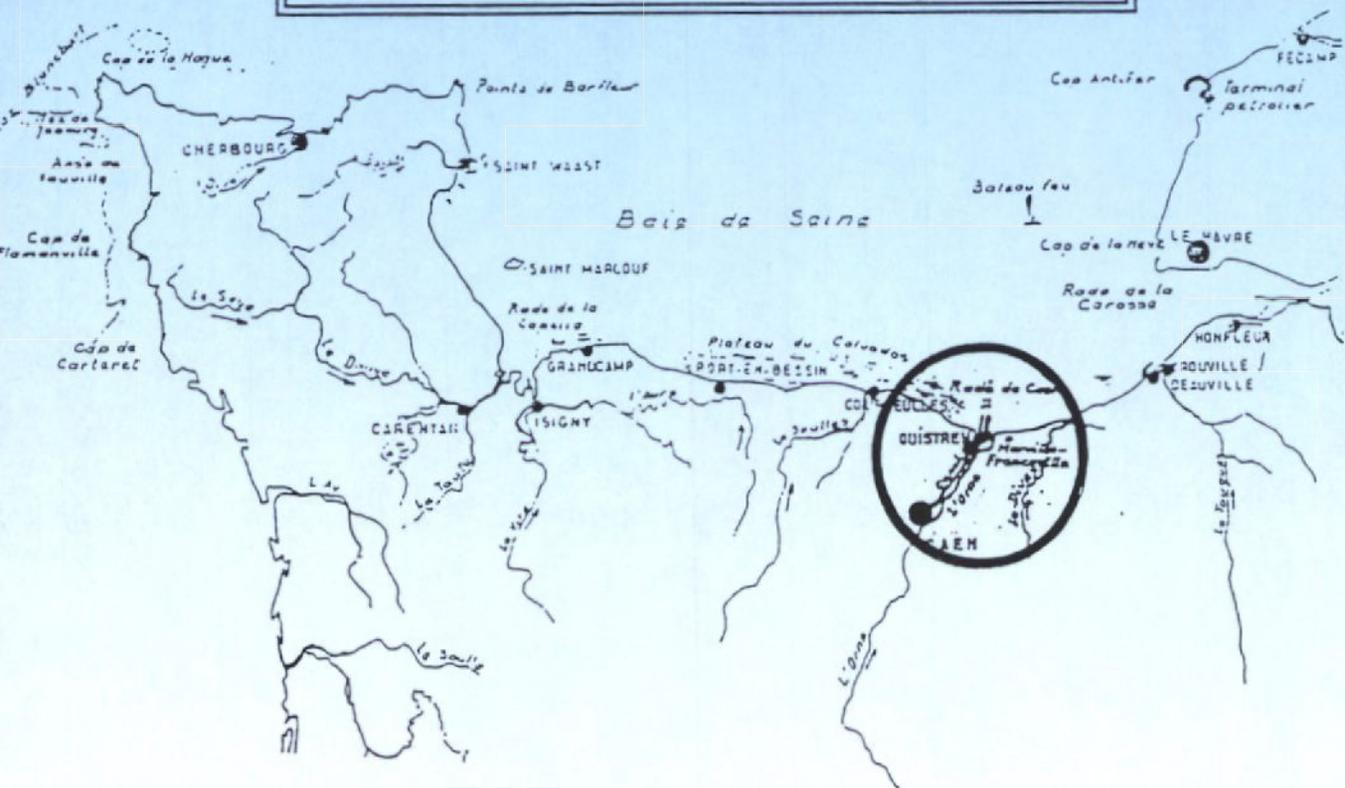


RAPPORT DE  
STAGE

LE CANAL DE CAEN A LA MER  
Exploitation des données et validation  
Evaluation de la Matière Organique

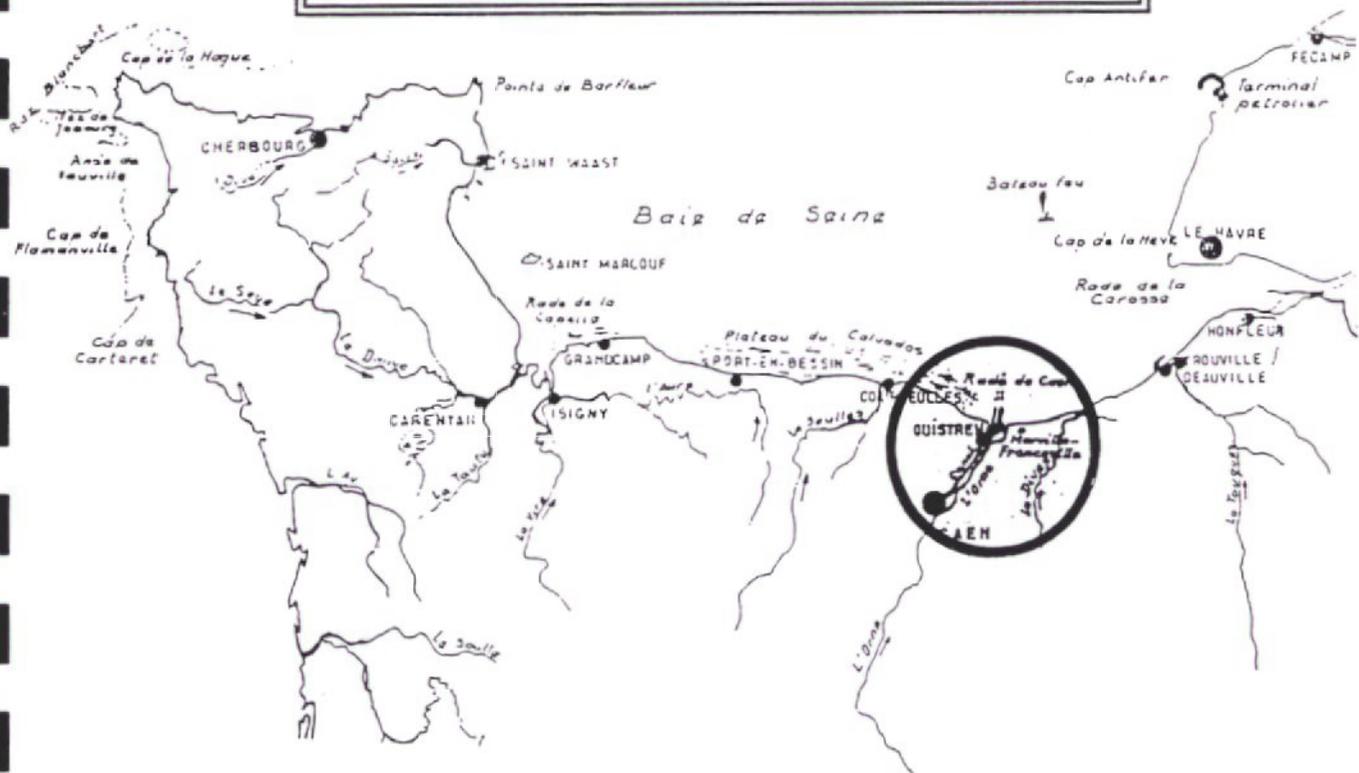


IUT de CAEN  
Mesures Physiques

Direction Régionale  
de l'Environnement

RAPPORT DE  
STAGE

LE CANAL DE CAEN A LA MER  
Exploitation des données et validation  
Evaluation de la Matière Organique



IUT de CAEN  
Mesures Physiques

Direction Régionale  
de l'Environnement

## REMERCIEMENTS

Je remercie Monsieur Michel HORN pour son accueil au Service Eau et Milieu Aquatique de la Direction Régionale de l'Environnement et le temps qu'il m'a accordé .

Je tiens également à remercier Monsieur Hervé TEXIER qui a su me trouver un stage intéressant .

Je souhaite enfin remercier, en général :

- le personnel de la DIREN;
- le Laboratoire de Géologie Marine de l'Université de Caen;
- le Centre de Géomorphologie du CNRS de Caen, et plus particulièrement Monsieur Jacques QUILLARD, pour son aide en analyse d'eau;
- l'Université de Rennes, qui a mis à ma disposition du matériel d'analyse;
- toutes les personnes que j'ai pu côtoyer et dont la bonne humeur m'a permis d'effectuer un stage dans de bonnes conditions .

## LA DIRECTION REGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT

Les Directions régionales de l'environnement (DIREN), créées par le décret du 4 novembre 1991, sont des services déconcentrés de l'Environnement.

Elles sont constituées par fusion :

- des Services Régionaux d'Aménagement des Eaux (S.R.A.E.);
- des Délégations Régionales à l'Architecture et à l'Environnement (D.R.A.E.);

avec dans les six régions sièges de bassin:

- les délégations de bassin et, pour partie, les Services Hydrologiques Centralisateurs (S.H.C.).

Les DIREN effectuent des missions relevant des compétences du ministère de l'Environnement. Les ministères chargés de l'Agriculture, de l'Équipement, des Transports et de la culture sont susceptibles de faire appel à leurs services pour des actions liées à l'environnement.

Leurs activités tournent autour de quatre points :

- *Connaître l'environnement* : un bilan de santé est assuré régulièrement. Les DIREN organisent, coordonnent et assurent le recueil, l'exploitation et la diffusion des données relevées;
- *Réussir la planification* : elles exécutent des schémas d'aménagement et de gestion des eaux, des schémas directeurs, des plans d'occupation des sols

- *Veiller au respect de la loi* : les DIREN proposent et instruisent des protections réglementaires;
- *Promouvoir un partenariat actif* : elles cherchent à sensibiliser le grand public par ces actions de partenariat .

La DIREN de Basse Normandie ,située à Caen est une équipe de 35 personnes , divisées en trois services :

- le Service Nature, Paysage et Cadre de Vie
- le Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques
- un Secretariat général .

## Abstract

Two years ago, analysis have been made in the Orne 's channel in order to identify all the elements contained in the water, and also their concentration. So as to know the evolution of these, the Regional direction of the Environment (DIREN) decided to make an other campaign in mai,1993, during my probation.

The aim of my work was, in a first time, to enter data about the campaign of 1991 to create graphics which are more representative than numbers. Then, after the campaign, I made some analysis on dissolved organic carbon (DOC) ; as the DIREN uses an organic material (OM) analyser, we tried to find a relation between DOC and OM. Last, I made analysis with a colorimeter , always to compare the results with those of the DIREN .

Different hypothesis can explain the non coherence between the results got by the different methods :

- we worked on salted water with a high turbidity : results of the colorimetric method can be disturbed because of an inadequate domain of validity .

- Data Link material doesn't work with a continuous spectrum. It uses only the 254 nm wave length .this can affect the measure's accuracy .

- the material used at Rennes (TOC 5000) is very accurate in case the manipulation would last a long time (several injections) because of a lack of time, we made a single injection, and the fact DOC is obtained by subtracting the inorganic carbon concentration from the total carbon concentration must affect the relation between MO and DOC .

That's why we must be prudent in the interpretation of these results. Even if the results found can make people crop up questions, other experiments must be made to confirm that the channel is polluted , not only by boats and river-side residents, but also by factories and rejections.

<b>TABLE DES MATIERES</b>
---------------------------

<b>INTRODUCTION</b>	4
<b>I. PRESENTATION DU CANAL</b>	5
1. Historique	5
2. Données statistiques	5
3. Situation géographique	6
<b>II. LES ELEMENTS NUTRITIFS DANS L'EAU SALEE</b>	7
1. Azote	7
1.1. Nitrates	7
1.2. Nitrites	8
2. Phosphore	8
2.1. Les différentes formes de phosphore	8
2.2. Phosphates	8
3. Silicium	9
4. Chlore (chlorures)	9
5. Sulfates	10
<b>III. NATURE ET ROLE DE LA MATIERE ORGANIQUE</b>	10
1. Introduction	10
2. Origine de la matière organique (M.O.)	11
2.1. Composition de la matière organique	11

2.1.1. la matière organique particulaire (MOP)	11
a) MOP autochtone	12
b) MOP allochtone	14
2.1.2. La matière organique dissoute (MOD)	14
2.1.3. Le carbone organique dissous (COD) et particulaire (COP)	16
2.1.4. Devenir de la matière organique	17
2.1.5. Cycle du carbone organique	18

#### IV. EXPERIMENTATION: ANALYSE ET EXPLOITATION

DU CANAL DE L'ORNE	19
1. Zone de prélèvement	19
1.1. Campagne de 1991	19
1.2. Campagne de 1993	21
2. Matériel utilisé	21
2.1. TOC 5000	21
2.1.1. Principe	22
2.1.2. Appareillage	23
2.2. Analyseur de pollution organique CT 100	24
2.3. Analyseur NITRAL 100	25
2.4. Colorimètre	25
2.4.1. Principe	25
2.4.2. Appareillage	26
2.4.3. Dosage des Chlorures	27
2.4.4. Dosage des Phosphates	29
2.4.5. Dosage des Nitrates	31

<b>V. DISCUSSION DES RESULTATS</b>	33
1. Rapport Salinité / Conductivité	33
2. Comparaison NITRAL/Spectrométrie (nitrates)	36
3. Comparaison NITRAL / Colorimètre (nitrates)	37
4. Relation entre matière organique et COD	39
<b>VI. RESULTATS : TRAITEMENT INFORMATIQUE</b>	46
1. Surfer	46
2. Résultats obtenus par Surfer: discussion	48
<b>CONCLUSION</b>	54
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	
<b>ANNEXES : Résultats d'analyse, Relevés topographiques</b>	

## INTRODUCTION

Depuis quelques années, certaines personnes entrevoient l'idée d'un rejet total des eaux dans le canal de l'Orne, et à partir d'une seule station d'épuration.

Il a donc été demandé à la DIREN de Basse Normandie de procéder à des analyses de l'eau du canal afin d'en connaître la qualité et, à partir de ces analyses, de savoir si ce rejet total était possible.

Durant l'été de 1991, une campagne a donc commencé en différents points du canal de l'Orne afin d'avoir une première estimation quant au degré de pollution de l'eau. Cette campagne a été suivie d'une autre en mai 1993, au cours de mon stage, en vue de connaître l'évolution des substances contenues dans l'eau, ainsi que pour faire une approche sur les matières organiques du canal.

Le but de mon stage a été dans un premier temps, d'exploiter les données de 1991, sous forme de relevés topographiques, puis à la suite de la campagne de mai 1993, d'effectuer des analyses sur la matière organique dissoute et le carbone organique dissous en particulier, afin de comparer les différentes méthodes utilisés dans les divers laboratoires visités.

## I. PRESENTATION DU CANAL DE L'ORNE

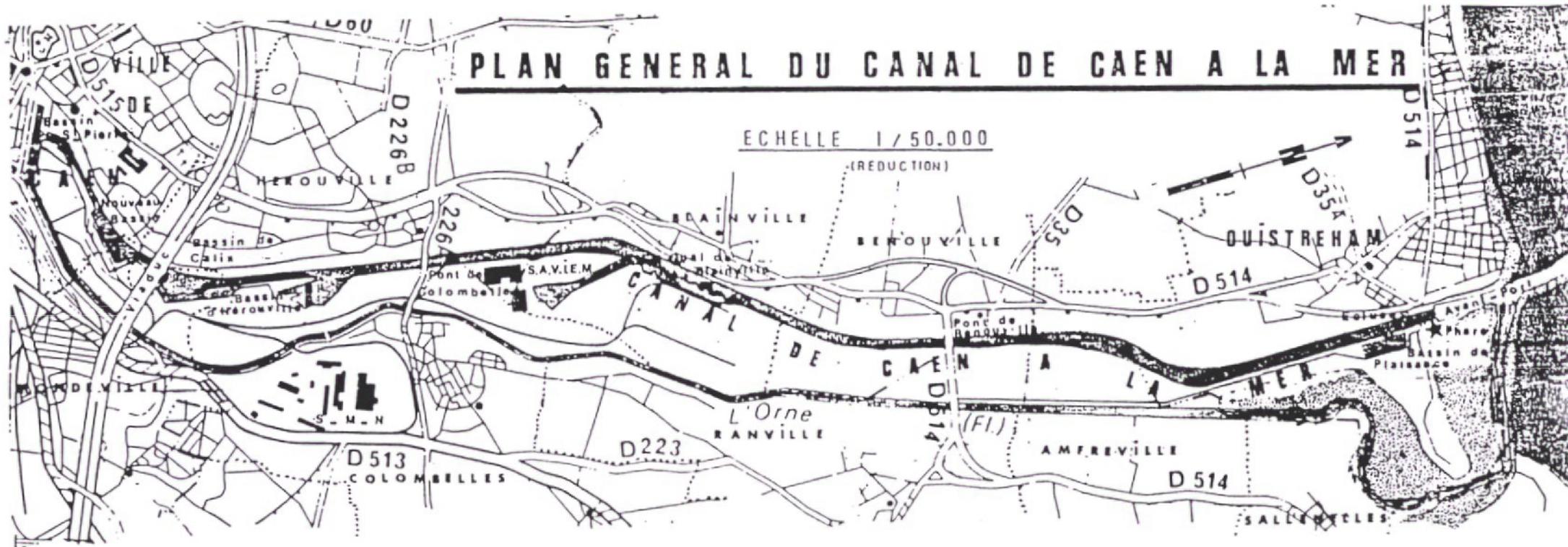
### 1. Historique

C'est au XII<sup>ème</sup> siècle que furent exécutés les premiers travaux afin d'améliorer la navigation sur le fleuve Orne. Le canal de Caen à la mer, projeté depuis plus d'un siècle, ne fût pourtant creusé qu'à partir de 1837, jusqu'en 1857. Le canal emprunte une partie du lit de l'Orne. Un nouveau débouché du fleuve est créé à Ouistréham. Mais l'estuaire est largement touché non seulement par les travaux, mais également par la mer qui modèle la baie. En 1859, la construction d'une écluse permet la communication avec la Manche, construction à laquelle s'ajoutera une deuxième vanne en 1903. Cent ans après la construction de la première écluse, celle-ci est remplacée. L'activité maritime du canal est surtout liée à la cote de son plan d'eau (7,90 m) constant qui est assuré par un barrage à vanne vertical sur l'Orne (cours Caffarelli) permettant l'alimentation du canal par l'intermédiaire du bassin S<sup>t</sup> Pierre, ainsi que par l'écluse de Ouistréham. Le fleuve de l'Orne sert donc de régulateur d'alimentation du canal.

### 2. Données statistiques

- \* Longueur : 14 km
- \* Largeur : plafond à 45 m constant à la cote (-2,00 m);  
plan d'eau variable à la cote (+7,90 m), ce qui donne  
9,90 m de tirant d'eau constant;
- \* Surface du plan d'eau : 150 ha environ (avec les bassins: 186 ha);
- \* Volume estimé :  $98.10^5 \text{ m}^3$ .

3. situation géographique



## II. LES ELEMENTS NUTRITIFS DANS L'EAU SALEE

### 1. Azote

L'azote est l'un des constituants essentiels de la matière organique (MO) et entre dans l'élaboration des protéines cellulaires.

En se dissolvant dans l'eau, l'air approvisionne celle-ci en azote. L'azote, par l'intermédiaire de catalyseurs biochimiques (organismes fixateurs d'azote, bactéries nitrifiantes,...), rentre dans la formation de molécules oxydées telles que NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, qui réduites forment de l'ammoniaque ou un sel d'ammonium. On le trouve également sous forme de composés d'azote inorganique associés avec des organismes (acides aminés, urée), ou d'azote particulaire .

En mer, les composés azotés se situent surtout en zone euphotique (0 à -60m). Quelques éléments sont libérés sous une forme soluble. Le reste est transporté par des particules vers le fond et relâché en grande partie par reminéralisation de la matière organique, le produit final étant le nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) lui même puisé par des organismes photosynthétiques qui l'utilisent pour leur croissance .

#### 1.1. Nitrates

Les nitrates, éléments nutritifs majeurs des végétaux, représentant le stade final de l'oxydation de l'azote, sont parfois utilisés immédiatement par les organismes. Ils jouent le rôle de facteur limitant pour les êtres hétérotrophes.

## 1.2. Nitrites

Les nitrites sont instables car le milieu reste rarement dans les conditions normales de stabilité pour ces ions. Leur origine naturelle est très rare. Ils proviennent surtout de la réduction de  $\text{NO}_3^-$  ou de l'oxydation de  $\text{NH}_3$ .

## 2. Phosphore

### 2.1. Les différentes formes de phosphore

Le phosphore est à la fois le métalloïde le plus nécessaire à la vie aquatique et le moins abondant en général .

Il existe une grande variété de formes de phosphore. Elles incluent:

- le phosphore inorganique dissous (surtout  $\text{HPO}_4^{2-}$ );
- le phosphore organique;
- le phosphore particulaire .

### 2.2 Phosphates

Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), comme les nitrates, sont obtenus par la destruction oxydative des tissus organiques, la régénération s'effectuant par la décomposition des bactéries. Une autre origine naturelle provient du lessivage des minéraux. Mais leur formation est plutôt artificielle : engrais , polyphosphates, industries chimiques, etc... .

Une partie des phosphates n'est pas directement assimilable; les cellules vivantes ont par ailleurs la possibilité d'accumuler, d'absorber et de rejeter le phosphore dans le milieu intérieur ou dans leur environnement .

Jackson et William (1985) ont souligné l'importance du phosphore organique dissous (POD) ainsi que de l'azote organique dissous (NOD) . Ils ont montré que si les concentrations en NOD et POD augmentaient, celles de  $\text{PO}_4^{3-}$  et de  $\text{NO}_3^-$  diminueraient .

### 3. Silicium

Le silicium se trouve essentiellement sous forme d'acide orthosilicique ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ). Les formes particulières incluent une large variété de silicates et de minéraux aluminosilicates .

Alors que le  $\text{PO}_4^{3-}$  et le  $\text{NO}_3^-$  sont impliqués dans les processus nutritionnels et sont incorporés dans les phases fines du phytoplancton, les silicates sont seulement utilisés dans la construction dure des parties squelettiques des organismes .

### 4. Chlore (chlorures)

Ces ions proviennent de:- la percolation à travers des terrains salés;  
- l'infiltration d'eaux marines dans les nappes phréatiques profondes;  
- rejets humains;  
- de l'industrie extractive .

La teneur en chlorures de l'eau définit sa salinité .

## 5. Les sulfates

Les sulfates ( $\text{SO}_4^{--}$ ) sont des composés naturels de l'eau. Le plus souvent, ils sont liés aux cations majeurs  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Na}^+$ . Ils proviennent essentiellement de la dissolution de gypse ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), et aussi du lessivage des terrils pyrifères où les sulfures entraînés s'oxydent au contact de l'air en sulfates. Artificiellement, ils peuvent provenir d'ateliers de décapage métallique.

## III. NATURE ET ROLE DE LA MATIERE ORGANIQUE

### 1. Introduction

La matière organique (MO), le plus souvent évaluée sur la base du carbone organique, se trouve sous trois formes :

- les organismes vivants (2%): matière particulaire vivante;
- les formes particulières détritiques (9%);
- les formes dissoutes (89%) .

Nous pouvons également la subdiviser en six groupes différents :

- les substances humiques (40 à 60% du COD): matières organiques équivalentes à un ensemble très complexe de substances colloïdales, constituées par des polymères hétérogènes dont les poids moléculaires varient énormément ;
- les acides carboxyliques ;
- les acides hydrophiliques ;

- les peptides et aminoacides ;
- les hydrates de carbone (glucides) ;
- les hydrocarbures .

## 2. Origine de la matière organique

Deux classe génétiques de la matière organique sont observables :

- la MO allochtone (source externe): matière apportée par les fleuves et les dépôts de l'atmosphère ;
- la MO autochtone: production phytoplanctonique .

La production aérienne continentale fournit une MO composée en grande partie de cellulose et de lignine. La nature plutôt réfractaire de ces deux constituants principaux limite la consommation totale de la MO (minéralisation) et permet de produire un stock important de substances peu dégradables que sont les matières humiques.

### 2.1. Composition de la matière organique

#### 2.1.1. La matière organique particulaire (MOP)

La MOP correspond à la fraction granulométrique supérieure à  $0,45\mu\text{m}$ , mais cette limite est purement arbitraire car elle ne tient pas compte des substances colloïdales .

La MOP provient de végétaux aquatiques ou terrestres, de squelettes siliceux ou carbonatés d'organismes, de pelotes fécales, etc... .

a) La MOP autochtone

La MOP autochtone est surtout originaire de la production primaire. Sa régénération est dans ce cas assurée par des organismes autotrophes :

- photoautotrophes: la source d'énergie sert à la synthèse de MO ;
- chimioautotrophes: les réaction d'oxydo-réduction assurent l'énergie nécessaire .

En milieu marin la production primaire est surtout formée en zone euphotique (intensité lumineuse minimale supérieure à 1% de l'intensité en surface ) par des organismes photosynthétiques.

La production secondaire (5 à 6% de la biomasse primaire) peut également fournir de la MOP par des bactéries hétérotrophes, le zooplancton .

Cette MOP peut enfin provenir de squelettes, de MO adsorbée sur des minéraux, d'aggrégats de MO, etc... .

. *Protéines :*

Les protéines sont des composés azotés complexes à base d'acides aminés et sous la forme d'enzymes, elles catalysent des réactions biochimiques.

Le phytoplancton et le zooplancton relarguent des acides aminés libres dans la mer.

*. Glucides :*

Ils incluent le sucre, la cellulose, etc... . Les glucides forment les tissus du phytoplancton et donc agissent comme source d'énergie importante pour le métabolisme des organismes. Résultant de l'interaction du CO<sub>2</sub> et de la lumière, la fraction glucidique est bien représentée dans le matériel particulaire .

*. Lipides :*

Les lipides, dans un sens large, s'appliquent à toutes les substances produites par des organismes et qui sont insolubles dans l'eau, mais qui peuvent être extraites par quelques solvants organiques .

Les lipides englobent :       - les graisses ;  
  - les phospholipides et glycolipides  
  ( lipides composés ) ;  
  - les stérols et hydrocarbures .

Les triglycérides sont les plus abondants dans le phytoplancton et peuvent servir de réserve .

Les esters des longues chaînes d'alcools et d'acides gras sont eux abondants dans le zooplancton .

*. Pigments :*

Les pigments photosynthétiques (chlorophylle) sont utilisés par les plantes pour absorber et transférer l'énergie lumineuse pendant la photosynthèse.

La plupart du phytoplancton a de la chlorophylle sous quatre formes différentes (chl a, chl b, chl c, chl d). La répartition de chlorophylle

n'est pas homogène: en mer, on observe un maximum de chlorophylle en bas de zone euphotique (-60 m) .

*. Matières Humiques :*

Ce sont des matières organiques complexes équivalentes à un ensemble de substances colloïdales, constituées par des polymères hétérogènes dont les poids moléculaires varient énormément .

Les composés de type humique peuvent constituer une part significative des matières organiques dans l'eau. Ils sont à l'origine de la couleur jaune-brun de certaines eaux .

Les acides humiques contiennent des groupes aromatiques et aliphatiques .

*. .Autres métabolites : vitamines, co-enzymes, hydrocarbures, etc... .*

b) MOP allochtone

La MOP allochtone, qui englobe les sources externe de MO, ne représente qu'1% du poids des suspensions dans les fleuves. En milieu fluvial, elle a un cycle de transformation très long. Son temps de résidence peut durer quelques années .

2.1.2. La matière organique dissoute (MOD)

La MOD est le produit de l'autolyse des bactéries, plantes et animaux, ou encore de métabolismes des organismes vivants, comme les

excréments. La MOD participe au mécanisme de décomposition principalement comme donneur d'électrons, ce qui permet d'abaisser le pH de l'eau .

La MOD peut se diviser en deux parties:

- instable (biologiquement utilisée)
- inerte (biologiquement et chimiquement utilisée)

. *Acides gras libres* :

Ne représentant qu' 1 à 3% de la MOD totale dans l'eau de mer, ses principaux constituants sont les acides oléïques, palmitiques, etc... .

. *Hydrocarbures* :

1% des lipides au total .

. *Glucides dissous* :

Les composés sont surtout des hexoses, avec une prédominance du glucose et du fructose .

. *Acides aminés (AA)* :

En général, la concentration en AA combinés est plus importante que celle en AA libres, avec un maximum ,en mer, en zone euphotique, où le phytoplancton et le zooplancton sont plus concentrés.

. *Composés halogénés* :

On trouve surtout du Brome (Br) et du Chrome (Cr) .

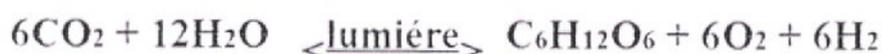
. *Composés dissous organo-sulfureux :*

- source naturelle: diméthyl sulfide, diméthyl disulfide ;
- source anthropogénique : diphénilsulphone .

### 2.1.3. Le carbone organique dissous (COD) et particulaire (COP)

Le COD et le COP constituent la totalité du carbone organique contenu dans les matières dissoutes et en suspension dans l'eau (CEMAGREF). Le COD est représentatif de la charge en matières organiques dissoutes (COP, de la MOP).

Le principal mécanisme par lequel est produit le carbone organique dans les océans est la photosynthèse, qui peut être représentée par la réaction suivante:



Le carbone biotique résultant peut former une partie du COP mais peut également entrer dans la composition du COD par des processus tels que l'exsudation d'organismes par le phytoplancton, l'excrétion par le zooplancton, etc ... .

En rivière, sa source provient du lessivage et de l'érosion des sols, du phytoplancton et des macrophytes pour les rivières eutrophes.

La dilution, la percolation et le relargage, l'adsorption et la désorption, les réactions redox sont autant de facteurs influençant la teneur en carbone organique .

Le carbone organique représente une source d'énergie pour les invertébrés et constitue un substrat énergétique pour les algues .

Les autotrophes marins (biomasse alguaire) sont des producteurs primaires alors que les autotrophes marins (zooplancton) obtiennent leur énergie de la MO préformée .

La biomasse alguaire photoautotrophe (phytoplancton) est la plus importante source primaire de carbone organique dans le milieu marin. CAUWET (1981) décrit quatre processus de formation du COP (partie non vivante) :

- - formation directe de détritits ;
- agglomération de bactéries ;
- agglomération de molécules organiques ;
- floculation ou adsorption de COD sur les particules minérales .

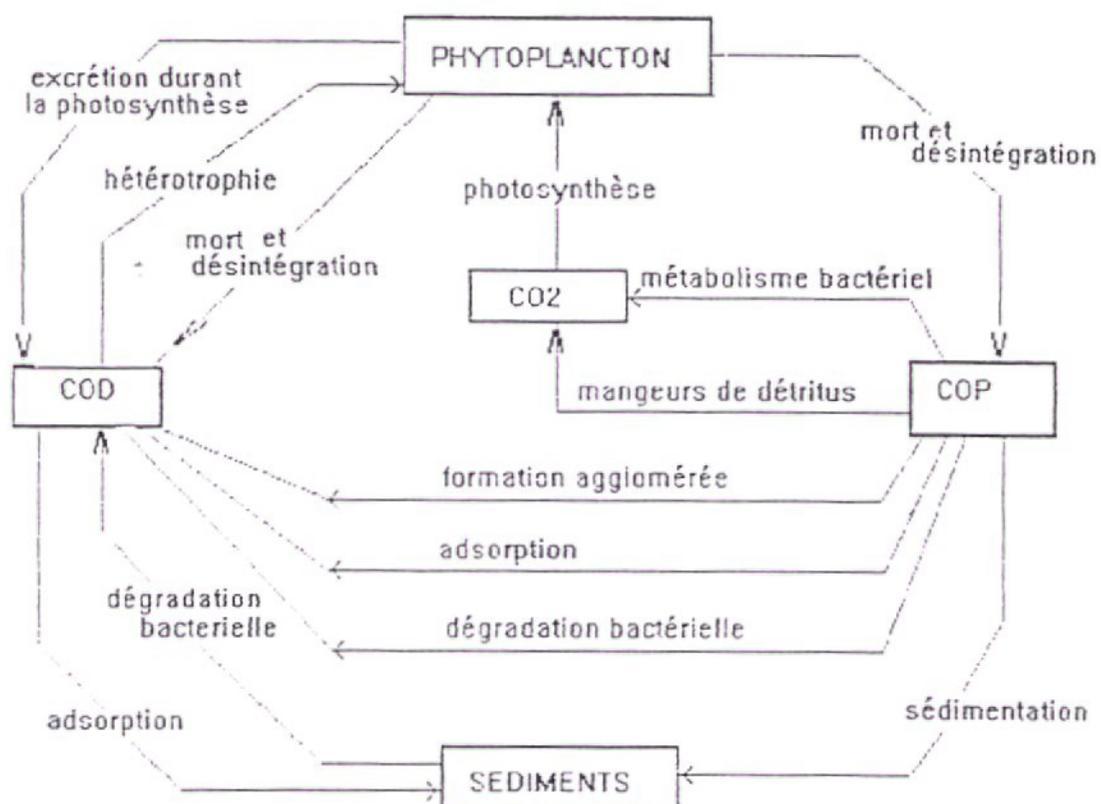
#### 2.1.4. Devenir de la MO

Deux facteurs sont responsables de la disparition de la MO :

- sa consommation par les organisme hétérotrophes qui la transforment en biomasse ;
- son oxydation chimique ou biochimique (minéralisation) qui libère du CO<sub>2</sub> .

Les deux phénomènes sont liés à la teneur en oxygène dissous, nécessaire à la survie des organismes aérobies et aux réactions d'oxydation .

### 2.1.5. Cycle du carbone organique



#### IV. EXPERIMENTATION : ANALYSE ET EXPLOITATION DU CANAL DE L'ORNE

##### 1. Zone de prélèvement

##### 1.1. Campagne de 1991

Les prélèvements suivis d'analyses sur le canal de Caen à la mer ont été pris dans 9 stations ( 7 sur l'axe du canal, 2 dans les bassins) :

distance*	localité	code
km 2	Bassin de Calix	CA01
km 4	Pont de Colombelles	CA02
km 7	Blainville	CA03
km 8,5	Bénouville	CA04
km 10	Ranville	CA05
km 11,5	Oustréham le Maresquier	CA06
km 13,5	Oustréham le port	CA07
les deux bassins se situant à:		
	Hérouville	CB01
	Blainville	CB02

(\*) : l'origine correspond au pont de la Fonderie (km 0) .

Chaque station a été étudiée au cours de 7 campagnes réparties entre le 15 juillet et le 15 novembre 1991 :

date	semaine
23 juillet 1991	1
5 août 1991	3
19 août 1991	5
2 septembre 1991	7
17 septembre 1991	9
1 <sup>er</sup> octobre 1991	11
12 novembre 1991	17

Différents paramètres ont été analysés à des profondeurs de 1,4,9 mètres et en surface :

- Ammonium
- Nitrates
- Phosphates
- Phosphore total
- Chlorophylle a corrigée
- Pourcentage de chlorophylle a
- Phaeopigments

et tous les mètres pour les suivants :

- Température de l'eau
- Oxygène dissous
- Conductivité
- Turbidité .

## 1.2. Campagne de 1993

Seules quatre stations ont été choisies pour effectuer les prélèvements:

distances	localité	code
km2	Bassin de Calix	CA01
km 7	Blainville	CA03
km 10	Ranville	CA05
km 13,5	Ouistréham le port	CA07

Les prélèvements ont été effectués à des profondeurs de 4,9 mètres et en surface; Chaque échantillon a été filtré afin d'étudier la matière particulaire et dissoute .

## 2. Matériel utilisé

### 2.1. Total Organic Carbon Analyseur (TOC 5000 ,SHIMADZU)

Suite à une série de mesures effectuées dans l'océan Pacifique, Sugimura et Suzuki (*mar.Chem.*,24,1988.) ont obtenus des résultats sur la teneur en carbone organique dissous supérieurs à ceux obtenus auparavant. Utilisant l'oxydation catalytique à haute température (HTC), Suzuki a suggéré que les anciennes méthodes (combustion par voie humide) ne prenaient pas en compte toute la MO, notamment celle provenant de la production primaire .

Des mesures utilisant différentes méthodes HTC ont montrés l'importance du catalyseur , celui-ci intervenant directement dans la précision de la mesure .

### 2.1.1. Principe

Le TOC 5000 mesure le carbone organique total (COT) dans l'eau ultra pure tant que dans l'eau salée dans laquelle la mesure doit être contrôlée afin d'éviter la formation de cristaux dans les tubes .

#### *. Mesure du carbone total (CT)*

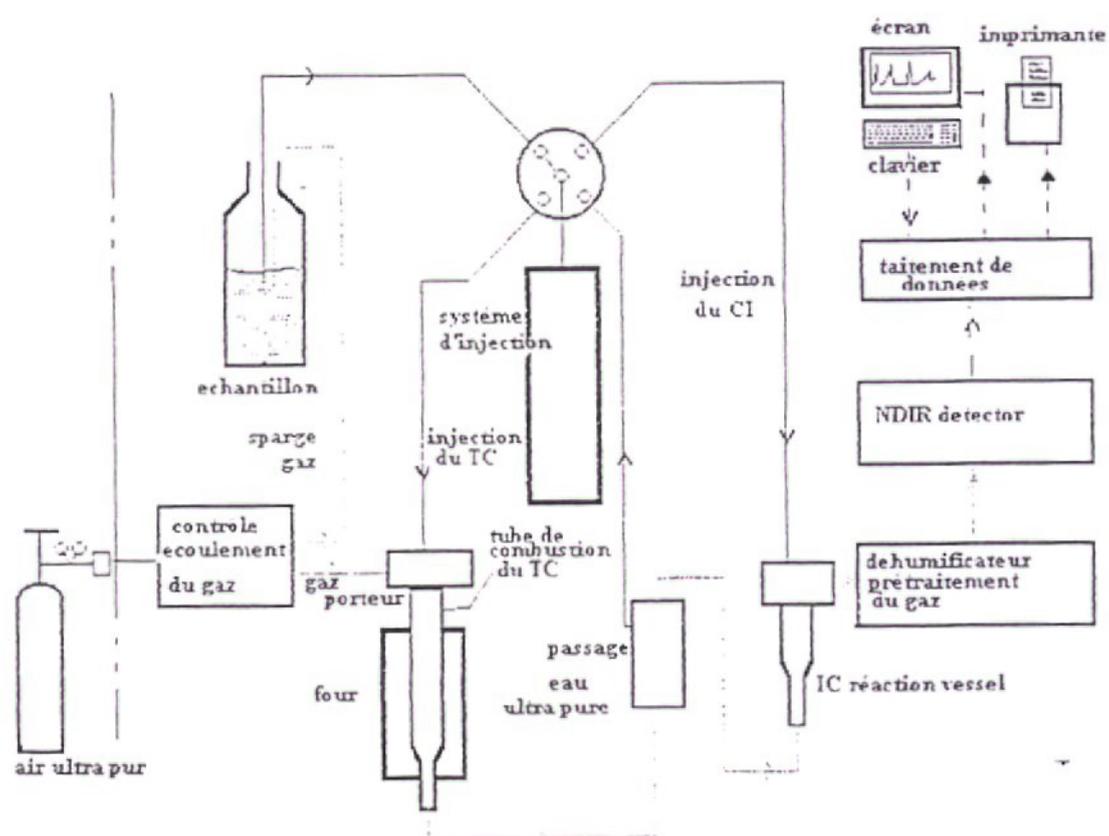
Le gaz porteur d'air pur est régulé à  $150 \text{ ml.min}^{-1}$  un écoulement à travers le tube de combustion du CT qui est stocké avec le catalyseur (alumine contenant 0,5% de Pt ) et maintenu à  $680^{\circ}\text{C}$  .

Quand l'échantillon entre dans le tube, le CT est oxydé en  $\text{CO}_2$ . Le gaz porteur contenant le produit de la combustion provenant du tube s'écoule à travers le réactif de carbone inorganique (CI) (IC reaction vessel), le déshumidificateur, l'épurateur (halogen scrubber) et finalement atteint la cellule d'échantillonnage (sample cell) du détecteur infrarouge non dispersif (NDIR detector) . Celui-ci mesure le taux de  $\text{CO}_2$ . Le signal de sortie du détecteur forme des pics dont l'aire est mesurée et envoyée sur un système informatique qui calcule la teneur en CT .

#### *. Mesure du CI*

L'échantillon est injecté dans le réactif du CI où seul le CI est converti en  $\text{CO}_2$  grâce à un gaz porteur en ébullition .

La concentration en CI représente celle en carbonate plus celle en hydrocarbonate .

2.1.2. Appareillage

## 2.2. Analyseur de pollution organique CT 100 (DATA LINK)

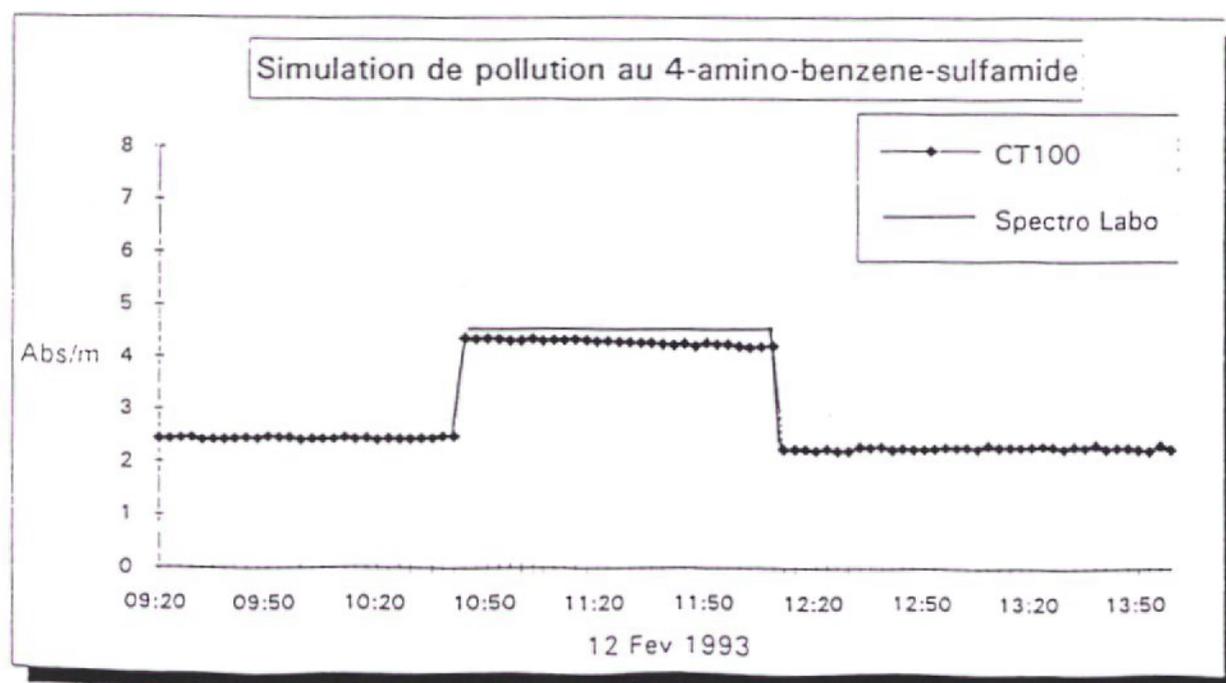
La mesure s'effectue par absorption UV, à la longueur d'onde 254 nm. Des mesures par spectre continu ont montré que l'intensité maximale était obtenue à 254 nm, et que, par conséquent, il était inutile d'effectuer une analyse UV sur une gamme continue de longueur d'onde.

Les liaisons C-C, C=C, C=O et C-H des molécules organiques sont mises en jeu. Cependant la gamme de 254 nm laisse envisager surtout la prise en compte des noyaux aromatiques. L'éclairement UV est assuré par une lampe au deutérium ( $^2\text{H}$ ) à large spectre fonctionnant par flash .

Une lecture directe est possible ou bien les résultats sont stockés en mémoire (256 Ko).

Les mesure effectuées sont en relation directe avec le taux de COD.

Des mesures comparatives ont montrées la justesse des valeurs trouvées au CT 100 :



Le CT 100 peut aussi bien faire des mesures sur eau traitée que sur eau brute, comme cela a été le cas pendant la campagne de 1993.

### 2.3. Analyseur NITRAL 100 (DATA LINK)

La présence d'ammonium et de nitrate dans les rejets ont des conséquences néfastes sur l'environnement: eutrophisation du milieu, toxicité,...

Le NITRAL 100 utilise la méthode par spectroscopie dans l'UV.

### 2.4. Colorimètre

#### 2.4.1. principe

La colorimétrie ne fait pas appel aux mêmes transitions électroniques qu'en ultra-violet. Alors qu'en UV on étudie les électrons des liaisons Pi et les doublets n, ici, uniquement les électrons propres aux atomes sont pris en compte. Le dosage colorimétrique consiste à colorer une solution à l'aide d'un réactif caractéristique de l'élément à doser. L'intensité de la couleur de la solution ainsi obtenue est directement proportionnelle à la concentration de l'élément cherché dans la solution.

Le colorimètre fonctionne sur le principe de l'application de la loi de BEER-LAMBERT :

$$A = \text{Log} (I_0/I) = kcl$$

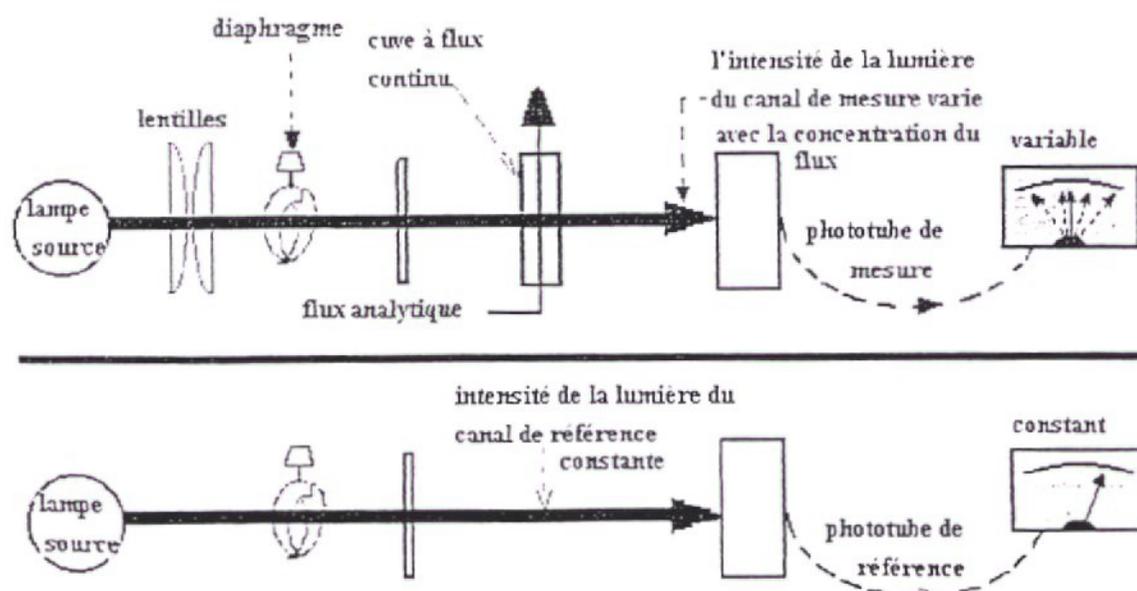
avec: A = Absorbance

$I_0$  = Intensité lumineuse du canal de référence

- $I$  = Intensité lumineuse du canal de mesure  
 $k$  = Coefficient d'extinction moléculaire  
 $c$  = Concentration de l'élément dans la solution  
 $l$  = Longueur du flux analytique

Le principe même du colorimètre est fondé sur la comparaison de deux chemins optiques (schématisés ci-après). A partir de la même lampe source, la lumière suit deux chemins différents. Le premier est celui du canal de référence, par lequel la lumière traverse le diaphragme mécanique avant d'atteindre le phototube de référence. Par le canal de mesure la lumière traverse un système de lentilles et la cuve à flux continu (contenant toujours une même quantité d'échantillon) avant d'atteindre un autre phototube. Les phototubes sont réglés au départ pour entraîner une même déviation de l'aiguille lorsque le circuit est à vide. La simple comparaison de l'intensité incidente sur le phototube de référence et sur celui de mesure permet de déterminer la concentration de l'élément à doser.

#### 2.4.2. Appareillage



Il est à noter que la méthode colorimétrique a un domaine de validité limité à des solutions non turbides. Or le canal a une turbidité importante.

#### 2.4.3. dosage des chlorures

- *principe* :

On utilise la réaction de déplacement de  $\text{SCN}^-$  dans le thiocyanate mercurique par formation de chlorure mercurique soluble mais non ionisé . Les ions  $\text{SCN}^-$  sont alors dosés par colorimétrie du ferrithiocyanate .

- *réactifs* :

Sulfate ferrique d'ammonium

12g de sulfate ferrique d'ammonium et 77ml d' $\text{HNO}_3$  (c)  
pour un litre de solution .

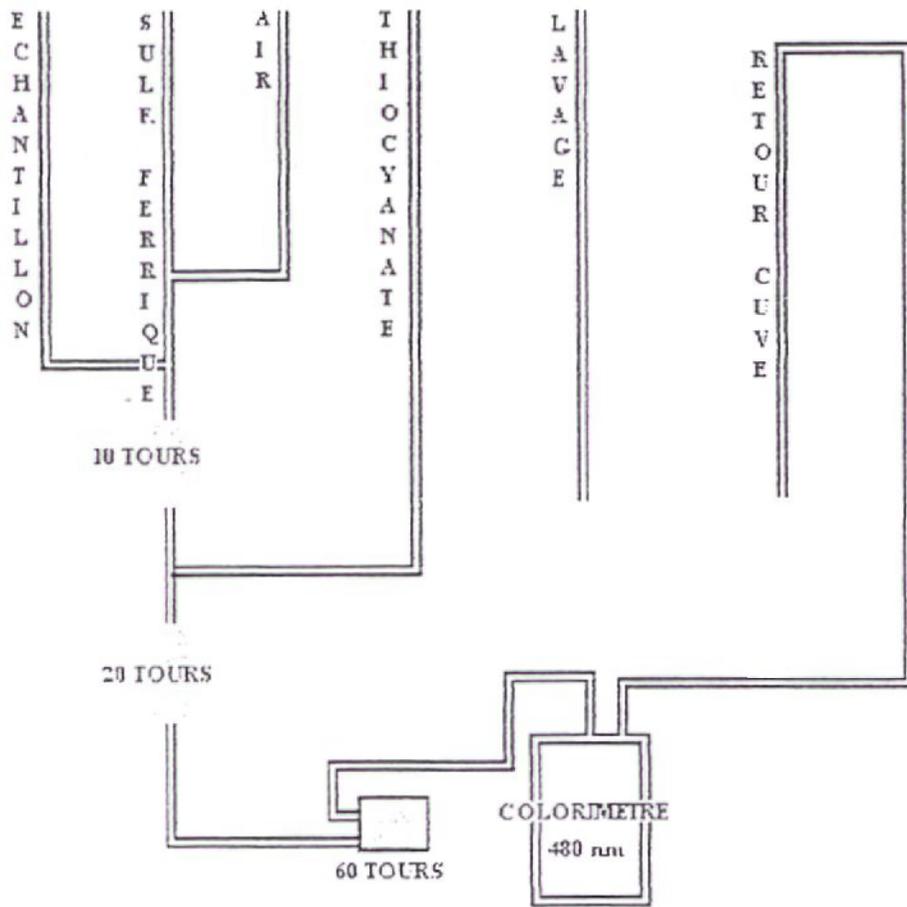
Thiocyanate mercurique

En solution saturée dans l'eau.( ~ 0,07g à 25°C pour 100ml).  
Pour faire cette solution ,il faut peser ~1g de thiocyanate  
pour un litre, bien agiter, laisser reposer une demi journée et  
prélever au milieu du flacon .

- *étalons* :

1,65g de NaCl dans un litre d'eau distillée (c=1g.l<sup>-1</sup>). Faire  
des dilutions .

*schéma :*



#### 2.4.4. Dosage des Phosphates

*principe :*

Les phosphates sont dosés par la méthode *au Bleu de Molybdène* qui est basée sur la mesure de l'intensité de la couleur bleue qui est développée par réduction de l'hétéropolyacide formé dans la réaction entre le phosphate et le molybdate. Dans cette manipulation, le flux est chauffé à 95°C, et le réducteur est l'acide ascorbique .

*réactif :*

Acide sulfurique 1,68 N

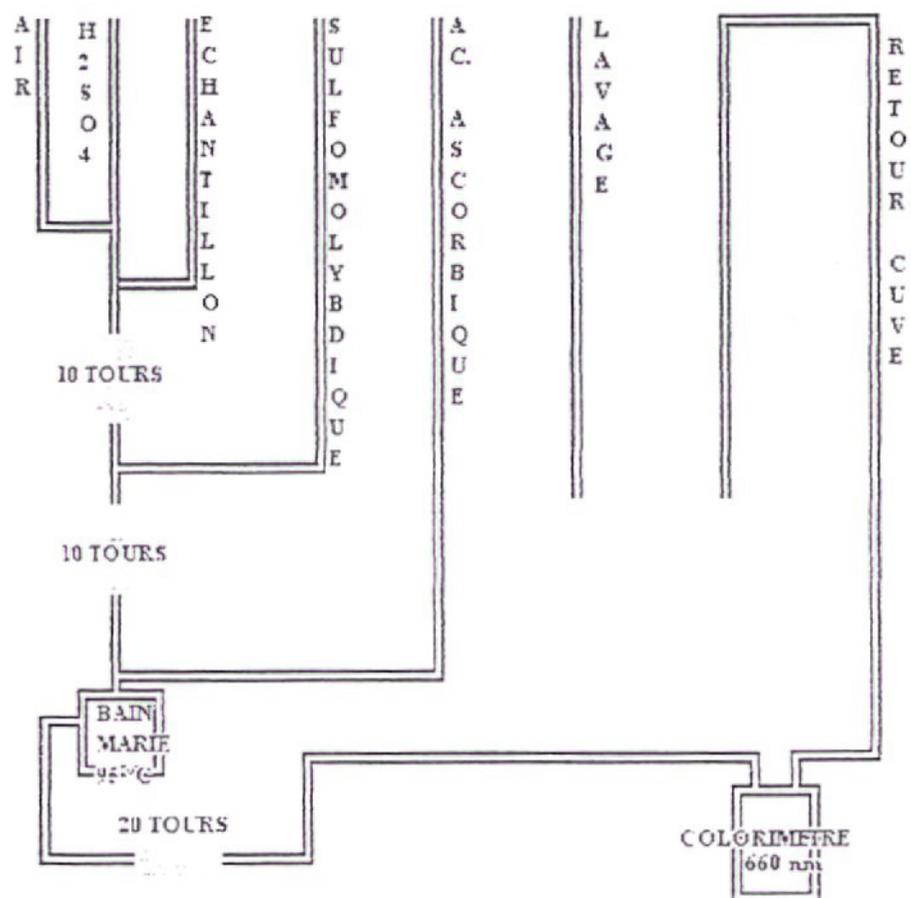
Réactif sulfomolybdique: 22,3 ml de molybdate d'ammonium pour  
100 ml d'eau  
250ml d'acide sulfurique concentré dans  
300 ml d'eau

Acide ascorbique: 6,45g.l<sup>-1</sup> dans de l'eau distillée .

*étalons :*

On prépare une solution mère de phosphore à 100 mg.l<sup>-1</sup> avec laquelle on fait des dilutions .

*schéma :*



#### 2.4.5. Dosage des Nitrates

##### *principe :*

Les nitrates sont réduits en nitrites par passage sur une colonne cadmium-cuivre et les nitrites sont déterminés par colorimétrie du fait de leur réaction avec la sulfanilamide, en milieu acide , pour donner un composé diazoté. Celui-ci forme avec la N-naphtyl-éthylènediamine un complexe de couleur rose .

##### *réactifs :*

Chlorure de sodium :10g pour un litre de solution

Réactif coloré: sulfanamide 20g

acide phosphorique concentré 200 ml

N-naphtyl-éthylènediamine 1g

eau distillée 2000 ml

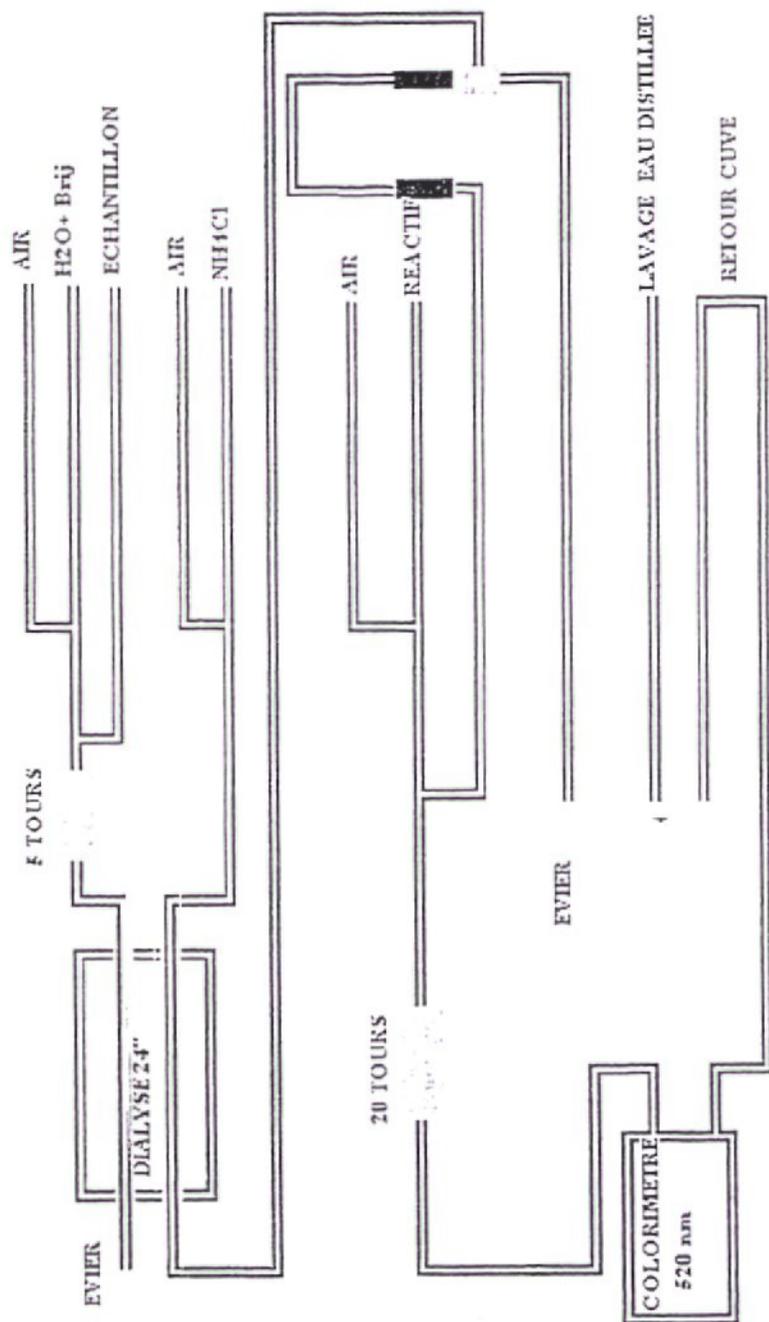
Brij 35 1 ml

##### *étalons :*

solution mère de  $\text{KNO}_3$  1,63g de  $\text{KNO}_3$

eau distillée 1000 ml.

schéma :



## V. DISCUSSION DES RESULTATS

### 1. Rapport Salinité / Conductivité

Les industriels expriment la salinité par rapport à la chlorinité :

$$S \text{ ‰} = [\text{Cl}^-] * 1,648$$

La salinité pour les océanographes diffère un peu de la précédente:

$$\begin{aligned} S \text{ ‰} &= 1,805 * \text{Cl}^- \text{ ‰} + 0,03 \\ &\sim 1,806554 * \text{Cl}^- \text{ ‰} (\text{UNESCO}) \end{aligned}$$

La définition légale de la salinité pour une eau douce potable ou industrielle est la suivante :

$$\begin{aligned} S &= 480 \text{ mg.l}^{-1} \\ &= 250 \text{ mg.l}^{-1} \text{ de Cl}^- \end{aligned}$$

Les TABLES Océanographique Internationales à l'UNESCO donnent des valeurs détaillées de la salinité en fonction de la conductivité à 20°C. Cette relation s'effectue à partir de la conductivité corrigée:

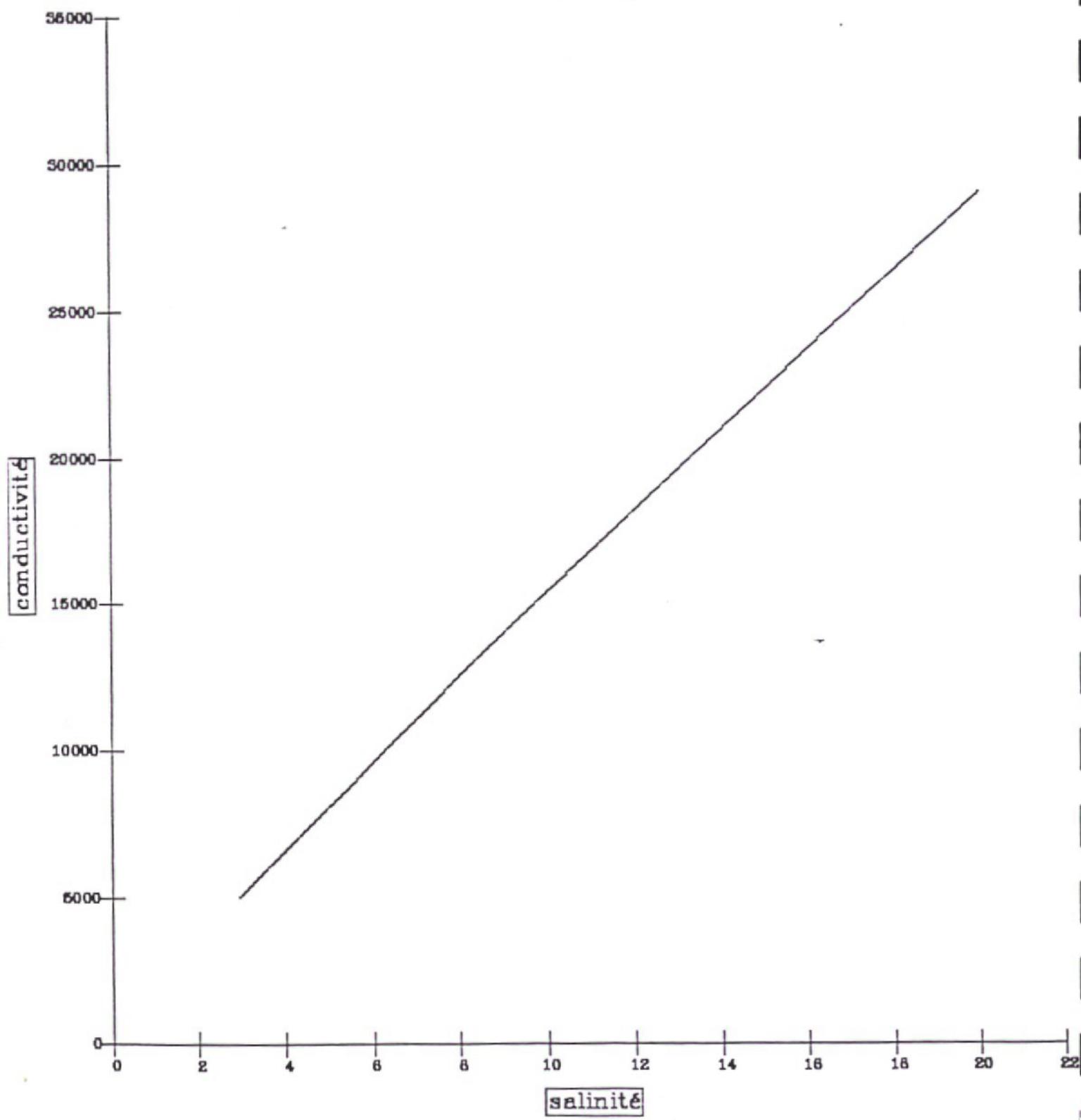
$$\text{Conductivité corrigée} = \text{conductivité mesurée} * 1,2$$

A partir de ces valeurs, on peut tracer une droite:

$\text{Salinité} = 0,723.10^{-3} * \text{conductivité corrigée} - 0.93$
---



salinité

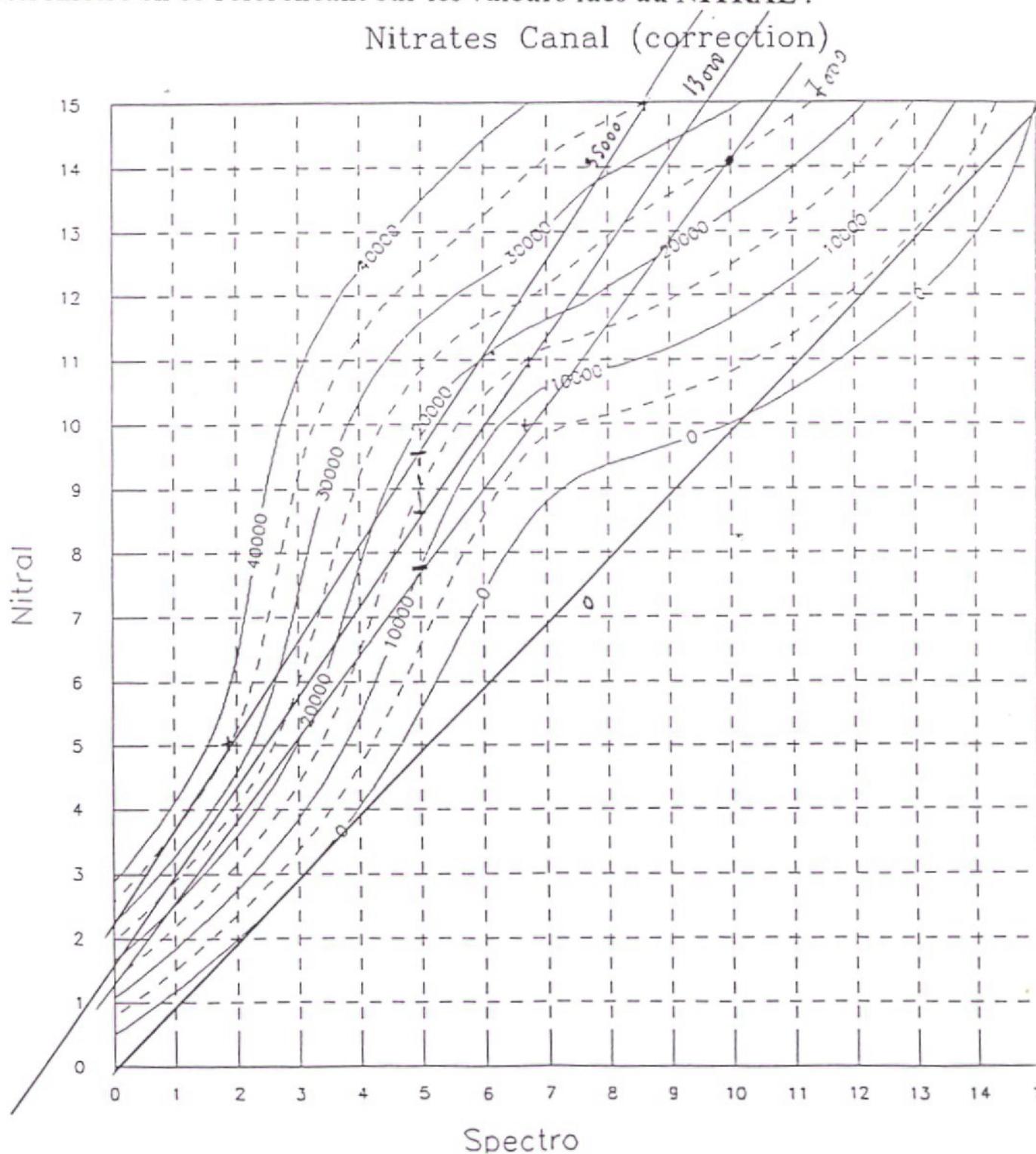


salinité

2. Comparaison NITRAL 100 / Spectrométrie (Nitrates)

On a constaté une différence entre les mesures de nitrates effectuées au NITRAL 100 et par méthode spectrométrique. C'est pourquoi une correction a été faite sur les résultats obtenus au spectromètre en se référant sur les valeurs lues au NITRAL :

Nitrates Canal (correction)



- pour une lecture de 5 au spectromètre ,on lit 7,8 et 9,6  
(conductivité prise entre 7000 et 35000 mS) $\implies$  moyenne :9  
rapport Nitral/Spectro = 1,8 .
- pour une lecture de 10 ,on lit en moyenne 16 au NITRAL 100  
rapport Nitral/Spectro = 1,6 .

Ainsi, on peut estimer le rapport à  $\sim 1,7$  :

$$\boxed{\text{NO}_3^- = 1,7 * \text{valeur au spectromètre}}$$

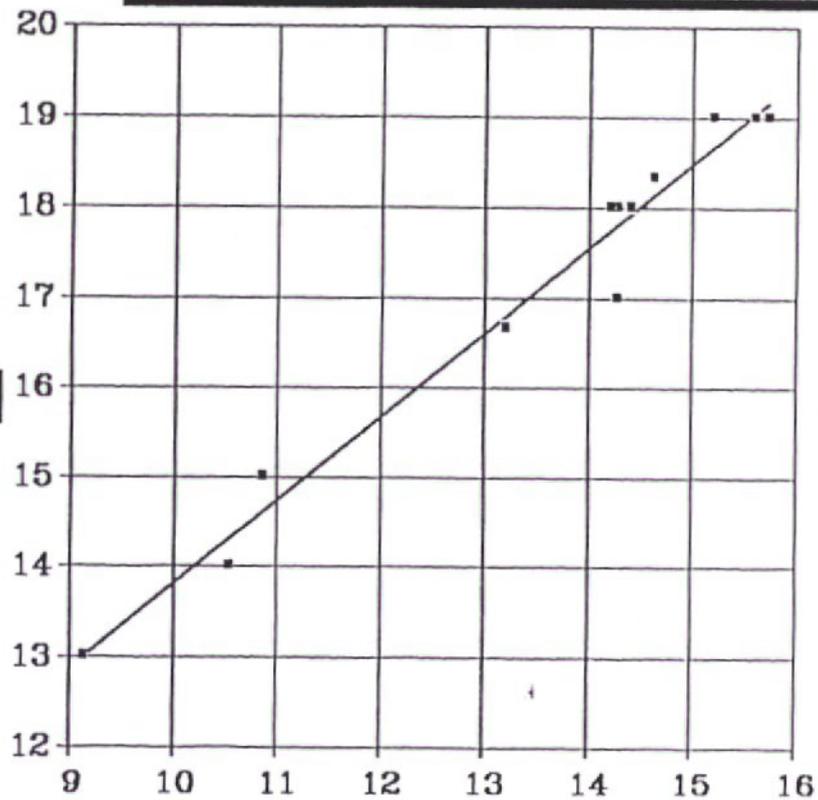
### 3. Comparaison NITRAL / Colorimètre (Nitrates)

Le premier facteur pouvant jouer sur la différence des valeurs trouvées dans les deux méthodes est le temps. En effet, si les mesures au NITRAL sont faites immédiatement sur le terrain, celles effectuées par colorimétrie en laboratoire sont faites quelques temps plus tard, et dans le cas de la campagne de 1993, celles-ci se sont déroulées deux semaines après prélèvement. Une dénitrification a pu avoir lieu et donc abaisser la teneur en nitrates.

C'est pourquoi une deuxième analyse a été mise en place avec des mesures effectuées en même temps pour les deux méthodes. Les résultats sont plus proches, mais une différence demeure. On peut donc se demander d'où vient cette différence.

# NITRAL/COLORIMETRIE

NITRAL



COLORIMETRIE

▪ NITRAL/COLORIMETRIE

— REGRESSION SIMPLE

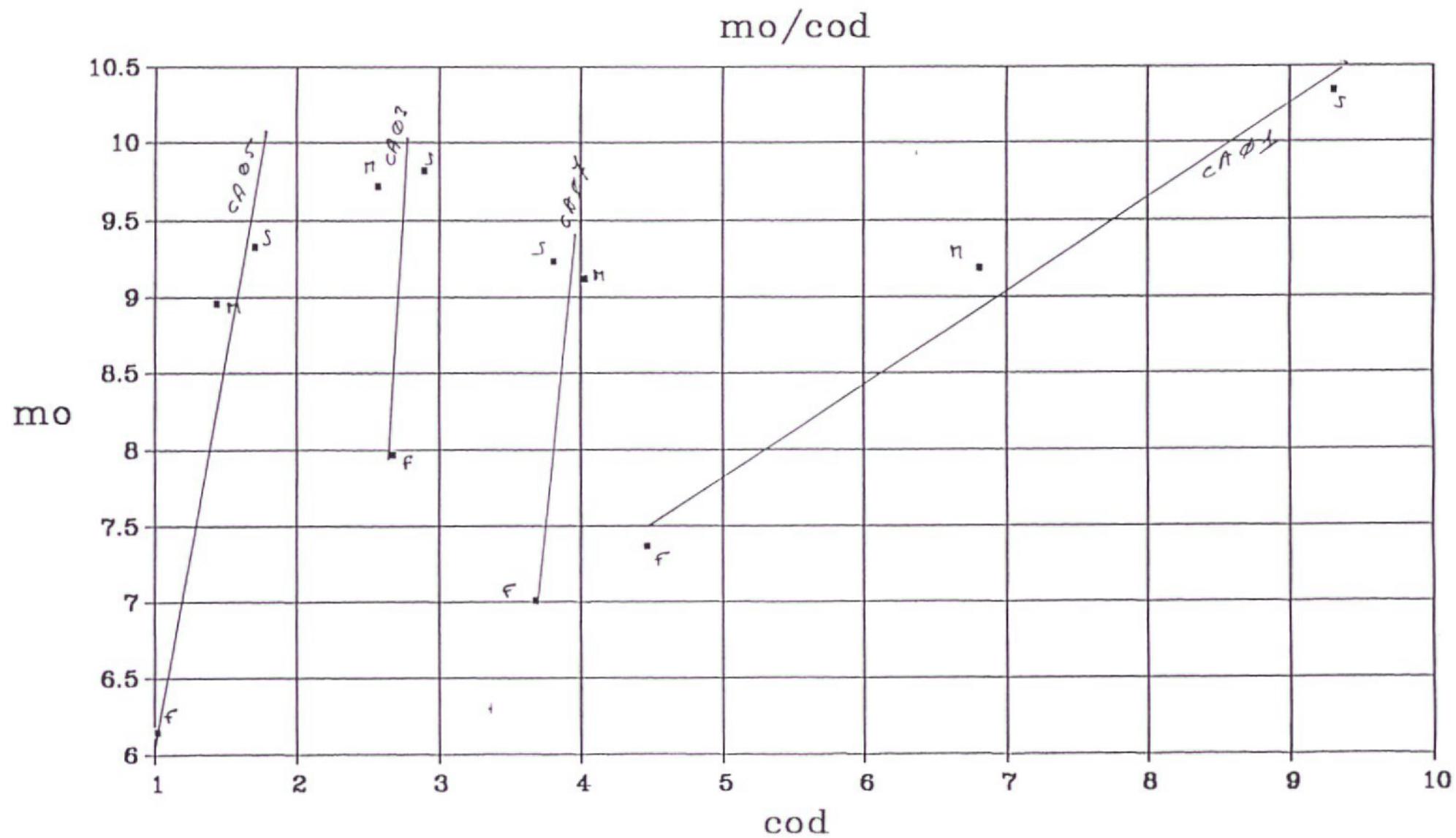
#### 4. Relation entre matière organique et COD

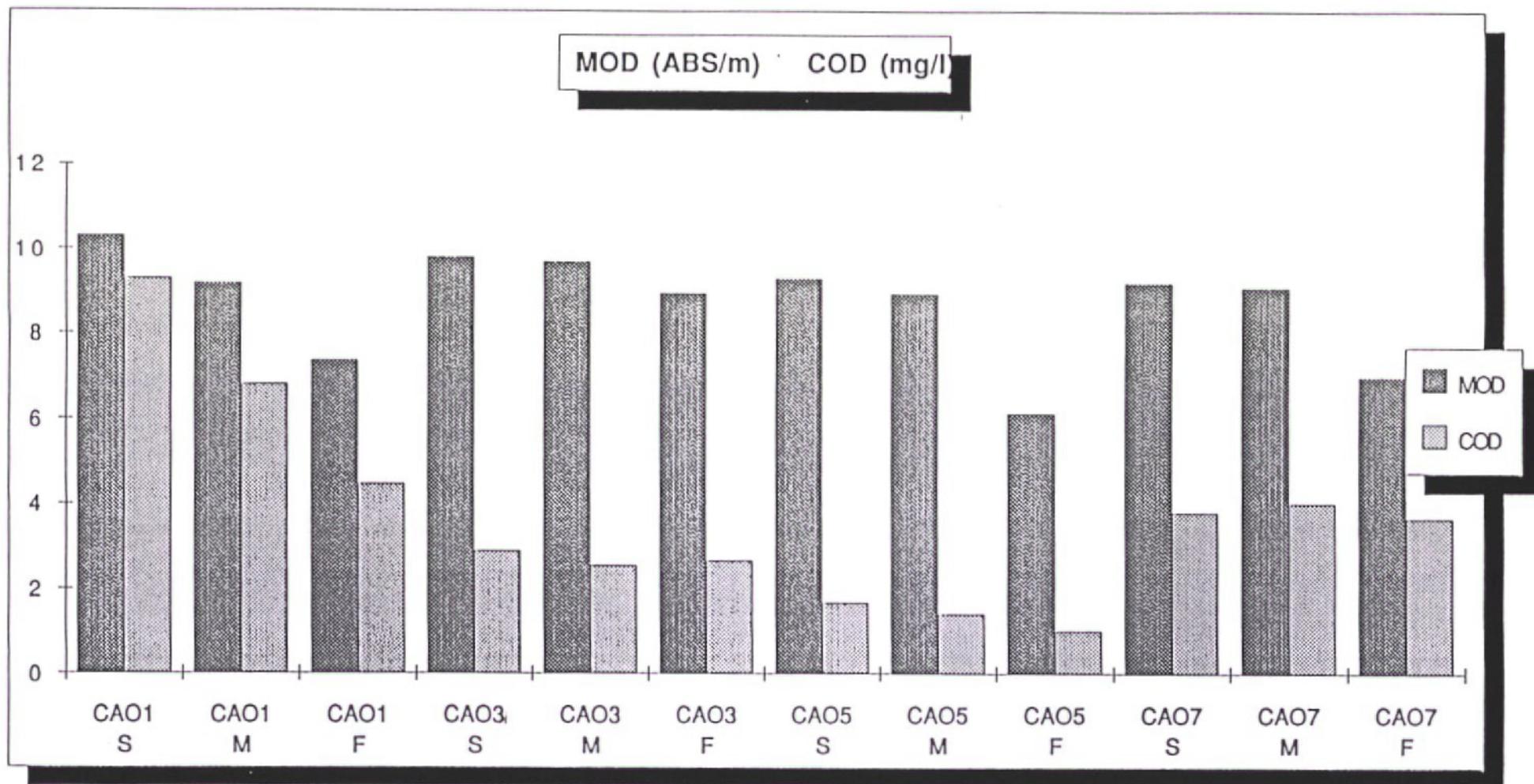
Connaissant les teneurs en MO et COD, nous avons cherché à mettre en relation ces deux paramètres qui, sans phénomènes parasites, sont comparables .

Pour la station CA01 le taux de MO diminue de la surface vers le fond, ainsi que pour les autres stations, mais sa caractéristique est différente. Cette station a un caractère de pollution important en surface et au milieu du canal.

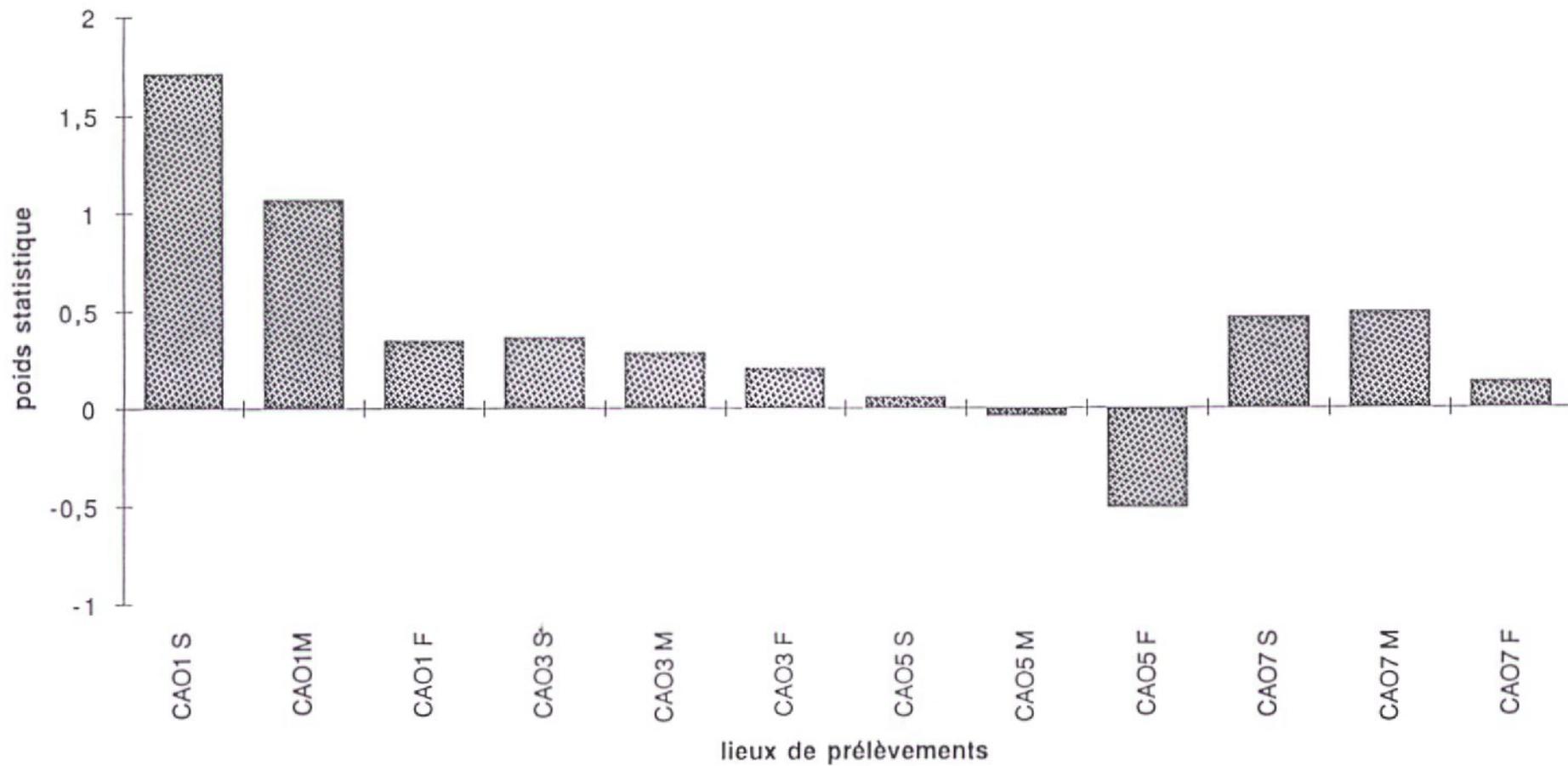
Les stations CA03,CA05,CA07 ont la même distribution de COD, mais la MO du fond est différente de la surface et du milieu .

L'utilisation du logiciel SPAD nous a permis de connaître quels points apportaient le plus d'obstacles dans la recherche d'un rapport. Il apparaît clairement que la première station apporte un poids statistique important à l'ensemble des données. Le coefficient de corrélation trouvé par SPAD ( $r=0.66$ ) montre que la relation entre le COD et la MO n'est pas évidente. Cependant, elle existe, et le fait d'avoir peu de valeur est un obstacle à la réalisation de cette relation. De plus le COD est obtenu à partir d'une différence ( $COD = CTD - CID$ ); ainsi les erreurs obtenues sur le CTD et le CID sont incluses dans la valeur du COD. Il est à noter également que la mesure de la MO a été faite instantanément par le CT100 alors que le COD a été mesuré une semaine plus tard. Même si celui-ci a été empoisonné au chlorure mercurique dans des tubes en verre à joints en téflon (ce qui devrait éviter toute contamination par l'air extérieur ), il se peut que le temps entre le prélèvement et la mesure est joué sur la teneur en COD .

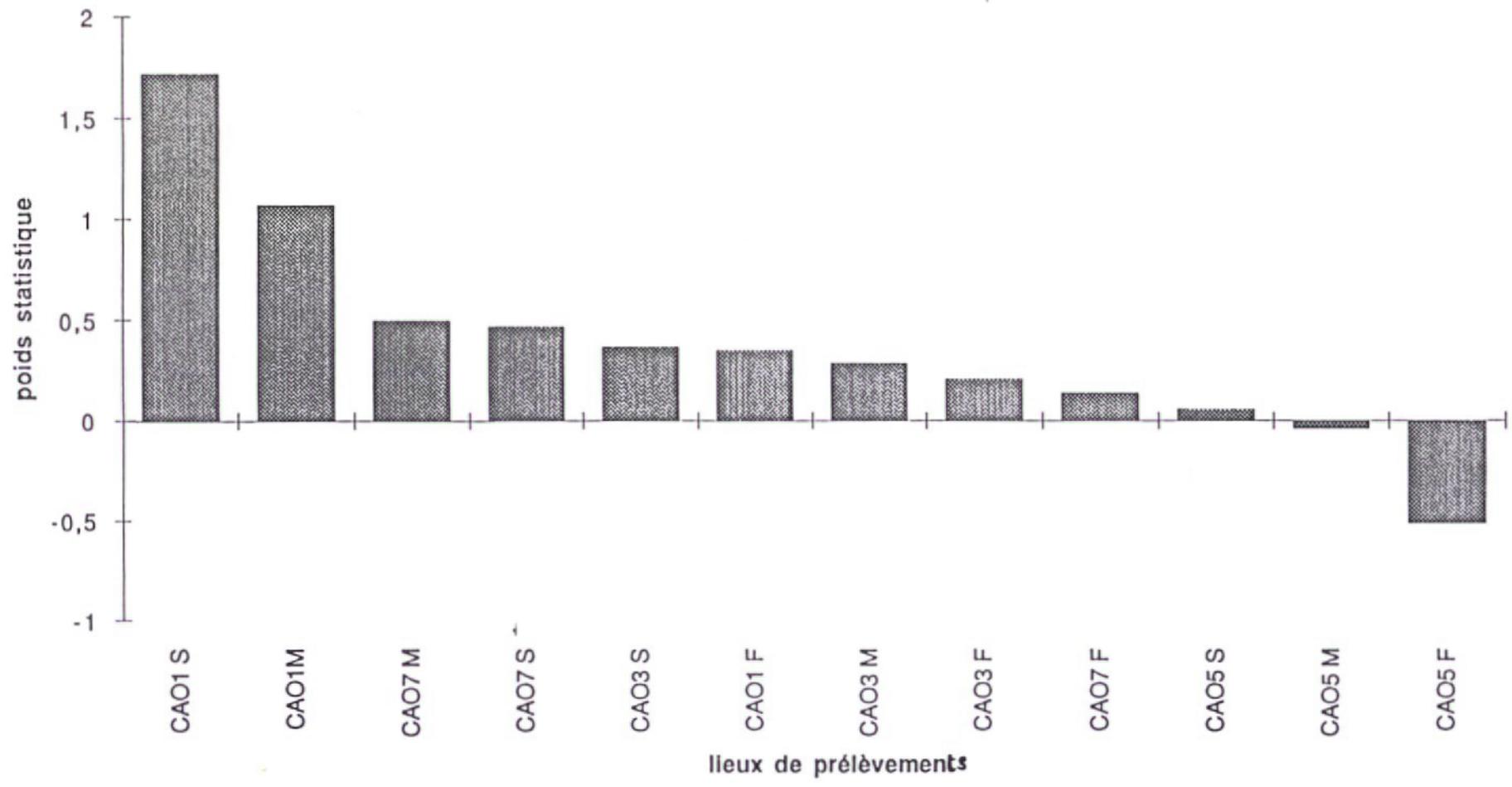




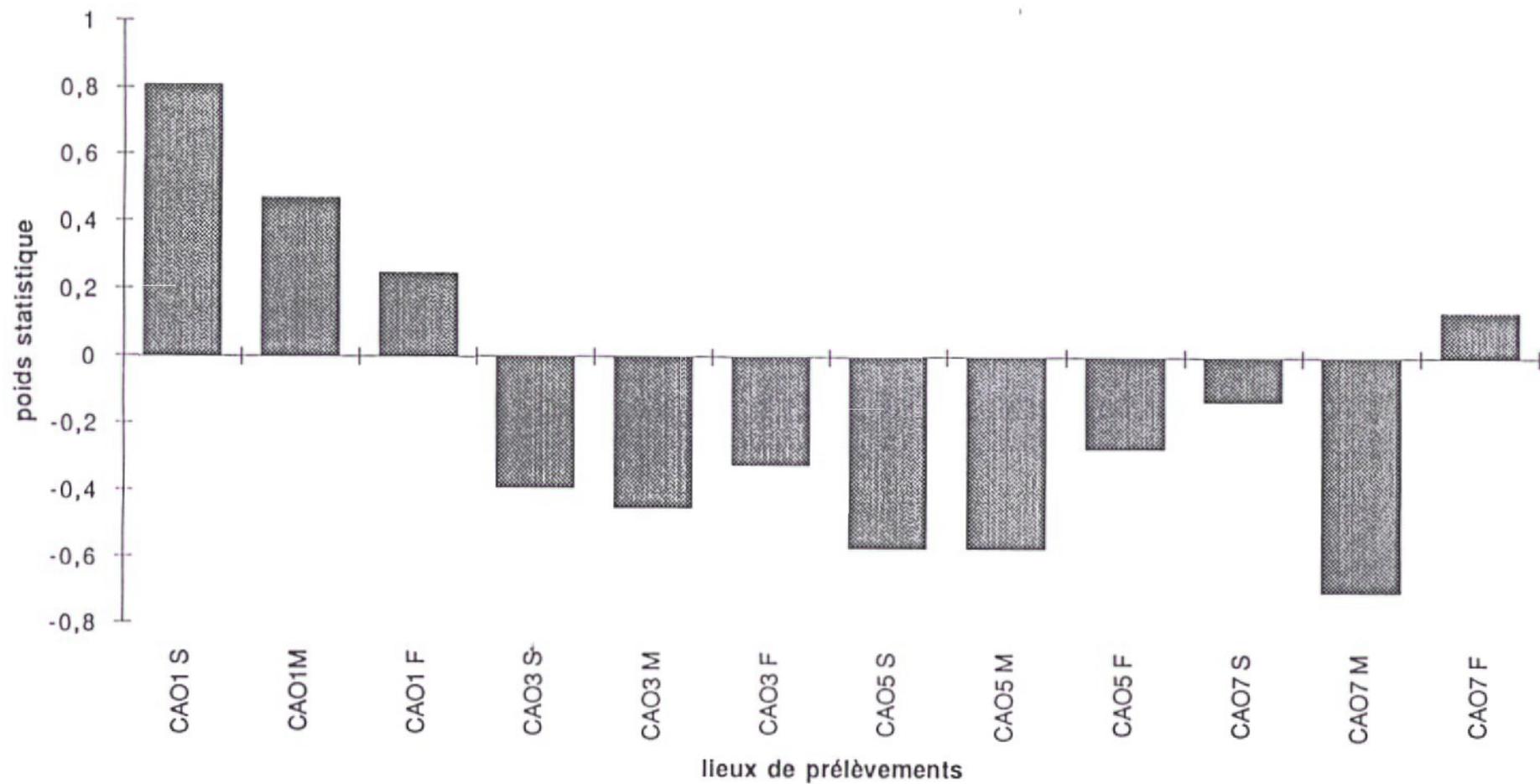
AXE F1



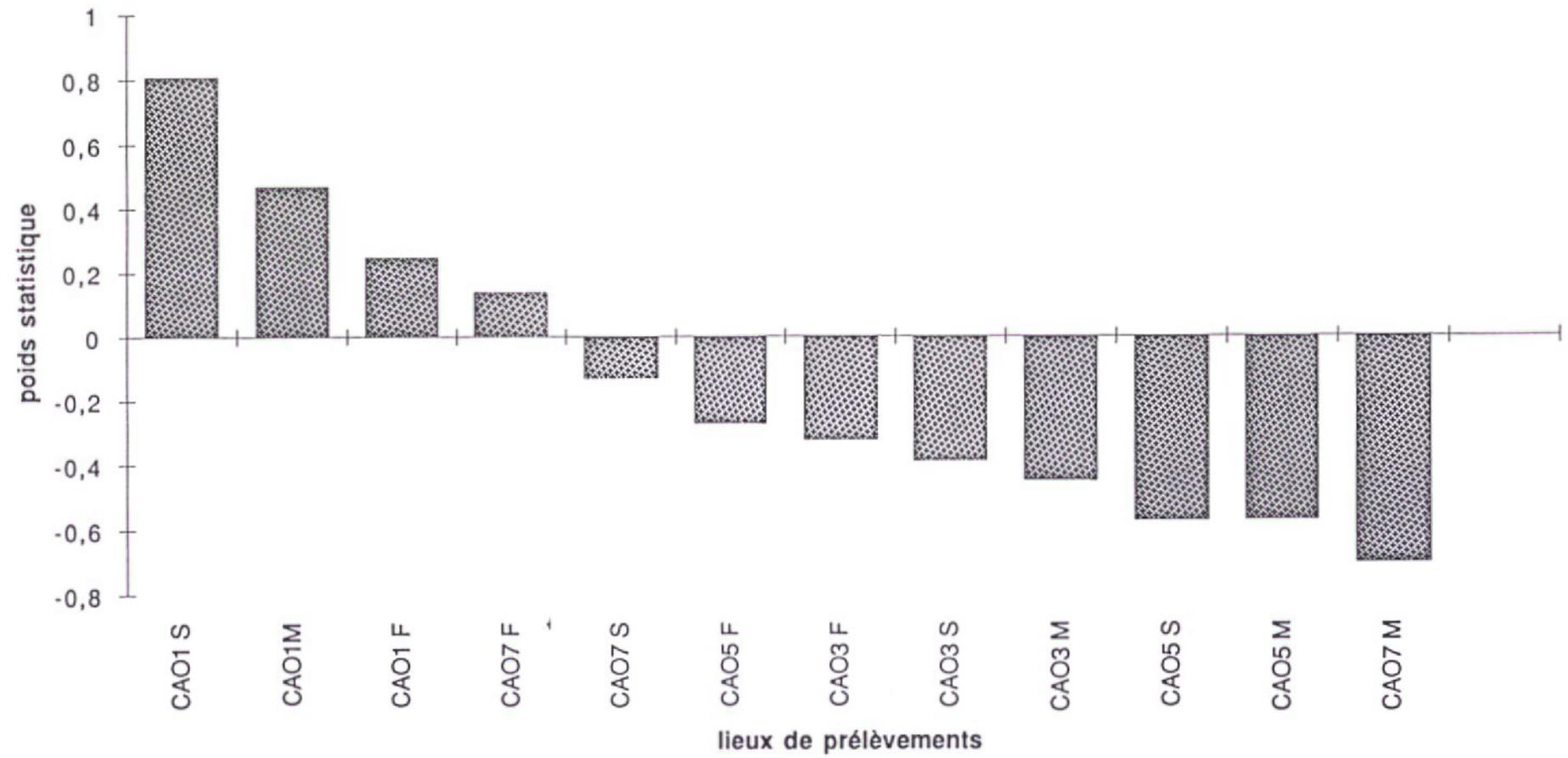
AXE F1



AXE F2



AXE F2



## VI. RESULTATS: TRAITEMENT INFORMATIQUE

### 1. Surfer

Surfer, version 4.00, est un logiciel incluant des sous-programmes liés entre eux (GRID, TOPO, SURF, UTIL, VIEW et PLOT). Ces programmes permettent, à partir des tableaux à deux entrées, de créer des relevés topographiques, de calculer des surfaces, des volumes, etc... .

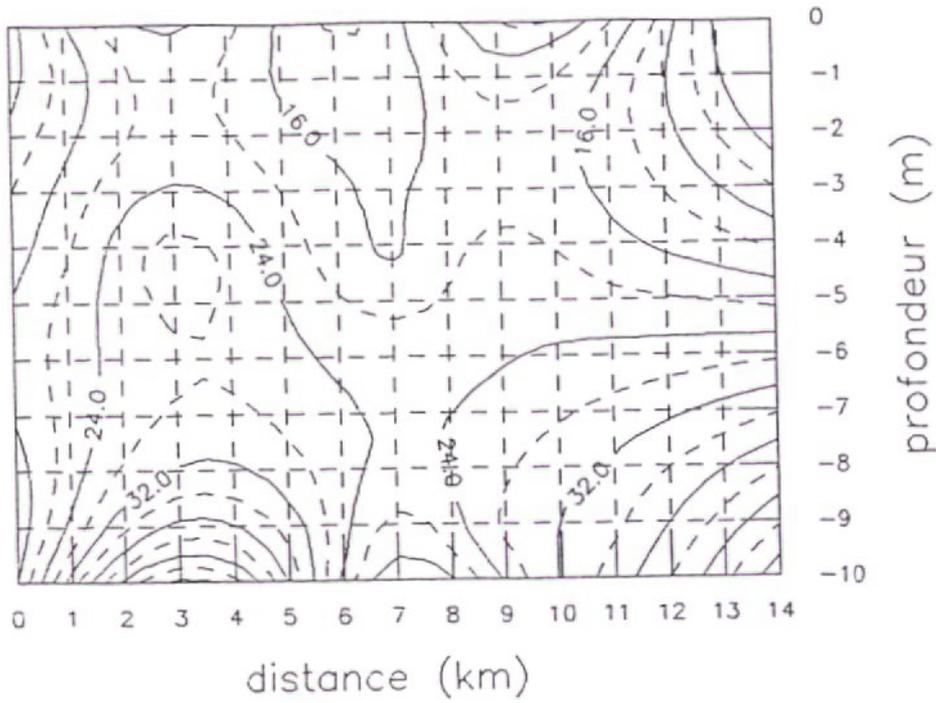
#### GRID :

GRID est utilisé pour créer un espace en grille régulier à partir de données irrégulièrement espacées ou à partir d'équations. La grille aux dimensions correctes peut ensuite être utilisée par TOPO, SURF et UTIL qui sont des programmes exécutables .

#### TOPO :

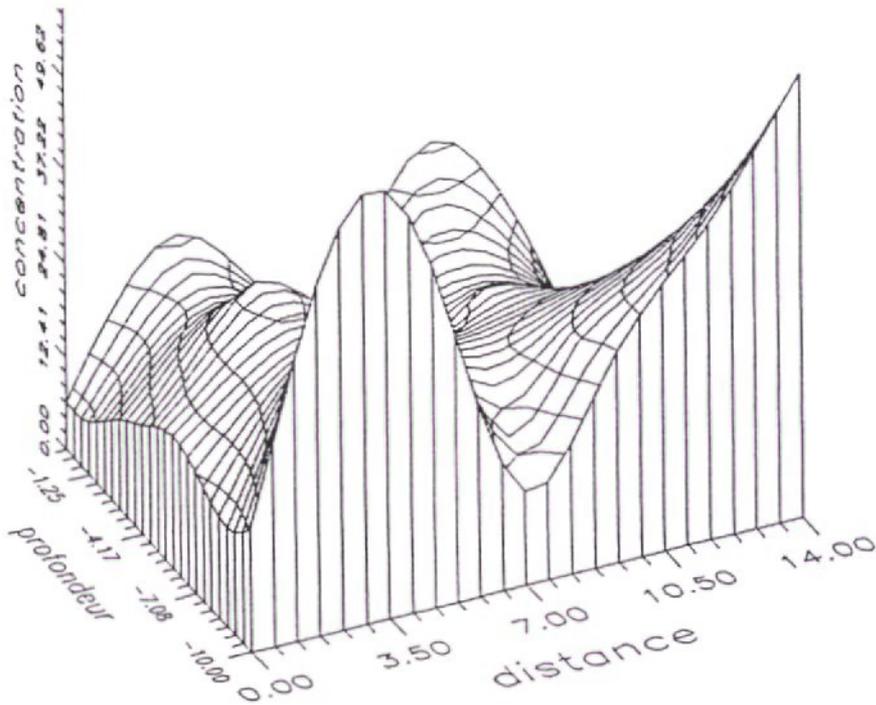
Ce programme est utilisé pour créer un plan à partir des données calculées dans GRID .

TOPO crée ces plans pour des sorties sur écran ou sur imprimante => création de fichiers.plot utilisables dans le programme VIEW et PLOT de Surfer. Le fichier peut être soit du binaire, soit du code ASCII .



### SURF:

Alors que TOPO donne des courbes topographiques, le programme SURF génère lui des représentations en trois dimensions également utilisables pour des sorties sur imprimante.



Tous les fichiers.EXE de surfer ont des extension .CMD de commandes par défaut qui sont lus lors de l'initialisation du programme en question. Toutes les valeurs par défaut changées sont sauvegardées dans un fichier OUT.CMD mais elles peuvent être changer directement dans le fichier .CMD .

## 2. Résultats obtenus par Surfer

### 2.1. Données 1991

#### SALINITE

La salinité du canal de l'Orne , mesurée à partir de la conductivité électrique, exprime la teneur en chlorure de sodium .

On observe un gradient de salinité croissant du fond du canal vers la surface, avec un maximum relevé à Ouistréham ,dans le port (24°/oo).Sachant que l'eau de mer normale est une eau de mer standart de salinité 35°/oo ,on peut conclure que le canal a une teneur en chlorure relativement élevée .

Il est également à noter que la période estivale (prélèvement du 5 àout au 2 septembre 1991 ) est favorable à une salinité plus élevée qu'à l'ordinaire: la conductivité de l'eau ,donc la salinité, dépend largement de la température . La plupart des conductimètres ou salinomètre ayant une correction automatique , il n'est pas nécessaire d'effectuer une correction pour des températures différentes de 20°C.

### NITRATES

Avec une concentration variant entre 7 et 15 mg/l , signe indubitable d'une activité humaine , les nitrates se trouvent en proportion à peu près égales quelque soit la station de prélèvement . On note cependant un gradient par le fond à hauteur de Blainville . De plus la concentration en nitrates augmente curieusement au mois de septembre ,et ce ,à une profondeur moyenne de 4 mètres, dans toutes les stations.

Les nitrates étant l'un des éléments nutritifs majeurs des végétaux , une teneur aussi importante pourrait entraîner le développement d'algues gênantes.

### AMMONIUM

Quelque soit la station , on observe une augmentation continue dans le temps de la concentration en ions ammonium jusqu'au mois d'octobre (de 0 à 5 mg/l environ dans le fond et à mi-hauteur ) , puis une baisse de la teneur (jusqu'à 1 mg/l ) .

On peut toutefois remarquer un rejet important d'ammonium au niveau du bassin de Calix (10 mg/l en surface environ) formant un gradient décroissant vers le fond du canal .

### PHOSPHATES

Comme pour l'ammonium , on observe une augmentation dans le temps de la teneur en phosphates également jusqu'en octobre . Les concentrations varient de 0.5 à 5 mg/l environ . Cest encore à Caen qu'un rejet en surface semble polluer plus qu'ailleurs le canal en phosphates .

### PHOSPHORE TOTAL

La plus grande partie du phosphore total semble provenir d'un rejet quasi incessant de la première station de prélèvement ,le bassin de Calix , et

ce jusqu'en octobre .A partir de ce mois les eaux du canal les plus concentrées en phosphore total se situent à hauteur de Blainville (gradient décroissant vers le fond ) . On obtient un maximum de 6 mg/l environ à Caen ( bassin de Calix) .

### CHLOROPHYLLE A ( CORRIGEE )

On trouve de la chlorophylle a dans les endroits bien oxygénés ,c'est à dire en surface . Mais la concentration de la chlorophylle dépend également de la limpidité de l'eau (mécanisme de photosynthèse ) ainsi que d'une température relativement chaude . Donc ,la chlorophylle a est

surtout prépondérante au mois d'âout dans le bassin de Calix (plus de 100 mg/l). On la retrouve également en quantité assez importante jusqu'à Bénouville (45 mg/l environ).

### OXYGENE DISSOUS

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la température et de la salinité . C'est pourquoi on observe un gradient croissant de l'amont vers l'aval , où la salinité est la plus forte (24 ‰ ) . Au dessous de 4 mètres de profondeur l'oxygène est rare ,voir inexistant, sauf à Ouistréham ainsi que pour les autres stations au mois de novembre .

## 2.2. Données 1993

### SALINITE

La salinité, comme la température, est connue pour influencer la répartition des populations autochtones : le réchauffement des eaux , favorable au développement planctonique, favorise les phénomènes de minéralisation (influe sur la MO détritique) . La salinité influe sur les phénomène de floculation et de précipitation des matières en suspension .

La salinité a été mesurée à partir d'un conductimètre type CN

La salinité en 1993 est moins forte qu'en 1991, même si les mesures n'ont pas été faites à la même époque. Cependant le canal a toujours les qualités d'une eau saumâtre.

### NITRATES (NITRAL 100)

Si l'on se réfère aux valeurs du début de l'été 1991, on peut considérer à première vue que la teneur en nitrates a pratiquement doublé en deux ans ( en moyenne  $18 \text{ mg.l}^{-1}$  ). Cette augmentation est due à l'apport de l'Orne en eau douce. D'ailleurs, la salinité est moins élevée.

### AMMONIUM

On observe une nette différence entre le fond d'une part et la surface et le milieu d'autre part. Quelque soit la station étudiée, le fond est beaucoup plus chargé en ions ammonium qu'ailleurs ( $\sim 0,25 \text{ mg.l}^{-1}$ ). Par contre le rejet remarqué en 1991 au niveau du bassin de Calix ne réapparaît pas .

### PHOSPHATES (colorimètre)

Il semble qu'il y ait un gradient croissant vers le fond de la teneur en phosphates, mais les concentrations sont plus faibles qu'il y a deux ans (maximum:  $0,27 \text{ mg.l}^{-1}$ ).

### CHLOROPHYLLE A

La chlorophylle a est moins importante qu'en 1991. Ceci est certainement dû à la période de prélèvement. Même si le canal est mieux oxygéné, la température de l'eau est encore douce, et l'on ne retrouve de la chlorophylle a en quantité importante qu'au bassin de Calix, en surface.

### OXYGENE DISSOUS

La différence de teneur entre les stations amont et Ouistréham est moins nette. On observe une certaine homogénéité quelque soit l'endroit du prélèvement. D'autre part, le fond du canal est beaucoup mieux oxygéné.

## CONCLUSION

Au terme de ce travail, on peut déduire plusieurs enseignements. D'une part, il est nécessaire d'utiliser des méthodes spécifiques à un tel milieu. Le caractère saumâtre du canal de l'Orne exige la mesure de paramètres précis afin de connaître réellement sa composition (MOD, COD, Oxygène, éléments nutritifs, etc ...).

D'autre part, on peut mettre en doute la validité des résultats. La différence entre les méthodes montre que, même si l'ordre de grandeur est correcte, une marge d'erreur existe. De plus, les résultats montrent une fluctuation des paramètres aussi bien dans le temps que dans l'espace qui n'est pas contrôlable . C'est pourquoi il serait intéressant d'effectuer une modélisation du canal, afin de connaître l'évolution de la pollution dans l'état actuel du milieu, car peu de modèles dans ce domaine ont été établis jusqu'à aujourd'hui.

Le caractère important de pollution entrevu par les fortes teneurs en éléments nutritifs (nitrates, phosphates, etc... ) ainsi que par la forte charge en matière organique et la pauvreté en oxygène montrent que la capacité d'autoépuration des eaux du canal est dépassée . Les observations faites par les pêcheurs confirment cette dégradation par rapport à ce que l'on pouvait y trouver il y a une vingtaine d'années.

Les communes riveraines du canal veulent des activités touristiques et sportives de plus en plus nombreuses (écoles nautiques, promenades touristiques sur le canal,...) , et désirent conserver un développement économique de la zone portuaire voire une utilisation du milieu à des fins épuratrices ou de lutte contre les inondations. Pour cela, il sera nécessaire de prendre des mesures pour garantir ces activités qui

n'exigent pas la même situation tant sur le plan qualitatif que quantitatif.

***BIBLIOGRAPHIE***

AGENCE DE L'EAU SEINE NORMANDIE .1991 . Bilan de la qualité des eaux de l'Orne de Caen à la mer. *Rapport*, 48 p .

BREMOND R. & PERRODON C. . Les paramètres de la qualité des eaux. *Ministère de l'Environnement. 2<sup>e</sup> Ec* , 209 p .

BUSCAIL R.,1991. Le cycle du carbone sur une marge continentale: aspects biogéochimiques du transfert de la matière organique à l'interface eau-sédiment. *Thèse de l'Université de Perpignan*, 642 p .

C.R.E.P.A.N.,1975: Faune et flore du littoral bas normand .

CAUWET G.,1985. Dynamique de la matière organique dans les milieux marins et polyhalins: son rôle dans les processus chimiques aux interfaces. *Thèse de doctorat d'Etat, Université de Perpignan*, 178 p .

CAUWET G., SEMPERE R. & SALIOT A., 1990. Carbone organique dissous dans l'eau de mer: confirmation de la sous-estimation antérieure. *Compte rendu de l'Académie des Sciences de Paris. 311, I*, p 1061-1066 .

CHARRIERE B. .Les composés phénoliques marqueurs de la matière organique terrestre dans deux écosystèmes marins: le delta du Rhône et le prodelta de la Têt.

CHESTER R., 1990. Marine geochemistry. *UNWIVHYMAN Ec*, p 272-321 .

COMPIANO A.M., 1990. Etude de l'origine de la matière organique particulaire. Chromatographie HPLC des oses constitutifs de la fraction glucidique; *Thèse de doctorat (océanologie), Université d'Aix Marseille I* (centre d'océanologie de Marseille, Observatoire des Sciences de l'Univers), 186 p .

DE SOUZA SIRRA M.M., 1992. Caractérisation et réactivité de la matière organique fluorescente dissoute dans les milieux côtiers et marins. *Thèse de doctorat, Université de Bordeaux.*, 200 p.

DUSSART B., 1966. Limnologie. L'étude des eaux continentales, *Ed Gauthier-Villars, Paris*, 619 p.

ETCHEBER H., 1983. Biogéochimie de la matière organique en milieu estuarien: comportement, bilan, propriétés, cas de la Gironde. *Thèse de doctorat d'Etat, Université de Bordeaux.*, 262 p.

LAANE R.W.P.M., 1982. Chemical characteristics of the organic material in the waterphase of the Ems-Dollart estuary. *Thèse de doctorat, Université de Groninge*.134 p.

MACHUREY M., 1986. Les problèmes de l'eau. Le canal et l'Orne. Aménagement du territoire, Economie régionale.

RODIER J.,1984. L'analyse de l'eau. *Ed Dunod*.

ROUDAULT N., 1993. Etude comparative des différentes méthodes d'analyse des taux de matière organique. *Rapport de Maîtrise de Chimie, Université de Caen*. 20 p.

OTTOMAN F., 1976. Rapport sur l'étude des possibilités de captage des eaux industrielles à l'amont de l'estuaire de la Loire, p 10-20.

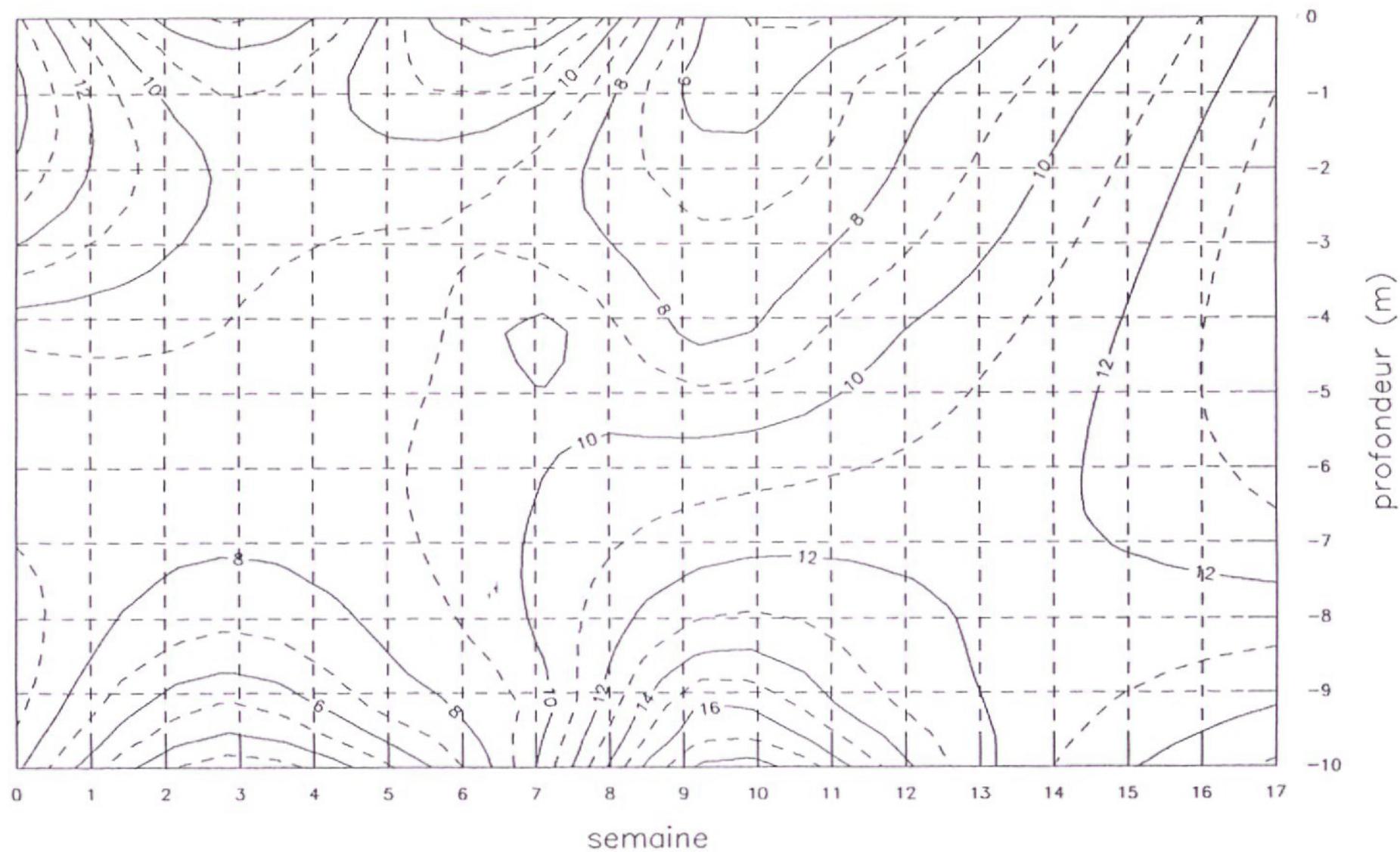
# ***ANNEXES***

*Résultats d'analyses  
Relevés topographiques*

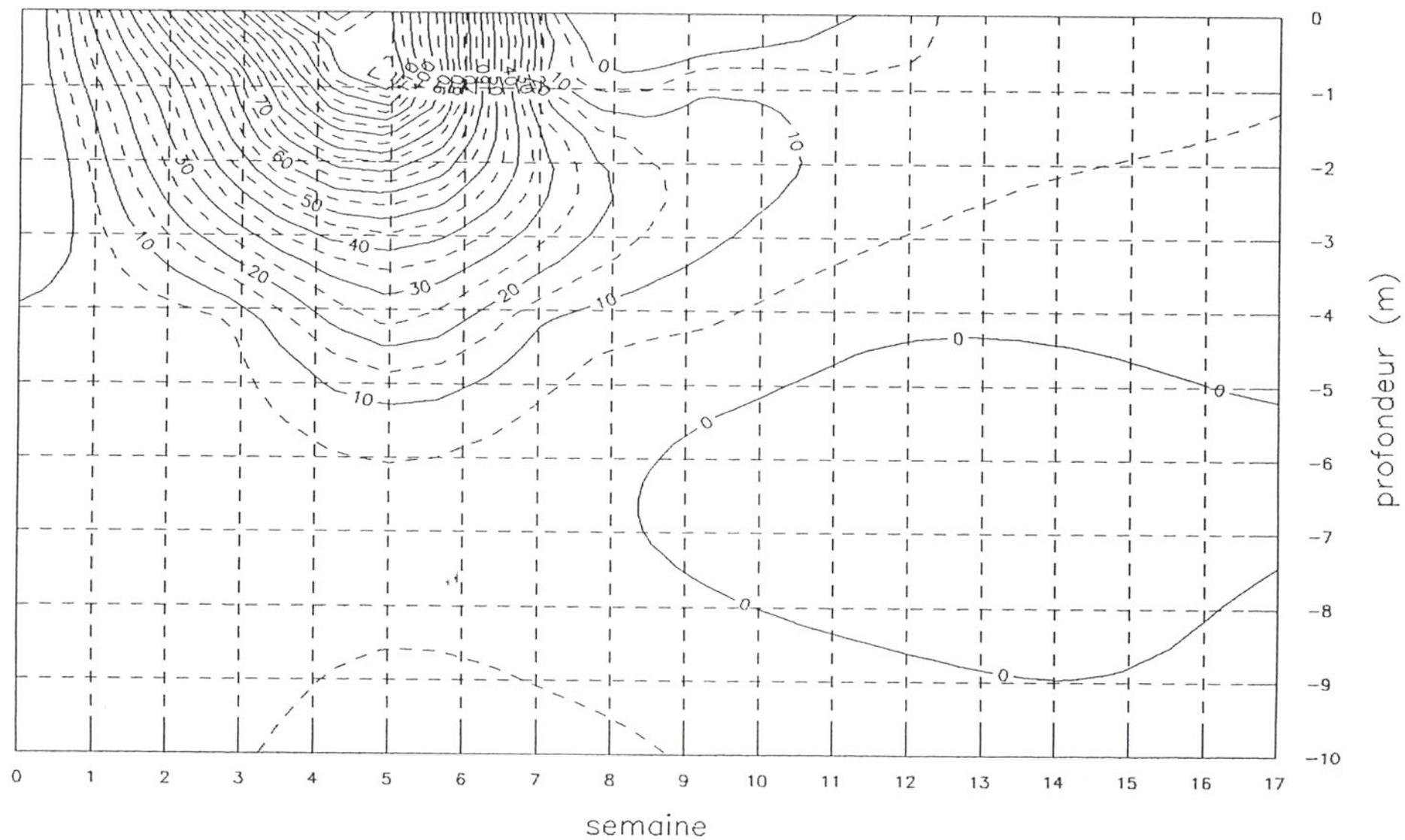
*Données 1991*



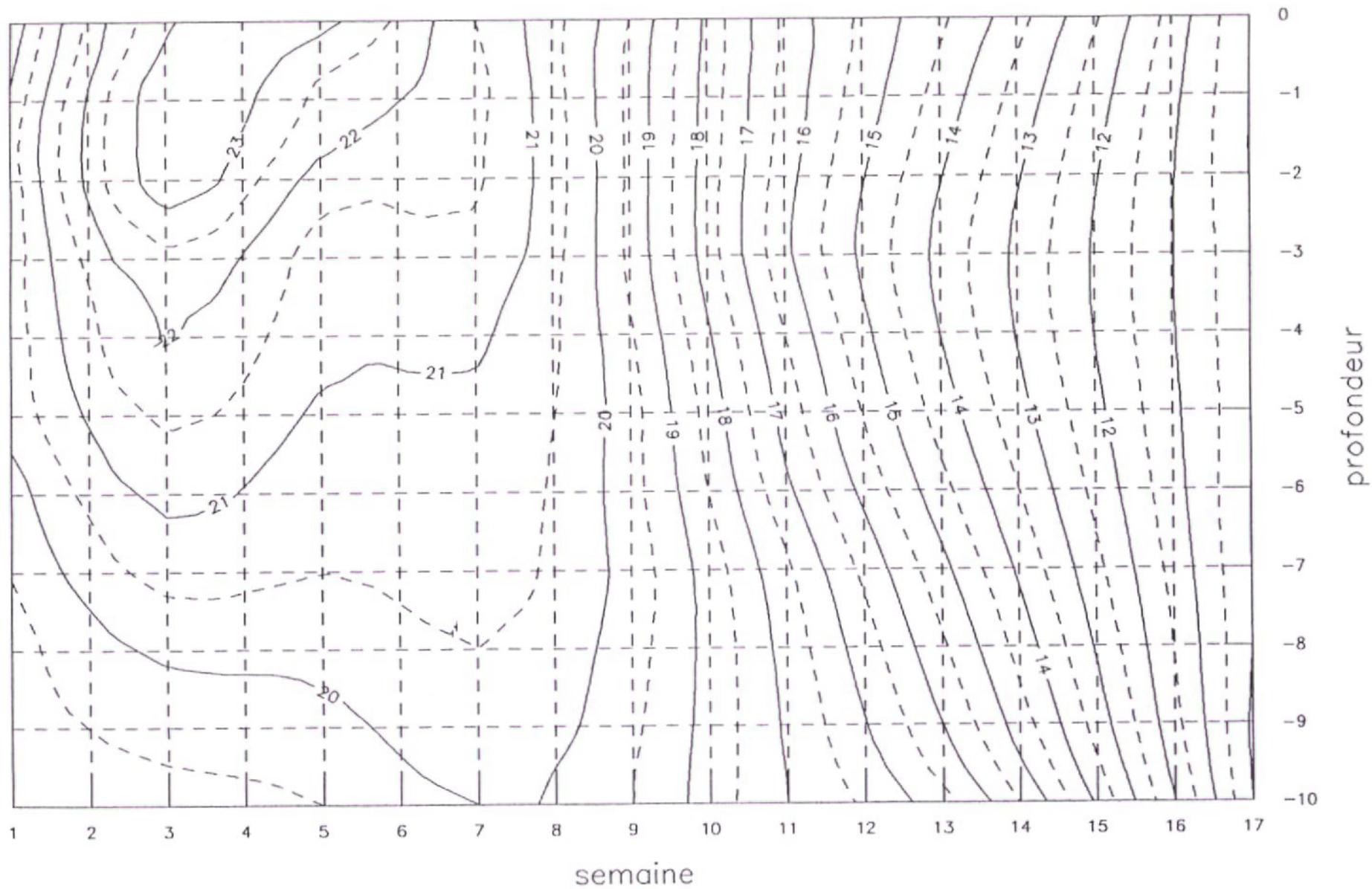
# Bassin de Calix Nitrate



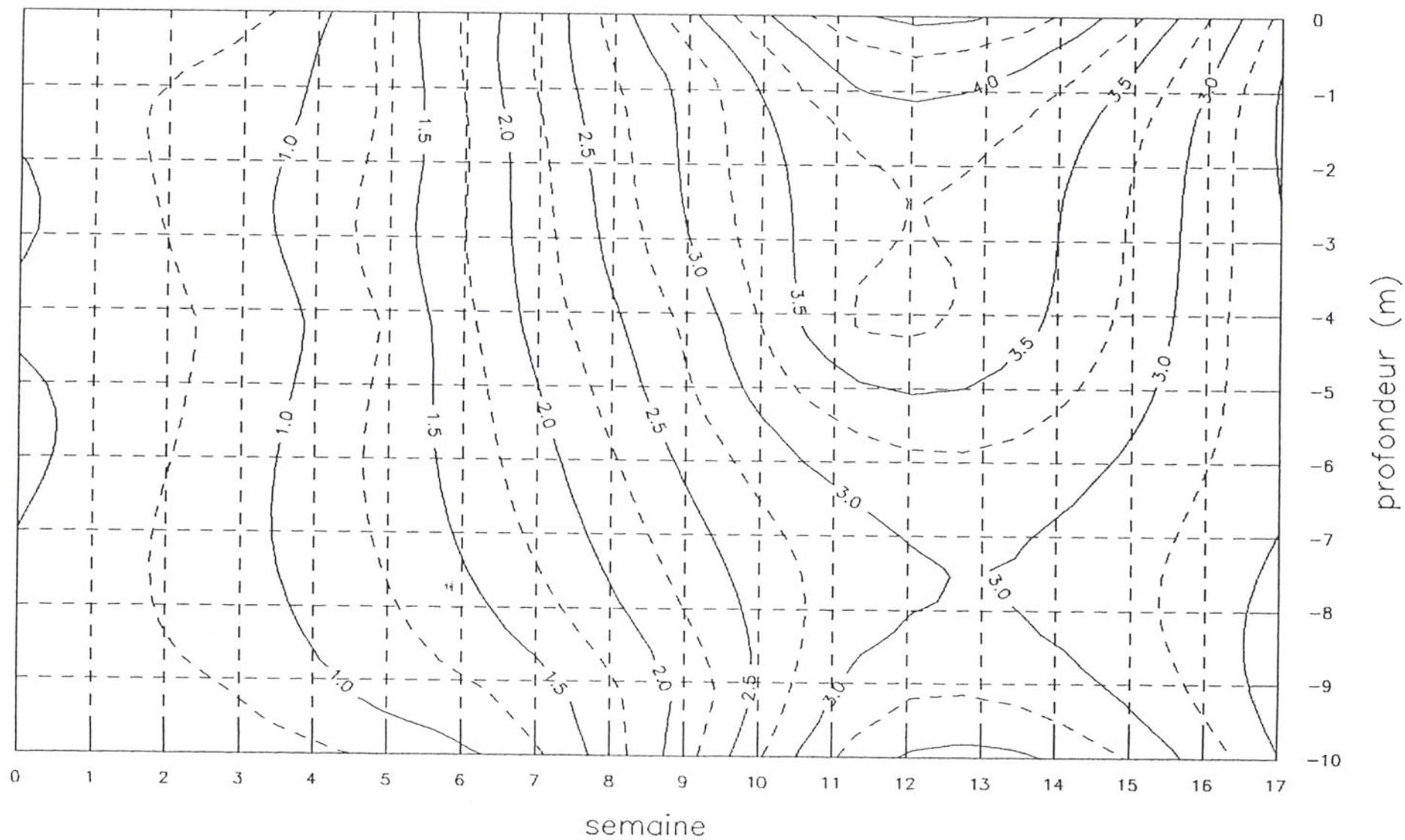
Bassin de Calix Chlorophylle a (c)



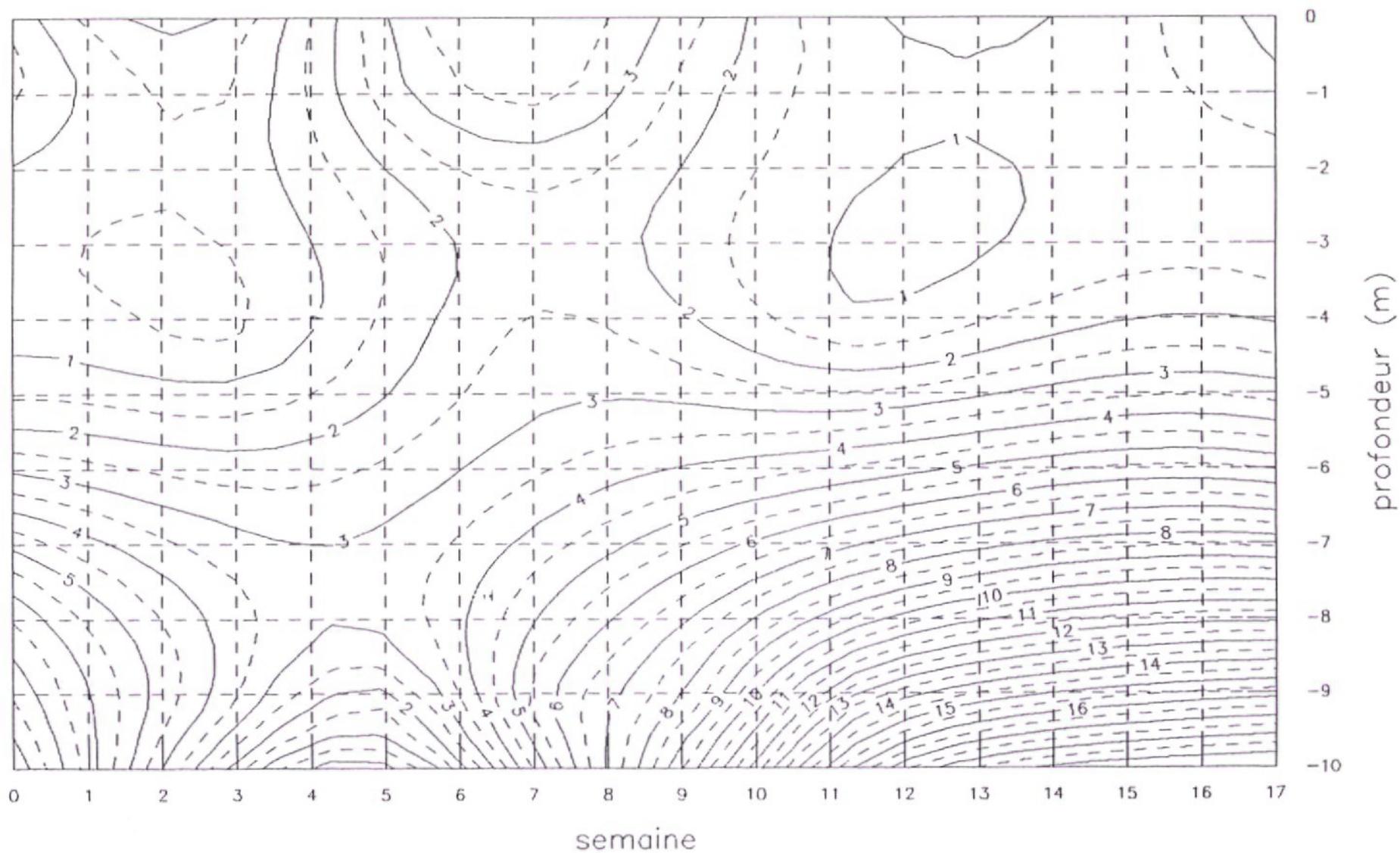
# Benouville Temperature



# Ranville Phosphate

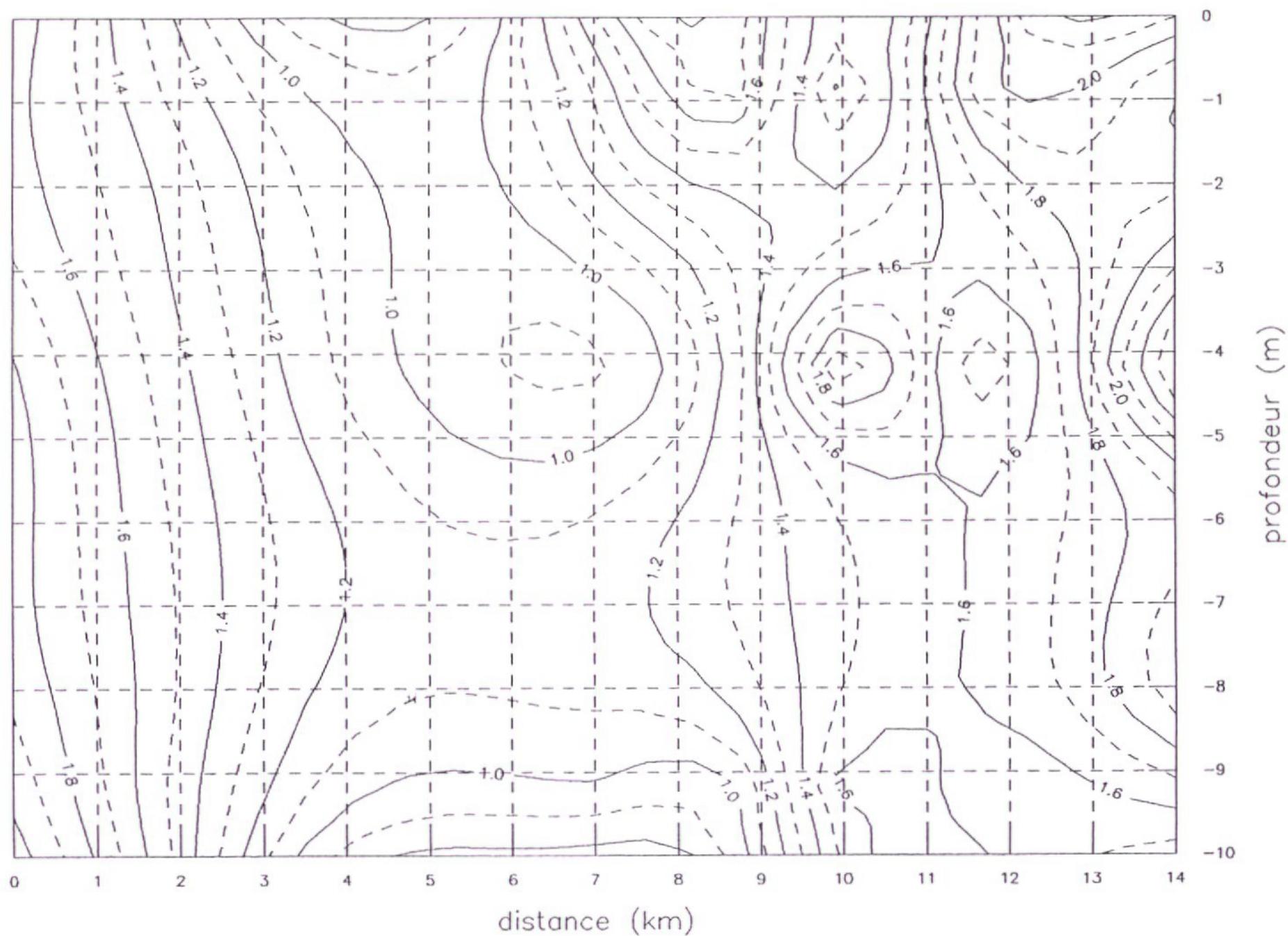


# Ouistreham (le Maresquier) Turbidite

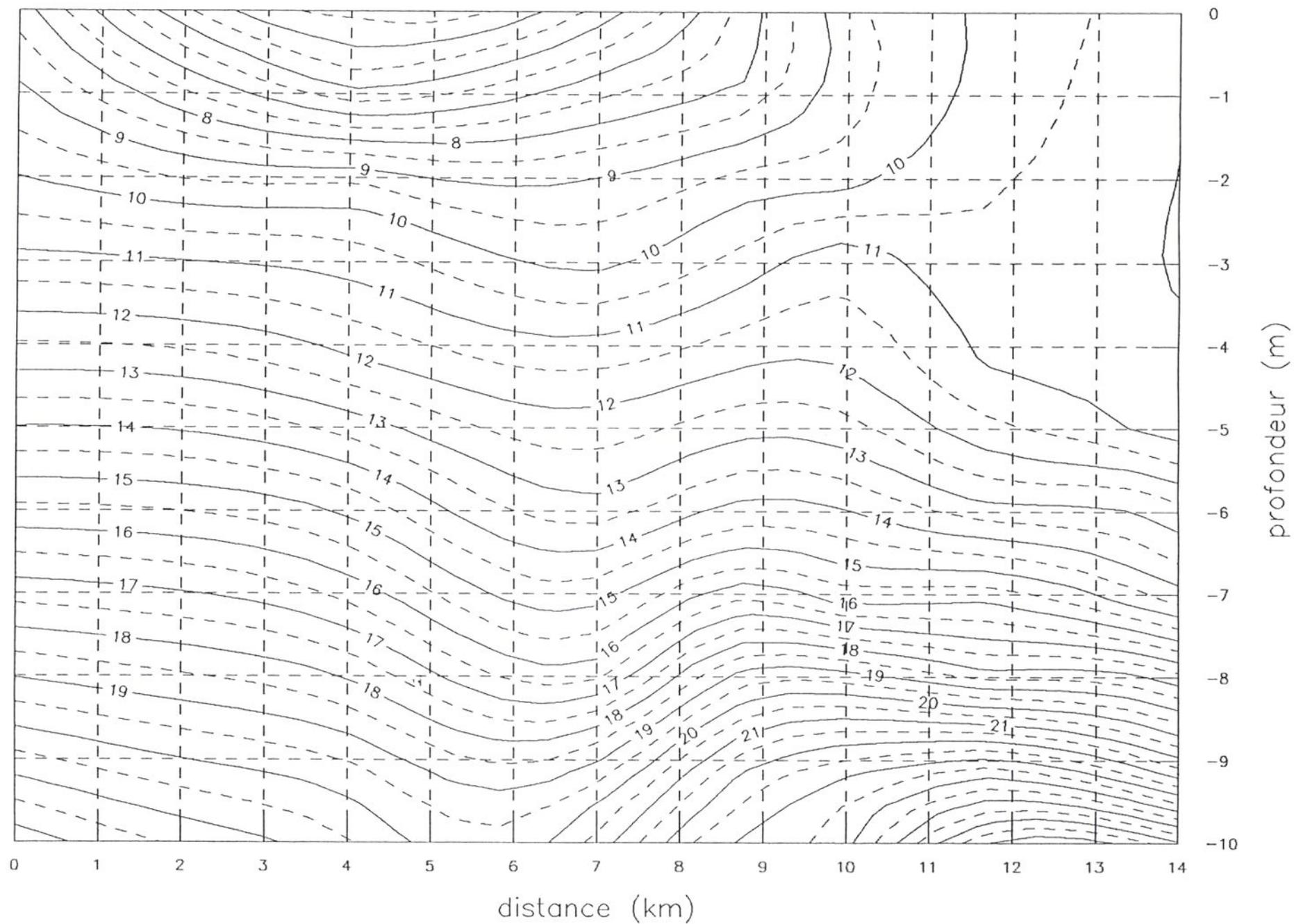




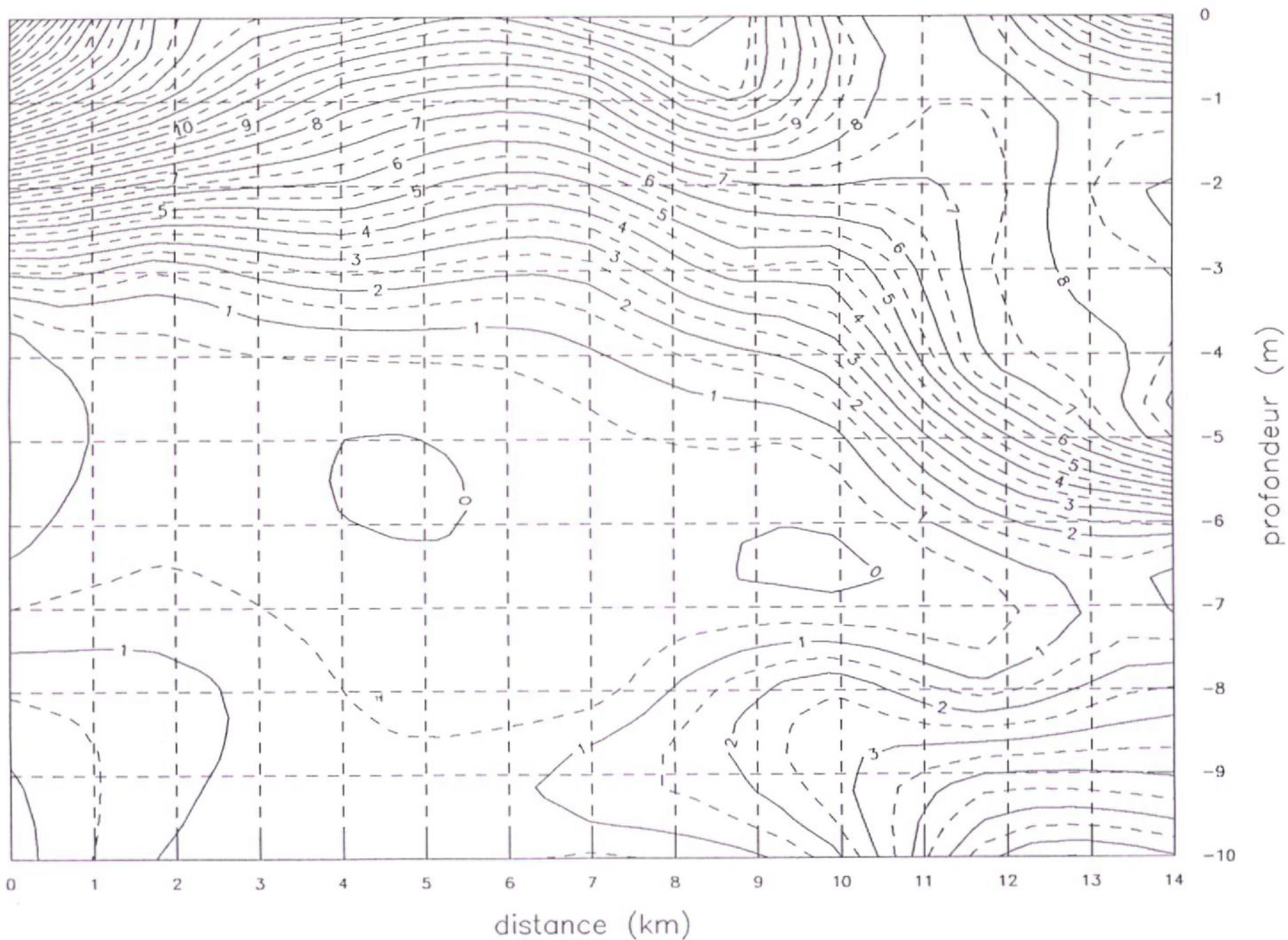
Campagne du 23/07/91 Phosphore total



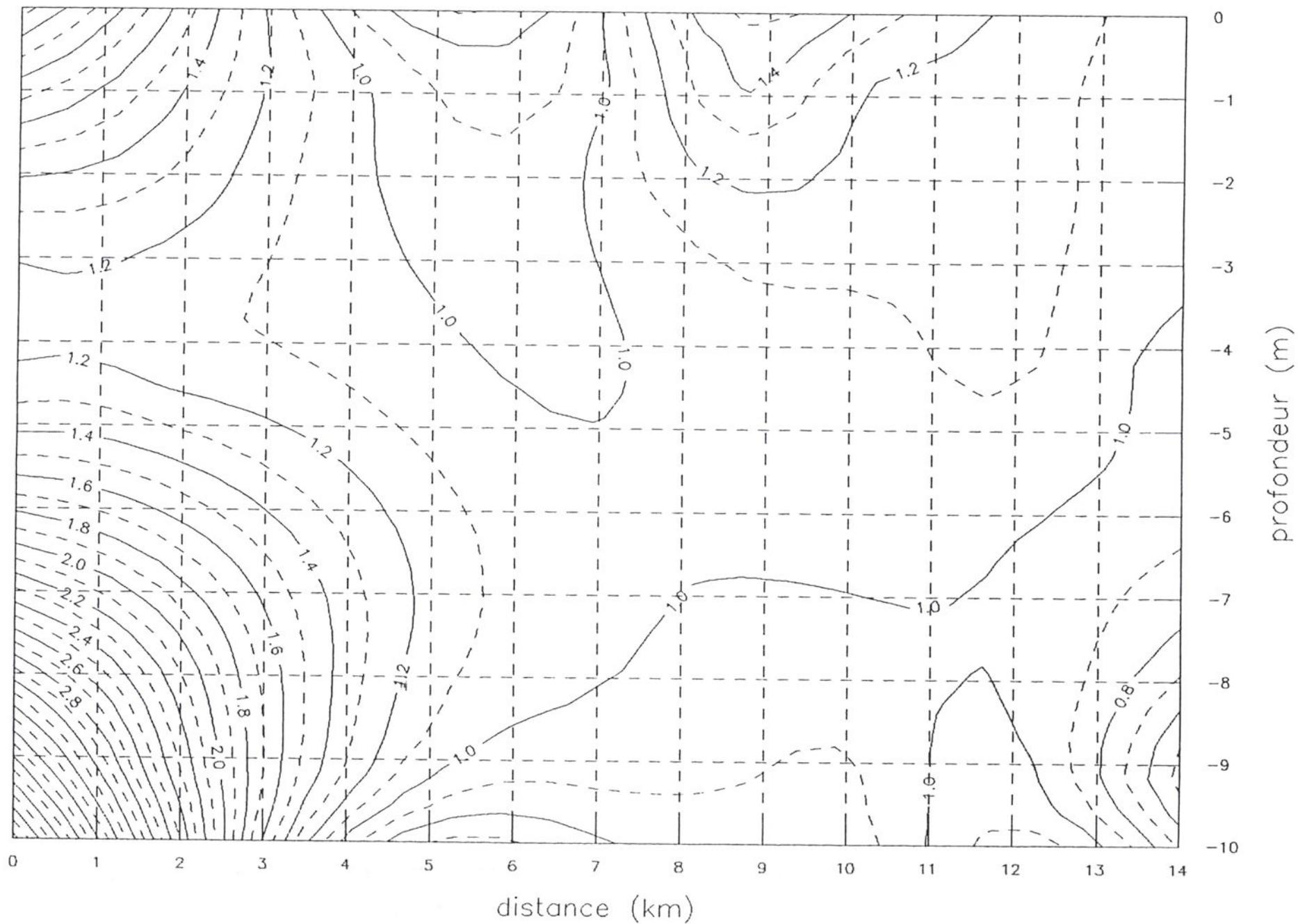
Campagne du 5/08/91 Salinite



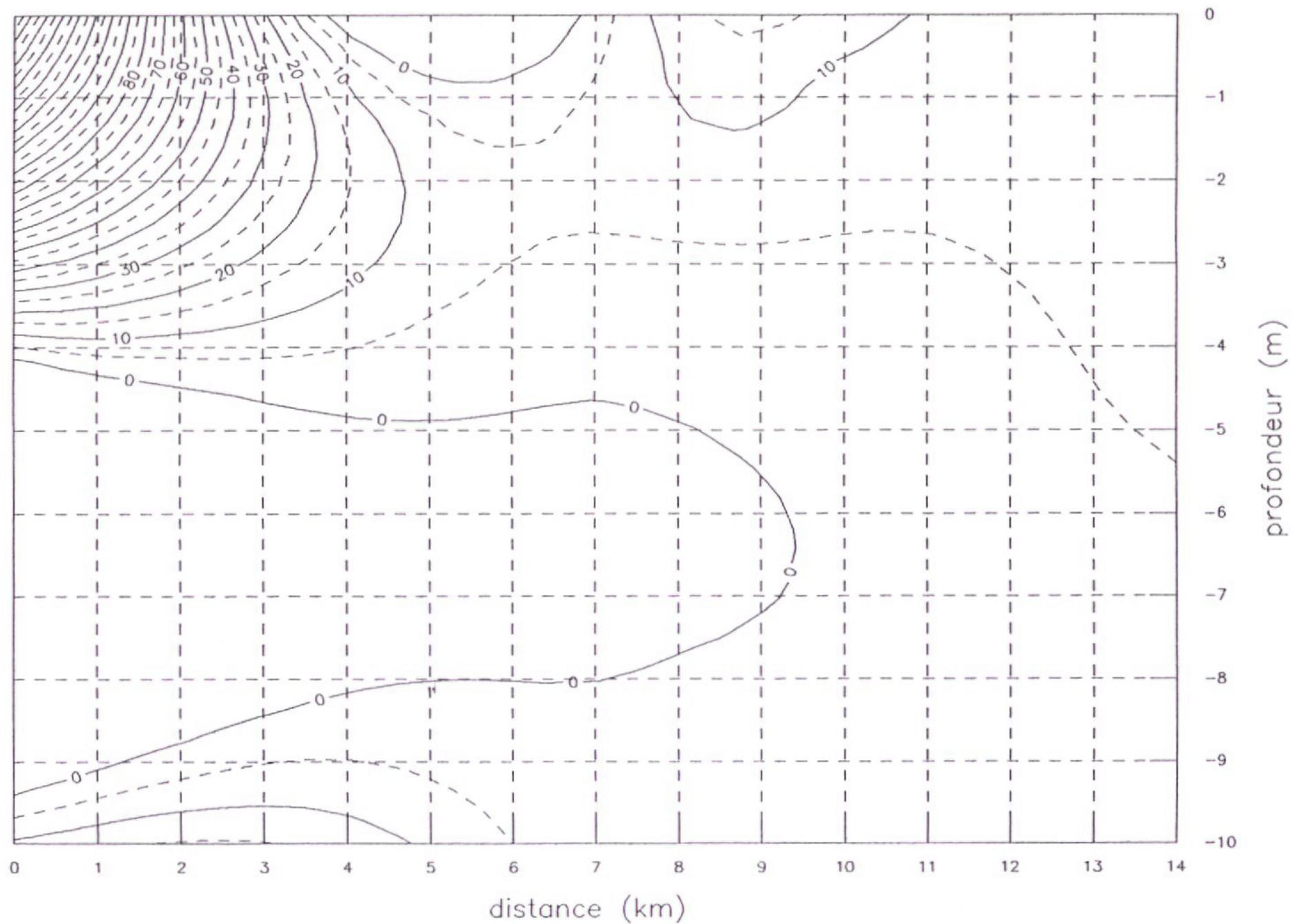
# Campagne du 5/08/91 Oxygene



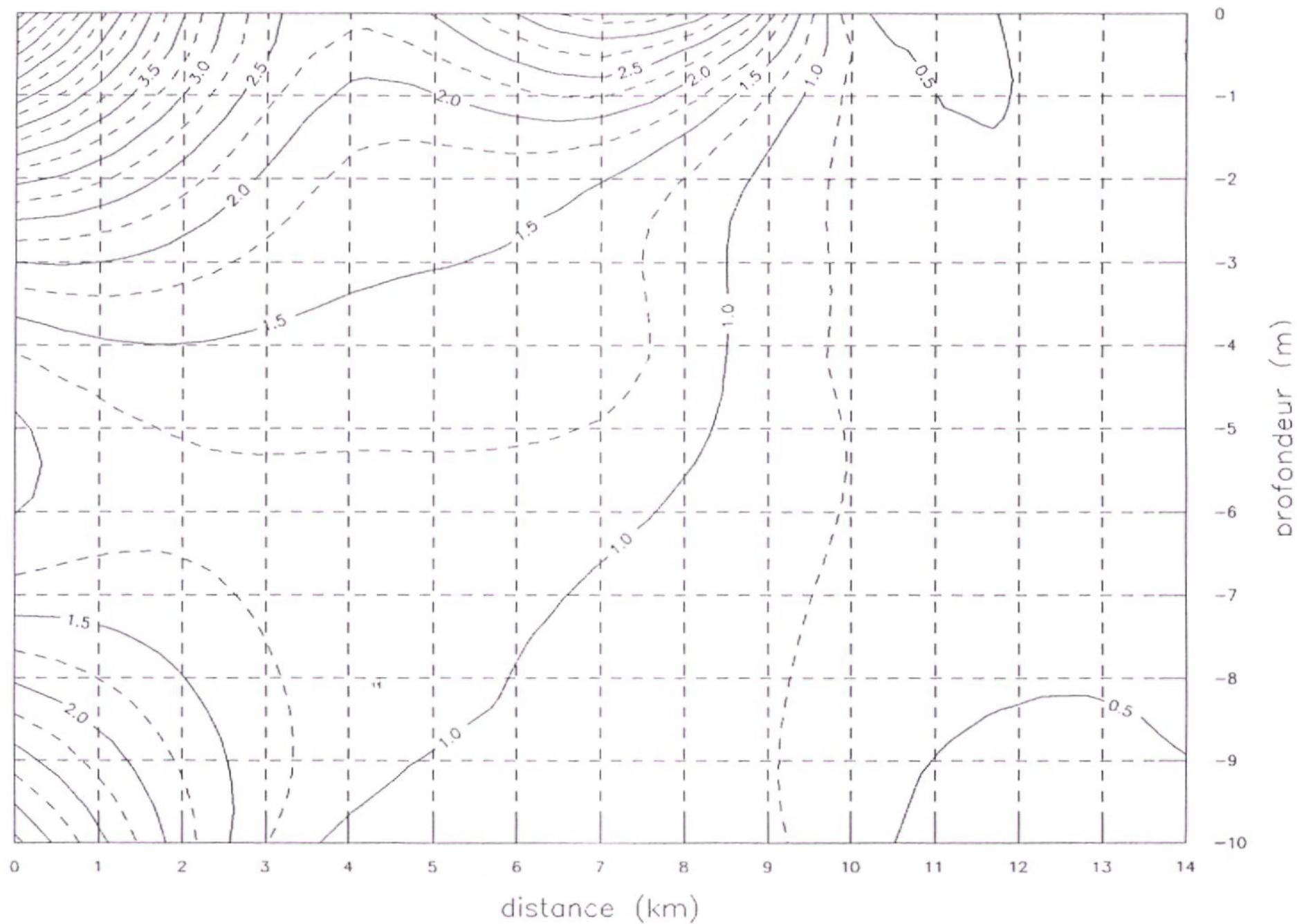
Campagne du 5/08/91 Phosphore total



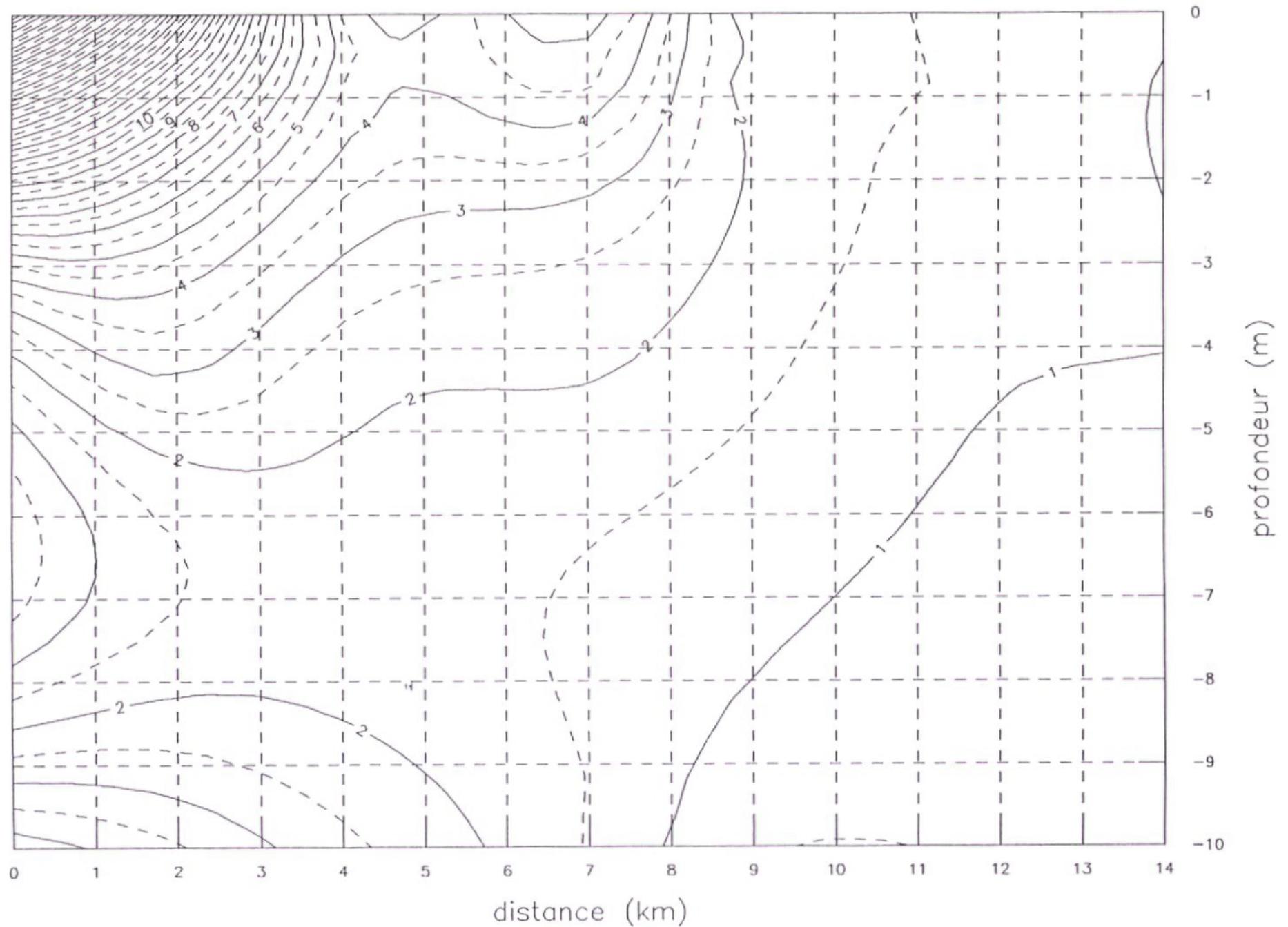
Campagne du 5/08/91 Chlorophylle a (c)



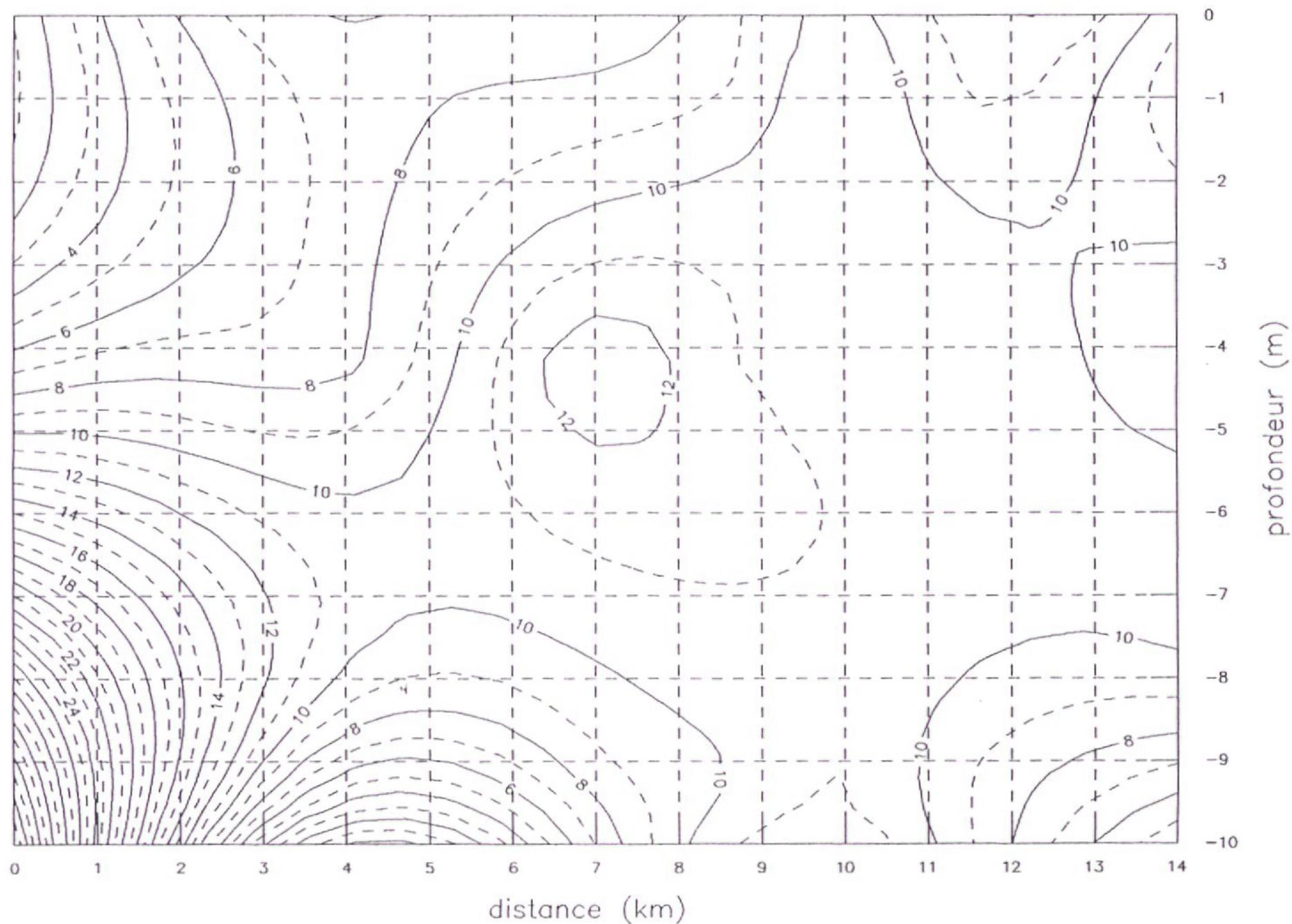
Campagne du 19/08/91 Ammonium



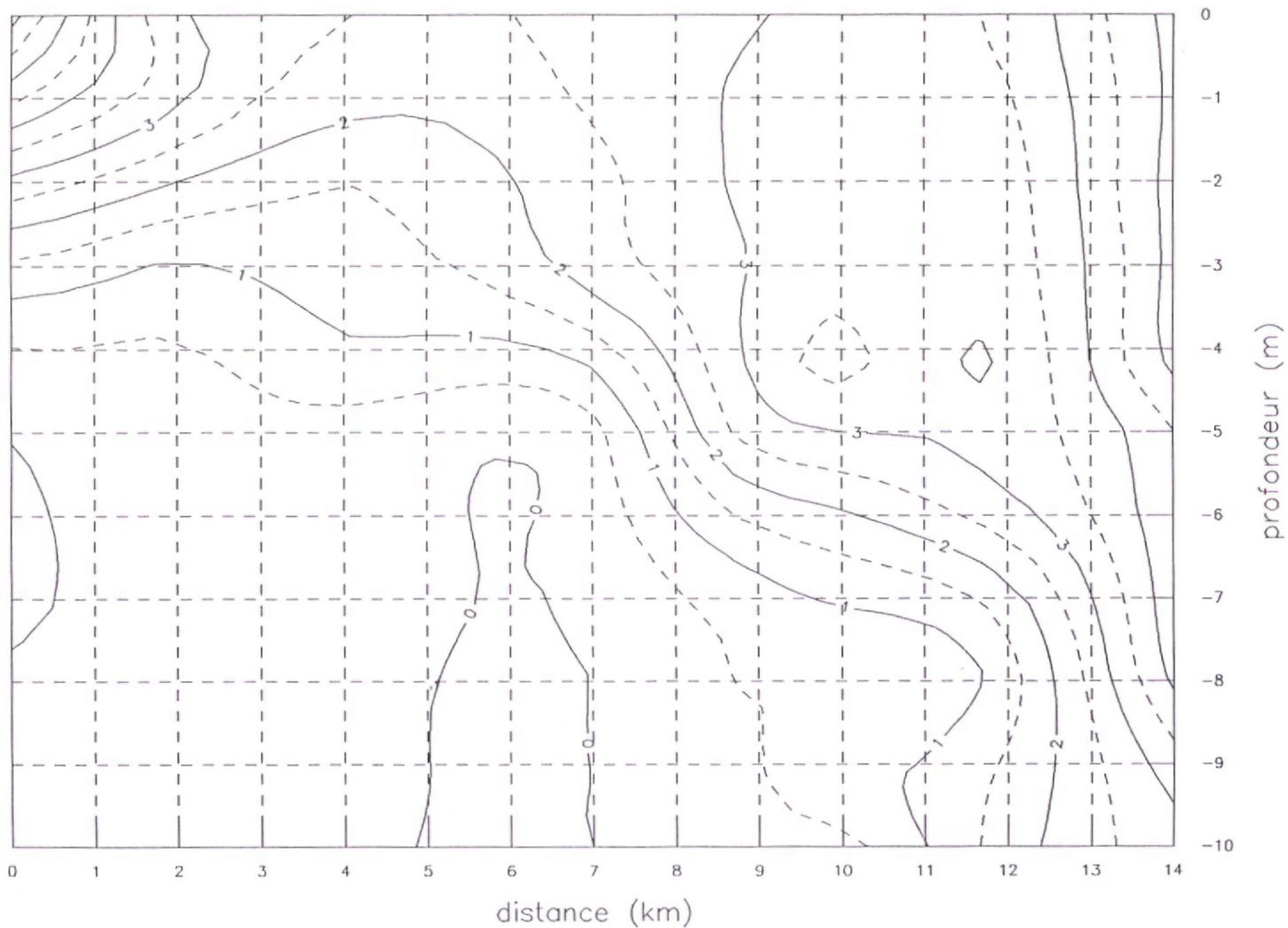
Campagne du 2/09/91 Ammonium



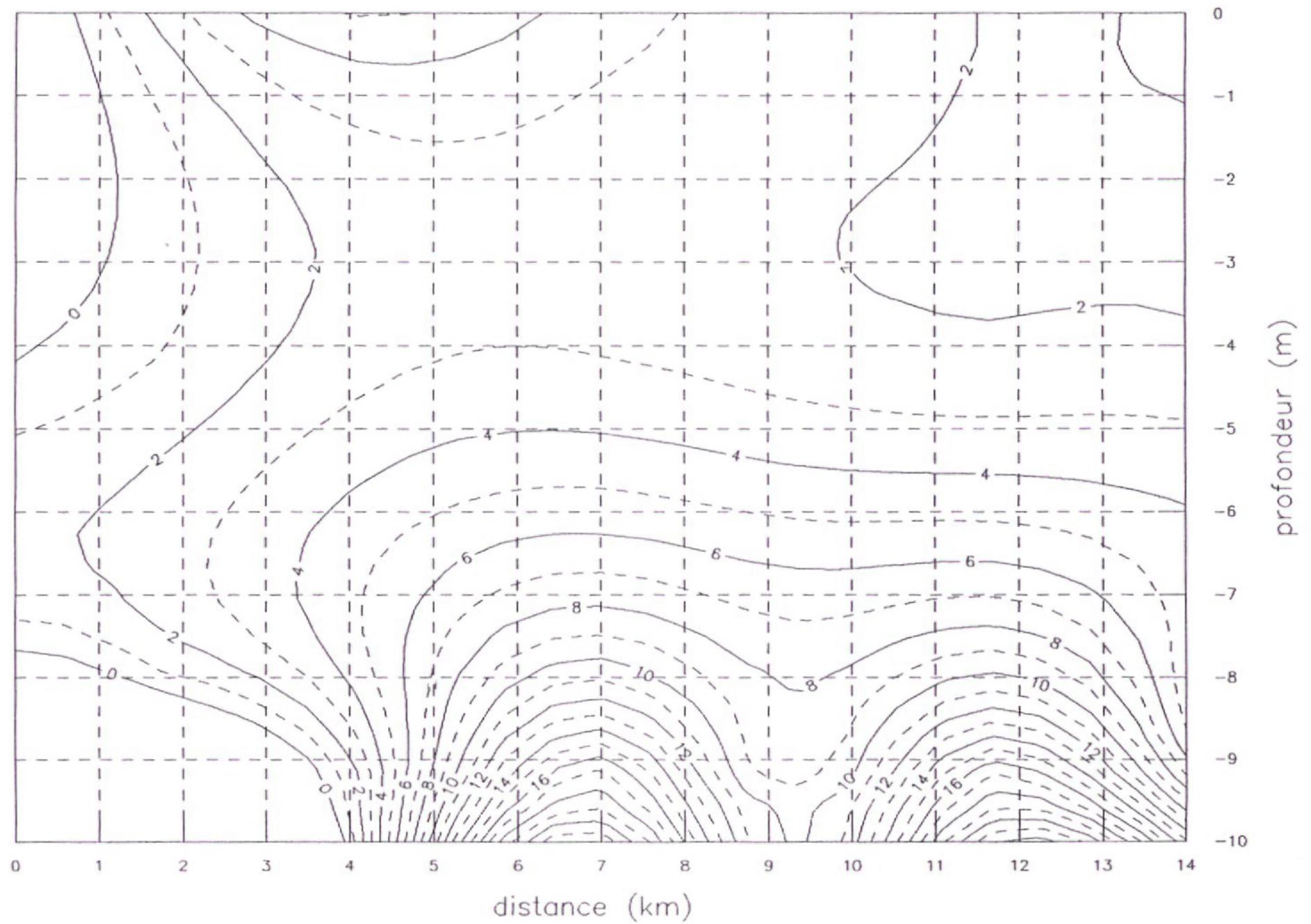
Campagne du 17/09/91 Nitrate



Campagne du 1/10/91 Oxygene

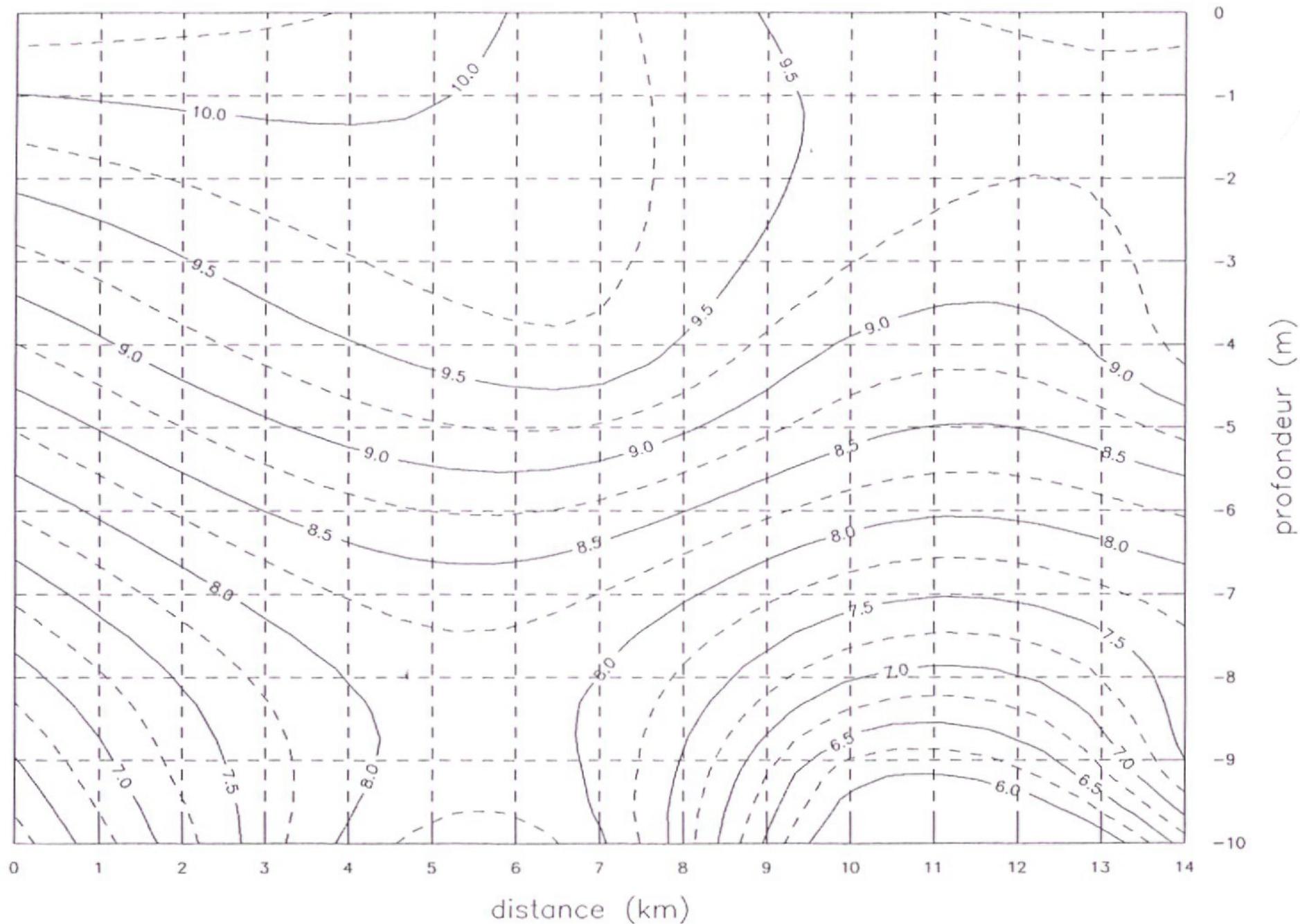


Campagne du 12/11/91 Turbidite

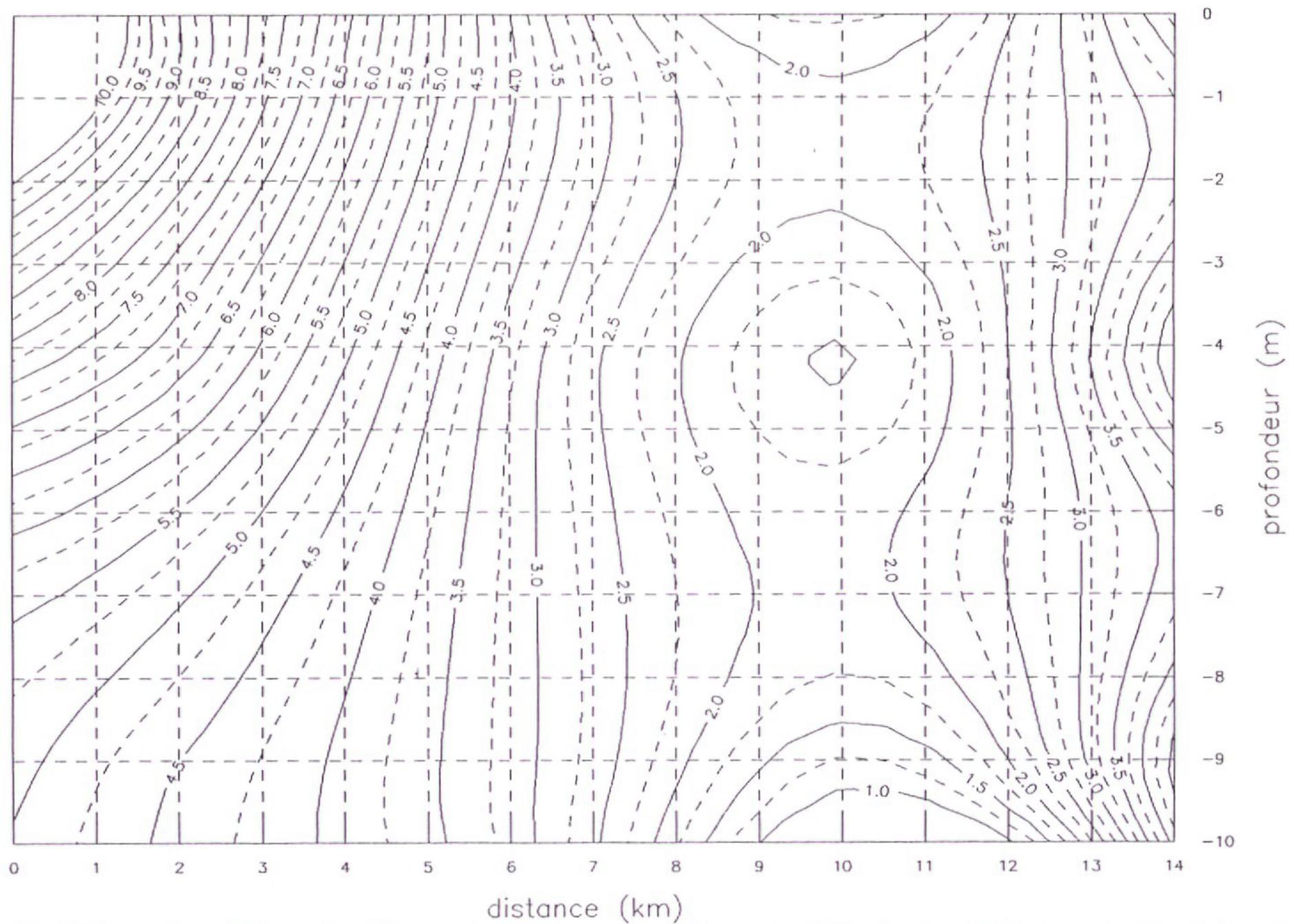


*Données 1993*

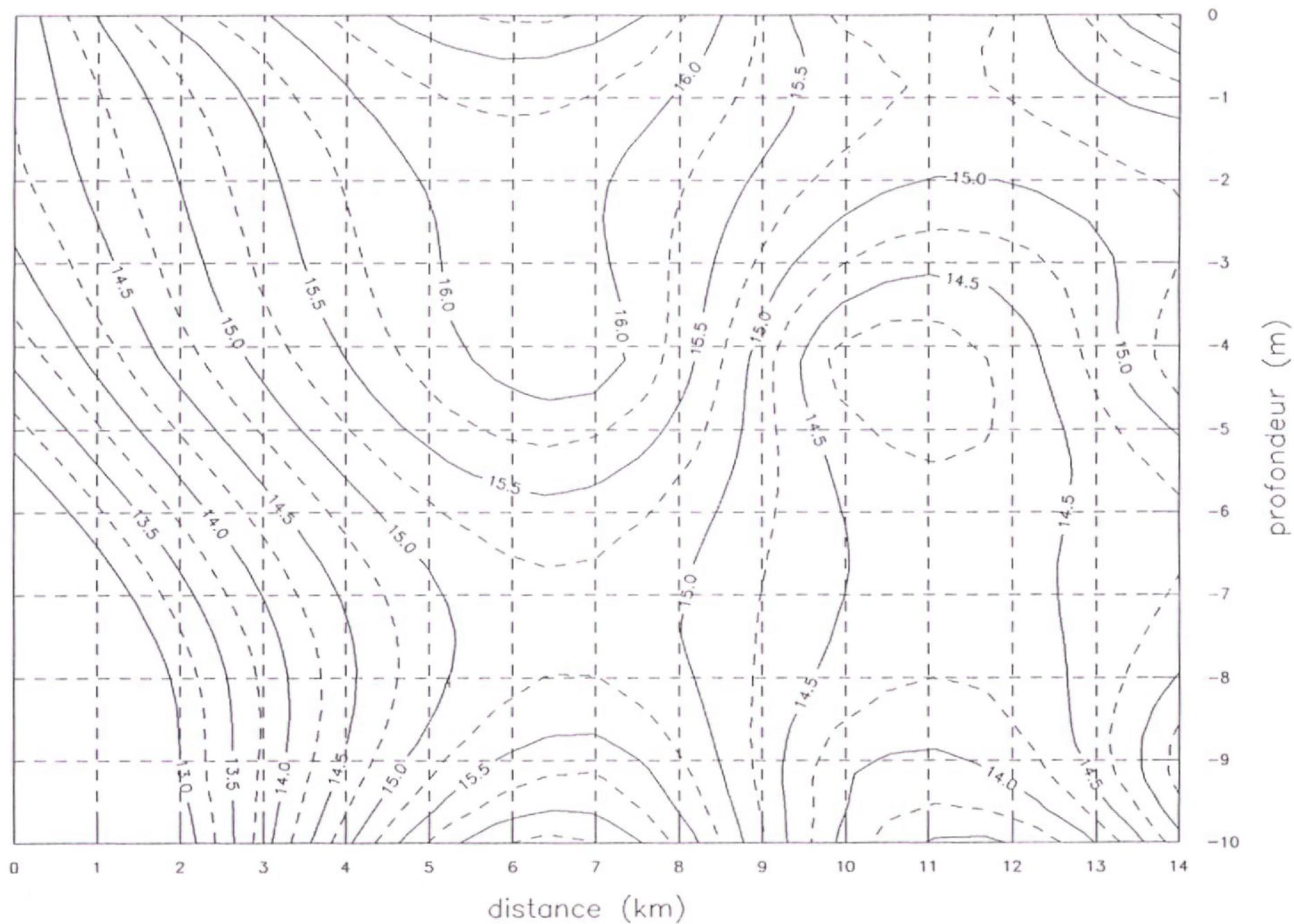
Campagne du 19/05/93 Matière Organique



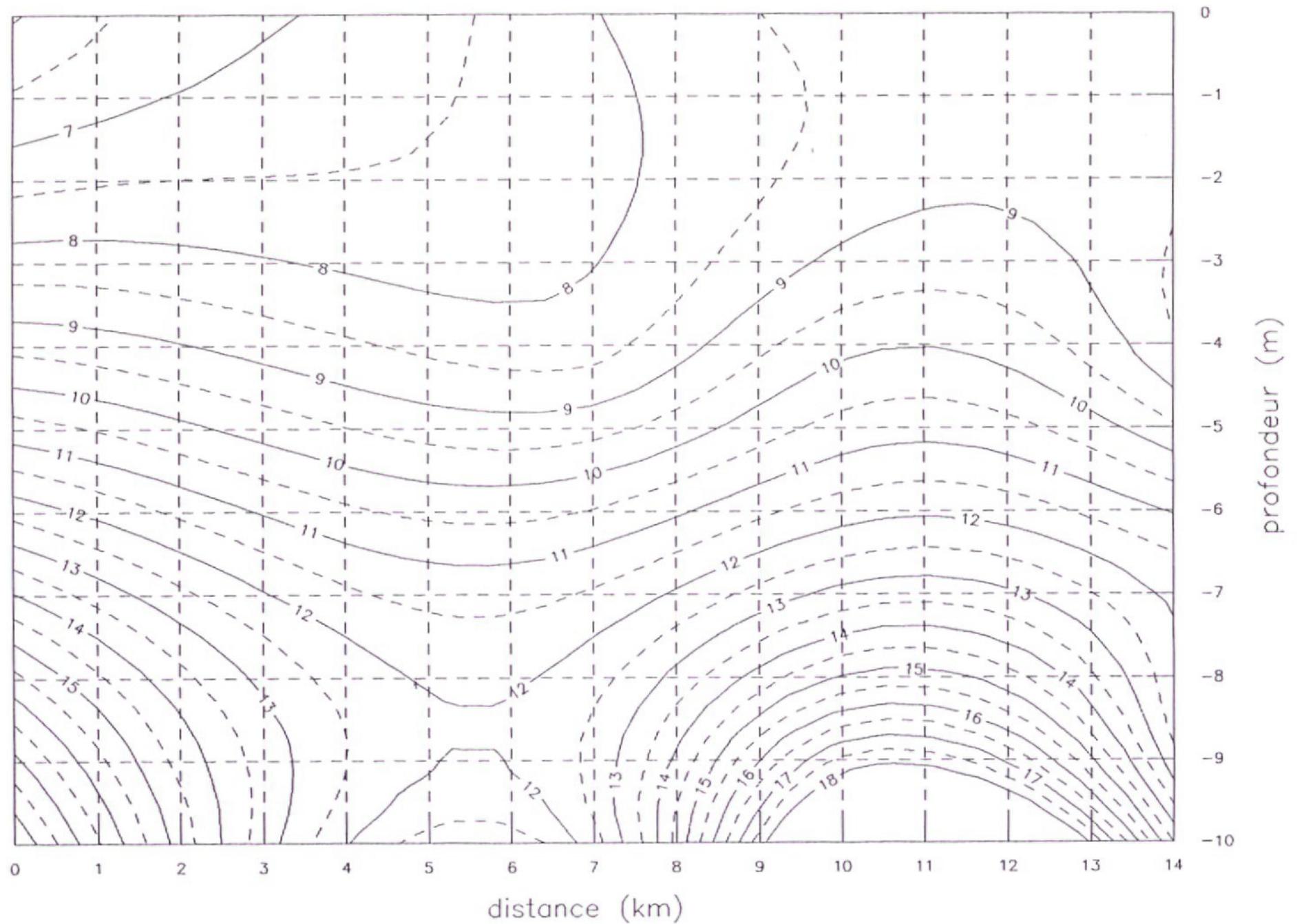
Campagne du 19/05/93 COD



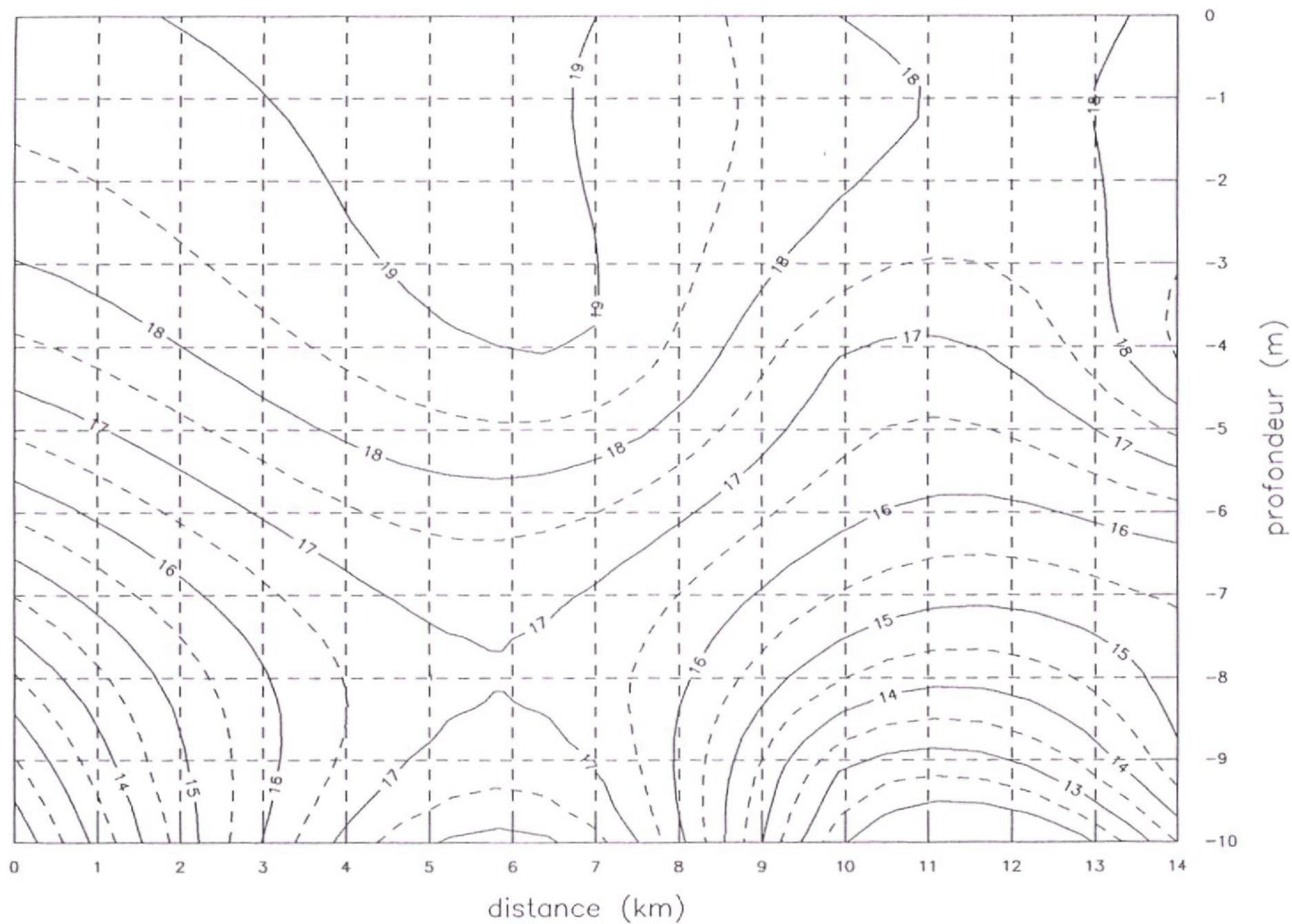
# Campagne du 19/05/93 Temperature



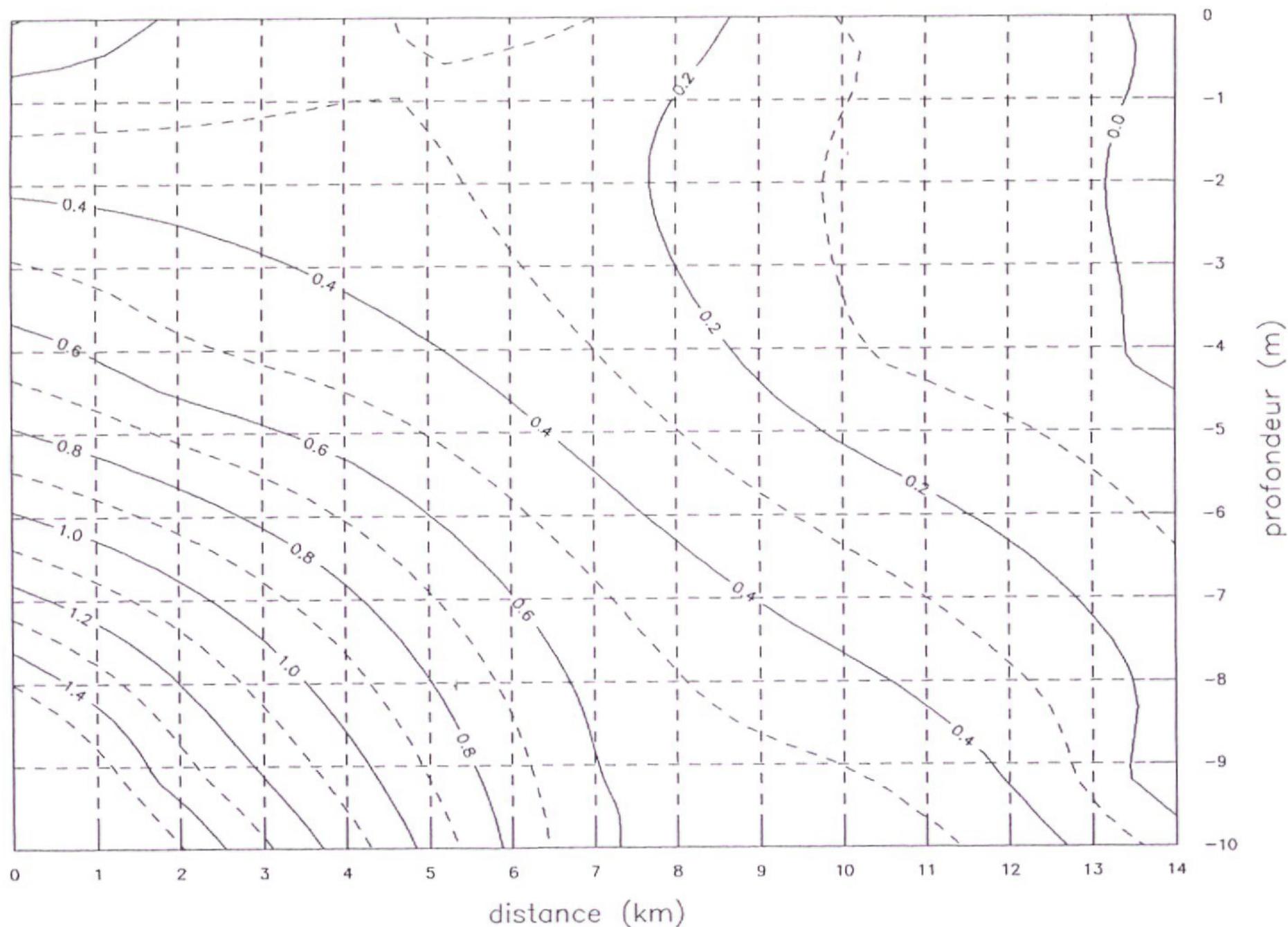
Campagne du 19/05/93 Salinite



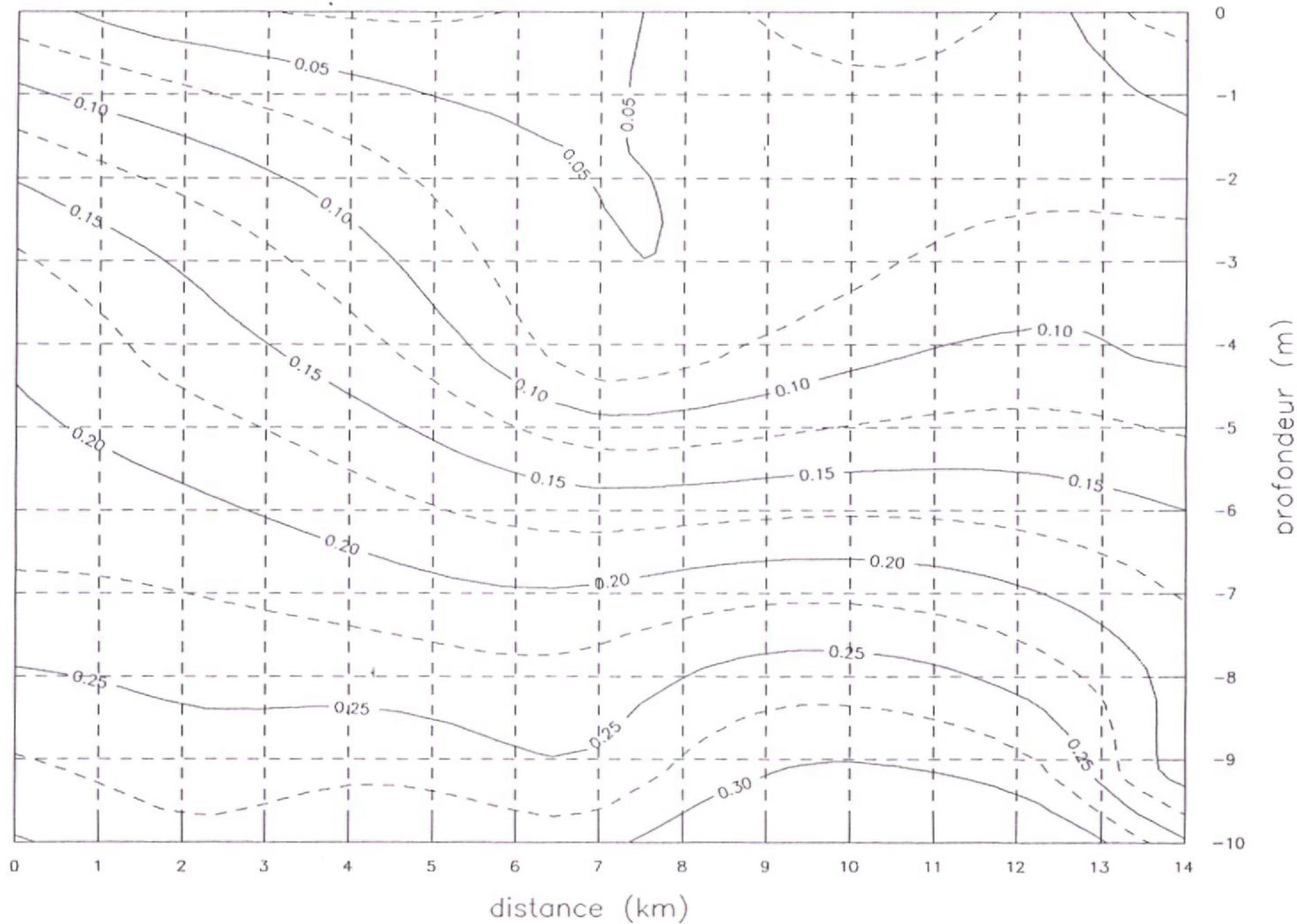
Campagne du 19/05/93 Nitrates



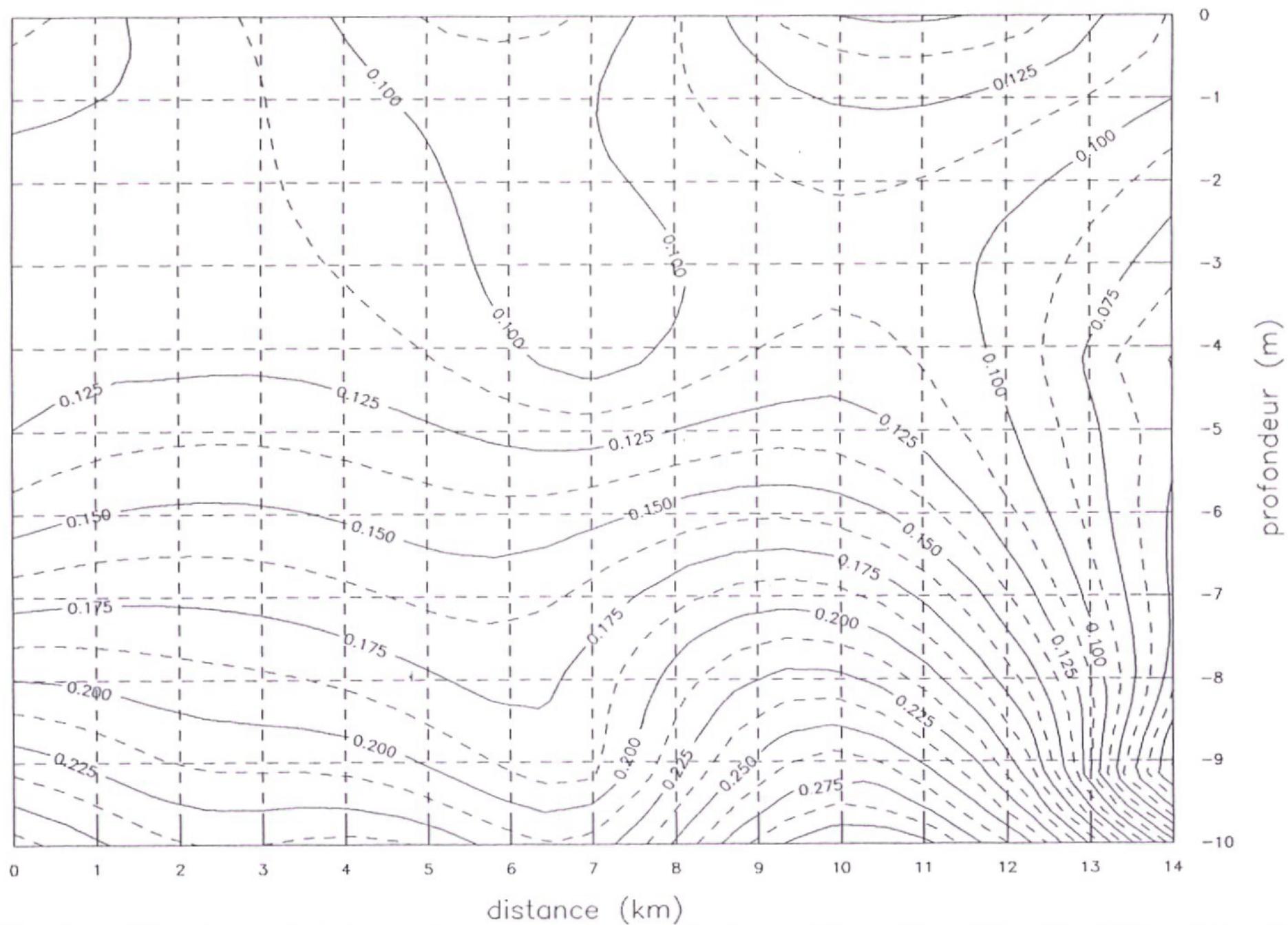
Campagne du 19/05/93 Nitrites



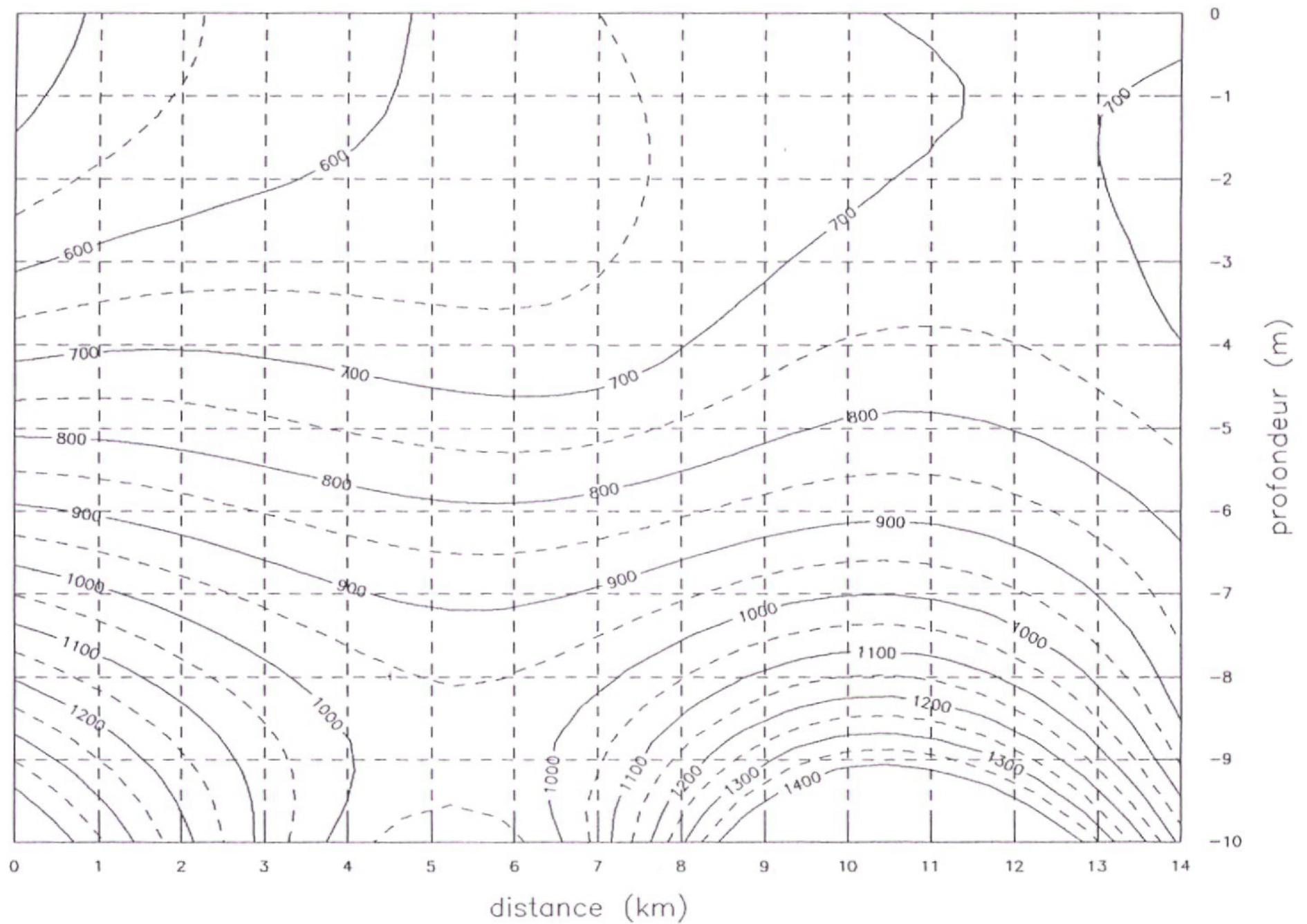
Campagne du 19/05/93 Ammonium



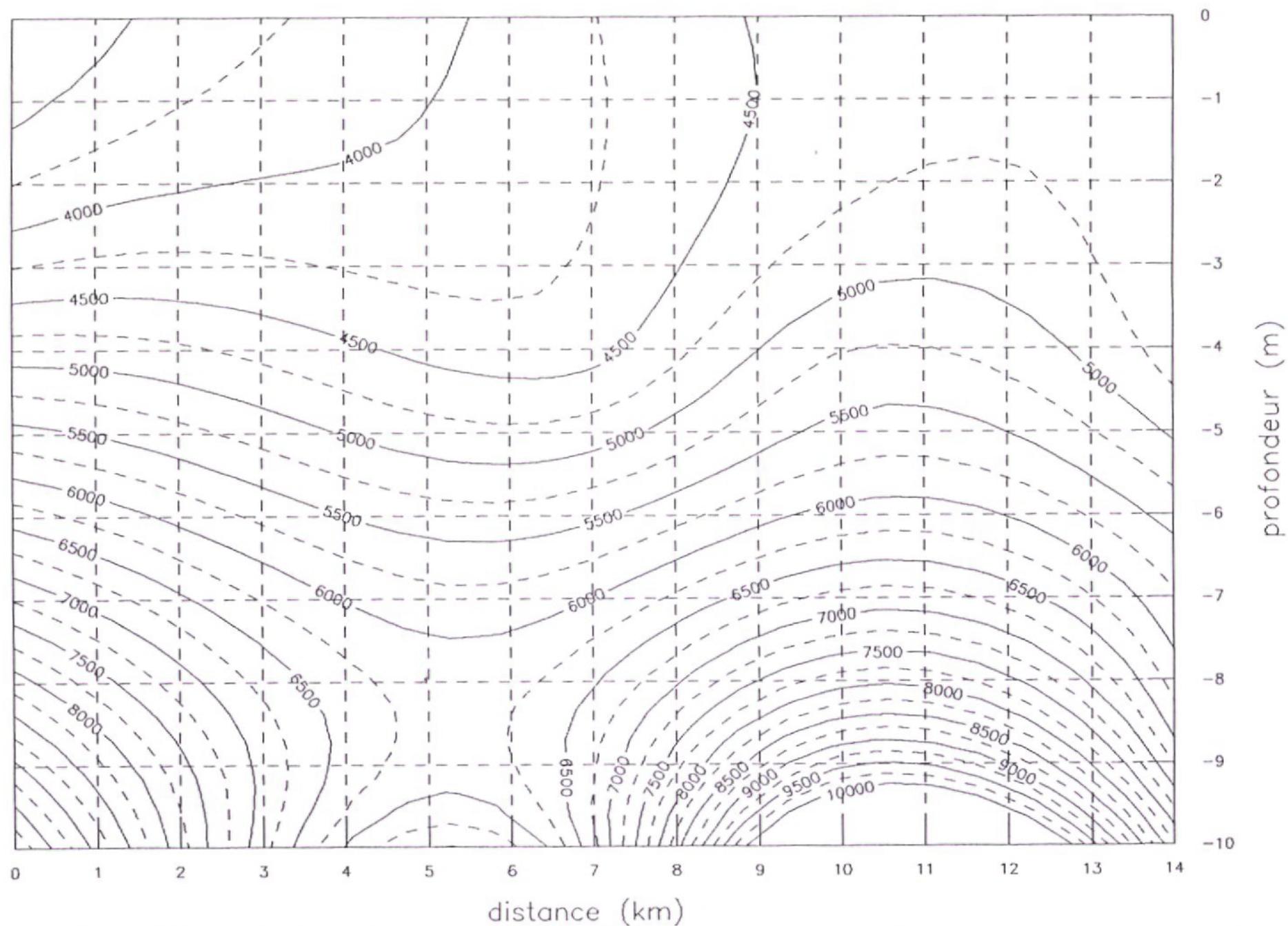
# Campagne du 19/05/93 Phosphates



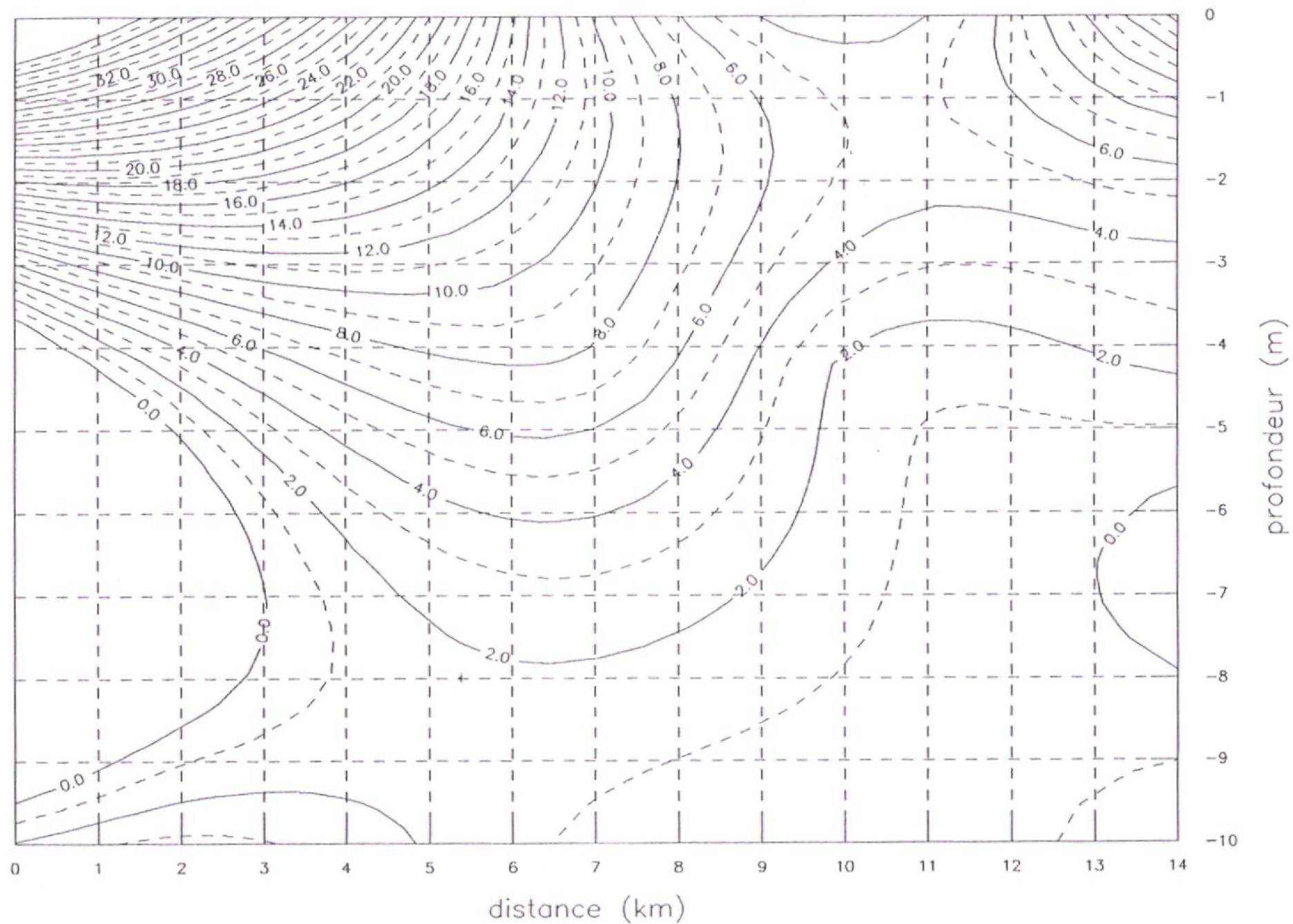
Campagne du 19/05/93 Sulfates



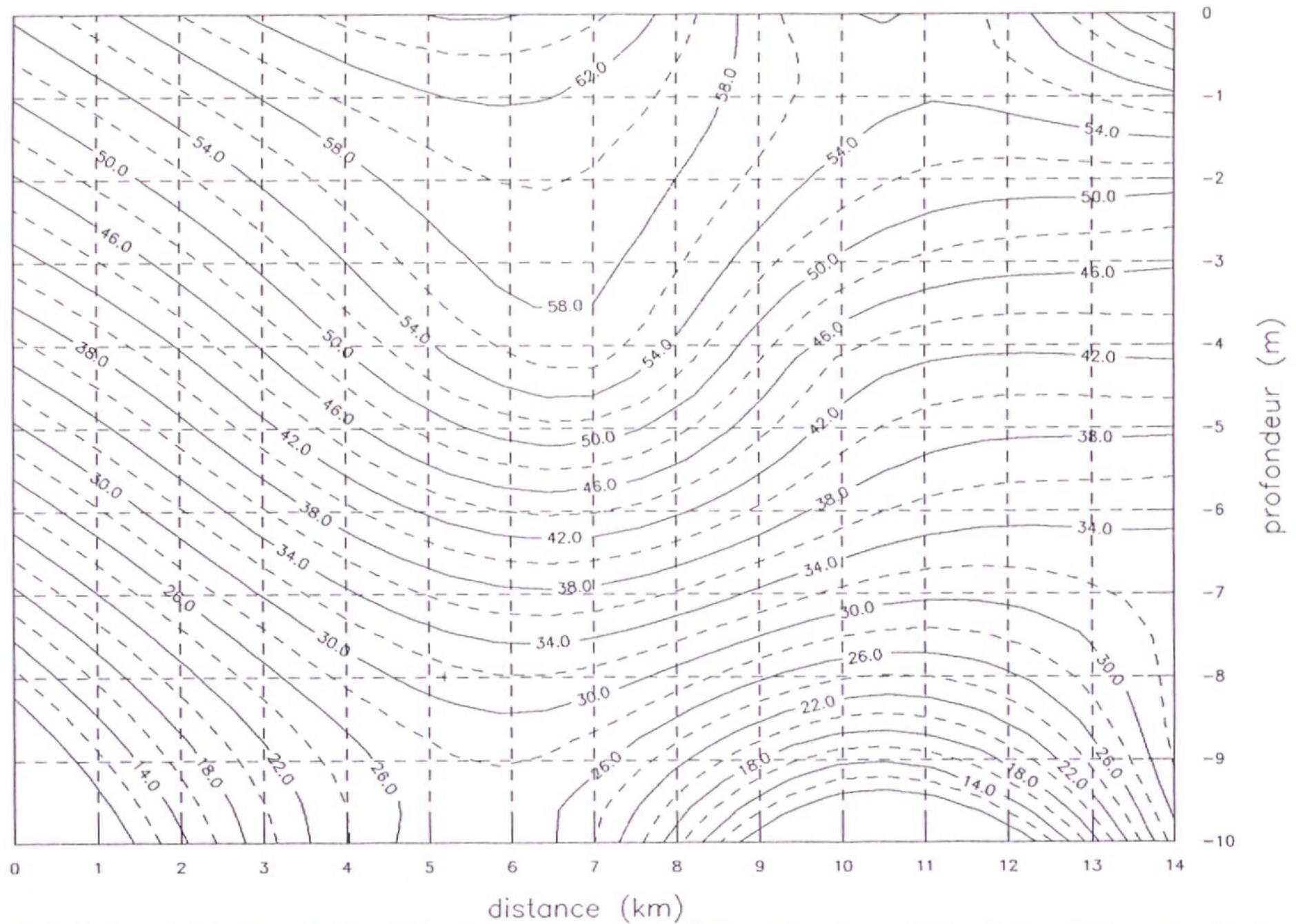
# Campagne du 19/05/93 Chlorures



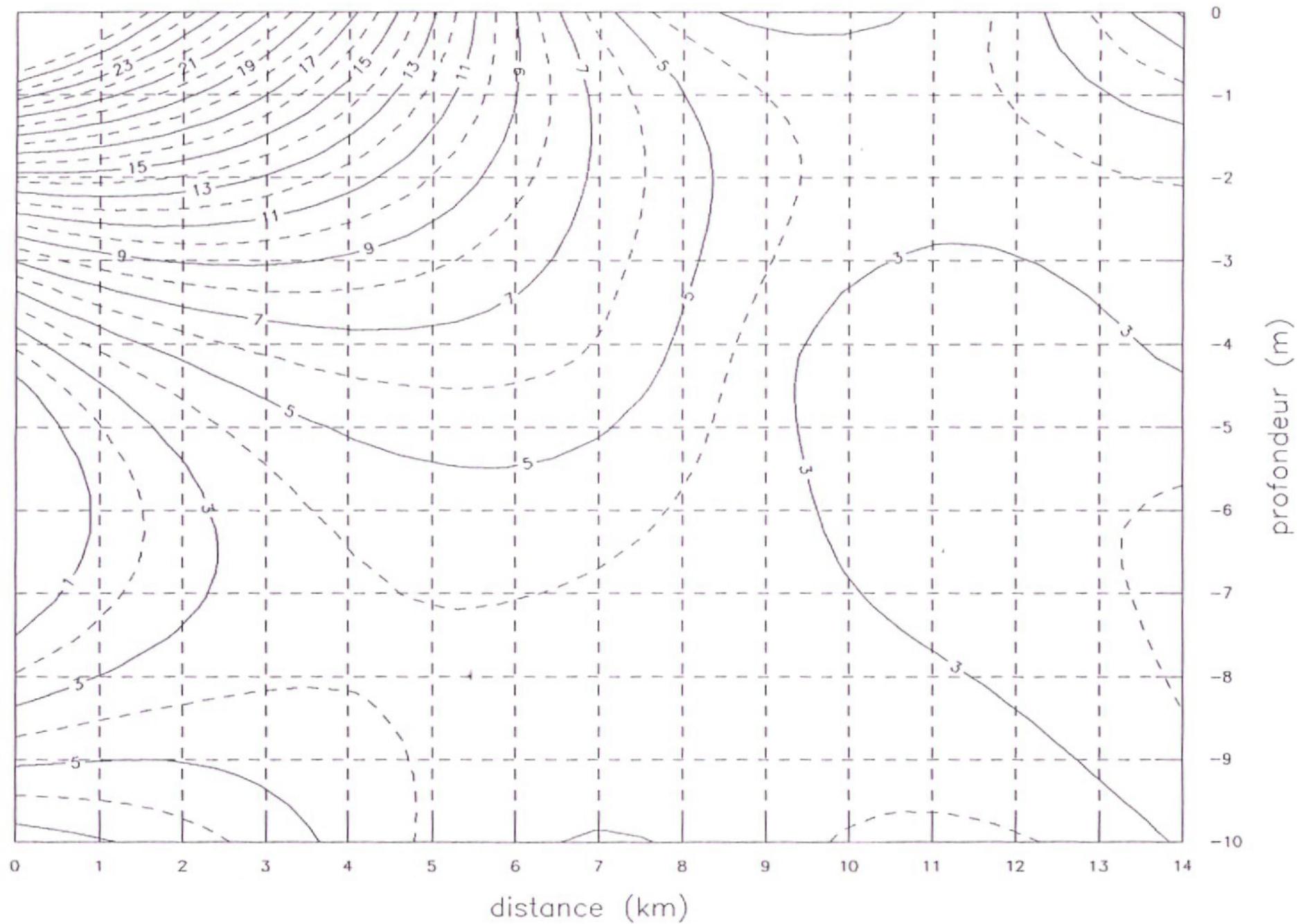
Campagne du 19/05/93 Chlorophylla a



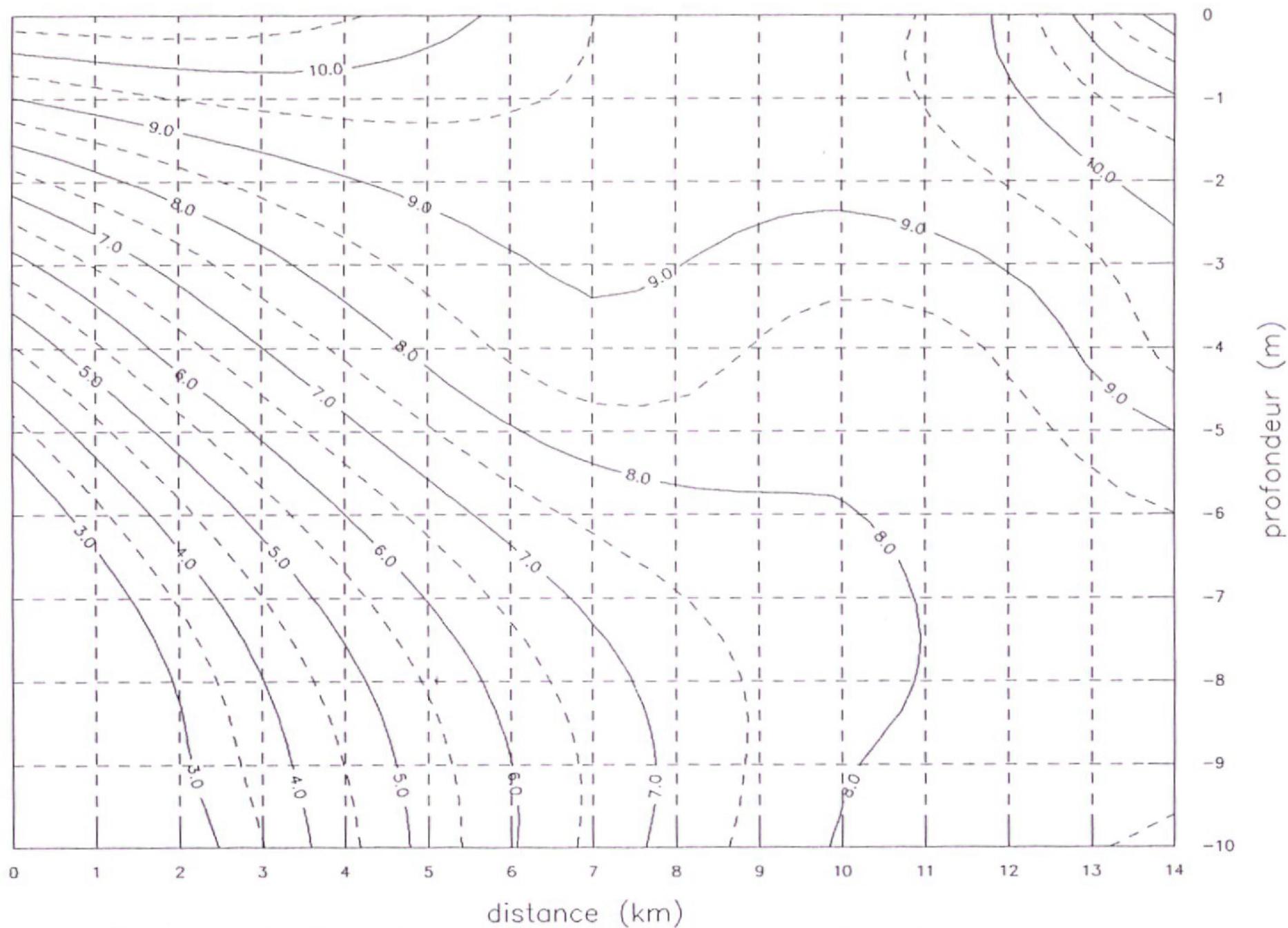
Campagne du 19/05/93 Chlorophylla a (p.100)



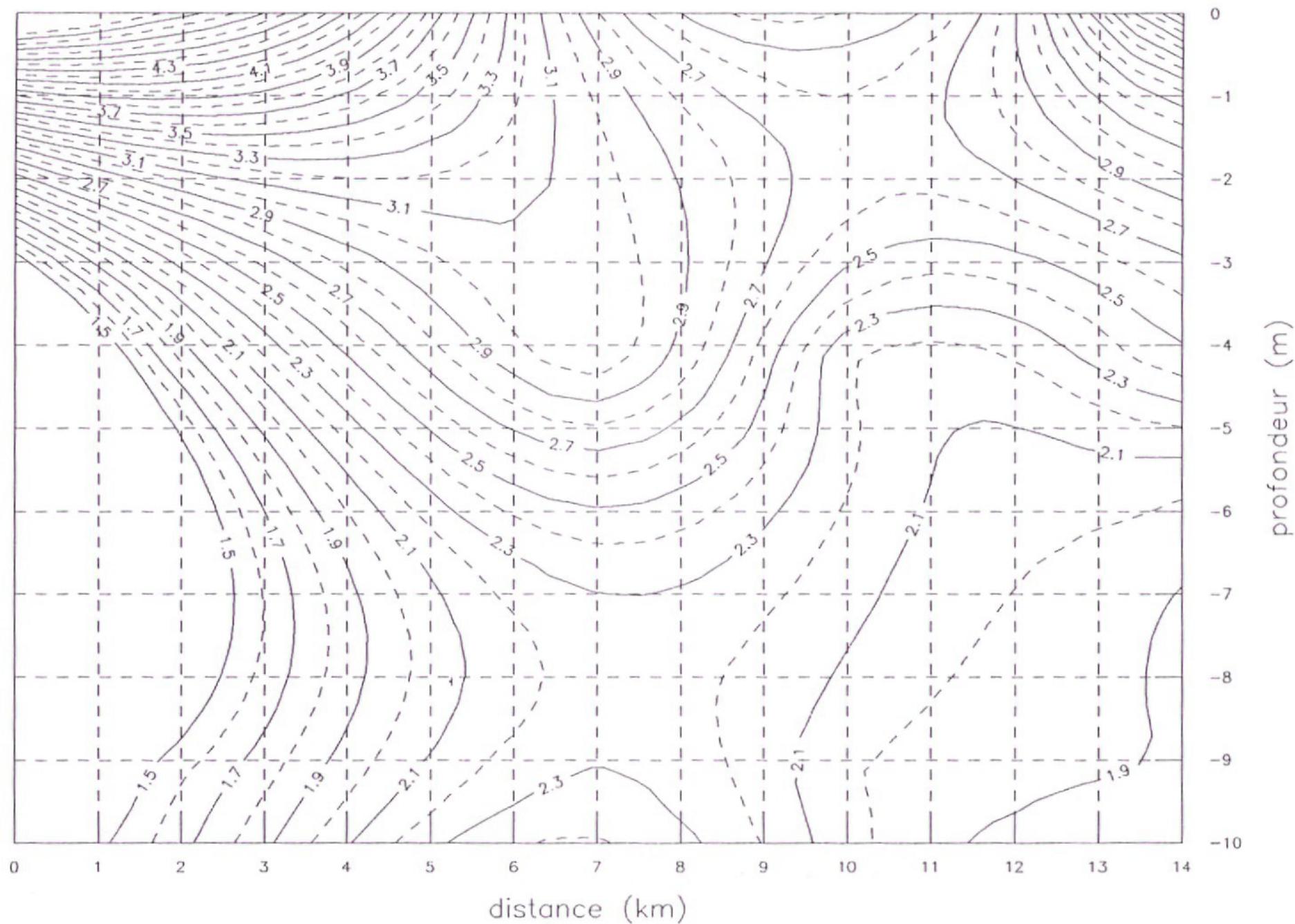
Campagne du 19/05/93 Pheopigments



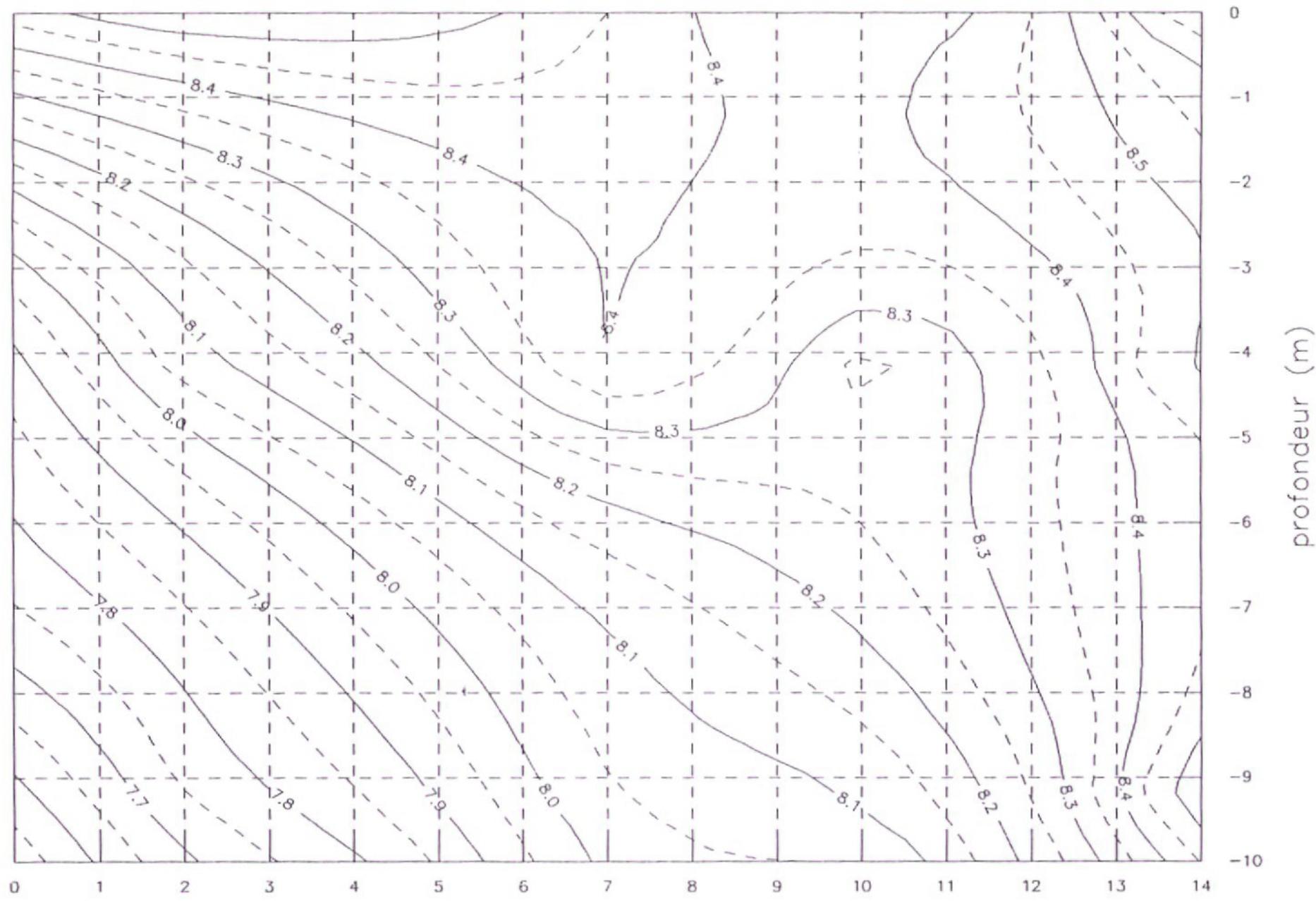
# Campagne du 19/05/93 Oxygene dissous



Campagne du 19/05/93 DB05



Campagne du 19/05/93 pH



distance (km)

profondeur (m)