

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Institut Des sciences de mer et de l'Aménagement du Littoral

I~S~M~A~L

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur
D'état en Aménagement du littoral et protection de l'environnement
Option : Chimie Marine

Thème

**Etude des variations spatio-temporelle
des sels nutritifs et de l'oxygène
dissous en baie de BouIsmaïl**

Présente par : M^{elle} Khaoui Leila

Devant le jury :

Président : M^r Boulahdid (Professeur)
Examinatrice : M^{me} Bachari - Houma (Chargé de cours maître assistant)
Examinatrice : M^{me} Korichi (Chargé de cours maître assistant)
Promotrice : M^{me} Louanchi (Chargé de cours maître assistant)

09-10-2003

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Sommaire

Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre 1 : Généralités	
1. Circulation générale en méditerranée occidentale.....	2
2. Les sels nutritifs dans l'eau de mer.....	4
2.1. Définitions et différentes formes.....	4
2.1.1. La silice dissoute.....	4
2.1.2. L'azote.....	4
2.1.3. Les phosphates.....	6
2.2. Rôle des sels nutritifs.....	6
2.3. Origine des sels nutritifs.....	7
2.3.1. Source externe.....	7
2.3.2. Source interne.....	7
2.4. Formation et recyclage des sels nutritifs.....	8
3. Le rapport N/P.....	10
3.1. Variation saisonnière et régionale du rapport N/P.....	10
3.2. Variation spatio-temporelle de N/P dans l'océan.....	11
3.3. Rapport N/P en méditerranée occidentale.....	11
4. Oxygène dissous.....	11
4.1. Le degré de saturation d'oxygène dissous de l'eau de mer.....	12
4.2. Variation spatio-temporelle d'oxygène en méditerranée occidentale.....	12
5. Eutrophisation.....	13

Chapitre 2 : Présentation du site d'étude et matériels et méthodes

1. Présentation du site d'étude	
1.1. Situation géographique.....	15
1.2. Morphologie de la cote et du plateau.....	16
1.3. Couverture sédimentaire.....	16
1.4. Circulation marine.....	17
1.5. Les réseaux hydrographiques.....	17

1.6.	Climatologie.....	18
1.7.	Sources potentielles de pollution.....	18
2.	Matériels et méthodes	
2.1.	Choix et localisation des stations	20
2.2.	Travaux effectués en mer.....	21
2.2.1.	Matériels utilisés.....	21
2.2.2.	Méthodes de prélèvement.....	22
2.3.	Mesure des paramètres physico-chimiques.....	22
2.3.1.	La température et l'oxygène dissous.....	22
2.3.2.	La salinité.....	22
2.3.3.	La matière en suspension.....	22
2.4.	Analyse des sels nutritifs.....	23
2.4.1.	La loi de Beer Lambert.....	23
2.4.2.	Description de l'auto analyseur SKALAR.....	24
2.4.3.	Dosages colorimétriques des sels nutritifs dans l'eau de mer.....	24
2.4.4.	Les courbes d'étalonnages.....	26

Chapitre 3 : Résultats et Interprétations

Première partie : Hydrologie de la baie de BouIsmaïl en Mars et Mai 2003

1.	Température.....	25
1.1.	Mars 2003.....	25
1.2.	Mai 2003.....	27
2.	La salinité.....	29
2.1.	Mars 2003.....	30
2.2.	Mai 2003.....	32
3.	Evolution saisonnière des caractéristiques hydrologiques.....	34
3.1.	Distribution verticale.....	34
3.2.	Diagrammes T/S.....	37

Deuxième partie : Biogéochimie de la baie de BouIsmaïl en Mars et Mai 2003

1.	Campagne de Mars 2003.....	39
1.1.	La matière en suspension.....	39
1.2.	L'oxygène dissous.....	40
1.3.	Les sels nutritifs.....	41
1.3.1.	Les phosphates.....	41
1.3.2.	L'azote inorganique.....	43

1.3.3.	Les silicates.....	48
1.3.4.	Distribution verticale des sels nutritifs.....	50
1.4.	La matière organique.....	52
1.4.1.	NOT.....	52
1.4.2.	POT.....	53
1.4.3.	Corrélation entre MES/matière organique.....	54
2.	Campagne de Mai 2003.....	54
2.1.	La matière en suspension	54
2.2.	L'oxygène dissous.....	55
2.3.	Les sels nutritifs.....	56
2.3.1.	Phosphates.....	56
2.3.2.	Azote inorganique.....	57
3.	La variation interannuelle des nutriments.....	61
Troisième partie : Analyse des sources potentielles de sels nutritifs en baie de Bou-Ismaïl		
1.	Analyse des rapports biochimiques	63
1.1.	(NO ₂ + NO ₃)/PO ₄	63
1.2.	NOT/POT.....	65
1.1.3.	Relation entre NOT et POT et MES.....	66
2.	Analyse de la PNA.....	67
2.1.	Méthodes d'estimation de la PNA.....	67
2.2.	Estimation de la PNA en 2003.....	71
2.3.	Estimation de la PNA en Mai 1998.....	72
Conclusion générale.....		76
Bibliographie		

Introduction



INTRODUCTION

La baie de BouIsmaïl, localisée à environ 50 km à l'ouest d'Alger, est une région où la pêche, l'agriculture et le tourisme sont développés. Ces secteurs d'activité peuvent générer des pollutions ou des surexploitations des ressources littorales.

Pour cela, notre travail a porté sur l'étude des paramètres physico-chimiques, et des sels nutritifs dans la baie da Bou-Ismaïl, située dans le bassin occidental de la Méditerranée et soumise aux influences conjuguées du courant Algérien qui résulte de la veine Atlantique qui longe les cotes algériennes, et des apports côtiers et urbains par les différents oueds et égouts qui s'y déversent.

la majeure partie de la production

bnt

2

Cette étude comporte trois chapitres :

Le premier chapitre comprend des généralités sur les cycles biogéochimiques marins des sels nutritifs.

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude et à la méthodologie

Le troisième chapitre est consacré à la présentation et l'interprétation des résultats et comprend ^{trois} quatre parties : hydrologie de la baie, biogéochimie, les rapports biochimiques et l'estimation de la production nette apparente. Ce chapitre sera suivi d'une conclusion générale.

CHAPITRE I

Généralités



Généralités

1. La circulation générale en Méditerranée occidentale

La Méditerranée occidentale comprise entre le détroit de Gibraltar et le détroit de Sicile comprend trois bassins :

- La mer d'Alboran à l'ouest (5° W et 2° W)
- Le bassin algéro-provençal limité à l'est par la Sardaigne et la Corse (la profondeur atteint 2700-2800 m).
- La mer tyrrhénienne à l'est dont la profondeur atteint 3630 m.

Les échanges les plus importants à travers la Méditerranée résultent de l'excès de l'évaporation par rapport aux précipitations et ruissellement des fleuves (Millot, 1999).

La Méditerranée est une mer à bilan négatif ; ce déficit se traduirait par une baisse annuelle du niveau de la mer de l'ordre de 1 mètre. Il n'est en rien, puisque des échanges d'eau très importants sont constatés à travers le détroit de Gibraltar entre la Méditerranée et l'océan Atlantique.

L'eau atlantique peu salée circule en surface dans tout le bassin méditerranéen, voit ses caractéristiques se modifier par interaction avec l'atmosphère c'est l'eau modifiée d'origine atlantique (M.A.W). L'évaporation, le refroidissement dans certaines régions impliquent l'augmentation de la densité entraînant des plongées d'eaux importantes (Millot, 1999).

La circulation de MAW en Méditerranée occidentale

En mer d'Alboran, la circulation est composée de deux tourbillons anticycloniques permanents.

La veine est du tourbillon oriental (east Alboran Gyre) se matérialise par un front : le front Almeria - Oran entre les eaux superficielles de l'eau atlantique et celle du reste de la méditerranéen Folkard *et al in* Millot (1999). Ce front est détectable jusqu'à une profondeur de 300 m et se caractérise par un jet barocline très marqué dans les 75 premiers mètres avec des courants de surface de 50 cm/s (Almone *et al*, 1987) *in* Millot (1999).

La circulation en mer d'Alboran est entièrement influencée par la topographie.

-A la sortie de la mer d'Alboran, la circulation est en permanence dirigée des cotes espagnoles vers les cotes algériennes.

Ensuite, ce courant se dirige d'ouest en est, en longeant les cotes algériennes, et devient instable vers 2° E.

Des méandres se forment, puis des tourbillons cycloniques et anticycloniques se développent tout en dérivant vers l'est à la vitesse de quelques kilomètres par jour. Seules les gyres anticycloniques persistent (jusqu'à quelques mois) et continuent leur déplacement vers l'est ainsi que leur développement pour atteindre des diamètres de l'ordre de 100km. A ces tourbillons sont associés, en leur partie sud des upwellings et des downwellings côtiers.

-Vers 3° -5° E, cette dérive vers l'est ralentit. Les gyres collées à la cote algérienne se détachent, puis reviennent vers l'ouest et interagissent avec la veine du courant algérien. Le bassin algérien constitue un réservoir qui alimente le bassin nord de la méditerranée occidentale (Millot, 1985).

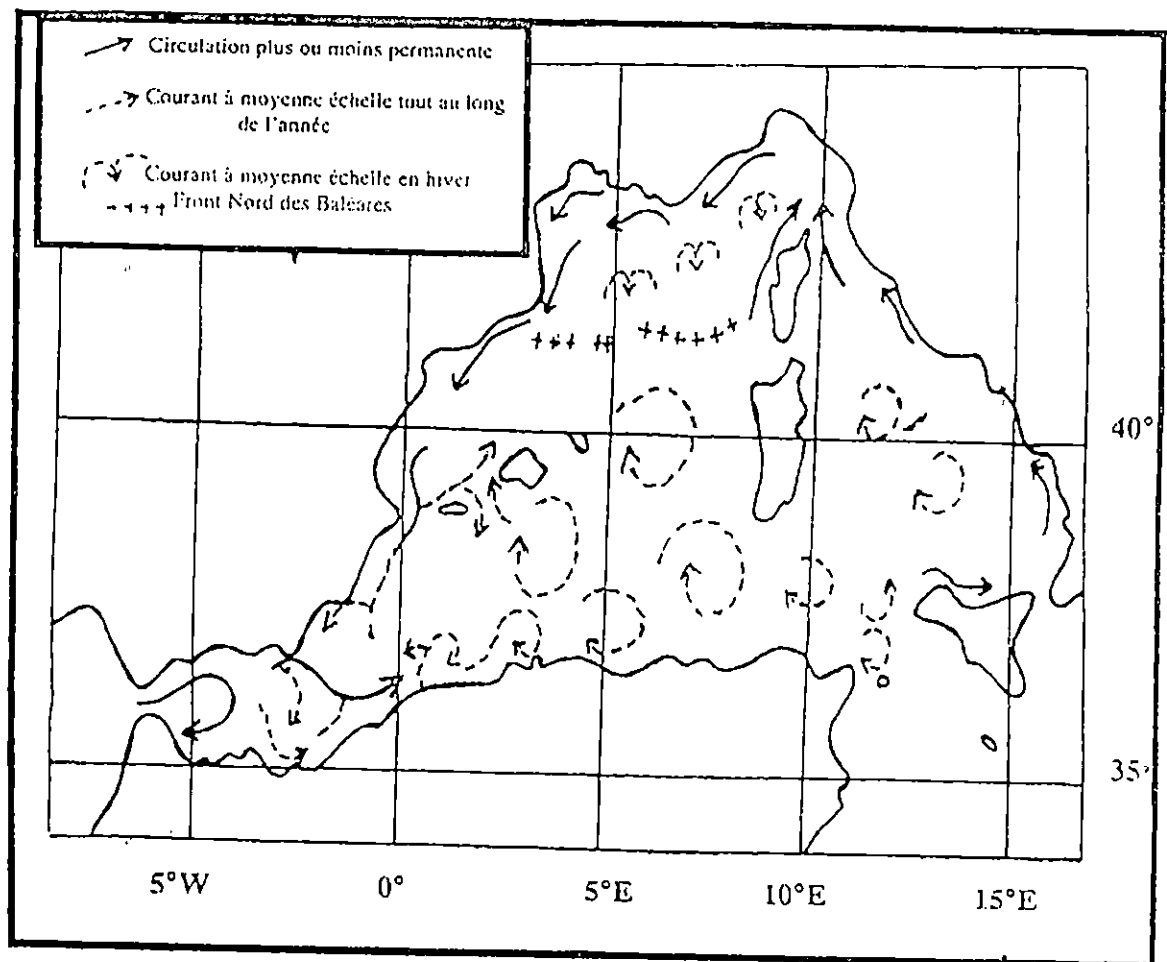


Fig. n°1 : La circulation de M.AW en méditerranée occidentale
Selon Millot (1999)

2. Les sels nutritifs dans l'eau de mer

2.1. Définition : Les sels nutritifs qui se trouvent dans le milieu marin sont essentiels pour le développement et la formation des parties molles ou des tests de phytoplancton.

Ces sels se trouvent dans le milieu marin sous forme dissoute ou particulaire et sont essentiellement ceux de l'azote (15 %), du phosphore (3 %) et du silicium (Aubert *et al.*, 1972).

Les concentrations d'éléments nutritifs dans le milieu doivent répondre aux exigences du phytoplancton, les faibles concentrations minimisent la photosynthèse, tandis que les excès provoquent une eutrophisation du milieu qui se traduit par une importante croissance de certaines espèces phytoplanctoniques.

On trouve alors en surface des concentrations qui peuvent aller de quelques micromoles à quelques dizaines de milligrammes par litre (Aminot, 1983) par contre dans les aires artificiellement endiguées, les processus d'eutrophisations évoluent vers une dystrophie rapide et grave (déséquilibre nutritif), par exemple dans les milieux portuaires.

De fortes concentrations en sels nutritifs sont observées dans bon nombre de ports de la côte Algérienne, par exemple le port d'Arzew (Khaoui, 2001).

2.1.1. La silice dissoute

Dans l'eau de mer, le silicium dissous se trouve à (95%) sous la forme d'acide orthosiliciques $\text{Si}(\text{OH})_4$ et seulement (5%) sous formes ionisées $\text{Si}(\text{OH})_3^-$ (Ivanof, 1972).

La silice est indispensable pour la croissance du phytoplancton à test silicique essentiellement formé de silice hydratée amorphe (diatomées et radiolaires).

C'est sous la forme d'acide orthosilicique $\text{Si}(\text{OH})_4$ que se fait son absorption (Jacques *et* Tréguer, 1986).

Les teneurs de l'eau en silice fluctuent en fonction des saisons, au printemps, après les blooms phytoplanctoniques, les concentrations dans la zone euphotique sont très faibles ou presque nulles (Aminot, 1983).

En revanche, elles augmentent à proximité des côtes et estuaires où les apports en eau douce riche en silice sont considérables de l'ordre de $150 \mu\text{ moles} / \text{l}$ dans les eaux profondes (Aminot, 1983).

2.1.2. L'azote

L'azote est un élément essentiel des structures vivantes, il est prélevé dans l'atmosphère par certaines bactéries capables de fixer directement l'azote moléculaire (Aminot, 1983).

En solution ; il existe sous trois formes essentielles selon son degré d'oxydation :

Nitrates (NO_3^-) ; Nitrites (NO_2^-) ; ammonium (NH_4^+), ainsi qu'urée ou acides aminés. Ce sont les formes d'azote utilisables par le phytoplancton (Copin- Montégut, 1996).

L'azote ammoniacal (NH_4^+)

En fonction de la forme sous laquelle est présent l'azote dans l'eau, la photosynthèse mettra en jeu des réactions enzymatiques différentes.

L'ammonium (NH_4^+) se trouve être la forme la plus rentable énergétiquement (Jacques *et* Tréguer, 1986). Cet ammonium est issu de la dégradation de l'azote organique par les bactéries dans les eaux marines, l'azote ammoniacal se trouve généralement à des concentrations inférieures à $1 \mu\text{mol/l}$ sauf dans les zones côtières (Copin- Montégut, 1996).

Les eaux profondes ne contiennent pas d'ammonium, celui ci ayant été oxydé en nitrite puis en nitrate.

Il est prédominant dans les estuaires, de même qu'il est considéré comme étant un bon traceur de pollution urbaine, vu ses concentrations élevées à l'approche des émissaires urbains qui peuvent atteindre jusqu'à plusieurs centaines de micromoles par litre (Aminot, 1983).

L'azote nitreux (NO_2^-)

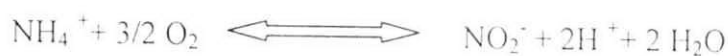
Dans le cycle de l'azote, les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu marin qui sont de l'ordre de zéro à quelques micromoles par litre d'azote nitreux (Aminot, 1983).

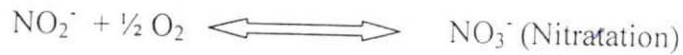
Ces concentrations connaissent des variations saisonnières, en hiver, elles varient entre 0.5 et $1 \mu\text{mol/l}$ puis suite au développement phytoplanctonique chutent en été et peuvent atteindre des valeurs très faibles, moins de $0.01 \mu\text{mol/l}$ (Aminot, 1983).

A proximité des estuaires, et à de faibles teneurs en oxygène, les concentrations en nitrites sont supérieures à $5 \mu\text{mol/l}$ cela refléterait la richesse de la zone en matière organique (Aminot, 1983).

Les nitrites proviennent de l'excrétion directe ou de l'oxygénation des composés azotés excrétés suivant les réactions ci dessous :

Ammonification (nitrosation)



Nitrosation**L'azote nitrique (NO₃⁻)**

Les ions nitrates sont les plus stables en solution aqueuse, dans le cycle de l'azote ils sont considérés comme la forme principale.

L'azote nitrique est issu de l'oxydation des nitrites par des bactéries (les nitrobacters) (Aubert *et al.*, 1972).

Dans les estuaires où la salinité est faible et les apports terrigènes importants, les teneurs augmentent et peuvent atteindre jusqu'à plusieurs centaines de μmol/l.

Des concentrations importantes en nitrates sont observées dans l'ensemble des ports, ainsi la concentration en nitrate, dont le taux moyen hors du port est de 28 microgrammes/l, augmentent de 280% à l'intérieure des zones endiguées. En présence de rejets cette valeur atteint même 445% du taux marin normal dans les aires portuaires stagnantes, (Aubert *et al.*, 1972).

2.1.3. Les phosphates

Le phosphore est un élément nutritif qui se trouve généralement en mer sous forme organique et inorganique dissoute et particulaire.

Les ortho phosphates sont la forme la plus abondante en solution PO₄³⁻ (10%) et HPO₄⁻ (90%) et seulement (1%) de H₂PO₄ (Aminot, 1983). Il est présent comme l'azote dans tout l'environnement naturel. Les fortes concentrations, suite à l'enrichissement d'origine domestique ou agricole peuvent provoquer le phénomène d'eutrophisation (OMS, 1979) in Arour (2002).

Ses teneurs en surface sont assez faibles (0 à 1 μ mol /l). Elles augmentent avec la profondeur suivant le même processus d'oxydation de la matière organique que pour les NO₃⁻ (Aminot, 1983).

Dans les estuaires, les concentrations en phosphates sont très élevées et peuvent atteindre plusieurs dizaines de μmoles par litre (Aminot, 1983).

Au niveau des zones portuaires, leurs concentrations sont très importantes et peuvent augmenter de plusieurs centaines de μ moles par litre (Aubert *et* Aubert, 1972).

2.2. Rôles des sels nutritifs

Le phytoplancton assimile les sels nutritifs dissous dans l'eau de mer et puise l'énergie solaire pour fabriquer leurs squelettes et leur matière organique.

La production biologique dépend principalement de la lumière ainsi que la circulation océanique qui transporte les sels dissous (N, P, Si) indispensables à la vie. Ainsi les régions de remontées d'eaux profondes riches en sels nutritifs (upwellings) sont le siège d'une production biologique intense (Jeandel, 1999).

2.3. Origines des sels nutritifs

Les sels nutritifs arrivent en milieu marin par diverses sources externes ainsi que des sources internes

2.3.1. Sources externes

Les rejets

Les rejets à charge polluante sont de multiples origines : agricoles, industriels ou domestiques. Ces rejets contribuent à la dégradation du milieu marin en agissant directement sur ses qualités physico-chimiques et sur l'écosystème.

Les activités agricoles sont une source préoccupante de pollution par les résidus d'engrais et de produits phytosanitaires essentiellement composés de phosphores, d'azote et de leurs dérivés.

D'après l'O.M.S. (1979) in Arour (2002) on trouve dans les eaux de déchets urbains non traités près de 40 à 120 mg/l d'azote (NO_3^- et NH_4^+).

Les précipitations

Les eaux de pluies lessivent les sols agricoles et créent des ruissellements qui rejoignent la mer et enrichissent ainsi le milieu marin en apport terrigène dont les sels nutritifs entrants dans la composition des engrais et fertilisants.

2.3.2. Sources internes

La plus importante est l'activité biologique comprenant toutes les réactions biochimiques et autres (oxydation et dégradation), ayant lieu au niveau de la colonne d'eau.

Dans les zones oligotrophes, on note de faibles concentration en sels nutritifs : ce sont des zones de faibles productions (Minas *et al*, 1990).

Elles augmentent lorsqu'on s'en éloigne, cela est le résultat de la décomposition de la matière organique produite (Minas *et al*, 1990).

L'excrétion des niveaux trophiques supérieurs, ou encore la minéralisation bactérienne, sont des sources d'ammonium (Jacques *et* Tréguer, 1986).

En infimes quantités, le sédiment peut aussi rediffuser les sels nutritifs après que ceux-ci aient été libérés lors des processus de diagenèse (Samson Kechacha *et* Dahmani, 1995).

2.4. Formation et recyclage des sels nutritifs

La production de la matière organique est la résultante de l'activité biologique en milieu marin qui est basé sur la vie des espèces primaires ou autotrophes.

Cette activité biologique (reproduction, croissance) est localisé dans la zone euphotique, (en général entre 0 et 50 m), elle est contrôlé par certains facteurs : physiques (température et lumière), biologiques et chimiques (sels nutritifs...) figure n°2.

Le phytoplancton se nourrit en assimilant le carbone et les sels nutritifs dissous dans l'eau de mer pendant la photosynthèse et produit une quantité importante de matière organique.

Le cycle biologique des organismes planctoniques fournit la plus grande partie de la matière organique qui est la base de la chaîne trophique et du matériel biogénique (squelette, test et pelotes fécales). Après la mort de ces micro-organismes, ils fournissent une grande quantité de matière organique morte et des squelettes à l'eau de mer qui vont être décomposés, libérant d'autres composants le long de la colonne d'eau.

L'intense production de matière organique appauvrit la couche superficielle en sels nutritifs ; trois processus vont contribuer à leur recyclage dans la couche euphotique et dans les eaux profondes :

* L'excrétion d'ammonium, de phosphates et de matières organiques dissoutes, comme sous-produit de l'activité métabolique des divers échelons trophiques, la biodégradation bactérienne qui régénère les éléments minéraux, elle est particulièrement active sur les particules en suspension et sur celles déposées à l'interface entre l'eau et le sédiment, la remise en solution du silicium accumulé sous forme de silice amorphe (frustule, tests), processus favorisé par le broyage des diatomées par les herbivores, la sédimentation des particules et les mouvements de plongée des eaux contribuent à évacuer la matière organique des couches superficielles, il se forme ainsi, au dessus des plateaux continentaux des poches de régénération de matières nutritives qui ont des répercussions sur la distribution de l'oxygène (Aminot, 1983).

La régénération des nutriments se fait aussi au niveau des sédiments, elle est importante dans le sédiment côtier (Aminot, 1983).

A la surface du sédiment, la matière organique continue à subir la minéralisation aérobie et alimente pour environ 90 % de sa masse la communauté des micro-organismes benthiques et des abyssaux (Khrípouff et Rowe, 1985), ainsi que l'oxydation des éléments organiques à l'interface eau sédiment libèrent des composés dissous qui diffusent dans l'eau de mer.

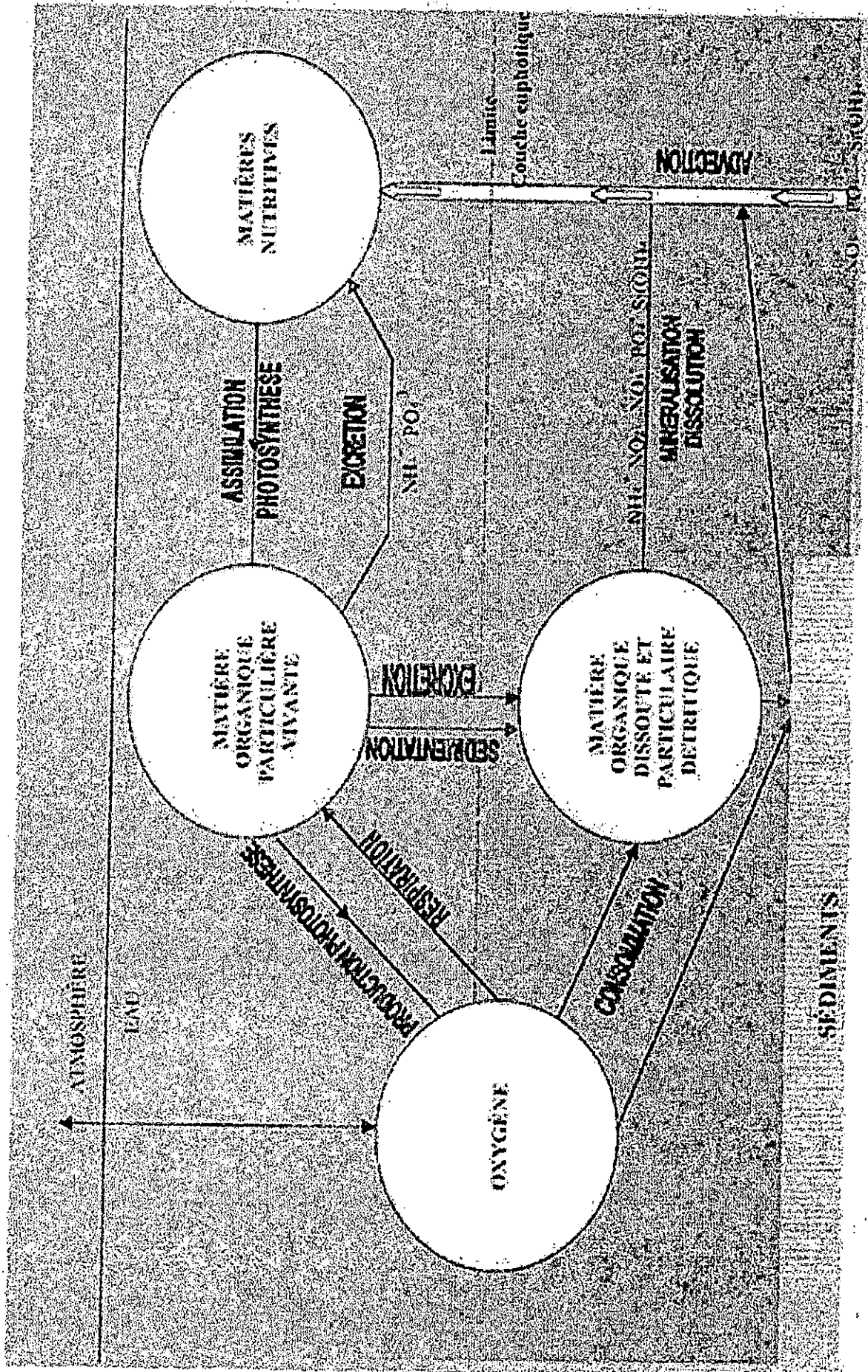


Fig 1 : Circulation des sels nutritifs (d'après Jacques & Tréguer, 1986)

3. Le rapport N/P

Redfield et al (1963) montrent un rapport N/P = 16 dans la matière organique phytoplanctonique et dans l'eau de mer. Ceci veut dire que l'azote et le phosphore sont assimilés et régénérés dans l'océan ouvert un rapport constant. Autrement dit, quand un atome de phosphore est assimilé (ou régénéré) 16 atomes d'azote sont assimilés (ou régénérés).

Ce rapport est l'un des mystères de la chimie marine (Broecker and Peng, 1982).

D'après ces auteurs l'explication de ce rapport ne peut être qu'écologique.

Les micro-organismes dominant le cycle de la vie dans l'océan ouvert contrôlent ce rapport et le maintiennent à une valeur plus ou moins constante.

Ces micro-organismes tendent à adopter un équilibre entre la vitesse de nitrification et la vitesse de dénitrification, cet équilibre sera atteint quand le rapport N/P dans l'eau de mer sera très proche de celui des micro-organismes (Redfield *et al*, 1963).

3.1. Variations saisonnière et régionale du rapport N/P

Si le rapport N/P est peu variable dans l'océan ouvert, il n'en est pas de même pour les zones côtières.

Ainsi, le rapport N/P varie avec les saisons et selon les régions dans de très larges limites, entre environ 3 et 40.

Tableau n°1 : Variation saisonnière et régionale du rapport N/P
Boulahtid (1987)

Lieu géographique et/ou saison	Valeur du rapport N/P	Référence
Canal anglais hiver été	10.5 19	Armstrong et Butler (1960)
Mer du Nord	30	Armstrong et Butler (1960)
Cotes roumaines	5 à 20	Vanescu et Cociasu (1983)
Sud Indien océan Antarctique	8.9 à 19.7	Copin Montéguet (1978)
La Méditerranée	22	Béthoux (1980)

3.2. Variation spatio-temporelles de N/P dans l'océan global

Les travaux de Boulahdid (1987), Minster *et* Boulahdid (1987), et Boulahdid *et* Minster (1989) ont montré que le rapport N/P décroît systématiquement avec la profondeur dans l'océan Atlantique, Indien, et Pacifique.

Les moyennes des rapports évaluées par un modèle de mélange isopycnal sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau n°2 : Variation de rapport N/P en fonction de profondeur (Minster et Boulahdid, 1987)

Rapport N/P	Niveau isopycnal	profondeur
15.7	27.000	400-500
14.8	27.200	700-800
13.6	27.400	1000-1200
13.1	27.800	2000-3500

Ceci est lié à la composition de la matière organique marine.

En effet, les protéines, les glucides et les lipides n'ont pas exactement les mêmes rapports biochimiques et ne se dégradent pas à la même vitesse (Libes, 1992)

3.2. Le rapport N/P en Méditerranée occidentale

Concernant la Méditerranée, Bethoux (1980) montre que, lors des échanges des eaux Atlantiques et méditerranéennes à travers le détroit de Gibraltar le bilan résultant est déficitaire en azote, aussi, un rapport (N/P) anormal des eaux méditerranéennes est de l'ordre de 22 dans les eaux profondes. Ce rapport élevé comparé à celui des eaux Atlantiques qui est de l'ordre de 16 peuvent être expliqués par l'intense fixation de l'azote atmosphérique par certaines espèces de plancton et des bactéries ainsi que par *Posidonia océanica* (Bethoux *et* Copin-Montégut, 1977) le rapport N/P pour les feuilles de Posidonies étant de l'ordre de 39.

4. L'oxygène dissous dans l'eau de mer

La plupart des animaux et des organismes vivants dans l'eau ne peuvent pas survivre sans la présence d'oxygène dissous. Ils ont besoin d'une certaine concentration minimale en O₂ la valeur d'O₂ nécessaire dans le milieu la plus élevée concerne les poissons, la plus basse les bactéries. Les espèces de poissons sensibles peuvent être perturbées par une teneur en

oxygène inférieure à 4 mg/l ; on l'appelle la valeur critique pour les poissons (Aminot, 1983).

L'équilibre entre l'atmosphère et l'eau de mer en oxygène est fonction de la température et salinité. Pour déterminer la concentration à saturation des eaux marines en oxygène, on a recours à l'équation de Weiss (1974) adoptée par l'ensemble de la communauté scientifique. Cette concentration d'O₂ à saturation est appelée la solubilité.

4.1. Degré de saturation d'oxygène dissous de l'eau de mer

Dans les eaux de surface en contact direct avec l'atmosphère et surtout dans la zone euphotique, la concentration de l'oxygène mesurée est souvent supérieure à la solubilité de l'O₂ calculée. Cette différence est due à une quantité d'oxygène qui s'ajoute à la concentration de saturation dans ces eaux. Cette quantité difficilement quantifiable revient à deux principaux facteurs :

→ L'un est l'injection des bulles d'air dans l'eau de mer par les vagues et la forte agitation des eaux. Ce facteur est beaucoup plus important dans les eaux côtières.

→ L'autre est la photosynthèse, les plantes en synthétisant la matière organique produisent de l'oxygène, l'accumulation de cet oxygène dissous est de l'ordre de 0.06 moles / m²/17j (Riley et Schester, 1971).

La super saturation des eaux de surface en oxygène dissous varie dans le temps et dans l'espace de quelques pour-cent à environ 20% (Riley et Schester, 1971).

4.2. Variation spatio-temporelle de l'oxygène en Méditerranée occidentale

La photosynthèse y est presque toujours limitée par la faible disponibilité des substances nutritives. Par contre, elle est active jusqu'à 60 m de profondeur et même jusqu'à 100 m parfois.

La couche superficielle mélangée a généralement (en Méditerranée) une épaisseur bien moindre, étant en contact avec l'atmosphère elle est sensiblement saturée, son contenu en oxygène dépend essentiellement de la température : il varie entre 200 µmol/kg à 350 µmol/kg (Lacaze, 1996).

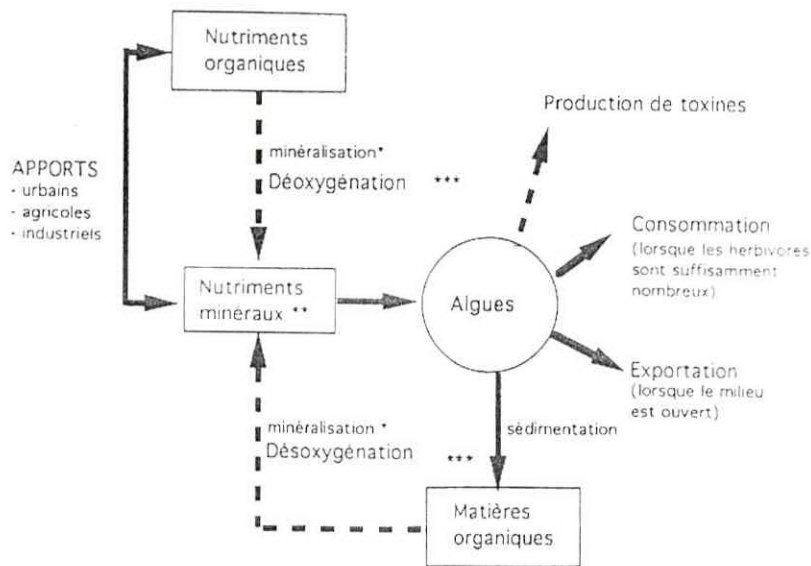
En Méditerranée les concentrations en oxygène évoluent au rythme des fluctuations saisonnières de la température.

Les eaux superficielles apparaissent sursaturées pendant la période de réchauffement estivale tandis qu'elles ne présentent pas de sous saturations équivalentes, durant la période de refroidissement (Lacaze, 1996).

CHAPITRE III

Site d'étude et Matériels et Méthodes

5. Eutrophisation



Conséquences de l'eutrophisation

- * Minéralisation de la matière organique avec consommation d'oxygène et libération de sels nutritifs et de gaz carbonique.
- ** Ammonium, nitrite, nitrate, phosphate.
- *** La dégradation peut se poursuivre en anaérobiose avec production de molécules toxiques : SH₂, NH₃, CH₄

Fig. n°3 : Schéma explicatif des conséquences de l'eutrophisation selon Lacaze (1996)

définitions

On appelle eutrophisation l'ajout d'engrais aux eaux de surface et la perturbation qui s'en suit dans l'équilibre biologique (figure n°3). A cause de tels apports de substances nutritives dans les eaux, les algues se développent plus rapidement. En conséquence, il pénètre moins de lumière solaire dans les couches d'eaux profondes. La photosynthèse est donc réduite il y a moins d'oxygène produit en subsurface, et les algues mortes provenant des couches d'eaux supérieures tombent dans les couches plus profondes et sont détruites en utilisant de l'oxygène (Lacaze, 1996).

L'oxygène n'est alors plus en quantité suffisante dans les eaux pour les besoins des organismes supérieurs pouvant entraîner la mort des poissons dans certain cas extrêmes comme par exemple en mer noire, ou dans la lagune de Venise saisonnièrement.



Site d'étude et Matériels et Méthodes

1. Présentation du site d'étude

1.1. Situation géographique

La baie de Bou-Ismaïl (exCastiglione) est considérée parmi les plus importantes de la cote algérienne.

Elle s'étend sur 40 km entre les longitude $2^{\circ} 25'$ ouest à $2^{\circ} 55'$ est, en couvrant une surface de 350 km^2 ; la baie de Bou-Ismaïl est limitée à l'est par Ras Acrata et à l'ouest par le mont Chenoua, par la plaine de la Mitidja au sud et la mer méditerranéenne au nord.

La baie est le réceptacle d'oueds à régime irrégulier : Mazafran, Nador et Beni-messous.

L'importance de la baie et sa configuration permettent de distinguer de petites anses: la baie d'El Djamila dans le secteur Est et la baie de Chenoua à l'extrême l'ouest.

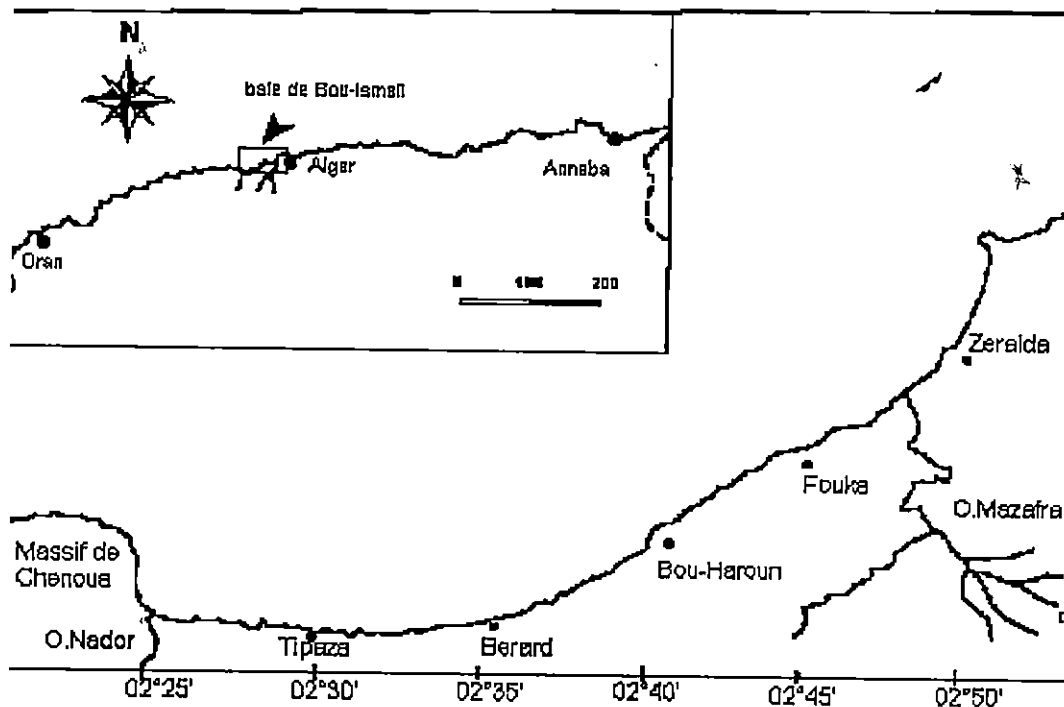


Fig. n°4 : situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl

1.2. Morphologie de la cote et du plateau

La pente moyenne de la marge littorale du plateau continental est de 1% environ entre BouIsmaïl et Sidi Fredj, tandis que dans la baie du Chenoua, la pente est de 1.5% (Coumes *et* Rousseau, 1967).

Le plateau continental de la baie présente une inflexion nette autour de l'isobathe -100m, sa largeur moyenne est de 8 km en tous les points de la baie, les plages de cette dernière se répartissent en trois types :

Premier type : Correspond aux cotes basses et sableuses.

Deuxième type : Correspond aux cotes basses et rocheuses à bord non abruptes présentant des entablements sous-marins envahis par les herbiers Zoostères et Posidonies.

Troisième type : Plages à cotes rocheuses déchiquetées.

1.3. Couverture sédimentaire

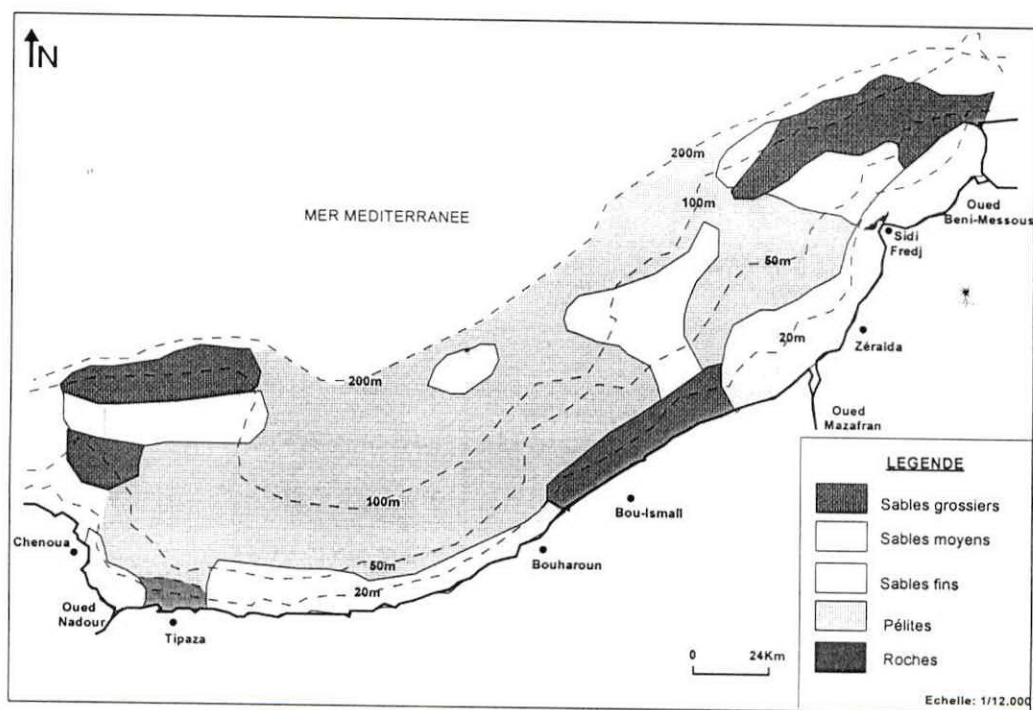


Fig n°5 : Couverture sédimentaire de la baie de Bou-Ismaïl

Bouharoun

La répartition spatiale des différents faciès sédimentaires issus de la production biogène et des apports terrigènes, reflète l'état d'équilibre entre les caractéristiques granulométriques des matériaux et de l'hydrodynamisme de la cote (Coumes *et* Rousseau, 1967).

La baie de Bou-Ismaïl est caractérisée par un sédiment uniforme. Au-delà de 30 m voir (figure n°5), ce dernier devient rapidement homogène dans presque tout l'ensemble de la baie (Boukretaoui *et* Boutouilli, 1989). Ce ne sont que les sédiments côtiers appartenant à la zone épinéretique qui présentent les aspects les plus divers en raison des apports terrigènes, de l'agitation des eaux et de l'activité biologique. Ces sables fins cités par Dagorne (1970), font partie de la catégorie des sables (0.04 à 1 mm) infralittoraux peu riches en macrofaune. Leclaire (1972) les qualifie de sables fins, très quartzeux, formant une succession de Douaouda à Ras Acrata.

Ces sables côtiers à double origine (terrigenne et biolastique) se chargent progressivement vers le large, en matériel argileux détritique et passent successivement à des sables vaseux et des vases sableux surtout à l'est de la baie et finalement donnent des vasières qui prédominent à l'ouest de la baie (Dagorne, 1970).

1.4. Circulation marine

La baie de Bou-Ismaïl est sous l'influence du courant d'origine atlantique qui rejoint les cotes algériennes à 0° par le détroit de Gibraltar après avoir quitté les cotes espagnoles, suivant une trajectoire parallèle à la cote (Milot, 1999). Il sera nommé courant algérien se caractérise par une largeur de 50 km à l'est, une hauteur de 150 m et une vitesse de 50 km/s (Benzohra *et* Milot, 1995).

L'instabilité de ce courant s'accompagne par la formation de méandres puis de tourbillons cycloniques et anticycloniques qui sont à l'origine de la formation des upwellings et des down-welling côtiers (Milot, 1999).

1.5. Les réseaux hydrographiques

Plusieurs oueds à régime irrégulier jalonnent la baie de Bou-Ismaïl dont les plus importants se présentent comme suit :

Oued Mazafran

Il se situe à 30 km de l'ouest d'Alger, il prend naissance à la jonction de l'oued Chiffa et l'oued Djer.

Le bassin versant est étendu à 1850 km² et débouche sur la mer entre Douaouda et Zeralda. Son débit liquide est évalué à 3.8 m³/s et couvre une superficie de 600 km² (Boukretaoui et Boutouilli, 1989).

Oued Nador

Situé près du mont Chenoua, ce dernier regroupe trois oueds : Bou yersen, Bou Ardon, Beni mered. l'étendue de l'oued est de 200 à 230 km² avec une charge solide de 0.89 m³/s (Boukretaoui et Boutouilli, 1989).

Oued Beni Messous

Situé à 18 km d'Alger, il traverse les communes Beni Messous et Cheraga. L'oued parcourt à son aval, sur une distance de 275m, un terrain plat avant d'atteindre la mer. Son débit est de 0.245 m³/s (Benbara, 2001). Cependant des aménagements de lagunage récents ont pu modifier ce débit.

1.6. Climatologie

La baie de Bou-Ismaïl est caractérisée par un climat sub-humide et une périodicité des vents. La baie est soumise à une période de crues intenses à partir du mois de Septembre jusqu'à Janvier, et à une chute des crues à partir du mois de Février jusqu'en Juillet (Boukretaoui et Boutouilli, 1989).

La période des vents se traduit par une prédominance des vents d'ouest en période hivernale et des vents d'est en période estivale avec une vitesse allant de 6 à 10 nœuds (Boukretaoui et Boutouilli, 1989).

1.7. Sources potentielles de pollution

La zone de Bou-Ismaïl est une zone de vocation touristique et agricole ; sa frange côtière est soumise aux rejets domestiques des villes et des complexes touristiques.

L'apport de ces eaux usées est estimé tout le long de la cote à 4382 m³ /j (Amara, 1988). Ces derniers se déversent en mer sans aucun traitement et augmentent en période estivale. De plus on note la contribution des trois oueds cités précédemment qui viennent se déverser en mer, en drainant les eaux de ruissellement des terres agricoles, des effluents urbains et industriels.

Une enquête menée en 1991 au niveau de la chambre de commerce de la wilaya de Tipaza a relevé l'existence de certaines entreprises industrielles pouvant entraîner des pollutions dans la baie. Celles-ci sont résumées en tableau 3

Tableau n° 3 : Localisation des différentes entreprises industrielles (chambre de commerce de wilaya de Tipaza 1991) in (Sellali, 1996).

Industrie textile	Cuir et peaux	Papeterie	Plastique caoutchouc verre
Ain Benian	Staouali	Zeralda	Ain Benian
Douaouda	Bou-Ismaïl	Fouka	Staouali
Fouka	Ain Benian		Bou-Ismaïl
Bou-Ismaïl	- port - thalasse		Zeralda
Bou -haroun			Fouka

En plus de ces activités, les oueds entraînent vers la mer les eaux usées de Blida et de la base centrale logistique de Beni Mered aux niveau de l'oued Macta Makhoulouf, continuité de l'oued Beni Azza ou se déversent les eaux usées de la tannerie du moulin, d'une unité d'électroglace mobilier métallique, d'une unité de transformation de plastique, d'industrie agro-alimentaire ainsi que les eaux des ateliers de traitement de surface de la base logistique de Beni Mered. A cela, s'ajoute l'activité agricole et l'activité de la pêche dans la baie même.

2. Matériels et méthodes

2.1. Choix et localisation des stations :

Deux campagnes ont été faites pour les prélèvements d'eaux de mer, en baie de Bou-Ismaïl. La première campagne de 11 à 12 Mars 2003 où quinze stations ont été sélectionnées pour l'étude des différents paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs à bord de « IBTACIM ».

Pour étudier les variations temporelles des paramètres physico-chimiques, une deuxième campagne a été réalisée en Mai 2003 sur les mêmes stations.

La deuxième campagne a été faite le 04/05 et 11/2/05/2003 à bord du navire océanographique le « BABA AROUDJ » de l'ISMAL dans la Baie de Bou-ismail.

La localisation des stations est présentée en figure n°

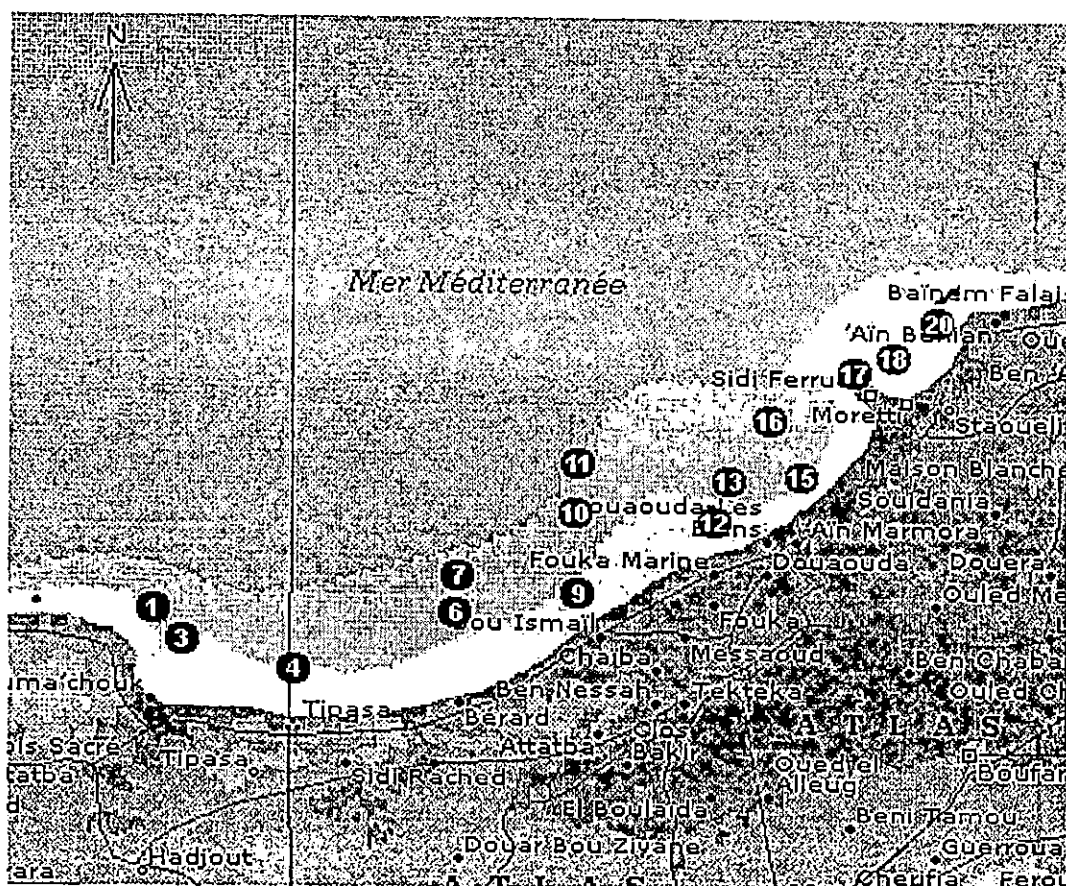


Fig. n° 6 : La localisation des stations dans la baie de Bouismail en Mars et Mai 2003

2.2. Travaux effectués en mer

Les travaux effectués, au niveau de la baie de Bou-Ismaïl, ont été réalisés à bord des navires « Ibtacim » et « Baba Aroudj ».

Ces travaux représentent les prélèvements d'échantillons d'eau de mer, à chaque station et à différentes profondeurs (surface, fond), sur lesquelles différentes mesures sont effectuées in situ ou ultérieurement.

2.2.1. Matériel utilisé

Afin d'éviter toute contamination, il est très important que certaines conditions soient respectées. En effet, les flacons destinés à l'échantillonnage de l'eau de mer prélevée, sont préalablement lavés à l'eau chaude, rincés à l'eau acidulée (préparée à base d'acide chlorhydrique à 5%) (2 fois) et rincés une dernière fois à l'eau bi distillée. Les flacons sont numérotés et stockés avant la campagne.

2.2.2. Méthode de prélèvement

Le prélèvement d'eau de mer s'est effectué à l'aide de bouteilles de prélèvement du type « VAN DORM » d'une capacité de 3.5 l. Une fois que les bouteilles de prélèvement sont remontées à bord, on rince deux fois nos flacons avec l'eau de mer à analyser, puis on remplit chaque flacon de façon à ne pas provoquer leur éclatement lors de la congélation.

Avant l'échantillonnage, pour chaque station et à chaque profondeur on mesure dans l'eau de mer la température, le pH et l'oxygène.

Les échantillons d'eau de mer destinés à la mesure de la matière en suspension (MES) pour les eaux de surface du fond, sont filtrés au laboratoire.

Pour ce qui est des échantillons destinés à l'analyse des sels nutritifs, ils ont été immédiatement conservés dans un congélateur selon la méthode de Tréguer et LeCorre (1975).

2.3. Mesure des paramètres physico-chimiques

2.3.1. La température et l'oxygène dissous (in situ)

Les mesures de la température en degré Celsius (C°) et de l'oxygène en mg/l, ont été effectuées au cours de la campagne « in-situ » par une méthode électrochimique. L'appareil utilisé pour la mesure est un oxymètre de type marque WTW.

Station 05

2.3.2 La salinité

Les mesures de salinité ont été réalisées au laboratoire par une méthode conductométrique. L'appareil utilisé est un salinomètre à induction de type Bekman industriel.

2.3.3. La matière en suspension (MES)

Les filtres à 0.45 µ m de porosité sont rincés à l'eau distillée puis séchés à 105 °C dans l'étuve pendant une heure ; une fois que les filtres sont secs , ils sont ensuite pesés avec précision, soit P1 ce poids.

Après cette première pesée chaque filtre sera remplacé dans sa boîte à filtres à l'abri de la poussière (cette étape a été réalisée au laboratoire et cela, avant la sortie).

La deuxième étape consiste à filtrer un volume d'eau de mer (cette étape doit être réalisée dès le retour au laboratoire le plus rapidement possible).

La dernière étape consiste à mettre les boîtes contenant les filtres chargés de particules dans l'étuve à 70 °C pendant deux heures pour la déshydratation.

Après refroidissement des filtres dans le dessiccateur, chaque filtre sera pesé, soit P2 ce nouveau poids.

La concentration de la matière en suspension (MES) s'obtient par l'expression :

$$\text{MES (mg/l)} = \frac{P2 - P1}{V}$$

P1 : le poids du filtre avant filtration (mg)

P2 : le poids du filtre après la filtration (mg)

V : volume d'eau de mer filtrée en (l)

2.4. Analyse des sels nutritifs

Les sels nutritifs nitrites, nitrates, l'ammonium et les phosphates et silicates ont été dosés par la méthode de technique d'analyse chimique automatisée (SKALAR, 1996).

Cette méthode d'analyse est basée sur la colorimétrie qui est une méthode chimique, basée sur l'absorption de la lumière par la solution à analyser dans laquelle une réaction produisant une couleur a été préalablement provoquée par ajout de réactifs, et cela, selon le sel étudié.

La méthode colorimétrique obéit à la loi de Beer- Lambert.

2.4.1. La loi de Beer Lambert

- Soit un faisceau monochromatique à l'entrée d'une cellule d'épaisseur E contenant une solution de concentration C , celle-ci absorbe à une certaine longueur d'onde.

L'intensité du faisceau a diminué d'une quantité proportionnelle à l'épaisseur de la tranche, à la concentration de la substance absorbante, et à l'intensité d'arrivée sur la tranche.

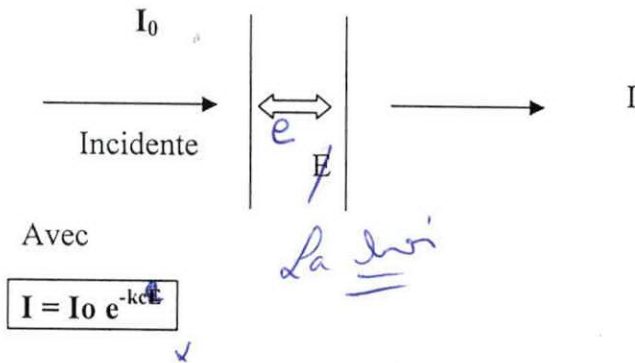


Fig. n°7 : La loi de Beer-Lambert

I_0 : énergie lumineuse émise

I : énergie transmise

K : constante

E : épaisseur de la cellule

C : concentration de l'élément dosé

La transformation logarithmique de l'équation donne :

$\log I = KCE = \text{densité optique}$

2.4.2. Description de l'auto analyseur SKALAR

L'auto analyseur est un appareil qui permet le dosage automatique des sels nutritifs ainsi que d'autres substances, il est constitué des éléments suivants :

- L'échantillonneur** : placé au début de la chaîne, il assure le prélèvement automatique des échantillons, il est lié à la cassette analytique
- La cassette analytique** : placée entre l'échantillonneur et les filtres, elle sert de support au montage du circuit, chaque sel a son propre circuit donc sa propre cassette analytique.
- Les filtres** : qui permettent de sélectionner la longueur d'onde propre à chaque sel

- d- Le détecteur : il assure les mesures de la densité optique des substances analysées
- e- Le moniteur : qui permet de visualiser l'analyse
- f- L'enregistreur : placé en fin de l'appareil, il permet l'enregistrement des graphes et des résultats.

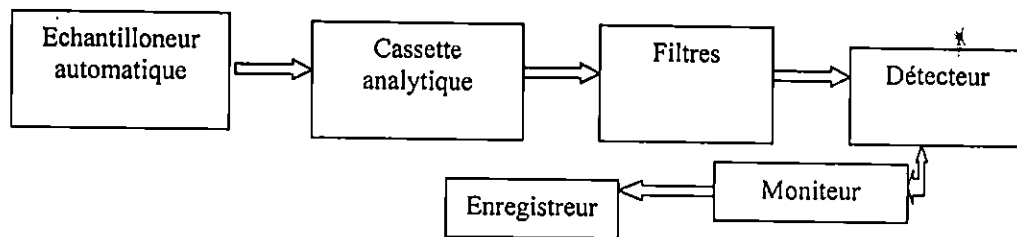


Fig. n°8 : Schémas d'un analyseur des sels nutritifs (SKALAR) 1996.

2.4.3. Dosages colorimétriques des sels nutritifs dans l'eau de mer

Le principe de dosage colorimétrique automatique à flux continu des sels nutritifs est basé sur une réaction de coloration. Cette coloration qui est due à la réaction du mélange entre le sel et les réactifs spécifiques, absorbent l'énergie lumineuse à une longueur d'onde bien précise. L'absorption de cette énergie lumineuse varie en fonction de la coloration de la solution qui est aussi proportionnelle à la concentration en sel de cette même solution. ↗

Pour notre travail, nous avons mis en œuvre les analyses des nitrites, nitrates et silicium, suivant des méthodes décrites en détail par différents auteurs.

Méthode d'analyse des nitrates NO_3^-

La méthode de détermination des nitrates dans l'eau de mer est basée principalement sur leur réduction quantitative en nitrites ; cette réduction des nitrates en nitrites, se fait en milieu alcalin à travers une colonne réductrice «cadmium ». Après réduction ; les nitrites formés sont dosés par colorimétrie avec les nitrites initialement présents dans les échantillons, la concentration des nitrates obtenue entre cette concentration totale et la concentration des nitrites dosés à part (Aminot, 1983).

Méthode d'analyse des nitrites (NO_2^-)

Le dosage des nitrites est basé sur la méthode de Benschneider et Robinson (1952 in Aminot 1983). La réaction des nitrites avec le sulfanilamide donne un diazoïque qui en réagissant

avec le alpha naphthylendiamine dihydrochloride forme un composé azoïque de coloration rose absorbant à la longueur d'onde de 543 nm.

Méthode d'analyse de l'ammonium NH_4^+

La détermination automatique d'ammonium est basée sur la chlorination de l'ammonium avec le monochloramine qui réagit avec le phénol. Après l'oxydation, le composé formé donne une coloration verte, l'oxydation est catalysée par le sodium hypochlorite et l'absorption de la coloration se fait à la longueur d'onde de 630 nm (Skalar, 1996).

Méthode de dosage des phosphates PO_4^{3-}

Le phosphore dissous dans l'eau de mer se trouve sous forme d'ion orthophosphorique (Kester et Pytkowicz, 1967 *in* Aminot 1983)

La détermination des ions est basée sur la réaction des molybdate d'ammonium et de tetraté de l'antimoine pour donner un complexe antimoine-phospho molybdate qui sera réduit par l'acide ascorbique pour donner un composé de coloration bleue absorbant l'énergie lumineuse à la longueur d'onde de 880 nm.

Méthode d'analyse de l'azote total et du phosphore total

Préparation des échantillons pour l'analyse des Nt, Pt

On prend 20 ml de chaque échantillon + 25 ml de la solution oxydante (per sulfate de potassium + acide borique + NaOH), puis on autoclave pendant 3 minutes à 120 °C. On analyse les échantillons et les blancs (2.5 ml de la solution oxydante) et les échantillons suivant le même protocole que celui des nitrates et des phosphates pour Nt et Pt respectivement.

Méthode d'analyse des silicates $\text{Si}(\text{OH})_4$

Le silicium dissous dans l'eau de mer se trouve en grande partie sous forme d'acide orthosilicique (Ingri 1959, *in* Aminot, 1983). La détermination automatique est basée sur la réaction de l'acide orthosilicique avec le molybdate d'ammonium pour former l'acide molybdosilicique. Cet acide sera réduit par l'acide ascorbique pour former une solution bleue absorbant à la longueur d'onde de 810 nm.

Les réactifs sont présentés en détail en annexe 1.

CHAPITRE III

Résultats et Interprétations

Première partie

2.4.4. Les courbes d'étalonnages

La figure 9 montre les courbes d'étalonnage des teneurs pour chacun des sels nutritifs par la méthode Skalar (1996). C'est à partir de ces courbes que nous pouvons déterminer les concentrations différents échantillons d'eau de mer prélevés en baie de Bouismail.

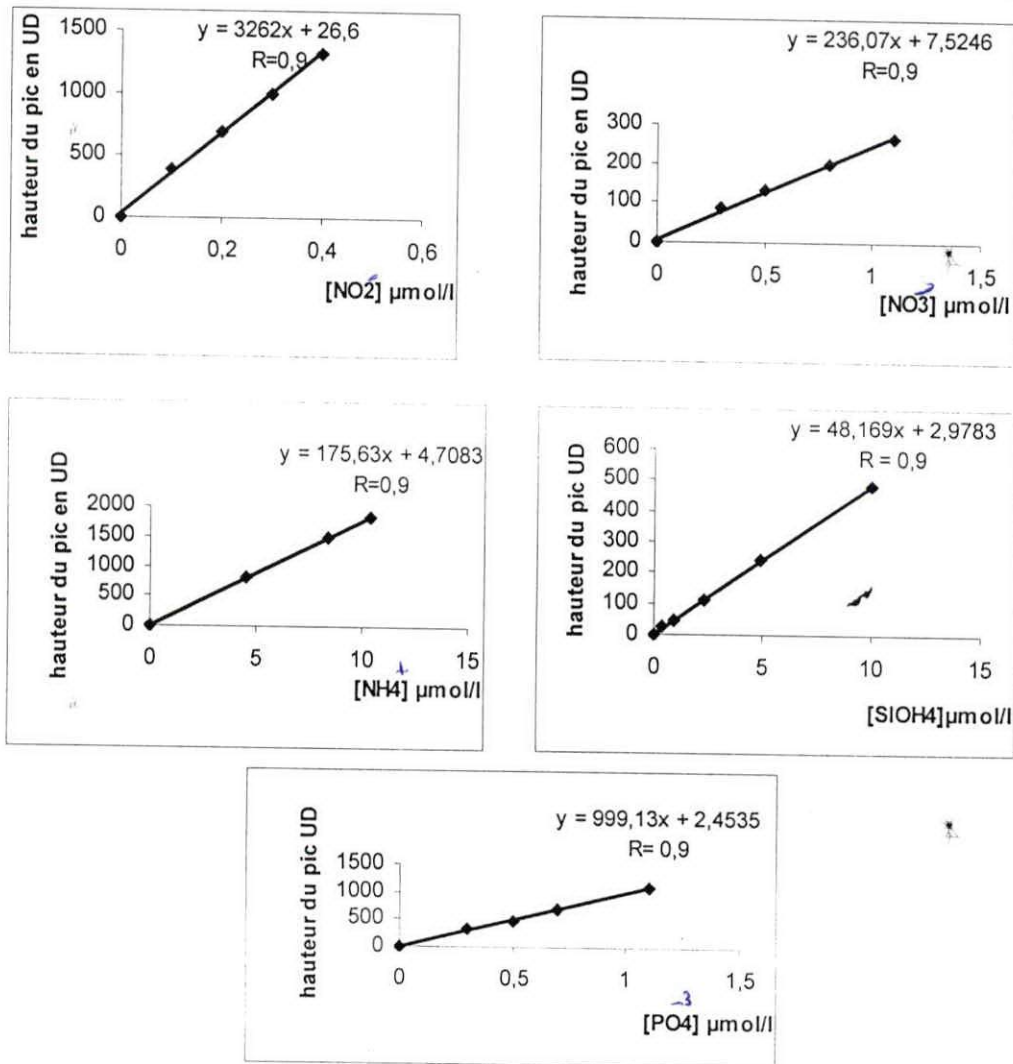


Fig. n° 9 : Les courbes d'étalonnages des nutriments



Résultats et interprétations

Hydrologie de la baie de Bou-Ismaïl

*analyse
de
tableau*

Les résultats détaillés des mesures des paramètres hydrologiques obtenus au cours des sorties sur le terrain en baie de Bouismail en Mars et Mai 2003 sont reportés sur le tableau en annexe.

1. La température

1.1. Mars 2003

Les valeurs de la température « in situ » observées en baie de Bouismail en Mars*2003 varient dans l'intervalle 14.7 à 17.1 °C avec une moyenne de 15.71 °C, (figure n° 10).

En surface la température varie entre 15.5°C (station 7 : BouHaroune) et 17.1 °C (station 17 : Sidi Fredj) avec une moyenne de 16.12 °C. On remarque, de par ces résultats, que la température des eaux de surface des stations se trouvant dans la partie Ouest de la baie sont sensiblement inférieures à celles des autres stations qui se trouvent dans la partie Est.

En profondeur : la température varie entre 14.7°C (station 11 : Bou-Ismaïl) et 15.9°C (station 17 : Sidi Fredj) avec une moyenne de 15.24°C.

On remarque que la température diminue avec la profondeur d'environ 1 °C.

En ce qui concerne la distribution de la température en surface, on remarque deux types de variations bien distinctes.

Un front plus au moins chaud, situé dans la partie est de la baie avec une température qui diminue de large vers la cote.

Dans la partie ouest et centrale de la baie, les isothermes forment un noyau de température plus basse qu'à l'est et qui pourrait être du à une remontée d'eau froide

En profondeur, on constate que la température se répartit de la même façon qu'en surface.

L'analyse des données hydrologiques et climatologiques acquises avant et pendant la durée de la sortie nous indique que la baie a subi en Mars 2003 une double influence : l'une est traduite par les apports continentaux, les facteurs météorologiques (fortes pluies) qui ont affecté les caractéristiques de température de l'eau superficielle de la baie.

-> de part

L'autre marque l'empreinte de l'eau Atlantique qui sera décrite ultérieurement.

illisible

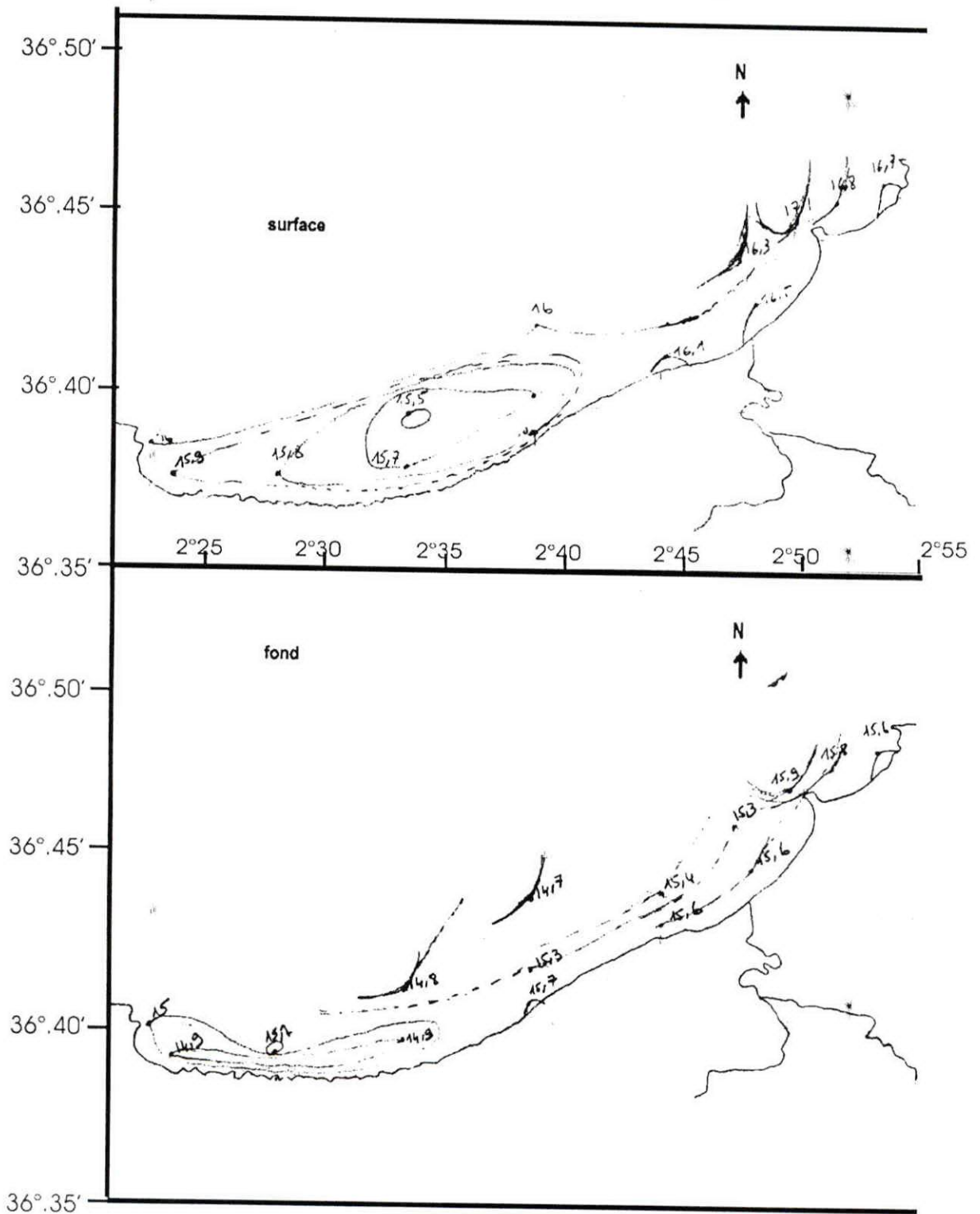


Fig. n° 10 : La distribution de la température (surface et fond) en Mars 2003.

1.2. Mai 2003

Les valeurs thermiques au niveau de la baie de BouIsmaïl pour la deuxième campagne reflètent une situation typiquement printanière. Elles sont comprises entre 16.7 et 20 °C avec une moyenne de 18.07 °C, (Figure n° 11).

Pour la couche superficielle, la température varie entre 17.3 °C (station 20 : Djamilia) à 20°C (station 1 : Chenoua) avec une moyenne de 18.6°C.

Les températures de la couche profonde, varient entre 16.7°C (station 20 : Djamilia) et 18.1 °C (station 9 : BouIsmaïl) avec une moyenne de 17.5 °C.

Ces valeurs de température semblent être caractéristiques de la période de prélèvement et se rapprochent beaucoup de celles retrouvées au niveau du courant Algérien (Benzohra, 1993 ; Benzohra et Millot, 1995) mais sont plus élevées que celles trouvées par Boulahdid et al (1993) dans la baie d'Alger pour la même période.

Pour ce qui est de la distribution de la température en surface, elle varie dans l'intervalle 17.3 et 20 °C. On remarque deux structures : Un noyau d'eau chaude à l'est de la baie où la température augmente au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la côte. Un autre noyau à l'ouest avec une eau plus chaude 20°C au large du Chenoua.

Entre ces deux noyaux, il existe des méandres au centre avec des températures plus froides. En profondeur les structures thermiques entre l'est et l'ouest de la baie sont distinctes : à l'est de la baie, les températures varient peu autour de 17 °C alors qu'à l'ouest de la baie les températures sont plutôt de l'ordre de 18°C.

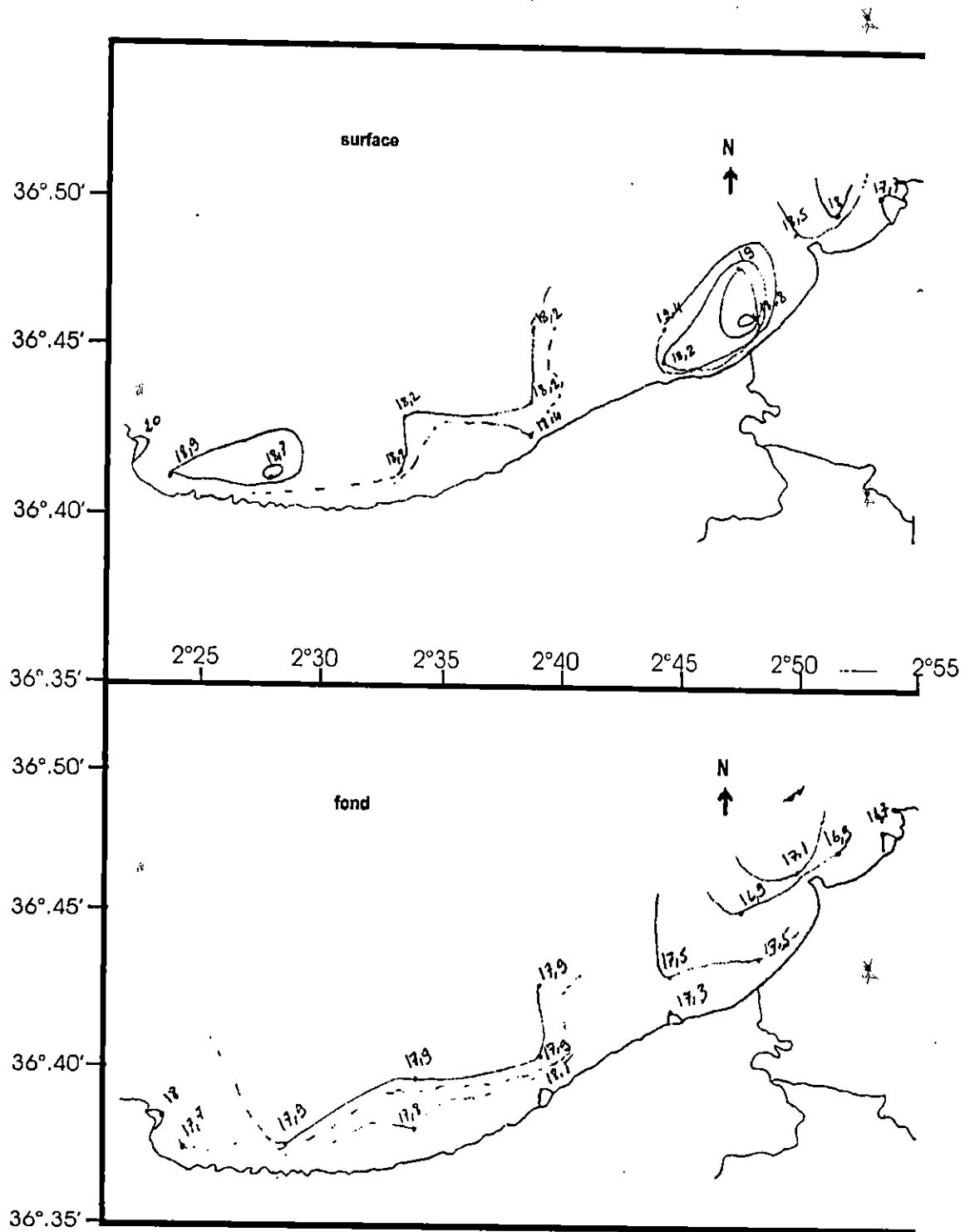


Fig. n° 11 : La distribution de la température (surface et fond) en Mai 2003.

2. La salinité

2.1. Mars 2003

Les valeurs enregistrées de la salinité varient dans l'intervalle 36.3 psu à 37.6psu avec une moyenne de 36.8psu (figure n° 12).

Dans les eaux de surface, la salinité varie entre 36.3 psu (station 20 : Djamila) et 36.7 psu (station 9 : Bouismail) avec une moyenne de 36.6 psu.

Dans les eaux profondes, les salinités varient entre 36.6psu (station 17 : Sidi Fredj) et 37.6 psu (station 11 : Bouismail) avec une moyenne de 36.9 psu.

On remarque que les salinités augmentent en profondeur ; on notera aussi que la salinité est toujours inférieure ou égale à 37 psu, comme pour les travaux de Brinis et Brahmia (1997) dans la baie de Bouismail. Ce fait s'explique par la présence de l'eau modifiée atlantique qui dominerait toutes les eaux côtières et littorales dans la région centre du pays.

En effet, les eaux de la couche superficielle (0 à 80m) du bassin Algérien sont fortement influencées par l'apport de l'Atlantique Millot et al (1989) ; mais aussi par les précipitations hivernales (ONM, 2003).

Les valeurs halines relevées dans la baie restent assez faibles pour être typiquement méditerranéennes la salinité en Méditerranée est supérieure à 37.6psu selon Lorenz et al ; (1988) et elles semblent légèrement élevées pour les eaux Atlantiques (la salinité est de 36.1 psu à Gibraltar, selon Millot ; 1987). Par contre, nous sommes en présence d'eaux qui résultent de leur mélange.

Au niveau des cotes algériennes, la circulation générale est à la base des phénomènes de résurgences et fertilisations côtières, influence qui a été signalée par Samson (1981).

Pour les eaux de surface et de fond, nous avons établi des cartes de distribution horizontale pour la salinité dans le but de connaître l'évolution spatiale de ce paramètre dans de la baie afin d'identifier le mouvement et l'origine des masses d'eaux.

En surface : on remarque une légère augmentation de la salinité de la cote vers le large mais d'une façon générale la salinité varie peu sur l'ensemble des stations.

Les faibles salinités côtières correspondent aux embouchures des oueds. Elles seraient le résultat d'apports d'eaux douces locales. On remarque un noyau dans la baie d'El Djamila, où la salinité est légèrement plus élevée (36.7 psu).

En profondeur les structures de salinité montrent une tendance à l'augmentation vers le large avec deux fronts de salinité : l'un au niveau de la partie est de la baie (station 17 : Sidi Fredj) et l'autre au large de la partie centre (station 11 : Bou-Ismail).

On distingue aussi une iso haline dans la partie centre (station 6 et 7). Ce noyau indiquerait une source d'eau profonde plus salée qui pourrait être due à une remontée d'eaux froides comme vue précédemment sur les températures.

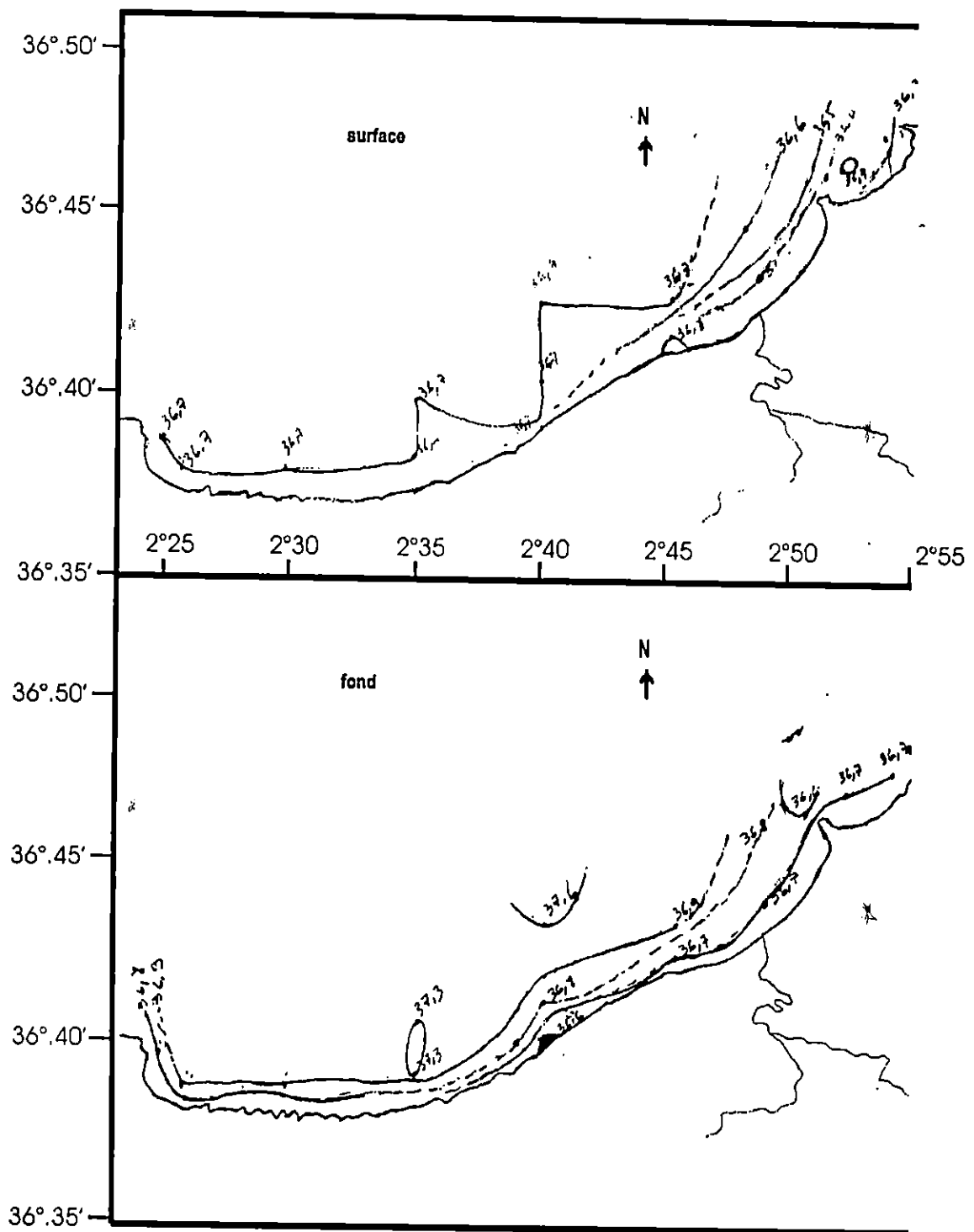


Fig. n° 12 : La distribution de la salinité (surface et fond) en Mars 2003

2.2. Mai 2003

La salinité dans la baie de Bouismail varie à cette saison dans la gamme de 23.5 psu à 37.2 psu avec une moyenne de 35.65 psu (Figure 13).

En surface, le maximum des teneurs est observé au niveau du Chenoua 37.2 psu, et le minimum se trouve au niveau de la station 20 : El Djamila avec une moyenne de 23.7 psu.

En profondeur la salinité varie entre 23.5 psu à la station 20 : Djamila et 37 à la station 1 : Chenoua.

D'une façon générale, les valeurs de la salinité sont inférieures à 37 psu pour la plupart des stations et les valeurs de surface se rapprochent de celles du fond.

La salinité de l'ordre de 23 psu trouvée au niveau de la baie d'El Djamila est indicatrice d'un apport très important d'eau douce au niveau de cette station.

dans la baie de Bouismail, en Mai 2003 les salinités restent légèrement plus élevées que celles signalées dans la baie d'Alger par Boulahdid et al (1993). Pour la salinité, en surface comme en profondeur, la salinité augmente plus ou moins régulièrement de la cote vers le large.

Les eaux situées à l'ouest de la baie présentent des salinités sensiblement plus élevées qu'à l'est de la baie

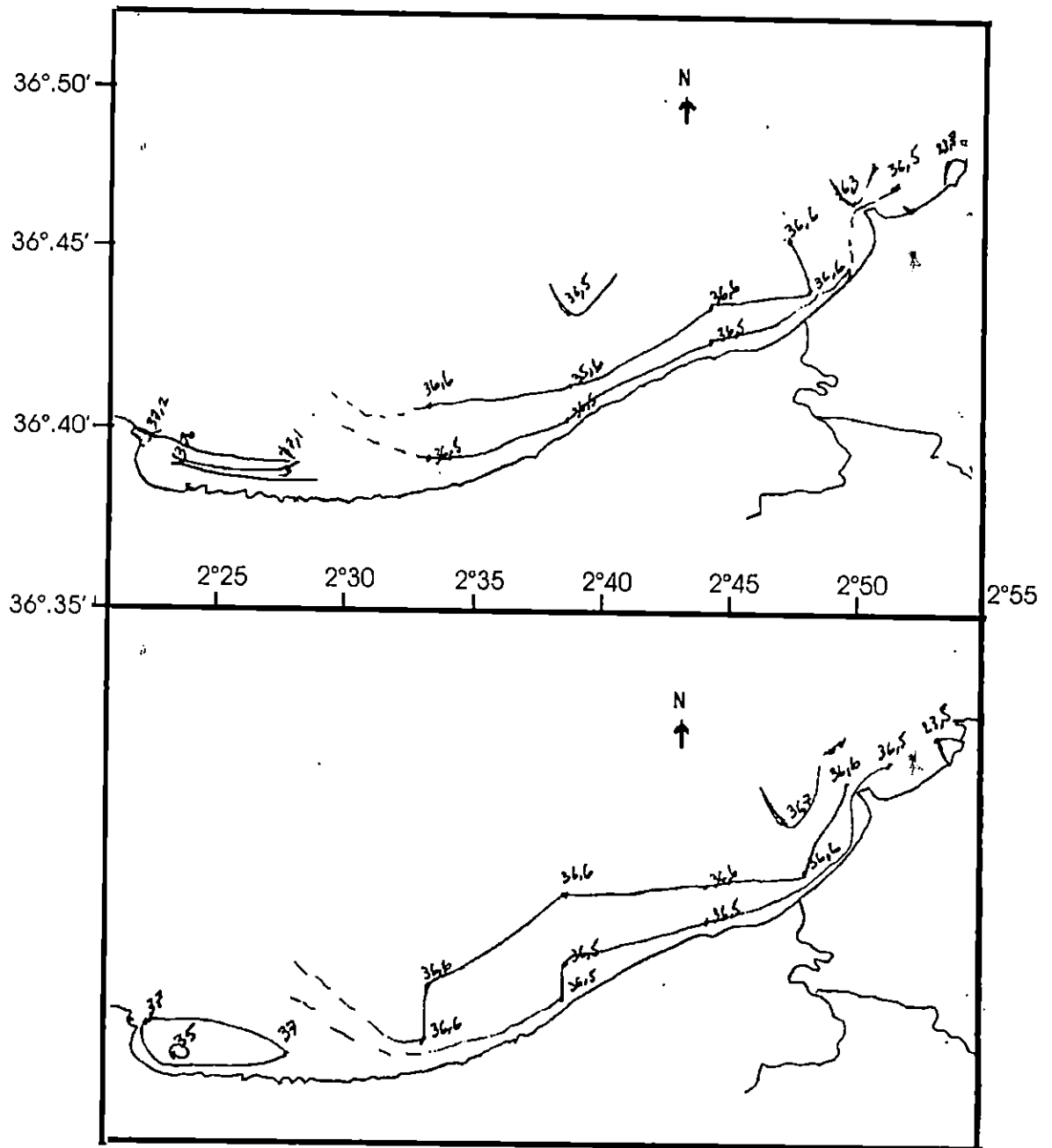


Fig. n° 13 : La distribution de la salinité (surface et fond) en Mai 2003

3. Evolution saisonnière des caractéristiques hydrologiques :

3.1. Distribution verticale en Mars et Mai 2003

Pour l'illustration de la dynamique des eaux , une étude de la distribution verticale des paramètres a été faite, cette étude est réalisée suivant une section longitudinale établie pour l'ensemble des stations de la baie.

L'examen des cartes de la température et de la salinité (Fig. : 10-13) nous montre des situations différentes entre Mars 2003 et Mai 2003.

En Mars 2003, les structures de salinité et de température au centre de la baie, qui représentent une eau froide évoluent en Mai 2003 vers un noyau chaud et salé. On note également une diminution moyenne de la température et de la salinité dans la partie est de la baie entre Mars et Mai 2003.

En Mai 2003, il ya plus de stratification qu'en Mars 2003 ou les isothermes et iso halines montrent une certaine homogénéité dans la colonne d'eau.

L'examen de la distribution verticale de la température et de la salinité dans la baie de Bouismail indique une divergence d'eau froide et saline au centre et à l'ouest de la baie. On remarque également une stratification nette à l'est de la baie avec des températures peu variables de la surface vers le fond.

Le minimum halin superficiel (36.4 psu) retrouvé au niveau de la station 16 serait l'empreinte de la MAW (dont la salinité est inférieure à 36.6 psu) selon Millot (1997) puisque les eaux superficielles méditerranéennes (SMW) présentent des valeurs halines plus fortes (supérieures ou égales à 36.8 psu) selon (Millot ; 1997). Cette station en effet ,peut recevoir des influences en provenance du large.

extrapolation

explication

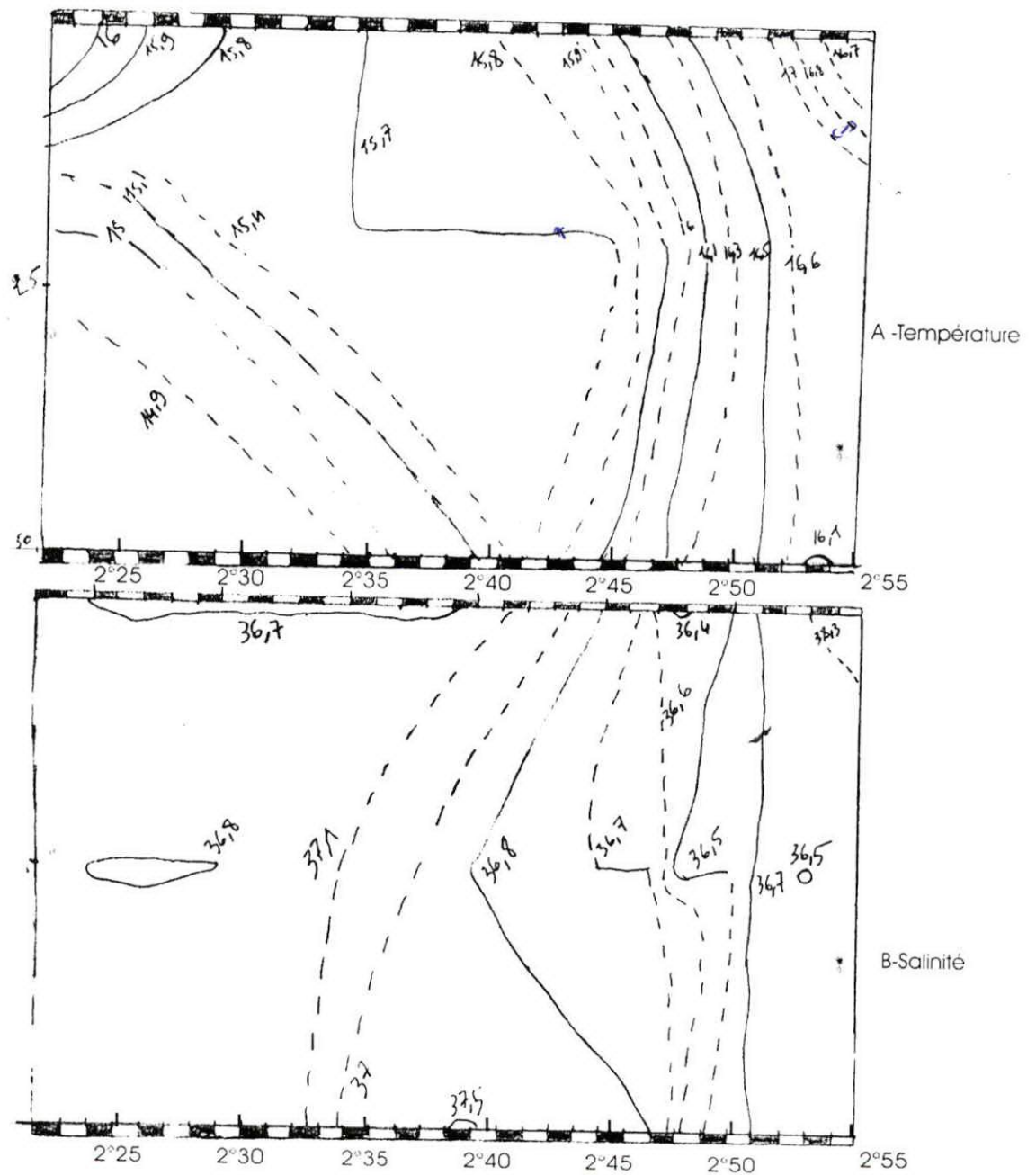


Fig. n° 14 : La distribution verticale de la température et la salinité en Mars 2003

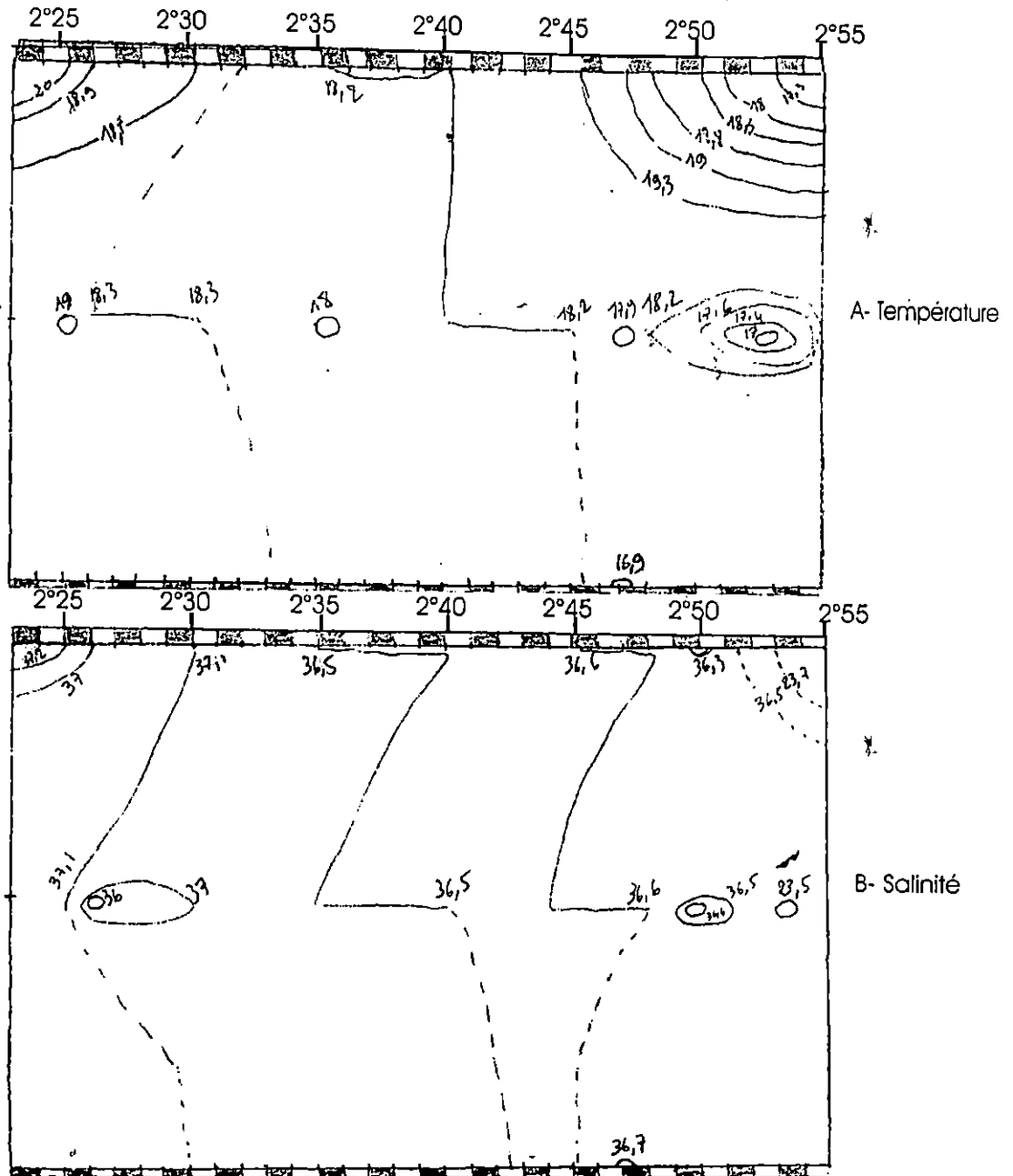


Fig. n° 15 : La distribution verticale de la température et la salinité en Mai 2003

3.2. Diagrammes T/S

L'analyse des diagrammes T/S est essentielle pour identifier les masses d'eau présentes dans la baie et tenter de comprendre les mélanges qui s'y produisent.

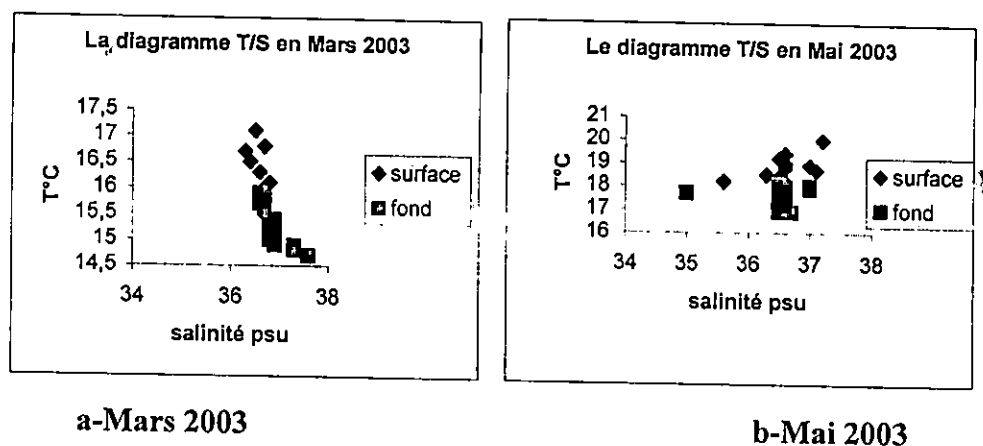


Fig. n° 16- 17 : Les diagrammes T/S en baie de Bouismail en Mars et Mai 2003

En Mars, le diagramme température /salinité (figure 16) nous montre deux nuages de points en Mars 2003 : l'un avec une eau de surface relativement chaude (de 16 à 17°C) et peu salée (36 à 36.7 psu). Cette eau est située principalement à l'est de la baie.

L'autre nuage est formé d'une eau profonde froide (15 °C) et salée (37.5 psu). Cette eau se localise dans la partie Ouest de la baie.

Entre ces deux masses d'eaux, les eaux centrales de la baie se distribuent en un gradient de température et de salinité régulier.

D'après Millot (1989) une masse d'eau où la température est de 17 à 22 °C et la salinité est comprise entre 36.5 et 38 psu l'eau modifiée atlantique.

En Mai, le diagramme T/S (figure 17) nous montre deux nuages de point différents de ceux observés en Mars 2003 : l'un avec une eau de surface, où la température est supérieure ou égale à 18.7 °C et une salinité comprise entre 36.6 et 37 psu et l'autre représente l'eau profonde où les températures sont inférieures ou égales à 18 °C et les salinités sont inférieures à 36 psu.

Nous n'avons pas représenté sur le diagramme T/S dans un souci de lecture, les points de la station 20 à salinité d'environ 23 psu.

En Mai 2003 la stratification en température est plus marquée qu'en Mars 2003.

La température de surface au mois de Mai 2003 a augmenté du fait de l'ensoleillement (ONM, 2003 ; communication personnelle), par rapport à celles observées en Mars 2003.

Deuxième partie

Biogéochimie de la baie de Bou-Ismaïl au printemps 2003

Cet étude permet de déterminer le comportement des paramètres étudiés et leurs relations avec les conditions du milieu, ainsi que la situation de ces paramètres vis à vis des eaux du large et du voisinage continental.

1. Campagne de Mars 2003

Les analyses de la première campagne ont été effectuées pour l'ensemble des paramètres à étudier à l'exception de l'oxygène qui a été mesuré pour cinq stations seulement à cause d'un problème d'appareillage.

1.1. La répartition des MES

La répartition de la MES dans la baie de Bou-Ismaïl est présentée en figure n° 18.

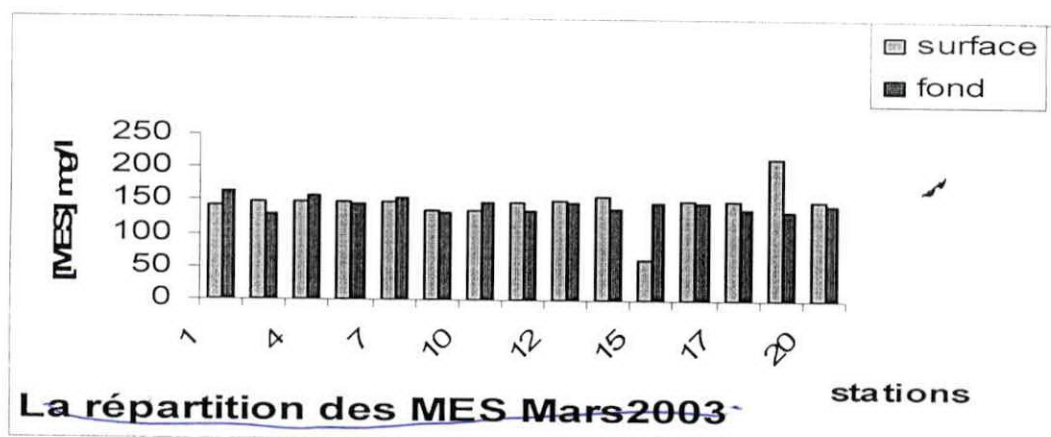


Fig. n° 18 : La répartition de la MES dans la baie de Bou-Ismaïl en Mars 2003

Les teneurs en matière en suspension (MES), trouvées au niveau de la baie de Bou-Ismaïl varient dans l'intervalle (61.6 à 216.8) mg/l avec une moyenne de 145.6 mg/l. Dans les eaux de surface les MES varient entre 61.6 mg/l (station 15 : Mazafran) et 216.8 mg/l (station 18 : Djamila) avec une moyenne de 146.5 mg/l. On voit que la distribution de la MES en surface présente des fortes concentrations au niveau des stations les plus proches de la cote, où se concentrent les différents types des rejets urbains des oueds et de l'ensemble des complexes et des industries de la baie de Bou-Ismaïl.

Dans les eaux profondes les teneurs en MES varient entre 130.4 à 164.8 mg/l avec une moyenne de 144.8 mg/l.

Si on compare les teneurs moyennes en MES dans les eaux de surface avec celles du fond on remarquera qu'elles sont presque identiques et que la plupart des stations ont une teneur en MES plus élevées qu'au fond.

Les fortes concentrations en MES observées pour les eaux du fond sont probablement dues d'une part à une tendance à la sédimentation et d'autre part à la remise en suspension du sédiment superficiel par le courant de houle en zone côtière.

1.2. L'oxygène dissous

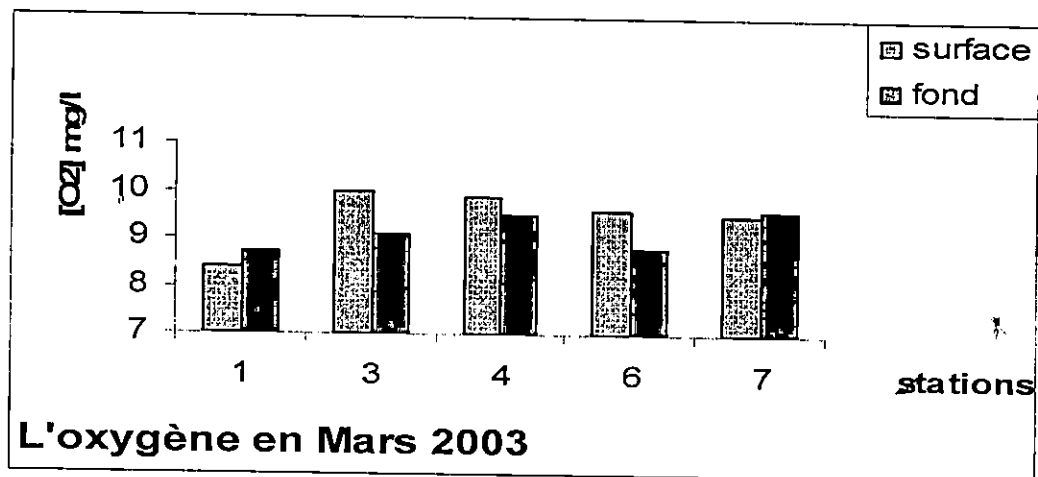


Fig. n° 19 : L'oxygène dissous dans la baie de Bou-Ismaïl en Mars 2003

Les concentrations d'oxygène dissous varient entre 265.3 et 312.5 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 291.8 $\mu\text{mol/l}$.

Pour les eaux de surface, les concentrations sont de l'ordre de 296.8 $\mu\text{mol/l}$ (station 7 : BouHaroune) à 312.5 $\mu\text{mol/l}$ (station 3 : Tipaza) avec une moyenne de 297.5 $\mu\text{mol/l}$.

Pour les eaux profondes, elles varient entre 275 $\mu\text{mol/l}$ (station 6 : BouHaroune) à 300 $\mu\text{mol/l}$ (station 7 : Bouharoune) avec une moyenne de 286.5 $\mu\text{mol/l}$.

On remarque de par ces valeurs, pour des profondeurs comprises entre 0 et 50m que les concentrations d'oxygène dissous importantes indiquent probablement de la photosynthèse et un bon renouvellement par l'échange air-mer.

1.3. Les sels nutritifs

1.3.1. Les phosphates

Les concentrations en phosphate mesurées dans les eaux de la baie de Bou-Ismaïl varient entre 0.01 à 1.4 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 0.09 $\mu\text{mol/l}$.

En surface les concentrations varient entre 0.01 $\mu\text{mol/l}$ (station 3 : Tipaza) à 0.08 $\mu\text{mol/l}$ (station 4 : entre Bérard et Tipaza) avec une moyenne de 0.04 $\mu\text{mol/l}$.

En profondeur ces concentrations varient entre 0.01 $\mu\text{mol/l}$ (station 7 : BouHaroune) et 1.48 $\mu\text{mol/l}$ (station 15 : Mazafran) avec une moyenne de 0.14 $\mu\text{mol/l}$. On remarque que les moyennes des concentrations des eaux de surface sont plus faibles que celles des eaux profondes, ce qui est conforme au cycle d'assimilation – régénération des sels nutritifs.

A certaines stations de surface on remarque que certaines concentrations de surface sont plus élevées que celles des eaux profondes. Cela pourrait être dû à des apports terrigènes ainsi qu'à la dégradation de la matière organique particulièrement pour les stations près de la cote.

En moyenne, ces concentrations sont comparables à celles trouvées par Samson (1981) dans la baie d'Alger.

Nos résultats sont faibles par rapport à ceux trouvés en 1999 et 2000 (Arour ; 2002) dans la même région. Cette différence peut être due à la période de prélèvement ainsi qu'aux conditions météorologiques ayant prévalu avant la campagne.

La figure 20 montre la répartition des PO_4^{3-} dans la baie de Bou-Ismaïl, en surface et en profondeur.

On remarque que ces concentrations présentent une augmentation de la cote vers le large graduelle et régulière.

Toutefois, on notera deux noyaux : l'un est à la station 4 : entre Bérard et Tipaza et l'autre est à la station 6 : au large du port de BouHaroune, où les concentrations sont un peu plus élevées qu'ailleurs.

En profondeur, on remarque que les lignes des iso concentrations de phosphate ont la même allure que celles de la surface mais on peut signaler un noyau de maximum de concentration au niveau de l'embouchure de l'oued Mazafran, du très certainement aux décharges de l'oued.

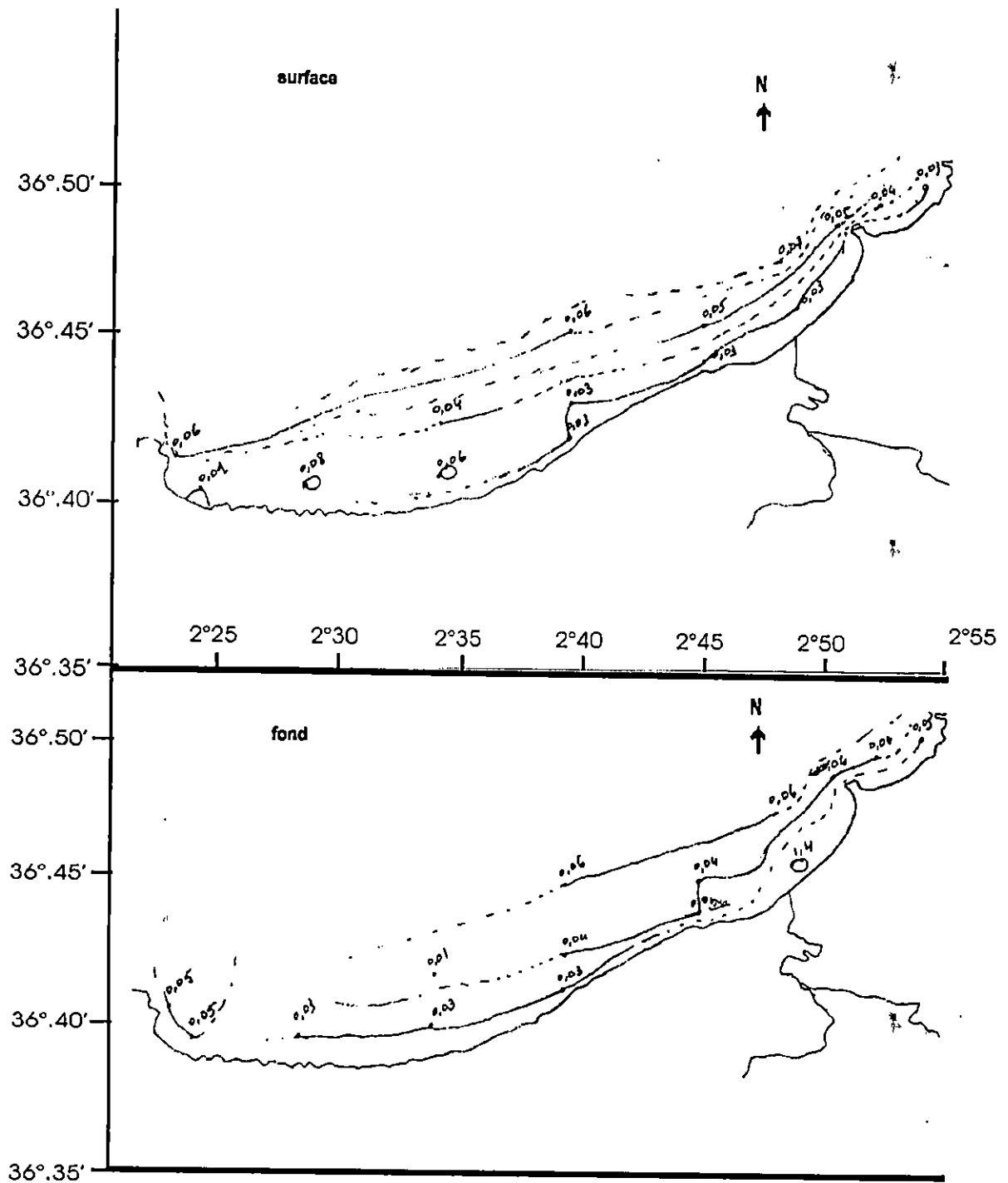


Fig. n° 20 : La distribution horizontale des phosphates (surface et fond) en Mars2003

1.3.2. L'azote inorganique

Les nitrites

Les concentrations en nitrites varient dans l'intervalle 0.1 à 0.6 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 0.05 $\mu\text{mol/l}$.

Les teneurs en nitrites, en surface sont comprises entre 0.01 $\mu\text{mol/l}$ (station 15 : Mazafran) à 0.23 $\mu\text{mol/l}$ (station 12 : Fouka marine) avec une moyenne de 0.037 $\mu\text{mol/l}$. En profondeur, elles sont comprises entre 0.01 $\mu\text{mol/l}$ (station 16 : Bou-Ismaïl) à 0.64 $\mu\text{mol/l}$ (station 1 : Chenoua) avec une moyenne de 0.08 $\mu\text{mol/l}$.

On constate que les teneurs en nitrites diminuent de la cote vers le large, et augmentent pour la plupart des stations avec la profondeur, excepté à la station 12 où la teneur en surface est plus importante que celle du fond ce qui pourrait être lié au déversement des eaux de l'oued El Alleg.

L'augmentation de nitrite avec la profondeur peut être due soit au phénomène de dénitrification de l'azote ammoniacal, soit à la dénitrification des nitrates.

Raimbault et *al* (1995) ont signalé un maximum de NO_2^- en Méditerranée dans la zone euphotique avec une moyenne de 0.17 $\mu\text{mol/l}$. Ce maximum serait le résultat de l'excrétion phytoplanctonique par dénitrification.

Nos résultats sont faibles par rapport à ceux trouvés par Djamil (1993) dans la baie de Zemmouri et ceux de Arour (2002) dans la région de Bou-Ismaïl.

Les lignes des iso concentrations montrent peu de variations. On remarque un noyau de concentration maximum au niveau de la station 13 qui peut être du à un apport côtier. En profondeur les iso lignes ont la même allure que celle de surface mais avec des noyaux au niveaux des stations 1,3, 8 et 15 qui pourrait s'expliquer par une nitrataion .

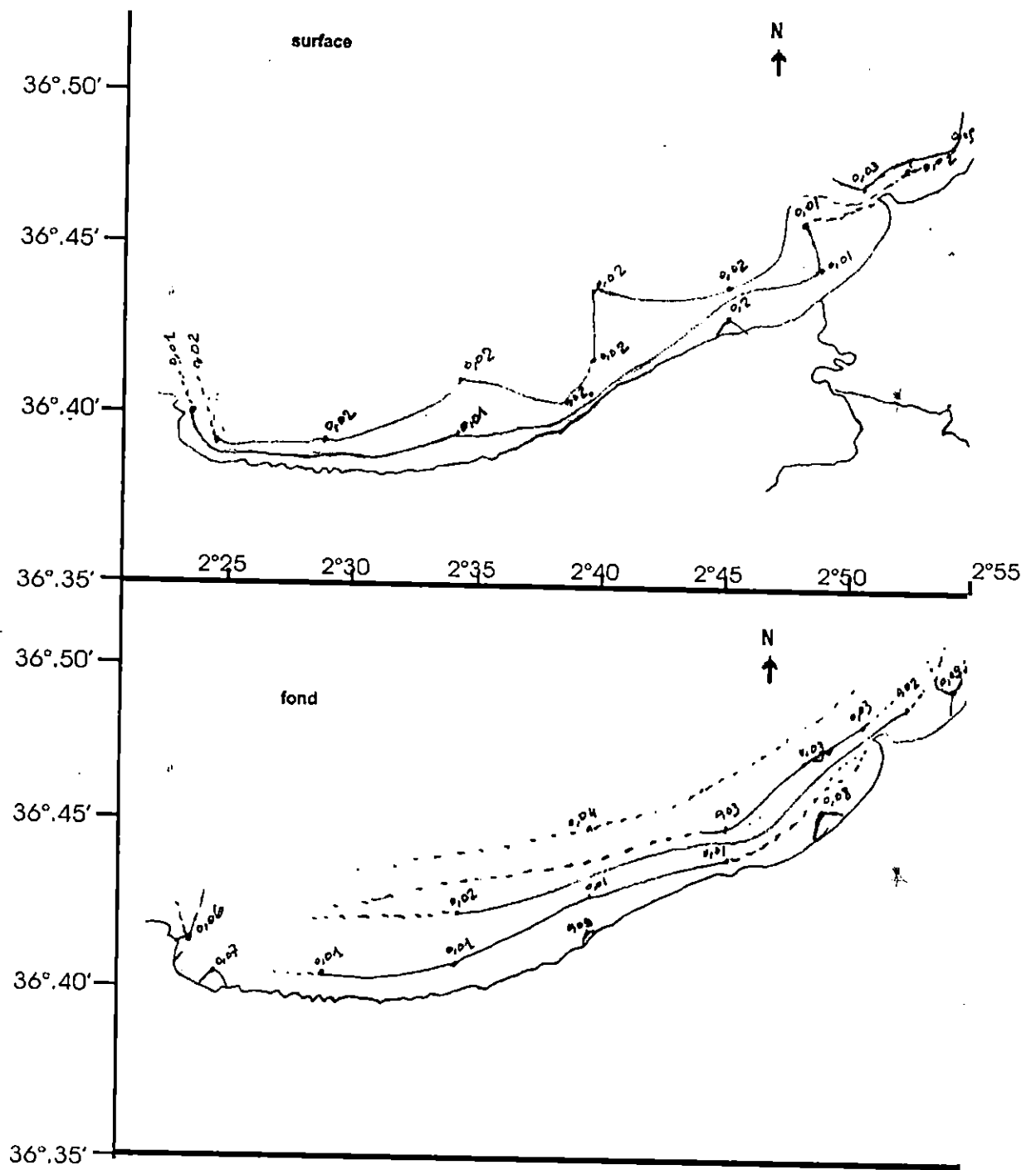


Fig. n° 21: La distribution horizontale des nitrites (surface et fond) en Mars 2003

Les nitrates

Pour ce qui est des concentrations des nitrates au niveau de la baie de Bou-Ismaïl, elles varient dans l'intervalle de 0.05 à 1.6 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 0.45 $\mu\text{mol/l}$.

Les teneurs en nitrates en surface sont comprises entre 0.054 $\mu\text{mol/l}$ (station 6 : BouHaroune) et 1.08 $\mu\text{mol/l}$ (station 11 : Bou-Ismaïl) avec une moyenne de 0.43 $\mu\text{mol/l}$.

En profondeur elles sont comprises entre 0.03 $\mu\text{mol/l}$ (station 7 : BouHaroune) et 1.6 $\mu\text{mol/l}$ (station 3 : Tipaza) avec une moyenne de 0.47 $\mu\text{mol/l}$.

De par ces résultats, on constate que les teneurs des nitrates augmentent avec la profondeur pour l'ensemble des stations, cette différence de concentration entre les stations est due probablement aux différents rejets par les oueds ou égouts, ou à des apports éoliens, ainsi que par la nitratisation des nitrites en nitrates car cette dernière est la forme la plus stable (Boulahdid, 1987).

Nos résultats sont plus faibles que ceux de Eddalia (1990) dans la baie d'Alger, ainsi que ceux de Arour (2002) dans la région de Bou-Ismaïl et ceci peut comme pour les phosphates être lié à la période de prélèvement de nos échantillons, entre la fin de l'hiver et début du printemps pour notre étude versus l'automne.

Illoul(1991) a en effet montré que dans la région algéroise il ya deux périodes de production : l'une vers Novembre et l'autre vers Mai. Les deux périodes suivent l'enrichissement des eaux en sels nutritifs après les deux périodes de fortes pluies.

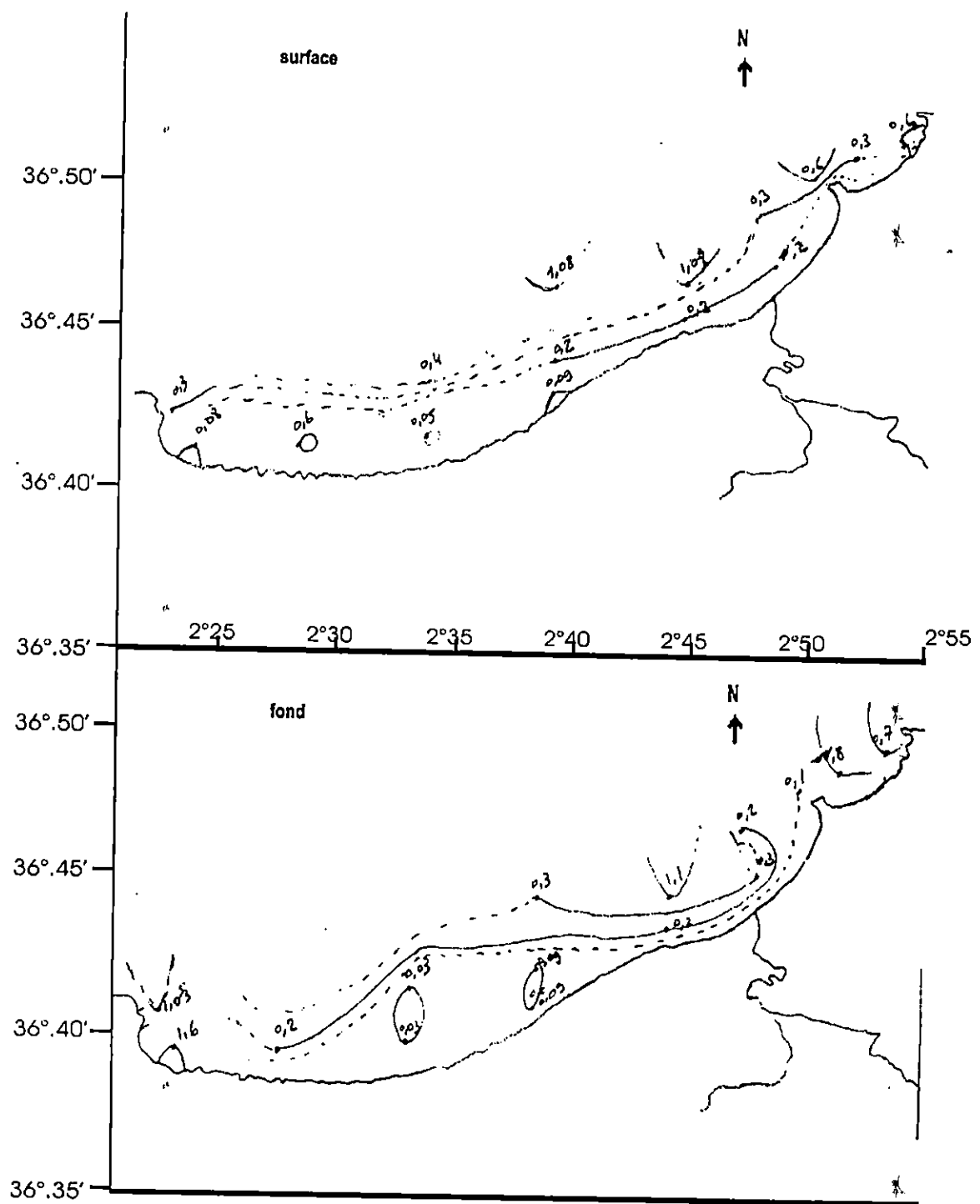


Fig. n° 22 : La distribution horizontale des nitrates (surface et fond) en Mars 2003

Ammonium

Les résultats d'ammonium dans la baie de Bou-Ismaïl sont représentés dans la figure n° 23

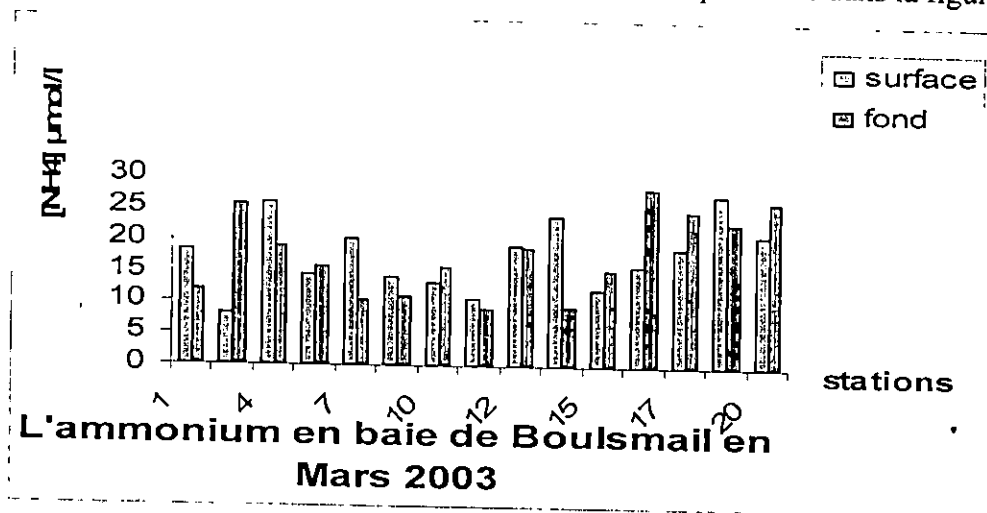


Fig. n° 23 : L'ammonium en baie de Bou-Ismaïl en Mars 2003

Les concentrations d'ammonium dans la baie varient dans l'intervalle de 8.27 à 28.41 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 17.7 $\mu\text{mol/l}$.

Les concentrations en surface varient de 8.27 $\mu\text{mol/l}$ (station 3 : Tipaza) à 27.4 $\mu\text{mol/l}$ (station 18 : Djamilia) avec une moyenne de 17.71 $\mu\text{mol/l}$.

Les teneurs en profondeur varient de 9.2 $\mu\text{mol/l}$ (station 11 : Bou-Ismaïl) à 28.41 $\mu\text{mol/l}$ (station 16 : Mazafran) avec une moyenne de 17.76 $\mu\text{mol/l}$.

On remarque qu'il ya une très grande variation des teneurs d'ammonium entre la surface et le fond, parfois ces teneurs augmentent avec la profondeur et parfois elles diminuent.

Les teneurs élevées en surface peuvent être dues aux rejets des égouts et des déchets urbains.

L'augmentation d'ammonium en profondeur peut aussi s'expliquer par les excréations du zooplancton et la remobilisation de ce sel à partir du sédiment (Lacaze, 1996).

KH ripmo

1.3.3. Les silicates

Les teneurs en acide orthosilicique varient dans l'intervalle de 2.95 à 8.38 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 6.8 $\mu\text{mol/l}$ (figure n°24).

Les teneurs en surface sont comprises entre 2.95 $\mu\text{mol/l}$ (station 6 : BouHaroune) et 8.18 $\mu\text{mol/l}$ (station 20 : Djamila) avec une moyenne de 6.8 $\mu\text{mol/l}$ (figure n° 24).

En profondeur, ces teneurs sont comprises entre 3.61 $\mu\text{mol/l}$ (station 10 Bou-Ismail) et 8.38 $\mu\text{mol/l}$ (station 15 : Mazafran) avec une moyenne de 6.87 $\mu\text{mol/l}$.

On constate que les teneurs en silicates au niveau de la baie augmentent avec la profondeur, d'une manière générale, sauf pour les stations : 1, 3, 4, 7 et 10 où l'on remarque que la teneur en silicates en surface est légèrement plus importante qu'en profondeur. Cela peut être dû à une veine d'eau venant d'ouest en subsurface. La même remarque peut être faite pour la baie d'El Djamila avec une veine d'eau venant d'est. Une autre explication de ces minima de subsurface est que des diatomées se soient développées à cette profondeur du fait de la plus grande disponibilité des nitrates par rapport à la surface. *Lobamane*

Nos valeurs sont beaucoup plus élevées que celles trouvées par Djamil (1993) dans la baie de Zemouri et se rapprochent de celles trouvées par Béthoux et al (1994) dans le bassin Algéro-Provençal in Béthoux et al (2001).

Les iso- lignes de la silice en surface présentent une distribution irrégulière, on remarque des minimums et des maximums dans presque toute la baie. Ces maximums indiquent un écosystème relativement enrichi en silicates peut être par l'influence côtière.

La nature de grès des roches s'étendant entre Douaouda et Tipaza (Ait Kaci et al 1979 ; Leclaire, 1972) est probablement en effet à la base de ces fortes concentrations.

L'étude de la distribution des iso lignes de fond montre une situation quelque peu différente de celle de la surface, les embouchures des oueds laissent apparaître des niveaux élevés en silicates en relation avec la nature sableuse de ces lieux. Ainsi, face à ces étendues riches en minéraux silicatés, la régénération et la diffusion à partir du sédiment sont plus importantes (Mc Kenzie et al ,1979 ; Ringot, 1983).

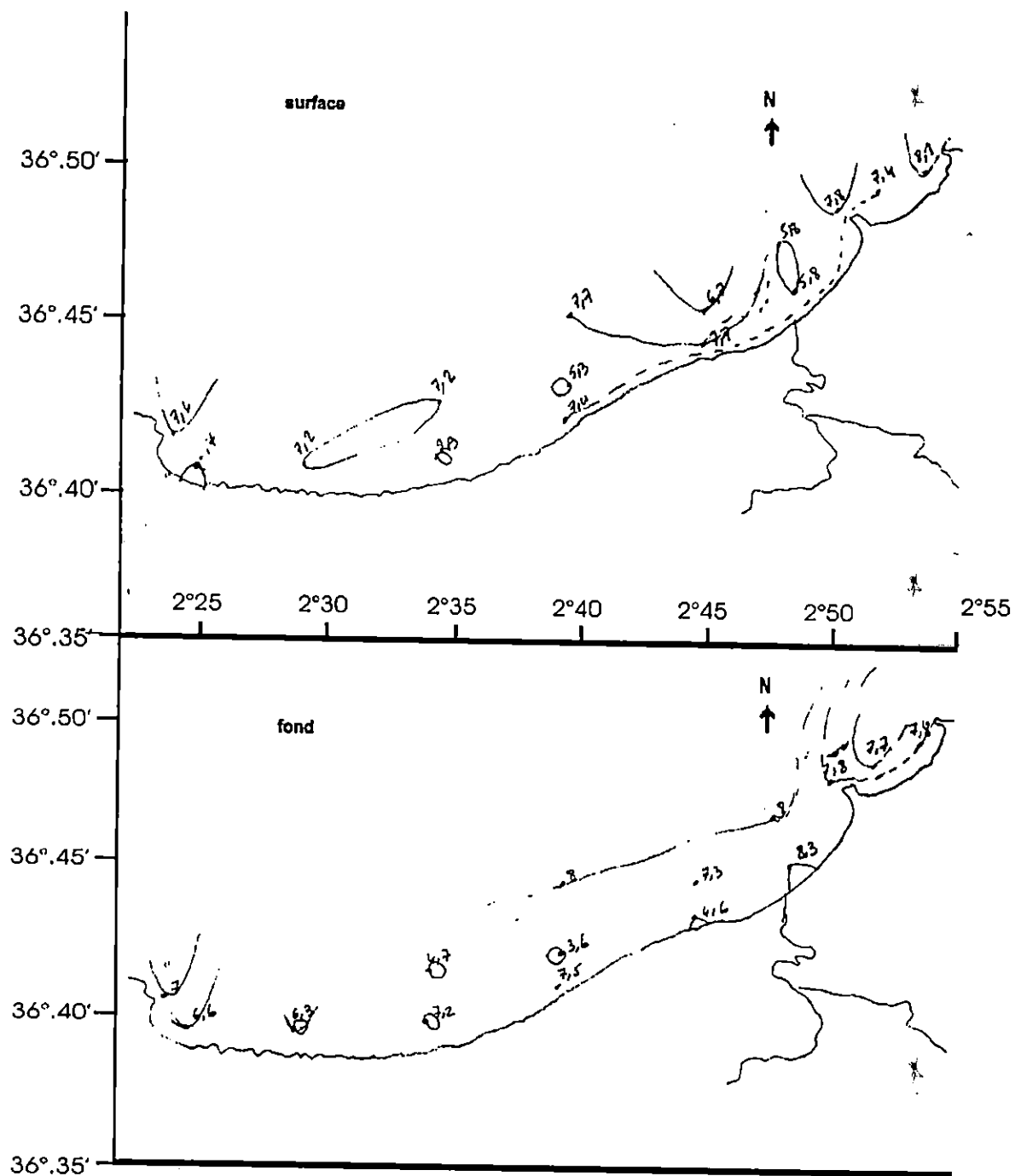


Fig. n°24 : La distribution horizontale des silicates (surface et fond) en Mars 2003

1.3.4. Distribution verticale des sels nutritifs

La superposition des sections de la température, de salinité (figure n°) ainsi que celles des sels nutritifs (NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , $\text{Si}(\text{OH})_4$) (figure n°) nous permet de distinguer que pour la plupart des stations les valeurs les plus basses de températures sont accompagnées par les valeurs les plus élevées de la salinité et des sels nutritifs. D'après ces caractéristiques cette eau serait d'origine profonde avec une résurgence côtière.

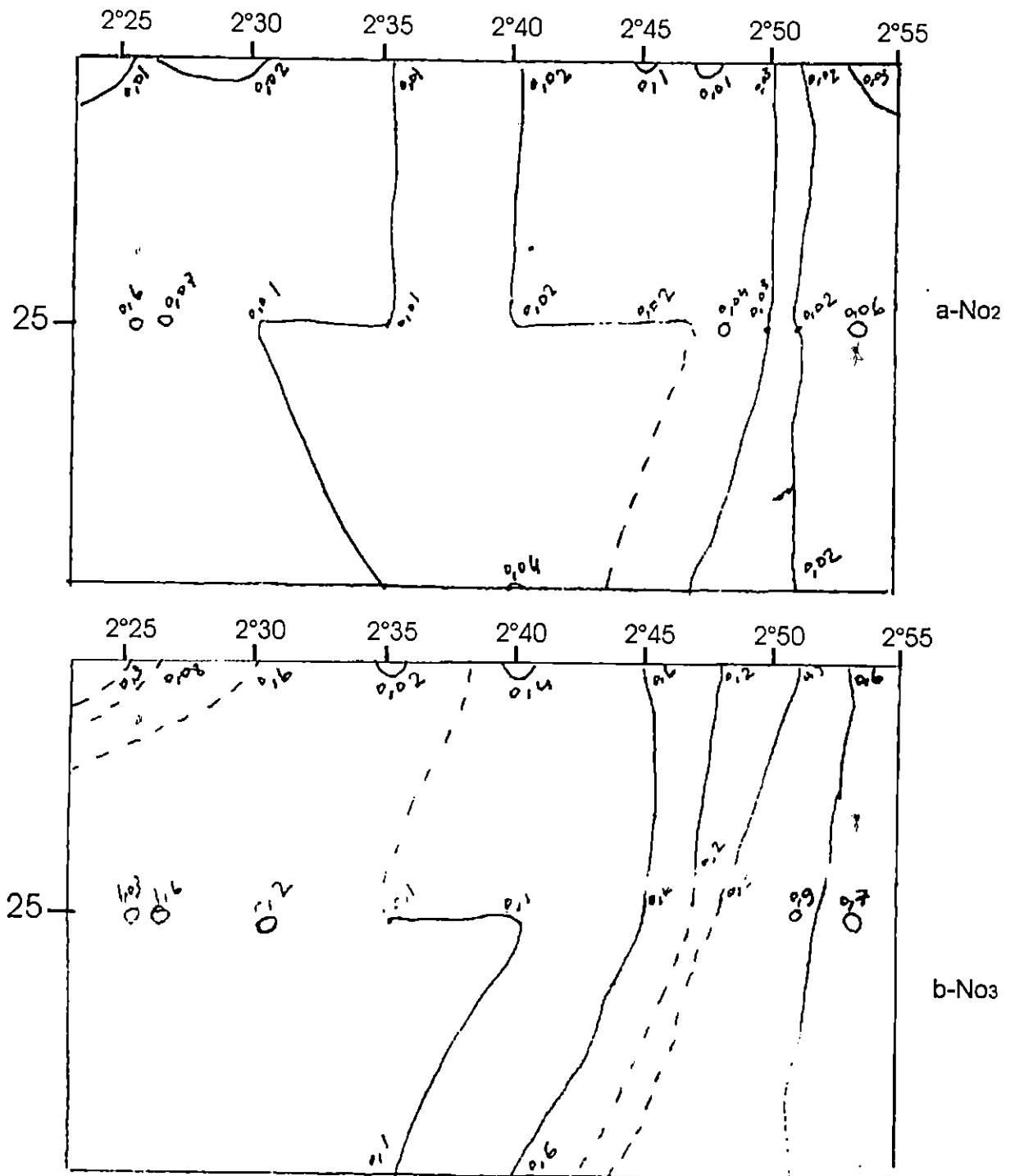


Fig. 25 n° : La distribution verticale des nitrites (en haut) et nitrates en Mars 2003

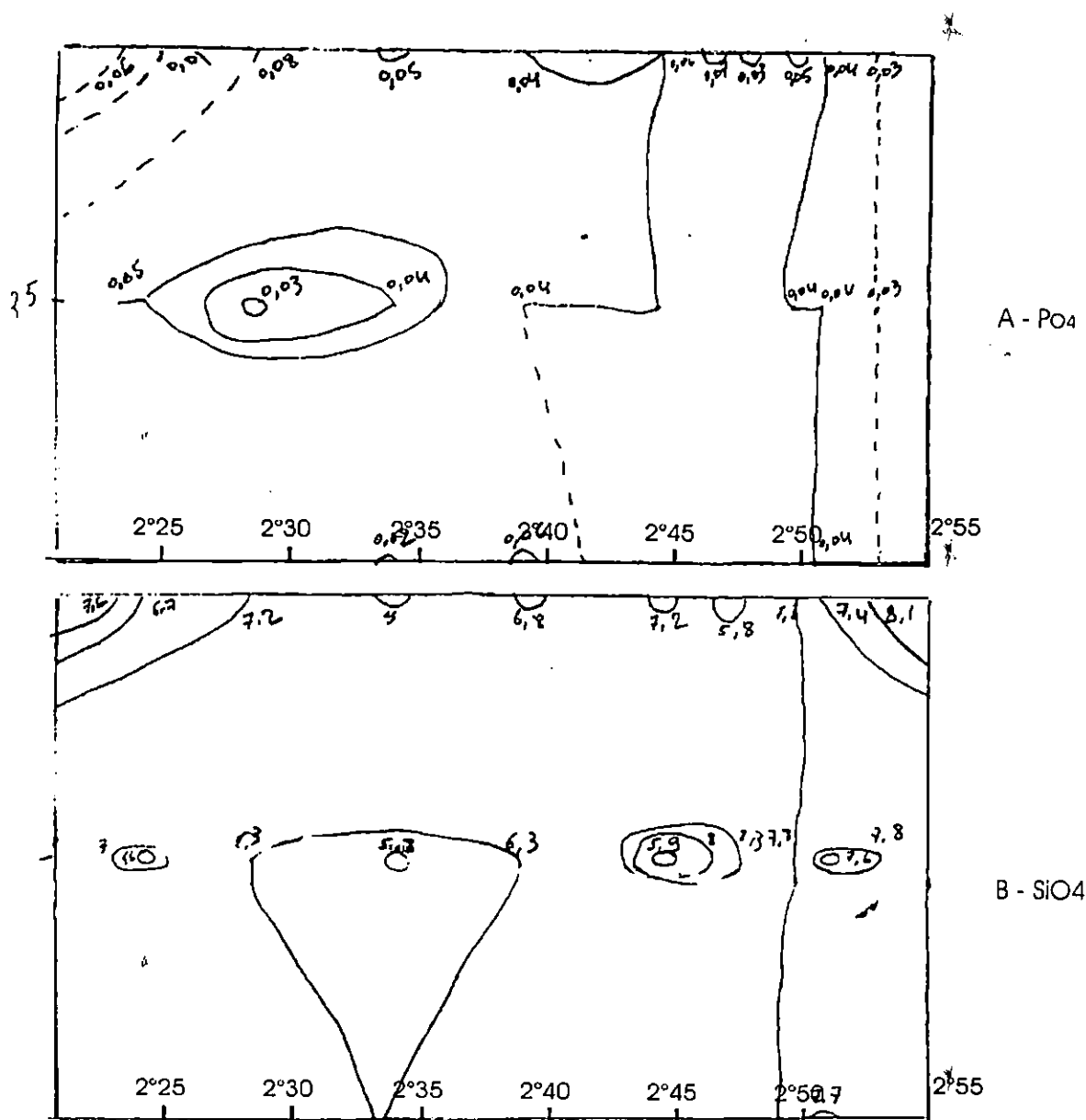


Fig. n° 26 : La distribution verticale des phosphates (en haut) et les silicates en Mars

2003

1.4. La matière organique

1.4.1. L'azote organique total

Les valeurs de l'azote organique total sont représentés dans la figure n°27

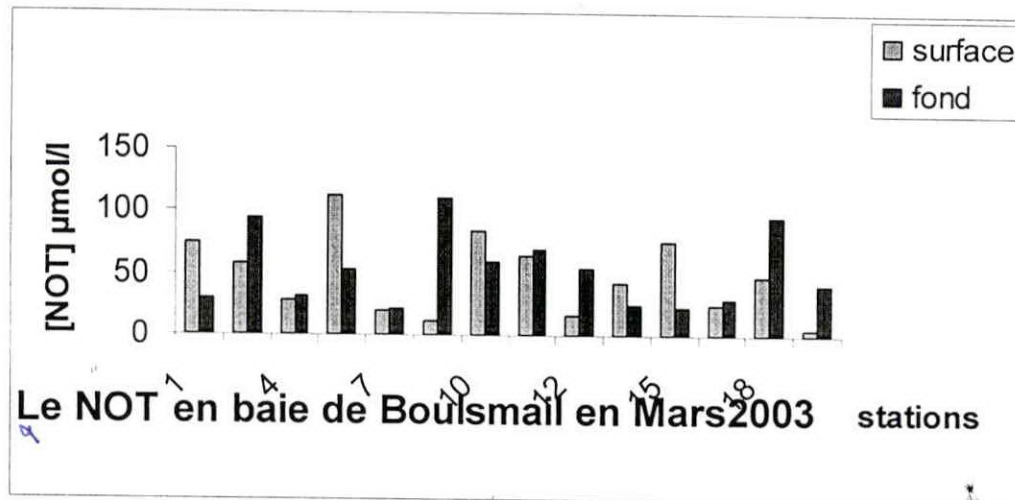


Fig. n° 27 : Le NOT dans la baie de Bou-Ismaïl en Mars 2003

Les concentrations en azote organique total varient entre 5.37 à 112 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 50.56 $\mu\text{mol/l}$ dans la baie.

En surface les concentrations varient entre 5.37 $\mu\text{mol/l}$ (station 20 : Djamilia) et 112 $\mu\text{mol/l}$ (station 6 : BouHaroune) avec une moyenne de 48.52 $\mu\text{mol/l}$.

En ce qui concerne les eaux profondes les teneurs varient entre 22 $\mu\text{mol/l}$ (station 7 : BouHaroune), à 111.1 $\mu\text{mol/l}$ (station 9 : Bou-Ismaïl) avec une moyenne de 52.6 $\mu\text{mol/l}$.

On remarque que les concentrations les plus élevées en NOT correspondent aux stations les plus influencés par les rejets des égouts et des oueds (Mazafran, Nador...).

Les concentrations en NOT ont tendance à diminuer avec la profondeur. Cela va dans le sens d'un fort apport terrigène, plutôt que d'une remise en suspension à partir du sédiment.

En effet, de fortes pluies ont été observées dans les semaines précédent nos prélèvement (ONM, 2003), ce qui a du favoriser le lessivage et donc l'enrichissement de la baie en matériel sédimentaire terrigène.

1.4.2. Le phosphore organique total

Les valeurs d'azote organique total dans la baie en Mars 2003 sont représentés dans la figure n° 28

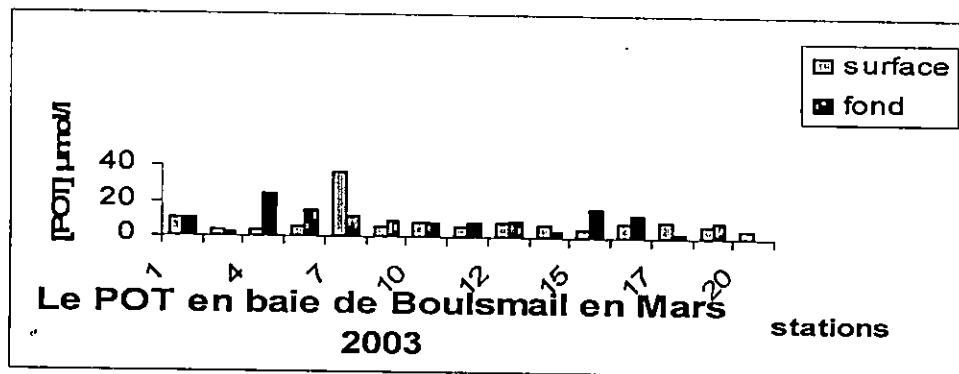


Fig. n° 28 : Le POT en baie de BouIsmaïl en Mars 2003

Les teneurs en POT varient dans l'intervalle de 1.9 à 37.11 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 8.85 $\mu\text{mol/l}$.

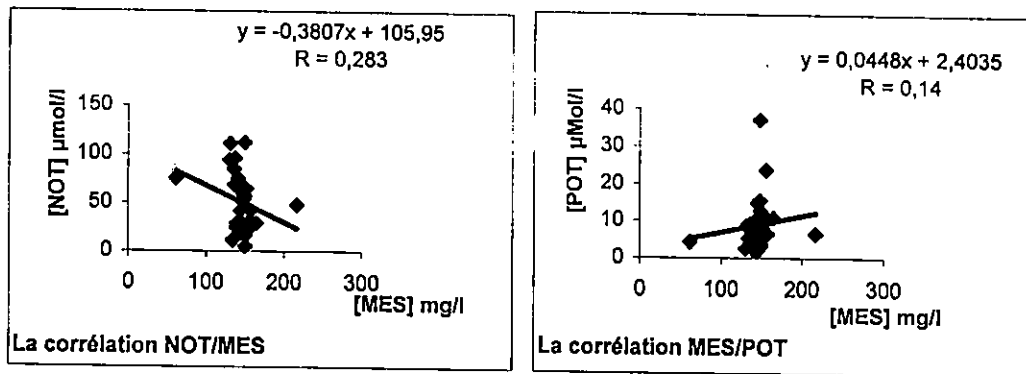
En surface les concentrations varient entre 3.1 $\mu\text{mol/l}$ (station 4 : entre Bérard et Tipaza) à 37.1 $\mu\text{mol/l}$ (station 7 : BouHaroune) avec une moyenne de 8.37 $\mu\text{mol/l}$.

En profondeur les teneurs varient entre 1.9 $\mu\text{mol/l}$ (station 20 : El Djamila) et 15.5 $\mu\text{mol/l}$ (station 15 : Mazafran) avec une moyenne de 9.4 $\mu\text{mol/l}$.

On remarque que les concentrations en POT augmentent avec la profondeur pour l'ensemble des stations ; les valeurs les plus élevées en surface peuvent être due à un apport terrigène, et correspondent sensiblement aux maximums de NOT.

1.1.3. Corrélation MES/matière organique

Pour identifier l'origine de la matière organique (endogène ou exogène) on a analysé les corrélations entre les POT et NOT et la MES



MES/NOT

MES/POT

Fig. n °29 : La corrélation entre les POT, NOT et la MES

2. Campagne de Mai 2003

Concernant la campagne de Mai 2003, les analyses ont été effectués pour les paramètres (température, salinité, oxygène dissous et MES) et ce qui sels nutritifs, on 'a pas pu faire les analyses à cause de séisme.

2.1. Répartition des MES

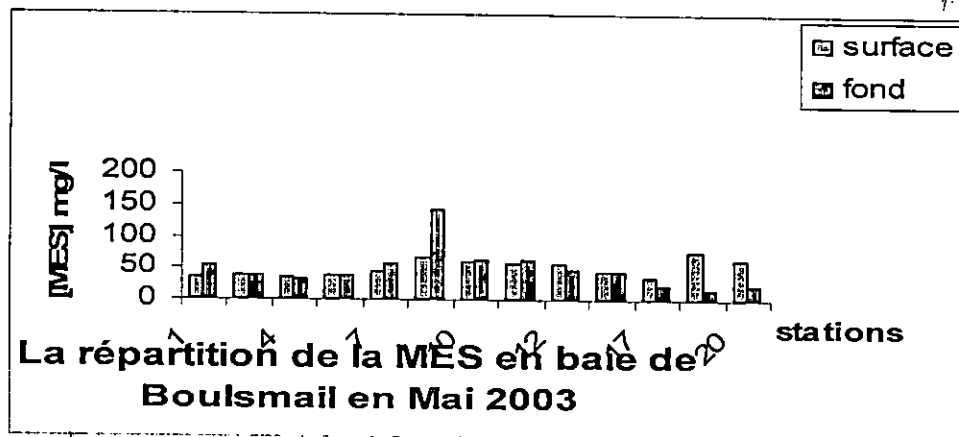


Fig. n° 30 : La répartition des MES en Mai 2003

Les teneurs des MES en baie de Boulsmail pour la deuxième campagne varient entre 22.4 mg/l et 144.4 mg/l avec une moyenne de 47.1 mg/l (figure n° 30).

En surface les teneurs varient entre 33.7 mg/l (station 4 : entre Bérard et Tipaza) et 66.7 mg/l (station 9 : Boulsmail) avec une moyenne de 45.5 mg/l.

Pour les eaux profondes les MES varient entre 22.4 mg/l (station 20 : Djamilia) et 144.4 mg/l (station 9 : Bou-Ismaïl) avec une moyenne de 48.8 mg/l.

Si on compare les teneurs moyennes en MES dans les eaux de surface avec celles du fond, on remarque que les fortes concentrations en MES correspondent aux eaux profondes, cette élévation est le résultat de la remise en suspension du sédiment superficiel.

Les teneurs en MES de Mai 2003 sont faibles que celles du Mars 2003, ceci peut être dû au transport des particules terrestres après les fortes pluies qui ont précédés la première campagne.

2.2. L'oxygène dissous

Les teneurs d'oxygène dans la baie de Bou-Ismaïl sont représentés dans la figure n° 31

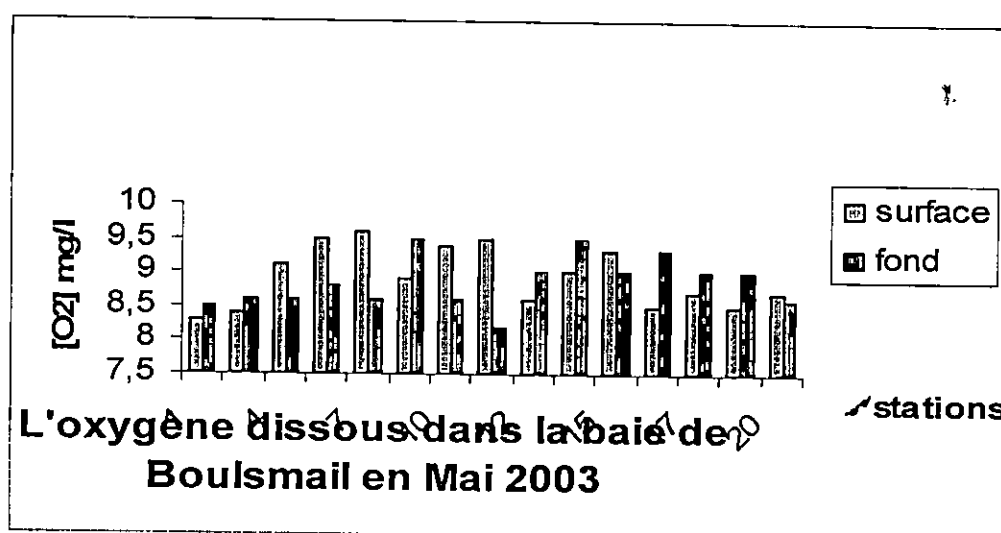


Fig. n° 31 : L'oxygène dissous dans la baie de Bou Ismail en Mai 2003

Concernant l'oxygène dissous au niveau de la baie ses teneurs varient entre 259.3 à 300 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 278.1 $\mu\text{mol/l}$.

En surface le maximum est observé au niveau de la station 7 : Bouharoune et le minimum est au niveau de la station 3 : Chenoua avec une moyenne de 281.2 $\mu\text{mol/l}$.

En profondeur l'oxygène varie entre 256.2 $\mu\text{mol/l}$ (station 11 : Bou-Ismaïl) et 296 $\mu\text{mol/l}$ (station 9 : Bou Ismaïl) avec une moyenne de 275 $\mu\text{mol/l}$, on remarque que les valeurs de l'oxygène sont presque les mêmes en surface et en profondeur ; ceci montre l'homogénéité relative de la couche d'eau (0 à 100 m) bien ventilée en Mai 2003.

La photosynthèse est généralement importante durant cette période de l'année.

L'échange air-mer et le mélange des masses d'eaux peut être aussi contribué à l'élévation des teneurs en oxygène.

L'examen des résultats concorde avec celles trouvées dans la plupart des baies Algériennes, notamment la baie d'Alger et le golfe d'Arzew (Eddalia, 1990).

2.3. Variation saisonnières des sels nutritifs

2.3.1. Les phosphates

Les phosphates dans l'est de la baie varient dans l'intervalle de (0.3 à 2) $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 1.3 $\mu\text{mol/l}$.

En surface les teneurs varient entre 0.3 $\mu\text{mol/l}$ (station 13 : Douaouda) et 5.4 $\mu\text{mol/l}$ (station 12 : Douaouda) avec une moyenne de 1.8 $\mu\text{mol/l}$ pour l'ensemble de la zone.

En profondeur les concentrations sont comprises entre 0.4 $\mu\text{mol/l}$ (station 13 : Douaouda) et 2 $\mu\text{mol/l}$ (station 20 : Djamila) avec une moyenne de 0.95 $\mu\text{mol/l}$ pour l'ensemble de la zone.

On remarque que la teneur en sels nutritifs diminue avec la profondeur, ces teneurs élevées des phosphates en surface peuvent être les résultats d'apports terrigènes qui participent en grande partie à l'enrichissement des eaux de surface.

La comparaison des concentrations de cet élément (pour les mêmes stations) entre Mars et Mai (fi n° : 32) nous montre que les phosphates ont augmenté durant le mois de Mai, cette augmentation est due aux apports important par le lessivage des sols et les apports des oueds à cause des précipitations qui ont précédé la deuxième campagne.

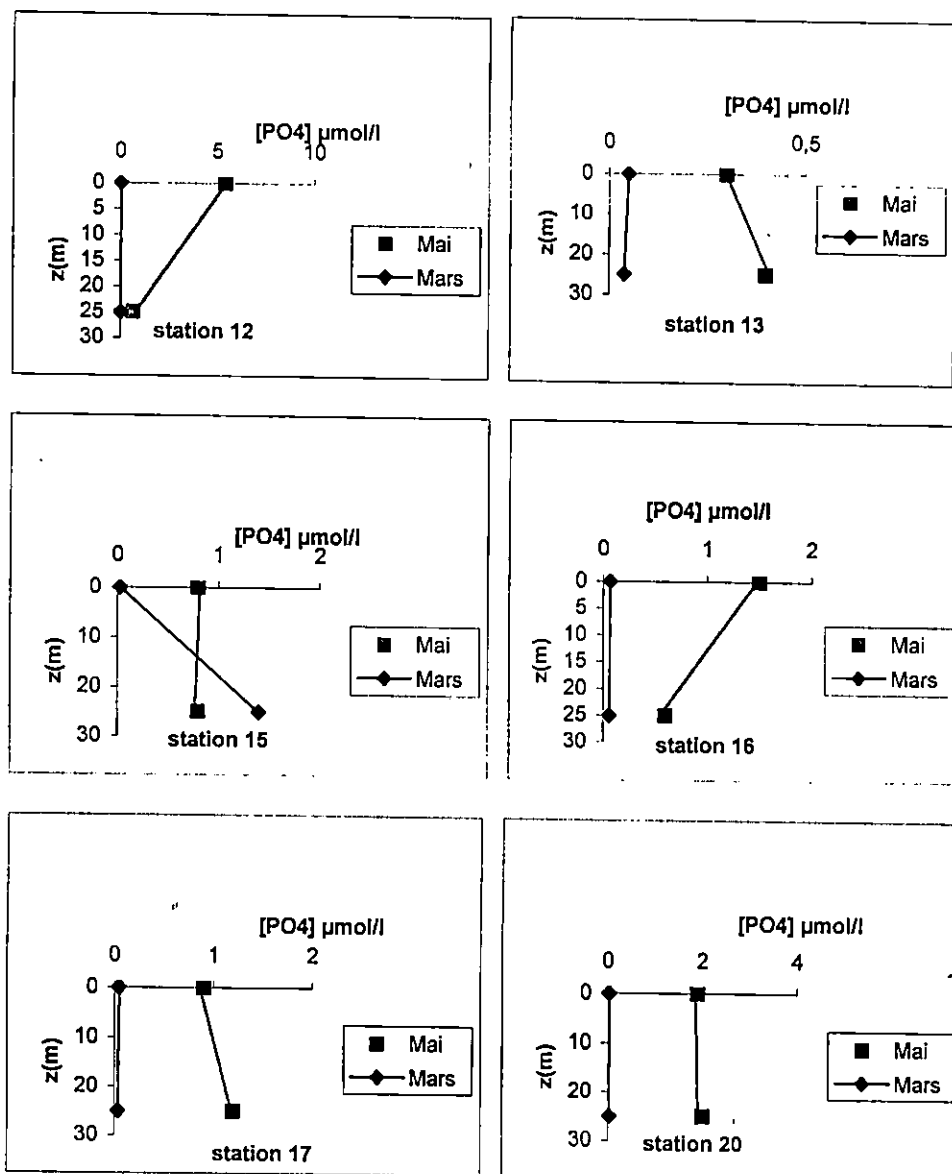


Fig. n°32 : Les profils verticaux des phosphates en baie de BouIsmaïl en Mars et Mai 2003

2.3.2. Azote inorganique

Les nitrites

En ce qui concerne les teneurs en nitrites elles sont très faibles et comprises entre 0 et $0.16 \mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de $0.01 \mu\text{mol/l}$.

En surface le maximum des nitrites se situe au niveau de la station 12 : Douaouda) et le minimum est localisé au niveau de Mazafran (station 16) avec une moyenne de $0.001 \mu\text{mol/l}$.

En profondeur les nitrites varient entre $0.001 \mu\text{mol/l}$ (station 12) et $0.16 \mu\text{mol/l}$ (station 20) avec une moyenne de $0.02 \mu\text{mol/l}$, on remarque que les valeurs des nitrites sont très faibles, ceci peut être expliqué par leur oxydation en nitrates entre Mars et Mai 2003, ou par leurs assimilation par le phytoplancton marin pendant la photosynthèse.

En général les teneurs des nitrites sont toujours faibles parce qu'ils constituent une phase intermédiaire entre l'ammonium et les nitrates.

L'étude comparative des résultats de Mars et Mai (figure n°33) nous indique la nette diminution de cet élément du faite de son épuisement par l'activité photosynthétique (consommation biologique)

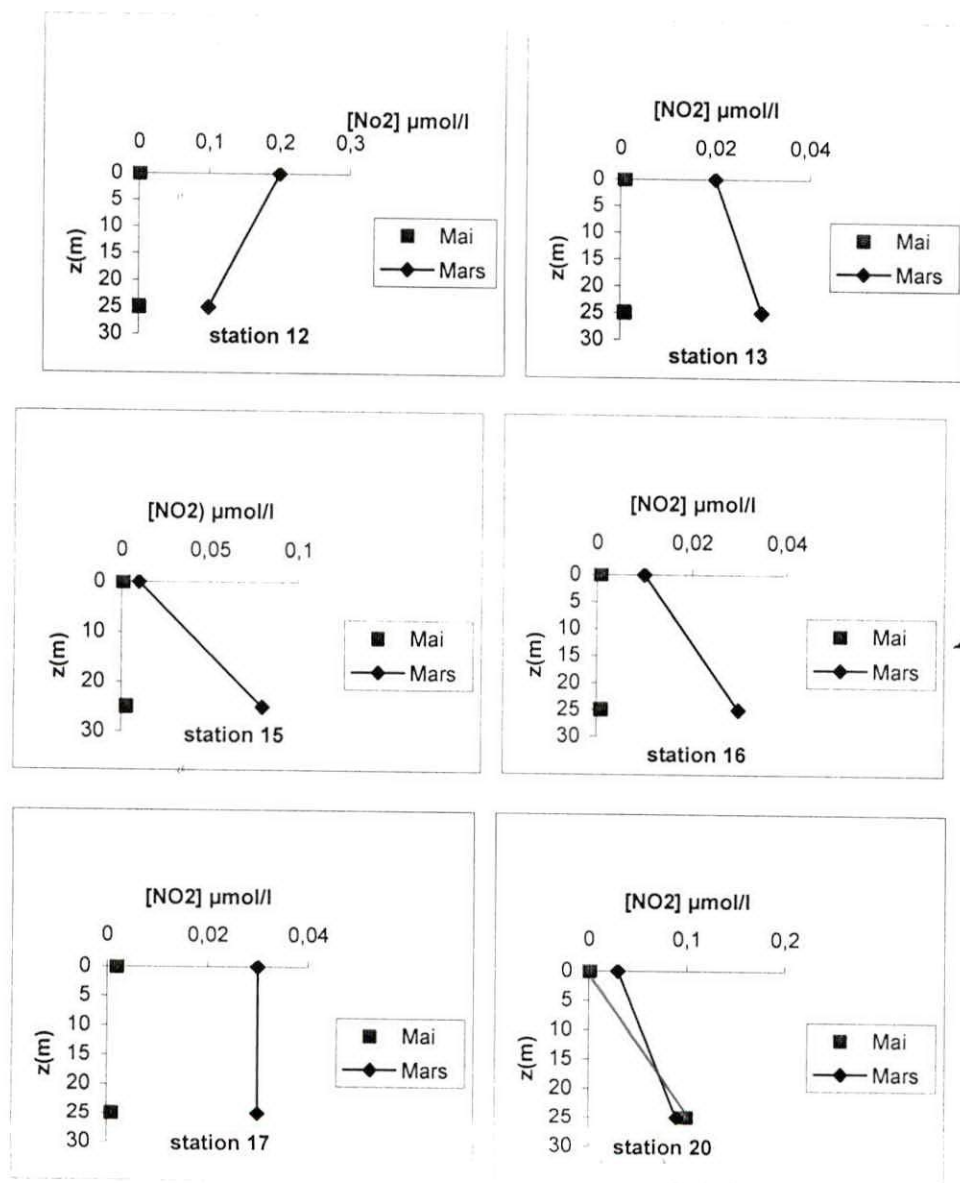


Fig. n°33 : Les profils verticaux des nitrites en baie de Boulsmail en Mars et Mai 2003

Les nitrates

Les nitrates de la deuxième campagne varient entre (0.2 à 15.2) $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 6.68 $\mu\text{mol/l}$ (figure n)

En surface les concentrations se situent entre 0.2 $\mu\text{mol/l}$ (station 12 : Douaouda) et 15.2 $\mu\text{mol/l}$ (station 20 : Djamila) avec une moyenne de 7.13 $\mu\text{mol/l}$.

En profondeur les teneurs varient entre 0.5 $\mu\text{mol/l}$ (station 12 : Douaouda) et 109 $\mu\text{mol/l}$ (station 16 : Mazafran) avec une moyenne de 6.23 $\mu\text{mol/l}$.

Les valeurs élevées des nitrates sont expliquées par l'oxydation des nitrites en nitrates, ainsi que par les apports (oued Mazafran et Beni Messous) qui peuvent être importants après les fortes pluies d'hiver (ONM, 2003).

Les concentrations des nitrates en Mai 2003 sont presque identiques à celles du mois Mars 2003, mais il faut noter que les résultats de Mai ne représentent que quelques stations situées à l'est de la baie.

Les teneurs en nitrates ont subi une importante élévation entre la campagne de Mars et Mai 2003, cette élévation peut être expliquée par les apports importants ainsi qu'à la régénération de cet élément qui participe à l'enrichissement des eaux durant cette période de l'année.

L'étude comparative des sels nutritifs entre la campagne de Mars et mai 2003 nous indique qu'il y a une augmentation importante en phosphate entre les deux saisons, cette élévation est due aux apports continentaux ce qui empêche l'application du modèle d'estimations de la PNA.

Cependant, que les valeurs des nitrites montrent qu'il y a une diminution de cet élément entre les deux saisons donc le calcul de la PNA peut être effectué

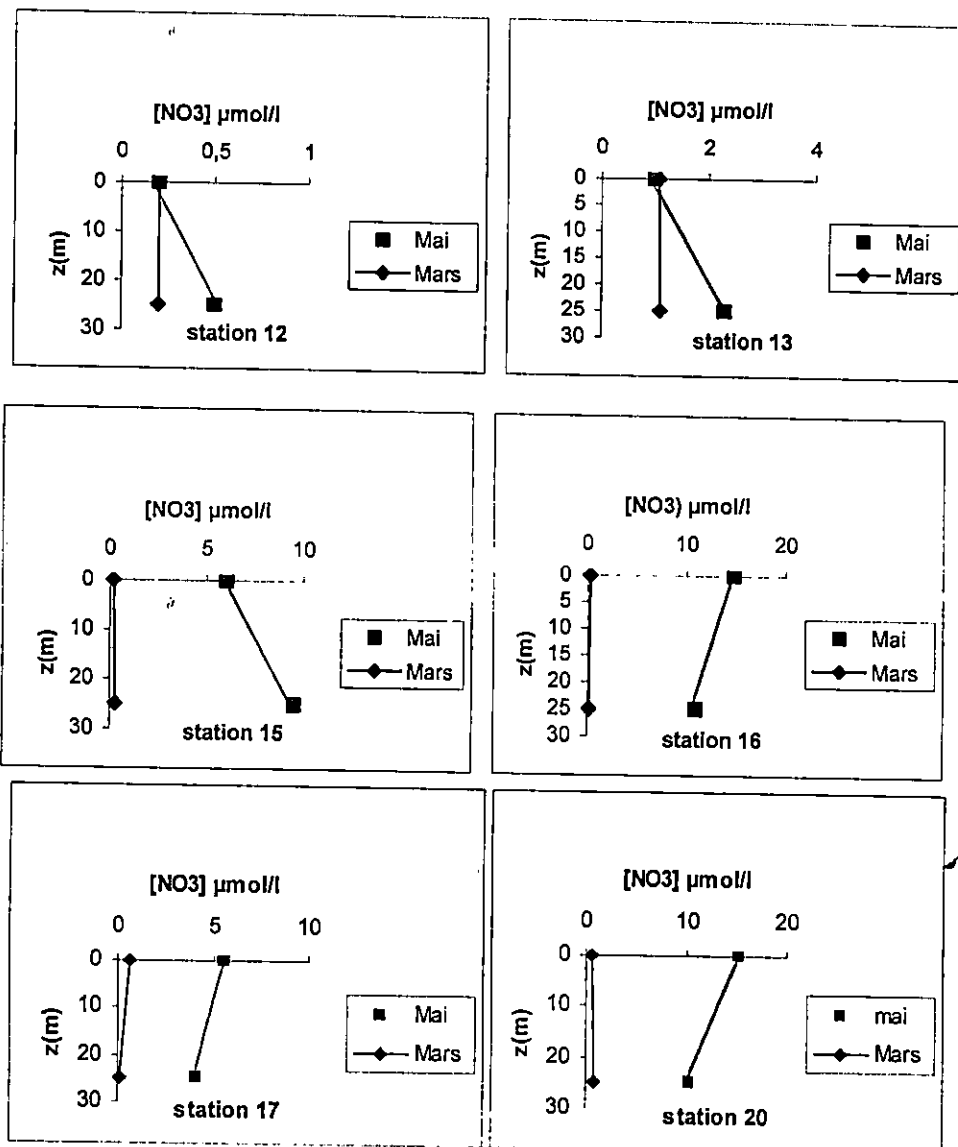


Fig. n°34 : Les profils verticaux des nitrates en baie de Bou-Ismaïl en Mars et Mai 2003

3. La variation interannuelle des nutriments

Tableau n° : Les teneurs en nutriments entre (1996-2003)

Date de prélèvement	NO ₂ μmol/l	NO ₃ μmol/l	PO ₄ ³⁻ μmol/l	Auteurs
juillet Octobre 1996	0.15	4.2	0.3	Brinis et Brahmia (1997)
Mai et Juin 1998	0.18	2.45	0.2	Dar Beida et Chaouch (1998)
Septembre- Octobre 1999	0.19	2.85	0.3	Arou (2002)
Juin Juillet 2000	0.64	3.45	0.63	Arou (2002)
Juillet 2002	0.97	0.04	0.14	Haddouche (mémoire en cours, communication personnelle)
Mars Mai 2003	0.05 0.01	0.45 6.6	0.09 1.3	Khaoui (cette étude)

D'après les données des sept années précédentes (96-98-99-00-02-03) on remarque qu'il ya une augmentation successive des nitrites de (96-02) puis il ya une diminution en 2003, cette augmentation des nitrites n'est pas représentative parce que cet élément constitue une phase intermédiaire ces valeurs faibles en nitrites correspondent pour chaque année à des valeurs élevées en nitrates.

En ce qui concerne les nitrates il ya une diminution entre 1996 et 1998, cette diminution est due à la période de prélèvement, en 1996 les prélèvements ont été effectués en mois d'Octobre

et la période qui a précédé la campagne est caractérisé par de forte pluies d'après (ONM,1996), en 1998 les prélèvement coïncident avec la période de bloom printanier. En 1999 la teneur de nitrate a augmenté mais reste faible par rapport à celle de 1996 et 2000 ceci est due à la période de bloom auto nier (Illoul, 1991). on remarque une augmentation des nitrates en 2000 malgré que les prélèvement ont été effectué entre Juin et Juillet , cette augmentation est due à une régénération ou un rejet d'eau usée, enfin en 2002 et 2003 les teneurs sont faibles que le reste des années ceci est due en 2002 au mois d'échantillonnage qui est caractérisé par des faibles teneurs en nutriments d'une part et par la teneur des nitrites élevés d'autre part, et en 2003 cette diminution est due à l'épuisement de cet élément par la photosynthèse.

Concernant les phosphates on remarque qu'il y a pas une grande différence entre les années seulement en 2000 où la concentration atteint $0.63 \mu\text{mol/l}$ ce qui peut être le résultat d'un rejet d'eau usée.

En générale, les teneurs des sels nutritifs sont plus faibles en 2003 que celles des années précédentes, cette variations des nutriments d'une année à une autre est du à certain nombre de paramètre :

- Période de prélèvement
- Apports terrigènes et précipitation avant la campagne
- Conditions hydrologiques
- Stratégie d'échantillonnage
- la biologie
- la manière de l'eau (matrice)

Troisième partie

Analyse des sources potentielles de sels nutritifs en baie de Bou-Ismaïl :

Dans cette partie nous allons tenter d'analyser les sources potentielles des sels nutritifs à travers deux études complémentaires :

- La première est l'analyse des rapports biochimiques N/P
- La seconde est l'application d'un modèle pour l'estimation de la production primaire nette apparente dans la baie de Bou-Ismaïl.

1. Analyse des rapports biochimiques dans la baie de Bou-Ismaïl

Dans le but de déterminer l'origine des sels nutritifs dans la baie de Bou-Ismaïl (sources interne ou source externe), nous avons analysé l'évolution temporelle des rapports N/P entre Mars et Mai 2003.

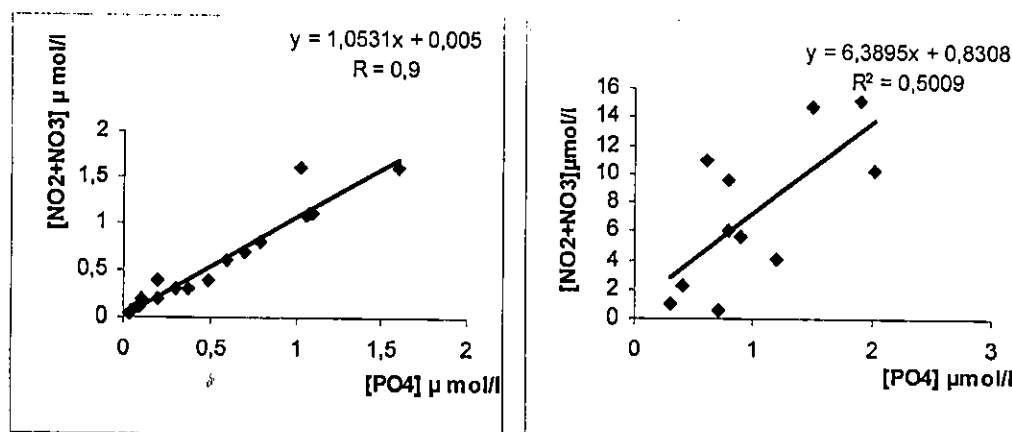
Nous disposons également de données de la période Mai –Juin 1998 acquises au large de Mazafran et de Bou-Ismaïl (trois stations) au cours de campagnes hebdomadaires dans le cadre d'un suivi de la production primaire (Illoul, communication personnelle).

Les données de 1998 vont nous permettre de comparer la situation de 2003 à celles rencontrées préalablement dans la baie.

1.1. Les rapports Azotes /phosphores en 2003

L'étude des rapports N/P dans la baie permette d'identifier la source de pollution, elle permette aussi de déterminer l'origine de phosphore et de l'azote.

1.1.1. $(\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-)/\text{PO}_4^{3-}$



a- Mars 2003

b- Mai 2003

Fig. n° 35 : Le rapport $(\text{NO}_2 + \text{NO}_3) / \text{PO}_4$ en Mars et Mai 2003

En Mars 2003, la droite de corrélation entre les (nitrates + nitrites) et les phosphates (PO_4^{3-}) (figure n° 35a) donne l'équation suivante :

$$(\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-) = 1,0531 \text{ PO}_4^{-3} + 0.005 \quad \text{avec} \quad r=0.9$$

Le rapport N/P = 1.05 calculé est faible par rapport à celui de Redfield (1963) qui est de 16, et celui de Béthoux (1980) pour les eaux Méditerranéennes (22), ce faible rapport a déjà été signalé dans la même zone (N/P = 3.01) par Brinis et Brahmia (1997) et Chaouche et Darbeida (1998) (N/P=1.38)

Selon Helmer (1977) un rapport N/P inférieur à 6 indique une pollution ou les nutriments proviennent des eaux usées domestiques avec des teneurs en phosphates élevées.

En Mai 2003, la droite de corrélation entre les (nitrites + nitrates) et les phosphates (Figure n°35 b) donne l'équation suivante :

$$(\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-) = 6.3895 \text{ PO}_4^{-3} + 0.8308 \quad \text{avec} \quad r=0.7$$

On notera que le point de la station 12 est supprimé parce que son intégration donne un rapport N/P négative.

Le rapport N/P calculé est très faible par rapport à celui trouvé par Redfield (1963) et celui de Béthoux (1980) en Méditerranée (N/P = 22), ce rapport est différent que celui calculé en Mars peut être expliquer par le nombre des stations qui ne représente que la moitié des stations de Mars 2003, mais il est inférieur à 6 ce qui confirme que les eaux proviennent des eaux usées domestiques.

Comparaison aux observations de 1998

La corrélation entre la moyenne (nitrites +nitrates) et les phosphates en Mai Juin 1998 est représenté en figure n°36. On notera également que cette étude se base sur un suivie hebdomadaire des nutriments b au niveau de trois stations dans la baie de Bou-Ismaïl : station 1 : peu proche de Mazafran, Station 2 : large du Mazafran, Station 3 : large de BouHaroune

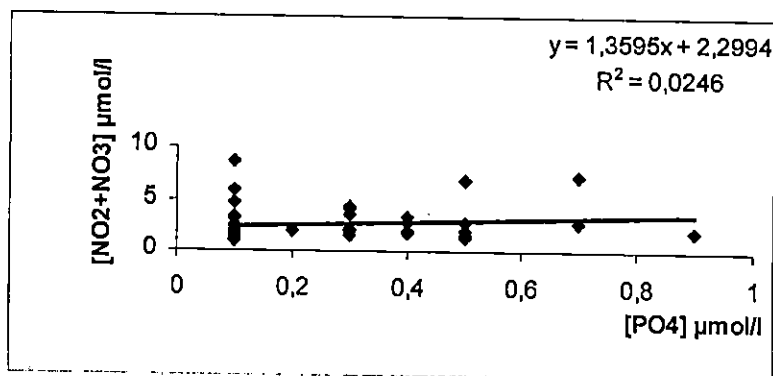


Fig.n° 36 : Le rapport (NO₂+NO₃)/PO₄ en 1998

En étudiant le rapport N/P en Mai Juin 1998, on notera que ce rapport est proche de celui trouvé en Mars 2003, ceci peut être du aux conditions climatiques qui ont précédé les deux périodes de prélèvement pour les deux campagnes Mars 2003 et Mai Juin 1998.

D'après les données météorologiques de 1998 et 2003 la période qui a précédé les deux campagnes a été caractérisée par de très fortes précipitations et crue de Mazafran.

L'étude des rapports biochimiques au niveau de la baie de Bou-Ismaïl montre l'influence nette des apports terrigènes par les différents oueds et le lessivage des sols par les fortes pluies.

1.1.2. Le rapport NOT/POT

Le rapport NOT/POT permet de déterminer la proportion de l'azote organique et de phosphore organique au niveau de site d'étude en Mars 2003

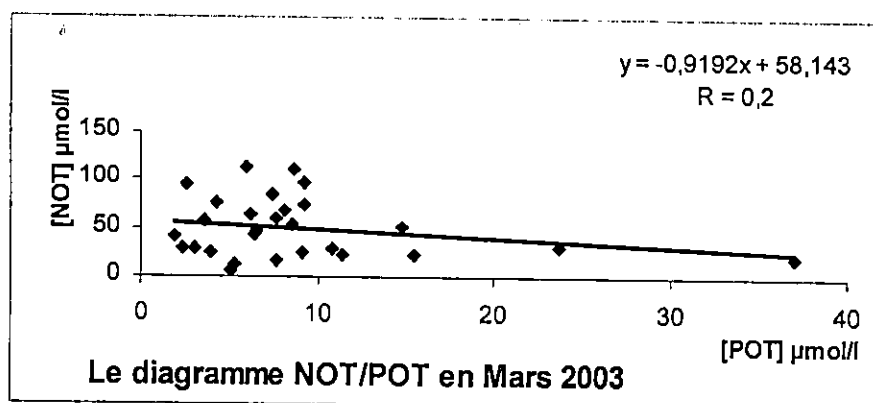


Fig. n° 37 : Le rapport NOT/POT en Mars2003

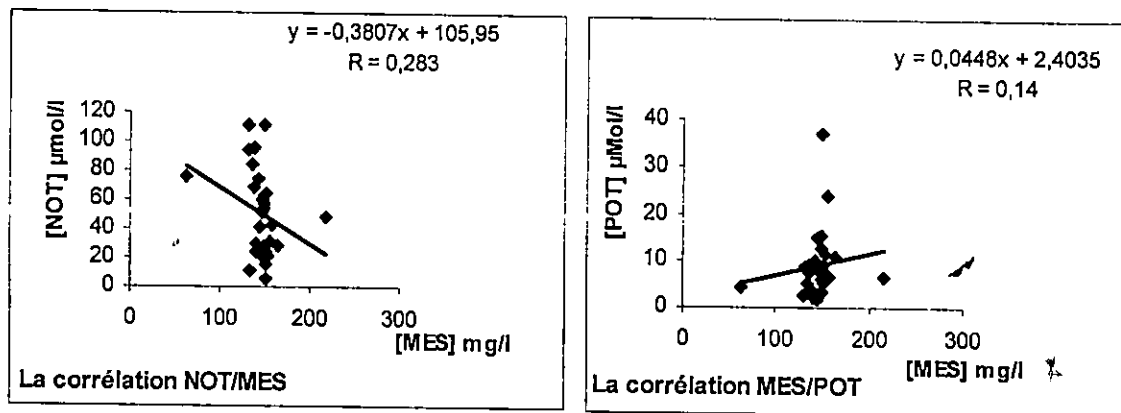
La corrélation de l'azote organique total en fonction du phosphore organique total pour les eaux de surface et du fond montre un nuage de points avec des concentrations de NOT variant de 0 à 112µmol/l et des concentrations de POT inférieures ou égales à 12µmol/l, la droite de régression (figure n° 37)

$$\text{NOT} = -0,91 \text{ POT} + 58,14 \quad \text{avec } r = 0,2$$

Montre qu'il n'existe pas de corrélation nette entre le NOT et le POT le rapport N/P de -0.91 confirme une origine exogène du phosphore organique et / ou de l'azote organique dans la baie. Ceci peut être lié à des apports terrigènes important du fait du lessivage des sols par les fortes pluies (ONM, 2003).

1.1.3. Relation entre NOT et POT et MES

La corrélation entre le NOT et la MES et le POT et la MES est représenté dans la figure n° 38. L'étude de cette corrélation est nécessaire pour confirmer la source de la MES.



a- NOT/MES

b- POT/MES

Fig. n°38 : La corrélation entre la MES et le NOT et POT

D'après les graphes de corrélation, on remarquera qu'il n'ya pas de corrélation entre le POT et la MES ni entre le NOT et la MES, ce qui explique que la MES est issue soit des apports terrigènes ou de la remobilisation du sédiment ou bien elle proviennent du large.

2. Analyse de la PNA

2.1. Méthodes d'estimation de la PNA

L'oxygène, les nitrates et le phosphore sont des excellents indicateurs pour la compréhension de cycle du carbone dans l'océan.

La distribution de ces traceurs reflète largement la photosynthèse ou la respiration dans la colonne d'eau ; plusieurs études ont utilisé les variations saisonnières d'oxygène et des nutriments pour estimer la production primaire dans l'eau de mer à des périodes diverses (Minas and Minas, 1992 ; Minas and Codispoti, 1993) et Louanchi and Najjar ; Najjar and Keeling, 1997 ; *in* (Louanchi and Najjar 2000).

L'estimation de PNA se fait en se basant sur le principe que dans l'océan ouvert la diminution des sels nutritifs dans la couche euphotique, entre la fin de l'hiver et le début de l'été, est due principalement à la photosynthèse et au bloom printanier.

En effet, dans l'océan global, la source principale de sels nutritifs en surface est le recyclage interne saisonnier (Boulahdid, 1987)

Par suite, et en utilisant les rapports de Redfield, on peut revenir à une quantité de carbone produite proportionnelle à la diminution en sels nutritifs.

En se basant sur les variations d'UAO par contre dans l'océan global, cette estimation peut être biaisée par l'échange air-mer qui fait varier l'oxygène dans l'eau de mer.

Bien entendu, ces estimations doivent être prises avec beaucoup de précautions car elles se basent sur des hypothèses qui sont les suivantes :

-Il n'y a aucun apport externe de sels nutritifs (par exemple de masses d'eaux du large ou des apports terrigènes).

-Les seuls processus qui font varier l'oxygène et les sels nutritifs seraient la photosynthèse et la respiration (oxydation de la matière organique).

En général, les sels nutritifs et l'oxygène à partir de quelle se fait le calcul de la PNA varient d'une saison à une autre (schéma n).

En hiver les concentrations en nutriments sont importantes à cause des apports des oueds et le lessivage du sol qui accompagne les fortes pluies, ces concentrations diminuent durant la période printanière parce qu'ils sont consommés par l'activité biologique.

En été les sels vont être épuisés puis au début d'automne, ces éléments vont subir une élévation.

Pour notre cas, ce qui nous intéresse pour le calcul de la PNA est la diminution de ces nutriments.

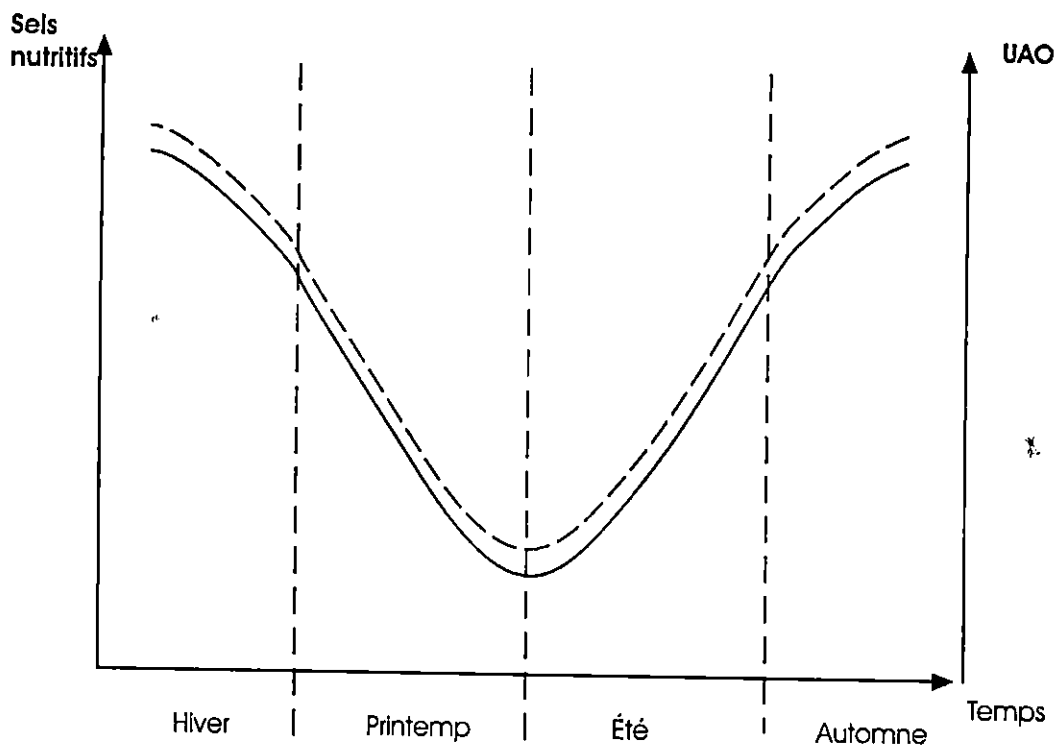


Schéma explicatif de cycle annuel des sels nutritifs dans l'eau de mer

• **A partir de l'UAO**

Le calcul de l'utilisation apparente d'oxygène

Le calcul d'UAO se fait à partir de la formule suivante

$$\text{UAO} = C \cdot \text{O}_2 - \text{CO}_2$$

$C \cdot \text{O}_2$: est la solubilité d'oxygène est en fonction de la température et la salinité.

La solubilité d'oxygène est calculée à partir de la formule de CNEXO (voir annexe 3)

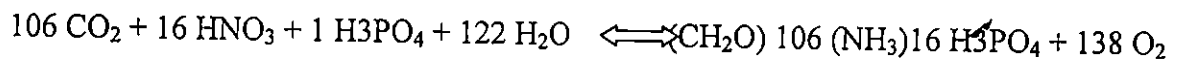
Si

$\text{UAO} < 0$ la photosynthèse domine donc il ya plus d'oxygène produit que d'oxygène consommé la zone est alors en sursaturation.

$\text{UAO} = 0$ zone de compensation, la production d'oxygène et sa consommation sont en équilibre, la zone est alors à saturation.

$\text{UAO} > 0$ la respiration et/ ou la dégradation de la matière organique domine, la zone est en sous saturation.

Lorsque la valeur de l'UAO est négative, la production d'oxygène sera supérieure à sa consommation par la photosynthèse et ceci se produit dans la couche euphotique. On peut alors estimer la production nette apparente à partir de la réaction de la photosynthèse de Redfield et *al* (1963).



Au cours de la destruction (production) d'une mole de matière organique marine il y aura consommation (production) de 138 moles d'oxygène et production (consommation) de 106 moles de carbone, 16 moles d'azote et 1 mole de phosphate.

En intégrant selon la profondeur et en considérant la variation de l'UAO sur un certain nombre de jours déterminé entre deux sorties, on aura

formule globale de la quantité de carbone produite :

$$\text{PNA}_{\text{O}_2} = \Delta \text{UAO} \cdot 106/138 \cdot 12 \cdot \Delta z / \Delta t$$

Avec

PNA_{O_2} : quantité de carbone en mg/m²/j

ΔUAO : Variation de l'UAO entre les deux campagnes

Δz : la profondeur d'intégration fixée à 25m dans notre cas

Δt : la durée entre deux campagnes

De même on peut calculer la PNA en se basant sur les variations de NO_3^- ; NO_2^- ou celles de PO_4^{3-}

- à partir de la moyenne ($\overline{\text{NO}_2 + \text{NO}_3}$)

De manière similaire au raisonnement développé pour l'UAO, on arrive à la formule suivante
Pour produire 106 atomes de carbones, il faut consommer 16 atomes d'azotes donc on aura :

$$\text{PNA}_N = \Delta(\overline{\text{NO}_2 + \text{NO}_3}) * 106/16 * 12 * \Delta z / \Delta t$$

Avec

PNA_N : quantité de carbone en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$

$\Delta(\overline{\text{NO}_2 + \text{NO}_3})$: en $\mu\text{mol}/\text{l}$ (mmol/m^3)

Δz : la profondeur d'intégration (0-25m)

Δt : la durée entre deux campagnes

- à partir de PO_4

Du même protocole de l'UAO on aura :

$$\text{PNA}_P = \Delta \overline{\text{PO}_4^{3-}} * 106/1 * 12 * \Delta z / \Delta t$$

Avec

PNA_P : quantité de carbone en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$

$\Delta \overline{\text{PO}_4}$: la moyenne des concentrations des phosphates dans la zone d'intégration (0-25m) en mmol/m^3

Δt : la durée entre deux campagnes

2.2. Estimation de la PNA en 2003

La production nette apparente dans la baie de Bou-Ismaïl a été calculée à partir de l'UAO, nitrates + nitrites et des phosphates.

2.2.1. La PNA_O calculée à partir de l'UAO

Les résultats de la PNA_O sont représentés dans le tableau n°5.

Cette PNA calculée seulement pour les cinq premières stations situées à l'ouest de la baie à cause du manque de valeurs d'oxygène pour le reste des stations de la baie.

Tableau n°5 : la PNA calculée à partir de l'UAO en 2003

stations	Δ UAO ml/l	PNA _O mg C/M ² /j
1	-10.1	42
3	-6.4	43
4	-17.1	71
6	-14.5	60
7	-13.8	58

Les valeurs de la PNA au niveau de la baie de Bou-Ismaïl entre la saison de Mars et Mai 2003 varient entre 42 et 71 mg C/m²/j.

On notera aussi que les valeurs de l'UAO sont négatives ce qui explique que cette PNA est la résultante de l'activité photosynthétique qui caractérise cette période de l'année.

2.2.3. La production nette apparente calculée à partir de la moyenne (NO₂ + NO₃) et des phosphates

Les résultats de la PNA_N sont représentées dans le tableau n° 6 , on notera que la moyenne de l'azote diminue seulement, pour la station 12 et 13 , donc le calcul de la PNA se fait seulement pour ces deux stations .

Concernant le calcul à partir des phosphates, il est impossible de calculer la PNA parce qu'ils augmentent en Mai 2003

Tableau n°6 : La PNA calculée à partir de la moyenne (nitrites + nitrates) et les phosphates en 2003

Station	$\Delta(\text{NO}_2+\text{NO}_3)$ $\mu\text{mol/l}$	$\Delta (\text{PO}_4)$ $\mu\text{mol/l}$	PNA N ₂	N/P
12	-0.16	3.01	5.78	- 0.053
13	-0.29	0.33	10.47	-0.87
15	3.49	0.1		26.84
16	6.11	1.03		5.93
17	2	1		2
20	5.69	1.93		3

La PNA calculées pour les stations 12 et 13 en baie de Bou-Ismaïl est la résultante de la photosynthèse parce qu'il ya une diminution d'azote pour ces deux stations, l'analyse des rapports N/P nous montre que les apports anthropiques sont important.

2.3. Estimation de la PNA en 1998

2.3.1. Présentation des données de 1998

Les phosphates

Les teneurs des phosphates en Mai – Juin 1998 sont représentées dans la figure suivante n°39 .

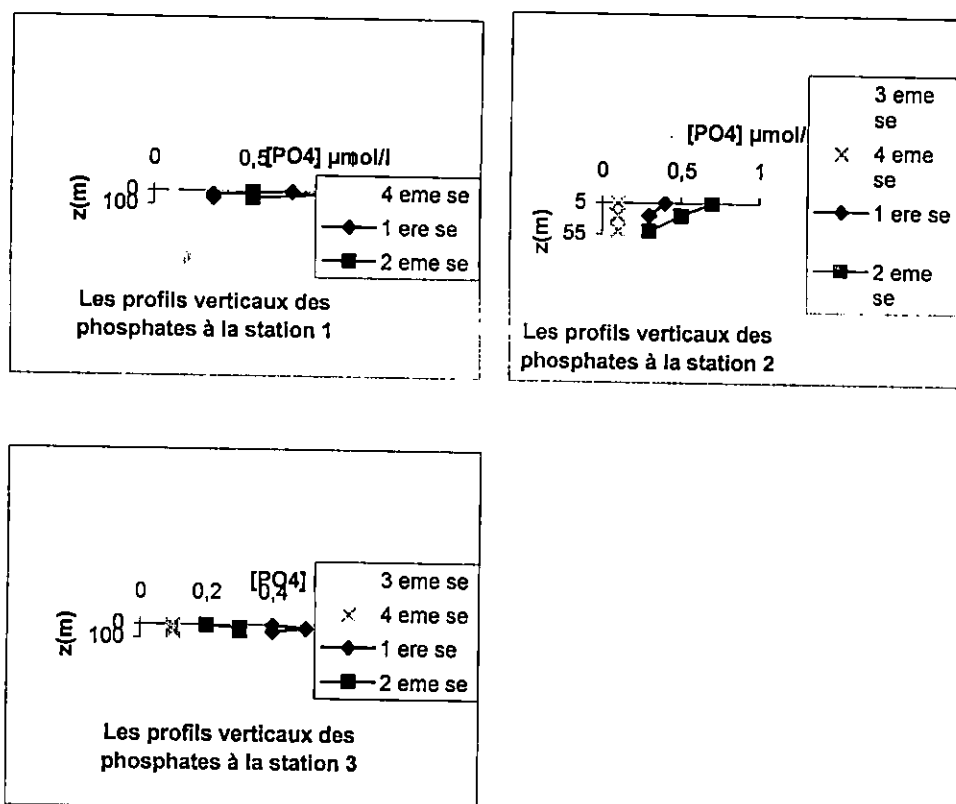


Fig. n° 39 : Les profils verticaux des phosphates en 1998

Les teneurs en phosphates dans la baie de Bou-Ismaïl varient entre 0.109 et 0.951 $\mu\text{mol/l}$.

La répartition spatiale montre que les fortes teneurs superficielles en face de Mazafran et les plus faibles sont au niveau de la station Mazafran (large), cependant que la station de BouHaroune se caractérise durant toute la période d'échantillonnage par une couche homogène.

Les nitrites

Les profils des nitrites sont représentés dans la figure n° 40

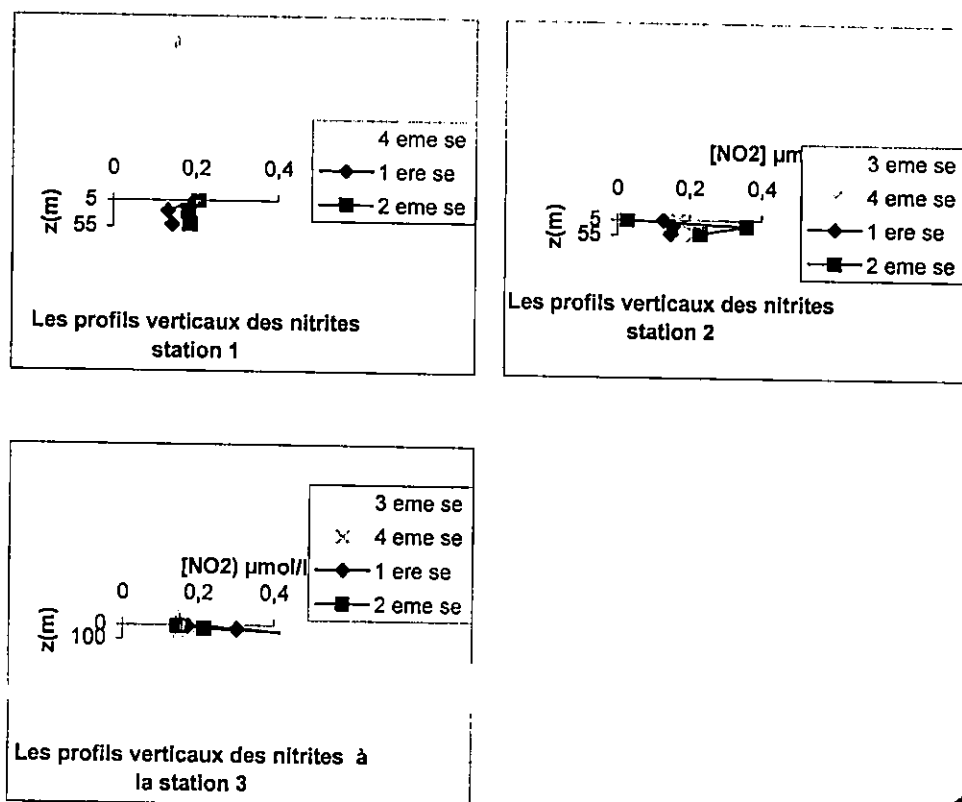


Fig. n° 40 : Les profils verticaux des nitrites en 1998

Les nitrites durant le mois de Mai 1998 présentent des teneurs qui varient entre 0.029 et 0.575 $\mu\text{mol/l}$.

On remarque que durant le mois de prélèvement la variation temporelle des nitrites est toute à fait l'inverse des nitrates, les concentrations en nitrites augmentent d'une semaine à une autre mais diminuent avec la profondeur pour chaque station.

Les nitrates

à relire

Les nitrates en 1998 sont représentés dans la figure suivante

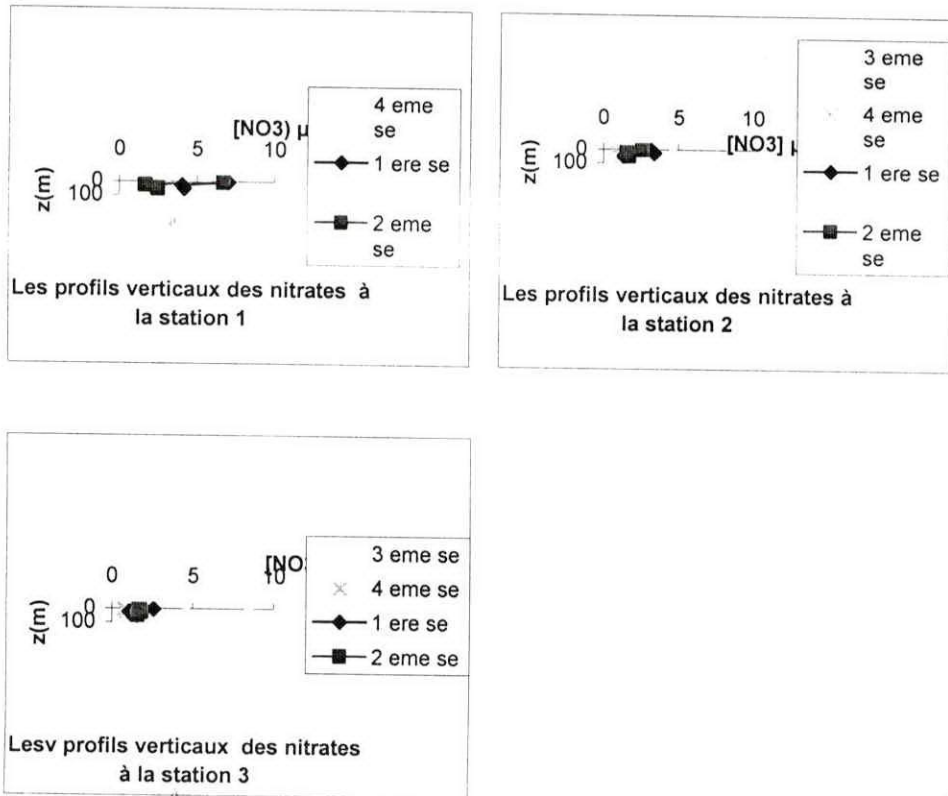


Fig. n° 41 : Les profils verticaux des nitrates en 1998

Conclusion

L'allure générale des courbes représentatives montre une progression des teneurs en nitrates et un enrichissement des nitrates en face de Mazafran par rapport aux eaux de BouHaroune. Ceci est lié à la situation hydrologique particulière de l'oued Mazafran.

Les résultats de la PNA calculée à partir des (nitrites +nitrates) et les phosphates sont représentées dans le tableau n° 7 .

Tableau n° 7 : La PNA dans la baie de Bou-Ismaïl en 1998

Station	Δ (NO ₂ +NO ₃) μmol/l	PNA mg C/m ² /j	Δ (PO ₄) μmol/l	PNA mg C/m ² /j	N/P
1	-2.85	167	-0.363	340	7.85
2	-2.16	126	-0.239	224	9.03
3	-1.09	63.7	-0.362	339	3.01

On remarque que la PNA calculée à partir des nutriments est forte avec une tendance à diminuer de la cote vers le large et reflète une production issue de l'activité photosynthétique.

La diminution des sels nutritifs en 1998 ne sont pas dans un rapport Redfieldien par conséquent, il est fort probable qu'au cours de la période d'échantillonnage il ya eu des apports terrigènes (via l'oued Mazafran) modifiant les teneurs en sels nutritifs.

Conclusion



CONCLUSION GENERALE

Cette étude préliminaire, a permis de suivre l'évolution saisonnière des nutriments et de leurs sources potentielles dans eaux de la baie de BouIsmaïl

Notre travail a montré que la structure hydrologique décrite à l'aide des données de salinité et de température confirme le rôle prépondérant de la circulation générale des eaux en Méditerranée occidentale, et montre que la région est le siège d'un mélange qui se fait entre trois eaux d'origine différente :

-Une eau d'origine Méditerranéenne avec des salinités supérieures à 37.6 psu

-Une eau représentant des caractéristiques de l'eau atlantique modifié avec des salinités comprises entre 36.1 et 36.5 psu

-la troisième est une eau continentale par apport d'eau douce des différents oueds qui se déversent au niveau de la baie.

Les concentrations en sels nutritifs ainsi que les rapports biochimiques trouvés au niveau de la baie nous renseignent sur l'importance des apports continentaux et permettent de subdiviser la zone en deux parties bien distinctes :

-La partie Est ou l'intervention de l'oued Mazafran enrichit en nutriments les eaux de surface à cette saison.

- La partie centre et Ouest (la zone de Bouharoune) , qui semble plus influencé par les eaux de large et dans laquelle on observe un enrichissement relative des couches profondes en éléments nutritifs.

Les variations saisonnières des sels nutritifs peuvent nous permettre d'estimer la production nette apparente et l'origine des sels nutritifs (endogène ou exogène), cette production varie entre 5.78 et 71 mg C/ m²/j.

En fin, il est certain qu'il existe une pollution par les sels nutritifs dans la baie de BouIsmaïl mais cette eutrophisation ne présente pas un caractère catastrophique (O₂ dissous e quantité importante en sub surface), cependant , ces résultat doivent être prés par précautions car l'étude a été réalisée sur une courte période.

Il serait fort intéressant de réaliser des suivies à long terme afin de quantifier les apports anthropiques.

Bibliographie

Bibliographie

- Amara. R.**; 1988. Contribution à l'étude dynamique de la pollution en zone cotière cas de BouIsmaïl. Memoire de DES. *ISMAL*.109.
- Aminot .A., Chausse-pied. M.** ; 1983 : manuel des analyses chimiques dans le milieu marin ed *CNEXO* 395.
- Antoine .D. ; André J.M.; Morel. A.**; 1996. Oceanic Primary production... 2. Estimation at global scale from satellite (coastal zone color scanner) Chlorophyll; *global biogeochemical cycle* 10(1), 57-69.
- Ait Kaci. D. ; Bendalia .A. Pauc.** ; 1976. Etude sédimentologique de la baie d'Alger et de BouIsmaïl. *rapp crop1* :23-28.
- Arfir; Champ Albert. G.; Partrtig;** 1982. « Étude comparée du plancton du vieux port, de l'avant port et du golfe de Marseille » liaison avec les paramètres physiques chimiques et du pollution de la station marine d'endoune. *Thethys* vol10 n°3 200-211.
- Armoustrong. F .A. J. and Buther .E. I;** 1960. Chemical changes in the sea water of Plymouth During 1957. *Ibid*; 38:41-45.
- Arour .F.** ; 2002 .la cote algérienne est elle entrophisée ? mémoire d'ingénieur *ISMAL* .103.
- Astraldi .M.; Gasparini .G.P.**; 1992. The seasonal characteristics of the circulation in the north Mediterranean basin and their relationship with atmospheric-climac conditions *G eophys.res* .97.9531-9540.
- Astrataldi. M.; Gasparini .G.P.**; 1994. The seasonal characteristics of the circulation in the Tyrrhenian Sea .In: violette P.E (ed). seasonal and interannual variability of the western Mediterranean sea. Coastal and estuarine studies, 46.115.134.
- Astraldi .M.; Gasparini. G.P.; Sparnochia .S.; Moreliti .S.**; 1996. The characteristics of the water masses and the water transport in the Sicily channel at long times. Scales. bulletin Institut oceanographic Monaco 17.95-118.

- Aubert.M. ; Gauthier. M. ;** 1972. Pollution chimique de la mer .Rev.intern.oceano .med tome XXVIII 181-191
- Aubert. M.; Aubert .J. ;** 1986.Eutrophie et dystrophie en milieu marin : phénomène planctonique et bactérien.Rev .In.oceanog.Med.83-84.
- Benbara .N. ;** 2001 .Contribution à la connaissance de la macrofaune benthique estivale des fonds meubles du secteur Est de la baie de Bou-Ismail et son évolution entre 1988 et 1999 mém DEUA ISMAL 86.
- Benzohra. M. ;** 1993. Les structures hydrodynamiques le long des cotes algériennes. Chouikhi et al (ed). Circulation des eaux et pollution des cotes méditerranéennes des pays du Maghreb INOC, Izmir, Turquie : 153-156.
-
- Benzohra. M. and Millot .C.;** 1995 a .Characteristics and circulation of the surface and intermediate water masses of Algeria. *Deep sea .res .I* Vol42 N°10:1803-1830.
- Benzohra .M. and Millot .C.;** 1995 b. Hydrodynamics of an open sea Algerian edy *deep – sea- Res* vol 42; n°10:1831-1847.
- Béthoux .N. et Copin- Montégut. G. ;** 1977 .Etude de corrélations entre sels nutritif et germes test de contamination fécale en période estivale,sur la cote méditerranéenne III journée d'étude pollutions,Split C.I.E.S.M (1976) :143-146.
- Béthoux J.P.;** 1980. Le cycle du phosphore dans le bassin occidental de la mer Méditerranéen .modèle d'étude du devenir des rejets telluriques V Journées. Étude pollution.Cafliaire *CIESM*. (1980) :997-1004.
- **Béthoux; .J.P.;** 1981.Phosphore and nitrogen in the Mediterranean sea .budget and potential fertility *Mar –chemi*10; 141-158.
- Béthoux .J.P. ; Morin. P. ; Diana .P. ;Runz.P. ;**2001.emporal trends in nutrient ratias:chemical evidence of Mediterranean ecosystem change driven by human activity *deep sea recherche*I.I.
- Boudjellal .B. ;** 1989.Sels nutritifs et matière en suspension dans le golfe d'ARZEW mem de TS en biologie des pêche *ISMAL*.81.

- Boudjellal .B. ; Boulahdid .M. ; Eddalia .N. et Benchikh .S. ; 1996.** Paramètres physico-chimiques et sels nutritifs dissous dans le golfe d'Arzew.premieres journée maghrébines des sciences de la mer (TUNISIE), du 20 au 22 Novembre 1996.5.
- Boulahdid. M. ; 1987.** Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer étude des mélanges des masses d'eau et l'exportation de la matière organique dans l'océan .thèse de doct. SPGeochemie fondamentale université de Paris VII. ,266 .
- Boulahdid .M.. and Minster .J.F., 1989.** Oxygen composition and nutrients regeneration along isopycnal Horizons in the Pacific Ocean *Mar Chem*, Vol 26:133-153.
- Boulahdid .M. ; Eddalia. N.; Boudjellal. B. et Azouz. M. ; 1993.** Physico-chimie de la baie d'Alger, 2eme congrès de la société Algérienne de chimie Zeralda (Algérie), 6.
- Brisis et Brahmia ; 1997.** Caractéristiques hydrologiques et niveaux de fertilité des eaux de la baie de BouIsmaïl memoire d'ingénieure *ISMAL* ; 126.
- Brzezinski .M .A.; 1985.** The Si : C ratio of marine diatoms: interspecific variability and the effect of some environmental Variable; *journal of phycology* 21.347-357.
- Cambell JW; Aarup T; 1992.** New production in the north Atlantic derived from seasonal patterns of surface chlorophyll: *deep sea research* 139 (10), 1669-1694.
- Chaouch. N. et Darbeida .N. ; 1999.**Contribution a l'étude des conditions physico – chimiques et biologiques dans la baie de BouIsmaïl, men d'ingénieur, *ISMAL*, 121
- Chausseped. M. et Le corre. P., 1991 .**Rejets urbains et enrichissement du milieu en matière organique et sels nutritif : nouvelle série, science *de la terre* .tome XXV.fax unique, 128.
- Copin– Montégut .G. ; 1988.** Element majeurs des particules en suspension de la méditerranée occidentale *océanologica acta* n°SP : 10 2.
- Copin-Montegunt .G. ; 1995.** Evolution de la couche superficielle entre les parties 1 et 3 de la mission dynamique étudiée à partir des mesures entre 0 et 200 m de profondeur, campagne DYNARPR (30 avril-2juin 95).Rapp.atelier des 23 et 24 novembre 1995 :15-16.

- Copin -Montégut. G. ; 1996. Chimie de l'eau de mer collections « synthèse » 315.
- Coste .B. ; Nival .P. et Mimas .H. j. ; 1982 Analyse des chlorophylles des eaux superficielles d'une zone d'upwelling (cote de Mauritanie, mars /avril 1974) .Rapp .PV .Reun .cous.int explor.mer n° :180-113.
- Coumes .F. ; Rousseau ; 1967. Etudes de la sédimentation actuelle de la baie de Castiglione Rapport de *Sonatrach* n° 4931.36.
- Dagrome. A ; 1970. Remarques préliminaires sur la sédimentation prelittorale en baie de Bou-Ismaïl (ouest Alger) *annal Algérien de géographie* n°7 73-78.
- Dandoneau .Y. ; 1998.le cycle du carbone dans les océans les humeurs de l'océan ed *Bendor* ; 13-15 juin 1990 IFREMER *actes des colloques* N°11 :27-34.
- Eddalia .N. ; 1990. Les sels nutritifs et la matière en suspension dans la baie d'Alger et le golf d'Arzew, identification des masse d'eaux ; memd'ingénieur ; *ISMAIL*.103.
- Gaullaud. J. et Aminot. A. ; 1991. Devenir des éléments nutritifs en zone littorale. La mer et les rejets urbains acte de colloques n° 11-1991. *Ifremer* 13-15.
- Helmer .R.1977.polluants from land -based source in the mediteranean.Ambio 6.312-316 *Ibid*; 38:41-45.
- Ivanoff. A. ; Richard. E.M., 1972. Introduction à l'Océanographie .propriétés physiques et chimiques des eaux de mer ed *Vulbert* Tome 1.233.
- Jaques. G.; 1979. Production primaire (phytoplancton) études régional : méditerranée upwelling, antarctique .Manuel d'enseignement N° 3 :29.
- Jacques et Tréguer .P. ; 1986.Ecosysteme pélagiques marins (ed) *Masson* collection d'écologie 19.Paris :243.
- Jeandel. C.; 1988. Les humeurs de l'océan.les particules marins ed française de scientifique américain : 58-60.

- Jeandel .C.**; 1999.The role of nitrogen fixation in the biochemical cycling in the subtropical North Pacific Ocean .*Nature (London)*,388:533-538.
- Khaouni .L.** (2001) .La pollution par les hydrocarbures pétroliers dans l'eau et le sédiment superficiel du port d'ARZEW .mem DEUA *ISMAL*
- Khripounoff et Rouve .G.T.**; 1985: les apports organiques et leur transformations en milieu abyssal a l'interface eau sédiment dans l'océan Atlantique *océanologica acta* 8.298.
- Lacaze .J. C.** ; 1993. La dégradation de l'environnement côtiers : conséquences écologique : collection de l'environnement ed *Masson* 149.
- Lacaze. J.C.** ; 1996.Eutrophisation des eaux marines et continentales : causes, manipulation, conséquences et moyen de lutte.ed *Ellips*.191.
- Le claire .L. .**, 1972.La sédimentation Holocène sur le versant méridional du bassin Algero-baleares (precontement algérien).mémoire meusiem National .histoire naturelle nouvelle série C .*science de la terre* .tome XXIV
- Le Corre .P. et Tréguer. P.**; 1976. Contribution à l'étude de la matière organique dissoute et des sels nutritifs dans l'eau de mer.Characteristiques chimiques du golfe de Gascogne et des upwellings, côtiers de l'Afrique du Nord Ouest, thèse de Doctorat SP sciences physiques, Université de *Bretagne Occidental Brest*.490p.
- Letts. E.A. ; Richard .E.M.**; 1991 .Report on green seaweeds and especially ulva latissima in relation to the pollution of the waters in witch they occur.Royal Comission on sewage Disposal 7th report,HMSO-London , appendisc III section II.
- Libes .S.**; 1992.Introduction to marine biochemistry .ed *Wiley and Son*.NY .USA.734.
- Lohrenz .S.E., Wiesenburg .D., Depalma ;** 1988. Interrelationships among primary production, Chlonphyll and environmental conditions in frontal regions of the western Mediterranean Sea. *Deep Sea Red I*, Vol 35 N°5: 793-810.
- Lohrenz. S. E.; Knaner .G.A.; Asper .V.L.**, 1992.Seasonal variatibility in the primary production and particule flux in the southwestern.sargasso sea *Deep sea research*, 39; 1373-1391.

- Lokman. D.J. ; 1993. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la baie de Zemmouri .memoire de DEUA *ISMAL*, 64.
- Louanchi. F., . Najjar .R..2000- A global monthly climatology of phosphate, nitrate , and silicate in the upper ocean: spring- summer export production and shallow remineralization. *global biogeochemical cycles* vol14 n°3:957-977
- Louchi .F.; Diana .P.; jeandel .C.;2001dissolved inorganic carbon, alkalinity,,nutrient and oxygen seasonal and interannual variation at the antarctic *ocean deep sea research* I 48 (2001)1581-1603.
- Martin .J.H. ;; Gordon. R.M.; Hunter .CN.,Tarners. J.;1993. Primary productivity and carbon,nitrogen flux studies during JFOFS North Atlantic bloom experiment *deep sea research* II 40(1-2) , 115-134.
- Menesguera ;1980.P résentation du phénomène d'eutrophisation littorale « la mer et les rejet urbains » Bendor.13-15 juin 1990 *I Fremer actes de colloques* M.35-5 P
- Menzel .D.W. ; ;1965.The measurement of total phosphorus in sea water based on the liberation of organically bound fractions by persulfate oxidation.*Limnol oceanog.*10:280-282.
- Millot .C. ; 1985 . Some features of Algerian current. *J-Geophysiques*. Vol 90. N07 : 7169-7176.
- Millot C;1987 . Circulation in the western Mediterranean Sea *oceanologica acta* Vol 10 : 143-149.
- Millot .C. ; 1989 : la circulation générale en Méditerranée occidentale aperçu de nos connaissances et projets d'études annuels de géographie N°549 C VIII année 497-515P
- Millot .C.; Taupier .L.; Benzohran .M.; 1989; The Algerian eddies. *Earth Sci Rev* 27 : 1-17.
- Millot. C.-1999. Circulation in the western Mediterranean Sea .journal of marine systems 424-435.
- Minas .H.j ; 1970. La distribution de l'oxygène en relation avec la production primaire en Méditerranée. *Mar Bio* Vol 7 n°3 : 181-204.

- Minas .H.j. ; Coste .B., Minas. M. ;Raimbault .P. ;**1990. Conditions Hydrologiques, Chimiques et productions primaire dans les upwelling du Pérou et des îles Galapags, en régime d'hiver Austral Compagne Paciprod *Oceanologica acta* Vol Sp 10 : Actes du colloque tour du monde jeans Charcot, 1-3 Mars 1989 :383-390.
- Minster .J.F.;** 1989 . Introduction to chemical tracers of the ocean circulation ANDERSON D.L.T and Willebrand J'(Edt) *oceanus circulation Models: Combining Data and Dynamics* : 345-376.
- Nixon. S.W.; Atkinson. L. P;**1996.The fate of nitrogen and phosphorus at the land. Sea margin of the North Atlantic ocean in: Howard R (ed) *Nitrogen cycling in the north Atlantic ocean and its water; Biogeochemical* 35 : 141-180.
- ONM (office national de météorologie)** 1999 ,2002,2003:bulletin décennaire formation climatologique et(agrométéorologique)
- Peres . J.M. ;**1976 :pollution des eaux marines .ed *Gauthier Villard* 231
- Raimbault. P. ; Coste B; Boulahdid M et Boudjellal B;**1993 .O origin of high phytoplankton concentration in deep chlorophyll maximum (DCM) on a frontal region of the south western Mediterranean sea (Algerian current) ;*Deep Sea Research*;40,791-804.
- Raimbault . P. ;Conan .P. et Coste .B. ;**1993 : le phosphore en méditerranée occidentale : donnée récente et re-évaluation de l'évolution temporelle au sein des eaux profondes rapp.comm instit mer med Vol 34.68p
- Redfield .A.C.; Ketchum .B.;Richards. A.;**1963 :the influence of organisms on the composition of sea water In: Hill; M.N(ed) .the sea ; vol2: inter science, *New York* 26-77.
- Riley .J.P. et Chester;** 1971.Introduction to marine chemistry *Academic press*.London.465.
- Ryding et Sorasty. W. ;** 1994. Le contrôle de l'eutrophisation des lacs et des réservoirs; *masson*261.
- Samson-Kechacha .F.L. ;**1981 . Variation saisonnière des facteurs contrôlant le développement du phytoplancton : thèse de doctorat sp océanographe *USTHB*, 98.

- Samson .F.L .et Dahmani .** ; 1995. Gradient vertical des sels nutritifs en milieu côtier dans les régions d'Alger rapp.comm Int .mer medit vol34 :70.
- Sellali .B.** ;1996. la pollution par les hydrocarbures pétroliers en méditerranée sud occidentale : niveau de contamination de l'eau et du sédiment superficiel des régions littorales centre et ouest de l'Algérie
- Treguer .P. et Lecorre .P.** ;1975 : Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer (utilisation de l'auto analyseur II technicon(2^{ème} édition) *laboratoire d'océanographie chimique*,110p
- Wafar**; 1981 . Nutriments, primary production, and dissolved and particulate organic matters in the well mixed temperate coastal waters (bay of Morlaix-western English Channel).these Doct.3^{ème} cycle University of Paris 226
- Walsh** ;1991. Importance of continental margins in the marine biogeochemical cycling of carbon and nitrogen *nature*350:53-55.
- Wollast .R.**;1991. The coastal organic carbon cycle; fluxes, sources and sinks. Dahlen Workshop Report,
- Wollast .R.; Chou .L.**;2001. The carbon cycle at the ocean margin in the Northern gulf of Biscay OMEXI; *Deep sea resII* ;48: 3265-3293.
- Wollast .R.**; 2003. Continental margins-review oh geochemical settings in ocean margin systems *Springer* (ed), 15-31
- Wood.Armstrong .F.et Richard .F.A.** ;1969. Determination of nitrate in sea water by Cadmium Cooper reduction too nitrate; *man boil tssoc*.UK 47:23.31.

Annexes

ANNEXE I

Préparation des réactifs et les circuits pour l'analyse chimique automatisée des sels nutritifs dans l'eau de mer

1. Analyse des phosphates

1.1. Réactifs :

a- La solution de molybdate d'ammonium

Dissoudre 230 mg de molybdate de potassium dans 800 ml d'eau distillée, ajouter 69.4 ml d'acide sulfurique H_2SO_4 (97%) et 6 g de molybdate d'ammonium, compléter avec l'eau distillée jusqu'à un litre ensuite dans le flacon d'analyse ajouter 2 ml de FFD6 (cette solution est stable pour 5 jours à 4°C)

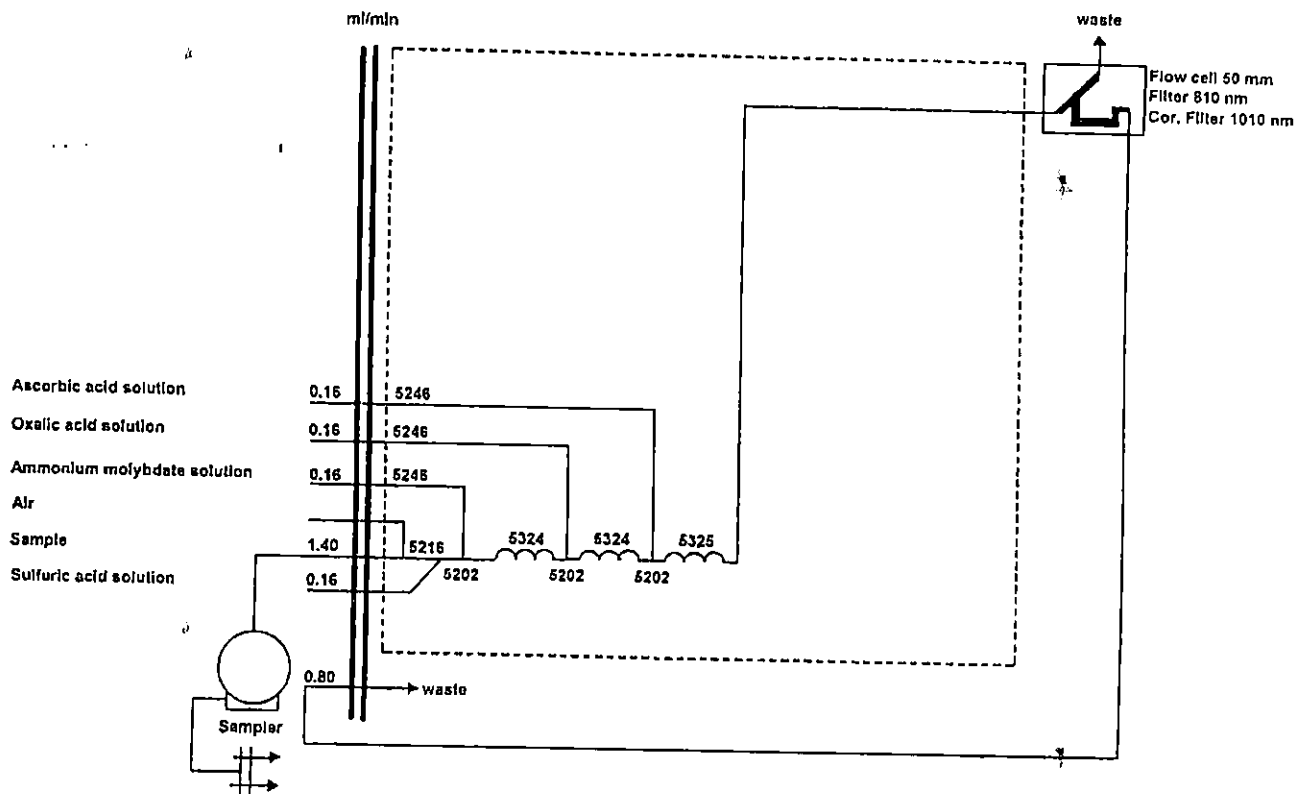
b- La solution d'acide ascorbique

Dissoudre 11 g d'acide ascorbique dans 800 ml d'eau distillée, ajouter 60 ml d'acétone, compléter à un litre avec de l'eau distillée, puis dans le flacon d'analyse ajouter 2 ml de FFD6 (cette solution est stable pour 5 jours à 4°C)

La solution mère à 100 ppm de P

Dissoudre 0.4394 g de dihydrogène de potassium (KH_2PO_4) dans 800 ml d'eau distillée, compléter à un litre (cette solution est stable pour quatre semaines à 4°C) ; à partir de cette solution mère on prépare une solution fille de 10 ppm de P, puis à partir de la solution fille on prépare des standards à différentes concentrations.

1.2.Circuit des phosphates



2. Analyse des silicates

2.1. Les réactifs :

a- La solution d'acide sulfurique

Diluer 10 ml d'acide sulfurique H_2SO_4 (97%) dans 800 ml d'eau distillée, compléter à un litre et ajouter dans le flacon d'analyse 2 ml de FFD6 (cette solution est stable pour une semaine à $4^\circ C$)

b- La solution de molybdate d'ammonium

Dissoudre 20 g de molybdate d'ammonium dans 800ml d'eau distillée, compléter jusqu'à un litre, puis dans le flacon d'analyse en polythène ajouter 2ml de FFD6 (cette solution est stable pour un jour).

c- La solution d'acide oxalique

Dissoudre 44 g d'acide oxalique dans 800ml d'eau distillée, ensuite compléter à un litre, conserver dans un flacon en polythène (cette solution est stable pendant une semaine à 4°C).

d- La solution d'acide ascorbique

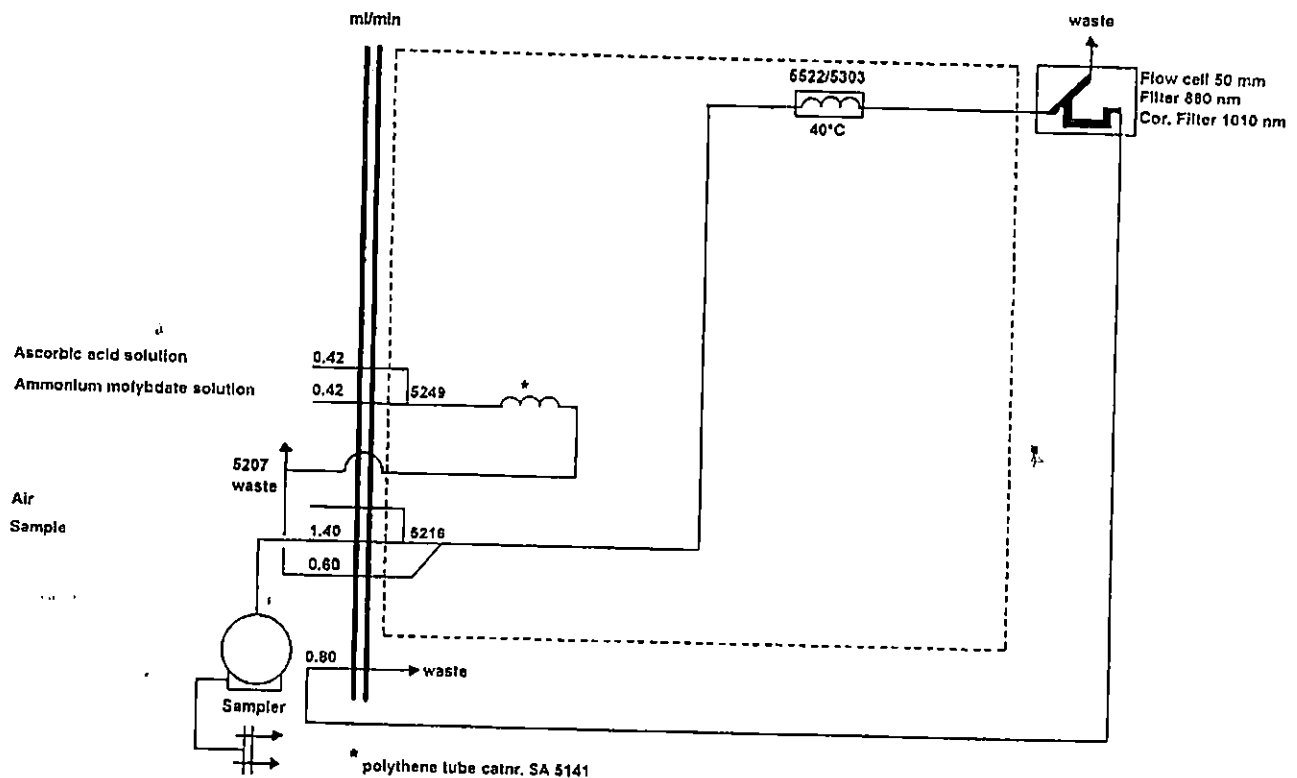
Dissoudre 40 g d'acide ascorbique dans 800ml d'eau distillée, compléter à un litre (cette solution est stable pour une semaine à 4°C).

La solution mère à 100 ppm de Si

Dissoudre 1.0119 g de metasilicate de sodium dans 800 ml, puis compléter à un litre, cette solution est stable pendant un mois dans un flacon en polythène.

A partir de cette solution mère, on prépare une solution fille à 10 ppm de Si puis on prépare les standards.

2.2.Circuit de la Silice



3. Analyse des nitrates + nitrites

3.1. Réactifs :

a- buffer solution

Dissoudre 50 g de chlorure d'ammonium dans 800ml d'eau distillée, ajuster le pH à 8.2 avec la solution d'ammonium (NH_4OH) (25%), ensuite ajouter 5 g d'hydroxyde de sodium, compléter avec l'eau distillée et dans le flacon d'analyse ajouter 3ml de Brij 35 (30%)

b- Color réagent

Dissoudre 150 ml d'acide ortho silicique dans 700ml d'eau distillée, ajouter 10 g de sulfanilamide et 0.5 de 1- naphthylethylene diamine dihydrochloride bien agiter puis compléter à un litre avec de l'eau distillée, cette solution est stable pour deux semaines dans l'ombre.

La solution mère à 100 ppm de N

Dissoudre 0.6068 g de nitrate de sodium dans 800ml d'eau distillée, ensuite compléter à un litre, cette solution est stable pour quatre semaines à 4°C

A partir de cette solution mère on prépare une solution fille à 10 ppm de N puis on prépare nos standards.

Préparation de la colonne réductrice

-Peser 3 g de grains de cadmium qui ont été préalablement sélectionnés par tamisage entre 0.315 et 0.710 mm.

-Laver à l'éther éthylique puis à l'eau distillée.

-Laver avec 50ml d'HCL (6N) puis rincer à l'eau distillée.

La suite de la préparation des grains de cadmium se fait à l'abri de l'air.

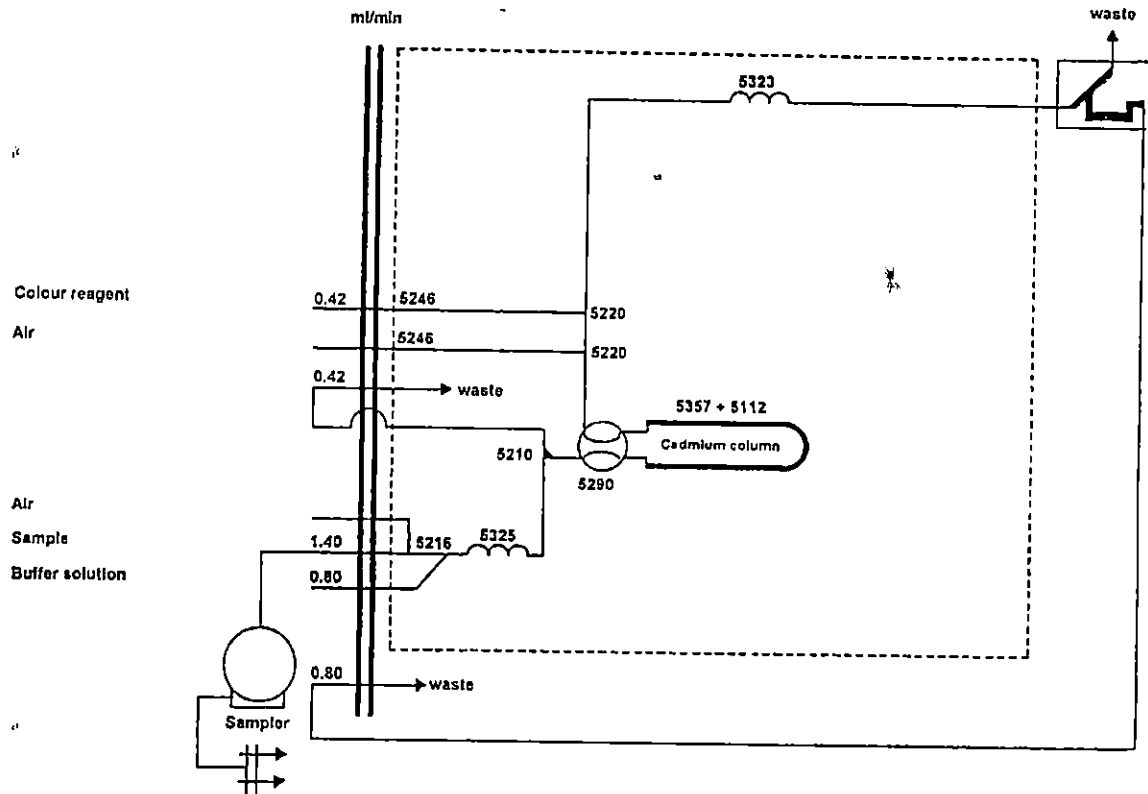
-Traiter le Cd par 50ml de solution de sulfate de cuivre CuSO_4 (2%) jusqu'à disparition de la coloration bleue puis agiter le Cd avec cette solution et laisser en contact dans un erlenmeyer pendant plusieurs minutes.

-Laver abondamment à l'eau distillée en évitant de mettre le Cd en contact avec l'air

-Traiter à nouveau le cadmium par 50ml de solution de sulfate de cuivre (2%) jusqu'à l'apparition de particules colloïdales de coloration rouge

- Laver à l'eau distillée jusqu'à la disparition totale des particules
- Les grains obtenus sont trempés dans une solution de chlorure d'ammonium NH_4Cl à 69%. Avec cette solution remplir la colonne de 2 mm de diamètre puis tasser, dans cette colonne, attentivement les grains en évitant le contact avec l'air.

3.2.Circuit analytique de nitrates +nitrites



4. Analyse de l'ammonium

4.1. Les réactifs

a- Buffer solution

Dissoudre 33g de potassium de sodium dans 800 ml de l'eau distillée, ajouter 24g de citrate de sodium, ajuster le pH à 5 avec l'acide sulfurique, compléter à un litre avec l'eau distillée et dans le flacon d'analyse ajouter 0.5ml de Brij (cette solution est stable pour une semaine à 4°C).

b- La solution de phénol

Dissoudre 83 g de phénol dans 50 ml d'eau distillée, ajouter 40g de l'hydroxyde de sodium ensuite compléter à un litre (cette solution est stable pendant une semaine)

c- La solution de hypochlorite de sodium

Diluer 200ml de hypochlorite de sodium dans 700 ml d'eau distillée ensuite ajouter l'eau distillée à un litre

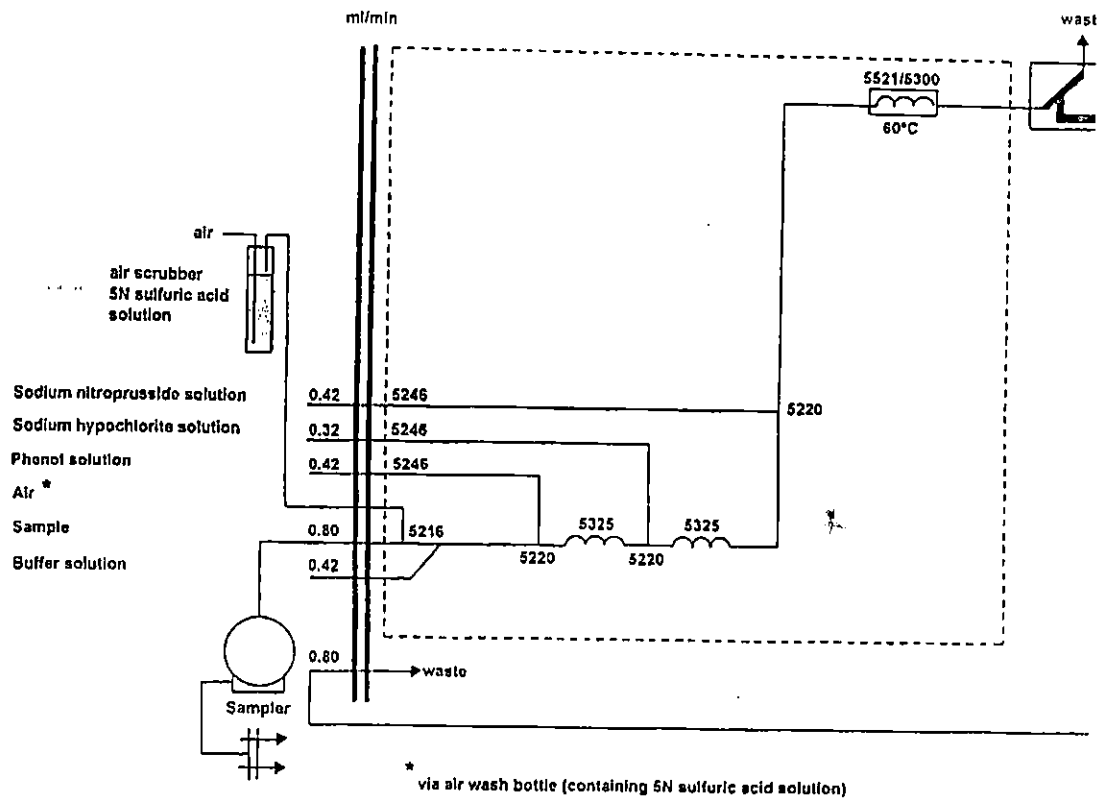
d- La solution de nitroprusside de sodium

Dissoudre 0.5 g de nitroprusside de sodium dans 800ml d'eau distillée, ensuite compléter à un litre

e- La solution de air scrubber

Diluer 139 ml de l'acide sulfurique dans un litre d'eau distillée.

4.2. Circuit analytique de l'ammonium



Annexe II

La localisation des Stations dans la baie de BouIsmaïl

Station	Latitude	Longitude	Nom de la Station
1	36°.38.75'	2°.25'	Chenoua
3	36°.37.75'	2°.26'	Tipaza
4	36°.37.75'	2°.30'	Entre Bérard et Tipaza
6	36°.38.75'	2°.35'	Entre bérard et Tipaza
7	36°.39.75'	2°.35'	Bouharoune
9	36°.39.75'	2°.40'	Bouharoune
10	36°.40.25'	2°.40'	Bouismaïl
11	36°.42.25'	2°.40'	Bouismaïl
12	36°.41.5'	2°.45'	Fouka
13	36°.42.5'	2°.45'	Douaouda
15	36°.43.75'	2°.48.2'	Mazafran
16	36°.44.5'	2°.47.8'	Mazafran
17	36°.45.5'	2°.50'	Sidi Fredj
18	36°.46. '	2°.51.6'	Djamila
20	36°.46.6'	2°.53'	Djamila

Les résultats paramétriques de la campagne de Mars 2003

Station	O ₂ µmol/l		T°C		S psu		MES mg/l	
	Surface	fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
1	265,3	273,43	16	15	36,7	36,8	141,6	164,8
3	312,5	284,3	15,9	14,9	36,7	36,9	149,6	130,4
4	310,9	298,1	15,8	15,1	36,7	36,9	148,8	156
6	301,5	276,5	15,7	14,9	36,7	37,3	149,6	145,6
7	298,4	300,3	15,5	14,8	36,7	37,3	148	153,6
9	-	-	15,8	15,7	36,7	36,6	134,4	131,2
10	-	-	15,7	15,3	36,7	36,8	136	147,2
11	-	-	16	14,7	36,7	37,6	149,6	136,8
12	-	-	16,1	15,6	36,8	36,7	150,4	148,8
13	-	-	16	15,4	36,7	36,9	157,6	139,2
15	-	-	16,5	15,6	36,4	36,7	61,6	148
16	-	-	16,3	15,3	36,6	36,8	152	148,8
17	-	-	17,1	15,9	36,5	36,6	152	140
18	-	-	16,8	15,8	36,7	36,7	216,8	136,8
20	-	-	16,7	15,6	36,3	36,7	150,4	144,8

Les résultats d'azote de la campagne de Mars 2003

Station	NO ₂ µmol/l		NO ₃ µmol /l		NH ₄ ⁺ µmol /l		NOT µmol /l	
	Surface	fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
1	0,01	0,6	0,3	1,03	18,2	11,9	74,9	29,01
3	0,02	0,07	0,08	1,6	8,2	25,6	56,97	94,08
4	0,02	0,01	0,6	0,2	25,9	19,1	28,02	31,8
6	0,01	0,01	0,05	0,03	14,5	15,7	112,07	52,13
7	0,02	0,02	0,4	0,03	20,1	10,4	20,1	22,01
9	0,02	0,02	0,09	0,09	14,2	11,05	11,6	111,1
10	0,02	0,01	0,2	0,09	13,3	15,9	84,7	59,7
11	0,02	0,04	1,08	0,3	10,7	9,2	63,5	68,6
12	0,2	0,01	0,2	0,2	19,4	19,1	15,9	54,1
13	0,02	0,03	1,07	1,1	23,9	9,4	42,3	24,6
15	0,01	0,08	0,2	0,3	12,3	15,6	75,3	22,9
16	0,01	0,03	0,3	0,2	16,2	-	64,5	-
17	0,03	0,03	0,6	0,1	19,05	25,07	24,8	29,4
18	0,02	0,02	0,3	0,8	27,4	23,1	48,1	96,66
20	0,03	0,09	0,6	0,7	21,3	26,5	5,3	42

Les résultats des phosphates et silicates de la campagne de Mars 2003

Station	PO ₄ ³⁻ μmol/l		POT μmol/l		Si(OH) μmol/l	
	Surface	fond	Surface	Fond	Surface	Fond
1	0,06	0,05	9,9	10,8	7,6	7,02
3	0,01	0,05	3,6	2,6	6,7	6,6
4	0,08	0,03	3,1	23,7	7,2	6,3
6	0,06	0,03	6,04	14,8	2,9	7,2
7	0,04	0,01	37,1	11,4	7,2	4,7
9	0,03	0,03	5,3	8,6	7,4	7,5
10	0,03	0,04	7,5	7,7	5,3	3,6
11	0,06	0,06	6,2	8,1	7,7	8,08
12	0,03	0,04	7,7	8,6	7,7	4,6
13	0,05	0,04	6,4	4,03	6,7	7,3
15	0,03	1,4	4,1	15,5	5,8	8,3
16	0,07	0,06	7,8	12,7	5,8	8,06
17	0,05	0,04	9,1	2,4	7,8	7,8
18	0,04	0,04	6,5	9,3	7,4	7,7
20	0,03	0,03	5,1	1,9	8,1	7,8

Les résultats paramétrique de la campagne de Mai 2003

Station	O ₂ µmol/l		T°C		S psu		MES mg/l	
	Surface	fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
1	259,3	265,6	20	18	37.2	37	36.2	53
3	262,5	268,7	18,9	17,7	37.06	35	37.4	37.4
4	284,37	268,7	18,7	17,9	37.1	37.06	33.7	31.7
6	296,8	275	18,2	17,8	36.5	36.6	39.1	36.8
7	300	268,7	18,2	17,9	36.6	36.6	45.1	58.5
9	278,1	296,8	18,4	18,1	36.5	36.5	66.7	144.4
10	293,75	268,7	18,2	17,9	35.6	36.5	61.2	61.4
11	296,8	256,2	18,2	17,9	36.5	36.6	58.2	62.8
12	268,7	281,2	19,2	17,3	36.5	36.5	55.8	47.05
13	283,1	296,8	19,4	17,5	36.6	36.6	44.9	43.5
15	290,6	281,2	18,8	17,5	36.6	36.6	-	-
16	265,6	290,6	19	16,9	36.6	36.7	-	-
17	271,8	282,5	18,5	17,1	36.3	36.6	33.8	22.4
18	265,6	281,5	18	16,9	36.5	36.5	77.2	14.7
20	271,8	268,7	17,3	16,7	23.7	23.5	62.4	22.5

Les résultats des sels nutritifs de la campagne de Mai 2003

Station	NO ₂ µmol/l		NO ₃ µmol /l		PO ₄ ³⁻ µmol/l	
	Surface	fond	Surface	Fond	Surface	Fond
12	0,002	0,001	0.2	0.5	5.4	0.7
13	0,001	0,001	1.001	2.3	0.3	0.4
15	0,001	0,003	6.02	9.5	0.8	0.8
16	0,0009	0,001	14.8	10.9	1.5	0.6
17	0,002	0,001	5.6	4.07	0.9	1.2
20	0,001	0,1	15.2	10.2	1.9	2.02

Annexe III

La formule de la solubilité selon CNEXO

$$\ln C^*_{O_2} = A1 + A2 * 100/T + A3 \ln T/100 + A4 t/100 + S [B1 + B2 * T/100 + B3 (T/100)^2]$$

Avec

$C^*_{O_2}$: solubilité de l'oxygène en ml/l

T : température absolue de l'eau : $T (K) = t(^{\circ}C) + 273.15$

S : salinité de l'eau en «pour mille » g/kg

A1 : -173.4292

A2 : +249.6339

A3 : +143.3483

A4 : -21.8492

B1 : -0.033096

B2 : +0.014259

B3 : -0.0017000