation des taux de survie par mise en culture d'organismes pour l'étude de la mortalité différée.

BIBLIOGRAPHIE.

G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1983. Zooplancton et noctiluques. In : Surveillance écologique du site de Gravelines (novembre 1981 - octobre 1982) : V.1 à V.48.

G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1984. Noctiluques et zooplancton. In : Surveillance écologique du site de Gravelines (novembre 1982 - octobre 1983) : V.1 à V.24.

G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1985. Noctiluques et zooplancton. In : Surveillance écologique du site de Gravelines (novembre 1983 - octobre 1984) : V.1 à V.20.

CONCLUSION.

La zone dans laquelle s'effectue le rejet est très complexe, de par son hétérogénéité et son hydrodynamisme. Comme l'observation a été limitée aux plus faibles dilutions, le paramètre qui influence le plus le calcul de bilan est la caractéristique de la source extérieure de dilution, en particulier sa température. Il est d'ailleurs probable que, dans la réalité, différents types d'eau participent au mélange. Nous avons d'ailleurs été obligé de le supposer dans le cas du calcul de bilan des nitrates pour septembre 83 où l'Aa a été identifié comme une source non négligeable de nitrates. Ceci n'a pas été le cas pour la campagne d'avril 84. Cette constatation est d'ailleurs en bon accord avec les variations saisonnières de nitrates de l'Aa. L'ammonium semble être libéré dans le panache. Si ce fait est confirmé, il pourrait être expliqué par un relargage rapide lors du choc du transit des réserves minérales du phytoplancton et par une accélération d'excrétion du zooplancton.

Le matériel particulaire ne se comporte pas de façon homogène selon les campagnes. En effet, si l'on observe une décroissance uniforme de la chlorophylle avec la température croissante, il n'en va pas de même pour la turbidité : il semble, en effet, qu'au rejet thermique se soit superposé un rejet de particules en mars 83 et septembre 82. Ce résultat est à rapprocher de la possibilité de rejet de boues de déminéralisation par la centrale. Quant à la chlorophylle, les calculs de bilan nous ont permis d'estimer des déficits de 100 à 120 % en période de chloration et de 20 à 40 % en période de non-chloration. Il ne faut pas considérer ces fourchettes de variations comme des intervalles de confiance. En effet, la technique d'observation utilisée ne nous permet pas d'effectuer des inférences statistiques. De plus, il convient de rappeler certaines hypothèses :

- l'échantillonnage n'a pas été redondant.
- la hauteur d'eau équivalente est constante dans la gamme d'échauffements concernés.

L'étude de dilution a clairement mis en évidence une nécessité d'aménager le schéma d'échantillonnage afin de pouvoir décider de l'existence d'un impact rémanent du rejet sur le milieu, impact qui se superposerait à l'impact par transit. C'est pourquoi, seule la chlorophylle a été traitée.

La production spécifique du phytoplancton quand elle a pu être mesurée en continu montre soit une constance soit une augmentation avec les températures croissantes. L'augmentation constatée de ce paramètre en septembre (période de chloration) et sa constance en période de non-chloration laissent supposer que la chloration n'a pas d'effet négatif sur la productivité du plancton présent dans le panache à des dilutions fortes. Il semble plutôt que la productivité soit directement liée à la charge particulaire.

L'effet dépressif du rejet échauffé sur le zooplancton a été mis en évidence en 1983, année où l'échauffement dû à la centrale a été supérieur à celui de 1982 et 1984.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) CHARDY, P. et A. MENESGUEN, 1984. Puissance d'une stratégie de surveillance : critère d'optimisation. In "Annexes scientifiques aux propositions de nouveaux programmes de surveillance écologique des sites de centrales nucléaires de la Manche". Document IFREMER, nov. 1984.
- (2) DARRAS, 1982. Centrale de Gravelines. Etude de la dilution des eaux chaudes à partir des campagnes de mesures du 05 mars et du 02 juin 1981. Rapport EDF-DER . HE 42/82.08.
- (3) MAGGI, P., P. LASSUS et A. ABARNOU, 1981. Influence de chocs thermiques et d'un traitement au chlore sur la croissance d'une diatomée et d'un flagellé. In "2eme Journées de la Thermo-écologie, 14-15 nov. 1979". pp 269 à 289. EDF/DER.
- (4) RAMADE, A., 1981. Impact du transit sur la population phytoplanctonique et certains paramètres de la biomasse dans les circuits de refroidissement de la centrale de Martigues-Ponteau. In "2eme Journées de la Thermo-écologie, 14-15 nov. 1979". pp. 589-609.
- (5) LEPETIT, J.P., 1979. Dispersion en mer. Modèle simple en cellules. Rapport EDF/DER . E 42/79.33.
- (6) MALLET, J.L., 1976. Présentation de la bibliothèque Cartolab. Sciences de la Terre, Série "Informatique Géologique", n° 7, 184 pages, Nancy.
- (7) MALLET, J.L., 1974. Présentation d'un ensemble de méthodes et techniques de la cartographie automatique numérique. Sciences de la Terre, Série "Informatique Géologique", n° 4, 212 pages, Nancy.

A N N E X E 1

TABLEAU DE RESULTATS

ETUDE DE LA DILUTION DU PANACHE

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

PROFILS VERTICAUX

Date : 18 septembre 1982

Stations / Paramètres	Profondeur (m)	Température (°C)	Salinité (‰)	Turbidité (NTU)
Avant-port	0m	18,77	34,197	2,2
	5,0	-	34,219	2,1
DT = 0,27°C	0m	18,60	34,224	12,0
	5,0	-	34,241	17,0
DT = 0,33°C	0m	19,10	34,232	6,1
	5,0	-	34,244	6,0
DT = 0,83°C	0m	19,60	34,258	1,4
	5,0	-	34,236	4,0
DT = 1,83°C	0m	20,60	34,270	3,3
	5,0	-	34,240	4,8

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 18 septembre 1982 (surface)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	-	1,0	1,25	2,0	1,50
Matières en suspension mg / l	17,3	27,5	26,11	15,8	14,69
Oxygène dissous - ml / l	9,1 5,0 5,1	5,1 5,0 5,1	5,1 5,2	5,3 5,3 5,7	5,3 5,3 5,3
pH	2,0	7,9	2,0	8,0	8,0
NH ₄ - µatg/l	6,6 6,7	3,8 2,6	2,2 2,2	2,0 1,9	1,7 1,4
Nitrates - µatg/l	0,0	0,1	0,0	0,10	0,10
Nitrites - µatg/l	0,28	0,15	0,20	0,22	0,18
Phosphates	0,88	0,67	0,95	0,79	0,80
Silicates - µatg/l	-	2,5	3,1	2,5	2,4
Chlorophylle a - µg/l	6,56	12,9	12,9	6,16	6,4
Phéopigments - µg/l	1,41	4,42	4,99	0,89	1,82
430/410	1,17	1,09	1,12	1,20	1,19
Indice pigmentaire	2,61	2,55	2,51	2,48	2,42
Carbone total µg/l	846	1960	1789	833	1004
Azote total - µg/l	108	183	149	95	102
C/N	7,81	10,68	11,95	8,71	9,76
Carbone organique particulaire - µg/l	627	1061	1112	588	9
Azote organique particulaire - µg/l	107	180	163	94	1007
C / Chl	95,58	82,29	86,22	95,48	115,68

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 18 septembre 1982 (fond)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	-	1,0	1,25	2,0	1,50
Matières en suspension mg / l	16,5	-	17,89	25,0	20,60
Oxygene dissous - ml / l	5,2 5,1 5,3	5,0 5,1 5,0	5,1 5,1 5,1	5,2 5,2 5,2	5,1 5,2 5,2
pH	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
NH ₄ - µatg/l	3,0 3,0	2,7 2,7	- 2,2	1,7 1,6	1,6 1,6
Nitrates - µatg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
Nitrites - µatg/l	0,26	0,17	0,24	0,21	0,21
Phosphates	0,76	0,98	1,16	1,16	1,08
Silicates - µatg/l	2,0	2,3	4,1	2,6	2,6
Chlorophylle a - µg/l	10,0	11,9	9,6	9,67	8,43
Pheopigments - µg/l	1,22	3,14	2,56	-	1,51
430/410	1,19	1,10	1,17	1,15	1,17
Indice pigmentaire	2,57	2,54	2,43	2,59	2,55
Carbone total µg/l	781	11196	2061	1353	1240
Azote total - µg/l	100	203	169	130	113
C/N	8	55	12	10	10
Carbone organique particulaire - µg/l	731	4737	977	812	840
Azote organique particulaire - µg/l	117	183	153	127	119
C / Chl	73,18	398,09	101,82	84,06	99,70

GRAVELINES complément de surveillance missions "légères"

Dates	$\Delta T > 5^{\circ}\text{C}$	$3^{\circ}\text{C} < \Delta T < 5^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C} < \Delta T < 3^{\circ}\text{C}$	$\Delta T < 1^{\circ}\text{C}$	Avant-port
18/09/1982	178 594	- -	236 504	747 927	183 300
22/10/1982	- -	262 7568	194 8857	- -	219 1620
2/03/1983	128 5606	197 7527	387 11114	243 4997	- -
30/05/1983	21 38105	113 68893	108 26981	118 61882	11 43658
19/07/1983	84 6363	694 8942	299 7736	369 12012	160 29632
31/08/1983	1686 2264	6221 4865	5196 3193	944 1913	2549 1610
7/10/1983	- -	332 2582	1097 8422	3627 5729	1392 3724
21/03/1984	619 10169	349 21184	742 8421	595 4006	1205 12404
17/04/1984	180 46600	2164 83755	1393 82736	1126 96295	121 18109
5/05/1984	2255 54363	2845 79230	2400 50218	3032 198973	1411 43600
7/06/1984	480 25504	256 8589	293 6666	155 4758	26 5027

- Total annélides (*Polydora ciliata* + *Lanice conchilega* + autres annélides)

Nb individus / 10 m³

- Total copépodes (*Paracalanus parvus* + *Pseudocalanus minutus* + *Temora longicornis* + *Centropages hamatus* + *Acartia clausi* + *Oncaea* sp. + *Euterpina acutifrons* + autres copépodes)

Nb d'individus / 10 m³

COMPLEMENT GRAVELINES

18.09.1982

Taxons	Stations	$\Delta T > 5^{\circ}\text{C}$	$3^{\circ}\text{C} < T < 5^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C} < \Delta T < 3^{\circ}\text{C}$	$\Delta T < 1^{\circ}\text{C}$	Avant-port	Moyenne	Ecart-type
<i>Hybocodon prolifer</i>								
<i>Sarsia eximia</i>								
<i>Sarsia prolifer</i>								
<i>Sarsia tubulosa</i>								
<i>Sarsia gemmifera</i>								
<i>Ectopleura dumortieri</i>								
<i>Rathkea octopunctata</i>								
<i>Laodicea undulata</i>								
<i>Obelia</i> sp.		63		133	12	12	55	57
<i>Phialidium hemisphaericum</i>		52		39	15	3	27	22
<i>Eucheilota maculata</i>								
<i>Eirene viridula</i>								
<i>Cerimula</i> Larves								
"Méduses" n.d.		17		20	12	12	15	4
<i>Pleurobrachia pileus</i>								
<i>Beroe</i> sp.								
<i>Sagitta setosa</i>		1778		2729	410	336	1313	1153
<i>Polydora ciliata</i>				5	24	2	0	0
<i>Larice conchilega</i>		87		103	193	35	105	66
Autres Annélides		91		128	530	146	0	0
<i>Evadne</i> sp.								
<i>Paracalanus parvus</i>		238		196	48	96	144	88
<i>Pseudocalanus minutus</i>								
<i>Temora longicornis</i>		61		29	48	44	46	13
<i>Centropages hamatus</i>		22		29	12	32	24	9
<i>Acartia clausi</i>		91		88	120	84	96	16
<i>Oncaea</i> sp.		22		20	169	0	53	78
<i>Euterpina acutifrons</i>		69		34	157	42	76	56
Autres Copépodes		91		108	373	2	144	160
Larves Nauplii Cirripèdes		833		991	1398	2523	1436	763
Larves Cypris Cirripèdes		39		69	145	84	84	45
<i>Mesopodopsis slabberi</i>								
<i>Schistomysis spiritus</i>								
Larves Cyphonautes		780		353	988	212	583	362
<i>Oikopleura dioica</i>		434		319	627	279	415	156
Oeufs de Poissons								
Larves et alevins de Poissons								
Reste individus		499		452	831	232	503	247
Somme totale		5267		5845	6112	4176	4035	2433
Zooplancton								
Noctiluques								

Zone non échantillonnée

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

PROFILS VERTICAUX

Date : 22 octobre 1982

Stations / Parametres	Profondeur (m)	Temperature (°C)	Salinite (°/°°)	Turbidite (NTU)
Avant-port	0m	13,90	34,424	3,0
	fond	13,90	33,59	-
DT = 4,90°C	0m	18,80	33,388	8,0
	1,0	18,35	-	-
	fond	-	33,375	8,9
3°C < DT < 5°C	0m	18,25	33,355	5,4
	1,0	17,00	33,355	5,4
	2,0	15,50	-	-
	3,0	14,70	-	-
	4,0	14,50	-	-
	5,0	14,15	-	-
	fond	14,13	33,366	7,5
1°C < DT < 3°C	0m	16,66	33,369	3,3
	1,0	16,90	-	-
	1,5	16,90	-	-
	2,0	16,47	-	-
	3,0	15,00	-	-
	4,0	15,30	-	-
	5,0	14,00	-	-
	6,0	14,05	33,374	5,8

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 22 octobre 1982 (surface)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	0,80	-	9,0	9,0	-
Matières en suspension mg / l	9,6	20,4	14,0	16,4	-
Oxygene dissous - ml / l	5,12 5,13	5,06 5,03	5,25 5,53	5,27 5,30	- -
pH	7,70	7,7	7,7	7,8	-
NH ₄ - µatg/l	9,4 11,7	0,7	10,8 10,6	10,3 10,3	- -
Nitrates - µatg/l	5,09	6,40	5,30	6,0	-
Nitrites - µatg/l	0,35	0,59	0,50	0,44	-
Phosphates	0,94	1,22	1,33	1,18	-
Silicates - µatg/l	8,20	9,10	8,70	9,40	-
Chlorophylle a - µg/l	1,68 1,59	2,21 1,13	1,68	1,45	-
Pheopigments - µg/l	0,04 0,01	0,33 0,28	0,72	0,25	-
430/410	0,958 1,040	0,95 0,95	1,06	1,04	-
Indice pigmentaire	2,96 2,62	2,92 3,00	2,93	2,88	-
Carbone total µg/l	690	1157 1212	676 777	652	-
Azote total - µg/l	82	240 107	85 84	55	-
C/N	8,33	10 5	7 9	111	-
Carbone organique particulaire - µg/l	403	1331 442	337 394	-	-
Azote organique particulaire - µg/l	77	127 98	88 82	- -	- -
C / Chl	247,77	531,18	217,98	-	-
Production primaire mgC / m ³ .heure	5,79 6,72	9,86 12,00	6,34 7,78	6,12 6	- -
CHCl Br ₂ - µg/l	< 0,03	<0,03	<0,03	<0,03	-
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	<0,03	0,10	0,12	-
CHBr ₃ - µg/l	0,3	1,30	2,80	5,00	-

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 22 octobre 1982 (fond)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	0,8	-	9,0	9,0	-
	-	-	-	-	-
Matières en suspension mg / l	-	20,4	30,5	18,9	-
	-	-	-	-	-
Oxygene dissous - ml / l	5,07	5,30	5,32	5,21	-
	5,05	5,34	-	5,18	-
pH	-	7,9	7,8	7,7	-
NH ₄ - µatg/l	11,70	-	10,28	9,23	-
	10,42	-	10,58	9,34	-
Nitrates - µatg/l	-	5,4	4,9	5,7	-
	-	-	-	-	-
Nitrites - µatg/l	-	0,49	0,49	0,48	-
	-	-	-	-	-
Phosphates	-	1,31	1,31	1,16	-
	-	-	-	-	-
Silicates - µatg/l	-	8,2	7,2	8,0	-
	-	-	-	-	-
Chlorophylle a - µg/l	-	1,21	-	1,83	-
	-	1,48	2,57	1,61	-
Pheopigments - µg/l	-	-	-	0,36	-
	-	0,481	1,12	0,08	-
430/410	-	0,98	-	1,03	-
	-	0,96	0,98	1,05	-
Indice pigmentaire	-	3,13	-	2,78	-
	-	3,00	3,17	2,75	-
Carbone total µg/l	-	1997	1236	-	-
	-	1556	1457	763	-
Azote total - µg/l	-	152	166	-	-
	-	143	146	76	-
C/N	-	13,10	8,47	-	-
	-	10,89	8,78	10,01	-
Carbone organique particulaire - µg/l	-	761	835	-	-
	-	606	552	351	-
Azote organique particulaire - µg/l	-	167	228	-	-
	-	164	145	69	-
C / Chl	-	510,61	269,90	204	-
	-	-	-	-	-
Production primaire mgC / m ³ .heure	-	4,54	10,08	8,98	-
	-	4,90	10,53	8,45	-
CHCl Br - µg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	-
CHCl Br - µg/l	0,03	0,10	<0,03	0,05	-
CHBr - µg/l	0,7	3,3	0,3	1,8	-

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

PROFILS VERTICAUX

Date : 2 mars 1983

Stations / Paramètres	Profondeur (m)	Température (°C)	Salinité (°/°)	Turbidité (NTU)
Avant-port	0m	5,84	32,647	4,0
	1,5	5,82	-	-
	1,0	5,54	32,697	4,5
	1,5	5,46	-	-
	2,0	5,46	32,723	3,5
DT = > 5°C	0m	11,49	32,807	12,0
	0,5	10,30	-	-
	1,0	9,60	32,800	10,50
	1,5	7,18	-	-
	2,0	6,71	32,748	18,0
	2,5	6,55	-	-
	3,0	6,20	32,804	32,0
	3,5	6,00	32,706	33,0
3°C < DT < 5°C	0m	7,60	32,809	12,0
	0,5	7,00	-	-
	1,0	6,45	32,780	19,0
	1,5	5,40	-	-
	2,0	5,20	32,770	22,0
	2,5	4,80	-	-
	3,0	4,80	32,750	22,0
	4,0	4,69	32,714	32,00
	4,5	4,65	-	-
	5,0	4,65	32,767	-
	2°C < DT < 3°C	0m	7,00	32,793
fond		-	32,757	17,0
DT < 1°C	0m	5,20	32,601	12,0
	fond	-	32,757	17,0

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 2 mars 1983 (surface)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	2,0	0,60	1,0	1,5	0,5
Matières en suspension mg / l	19,8	46,6	-	28,9	31,8
Oxygène dissous - ml / l	6,96 6,90 -	6,67 6,83 7,27	6,47 6,36 -	6,62 6,38 -	6,64 5,79 -
pH	7,91	7,83	7,84	7,96	7,94
NH ₄ - µatg/l	2,48 5,24	- 5,72	5,20 4,26	5,57 5,77	6,32 6,82
Nitrates - µatg/l	28,3	29,8	29,8	28,4	25,7
Nitrites - µatg/l	0,53	0,61	0,57	0,57	0,65
Phosphates	1,28	1,33	1,27	1,03	-
Silicates - µatg/l	19,1	20,4	20,4	21,8	18,9
Chlorophylle a - µg/l	3,02 2,98	5,74 5,74	4,58 4,72	3,97 4,30	4,11 4,30
Phéopigments - µg/l	0,0	0,37	0,0	0,0	0,20
430/410	1,12 1,15	1,05 1,08	1,07 1,08	1,10 1,11	1,05 0,90
Indice pigmentaire	2,61 2,73	2,66 2,66	2,73 2,67	2,73 2,79	2,50 2,72
Carbone total µg/l	- 1003	3691 3800	2685 2792	1317 2448	2512 2062
Azote total - µg/l	- -	212 203	170 166	92 145	169 133
C/N	- -	17,38 18,64	15,76 16,77	14,21 16,86	14,89 15,47
Carbone organique particulaire - µg/l	- -	1779 1039	1256 1548	507 833	825 760
Azote organique particulaire - µg/l	- -	180 185	159 101	76 116	112 115
C / Chl	-	332,61	301,61	162,16	188,57
Production primaire mgC / m ³ .heure	7,82 8,69	12,40 12,71	14,01 16,88	11,50 11,38	12,34 10,33
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	0,09	<0,03	<0,03	<0,03
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
CHBr ₃ - µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 2 mars 1983 (fond)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	2,0	0,60	1,0	1,5	0,5
Matières en suspension mg / l	19,86	37,6	-	38,0	69,17
Oxygene dissous - ml / l	7,01 6,30 -	6,55 6,69 6,62	5,57 6,62 -	6,77 6,59 -	7,12 7,04 -
pH	7,91	7,90	7,84	7,83	7,94
NH ₄ - µatg/l	3,79 3,97	- 3,62	4,58 3,69	5,55 5,54	4,99 5,02
Nitrates - µatg/l	34,5	41,5	35,9	28,2	28,2
Nitrites - µatg/l	0,65	0,79	0,64	0,55	0,59
Phosphates	1,25	1,69	0,88	0,90	0,80
Silicates - µatg/l	23,2	24,7	21,8	19,4	19,5
Chlorophylle a - µg/l	3,08 3,05	5,91 6,86	5,46 4,80	5,21 5,63	7,19 6,45
Pheopigments - µg/l	0,01	0,65	0,41	0,94	1,14
430/410	1,14 1,15	1,08 1,07	1,08 1,09	1,10 1,10	1,04 1,05
Indice pigmentaire	2,72 2,23	2,71 2,70	2,72 2,68	2,78 2,85	2,64 2,80
Carbone total µg/l	1162 892	2367 1129	3841 3367	- 3640	4273 4645
Azote total - µg/l	22 64	80 137	184 212	- 203	280 256
C/N	14,15 13,27	14,08 17,22	18,20 18,05	- 17,91	17,39 18,12
Carbone organique particulaire - µg/l	4241 435	2200 446	2555 1995	- 1143	1269 2369
Azote organique particulaire - µg/l	69 68 -	70 126 69	184 59 -	- - 169	195 226 -
C / Chl	140,09	189,05	443,52	210,94	266,76
Production primaire mgC / m ³ .heure	8,47 9,60	13,14 8,96	11,91 11,84	9,57 12,28	11,44 10,94
CHCL Br ₂ - µg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
CHBr ₃ - µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

Taxons	Stations	$\Delta T > 5^{\circ}\text{C}$	$3^{\circ}\text{C} < T < 5^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C} < \Delta T < 3^{\circ}\text{C}$	$\Delta T < 1^{\circ}\text{C}$	Avant-port	Moyenne	Ecart-tyP
<i>Hybocodon prolifer</i>								
<i>Sarsia eximia</i>								
<i>Sarsia prolifera</i>								
<i>Sarsia tubulosa</i>								
<i>Sarsia gemmifera</i>								
<i>Ectopleura dumortieri</i>								
<i>Rathkea octopunctata</i>								
<i>Laodicea undulata</i>								
<i>Obelia</i> sp.								
<i>Phialidium hemisphaericum</i>								
<i>Eucheilota maculata</i>								
<i>Eirene viridula</i>								
Cerimula Larves		5	0	0	0		1	3
"Méduses" n.d.								
<i>Pleurobrachia pileus</i>		2	2	16	23		11	1
<i>Beroe</i> sp.								
<i>Sagitta setosa</i>		4	4	5	1		4	2
<i>Polydora ciliata</i>		0	9	11			5	6
<i>Lanice conchilega</i>		5	0	0	6		3	3
Autres Annélides		123	188	376	237		231	107
<i>Evadne</i> sp.		0	17	0	23		10	12
<i>Paracalanus parvus</i>		47	0	75	23		36	32
<i>Pseudocalanus minutus</i>		394	324	526	271		379	110
<i>Temora longicornis</i>		2279	3516	6185	3098		3770	1690
<i>Centropages hamatus</i>		294	452	494	373		403	88
<i>Acartia clausi</i>		783	905	1718	418		956	549
<i>Oncaea</i> sp.		1785	2287	2062	792		1732	659
<i>Euterpina acutifrons</i>		5	0	0	11		4	5
Autres Copépodes		19	43	54	11		32	20
Larves Nauplii Cirripèdes		2640	4471	5326	2917		3839	1278
Larves Cypris Cirripèdes		5	0	0	0		1	3
<i>Mesopodopsis slabberi</i>		4	1	1	6		3	2
<i>Schistomysis spiritus</i>		4	2	4	1		3	2
Larves Cyphonautes		238	469	258	373		335	108
<i>Oikopleura dioica</i>		5	26	0	0		8	12
Oeufs de Poissons		0	5	1	3		2	2
Larves et alevins de Poissons		0	2	0	0		0.5	1
Reste individus		180	171	140	45		134	62
Somme totale								
Zooplancton		8821	12894	17252	8632		11900	4074
Noctiluques								

Echantillon contenant uniquement des débris

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

PROFILS VERTICAUX

Date : 30 mai 1983

Stations / Parametres	Profondeur (m)	Temperature (°C)	Salinite (°/°)	Turbidite (NTU)
Avant-port	0m	11,76	33,322	3,8
	0,50	11,70	-	-
	1,0	11,20	33,282	3,5
DT = 5°C	0m	18,66	33,290	5,5
	1,0	14,70	-	-
	1,5	14,35	-	-
	2,0	14,97	-	-
	2,5	13,14	-	-
	3,0	12,71	33,271	5,6
	3,5	11,40	-	-
	4,0	11,37	-	-
	4,5	11,33	-	-
	5,0	11,27	33,289	-
5,5	11,26	-	6,9	
3°C < DT < 5°C	0m	15,81	33,233	5,6
	0,5	11,60	-	-
	1,0	11,49	33,258	5,8
1°C < DT < 3°C	0m	14,03	33,185	6,5
	1,00	12,50	-	-
	2,0	11,37	33,152	6,0
DT < 1°C	0m	11,50	33,228	5,8
	0,5	11,55	-	-
	1,0	11,39	33,245	10,5
	1,5	11,38	-	-
	2,0	11,33	33,234	15,0

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 30 mai 1983 (surface)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	-	1,25	-	0,80	-
Matières en suspension mg / l	-	-	-	-	-
Oxygène dissous - ml / l	- 5,26	4,92 4,15	4,60 5,03	4,80 4,92	5,18 5,23
pH	8,5	8,5	8,47	8,5	8,5
NH ₄ - µatg/l	-	-	-	-	-
Nitrates - µatg/l	1,70	0,80	0,60	0,70	0,30
Nitrites - µatg/l	0,13	0,21	0,20	0,15	0,15
Phosphates	0,04	0,16	0,11	0,09	0,01
Silicates - µatg/l	1,60	1,40	1,50	2,50	1,70
Chlorophylle a - µg/l	11,9 10,8	- -	10,9 10,1	19,0 19,1	23,2 23,3
Pheopigments - µg/l	1,0 9,2	- -	0,27 -	0,0 -	0,0 -
430/410	1,24 1,26	- -	1,25 1,24	1,24 1,23	1,27 1,27
Indice pigmentaire	2,62 2,58	- -	2,64 2,71	2,61 2,59	2,56 2,49
Carbone total µg/l	1640 1503	2047 1306	1193 1064	2589 2414	1911 1281
Azote total - µg/l	233 242	280 191	185 154	330 336	334 217
C/N	7,01 6,20	7,29 6,81	6,41 6,89	7,84 7,17	5,71 5,89
Carbone organique particulaire - µg/l	1374 643	1511 1127	758 1278	1873 1725	1640 1694
Azote organique particulaire - µg/l	175 88	264 209	146 148	331 307	220 237
C / Chl	88,99	-	96,82	105,29	71,72
Production primaire mgC / m ³ .heure	31,35 33,81	40,28 33,40	41,13 43,23	86,77 51,83	70,74 87,58
CHCL Br ₂ - µg/l	0,19	-	<0,03	<0,03	<0,03
CHCl Br ₂ - µg/l	0,11	-	0,21	<0,03	<0,03
CHBr ₃ - µg/l	5,7	-	8,0	0,09	<0,2

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 30 mai 1983 (fond)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	-	1,25	-	0,80	-
Matières en suspension mg / l	-	-	-	-	-
Oxygène dissous - ml / l	5,18 4,76	4,89 4,95	4,70 4,48	4,70 4,89	4,95 5,11
pH	8,5	8,5	8,55	8,55	8,5
NH ₄ - µatg/l	-	-	-	-	-
Nitrates - µatg/l	1,10	0,30	1,90	1,20	1,00
Nitrites - µatg/l	0,18	0,25	0,16	0,24	0,21
Phosphates	0,02	0,11	0,35	0,41	0,62
Silicates - µatg/l	1,90	1,30	1,20	2,40	2,60
Chlorophylle a - µg/l	- 9,95	18,0 26,6	19,0 14,8	16,9 18,0	30,8 11,9
Pheopigments - µg/l	0,0	0,775	0,0	0,0	0,0
430/410	- 1,25	1,25 1,25	1,25 1,25	1,22 1,24	1,26 1,25
Indice pigmentaire	- 2,62	2,53 2,58	2,58 2,60	2,64 2,62	2,67 2,65
Carbone total µg/l	- 782	3074 2616	2160 2389	1863 1874	2963 2481
Azote total - µg/l	- 137	339 307	299 419	299 296	518 6
C/N	- 5,68	9,06 8,51	7,20 5,69	6,21 6,32	5,71 6,34
Carbone organique particulaire - µg/l	- 1108	2131 1840	1483 891	1441 1124	3217 694
Azote organique particulaire - µg/l	- 168	316 286	258 121	291 218	429 374
C / Chl	111,36	89,20	69,40	73,39	80,23
Production primaire mgC / m ³ .heure	39,30 27,08	93,65 77,14	63,27 46,05	59,92 57,62	126,44 118,24
CHCl Br ₂ - µg/l	-	0,11	-	-	-
CHCl Br ₂ - µg/l	-	0,16	-	-	-
CHBr ₂ - µg/l	-	6,1	-	-	-

COMPLEMENT GRAVELINES

30.05.1983

Taxons	Stations	$\Delta T > 5^{\circ}\text{C}$	$3^{\circ}\text{C} < T < 5^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C} < \Delta T < 3^{\circ}\text{C}$	$\Delta T < 1^{\circ}\text{C}$	Avant-port	Moyenne	Ecart-tyt
<i>Hybocodon prolifer</i>		5	0	0	0	0	1	2
<i>Sarsia eximia</i>								
<i>Sarsia prolifera</i>								
<i>Sarsia tubulosa</i>								
<i>Sarsia gemmifera</i>								
<i>Ectopleura dumortieri</i>								
<i>Rathkea octopunctata</i>		11	15	0	6	0	6	7
<i>Laodicea undulata</i>								
<i>Obelia</i> sp.		0	8	0	6	0	3	4
<i>Phialidium hemisphaericum</i>		5	8	0	0	6	4	4
<i>Eucheilota maculata</i>								
<i>Eirene viridula</i>								
<i>Cerinula</i> Larves								
"Méduses" n.d.		16	0	2	0	6	5	7
<i>Pleurobrachia pulex</i>		111	223	85	118	97	127	55
<i>Beroe</i> sp.		5	15	0	12	0	6	7
<i>Sagitta setosa</i>		0	0	0	0	3	1	1
<i>Polydora ciliata</i>		0	31	27	24	0	16	15
<i>Larice conchilega</i>		21	92	36	94	0	28	16
Autres Annélides		0	0	45	0	11	11	19
<i>Evadne</i> sp.		21	31	54	24	11	28	16
<i>Paracalanus parvus</i>		84	0	0	0	0	17	38
<i>Pseudocalanus minutus</i>		905	1108	864	1082	206	833	366
<i>Temora longicornis</i>		28632	50585	20545	48565	35109	36687	12866
<i>Centropages hamatus</i>		5684	10708	2691	7341	7177	6720	2907
<i>Acartia clausi</i>		2653	6154	2709	3906	1120	3304	1875
<i>Oncaea</i> sp.		84	215	127	612	46	217	230
<i>Euterpina acutifrons</i>		42	31	9	141	0	45	56
Autres Copépodes		21	92	36	235	0	77	95
Larves Nauplii Cirripèdes		695	892	527	376	526	603	197
Larves Cypris Cirripèdes		232	554	200	706	23	343	279
<i>Mesopodopsis slabberi</i>								
<i>Schistomysis spiritus</i>								
Larves Cyphonautes		168	400	136	24	91	164	143
<i>Oikopleura dioica</i>		2189	1969	655	2306	491	1522	877
Oeufs de Poissons		184	238	100	124	206	170	57
Larves et alevins de Poissons		68	38	7	35	11	32	24
Reste individus		611	738	245	659	137	478	269
Somme totale								
Zooplancton		42442	74145	29109	59463	45277	50087	17236
Noctiluques			+	90				

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES
PROFILS VERTICAUX

Date : 19 juillet 1983

Stations / Paramètres	Profondeur (m)	Température (°C)	Salinité (‰)	Turbidité (NTU)
Avant-port	0m	18,61	33,769	2,0
	0,5	18,69	-	-
	1,0	18,59	33,774	1,9
	1,5	18,60	-	-
	2,0	18,57	-	-
	2,25	18,57	33,774	3,2
	DT > 5°C	0m	24,00	33,682
0,5		23,60	-	-
1,0		22,60	-	-
1,5		20,18	-	-
2,0		18,99	-	-
2,5		18,86	33,779	7,0
3,0		18,87	-	-
3,5		18,90	-	-
4,0		18,90	-	-
4,5		18,85	-	-
5,0		18,81	33,777	6,0
3°C < DT < 5°C	0m	22,64	33,781	3,4
	0,5	22,55	-	-
	1,0	19,14	-	-
	1,5	18,71	-	-
	2,0	18,61	-	-
	2,5	18,58	33,785	3,9
	3,0	18,56	-	-
	3,5	18,56	-	-
	4,0	18,56	33,780	-
	4,5	18,56	33,780	-
1°C < DT < 3°C	0m	21,45	33,761	4,8
	1,0	20,20	-	-
	1,5	20,18	-	-
	2,0	19,67	33,761	4,9
	2,5	19,57	-	-
	3,0	19,16	33,770	1,3
	3,5	18,76	-	-
DT < 1°C	0m	19,39	33,716	5,2
	0,5	19,23	-	-
	1,0	19,19	-	-
	1,5	19,18	-	-
	2,0	19,20	33,773	4,2
	2,5	19,21	-	-
	3,0	19,19	-	-
	3,5	19,16	-	-
	4,5	19,12	33,778	6,0

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 19 juillet 1983 (surface)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	2,0	-	2,20	-	-
Matières en suspension mg / l	8,61	20,30	19,31	13,29	18,69
Oxygène dissous - ml / l	5,11 5,22 5,32	4,46 3,91 -	4,39 4,65 4,45	4,39 4,43 4,40	4,41 4,41 4,39
pH	-	7,9	7,7	7,8	7,6
NH ₄ - µatg/l	1,20 1,51	7,08 3,46	4,22 3,61	3,47 3,43	3,96 3,75
Nitrates - µatg/l	6,70	1,60	1,10	1,50	0,90
Nitrites - µatg/l	0,36	0,29	0,42	0,38	0,37
Phosphates	0,31	0,65	0,75	0,79	
Silicates - µatg/l	-	14,2	15,80	15,00	22,00
Chlorophylle a - µg/l	7,08 7,27	3,28 3,01	- 3,56	4,86 3,98	5,92 6,18
Pheopigments - µg/l	0	0	0	1,24	0
430/410	1,22 1,23	1,12 1,11	1,19 -	1,21 1,19	1,23 1,17
Indice pigmentaire	2,60 2,58	2,67 2,87	2,95 -	2,65 2,81	2,62 2,72
Carbone total µg/l	1436	617	823	956	1137 1034
Azote total - µg/l	- 225	96 -	113 -	118 -	127 127
C/N	6,36 -	6,38 -	7,28 -	8,08 -	8,95 8,10
Carbone organique particulaire - µg/l	- 1246	454 -	606 -	721 -	729 612
Azote organique particulaire - µg/l	- 215	89 -	106 -	120 -	118 107
C / Chl	163,62	144,82	170,46	163,20	110,89
Production primaire mgC / m ³ .heure	32,47 31,20	4,23 4,48	18,38 21,87	18,39 17,73	14,40 16,11

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 19 juillet 1983 (fond)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	2,0	-	2,20	-	-
Matières en suspension mg / l	18,95	24,10	22,02	20,48	19,59
Oxygene dissous - ml / l	5,32	4,39	4,47	4,47	4,91
	5,25	4,43	4,33	4,47	4,49
	-	-	4,37	4,38	4,32
pH	-	7,8	7,7	7,7	7,8
NH ₄ - µatg/l	4,16	3,35	1,25	3,52	4,03
	1,60	3,23	4,11	3,52	3,62
Nitrates - µatg/l	9,10	1,60	0,40	0,50	0,30
Nitrites - µatg/l	0,39	0,38	0,47	0,48	0,47
Phosphates	0,48	0,73	0,75	0,71	0,62
Silicates - µatg/l	-	15,80	17,40	17,80	15,00
Chlorophylle a - µg/l	8,37	6,53	5,68	5,21	6,54
	7,92	6,03	2,86	4,53	6,31
Phéopigments - µg/l	0	0,41	0	0	0,07
	-	-	-	-	0,07
430/410	1,19	1,18	1,16	1,20	1,22
	1,20	1,09	1,15	1,19	1,19
Indice pigmentaire	2,56	2,76	2,85	2,64	2,60
	2,64	3,05	2,90	2,79	2,67
Carbone total µg/l	1483	1547	1877	1399	819
	1233	-	-	-	-
Azote total - µg/l	227	182	216	161	102
	165	-	-	-	-
C/N	6	182	216	8	7,96
	7	-	-	-	-
Carbone organique particulaire - µg/l	1432	985	1006	957	575
	1115	-	-	-	-
Azote organique particulaire - µg/l	244	166	157	150	98
	182	-	-	-	-
C / Chl	156,49	156,87	235,60	196,70	89,63
Production primaire mgC / m ³ .heure	31,98	19,01	17,88	20,77	32,91
	32,37	15,34	20,50	24,67	24,42

COMPLEMENT GRAVELINES

19.07.83

Taxons	Stations	$\Delta T > 5^{\circ}\text{C}$	$3^{\circ}\text{C} < T < 5^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C} < \Delta T < 3^{\circ}\text{C}$	$\Delta T < 1^{\circ}\text{C}$	Avant-port	Moyenne	Ecart-type
<i>Hybocodon prolifer</i>								
<i>Sarsia erimia</i>								
<i>Sarsia prolifera</i>								
<i>Sarsia tubulosa</i>								
<i>Sarsia gemmifera</i>								
<i>Ectopleura dumortieri</i>		0	9	0	12	0	4	6
<i>Rathkea octopunctata</i>								
<i>Laodicea undulata</i>								
<i>Obelia</i> sp.								
<i>Phialidium hemisphaericum</i>		0	0	12	0	0	2	5
<i>Euchelota maculata</i>								
<i>Eirene viridula</i>								
<i>Cerimula</i> Larves								
"Méduses" n.d.		0	36	0	0	0	7	16
<i>Pleurobrachia pileus</i>								
<i>Beroe</i> sp.								
<i>Sagitta setosa</i>		2	0	6	0	24	6	10
<i>Polydora ciliata</i>		0	142	12	0	32	37	60
<i>Lanice conchilega</i>		84	516	275	320	0	239	203
Autres Annélides		0	36	12	49	128	45	50
<i>Evadne</i> sp.								
<i>Paracalanus parvus</i>		0	18	0	0	32	10	15
<i>Pseudocalanus minutus</i>		99	373	358	197	736	353	243
<i>Temora longicornis</i>		2590	4196	3534	5218	14464	6000	4827
<i>Centropages hamatus</i>		1570	1991	1373	2560	12672	4033	4851
<i>Acartia clausi</i>		1509	1031	1170	3028	896	1527	870
<i>Oncaea</i> sp.		190	391	716	197	0	299	271
<i>Euterpina acutifrons</i>		373	853	478	738	576	604	194
Autres Copépodes		32	89	107	74	256		
Larves Nauplii Cirripèdes		808	2098	1075	1428	1920	98	98
Larves Cypris Cirripèdes		15	196	155	172	32	1466	546
<i>Mesopodopsis slabberi</i>								
<i>Schistomysis spiritus</i>								
Larves Cyphonautes		53	729	478	418	64	348	289
<i>Oikopleura dioica</i>		107	3111	1803	763	672	1291	1187
Oeufs de Poissons		2	9	6	25	0	8	10
Larves et alevins de Poissons		0	9	12	0	0	4	6
Reste individus		617	1351	788	1231	1600	1117	406
Somme totale								
Zooplancton		8051	17184	12370	16430	34104	17628	9905
Noctiluques		267810	1374440	630600	1583080	1744000	872586	746478

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES
PROFILS VERTICAUX

Date : 31 août 1983

Stations / Paramètres	Profondeur (m)	Température (°C)	Salinité (°/°°)	Turbidité (NTU)
Avant-port	0m	19,59	33,219	3,1
	0,5	19,58	-	-
	1,0	19,57	-	-
	1,50	19,57	-	-
	2,0	19,56	-	-
	2,5	19,47	-	-
	3,0	19,44	-	-
	3,5	19,47	-	-
	4,0	19,46	33,214	-
	4,5	19,44	-	-
	5,0	19,43	-	-
	5,5	19,43	-	-
	6,0	19,46	-	-
	6,5	19,41	-	-
	7,0	19,40	-	-
	7,5	19,39	-	-
8,0	19,39	-	-	
8,5	19,58	-	-	
9,0	19,38	33,174	3,3	
9,5	19,39	-	-	
DT > 5°C	0m	27,54	33,271	3,7
	0,5	26,20	-	-
	1,0	25,50	-	-
	1,5	20,00	-	-
	2,0	19,60	-	3,8
	2,5	19,56	-	-
	3,0	19,30	-	-
	3,5	19,07	-	-
	4,0	19,07	-	-
	4,5	19,04	-	-
	5,0	19,03	-	7,55
	5,5	19,02	33,337	6,15
6,5	19,02	-	-	
3°C < DT < 5°C	0m	22,80	33,230	3,6
	4,0	19,13	33,214	4,25
	8,0	19,13	33,324	5,2
1°C < DT < 3°C	0m	20,60	33,276	3,2
	0,50	20,50	-	-
	1,0	20,40	-	-
	1,5	20,18	-	-
	2,0	19,91	-	-
	2,5	19,90	-	-
	3,0	19,70	-	-
	3,5	19,15	33,334	5,6
	4,0	19,14	-	-
	4,5	19,14	33,362	7,55
5,0	19,12	-	-	

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 31 août 1983 (surface)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	1,50	1,25	-	1,50	-
Matières en suspension mg / l	6,13	8,29	7,27	7,37	-
Oxygene dissous - ml / l	4,26 4,27 4,29	3,65 - -	3,94 - -	3,88 - -	- - -
pH	8,19	8,19	8,18	8,19	-
NH ₄ - µatg/l	1,63	3,44	1,24	2,78	-
Nitrates - µatg/l	0,20	0,90	traces	0,00	-
Nitrites - µatg/l	0,24	0,27	0,19	0,21	-
Phosphates	0,60	1,16	0,27	0,97	-
Silicates - µatg/l	2,90	3,30	1,90	2,40	-
Chlorophylle a - µg/l	10,01 9,39	8,27 8,69	12,18 11,45	9,29 9,08	- -
Phéopigments - µg/l	0,44 1,14	1,54 1,60	0,55 1,60	2,18 1,62	- -
430/410	1,17 1,18	1,16 1,16	1,20 1,18	1,18 1,18	- -
Indice pigmentaire	2,23 2,35	2,43 2,42	2,39 2,39	2,42 2,39	- -
Carbone total µg/l	-	1066	1324	1063	-
Azote total - µg/l	129	126	156	137	-
C/N	-	8,45	8,48	7,75	-
Carbone organique particulaire - µg/l	494	752	-	675	-
Azote organique particulaire - µg/l	-	117	122	122	-
C / Chl	50,95	86,35	-	73,51	-
Production primaire mgC / m ³ .heure	-	-	-	-	-
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	<0,03	0,11	0,16	0,16
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	0,05	<0,03	<0,03	<0,03
CHBr ₃ - µg/l	0,2	2,5	0,8	0,2	2,1

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 31 août 1983 (fond)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	1,50	1,25	-	1,50	-
Matières en suspension mg / l	-	14,56	9,24	22,83	-
Oxygène dissous - ml / l	4,20 4,16 4,12	4,11 3,68 3,78	3,90 4,08 3,84	3,74 3,72 3,90	- - -
pH	8,20	8,18	8,20	8,18	-
NH ₄ - µatg/l	1,78	2,16	2,05	2,49	-
Nitrates - µatg/l	0,10	traces	0,30	traces	-
Nitrites - µatg/l	0,24	0,16	0,13	0,18	-
Phosphates	0,30	0,92	0,73	0,69	-
Silicates - µatg/l	3,20	2,10	2,30	2,20	-
Chlorophylle a - µg/l	10,2 10,0	10,6 9,8	13,5 12,6	11,2 9,9	- -
Pheopigments - µg/l	0,6 0,8	2,4 2,2	1,3 1,8	3,5 0,7	- -
430/410	1,2 1,2	1,1 1,4	1,1 1,1	1,1 1,1	- -
Indice pigmentaire	2,37 2,41	2,41 2,45	2,40 2,40	2,51 2,49	- -
Carbone total µg/l	887	1113	1413	-	-
Azote total - µg/l	121	125	156	-	-
C/N	7,23	8,88	9,05	-	-
Carbone organique particulaire - µg/l	723	690	775	-	-
Azote organique particulaire - µg/l	131	118	130	-	-
C / Chl	71,88	67,54	59,79	-	-
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	0,13	0,18	0,17	<0,03
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
CHBr ₃ - µg/l	<0,2	0,4	0,4	0,8	0,2

Taxons	Stations	$\Delta T > 5^{\circ}\text{C}$	$3^{\circ}\text{C} < T < 5^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C} < \Delta T < 3^{\circ}\text{C}$	$\Delta T < 1^{\circ}\text{C}$	Avant-port	Moyenne	Ecart-type
<i>Hydocodon prolifer</i>								
<i>Sarsia eximia</i>								
<i>Sarsia prolifera</i>								
<i>Sarsia tubulosa</i>								
<i>Sarsia gemmifera</i>								
<i>Ectopleura dumortieri</i>	3	57	19	12	20	22	21	
<i>Rathkea octopunctata</i>								
<i>Laodicea undulata</i>								
<i>Obelia</i> sp.	7	0	4	0	20	6	8	
<i>Phialidium hemisphaericum</i>	3	24	19	11	5	12	9	
<i>Eucheilota maculata</i>								
<i>Eirene viridula</i>								
<i>Cerimula</i> Larves								
"Méduses" n.d.	0	0	7	0	0	1	3	
<i>Pleurobrachia pileus</i>	3	0	3	2	0	2	2	
<i>Beroe</i> sp.								
<i>Sagitta setosa</i>	99	171	127	53	7	91	64	
<i>Polydora ciliata</i>	7	196	97	42	15	71	78	
<i>Larice conchilega</i>	1388	3690	4067	837	2094	2415	1414	
Autres Annélides	291	2335	1032	65	440	833	913	
<i>Evadne</i> sp.								
<i>Paracalanus parvus</i>	192	82	239	151	44	142	79	
<i>Pseudocalanus minutus</i>	0	0	7	0	0	1	3	
<i>Temora longicornis</i>	195	400	217	277	183	254	89	
<i>Centropages hamatus</i>	357	490	292	326	306	354	80	
<i>Acartia clausi</i>	767	963	703	332	420	637	259	
<i>Oncaea</i> sp.	86	1347	606	298	10	469	542	
<i>Euterpina acutifrons</i>	274	669	396	160	316	363	191	
Autres Copépodes	393	914	733	369	331	548	260	
Larves Nauplii Cirripèdes	473	653	411	163	568	454	187	
Larves Cypris Cirripèdes	60	327	239	194	449	254	146	
<i>Mesopodopsis slabberi</i>								
<i>Schistomysis spiritus</i>	0	0	0	0	1			
Larves Cyphonautes	129	473	291	68	435	279	180	
<i>Oikopleura dioica</i>	76	237	269	111	296	198	98	
Oeufs de Poissons								
Larves et alevins de Poissons								
Reste individus	109	457	209	111	435	264	171	
Somme totale	4912	13485	9987	3582	6395	7672	4035	
Zooplancton								
Noctiluques			2170		930			

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES
 PROFILS VERTICAUX

Date : 7 octobre 1983

Stations / Paramètres	Profondeur (m)	Température (°C)	Salinité (°/°°)	Turbidité (NTU)
Avant-port	0m	16,83	34,126	20,0
	0,50	16,83	-	-
	1,00	16,82	34,151	6,0
	1,00	16,82	-	-
	2,00	16,82	34,134	4,0
	2,50	16,82	-	-
	3,00	16,81	34,133	1,6
	3,50	16,81	-	-
	4,00	16,82	34,144	1,5
	4,50	16,83	-	-
	5,00	16,83	31,150	1,50
	5,50	16,83	-	-
	6,00	16,83	34,075	1,5
	6,50	16,83	-	-
	7,00	16,83	34,076	2,0
fond	16,84	-	-	
3°C < DT < 5°C	0m	20,64	34,084	22
	0,50	20,50	-	-
	1,00	20,13	34,088	23
	1,50	19,31	-	-
	2,00	18,80	34,93	15
	2,50	18,60	-	-
	3,00	18,00	34,105	30
	3,50	17,64	-	-
	4,00	17,64	34,102	46
	4,50	17,30	-	-
	fond	17,30	34,104	42
1°C < DT < 3°C	0m	19,36	34,093	20
	0,50	19,37	-	-
	1,00	19,22	34,082	16
	1,50	17,71	-	-
	2,00	17,71	-	-
	2,00	17,50	34,097	18
	2,50	17,20	-	-
	3,00	16,97	34,122	28
	3,50	16,99	-	-
	4,00	16,92	34,105	26
	4,50	16,95	-	-
	5,00	16,90	34,113	42
	5,50	16,86	-	-
	6,00	16,84	34,117	76
	6,50	16,84	34,122	56

PROFILS VERTICAUX (suite)

Date : 7 octobre 1983

DT < 1°C	0m	17,41	34,121	50
	0,50	17,46	-	-
	1,00	17,48	30,149	30
	1,50	17,48	-	-
	2,00	17,54	32,828	18
	2,50	17,37	32,828	-
	3,00	17,32	33,940	22
	3,50	17,17	-	-
	4,00	17,13	34,118	38
	4,50	17,12	-	-
	5,00	17,12	34,133	52
	5,50	17,13	-	-
	6,00	17,09	34,121	56
	fond	17,10	34,125	62

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 7 octobre 1983 (surface)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	1,0	-	0,50	-	-
Matières en suspension mg / l	17,92	-	24,84	-	47,40
Oxygene dissous - ml / l	2,19	-	4,21	4,27	4,28
	3,05	-	4,31	-	4,37
	3,87	-	-	-	4,41
pH	7,76	-	7,71	7,76	7,72
NH ₄ - µatg/l	0,63	-	0,64	0,61	1,39
	0,66	-	0,66	0,61	1,36
Nitrates - µatg/l	4,50	-	8,90	9,00	15,90
Nitrites - µatg/l	1,00	-	1,00	0,82	1,70
Phosphates	1,50	-	1,78	1,34	2,03
Silicates - µatg/l	9,70	-	16,40	13,40	13,90
Chlorophylle a - µg/l	3,11	-	4,26	3,56	6,82
	3,04	-	4,09	4,59	6,40
Phéopigments - µg/l	0,69	-	-	1,08	-
	0,69	-	1,24	1,13	1,60
430/410	1,08	-	0,99	1,00	1,05
	1,05	-	0,97	0,91	1,01
Indice pigmentaire	2,50	-	2,70	2,68	2,56
	2,61	-	2,63	2,39	2,59
Carbone total µg/l	631	-	2305	1535	1461
Azote total - µg/l	51,08	-	-	96,78	-
C/N	12,35	-	-	15,85	-
Carbone organique particulaire - µg/l	596	-	423	-	1123
Azote organique particulaire - µg/l	58	-	85	68	106
C / Chl	193,54	-	101,20	-	169,82
Production primaire mgC / m ³ .heure	11,11	-	8,31	12,28	11,16
	9,43	-	7,37	10,45	10,32
CHCL Br ₂ - µg/l	<0,03	-	<0,03	<0,03	<0,03
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	-	0,08	0,05	<0,03
CHBr ₃ - µg/l	0,6	-	4,2	2,5	1,3

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 7 octobre 1983 (fond)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	1,0	-	0,50	0,60	0,40
Matières en suspension mg / l	17,12	-	37,84	-	54,38
Oxygène dissous - ml / l	3,10	-	4,43	4,38	4,40
	3,08	-	4,63	4,34	-
	4,18	-	-	4,40	-
pH	7,82	-	7,80	7,76	7,74
NH ₄ - µatg/l	0,65	-	0,61	0,75	0,67
	0,65	-	0,59	0,59	0,71
Nitrates - µatg/l	5,70	-	9,20	7,40	12,10
Nitrites - µatg/l	0,98	-	0,79	0,55	1,09
Phosphates	1,38	-	1,42	1,19	2,11
Silicates - µatg/l	9,60	-	14,10	11,60	14,30
Chlorophylle a - µg/l	-	-	4,47	5,57	-
	3,78	-	4,04	5,45	-
Pheopigments - µg/l	-	-	0,62	1,91	-
	-	-	1,92	2,33	-
430/410	-	-	0,99	0,97	-
	1,08	-	1,00	1,01	-
Indice pigmentaire	-	-	2,72	2,81	-
	2,57	-	2,73	3,04	2,78
Carbone total µg/l	786	-	1938	-	3448
Azote total - µg/l	50	-	108	-	169
C/N	15,5	-	17,94	-	20,29
Carbone organique particulaire - µg/l	482	-	1072	-	20
Azote organique particulaire - µg/l	56	-	108	-	165
C / Chl	127,52	-	251,98	-	395,58
Production primaire mgC / m ³ .heure	4,92	-	9,48	11,57	12,20
	5,76	-	10,69	10,37	12,26
CHCL Br ₂ - µg/l	<0,03	-	<0,03	<0,03	<0,03
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	-	0,11	<0,03	<<0,03
CHBr ₃ - µg/l	0,8	-	4,4	1,15	0,8

COMPLEMENT GRAVELINES

7.10.1983

Taxons	Stations	$\Delta T > 5^{\circ}\text{C}$	$3^{\circ}\text{C} < T < 5^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C} < \Delta T < 3^{\circ}\text{C}$	$\Delta T < 1^{\circ}\text{C}$	Avant-port	Moyenne	Ecart-type
<i>Hybocodon prolifer</i>								
<i>Sarsia eximia</i>								
<i>Sarsia prolifera</i>								
<i>Sarsia tubulosa</i>								
<i>Sarsia gemmifera</i>								
<i>Ectopleura dumortieri</i>								
<i>Rathkea octopunctata</i>								
<i>Laodicea undulata</i>								
<i>Obelia</i> sp.			0	10	0	7	4	5
<i>Phialidium hemisphaericum</i>			1	0	4	0	1	2
<i>Eucheilota maculata</i>								
<i>Eirene viridula</i>								
<i>Cerimula</i> Larves								
"Méduses" n.d.								
<i>Pleurobrachia pileus</i>								
<i>Beroe</i> sp.								
<i>Sagitta setosa</i>			165	1107	869	258	600	460
<i>Polydora ciliata</i>			0	0	0	7	2	4
<i>Larice conchilega</i>			269	782	1661	1105	954	584
Autres Annélides			63	315	1966	280	656	880
<i>Evadne</i> sp.								
<i>Paracalanus parvus</i>			164	640	350	753	477	269
<i>Pseudocalanus minutus</i>			0	41	15	0	14	19
<i>Temora longicornis</i>			217	406	290	309	305	78
<i>Centropages hamatus</i>			42	152	91	144	107	51
<i>Acartia clausi</i>			760	1636	1280	997	1168	377
<i>Oncaea</i> sp.			723	1016	975	100	703	423
<i>Euterpina acutifrons</i>			465	2174	1463	596	1175	800
Autres Copépodes			211	2357	1265	825	1165	905
Larves Nauplii Cirripèdes			121	1199	1890	1937	1287	847
Larves Cypris Cirripèdes			16	0	15	72	26	32
<i>Mesopodopsis slabberi</i>			26	5	23	2	14	12
<i>Schistomysis spiritus</i>			11	3	15	0	7	7
Larves Cyphonautes			211	1829	1539	1722	1325	752
<i>Oikopleura dioica</i>			259	894	1798	552	876	667
Oeufs de Poissons								
Larves et alevins de Poissons			0	1	0	0	0	0
Reste individus			507	2113	2560	1148	1582	928
Somme totale Zooplancton			4231	16680	18069	10814	12449	6317
Noctiluques								

Zone non échantillonnée.

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

PROFILS VERTICAUX

Date : 21 mars 1984

Stations / Paramètres	Profondeur (m)	Température (°C)	Salinité (°/°°)	Turbidité (NTU)
Avant-port	surf.	6,06	33,721	6,0
	0,5	6,10	-	-
	1,0	6,10	-	-
	1,5	5,94	-	-
	2,0	5,88	-	-
	fond	5,84	33,741	3,0
DT < 1°C	surf.	7,15	33,734	6,0
	0,5	6,87	-	-
	1,0	6,87	-	-
	2,0	6,84	-	-
	fond	6,84	33,734	18,0
1°C < DT < 3°C	surf.	8,88	33,737	6,0
	0,5	8,50	-	-
	1,0	6,88	-	-
	1,5	6,44	-	-
	2,0	6,35	-	-
	fond	6,34	33,733	6,0
3°C < DT < 5°C	surf.	9,86	33,743	7,0
	1,0	9,23	-	-
	2,0	8,37	-	-
	2,5	6,87	-	-
	3,0	6,04	-	-
	3,5	5,86	-	-
	4,0	5,80	-	-
	4,5	5,79	-	-
	fond	5,82	33,729	6,5
DT > 5°C	surf.	14,34	33,729	7,0
	0,5	14,96	-	-
	1,0	14,39	-	-
	1,5	13,14	-	-
	2,0	13,66	-	-
	2,5	11,16	-	-
	3,0	8,21	-	-
	3,5	7,11	-	-
	4,0	7,46	-	-
	5,0	6,66	-	-
	fond	6,32	33,732	8,5

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 21 mars 1984 (surface)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	1,80	1,20	1,50	0,80	0,50
Matières en suspension mg / l	5,2	16,8	15,7	15,2	21,5
Oxygène dissous - ml / l	5,79 6,00	5,41 5,43	5,27 5,39	5,78 5,89	5,76 5,84
pH	8,10	8,11	8,12	8,13	8,13
NH ₄ - µatg/l	0,36	0,81	0,64	0,77	0,59
Nitrates - µatg/l	14,6	15,8	17,1	13,8	15,6
Nitrites - µatg/l	0,43	0,51	0,54	0,40	0,49
Phosphates	0,66	0,55	0,30	0,42	0,67
Silicates - µatg/l	-	-	-	-	-
Chlorophylle a - µg/l	1,82	4,31	3,72	3,40	-
Pheopigments - µg/l	0,52	1,34	0,77	1,39	-
430/410	1,07	1,07	1,10	1,08	-
Indice pigmentaire	2,32	2,30	2,36	2,41	-
Carbone total µg/l	799	850	1075	523	2123
Azote total - µg/l	378	52	54	29	104
C/N	21,02	16,34	19,62	20,10	20,39
Carbone organique particulaire - µg/l	351	476	857	258	2100
Azote organique particulaire - µg/l	42	46	86	25	116
C / Chl	192,87	110,63	230,58	76,07	-
Production primaire mgC / m ³ .heure	7,66 5,81	16,93 15,93	10,85 16,23	10,98 9,50	20,90 17,58
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	Toutes les valeurs sont inférieures aux limites de détection.			
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03				
CHBr ₃ - µg/l	<0,02				

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 21 mars 1984 (fond)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	1,80	1,10	1,50	0,80	0,50
Matières en suspension mg / l	4,56	17,62	16,23	25,00	20,62
Oxygène dissous - ml / l	5,82	5,52	5,56	5,77	5,61
	5,83	5,20	5,66	5,86	5,70
pH	8,07	8,09	8,12	8,13	8,13
NH ₄ - µatg/l	0,57	0,84	0,77	0,43	0,50
Nitrates - µatg/l	15,6	16,5	15,2	14,1	15,5
Nitrites - µatg/l	0,66	0,46	0,52	0,40	0,51
Phosphates	0,51	0,41	0,16	0,53	0,74
Silicates - µatg/l	-	-	-	-	-
Chlorophylle a - µg/l	1,93	4,26	3,40	5,37	6,60
Pheopigments - µg/l	0,77	1,43	0,80	2,30	3,18
430/410	1,06	1,06	1,10	1,04	1,04
Indice pigmentaire	2,26	2,25	2,30	2,41	2,46
Carbone total µg/l	582	1363	1289	1869	2400
Azote total - µg/l	37	86	104	135	147
C/N	15,47	15,77	12,36	13,79	16,27
Carbone organique particulaire - µg/l	240	843	582	1215	2515
Azote organique particulaire - µg/l	10	95	65	85	284
C / Chl	124,39	198,08	171,39	226,40	381,40
Production primaire mgC / m ³ .heure	9,57	20,77	12,65	17,66	27,42
	9,58	-	13,69	21,22	18,53
CHCL Br ₂ - µg/l	<0,03	Toutes les valeurs sont inférieures aux limites de détection			
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03				
CHBr ₃ - µg/l	<0,02				

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES
PROFILS VERTICAUX

Date : 17 avril 1984

Stations / Paramètres	Profondeur (m)	Température (°C)	Salinité (°/°°)	Turbidité (NTU)
Avant-port	0m	8,80	-	2,0
	0,5	8,65	-	-
	1,0	8,60	-	-
	1,5	8,59	-	-
	2,0	8,49	-	-
	2,5	8,43	-	-
	3,0	8,40	-	-
	fond	8,40	-	2,0
DT < 1°C	0m	8,70	-	19,0
	0,5	8,66	-	-
	1,0	8,65	-	-
	1,5	8,64	-	-
	2,0	8,65	-	-
	3,0	8,64	-	-
	4,0	8,65	-	-
	fond	8,65	-	9,5
1°C < DT < 3°C	0m	10,39	-	8,5
	0,5	9,05	-	-
	1,0	8,90	-	-
	1,5	9,20	-	-
	2,0	8,85	-	-
	3,0	8,81	-	-
	4,0	8,78	-	-
	fond	8,75	-	3,0
3°C < DT < 5°C	0m	11,43	-	17,0
	0,5	11,01	-	-
	1,0	10,28	-	-
	1,5	10,02	-	-
	2,0	9,37	-	-
	2,5	9,35	-	-
	3,0	9,29	-	-
	3,5	9,34	-	-
	4,0	9,34	-	-
	4,5	9,26	-	-
	fond	9,26	-	6,4
DT > 5°C	0m	18,82	33,897	2,9
	0,5	18,15	-	-
	1,0	16,90	-	-
	1,5	16,82	-	-
	2,0	15,40	33,956	-
	2,5	12,93	-	-
	3,00	10,76	-	-
	3,5	10,38	-	-
	4,0	10,36	-	-
	fond	10,35	33,955	3,0

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 17 avril 1984 (surface)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	2,0	1,0	1,0	0,50	0,50
Matières en suspension mg / l	19,77	9,69	35,96	23,85	44,82
Oxygène dissous - ml / l	-	6,90	7,91	7,20	7,62
	8,76	6,71	-	8,02	7,96
pH	8,40	8,30	8,39	8,40	8,41
NH ₄ - µatg/l	0,50	-	2,39	0,95	0,44
Nitrates - µatg/l	0	0	0	0	0
Nitrites - µatg/l	0,10	0,17	0,10	0,09	0,09
Phosphates	0,16	0,34	0,02	0,05	0,29
Silicates - µatg/l	-	-	-	-	-
Chlorophylle a - µg/l	7,07	16,95	30,77	24,08	18,10
Pheopigments - µg/l	traces	2,64	4,20	2,752	4,01
430/410	1,26	1,21	1,17	1,10	1,12
Indice pigmentaire	2,37	2,37	2,34	2,37	2,33
Carbone total µg/l	-	1527	3107	2568	-
Azote total - µg/l	-	146	265	219	-
C/N	-	10,45	11,72	11,72	-
Carbone organique particulaire - µg/l	703	848	1808	991	-
Azote organique particulaire - µg/l	100	108	204	123	-
C / Chl	99,55	50,06	58,78	41,16	-
Production primaire mgC / m ³ .heure	33,81 34,54	102,54 65,19	66,73 61,71	72,01 59,82	55,97 49,46
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	Toutes les valeurs sont inférieures au seuil de détection.			
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03				
CHBr ₃ - µg/l	<0,02				

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 17 avril (fond)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	2,0	1,0	1,0	0,50	0,50
Matières en suspension mg / l	9,24	11,35	23,22	21,21	33,38
Oxygène dissous - ml / l	8,26 8,27	6,15 6,11	7,46 7,55	7,67 -	7,79 7,91
pH	2,43	8,35	8,39	8,40	8,41
NH ₄ - µatg/l	0,33	0,90	1,79	0,75	0,56
Nitrates - µatg/l	0	0	0	0	0
Nitrites - µatg/l	0,09	0,11	0,13	0,17	0,13
Phosphates	-	0,39	0,31	0,33	0,21
Silicates - µatg/l	-	-	-	-	-
Chlorophylle a - µg/l	6,16	16,59	24,43	16,23	14,63
Pheopigments - µg/l	1,06	2,66	3,71	3,09	2,30
430/410	1,24	1,20	1,19	1,19	1,14
Indice pigmentaire	2,34	2,36	2,30	2,31	2,28
Carbone total µg/l	-	2097	2489	1454	-
Azote total - µg/l	-	194	239	157	-
C/N	-	10,76	10,39	9,21	-
Carbone organique particulaire - µg/l	716	1281	1554	760	-
Azote organique particulaire - µg/l	102	160	192	85	-
C / Chl	116,31	77,25	63,61	48,86	-
Production primaire mgC / m ³ .heure	30,24 31,08	59,80 58,96	55,57 54,64	41,45 42,49	59,52 61,13
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	Toutes les valeurs mesurées sont inférieures au seuil de détection.			
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03				
CHBr ₃ - µg/l	<0,03				

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

PROFILS VERTICAUX

Date : 5 mai 1984

Stations / Parametres	Profondeur (m)	Temperature (°C)	Salinite (°/°°)	Turbidite (NTU)
Avant-port	0m	10,85	33,760	1,4
	1,0	10,82	-	-
	2,0	10,81	-	-
	3,0	10,79	-	-
	4,0	10,77	-	-
	5,0	10,77	-	-
	fond	10,77	33,752	1,4
DT < 1°C	0m	11,70	33,726	4,0
	1,0	11,64	-	-
	2,0	11,64	-	-
	3,0	11,63	-	-
	4,0	11,64	-	-
	fond	11,65	33,753	3,5
1°C < DT < 3°C	0m	13,07	33,754	2,5
	0,5	11,47	-	-
	1,0	11,19	-	-
	2,0	11,13	-	-
	3,0	11,11	-	-
	4,0	11,10	-	-
	fond	11,09	33,762	7,5
	3°C < DT < 5°C	0m	14,70	33,732
0,5		14,44	-	-
1,0		13,66	-	-
1,5		12,80	-	-
2,0		11,86	-	-
2,5		11,84	-	-
3,0		11,27	33,747	-
3,5		11,15	-	-
4,0		11,10	-	-
4,5		11,08	-	-
5,0		11,08	-	-
fond		11,10	33,755	4,0
DT > 5°C	0m	18,50	33,755	1,95
	1,0	15,20	-	-
	2,0	16,43	-	-
	3,0	11,72	-	-
	4,0	11,40	-	-
	5,0	11,34	-	-
	fond	11,35	33,762	2,5

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 5 mai 1984 (surface)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	2,50	1,90	1,50	1,20	1,0
Matières en suspension mg / l	16,3	11,5	-	16,9	-
Oxygène dissous - ml / l	6,70 6,50	5,84 5,60	7,67 6,57	6,89 6,81	6,97 6,69
pH	8,37	8,39	8,46	8,36	2,39
NH ₄ - µatg/l	traces	0,28	traces	0,06	traces
Nitrates - µatg/l	0	0	0,3	0	3,4
Nitrites - µatg/l	0,16	0,20	0,14	0,12	0,15
Phosphates	0,31	0,29	0,18	0,17	0,36
Silicates - µatg/l	-	-	-	-	-
Chlorophylle a - µg/l	5,52	-	5,02	8,00	12,00
Phéopigments - µg/l	0,62	-	0,78	2,36	1,47
430/410	1,07	-	1,03	1,21	1,04
Indice pigmentaire	2,14	-	2,34	2,42	2,88
Carbone total µg/l	875	886	1071	1910	2619
Azote total - µg/l	103	109	108	203	298
C/N	8,46	8,06	9,86	9,40	8,78
Carbone organique particulaire - µg/l	956	771	952	1079	2383
Azote organique particulaire - µg/l	118	100	127	143	305
C / Chl	173,22	-	189,82	134,91	198,58
Production primaire mgC / m ² .heure	13,8 14,6	7,0 8,7	24,3 24,3	30,9 26,7	33,1 37,7
CHCL Br ₂ - µg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	0,31	0,10	0,05	<0,03
CHBr ₃ - µg/l	0,3	11,4	4,6	3,2	1,4

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 5 mai 1984 (fond)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	2,50	1,90	1,50	1,20	1,0
Matières en suspension mg / l	10,3	9,9	17,1	-	-
Oxygène dissous - ml / l	7,00 7,04	6,26 6,03	6,68 6,69	7,03 6,68	6,70 7,10
pH	8,40	8,36	8,42	8,45	8,39
NH ₄ - µatg/l	traces	0,16	0,03	traces	traces
Nitrates - µatg/l	0	0	0	0	0
Nitrites - µatg/l	0,13	0,14	0,18	0,17	0,16
Phosphates	0,14	0,14	0,36	0,64	0,44
Silicates - µatg/l	-	-	-	-	-
Chlorophylle a - µg/l	4,32	6,07	10,40	15,58	12,98
Pheopigments - µg/l	0,20	1,69	2,50	1,46	2,15
430/410	0,90	1,02	1,11	0,89	1,20
Indice pigmentaire	2,20	2,31	2,43	2,15	2158,91
Carbone total µg/l	914	1352	2457	3740	2158
Azote total - µg/l	104	138	233	327	225
C/N	8,78	9,76	10,52	11,43	9,55
Carbone organique particulaire - µg/l	952	1028	1764	2652	844
Azote organique particulaire - µg/l	113	135	197	275	104
C / Chl	220,45	169,36	169,63	170,25	65,04
Production primaire mgC / m ³ .heure	18,2 16,9	16,4 16,5	22,1 29,7	44,9 39,8	38,5 33,1
CHCL Br ₂ - µg/l	-	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
CHCl Br ₂ - µg/l	-	0,05	<0,03	<0,03	<0,03
CHBr ₃ - µg/l	-	3,2	1,8	1,4	1,4

COMPLEMENT GRAVELINES

5.05.1984

Taxons	Stations	$\Delta T > 5^{\circ}\text{C}$	$3^{\circ}\text{C} < T < 5^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C} < \Delta T < 3^{\circ}\text{C}$	$\Delta T < 1^{\circ}\text{C}$	Avant-port	Moyenne	Ecart-type
<i>Hybocodon prolifer</i>								
<i>Sarsia erimia</i>								
<i>Sarsia prolifera</i>								
<i>Sarsia tubulosa</i>								
<i>Sarsia gemmifera</i>								
<i>Ectopleura dumortieri</i>								
<i>Rathkea octopunctata</i>		55	178	273	253	200	192	86
<i>Laodicea undulata</i>								
<i>Obelia</i> sp.		0	15	18	84	0	23	35
<i>Phialidium hemisphaericum</i>								
<i>Eucheilota maculata</i>								
<i>Eirene viridula</i>		0	15	0	0	0	3	7
<i>Cerimula</i> Larves		255	0	0	0	0	51	114
"Méduses" n.d.		9	0	0	42	11	12	17
<i>Pleurobrachia pileus</i>		336	578	655	1389	395	671	422
<i>Beroe</i> sp.		18	59	36	147	11	54	55
<i>Sagitta setosa</i>		9	30	0	105	5	30	44
<i>Polydora ciliata</i>		73	119	73	337	42	128	120
<i>Larice conchilega</i>		1927	1719	1018	1179	737	1316	495
Autres Annélides		255	1007	1309	1516	632	944	509
<i>Evadne</i> sp.								
<i>Paracalanus parvus</i>		36	0	0	337	21	79	145
<i>Pseudocalanus minutus</i>		764	889	1164	7579	611	2201	3013
<i>Temora longicornis</i>		43200	65659	39273	157642	37726	68700	50979
<i>Centropages hamatus</i>		3382	3615	2509	9600	884	3998	3310
<i>Acartia clausi</i>		6473	8889	7127	23747	4211	10089	7816
<i>Oncasa</i> sp.		327	119	109	84	42	136	111
<i>Euterpina acutifrons</i>		36	59	0	0	42	27	26
Autres Copépodes		145	0	36	84	63	66	54
Larves Nauplii Cirripèdes		1345	1422	1418	6063	905	2031	2298
Larves Cypris Cirripèdes		545	356	218	1179	84	476	428
<i>Mesopodopsis slabberi</i>								
<i>Schistomysis spiritus</i>		18						
Larves Cyphonautes		1491	2726	2218	10442	1768	3729	3782
<i>Oikopleura dioica</i>		10182	12444	11491	32674	10863	15531	9619
Oeufs de Poissons		55	178	127	358	58	155	124
Larves et alevins de Poissons		9	74	36	42	32	39	23
Reste individus		1055	1896	1600	3200	884	1727	919
Somme totale Zooplancton		72000	102046	70710	258083	60227	112613	82799
Noctiluques		3820	14340	12950	4040	9680	8966	4899

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES
PROFILS VERTICAUX

Date : 7 juin 1984

Stations / Paramètres	Profondeur (m)	Temperature (°C)	Salinité (°/°°)	Turbidité (NTU)
Avant-port	0m	12,51	32,767	4,8
	0,5	12,49	-	-
	1,0	12,47	-	-
	1,5	12,60	-	-
	2,0	12,50	-	-
	2,5	12,50	-	-
	3,0	12,49	-	-
	3,5	12,50	-	-
	fond	12,53	32,793	4,7
DT = 1°C	0m	12,37	33,193	16,5
	0,5	12,35	-	-
	1,0	12,36	-	-
	1,5	12,37	-	-
	2,0	12,37	6	-
	2,5	12,38	-	-
	3,0	12,39	-	-
	4,0	12,40	-	-
	fond	12,40	33,195	16,0
1°C < DT < 3°C	0m	13,33	33,187	7,5
	0,5	13,36	-	-
	1,0	13,53	-	-
	2,0	13,45	-	-
	3,0	13,59	-	-
	4,0	13,75	-	-
	fond	13,89	33,189	10,5
3°C < DT < 5°C	0m	15,15	33,195	8,5
	0,5	14,93	-	-
	1,0	14,84	-	-
	1,5	14,58	-	-
	2,0	12,88	-	-
	2,5	12,38	-	-
	3,0	12,31	-	-
	3,5	12,27	-	-
	4,0	12,15	-	-
fond	12,03	33,234	7,5	
DT > 5°C	0m	21,78	32,793	6,0
	0,5	22,02	-	-
	1,0	22,03	-	-
	1,5	21,85	-	-
	2,0	20,97	-	-
	2,5	18,19	-	-
	3,0	16,60	-	-
	3,5	15,09	-	-
	4,0	12,08	32,876	6,0

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 7 juin 1984 (surface)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	1,70	1,0	1,50	1,0	0,8
Matières en suspension mg / l	6,2	12,2	26,0	14,7	21,3
Oxygène dissous - ml / l	4,84	5,06	4,74	4,91	4,88
	4,90	5,06	4,84	4,87	4,89
pH	8,08	8,06	8,03	8,01	8,01
NH ₄ - µatg/l	-	-	-	-	-
Nitrates - µatg/l	4,5	3,4	4,6	3,6	4,0
Nitrites - µatg/l	0,53	0,60	0,70	0,56	0,60
Phosphates	0,95	1,34	1,06	1,12	1,14
Silicates - µatg/l	-	-	-	-	-
Chlorophylle a - µg/l	3,17	2,03	3,70	3,90	4,68
Pheopigments - µg/l	2,02	1,58	2,95	3,21	4,07
430/410	0,95	0,90	0,86	0,86	0,82
Indice pigmentaire	2,90	2,82	2,74	2,82	2,67
Carbone total µg/l	854	1115	1542	1311	2241
Azote total - µg/l	106	129	159	135	888
C/N	7,987	8,624	9,644	9,672	2,521
Carbone organique particulaire - µg/l	914	558	944	581	216
Azote organique particulaire - µg/l	153	97	163	106	153
C / Chl	288,48	275,06	255,35	149,20	46,35
Production primaire mgC / m ³ .heure	12,5	2,0	11,0	14,5	12,4
	12,1	2,4	11,5	14,7	12,5
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	0,56	0,10	0,10	<0,03
CHBr ₃ - µg/l	0,9	16,0	3,2	2,7	1,4

ETUDE COMPLEMENTAIRE A LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES

Date : 7 juin 1984 (fond)

Paramètres / Stations	Avant-Port	DT=4,9°C	3°C<DT<5°C	1°C<DT<3°C	DT<1°C
Secchi	1,7	1,0	1,50	1,0	0,80
Matières en suspension mg / l	12,8	30,0	17,0	29,0	32,8
Oxygène dissous - ml / l	4,80 5,50	- 4,88	4,75 4,88	5,16 4,77	4,90 4,75
pH	8,07	8,04	8,02	7,98	8,02
NH ₄ - µatg/l	-	-	-	-	-
Nitrates - µatg/l	4,1	2,4	3,7	3,5	4,2
Nitrites - µatg/l	0,61	0,47	0,60	0,56	0,61
Phosphates	1,29	0,97	1,09	1,34	1,06
Silicates - µatg/l	-	-	-	-	-
Chlorophylle a - µg/l	3,30	2,70	4,20	4,10	6,15
Pheopigments - µg/l	1,84	2,45	2,36	3,59	3,69
430/410	0,94	0,85	0,85	0,91	0,93
Indice pigmentaire	2,90	2,89	2,77	3,08	2,91
Carbone total µg/l	862	-	1683	1874	2914
Azote total - µg/l	119	-	178	180	265
C/N	7,79	-	9,43	10,40	10,95
Carbone organique particulaire - µg/l	651	720	696	1005	1348
Azote organique particulaire - µg/l	120	123	121	176	243
C / Chl	197,50	266,89	165,79	245,12	219,21
Production primaire mgC / m ³ .heure	12,7 14,4	2,2 2,6	11,1 11,7	10,6 11,6	17,4 12,0
CHCL Br ₂ - µg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
CHCl Br ₂ - µg/l	<0,03	0,36	0,10	a,12	<0,03
CHBr ₃ - µg/l	0,9	9,6	2n7	3,2	1,4

COMPLEMENT GRAVELINES

7.06.1984

Taxons	Stations	$\Delta T > 5^{\circ}\text{C}$	$3^{\circ}\text{C} < T < 5^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C} < \Delta T < 3^{\circ}\text{C}$	$\Delta T < 1^{\circ}\text{C}$	Avant-port	Moyenne	Ecart-typ
<i>Hybocodon prolifer</i>		5	5	8	1	0	4	3
<i>Sarsia erimia</i>								
<i>Sarsia prolifera</i>								
<i>Sarsia tubulosa</i>					+			
<i>Sarsia gemmifera</i>								
<i>Ectopleura dumortieri</i>								
<i>Rathkea octopunctata</i>		0	7	2	0	6	3	3
<i>Laodicea undulata</i>								
<i>Obelia</i> sp.						+		
<i>Phialidium hemisphaericum</i>						+		
<i>Eucheilota maculata</i>								
<i>Eirene viridula</i>		6	2	2	5	1	3	2
<i>Cerinula</i> Larves								
"Méduses" n.d.		77	40	80	7	9	43	35
<i>Fleurobrachia pileus</i>		0	1	2	3	3	2	1
<i>Beroe</i> sp.		2	33	38	21	69	33	25
<i>Sagitta setosa</i>		11	2	5	2	8	6	4
<i>Polydora ciliata</i>		0	4	8	0	0	2	4
<i>Lanice conchilega</i>		461	245	274	129	9	224	169
Autres Annélides		19	7	19	26	17	18	7
<i>Evadne</i> sp.								
<i>Paracalanus parvus</i>		0	15	8	0	0	5	7
<i>Pseudocalanus minutus</i>		2806	405	122	95	494	784	1143
<i>Temora longicornis</i>		16529	4851	3352	2718	3098	6610	5880
<i>Centropages hamatus</i>		4651	2835	2865	1652	1379	2676	1293
<i>Acartia clausi</i>		923	256	99	129	43	290	362
<i>Oncaea</i> sp.		461	186	175	103	4	186	170
<i>Euterpina acutifrons</i>		38	15	30	9	0	18	15
Autres Copépodes		96	26	15	52	9	40	36
Larves Nauplii Cirripèdes		173	142	251	69	13	130	92
Larves Cypris Cirripèdes		154	40	53	69	9	65	54
<i>Mesopodopsis slabberi</i>		5	0	1	1	0	1	2
<i>Schistomysis spiritus</i>		12	4	0	0	0	3	5
Larves Cyphonautes		2345	1330	945	637	43	1060	859
<i>Oikopleura dioica</i>		58	11	15	17	0	20	22
Oeufs de Poissons		1	2	8	0	7	4	4
Larves et alevins de Poissons		2	3	2	15	2	5	6
Reste individus		1941	325	404	224	132	605	754
Somme totale Zooplancton		30776	10792	8783	5984	5355	12338	10537
Noctiluques		+	860	430	+	+		

A N N E X E 2

METHODES D'ANALYSES

Méthodes.

Etude du panache.

Les mesures en continu ont été effectuées à l'aide d'un conteneur laboratoire qui a été mis au point en cours d'études, et le logiciel d'acquisition mis au point par A. MENESGUEN.

L'eau, prise à 1.5 m en route, est pompée à 60 l/min. vers un débulleur et un répartiteur. Chaque module d'analyse est alimenté à partir du répartiteur par sa propre pompe à un débit adapté à l'analyse. Dans le cas des sels nutritifs, l'eau est filtrée "on line" sur soies de 10 µm.

Les analyses effectuées portent sur les paramètres hydrobiologiques : température, salinité, nitrates + nitrites, ammonium, silicates, turbidité, fluorescence "in vivo", estimation de l'efficacité photosynthétique. Chaque analyse s'effectue avec un retard par rapport à la mesure de température qui se fait "in situ". Ce temps est mesuré et sert à la synchronisation ultérieure des différentes voies de mesure. Les techniques de dosage des **sels nutritifs** ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3$, NH_4 , Si) ont été présentées dans le document "Techniques utilisées pour l'étude écologique des sites de centrales nucléaires sur les côtes françaises". Des échantillons discrets sont prélevés en vue de calibration ultérieure.

La **turbidité** est mesurée grâce à un turbidimètre en continu HF qui est calibré en NTU grâce à des solutions standard d'hexaméthylène tétramine. Les Nephelometry Turner Units sont à leur tour rapportées à une charge en poids sec (mg/l) grâce à un échantillonnage discret.

La **chlorophylle** est estimée "in vivo" grâce à un fluorimètre en continu Turner 10-005 équipé de filtres d'émission Long Pass 640 et d'excitation Short Pass 560. Cette mesure n'est qu'une estimation de la quantité effective de pigments. L'échantillonnage discret nous a permis de juger de la validité de cette estimation. Le dosage a été effectué par fluorimétrie et par la méthode de Lorenzen.

Pour donner un exemple, le 26 septembre les deux types d'analyses ont donné les résultats suivants :

- pour la méthode de Lorenzen :

Fluorescence continu (FTU) = $0.415 [\text{chlorophylle (mg/m}^3)] + 2.004$
avec $R = 0.344$ et $N = 12$.

- pour la méthode fluorimétrique :

Fluorescence continu (FTU) = $0.756 [\text{chlorophylle (mg/m}^3)] + 0.001$
avec $R = 0.826$ et $N = 12$.

La méthode fluorimétrique de mesure de la chlorophylle dans l'extrait acétonique a été employée pour les calibrations car l'utilisation de la méthode de Lorenzen conduit à une mauvaise régression principalement à cause de la forte valeur de l'intercept.

En septembre 1982, nous avons cependant observé un phénomène qu'il convient de reporter ici même si nous ne l'avons pas rencontré par la suite. En effet, 4 des 24 échantillons présentaient des valeurs de fluorescence après acidification plus fortes que les valeurs de

fluorescence initiale : ceci conduit à des valeurs apparentes négatives de chlorophylle. Nous allons examiner ce problème en détail.

Le rapport R entre la fluorescence "in vivo" et la teneur en chlorophylle peut subir des variations importantes entre les eaux côtières et les eaux du large (J.J. CULLEN, Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39, 1982, 791-803). Il est intéressant de noter que dans ce cas ce rapport est assez constant ; en omettant les valeurs négatives, on obtient la régression suivante sur 24 couples :

$$[\text{Chlorophylle a (mg/m}^3)] = 2.503 [\text{Fluorescence}] - 2.175 \quad R = 0.890$$

Le phénomène de conditionnement de l'échantillon des eaux de surface au noir augmente la fluorescence "in vivo". Dans notre cas, le temps de transit étant inférieur à 1 min., ce phénomène n'a pas lieu (W.G. VINCENT, 1979, J. Phycol. 15, 429-434). Nous pouvons donc considérer que la valeur de fluorescence mesurée peut être traduite en milligrammes de chlorophylle a par mètre cube.

Des valeurs négatives de chlorophylle estimées par fluorescence ont déjà été reportées par GIBBS (Aust. J. Mar. Freshw. Res., 1979, 30, 597-606). Cet auteur a montré que la chlorophylle b conduisait à une sous-estimation de la chlorophylle a. Le rapport de fluorescence de la chlorophylle b à la fluorescence de la pheophytine b est de 0.385 alors que pour les pigments du type a, il est de 1.997.

D'autre part, comme les contributions à la fluorescence mesurée varient entre ces deux pigments selon les équations suivantes :

$$\begin{aligned} F_a &= 31.3 \times [\text{chlorophylle a}] \\ \text{et } F_b &= 9.47 \times [\text{chlorophylle b}] \end{aligned}$$

dans un échantillon comprenant des concentrations égales en chlorophylle a et b, les lectures initiales et après acidification seraient les mêmes et conduiraient à une estimation nulle en chlorophylle a. Ce rapport de 1 entre la chlorophylle a et la chlorophylle b est le maximum jamais observé dans une population naturelle (S.W. JEFFREY, Mar. Biol. 37, 1976, 33-37) mais il faut observer que les espèces contributrices de chlorophylle b sont peu abondantes dans ces eaux (2 % dominance, d'après le rapport de Surveillance Ecologique, site de Gravelines, 1982).

Il est donc peu probable que la chlorophylle b interfère avec la mesure au point de conduire à des valeurs négatives de chlorophylle. D'autre part, les comptages phytoplanctoniques ne présentent pas de différences notables dans la composition des populations. Nous devons donc supposer l'interférence d'un composé retenu sur le filtre (particulaire ou adsorbé) qui serait soluble dans l'acétone et dont le spectre d'émission présenterait un effet bathochromique ou hypsochromique avec le pH. Ceci semble être confirmé par la localisation de ces quatre échantillons qui ont été prélevés dans le chenal de l'avant-port. Des essais ultérieurs n'ont pas permis de retrouver le même phénomène et donc de lever le doute. La mesure de chlorophylle par fluorescence de l'extrait acétonique est donc sujette à interférences ; elle doit donc être utilisée avec beaucoup de précautions. Cette technique reste cependant la seule utilisable dans le cas de mesures en continu.

L'efficacité photosynthétique est mesurée selon la méthode de blocage du transfert électronique entre le photosystème II et le photosystème I par le 3 - (3,4 - dichlorophenyl) - 1,1 - diméthyl urée ou D.C.M.U. Ce composé à une concentration de 10^{-5} M est injecté dans le circuit de sortie du premier fluorimètre à 100 ml/min. dans un débit d'eau de 2 l/min. Après passage dans une boucle de délai noircie de 5 mètres (soit un délai de 15 s) la réponse des algues est mesurée dans un fluorimètre identique au premier (même calibration) afin d'estimer l'augmentation de fluorescence induite (F.I) par le traitement au D.C.M.U.

Des calibrations fréquentes de cette augmentation de fluorescence avec la production primaire potentielle mesurée au carbone 14 (cf. Document méthodologique précité) ont permis de relier la production primaire à cette réponse.

Par exemple, le 26 septembre 1983, douze calibrations permettent d'estimer la production primaire grâce à la régression :

$$[P.P. (mgC/m^3.h)] = 8.524 . [F.I - F] + 5.956 \quad r = 0.840$$

calculée sur des données régulièrement réparties entre 5 et 17 mgC/m³.h.

De la même manière, le 20 mars 1983, des calibrations sur 28 couples ont conduit à la régression :

$$[P.P] = 1.414 * [F.I. - F] + 13.85 \quad r = 0.81$$

sur une gamme de production primaire allant de 15 à 34 mgC/m³.hr.

Il a donc été possible d'estimer le rapport P/B par le rapport FI-F/F. Il faut, toutefois, noter que des calibrations ont été effectuées à chaque mission. Les deux appareils, étant doté d'un système de changement automatique d'échelle afin de conserver la linéarité de réponse sur une large gamme, sont interfacés au voltmètre pour la lecture des réponses et à un GPIO qui permet de calculer à tout moment l'échelle de mesure.

Etude de la dilution.

Les techniques de dosage utilisées dans ce volet de l'étude sont présentées dans le document "Techniques utilisées pour l'étude écologique des sites de centrales nucléaires sur les côtes françaises".

Annexe 3

Carte interprétative de la Couverture Sonar
Gravelines

La couverture Sonar de la zone de Gravelines a été effectuée au cours du mois d'Avril 1984. L'appareil utilisé est un sonar à balayage latéral EGG SMS 960 travaillant à une fréquence de 100 kHz et remorqué sur un poisson EGG 272. Le positionnement a été réalisé grâce au système Syledis. L'appareil corrige les déformations dues à l'obliquité du parcours des ondes et aux variations de vitesse du bateau, permettant ainsi la restitution isométrique de la surface topographique. Il n'est pas possible, actuellement, de reconnaître avec ce système des fonds sous moins de 10 mètres.

Deux cartes sont jointes, à des formats différents. La carte pliée figure les différents faciès relevés. On remarque que les bancs de graviers suivent les chenaux et sont séparés par un banc sableux assez régulier. La zonation est parallèle à la cote, traduisant l'effet des courants.

A la carte réduite, nous avons adjoint une carte des peuplements benthiques sur la base des informations communiquées par J.M. Dewarumez de la Station Marine de Wimereux. La zone cotière sableuse correspond à des sables fins plus ou moins envasés qui sont occupés par un peuplement à *Abra alba*. La bande sableuse centrale, correspondant à des sables moyens, est caractérisée par un peuplement à *Ophelia borealis*.

A la distance minimale de la cote, on ne peut observer de modifications des faciès sédimentaires imputables au rejet de la centrale.

**Carte interprétative
de la Couverture "Sonar"
GRAVELINES
PEULEMENTS BENTHIQUES**

PEULEMENT de l'HETEROGENE

PEULEMENT à *Opphen borealis*

SYSTEME
INTERMEDIAIRE

PEULEMENT à *Abra alba*
Sables fins + ou - envasés

20

Ep.



0 1Km

Avant-Port de Dunkerque

