

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المعهد الوطني لعلوم البحر و قهينة الساحل

Institut National des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

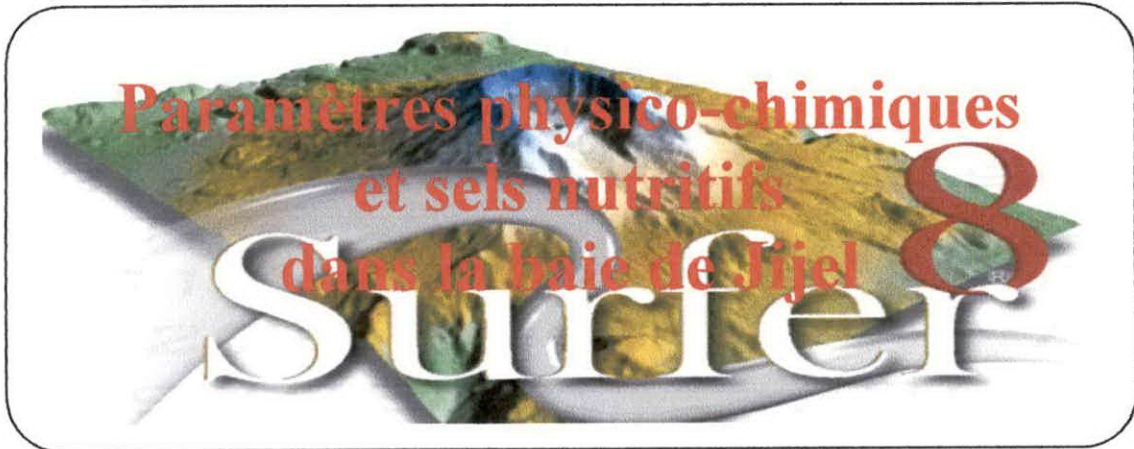


Mémoire :

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur en sciences de la mer

Option : Environnement marin.

Thème :



Présenté par :

Mr. SEKHARA Hafid

Devant la commission de jury :

- | | | |
|-----------------------|---------------------------|--------------|
| - Mme F HOUMA-BACHARI | Docteur (ISMAL) | Présidente |
| - Mme L AMROUCHE | Maître assistante (ISMAL) | Examinatrice |
| - Mr. H LOURGUIOUI | Maître assistant (ISMAL) | Examineur |
| - Mr. M BOULAHIDID | Professeur (ISMAL) | Promoteur |

Soutenu le : 09 Juillet 2007, à 09h00.

Promotion 2006 – 2007

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

CHAPITRE I : GENERALITES

I.1	Notion de traceur océanique.....	2
I.1.1	les traceurs océaniques conservatifs.....	2
I.1.2	les traceurs océaniques non conservatifs.....	2
I.2	Les paramètres physico-chimiques.....	3
I.2.1	La température.....	3
I.2.2	L'oxygène dissous.....	3
I.2.3	Le pH.....	4
I.2.4	La salinité.....	4
I.3	Les sels nutritifs.....	5
I.3.1	Définition.....	5
I.3.2	Origines des sels nutritifs.....	5
I.3.3	Rôles des sels nutritifs.....	6
I.4	Les différentes formes des sels nutritifs.....	6
I.4.1	l'Azote ammoniacal.....	7
I.4.2	Les nitrites.....	7
I.4.3	Les nitrates.....	8
I.4.4	Le phosphore.....	8
I.4.5	Silicates.....	9
I.4.6	Autres forme de l'azote.....	9
I.5	Les cycles de l'azote et de phosphore.....	9
I.5.1	Cycle biogéochimique de l'azote dans l'eau de mer.....	9
I.5.2	Cycle de Phosphore.....	10
I.6	Les rapports élémentaire, dits de Redfield.....	11

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1	Situation géographique de la baie de Jijel.....	14
II.1.1	Cadre géographique.....	14
II.1.2	Cadre géologique.....	14
II.2	Réseau hydrographique.....	14
II.3	Données hydrodynamiques.....	16
II.3.1	Les courants généraux.....	16
II.3.2	Circulation générale « le courant algérien ».....	16
II.3.2	Les courants de retour.....	17

II.3.3	Les courants de dérive littorale.....	17
II.4	Données climatiques.....	17
II.4.1	La température.....	17
II.4.2	La pluviométrie.....	18
II.4.3	Relation température-précipitation.....	20
II.5	Choix et localisation des stations.....	21

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

III.1	Travaux effectués en mer et paramètres mesurés.....	23
III.2	Prélèvement de l'eau de mer.....	24
III.3	Mesure des paramètres physico-chimiques.....	25
III.4	Méthodes de mesure des sels nutritifs	26
III.4.1	Prétraitement et conservation des moyens de prélèvement.....	27
III.4.2	Principe générale de la colorimétrie.....	27
III.4.3	Loi de <i>BEER LAMBERT</i>	27

CHAPITRE IV : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

IV.1	Analyse paramétriques.....	28
IV.1.1	Variations des paramètres physicochimiques.....	28
IV.1.1.1	La température.....	28
IV.1.1.2	La salinité.....	28
IV.1.1.3	Le pH	29
IV.1.1.4	L'oxygène dissous.....	29
IV.1.2	Variations des sels nutritifs	29
IV.1.2.1	Ammonium (NH_4^+).....	29
IV.1.2.2	Nitrites (NO_2^-).....	30
IV.1.2.3	Nitrates (NO_3^-).....	30
IV.1.2.4	Les Orthophosphates (PO_4^{3-}).....	31
IV.1.2.5	Le phosphore total.....	31
IV.1.2.6	L'azote total.....	32
IV.2	Distribution spatiale et dynamique des masses d'eaux dans la baie de Jijel.....	32
IV.2.1	Distribution horizontale.....	32
IV.2.1.1	La température.....	32
IV.2.1.2	La salinité.....	33
IV.2.1.3	Les nitrates et les nitrites.....	34
IV.2.1.4	Les Orthophosphates.....	36
IV.2.1.5	L'ammonium.....	36
IV.2.1.6	L'azote total.....	38

IV.2.1.7	Le phosphore total.....	38
IV.2.2	Distribution verticale.....	39
IV.2.1.1	Description des sections.....	40
IV.2.1.1.1	Section Ouest/Est.....	40
IV.2.1.1.2	Section cote/large.....	44
IV.3	Analyse binaire.....	48
IV.3.1	Diagramme de corrélation température/salinité (T/S).....	48
IV.3.2	Diagramme de corrélation nitrate/phosphate (NO ₃ / PO ₄ ⁻³).....	49
IV.3.3	Diagramme de corrélation oxygène dissous/nitrate.....	50
IV.3.4	Diagramme de corrélation oxygène dissous/phosphate.....	51
IV.3.5	Diagramme de corrélation nitrate/azote total.....	51
IV.3.6	Diagramme de corrélation phosphate/phosphore total.....	52
CONCLUSION.....		54
RECOMMANDATIONS		56
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		
ANNEXES		

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cycle de l'azote dans l'eau de mer (Riley and Chestre, 1971).....	12
Figure 2 : Cycle du phosphore dans l'eau de mer (Riley and Chestre, 1971).....	13
Figure 3 : La situation géographique de la baie de Jijel (Image satellitaire prise de Google Earth).....	15
Figure 4 : Moyennes mensuelles des températures en (°C), station de Jijel 1992-2000.....	18
Figure 5 : Moyennes mensuelles des précipitations enregistrées à la station de Jijel, pour la période allant de 1992 – 2000 (O.N.M).....	19
Figure 6 : Répartition saisonnière des pluies dans la région de Jijel 1992-2000 (O.N.M).....	20
Figure 7 : Diagramme ombrothermique de <i>Gaussen</i> , station de Jijel (1992-2000).....	20
Figure 8 : Carte de positionnement des stations de prélèvement dans la baie de Jijel.....	22
Figure 9 : La valise multiparamétrique de marque <i>W.T.W. Multiline P</i>	23
Figure 10 : L'Auto Analyser San Plus (SKALAR® 1996).....	24
Figure 11 : la bouteille de Von Dorm.....	25
Figure 12 : Un salinomètre de type BECKMAN INDUSTRIAL <i>Model R.S-10</i>	26
Figure 13 : Carte de la distribution spatiale de la température (°C) en surface dans la baie de Jijel.....	33
Figure 14 : Carte de la distribution spatiale de la salinité (psu) en surface dans la baie de Jijel.....	34
Figure 15 : Carte de la distribution spatiale des nitrates ($\mu\text{mol/l}$) en surface dans la baie de Jijel.....	35
Figure 16 : Carte de la distribution spatiale des nitrites ($\mu\text{mol/l}$) en surface dans la baie de Jijel.....	35
Figure 17 : Carte de la distribution spatiale des orthophosphates ($\mu\text{mol/l}$) en surface dans la baie de Jijel.....	37
Figure 18 : Carte de la distribution spatiale de l'ammonium ($\mu\text{mol/l}$) en surface dans la baie de Jijel.....	37
Figure 19 : Carte de la distribution spatiale de l'azote total ($\mu\text{mol/l}$) en surface dans la baie de Jijel.....	38
Figure 20 : Carte de la distribution spatiale de phosphore total ($\mu\text{mol/l}$) en surface dans la baie de Jijel.....	39
Figure 21 : Positionnement des différentes coupes (Ouest / Est) et (côte/large) dans la baie de Jijel.....	40

Figure 22a : Distribution verticale de la température le long de la section Ouest/Est.....	42
Figure 22b : Distribution verticale de la salinité le long de la section Ouest/Est.....	42
Figure 22c : Distribution verticale des nitrates le long de la section Ouest/Est.....	43
Figure 22d : Distribution verticale de phosphates le long de la section Ouest/Est.....	43
Figure 22e : Distribution verticale d'oxygène dissous le long de la section Ouest/Est.....	44
Figure 23a : Distribution verticale de la température le long de la section Côte/Large.....	45
Figure 23b : Distribution verticale de la salinité le long de la section Côte/Large.....	46
Figure 23c : Distribution verticale d'oxygène dissous le long de la section Côte/Large.....	46
Figure 23d : Distribution verticale de phosphates le long de la section Côte/Large.....	47
Figure 23e : Distribution verticale de pH le long de la section Côte/Large.....	47
Figure 24 : Diagramme de corrélation Température/Salinité (T-S).....	48
Figure 25 : Diagramme de corrélation nitrate/phosphate ($\text{NO}_3^- / \text{PO}_4^{3-}$).....	49
Figure 26 : Diagramme de corrélation oxygène dissous/nitrate.....	50
Figure 27 : Diagramme de corrélation oxygène dissous/phosphate.....	51
Figure 28 : Diagramme de corrélation nitrate/azote total.....	52
Figure 29.a : Diagramme de corrélation phosphate/phosphore total.....	52
Figure 29.b : Diagramme de corrélation phosphate/phosphore total.....	53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Moyennes mensuelles de la température dans la région de Jijel (ONM période : 1992-2000).....	18
Tableau 2: Moyenne mensuelles des précipitations dans la région de Jijel (ONM, 1992-2000).....	19

REMERCIEMENTS

Je tiens, tout d'abord, à remercier Mr BOLLARDY, qui a encadré ce présent travail, pour sa présence continue, son aide, ses conseils, ses recommandations et ses réponses à toutes les questions que j'ai pu lui poser.

Je voudrais également remercier :

Madame la présidente de jury HONM.A. J d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance,

Monsieur LOURQUON J. H et Madame AMRUCHE.L de nous avoir honorés de leurs présences, d'avoir accepté d'examiner ce travail et dont les critiques me serviront sûrement plus tard.

Monsieur BONDJELLAL pour m'avoir éclairer sur certains points sur les données.

Un grand merci à tous les membres de ma famille pour leur soutien tout le long de mon parcours, en particulier, à mon père qui a mis à ma disposition toutes les conditions nécessaires pour la réalisation de ce modeste travail, à ma mère qui a su me soutenir dans les moments difficiles, j'oublierais pas bien sur tous mes ami(e)s pour m'avoir encourager, en particulier A.S.C.H.M.M.....

Comme je tiens aussi à remercier toutes personne qui a contribué directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

*Mes chers parents ;
A mes sœurs et mes frères ;
A mes enseignants ;
A tous mes am(e)is ;*

Hafed

INTRODUCTION

Introduction

La pollution de l'écosystème marin est l'un des problèmes majeurs de l'environnement. Les facteurs qui en sont responsable ne cessent de s'accroître et de le déséquilibrer, surtout les activités anthropiques (pollution chimique, rejets industriels et agricoles). Ces apports altèrent les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau et des sédiments et affectent le biotope.

Donc, le problème s'aggrave à l'heure actuelle et constitue un danger pour la santé publique en raison de l'accroissement démographique et du développement technologique en générale.

Dans ce cadre, le présent mémoire s'intéresse à l'étude de la qualité physico-chimique des eaux marines dans la baie de Jijel. Les travaux en mer ont été réalisés à bord du navire océanographique M.S. Benyahia lors de la mission pluridisciplinaire du 29 juin au 9 juillet 2000, par l'équipement de recherche hydrobiogéochimie pollution marine.

Le présent travail est organisé en quatre parties :

- Dans la première partie un rappel sur l'importance des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs et leurs rôles biogéochimiques est exposé.
- La seconde partie concerne la présentation du site d'étude et ses caractéristiques ainsi que le réseau hydrologique et climatique de la région de Jijel.
- Une troisième partie relative aux méthodologies appliquées sur le terrain et au laboratoire ainsi que les méthodes de dosage chimique des sels nutritifs est exposé.
- Un quatrième chapitre est consacré au traitement de données surtout par le 'Serfer 8.0', à l'analyse et à la discussion des résultats des différents paramètres.
- Enfin, la conclusion générale clôture ce mémoire.

CHAPITRE I

GENERALITES

Dans ce chapitre, nous abordant brièvement les propriétés physico-chimiques de l'eau de mer et des sels nutritifs dissous pour permettre la compréhension de leur distribution et de leur évolution dans le milieu marin.

I.1 Notion de traceur océanique

On appelle traceur océanique, tout paramètre physique ou chimique capable de caractériser et de décrire l'évolution et l'historique d'une masse d'eau ou d'un phénomène océanique quelconque. On peut distinguer deux types de traceurs :

- les traceurs océaniques conservatifs.
- les traceurs océaniques non conservatifs.

I.1.1 les traceurs océaniques conservatifs

On appelle traceurs océaniques conservatifs, tout paramètres dont la variation de leurs concentrations ou valeurs dans l'eau de mer ne dépendent que des phénomènes physiques tels que le transport, le mélange, la diffusion... etc. Comme traceurs océaniques conservatifs, nous avons la température potentielle, la salinité et la densité.

I.1.2 les traceurs océaniques non conservatifs

Un traceur océanique non conservatif est un paramètre dont les variations de leur concentration dans l'eau de mer dépendent à la fois des phénomènes physiques, chimiques, biologiques et de la désintégration radioactive (pour les éléments radioactifs). Comme exemple de cette catégorie, nous avons :

- Les traceurs non conservatifs stables tels que l'oxygène dissous, le pH, les sels nutritifs, l'alcalinité ... etc.
- Les traceurs non conservatifs radioactifs tels que le ^{14}C , le ^{226}Ra , le ^{222}Rn ... etc.

I.2 Les paramètres physico-chimiques

Ces paramètres sont les caractéristiques spécifiques des eaux, ils varient en fonction des latitudes et longitudes, des saisons et de la profondeur, à chaque région donc des caractéristiques hydrologiques propre à elle qui la distingue d'une autre.

I.2.1 La température

La température est une grandeur physique importante pour la reconnaissance des masses d'eau et pour l'étude des mélange des eaux et l'estimation des flux des chaleurs (Gaujous, 1995). En surface, la température suit les variations climatiques, tandis qu'elle diminue progressivement avec la profondeur (Aminot, 1983). Elle joue aussi un rôle important dans les cycles biologiques du fait de son influence sur l'activité biologique.

L'élévation de la température de l'eau de mer s'accompagne d'une modification de la salinité donc de la densité d'où une réduction de la viscosité et d'une diminution de la solubilité des gaz dissous tels que l'oxygène. Entre autre, la température a une influence sur les réactions chimiques et biochimiques. Du point de vue écologique, c'est un facteur qui conditionne la vie et qui est étroitement lié à d'autres facteurs des écosystèmes marins, et peut également être un facteur limitant pour les espèces sténothermes affectant leur cycle biologique et par conséquent leur reproduction (Gaujous, 1995).

I.2.2 L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un gaz important pour la vie marine, c'est l'un des gaz dissous les plus importants que renferme l'eau de mer sur le plan quantitatif. C'est un paramètre important du milieu marin car il gouverne la majorité des processus biologiques et chimiques des écosystèmes aquatiques. Les teneurs en oxygène dissous dans l'eau de mer dépendent de trois facteurs :

- Les facteurs physiques : température, échange à l'interface air-mer, diffusion et mélange au sein de la masse d'eau.
- Les facteurs chimiques : phénomène de photo oxydation et des réactions chimiques d'oxydoréduction.

- Les facteurs biologiques : dont les processus ont généralement une influence prépondérante sur les concentrations en oxygène et qui sont la photosynthèse et la respiration (Gaujous, 1995).

Ces concentrations augmentent avec l'activité Photosynthétiques, en revanche, elles sont faibles en profondeur, car l'oxygène est utilisé pour oxyder la matière organique (Aminot, 1983).

I.2.3 Le pH

Le potentiel d'hydrogène est un paramètre chimique caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu. Il est défini par l'équation suivante :

$$pH = - \log a_{H^+}$$

Où a représente l'activité thermodynamique de l'ion H^+

Le pH moyen de l'eau de mer est de l'ordre de 8,2. Il est principalement fixé et gouverné par la présence des carbonates (CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-}) et dans une moindre mesure par les ions borates $B(OH)_4^-$ (Aminot, 1983).

Les variations du pH sont en rapport de l'oxygène, une forte production de l'oxygène suite à l'activité photosynthétique implique une diminution de la teneur de l'eau en CO_2 , en conséquence le pH augmente (Gaujous, 1995).

De ce fait, ce paramètre dépend beaucoup plus de la géochimie des carbonates, donc de la teneur en CO_2 dans l'atmosphère et de l'équilibre air-mer en ce gaz, des phénomènes biologiques de respiration-photosynthèse et des réactions de précipitation-dissolution des carbonates de calcium. Une modification dans l'équilibre du système des carbonates entraînerait une modification du pH. En milieu côtier et certains rejets industriels ou les apports d'eaux continentales sont la cause de variations du pH qui s'avère dans ce cas un indice de pollution (Aminot, 1983)

I.2.4 La salinité

La salinité est un paramètre caractéristique des eaux marines. C'est un paramètre important par son influence sur la densité de l'eau de mer et est considéré comme traceur

océanique conservatif. Avec la température potentielle, il nous permet de connaître la circulation des eaux océaniques, d'étudier les propriétés physicochimiques, d'identification le mélange des masses d'eaux d'origines différentes (Gaujous, 1995).

Selon Sorensen (1902), (in Aminot et Chaussepied, 1983), la salinité est définie comme étant « *la masse en gramme des substances solides contenues dans un kilogramme d'eau de mer, quand les ions bromure et iodure sont remplacés par leur équivalent de chlorure, les carbonates convertis en oxydes et toute la matière organiques oxydée* ».

I.3 Les sels nutritifs

I.3.1 Définition

Appelés « nutriments », sont des substances indispensables à la croissance du phytoplancton. Ce sont les sels d'azote, de phosphore et de silicium inorganiques dissous dans l'eau. Ces composés sont assimilés par le phytoplancton durant la photosynthèses pour produite la matière organique dite production primaire. Les variations de ces sels sont gouvernées par les facteurs physiques, chimiques et biologiques (Jacques et Treguer, 1986). On trouve très souvent, une augmentation considérable des concentrations en sels nutritifs près des estuaires et les milieux portuaires (Aminot, 1983).

I.3.2 Origines des sels nutritifs

Les sels nutritifs dissous en milieu marin ont diverses origines et peuvent être classées en deux sources principales : sources internes et externes.

La source interne est la source la plus importante, car elle seule représente environ 97% (Boulahtid, 1987). Cette source est assurée par la régénération des sels nutritifs à partir du matériel biogénique présent dans l'eau de mer. Elle comprend donc toutes les réactions biogéochimiques et autres réactions (oxydation, dégradation de la matière organique) qui s'effectuent le long de la colonne d'eau de mer. Dans une moindre mesure, les sels nutritifs peuvent être aussi rediffusés et régénérés à partir du sédiment marin.

La source externe regroupe tous les apports continentaux qui sont transférés à la mer, soit par la voie éolienne ou par la voie fluviale. L'importance de ces apports dépend de l'environnement considéré tel que le climat humide favorisant une couverture végétale importante, source de matière organique, et aussi l'environnement géologique et la nature de ses faciès. D'autres part, le transport par ruissellement des rejets des grandes unités urbaines et industrielles peut amplifier ces apports (matière organique, fertilisant, rejets urbains et industriels...). Ces derniers peuvent contenir aussi des polluants et des substances nuisibles pour le milieu marin (Boulaïdid, 1987).

Ces apports peuvent enrichir le milieu marin côtier. De ce fait, ce dernier, d'une manière général, est considéré comme milieu fertile.

I.3.3 Rôles des sels nutritifs

Pour la synthèse de la matière organique, le phytoplancton assimile les sels nutritifs disponibles dans l'eau de mer, en présence de la lumière dans la couche euphotique. Ces éléments forment donc un substrat chimique nutritionnel important pour le phytoplancton, et par conséquent pour toute la chaîne alimentaire marine.

Les Upwellings (Résurgences côtière) sont le siège d'une production biologique intense car ils sont riches en sels nutritifs. D'où l'importance des sels nutritifs dans l'étude de la circulation des masses d'eaux et de leurs mélanges.

I.4 Les différentes formes des sels nutritifs

L'Azote est un élément essentiel des structures vivantes, il est prélevé dans l'atmosphère par certaines bactéries capables de le fixer directement. Il existe sous trois formes essentielles selon le degré d'oxydation : nitrates (NO_3^-), Nitrites (NO_2^-) ammonium (NH_4^+), ainsi que l'urée et acide amines. Ce sont les formes d'azote utilisables par le phytoplancton (Copin-Montégut, 1996).

L'azote provient de l'apport continental sous forme organique et minérale et par le recyclage interne à l'océan. Il peut aussi être prélevé directement de l'atmosphère (N_2) par certaines espèces capables de le fixer (certaines algues telles que les cyanophycées) (Lefebvre et al, 1993).

Il se présente dans l'eau de mer, selon le degré d'oxydation, sous forme de trois espèces chimiques inorganiques : ammonium (NH_4^+), nitrite (NO_2^-) et nitrate (NO_3^-) (Jacques et Tréguer, 1986).

I.4.1 l'Azote ammoniacal (N-NH_4^+)

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac (NH_3) et l'ammonium NH_4^+ dont les proportions relatives dépendent du pH de la température et de Salinité. (Aminot, 1983). La forme d'ions ammonium NH_4^+ est moins toxique, NH_3 est la forme toxique (Gaujous, 1995).

L'azote ammoniacal provient des excréments animaux et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés (Fig.1). Il est utilisé par le phytoplancton comme source et d'oxyder par les bactéries nitrifiantes. Dans les eaux marines, l'azote ammoniacal se trouve à des concentrations inférieures et est oxydé en nitrite puis nitrate. Lorsque l'on se rapproche des émissaires urbains, les concentrations peuvent atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre. L'ammonium devient dans ces conditions un bon traceur de pollution urbaine (Aminot, 1983).

I.4.2 Les nitrites (NO_2^-)

Dans le cycle de l'azote (Fig.1), 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 litres d'azote nitreux. (Aminot, 1983). Elles résultent :

- De l'oxydation par nitrosation de l'ammonium, sous l'action de bactérie (Nitrosomonas) selon la réaction exothermique suivante :



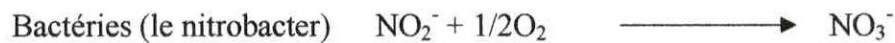
- De la réduction des nitrates dans un milieu pauvre ou dépourvu d'oxygène (anoxique). Cette réduction est opérée par des bactéries anaérobies suivant la réaction :



- De l'excrétion des organismes marins. La concentration des nitrites dans le milieu marin est faible et est de l'ordre de quelque $\mu\text{mol/l}$ (Aminot et Chaussepied, 1983).

I.4.3 Les nitrates (NO_3^-)

Les ions nitrates sont les plus stables en solution aqueuse. Dans le cycle de l'azote ils sont considérés comme la forme principale. (Fig.1) L'azote nitrique est issu de l'oxydation des nitrites par des bactéries (les nitrobacters). Dans les estuaires, lorsque la salinité décroît, l'effet des apports terrigènes devient important et la concentration peut atteindre, aux faibles salinités, plusieurs centaines de micromoles par litre. (Aminot, 1983).



La concentration de nitrate dans le milieu marin varie de 0 $\mu\text{mole/l}$ en surface à plus de 45 $\mu\text{moles/l}$ dans les eaux profondes (Lefebvre et *al.*, 1993).

I.4.4 Le phosphore

Le phosphore est un élément nutritif essentiel qui se trouve dans l'eau mer sous forme inorganique et organique dissoute et particulaire.

Les orthophosphates sont la forme la plus abondante, la spéciation de l'acide phosphorique dans l'eau de mer montre qu'on trouve PO_4^{3-} à 10%, HPO_4^{2-} à 89% et seulement 1% de H_2PO_4^- (Aminot, 1983).

Les fortes concentrations suite à l'enrichissement d'origine domestique ou agricole peuvent provoquer le phénomène d'eutrophisation (Boutoux J, 1993).

En milieu marin, les teneurs de phosphate en surface sont faible (0 à 1 $\mu\text{mol/l}$), mais elles augmentent progressivement avec la profondeur. Comme pour les nitrates, les teneurs en orthophosphates atteignent un maximum généralement au niveau du minimum d'oxygène dissous, qui correspondre à une profondeur entre 800 et 1000 m. Dans les eaux océaniques, ce maximum peut atteindre 3 $\mu\text{mole/l}$. (Aminot, 1983).

I.4.5 Silicium

Le silicium n'est pas un composant de la matière vivante proprement dite. Le plancton à test siliceux (diatomées, silicophlagellés ...) l'assimile pour former son test sous forme d'opale ($\text{SiO}_2, n\text{H}_2\text{O}$).

A pH habituel de l'eau de mer (≈ 8.2), le silicium dissous se trouve à 95 % sous les formes d'acide orthosilicique, $\text{Si}(\text{OH})_4$, 5 % $\text{Si}(\text{OH})_3^-$ (Aminot, 1983).

La distribution verticale du silicium est légèrement différente de celle du phosphore et de l'azote. Les concentrations augmentent progressivement avec la profondeur pour atteindre un maximum, généralement au fond (Jacques et Tréguer, 1986).

I.4.6 Autres forme de l'azote

Dans l'eau de mer, il existe d'autre espèce inorganiques de l'azote tels que l'hydronylamine (NH_2OH), l'hypochlorite (N_2O_2^-) qui sont des formes transitoires, le N_2O et le NO qui proviennent de la nitrification de (NH_4^+ à NO_3^-) ou de la dénitrification de (NO_3^- à NH_4^+) dans les zones anoxiques. Ces formes se trouvent dans l'eau de mer en de très faibles concentrations (Lefebvre et *al.*, 1993).

I.5 Les cycles de l'azote et de phosphore

I.5.1 Cycle biogéochimique de l'azote dans l'eau de mer

(Copin-Montégut, 1996)

● Photosynthèse

Les organismes autotrophes photosynthétisent, en captant et utilisant l'énergie lumineuse pour réduire les formes inorganiques de l'azote et de carbone, des composés organiques de l'azote (Fig.1).

Les nitrates absorbés par les cellules sont réduits en deux étapes avant d'être incorporés dans la matière organique selon le schéma réactionnel suivant :



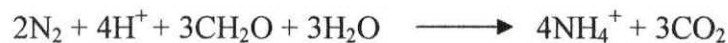
● Nitrification

La décomposition des matières organiques azotées qui se fait par une réaction qui est globalement l'inverse de la photosynthèse, est spontanée en présence d'O₂. Différents phénomènes reflétant cette réaction (respiration, excrétion, prédation et passage à travers réseau trophique, attaque bactérienne) aboutissent à l'émission dans le milieu marin de composés azotés plus ou moins simples et d'ions ammonium.

La minéralisation va jusqu'au stade final par le biais de bactéries aérobies spécialisées. La transformation de N_{org} en NH₄⁺ est appelée : ammonification. L'oxydation de NH₄⁺ en NO₂⁻ puis en NO₃⁻ est dite nitrification qui se fait suivant deux étapes qui sont la nitrosation et la nitrataion.

● Fixation de l'azote moléculaire

La fixation de l'azote moléculaire est la réaction inverse de la dénitrification. Elle est assurée par le biais de micro-organismes, bactéries variées et cyanobactéries (Fig.1), elle s'effectue selon le schéma réactionnel suivant :



● Dénitrification

Dans les milieux anoxiques, après l'épuisement de l'oxygène, c'est l'ion nitrate qui est utilisé en tant qu'oxydant pour décomposer la matière organique selon une réaction qui est spontanée mais se fait par l'intermédiaire de micro-organismes anaérobies. La dénitrification s'effectue selon le schéma suivant :



I.5.2 Cycle de Phosphore

Le phosphore inorganique est assimilé par les plantes et transformé en matière organique qui servira plus tard de nourriture au zooplancton et autre animaux marins de la chaîne trophique. Le retour à l'état minéral fait intervenir l'action enzymatique sécrétée par les cellules végétales (phosphatases), l'excrétion animale et surtout l'oxydation bactérienne qui régénère la majorité des orthophosphates en mer (Fig.2).

Une part assez conséquente est également fournie à travers les rejets continentaux (d'origine agricole, industrielle et domestique), ce qui confère aux orthophosphates le rôle d'un véritable indicateur de pollution urbaine.

I.6 Les rapports élémentaire, dits de Redfield

L'assimilation des composants nutritifs et leur régénération à partir du matériel biogénique se font dans des proportions bien déterminées appelés communément rapports biogéochimiques de Redfield. Après plusieurs travaux, Redfield (1934) et Redfield et al. (1963) (in Boulahdid, 1987) ; ont proposé les rapports suivants par l'analyse de la composition chimique de la matière organique : $P/N/C/O_2 = 1/16/106/-138$.

Ils ont également montré que cette composition de la matière organique influençait la composition en C/N/P des eaux dans lesquelles ces organismes marins vivent, puisque la source principale des sels nutritifs dans l'océan global est le recyclage interne. Néanmoins, ce rapport varie avec les saisons et selon les régions et décroît avec la profondeur (Minster et Boulahdid, 1987) (in Brahmia A. Brinis A., 1997).

Les rapports des éléments nutritifs dans le plancton et dans l'eau de mer et leurs changements peuvent être utilisés pour l'identification des particularités concernant la dynamique et le fonctionnement de l'écosystème et pour la modélisation des processus biogéochimiques (Béthoux et *al.*, 2002).

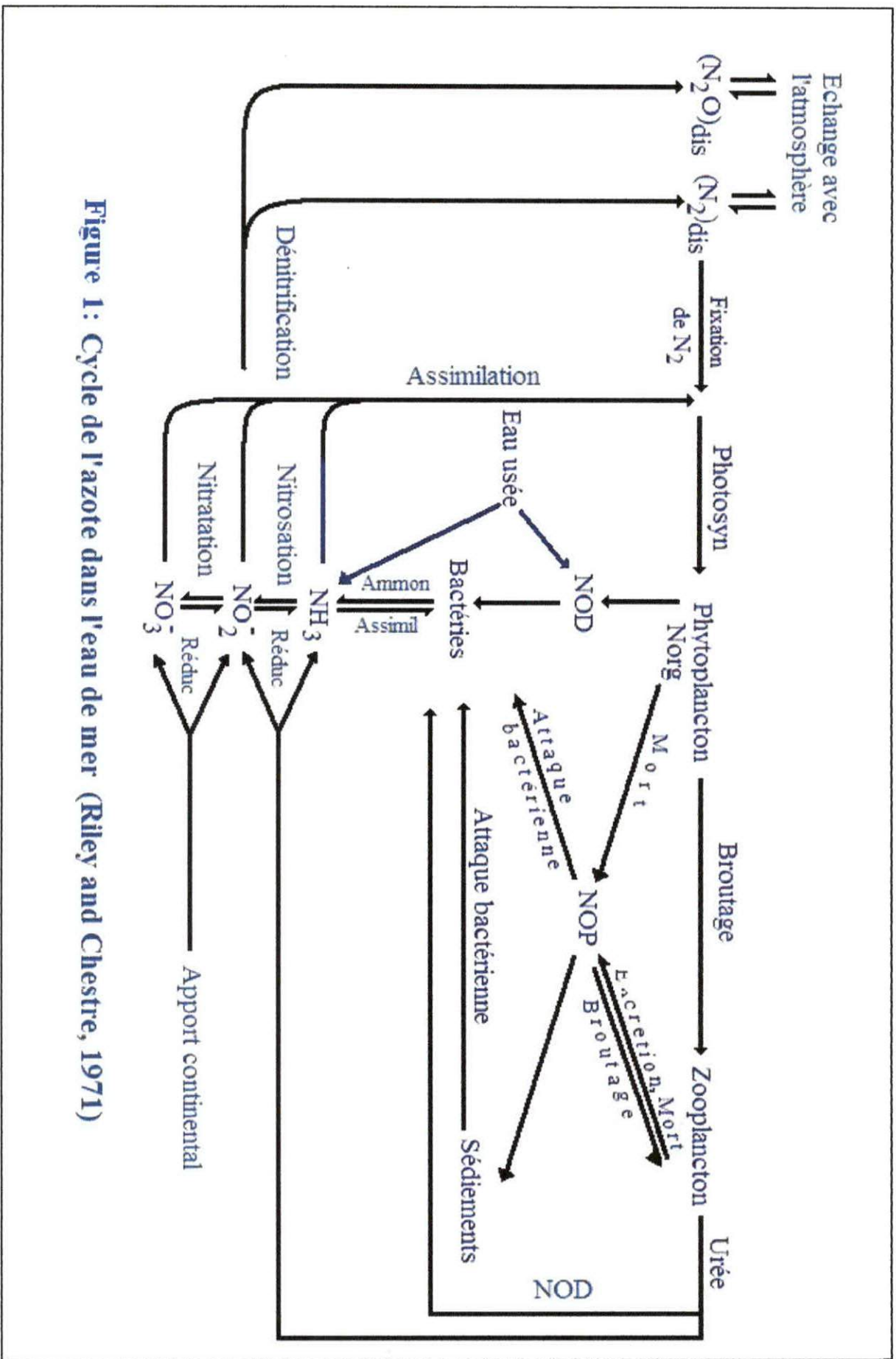


Figure 1: Cycle de l'azote dans l'eau de mer (Riley and Chestre, 1971)

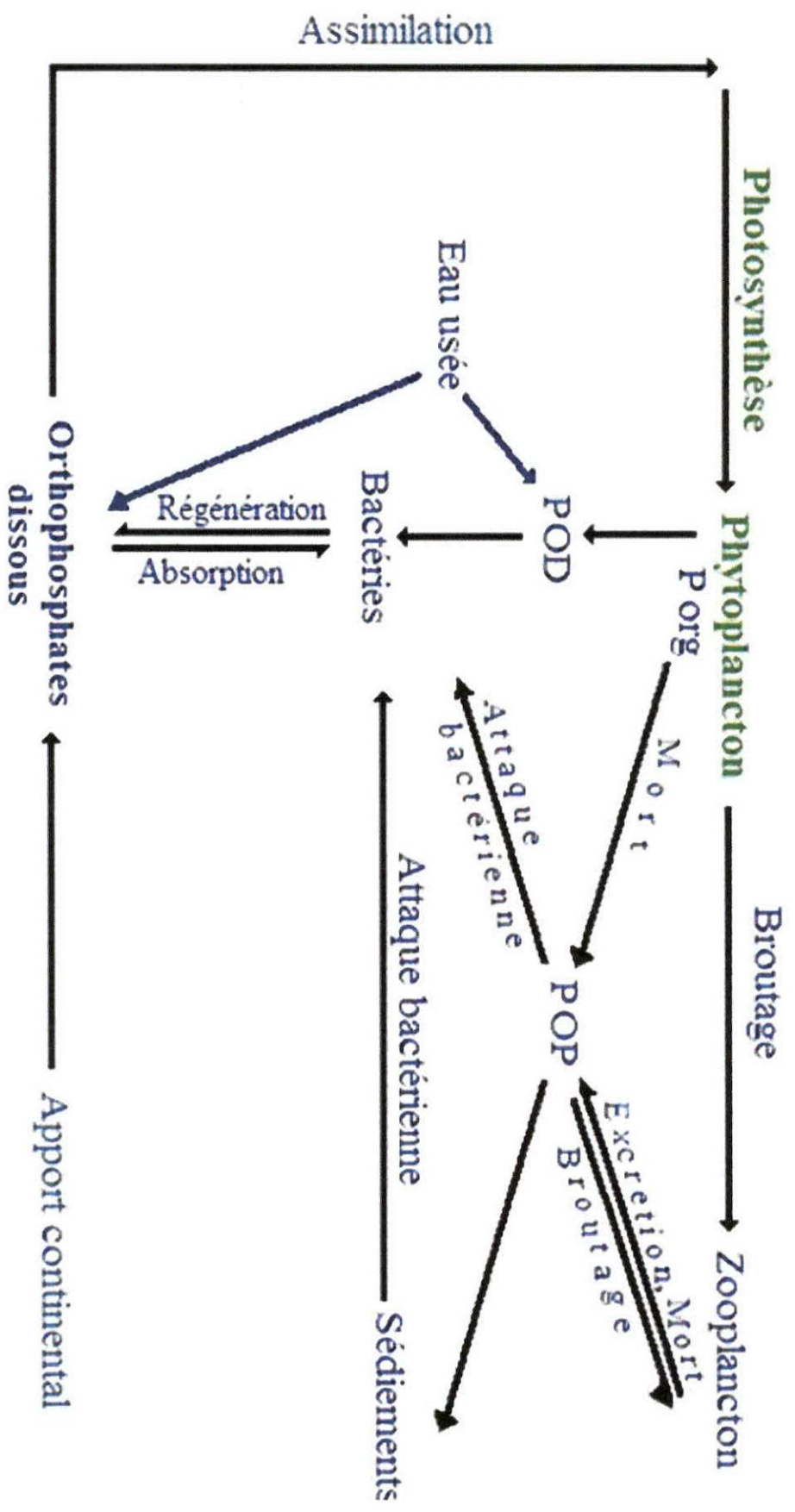


Figure 2: Cycle du Phosphore dans l'eau de mer (Riley and Chester, 1971)

CHAPITRE II

**PRESENTATION DE LA ZONE
D'ETUDE**

II.1 Situation géographique de la baie de Jijel

II.1.1 Cadre géographique

La wilaya de Jijel est située à 360Km à l'Est d'Alger. Elle est limitée à l'Ouest par la wilaya Bejaia, à l'Est par la wilaya de Skikda, au Sud par la wilaya de Mila et au Nord par la mer Méditerranée. La baie de Jijel s'étend sur environ 50Km, entre la pointe de Jijel à l'Ouest et Ras Oum-Echich à l'Est (Fig. 3).

Le secteur d'étude est orienté E.N.E – W.S.W. Son étendu géographique se situe entre les coordonnées géographique suivantes : 36° 58'20" – 36° 49'50" de latitude Nord et 05° 46'44" – 06° 13'80" de longitude Est.

II.1.2 Cadre géologique

La baie de Jijel est encadrée par deux promontoires rocheux d'âge primaire : Jijel à l'Ouest et Ras Oum-Echich à l'Est. Ces promontoires sont composés de roches dures et résistantes à l'érosion marine, des grès de l'éocène supérieur, des rhyolites et des granites se rencontrent au promontoire de Jijel, tandis que Ras Oum-Echich est formé essentiellement de rhyolithes. (Boutiba, 2006).

II.2 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la région de Jijel comprend d'Est en Ouest : Oued Zhou, Oued El Kebir, Oued Nil, Oued Djendjen et Oued Mencha (Fig.9). Ces oueds parcourent plusieurs centaines de kilomètres, contournant les obstacles qu'ils rencontrent avant de se déverser en mer.

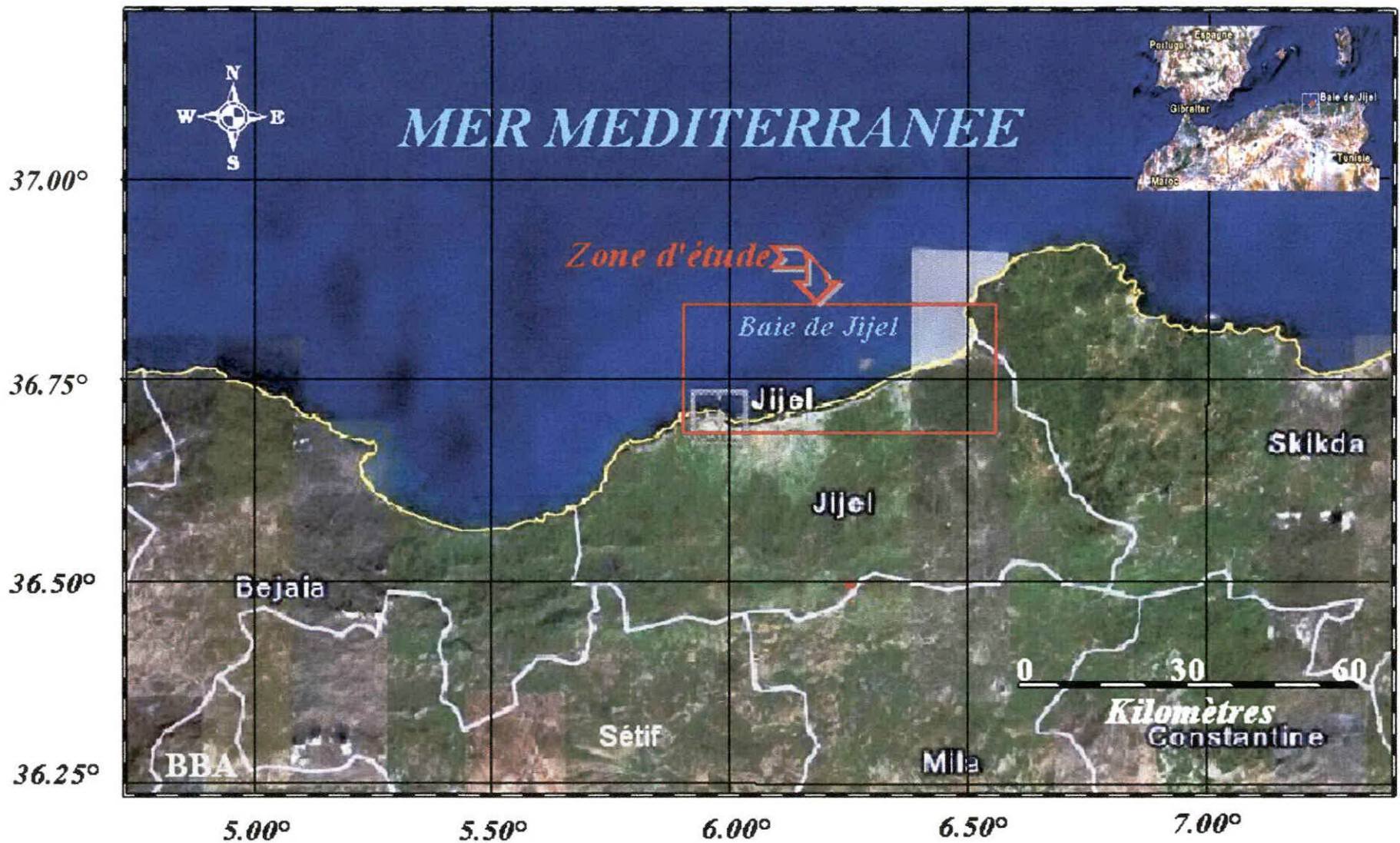


Fig.3 : La situation géographique de la baie de Jijel (Image satellitaire prise de Google Earth)



II.3 Données hydrodynamiques

II.3.1 Les courants généraux

Les courants généraux sont formés par des forces extérieures au milieu (les vents) ainsi que par des forces internes au milieu marin comme les différences de salinité ou de température (Chapon, 1984).

La veine de courant atlantique entrant en surface par le détroit de Gibraltar longe les côtes Nord africaines d'Ouest en Est avec une vitesse de quelques cm/s (Millot, 1985). Cette veine prend la dénomination de « courant algérien » à cause de son caractère spécifique d'écoulement le long des côtes algériennes (Fig.1) (Voir Annexe).

II.3.2 Circulation générale « le courant algérien »

Par le détroit de Gibraltar, l'eau Atlantique entre en méditerranée sous forme d'une veine de courant superficielle dirigée vers la mer d'Alboran. A la sortie de la mer d'Alboran, le flux d'eau est dirigé de manière continue des côtes espagnoles (Almeria) vers les côtes algériennes (Oran) en les longeant à partir d'environ 0°, d'où l'appellation du courant Algérien.

La circulation de ce courant qui coule vers l'Est le long de la côte algérienne devient généralement instable à partir de 1-2° Est (Millot, 1985) où on voit apparaître des structures hydrodynamiques sous forme de méandres puis des tourbillons cycloniques et anticycloniques.

Ces tourbillons dérivent le long de la côte à des vitesses de quelques km/j. Seuls les anticycloniques croissent jusqu'à atteindre un diamètre important de l'ordre de 100km. Puis leur dérive ralentie, ils s'éloignent de la côte et peuvent alors atteindre des dimensions de plus de 200km et revenir vers l'Ouest interagir avec la veine de courant (Taupier-Letage et Millot, 1988).

Au niveau de 3°E, ils finiront par quitter la côte en direction du large où leur diamètre ne cesse de s'agrandir jusqu'à leur extinction et cela en raison de phénomène d'instabilité. Ces tourbillons induisent des courants et des contres courants côtiers, des résurgences d'eaux côtières et des upwellings qui enrichissent les eaux de surface en sels nutritifs, à l'origine d'une importante production phytoplanctonique.

II.3.2 Les courants de retour

Les courants de retour sont perpendiculaires à la côte. Leur action est très limitée. Ils assurent le retour vers le large d'une quantité sensible de sédiments à partir du déferlement de la houle contre la ligne de rivage (Ottmann, 1965).

II.3.3 Les courants de dérive littorale

La dérive littorale est présente lorsque la houle atteint la côte avec une certaine obliquité. La vitesse du courant est maximale pour un angle d'incidence de 50° à 60°, lorsque la houle est oblique, le jet de rive se fera dans la direction de la propagation. Par contre, le retrait des eaux se fera dans le sens de la plage (Ottmann, 1965).

II.4 Données climatiques

Le climat détient un rôle essentiel dans la circulation superficielle des eaux et contrôle ainsi par la même occasion une grande part des mouvements verticaux (mélange) et leurs conséquences biologiques. Le climat dans la baie de Jijel est dominé par l'influence de la méditerranée. Il marque un régime sub-humide à deux saisons (sèche et humide).

II.4.1 La température de l'air

Le régime thermique dans la baie de Jijel présente une évolution saisonnière typique (Tableau 1). La météorologie locale marque la prédominance de deux périodes essentielles (Fig. 4):

- L'une estivale avec des températures maximales pouvant atteindre les 30°C en moins d'août.
- L'autre hivernale avec des températures plus froides (14°C en Janvier).

Tableau 1: Moyennes mensuelles de la température de l'air dans la région de Jijel (ONM période : 1992-2000).

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	dec
Température de l'air (°C)	14	16.8	18.4	20	23.8	27.5	29	30	27.2	24	20	15

Source : ONM

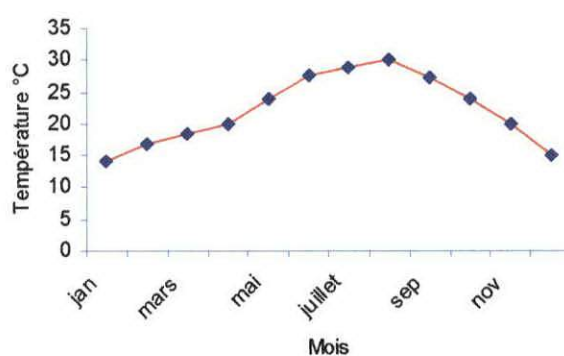


Figure 4 : Moyennes mensuelles des températures de l'air en (°C), station de Jijel 1992 – 2000.

II.4.2 La pluviométrie

Le caractère des précipitations est un facteur déterminant dans l'érosion hydrique et le transport du matériel érodé. La région de Jijel est l'une des localités les plus arrosées de l'Algérie. Elle bénéficie d'un climat méditerranéen appartenant à l'étage sub-humide.

Selon les mesures de précipitation mensuelles (tableau 2) enregistrées par l'office national de météorologie (O.N.M), le nombre de jours pluvieux par an dans cette région est de 111 jours avec une pluviométrie de l'ordre de 1200 mm/an.

Tableau 2: Moyenne mensuelles des précipitations dans la région de Jijel
(ONM, 1992-2000)

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	dec
Précipitation (mm)	107	115	99.5	118	117.9	28	8.2	8.1	70.5	137	102	226.7

Source : ONM

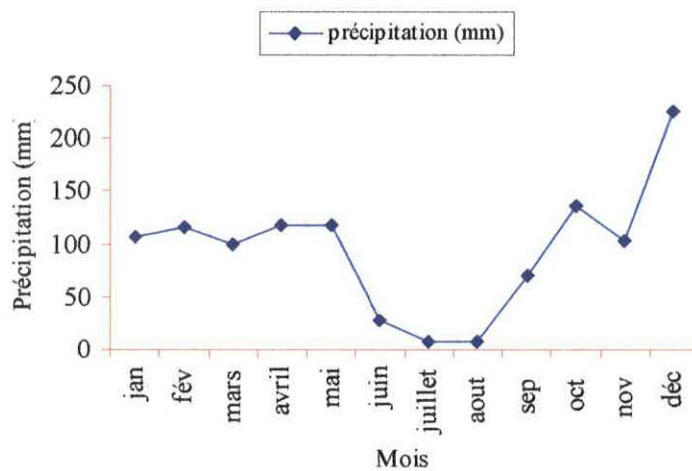


Figure 5 : Moyennes mensuelles des précipitations enregistrées à la station de Jijel, pour la période allant de 1992 – 2000 (O.N.M).

La courbe (Fig. 5) dressée à partir des données consignées dans le tableau 2, fait ressortir que :

- Le mois de décembre reste le mois le plus pluvieux avec une moyenne mensuelle de 226.7 mm.
- Les faibles moyennes de précipitations sont enregistrées au mois d'août avec une tranche d'eau de l'ordre de 8 mm.

Le régime saisonnier des précipitations nous montre l'inégalité de la répartition des pluies dans le cycle annuelle, car l'hiver est la saison la plus pluvieuse avec 40% (Fig. 6) et la saison la plus sèche est l'été avec 4%.

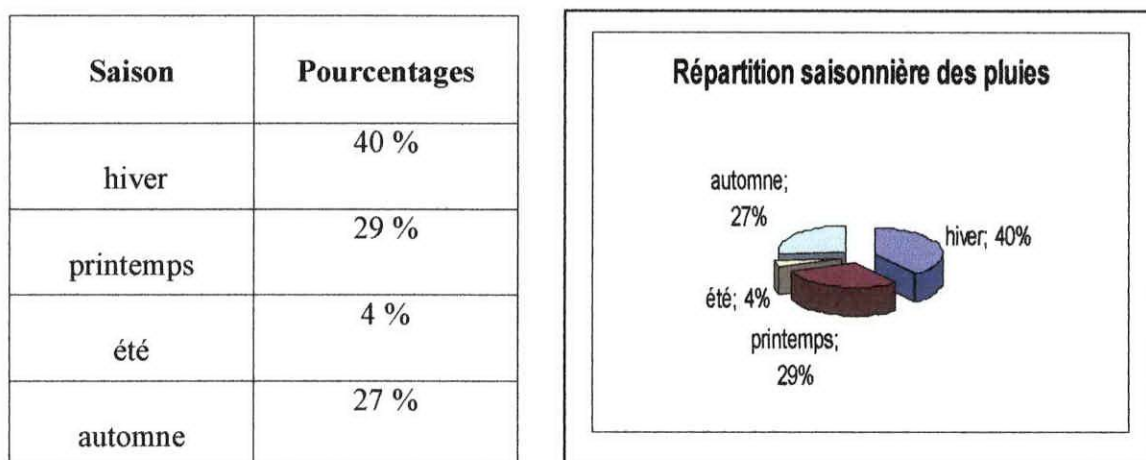


Figure 6 : Répartition saisonnière des pluies dans la région de Jijel 1992 – 2000 (O.N.M).

II.4.3 Relation température-précipitation

La figure 8, montre la courbe ombrothermique de la station de Jijel qui associe, sur le même graphique, les températures et les précipitations. L'échelle choisie correspond à une hauteur de précipitation double des températures. Le choix de cette échelle permet de définir un mois sec lorsque P est inférieur à 2T (Gausсен et al., 1953), c'est-à-dire lorsque la courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations (Fig. 7).

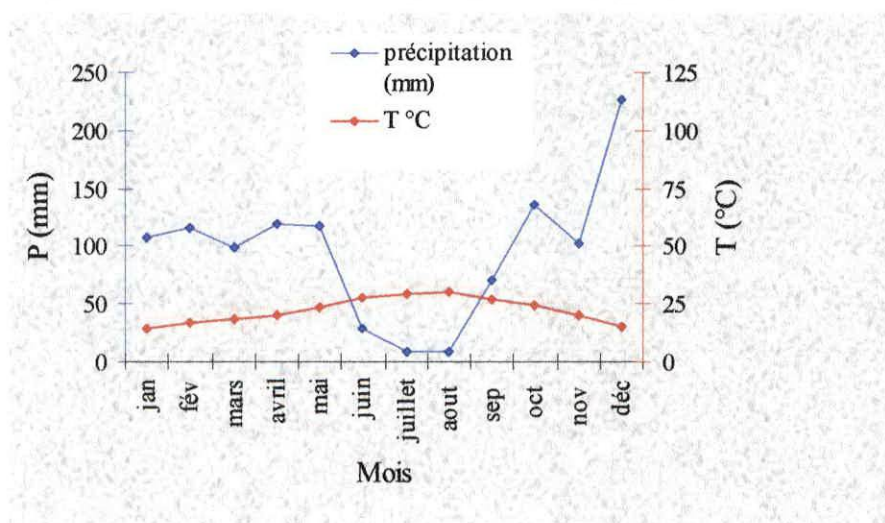


Figure 7: Diagramme ombrothermique de GAUSSEN, station de Jijel (1992-2000).

Ce graphique (Fig. 7) met en évidence deux périodes bien distincts :

- Une période humide, qui s'étale sur une période de six mois, allant du mois de septembre au mois d'avril.
- Une période de quatre mois sèche qui s'échelonne de mai à août.

II.5 Choix et localisation des stations

A la suite d'une étude détaillée sur les éventuelles zones de concentration de l'activité humaine le long de la frange littorale ainsi que de ses vecteurs vers la mer (cours d'eaux, émissaires...), 21 stations ont été sélectionnées et réparties de manière à pouvoir cerner toute la baie et les processus qui s'y déroulent (Fig.8). Le réseau d'échantillonnage a été établi en fonction de la profondeur. Ainsi, deux à trois niveaux de profondeur ont été échantillonnés pour chaque station.

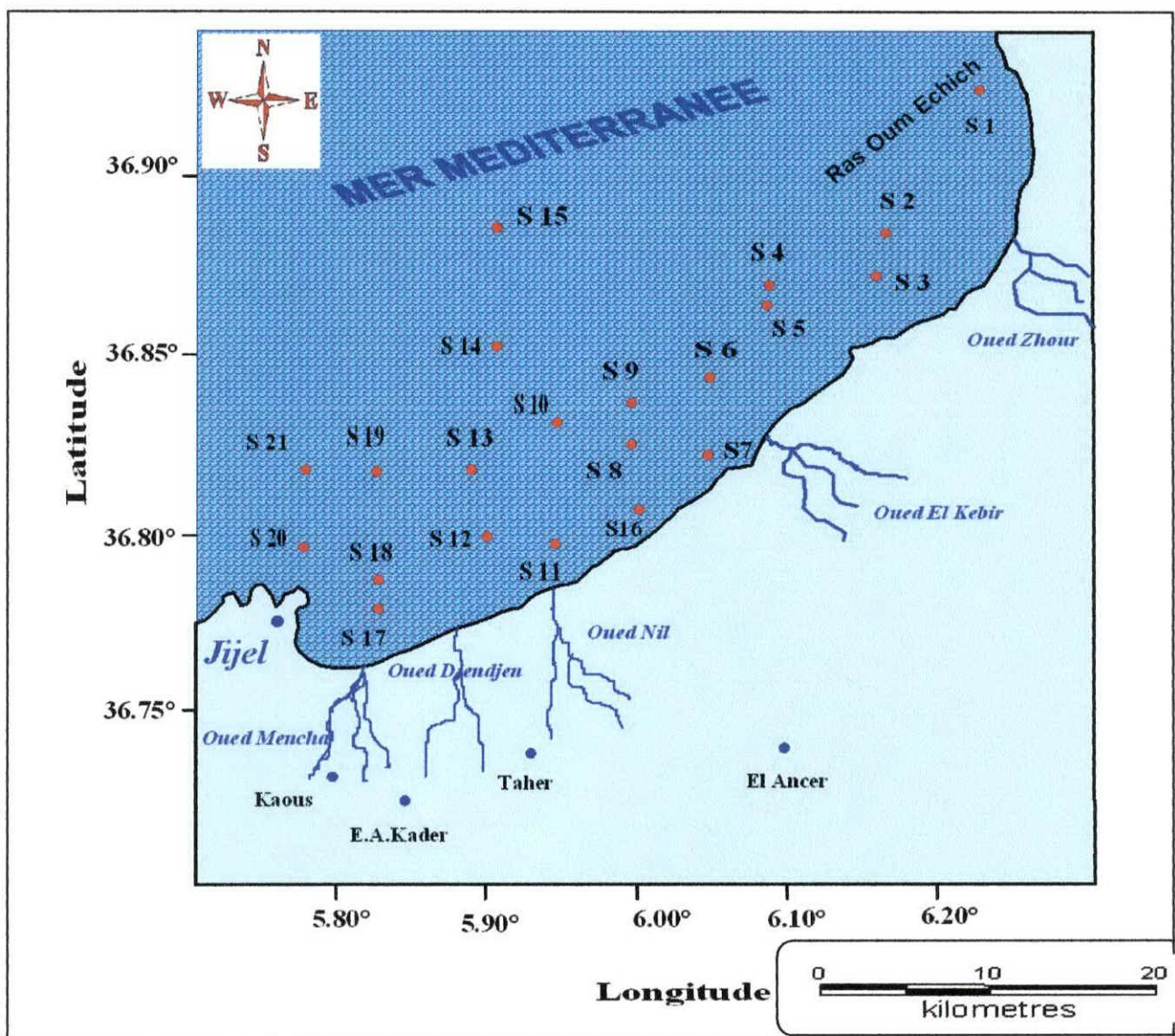


Figure 8 : Carte de positionnement des stations de prélèvement dans la baie de Jijel.

CHAPITRE III

MATERIELS ET METHODES

III.1 Travaux effectués en mer et paramètres mesurés

Les travaux en mer ont été réalisés à bord du navire océanographique M.S.BEN YAHIA d'une mission pluridisciplinaire le 29 juin à 9 juillet 2000, par l'équipement de recherche hydrobiogéochimie pollution marine *MEDAR/MEDATLAS*.

Au cours de la campagne océanographique, Les paramètres physico-chimiques (température, *pH*, oxygène) ont été mesurés au bord du navire (*in situ*). Alors que les échantillons d'eau de mer destinés à la mesure des sels nutritifs dissous et la salinité, ont été conservés pour l'analyse au laboratoire.

Il est à noter que les méthodes utilisées, lors de la campagne océanographique, pour la mesure des paramètres physico-chimiques sont identiques, ont été utilisé une valise multiparamétrique de marque *W.T.W. Multiline P4* pour les mesures de température, l'oxygène dissous et *pH*, (Fig.9).

La méthode utilisée pour l'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer récoltée lors de la campagne est le dosage par colorimétrie à flux continu et automatisé sur l'appareil « Auto Analyser San Plus » (Fig.10) selon les protocoles définis par SKALAR[®],2000.



Fig. 9 : La valise multiparamétrique de marque *W.T.W. Multiline P4*.

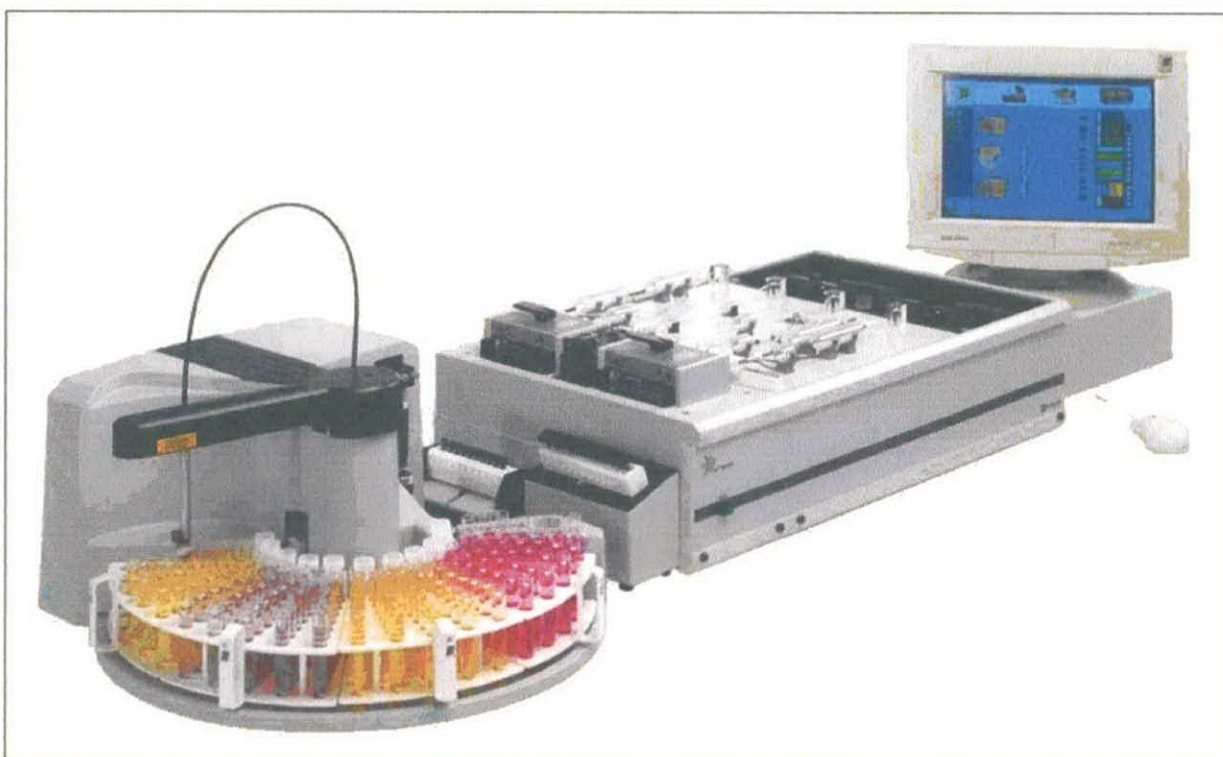


Fig. 10 : L'Auto Analyser San Plus (SKALAR[®]2000)/ www.skalar.fr/pr_san.htm

III.2 Prélèvement de l'eau de mer

Au niveau de chaque station et à deux ou trois niveau de profondeur, sont récoltés des échantillons d'eau de mer, à l'aide de bouteilles de prélèvements de type « *VAN DORM* » (2.8L) (Fig.11), et qui serviront à l'analyse des paramètres (température, salinité, oxygène dissous, *pH* et les sels nutritifs).

Des précautions particulières de propreté sont prises lors de la manipulation, afin d'éviter toute contamination. Les bouteilles à clapets sont ouvertes juste avant leur mise à l'eau et fermées aux profondeurs requises à l'aide d'un messenger, qui coulisse le long du câble hydrographique auquel elles sont fixées. Le positionnement exact de chaque station est assuré par un système *G.P.S* (*global positioning systems*).

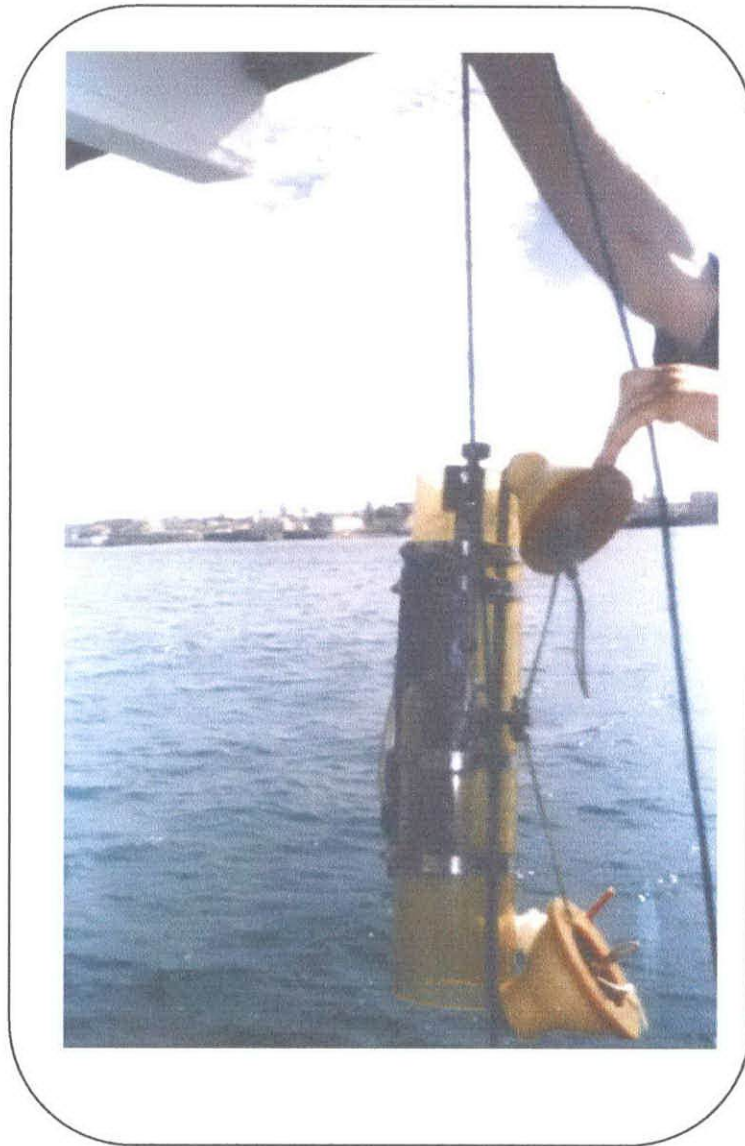


Figure 11 : la bouteille de Van Dorm.

III.2 Mesure des paramètres physico-chimiques

Les mesures de l'oxygène dissous, exprimé en ml/l, et de la température, en degré Celsius (°C) et le pH, ont été effectués au cours de la campagne *in situ*. Pour ces travaux ont été utilisé une valise multiparamétrique de marque *W.T.W. Multiline P4* (Fig.9), qui est la plus intéressante du point de vue rapidité et la plus pratique avec une précision de ± 0.5 mg/l pour l'oxygène dissous et de ± 0.1 °C pour la température.

Enfin pour les mesures de la salinité ont été réalisées par conductimétrie grâce à un salinomètre à induction de marque « BECKMAN INDUSTRIAL » *Modèle R.S-10* dont la précision est de l'ordre de ± 0.003 psu. Il permet la mesure de la salinité dans la gamme 0-49

psu (Fig. 12). Sa cellule peut contenir un volume de 50 ml. La mesure de la salinité se fait comme suit :

- Etalonnage de l'appareil se fait à l'aide d'une eau normale de chlorinité connue (19.3760 psu correspondant à une salinité de 35.004 psu)
- Rincer deux fois la cellule avec l'échantillon. A chaque rinçage, mettre l'agitateur en marche quelque instant, l'arrêter, vider et remplir à nouveau la cellule.
- Remplir une troisième fois la cellule pour effectuer la mesure, à condition d'éviter l'introduction de microbulles dans cette cellule.

Pour chaque échantillon, la conductivité est convertie en salinité selon les tables de conversion fournie par le fabricant (Beckman Industrial Corp, 1986).

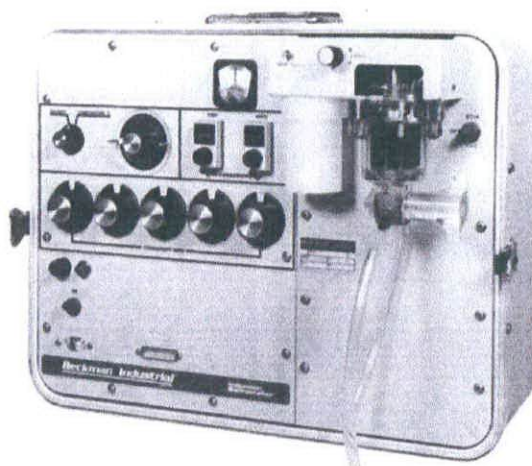


Figure 12 : Un salinomètre de type BECKMAN INDUSTRIAL
Model R.S-10

III.3 Méthodes de mesure des sels nutritifs

Les méthodes utilisés pour le dosage des sels nutritifs (NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} et NH_4^+) est le dosage par colorimétrie à flux continu et automatisé sur l'appareil « Auto Analyser San Plus » (Fig.10) selon les protocoles définis par le fabricant SKALAR[®], 2000. Le fonctionnement de l'appareil repose sur un principe dynamique simple, celui de l'analyse liquide en flux continu :

Une veine liquide progresse, par l'intermédiaire d'une pompe péristaltique, en continu, ce qui autorise une polyvalence et une grande souplesse. Les réactions chimiques s'effectuent dans cette veine en progression. L'analyse des échantillons est réalisée par séquence, ce qui permet une grande cadence de travail (Lourguioui, 2006).

III.3.1 Prétraitement et conservation des moyens de prélèvement

Les échantillons d'eaux de mer sont prélevés dans des flacons en polyéthylène de couleur sombre (250 ml), préalablement rincés au laboratoire à l'eau acidulé (HCl à 5%), à l'eau distillé et enfin deux fois à l'eau de prélèvement juste avant leur remplissage, et échantillons d'eau de mer seront conservés par congélation (-20°C). (Aminot et Chaussepied., 1983). Le principe sur lequel se base la méthode utilisée pour les mesures des sels nutritifs est la colorimétrie.

III.3.2 Principe générale de la colorimétrie

La méthode colorimétrique pour l'analyse des sels nutritifs est une méthode de dosage chimique basée sur une réaction de coloration pendant laquelle le mélange entre sel et réactif spécifique aboutit à une solution finale qui tend vers une certaine coloration, et par conséquent, absorbe l'énergie lumineuse à une longueur d'onde précise. En effet, l'absorption de l'énergie lumineuse est d'autant plus importante que la coloration de la solution est plus intense. Cette coloration est à son tour d'autant plus intense que la solution est plus concentrée. Le principe de la colorimétrie obéit à la loi de BEER LAMBERT.

III.3.3 Loi de BEER LAMBERT

Un faisceau de lumière monochromatique qui traverse une solution ou un milieu de longueur (L) sera en partie absorbé par la solution et transmis après avoir traversé cette même solution. La quantité de lumière absorbée par la solution appelée absorbance (A) ou densité optique (D.O) obéit à la loi de BEER LAMBERT qui s'exprime par l'expression suivante :

$$A = D.O = \text{Log} (I_0/I) = \epsilon.l.c$$

Où :

- **I₀ et I** : Sont respectivement l'intensité lumineuse incidente et émergente du milieu absorbant.
- **ε** : le coefficient d'extinction molaire.
- **l** : la longueur de la solution ou milieu traversée.
- **c** : La concentration de la solution absorbante.

CHAPITRE IV

**RESULTATS ET
INTERPRETATIONS**

IV.1 Analyse paramétriques

Les données acquises dans la baie de Jijel sont résumées sous forme de valeurs moyennes et extrêmes à différents niveaux de profondeur (surface, intermédiaire et fond).

IV.1.1 Variations des paramètres physicochimiques

IV.1.1.1 La température

Les valeurs thermiques au niveau de la baie de Jijel reflètent une situation typiquement de la période estivale. La variation de la température est comprise entre un minimum de 17,5°C au niveau du station 15 à 130m de profondeur, et un maximum de 23°C au niveau du station 15 au surface, avec une moyenne de 21,8°C, et un écart type de 1,396 (Fig.2) (Voir Annexe).

La couche superficielle, directement soumise à l'influence des conditions météorologiques, accuse les plus fortes valeurs avec une moyenne de 22.62°C et un écart type de 0.17. Son maximum 23°C est localisé au niveau de la station 15 au large de la baie.

Les températures de la couche profonde, plus faible et nettement plus variables, oscillent entre 17.5°C au niveau de la station 15 à 130m de profondeur et de 21.8 dans la station 17 à 19m de profondeur.

Entre ces deux couches apparaissent des eaux issues probablement de leur mélange, avec des températures intermédiaires.

IV.1.1.1 La salinité

La salinité au niveau de la baie de Jijel varie dans une large gamme entre 36,54 psu au niveau du station 6 en surface (face à Oued el Kebir), qui s'explique à la fois par l'empreinte des eaux atlantique et par l'influence des eaux douce (Oued el Kebir), et 38,4 psu, au niveau du station 11 en surface, avec une moyenne de 37,41 psu, et un écart type de 0,384 (Fig.3) (Voir Annexe).

En dépit de la large ouverture de la baie de Jijel, ses salinités restent en moyenne légèrement plus élevées que celles signalées dans la baie d'Alger (Boulaheid et *al.*, 1993).

IV.1.1.1 Le pH

Le pH au niveau de la baie de Jijel varie étroitement autour d'une moyenne de 8.40, avec un pH minimale de 8.12 et un maximum de 8.52. En effet sur une colonne d'eau de 130m, il n'a pas été observé de différence significative entre les mesures de surface et celles du fond.

Les valeurs minimales mesurées en surface sont 8,18 au niveau de la station 3, et 8,12 au niveau de la station 17. Et en profondeurs, 8,15 à 20m, et 8,17 à 19m dans les mêmes stations précédentes (3 et 17) (Fig.4) (Voir Annexe).

Ce qui s'explique par la proche des stations au niveau des Oueds surtout la station 3 qui est plus proche de l'embouchure de Oued el Kebir qui a un apport très important d'eau douce.

IV.1.1.1 L'oxygène dissous

Concernant l'oxygène dissous au niveau de la baie (Fig.5) (Voir Annexe), les résultats révèlent des fluctuations assez importantes. Ses valeurs varient de 4.06 ml/l à 7.91 ml/l, avec une moyenne de 5.38 ml/l. La variabilité des facteurs intervenants (photosynthèse, échange air-mer, mélange des masses d'eaux) sont sans aucun doute la cause de ces fluctuations de concentrations.

En surface, le maximum des teneurs est observé en face des Oueds (Zhour, El Kebir et Mencha). En effet, les fortes crues ayant précédées l'échantillonnage ont été à l'origine d'un apport considérable d'eau douce fortement oxygénée.

Les eaux du fond non directement soumises aux échange avec l'atmosphère, semblent légèrement plus oxygénées que celles de la surface avec une moyenne 5.74 ml/l et un maximum de 7.91 ml/l à 45m de profondeur dans la station 21. Ceci s'explique par la dynamique des eaux (turbulence) et l'installation des différents genres d'herbiers et d'algues.

IV.1.2 Variations des sels nutritifs

IV.1.2.1 Ammonium (NH_4^+)

Les teneurs en ammonium fluctuant entre 0.05 et 1.05 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 0.20 $\mu\text{mol/l}$. les fortes valeurs superficielles sont observées dans la station 17 qui est près de Oued Mencha. (Effluents d'origine urbaine) (Fig.6) (Voir Annexe). Certaines de ces

valeurs sont retrouvées sur des étendues beaucoup plus vastes vers le large, à partir de 20m de profondeurs vers le fond où il y a une excrétion biologique de l'ammonium par les zooplanctons.

IV.1.2.2 Nitrites (NO_2^-)

L'azote nitreux dans cette baie présente une fourche très étroite en variant entre 0.03 et 0.92 $\mu\text{mol/l}$. Autour d'une moyenne de 0.30 $\mu\text{mol/l}$, avec un écart type de 0.20 $\mu\text{mol/l}$.

En surface, (Fig.7) (Voir Annexe), le maximum 0.58 $\mu\text{mol/l}$ se situe face aux Oueds de Nil et Djendjen, coïncidant ainsi avec le minimum d'oxygène. Cette accumulation résulte probablement de l'oxydation de l'ammonium lors la régénération biologique. Les valeurs minimales en surface sont localisées vers le large où l'influence côtière se fait beaucoup moins sentir (en raison probablement de la dilution par les eaux hauturières).

Enfin, les concentrations superficielles restent assez homogènes dans toute la baie de Jijel et ne montre pas des valeurs remarquables.

Les teneurs en nitrites croissent avec le fond et atteint leur maximum dans la station 18 à 22m de profondeurs avec d'une concentration d'oxygène plus ou moins élevée, en relation avec l'importance de la biomasse phytoplanctonique.

IV.1.2.3 Nitrates (NO_3^-)

L'analyse des concentrations en nitrates dans la baie de Jijel laisse apparaître de fortes potentialités nutritives. Ainsi les valeurs relevées oscillent considérablement entre 0.09 et 5.52 $\mu\text{mol/l}$. En dépit de la période d'échantillonnage les teneurs en surface (Fig.8) (Voir Annexe), sont très faible à l'exception de certaines stations (7.8.9) en face de l'oued El Kebir et (17) en face de l'oued Mencha, ne serait expliqué uniquement par les mouvements ascensionnels et la vocation agricole (lessivage des sols chargé d'engrais azotés). Le minimum superficiel se situe au large, en raison certainement de l'effet de dilution et de l'absence de la contribution côtière.

Par ailleurs, les nitrates augmentent rapidement avec la profondeur avec un maximum de 5.52 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 10 à 90m de profondeur, l'alimentation profonde est probablement pour l'essentiel dans cette enrichissement excessif, néanmoins

le recyclage biologique (décomposition bactérienne du matériel organique) peut constituer également un apport considérable.

IV.1.2.4 Les Orthophosphates (PO_4^{3-})

Les résultats détenus pour les orthophosphates dans cette étude montre une large gamme de concentrations 0.02 et 0.49 $\mu\text{mol/l}$ et avec un moyenne de 0.12 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0.09 $\mu\text{mol/l}$ (c'est-à-dire 91% de la valeur de moyenne).

Comme pour les nitrates, des teneurs assez significatives en orthophosphates sont retrouvées en surface (Fig.9) (Voir Annexe).avec un maximum de 0.11 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 8, cette dernière est en face de l'Oued El Kebir. Les rejets urbains chargés en détergents anioniques et le ruissellement agricole y apparaissent comme les sources major. Ceci reflète typiquement la situation en méditerranée où les 4/5^{ème} des concentrations en orthophosphates sont issues des rejets telluriques (Béthoux, 1980).

Les teneurs en orthophosphates augmente le long de la colonne d'eau pour atteindre un maximum dans les eaux profondes 0.49 $\mu\text{mol/l}$ à 110m de profondeur au niveau de la station 9. Hormis les apports externes, les fortes valeurs de fond sont souvent interprétées comme le résultat de la décomposition de la matière organique produite en surface (Béthoux, 1980) ainsi que la diffusion à partir du sédiment marin (Treguer *et al.*, 1985).

IV.1.2.5 Le phosphore total

Les valeurs du phosphore total qui sont enregistrées en surface dans l'intervalle de 0.6 $\mu\text{mol/l}$ relevée dans le centre de la baie au niveau de la station 10 et une valeur minimal de 0.04 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 17 dans la partie Est près d'Oued Mencha et avec un écart type de 0.11 (Fig.10) (Voir Annexe).

Où les variations du phosphore total sont plus important au niveau des stations 14 et 15 qui sont situées au large de la baie de Jijel, ces concentrations augmente avec la profondeur qui atteint un maximum de 0.76 $\mu\text{mol/l}$ à 150m de profondeur et plus ou moins élevées dans les stations 8,9 et 10 qui localisées dans le centre de la baie (en face d'Oued El Kebir).

IV.1.2.6 L'azote total

Les valeurs de l'azote total enregistrées dans la surface de la baie de Jijel (Fig.11) (Voir Annexe), varient dans l'intervalle de $9.72 \mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 3 en face de Oued Zhour dans la partie Est de la baie et un minimum de $1.33 \mu\text{mol/l}$ dans la station 11 et plus ou moins élevé dans les stations 9, 14 et 17, ces stations sont localisés dans le centre près d'Oued El Kebir et à l'Ouest près d'Oued Mencha de la baie.

Pour les variations de l'azote total dans la baie varient en fonction de la profondeur entre un maximum de $8.23 \mu\text{mol/l}$ dans la station 9 qui est situé dans le centre de la baie et un minimum de $2.06 \mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 11 près de Oued Nil.

IV.2 Distribution spatiale et dynamique des masses d'eaux dans la baie de Jijel

IV.2.1 Distribution horizontale

L'établissement des cartes d'isoconcentration pour les différents paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs, nous permettra de voir la variation spatiale des concentrations, de distinguer plus ou moins les masses d'eaux et d'évoquer leurs sources et leur évolution dans l'espace.

D'une manière générale, les paramètres étudiés ne présentent pas une variation homogène et uniforme à l'échelle de la côte, de la baie et du large.

Ces paramètres manifestes des maxima et, des minima et des valeurs intermédiaires réparties en zones ou en fronts bien distinguées, et pour certains paramètres étudiés, on remarque bien une corrélation significative de leurs distribution horizontale.

IV.2.1.1 La température

En ce qui concerne la température (Fig.13), nous remarquons principalement trois zones de variations bien distinctes :

Une tache de couleur orange définie par les isothermes $22,8$ et 23°C . Cette tache est localisée au centre de la baie. Elle peut représenter un front d'eau chaude avec un

maximum au niveau de la station 15 située au large. Ce front d'eau se déplace vers le centre de la baie et la côte.

Ce front s'affronte rapidement avec des eaux froides ayant une température minimale de 22.2°C au niveau des stations 11, 16 et 21. Ces eaux plus fraîches sont représentées sur (la fig.24) par la couleur bleue, et évoquent des sources d'eaux froides qui peuvent être une remontée d'eau (résurgence côtière). Ce qui peut corroborer cette hypothèse est l'eau avec une salinité supérieure à 38,00 psu, qui est d'origine profonde signalée au niveau des stations 10 et 11 (Fig.14).

La couleur verte représente des températures intermédiaires, forcément le résultat de mélange entre les eaux ayant les températures extrêmes. Ces eaux sont localisées dans la partie Est comme dans la partie Ouest, entourant les fronts chaud et froid.

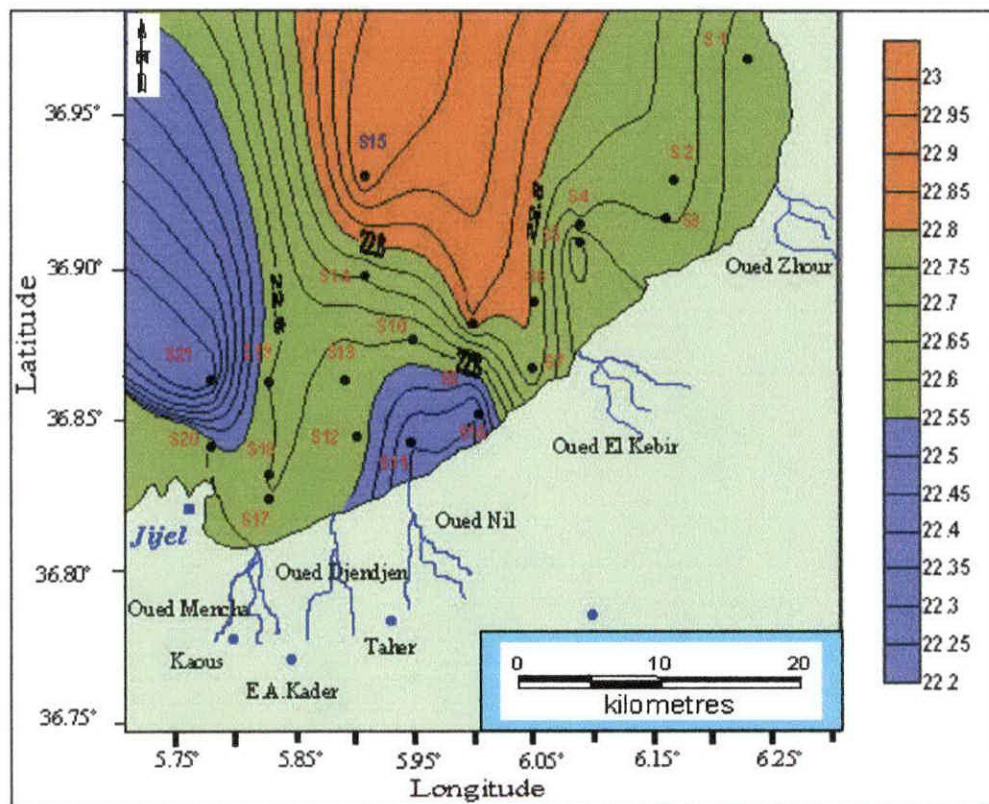


Fig.13 : Carte de la distribution spatiale de la température (°C) en surface dans la baie de Jijel.

IV.2.1.2 La salinité

Ce paramètre montre un gradient décroissant de la cote vers le large (Fig.14). Cette figure représente trois taches des eaux qui sont distinctes :

Une tache orange qui représente les eaux plus salines avec des valeurs supérieures à 38 psu, localisée en face Oued Nil, au niveau des stations 10 et 11. Ces eaux sont d'origine profonde et forment une résurgence côtière modérée. L'examen de ces eaux dans l'ensemble des stations montre que ces eaux passent par le fond des stations 14, 10 et 9 et continue vers la cote pour former les eaux de surface de la station 10 et toute la colonne d'eau de la station 11.

Une autre tache de couleur vert avec des valeurs intermédiaires qui varient entre (37.1 et 38) psu. Ces salinités occupent toutes les eaux de surface de la baie.

Les salinités inférieures à 37 psu, sont représentées par la couleur bleue. Elles sont localisées en deux endroits. L'un à l'embouchure d'Oued El Kebir au niveau des stations 5, 6 et 7. L'origine de ces salinités ne peut être autre qu'un adoucissement par l'eau douce de l'oued El Kebir. Ces eaux dirigent de la cote (près de Oued El Kebir) vers le large de direction Nord-Est. Le deuxième endroit situé au Nord-Ouest de la baie, où ces salinités peuvent être expliquées par l'eau atlantique moins salée.

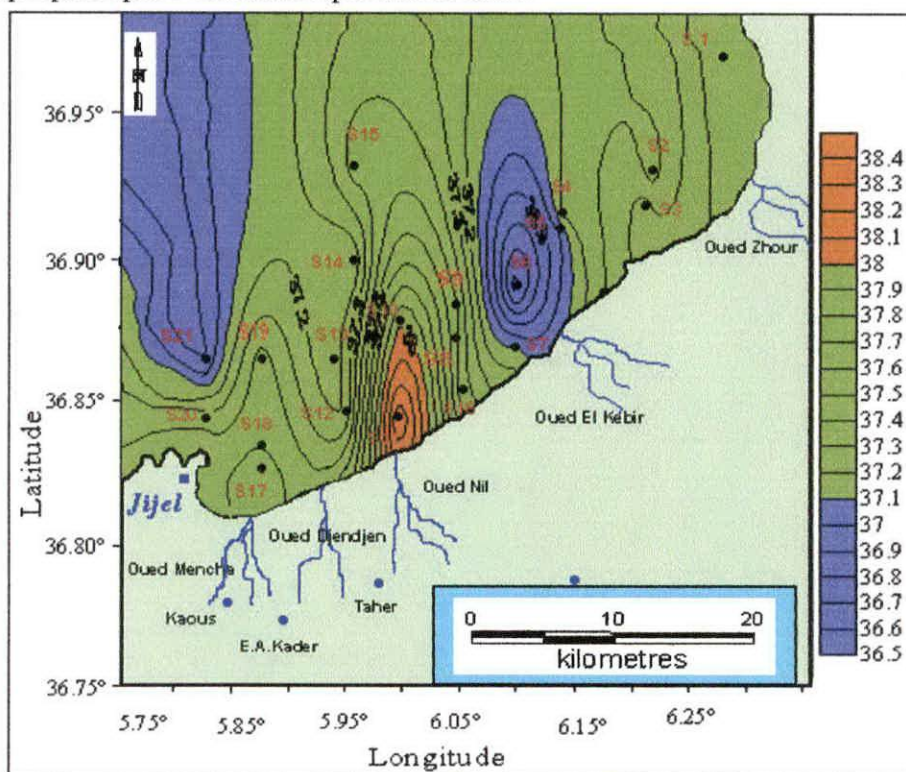


Fig.14 : Carte de la distribution spatiale de la salinité (psu) en surface dans la baie de Jijel.

IV.2.1.3 Les nitrates et les nitrites

La distribution des sels nutritifs par contre montre une distribution très hétérogène avec une corrélation assez nette. Pour les nitrates et les nitrites (Fig. 15 et 16) ont des

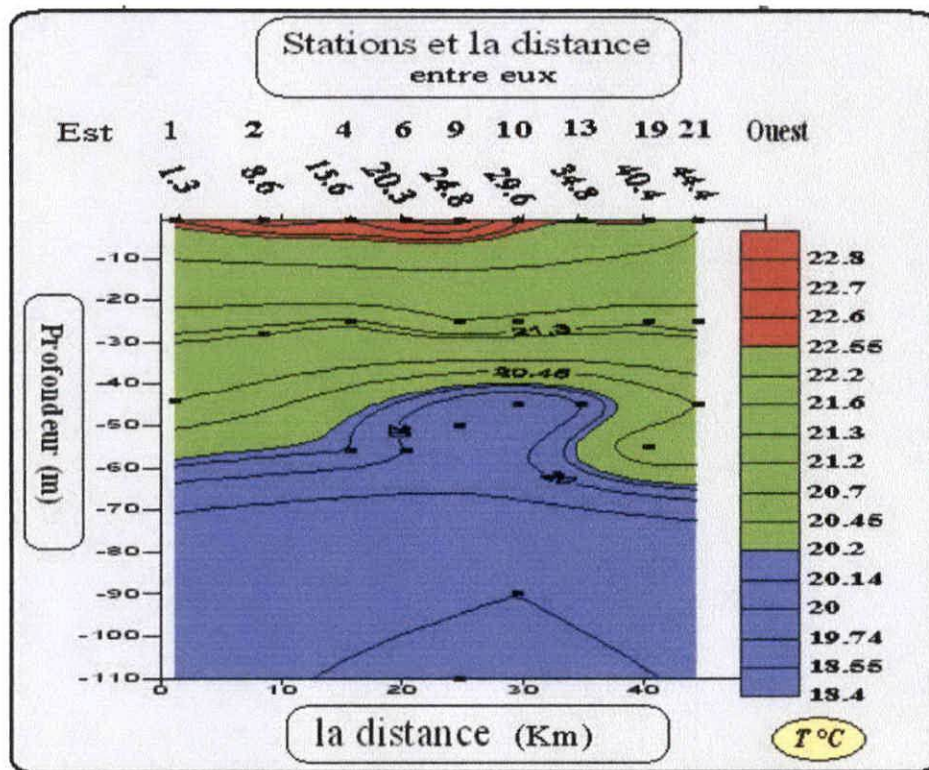


Fig. 22a : Distribution verticale de la température le long de la section Ouest/Est.

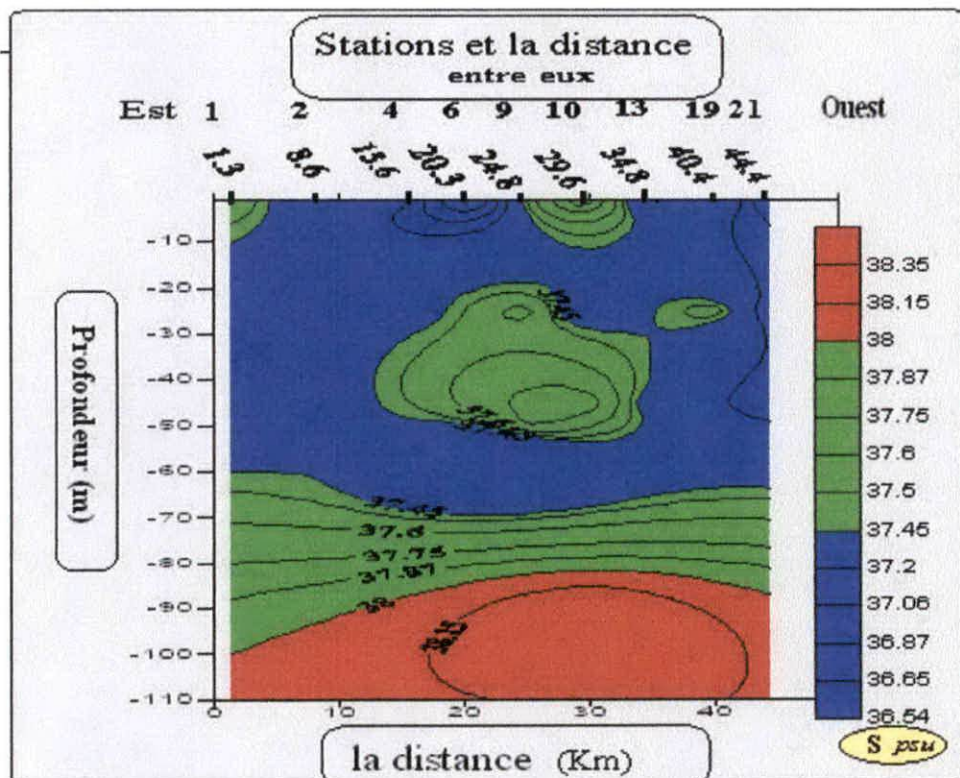


Fig. 22b : Distribution verticale de la salinité le long de la section Ouest/Est.

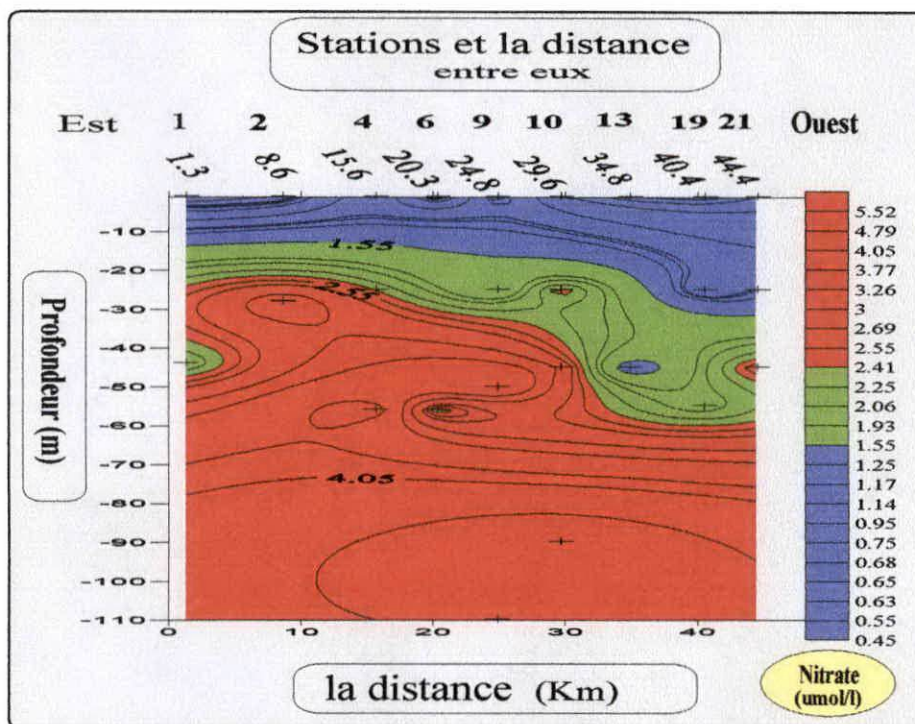


Fig. 22c : Distribution verticale des nitrates le long de la section Ouest/Est

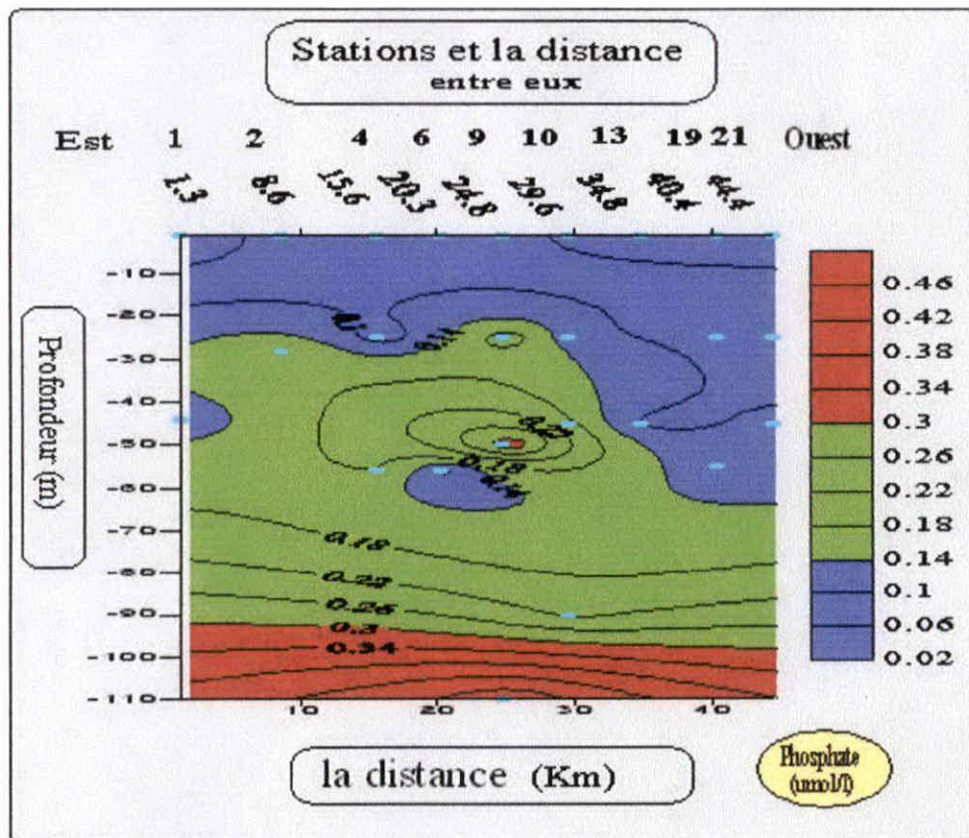


Fig. 22d : Distribution verticale de phosphates le long de la section Ouest/Est.

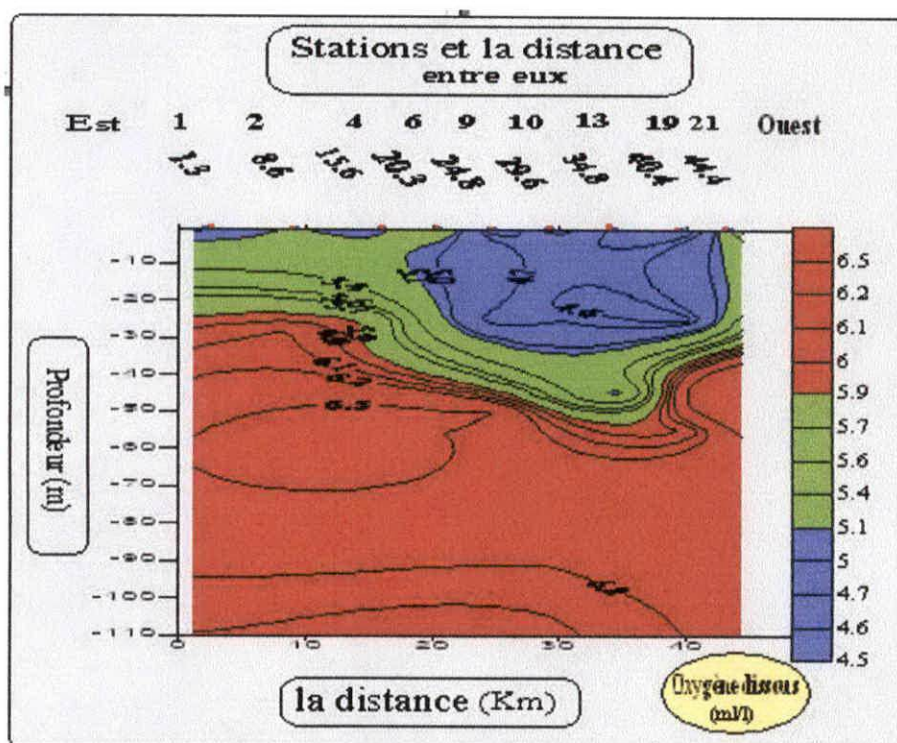


Fig. 22e : Distribution verticale d'oxygène dissous le long de la section Ouest/Est

IV.2.2 Description de la section Côte/Large

L'examen de la distribution verticale de la température (Fig.23a) montre que les eaux des Oueds n'ont pas d'influences conséquentes. Les eaux de mer paraissent plus ou moins bien stratifiées avec des températures moyennes comprises entre (19.75 et 22.7) °C. Cela est dû au brassage de ces masses d'eaux. Par contre, il y a une valeur élevée de la température de surface au large (station 15). Cette station est loin de la côte d'environ 17 km. Cette température élevée peut être due à l'importance de l'ensoleillement dans la période de prélèvement avec stratification et sans qu'il y est de mélange important avec des eaux plus fraîches des couches profondes. Dans ces dernières, par contre, les eaux sont légèrement plus froides en raison de l'absence des rayons solaires.

L'examen de la distribution de la salinité (Fig.23b) fait observer des eaux plus ou moins bien stratifiées. Les eaux de surface montrent les valeurs les plus faibles de la salinité (37.1-37.45) psu. Elles sont accompagnées par des valeurs faibles des sels nutritifs et de l'oxygène dissous. Du côté sud des sections de la salinité, des nitrates, des phosphates, de

l'oxygène et surtout du pH, dans les figures (Fig.23c, d, e) apparaît une variation plus ou moins significative des lignes d'isoconcentration qui signalent l'influence l'oued Mencha, en face cette section. Cette influence qui se manifeste par l'intrusion d'eau continentales est mieux illustrée dans la section du pH avec les valeurs les plus faibles (<8,35).

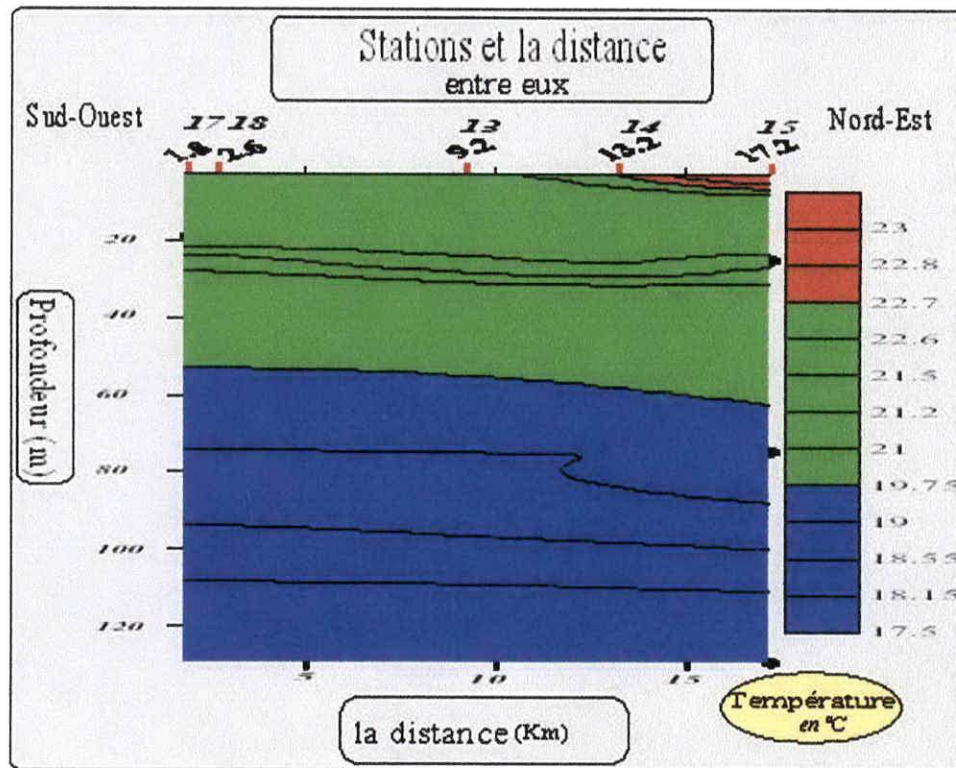


Fig. 23a : Distribution verticale de la température le long de la section Côte/Large

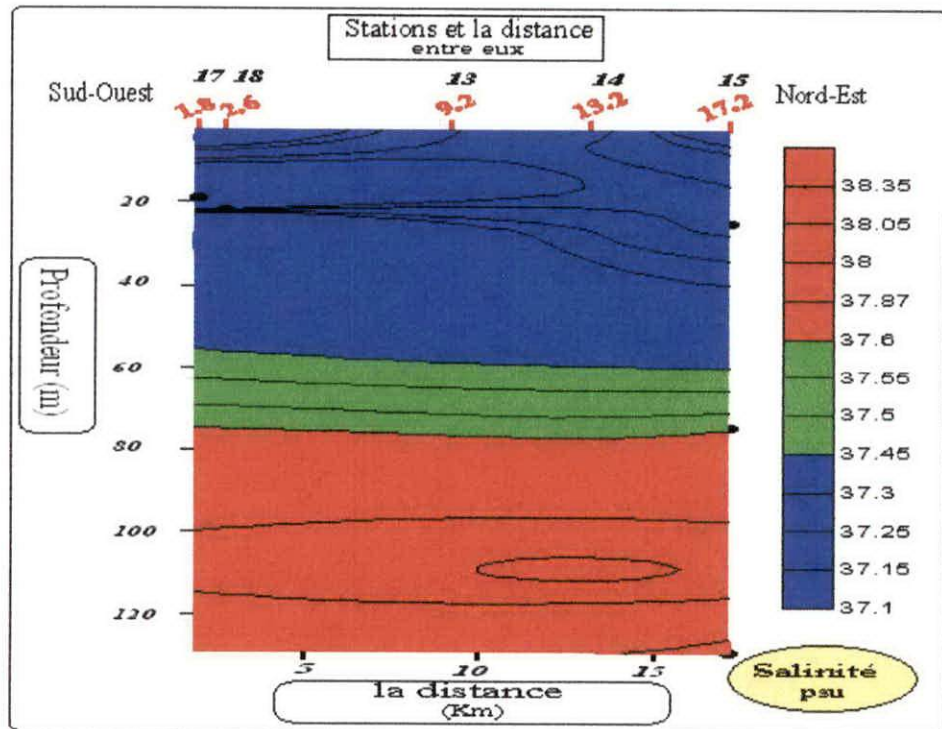


Fig.23b : Distribution verticale de la salinité le long de la section Côte/Large

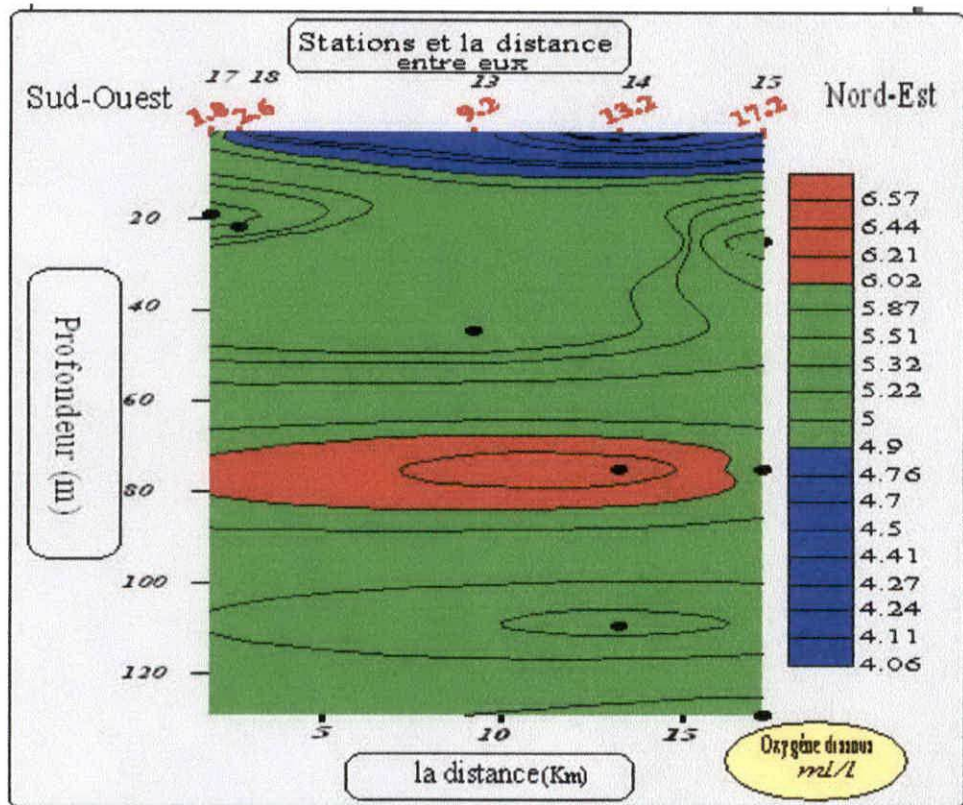


Fig.23c : Distribution verticale d'oxygène dissous le long de la section Côte/Large

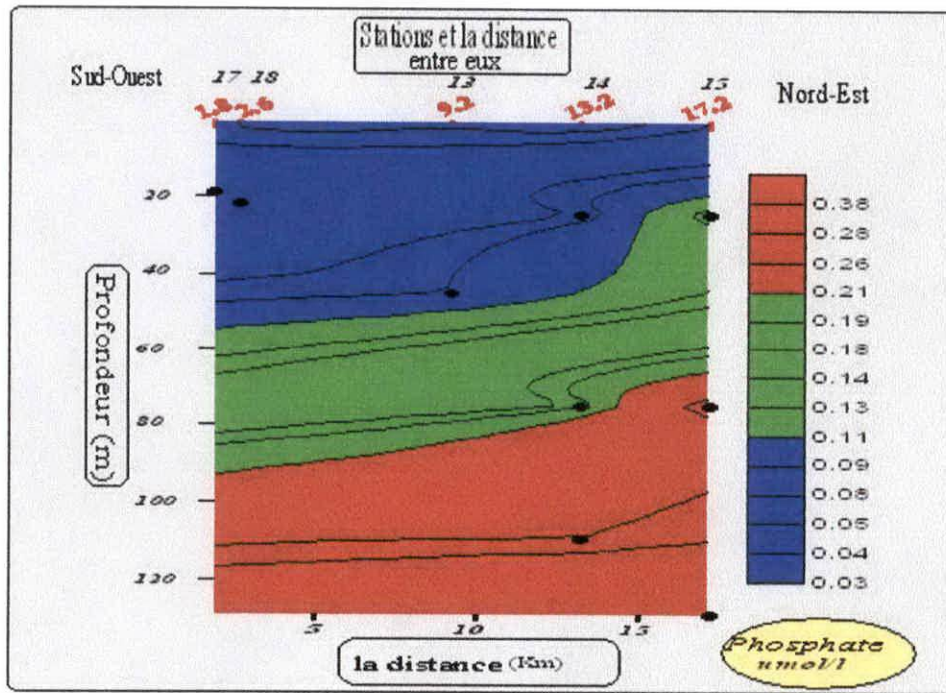


Fig.23d : Distribution verticale de phosphate le long de la section Côte/Large

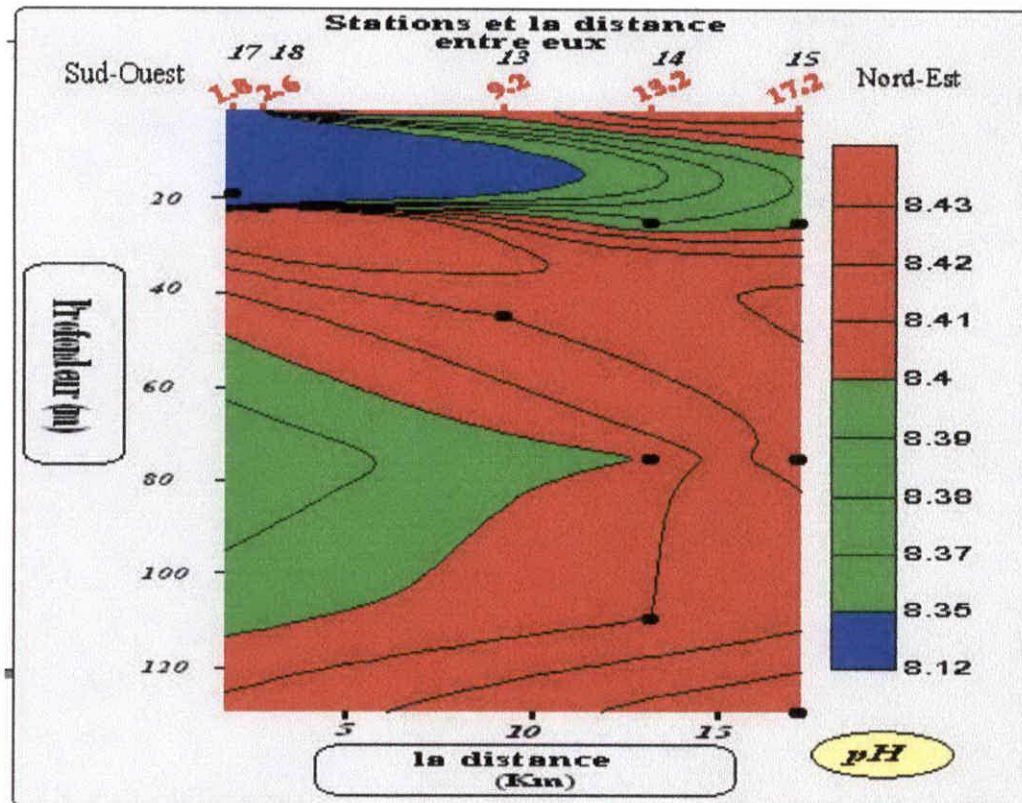


Fig.23e : Distribution verticale de pH le long de la section Côte/Large

IV.3 Analyse binaire

L'analyse binaire est une méthode pour le traitement et l'étude des comportements d'un paramètre par rapport à l'autre dont l'objectif est la mise en évidence des relations et des dépendances qui peuvent exister entre ces paramètres.

IV.3.1 Diagramme de corrélation température/salinité (T-S)

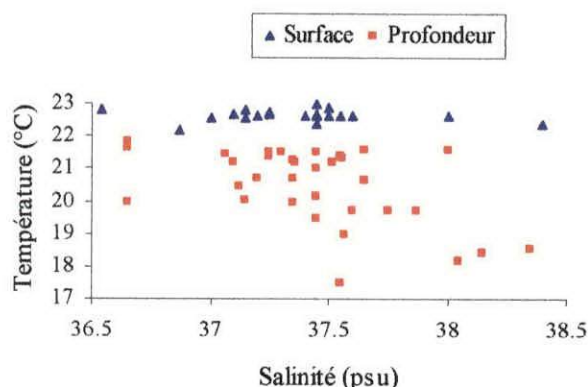


Fig.24 : Diagramme de corrélation Température/Salinité (T-S).

Le diagramme de Température-salinité (Fig.24) montre une relation très diffuse. Dans ce diagramme on peut nuancer trois groupes de points plus ou moins distincts :

- Le premier nuage a des salinités inférieures à 36,87 psu et formé uniquement de 4 points qui sont : la station 3 (20 m de profondeur), la station 6 (surface et 56 m de profondeur) et la station 17 (19 m de profondeur). Chacune de ces stations est à proximité de l'embouchure d'un Oued qui sont respectivement : Oued Zhour, Oued El Kebir et Oued Mencha. Ces eaux ne forment pas une seule masse d'eau, mais des eaux marines légèrement adoucies par la contribution des eaux continentales.
- L'autre présente une eau de surface mélangé par les eaux profondes avec des températures comprises entre 19 et 23°C et de salinité entre 37 et 37.65 psu, qui reflètent typiquement les caractéristiques de l'eau modifiée atlantique (M.A.W), cette masse d'eau localise presque dans toute la baie.
- Le troisième nuage de points est formé par six points qui sont : la station 9 (110m), la station 10 (1 et 90m), la station 11 (1 et 22m) et la station 14 (110m). Ces eaux

forment les trace d'une petite masse d'eau dans la caractéristique principale est la salinité élevée ($S > 38$ psu). Cette caractéristique s'approche de celle de l'eau Levantine, qui normalement n'affleure pas dans les côtes algériennes. Quelque soit la nature de cette eau, les valeurs de sa salinité sont un indice irréfutable de l'origine profonde (Résurgence côtière) de cette masse d'eau qui remonte presque au centre de la baie en étant près du fond.

IV.3.2 Diagramme de corrélation nitrate/phosphate ($\text{NO}_3^- / \text{PO}_4^{3-}$)

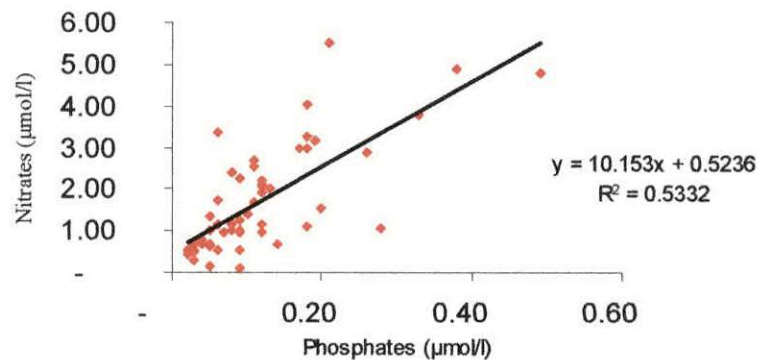


Fig.25 : Diagramme de corrélation nitrate/phosphate ($\text{NO}_3^- / \text{PO}_4^{3-}$).

La corrélation entre les nitrates et les phosphates (Fig.25) donne une distribution très diffuse, mais linéaire et semble être significative ($R^2 = 0,53$). L'examen des points qui se trouvent trop écartés de l'ensemble n'évoque pas de contraintes particulières. La droite de régression formée par l'ensemble des points est définie par l'équation suivante :

$$\text{NO}_3 = 10,15 \text{ PO}_4^{3-} + 0,52 \quad (R^2 = 0,53)$$

Le rapport d'abondance entre les nitrates et les phosphates est de l'ordre de ($\text{N/P} = 10,15$), relativement faible par rapport à celui admis par Redfield et autres pour les eaux de surface à l'échelle globale de l'océan (Redfield et *al.*, 1963 ; Minster et Boulahdid, 1987 ; Boulahdid et Minster, 1989). Il est aussi relativement faible par rapport à celui trouvé Boulahdid et *al.*, 2000 ; dans la partie Ouest de la Baie de Bou-Ismaïl ($\text{N/P} = 16$) ; Cependant, ce rapport est largement supérieur à celui trouvé par Boulahdid et *al.*, 2000 ; dans la baie d'Alger ($\text{N/P} = 1,6$), à celui trouvé par Boulahdid et *al.*, 2000 ; dans la partie

Est de la baie de Bou-Ismaïl (N/P =2) et celui trouvé par Lokmane,1993 ; dans la baie de Zemmouri (N/P=7).

La faiblesse de ce rapport dans cette baie peut trouver son explication dans la contribution continentale en phosphates dans les eaux des terres agricoles et les eaux usées relativement riches en phosphates. De même que la consommation des sels nutritifs par les phytoplanctons peut être un aussi un facteur, car, généralement c'est l'azote nitrique qui s'épuise en premier lieu. D'autre part, nous savons aussi que ce rapport dans les eaux du large est de l'ordre de 22 (Raimbault et *al.*, 1993). Donc un mélange de ces eaux avec celles côtières (de la baie) peut être un facteur supplémentaire intervenant dans la définition du rapport trouvé dans la baie.

IV.3.3 Diagramme de corrélation oxygène dissous/nitrate

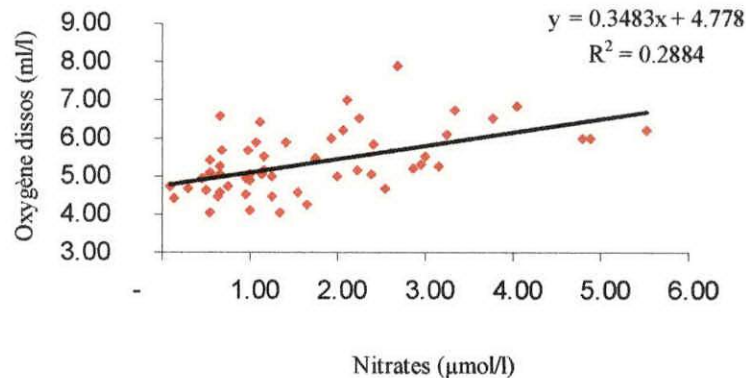


Fig.26 : Diagramme de corrélation oxygène dissous/nitrate.

Le Diagramme de corrélation entre les nitrates et l'oxygène dissous (Fig.26) donne une distribution linéaire avec une pente positive, mais très dispersée. La droite de régression est définie par l'équation suivante :

$$O_2 = 0,348 NO_3^- + 4,778 \quad (r^2 = 0,288)$$

Le rapport entre l'oxygène dissous et les nitrates, obtenu à partir de cette corrélation, ainsi que de celle de l'oxygène dissous avec les phosphates, dans les eaux de surface, en terme de dépendance de l'un des paramètres par rapport à l'autre n'a pas un grand sens. Ce rapport est beaucoup plus recherché dans les eaux profondes où il y a consommation d'oxygène (corrélation négative) sans compensation par l'équilibre air-mer. Nous l'avons appliqué dans notre étude juste pour avoir d'autres information telles que l'influence des contraintes continentales, remontée d'eau importante ...

IV.3.4 Diagramme de corrélation oxygène dissous/phosphate

Le diagramme de corrélation entre l'oxygène dissous et les phosphates (Fig.27) présente une distribution très dispersée avec une équation de la droite moyenne :

$$(\text{O}_2)_{\text{dissous}} = 3.58 \text{ PO}_4^{-3} + 4.95 \quad (r^2 = 0,157)$$

Cette corrélation est plus mauvaise que celle des nitrates avec l'oxygène. De ce fait, on peut penser que les phosphates sont plus ou moins perturbés par rapport aux nitrates. Par conséquent on peut penser aussi que la dispersion observée dans la corrélation entre les nitrates et les phosphates peuvent être dû aux phosphates.

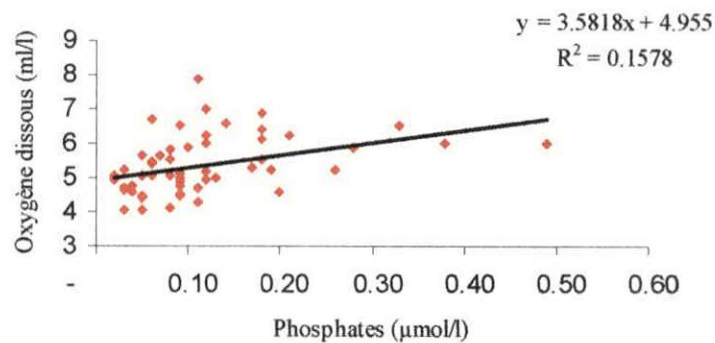


Fig.27 : Diagramme de corrélation oxygène dissous/phosphate.

IV.3.5 Diagramme de corrélation nitrate/azote total

La corrélation entre l'azote total et les nitrates donne une distribution très dispersée avec une nuance d'une linéarité très faible. Les eaux de surface paraissent avec les teneurs les plus faibles. Ceci résulte du processus photosynthétique qui épuise les formes inorganiques à ce niveau.

La droite de régression est définie par l'équation suivante :

$$\text{NO}_3^- = 0,3466 \text{ NT} - 0,1512 \quad (r^2 = 0,23)$$

Cette droite signifie que les nitrates forment environ 35 % de l'azote total dissous.

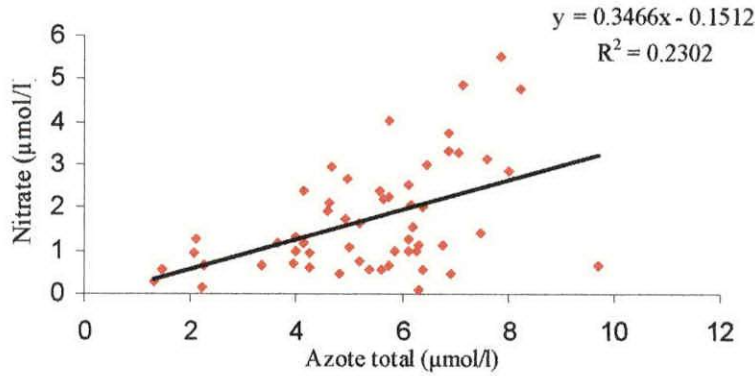


Fig.28 : Diagramme de corrélation nitrate-azote total.

IV.3.6 Diagramme de corrélation phosphate/phosphore

Le diagramme de corrélation entre le phosphore total et les phosphates donne une distribution linéaire avec quelques points qui s'écartent (Fig.29.a).

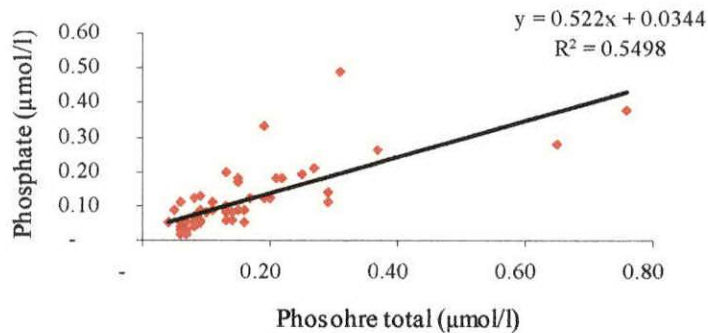


Fig.29.a : Diagramme de corrélation phosphate-phosphore total.

L'examen de ces points fait ressortir que les eaux profondes de la station 9 (50 et 110m) sont assez riches en phosphates et, de ce fait, s'éloignent de la distribution linéaire. La droite de régression établie par toutes les données est définie par l'équation suivante :

$$\text{PO}_4^{3-} = 0,52 \text{ PT} + 0,034 \quad (r^2 = 0,55)$$

Cet examen fait ressortir aussi que les eaux profondes de la station 15 (75 et 130m) sont excessivement riches en phosphore total. Cependant, ces deux points restent dans le prolongement de la distribution linéaire pour en faire partie. Sans les eaux profondes de la station 9, la distribution est plus linéaire et la droite de régression est plus significative (fig.29.b)

$$\text{PO}_4^{3-} = 0,44 \text{ PT} + 0,064 \quad (r^2 = 0,44)$$

Dans les deux cas, le terme de proportionnalité de l'équation de régression signifie que les phosphates forment environ 50 % du phosphore total dissous.

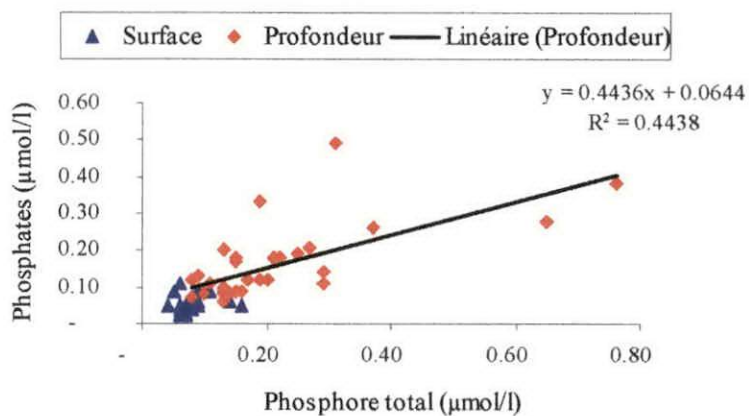


Fig.29.b : Diagramme de corrélation phosphate-phosphore total

CONCLUSION

Conclusion

L'étude menée à travers ce mémoire nous a permis de dresser une image plus ou moins claire sur les phénomènes physicochimiques qui se déroulent dans la baie de Jijel. Ainsi, une caractérisation des eaux de la baie a été faite tout évoquant des apports continentaux certains. Un essai de description des sens de la circulation à l'intérieur de la baie a été fait.

En terme de caractérisation des eaux de la baie, une première conclusion s'impose d'elle même : il y a trois masses d'eau de caractéristiques et d'origines différentes qui se mélangent à l'intérieur de la baie.

Des eaux marines légèrement adoucies par la contribution des eaux continentale qui ont des salinités inférieure à 36.87 psu. Ces eaux localisent au niveau des embouchures des Oueds (Zhour St 3, El Kebir St 6 et Mencha St 17). Leur importance est très faible par rapport au reste et ne forme par réellement l'entité d'une masse.

L'autre représente les eaux de surfaces mélangées avec des eaux profondes avec un intervalle de salinité compris entre 36 et 37.5 psu et un intervalle de température compris entre 19 et 23 °C. Ses caractéristiques reflètent typiquement celles de l'eau atlantique modifié (MAW) qui, en terme de volume, a proportion la plus importante et occupe toute la baie.

Une troisième masse ayant des salinités supérieures à 38 psu. Ces eaux ont la caractéristique de salinité qui rappelle celle de l'eau Levantine. D'après la littérature, cette dernière normalement n'affleure pas dans les côtes Algériennes. Ces eaux ont une origine profonde et remontent presque au centre de la baie en longeant le fond jusqu'à presque la côte (résurgences côtières au niveau de la station 11). Pendant leur séjour dans la baie, ces eaux se mélangent avec celles atlantiques modifiées et se réchauffent légèrement.

Les concentrations en sels nutritifs suggèrent un apport certain continental par les oueds et profond par la résurgence côtière observée. Elles évoquent aussi une activité photosynthétique significative qui arrive à consommer presque totalement l'azote nitrique dans les eaux de surface. Nous savons que ce dernier, d'une manière générale, s'épuise en premier lieu par rapport aux phosphates. Ce processus, peut être, en partie, à l'origine de la valeur relativement faible du rapport $N/P = 10,52$ estimé pour les eaux de la baie.

Cette étude suggère que les eaux de la baie peuvent se renouveler aisément et que le temps de séjour ne doit pas être important. Ceci nous amène à conclure qu'une pollution plus ou moins importante des eaux de la baie est à écarter. Cette pollution, surtout en substances dissoutes déversées quotidiennement dans ce site, au lieu d'être accumulée, se trouve exportée en dehors de la baie.

Recommandations :

● **Concernant la recherche**

- Aller plus en avant, dans la détermination de la composition de la matière organique dissoute. Il serait en effet, fort intéressant de pouvoir l'exprimer par classe biochimique. Ce type de recherche, encor très peu soutenu sur la côte Algérienne et a encourager et a promouvoir.
- Cerner la majorité des processus qui influent sur la croissance teles-que : les oligo-éléments, les vitamines, les chélateurs... etc.
- Déterminer la nature et la composition des polluants chimiques rejetés en mer pour pouvoir les appréhender et les éliminer.

● **Concernant le domaine pratique**

- L'utilisation d'un réseau très serré de station d'échantillonnage avec notamment plusieurs niveaux de prélèvements, afin de pouvoir cerner toutes les anomalies existantes et leurs immersions correspondantes
- Assurer un suivi saisonnière aux différentes recherches et pour quoi pas mensuel.

BIBLIOGRAPHIE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aminot A, et Chaussepied M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin.

Edt. CNEXO, Brest. 395P.

Bagnouls F. et Gaussen H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique : document pour les cartes de production végétale. *Série généralité cartographie de l'unité*

écologique. Edition. Edward. Privat Toulouse, 47P.

Bethoux J.P., 1980. Le cycle du phosphore dans le bassin occidental de la mer Méditerranée. *Modèle d'étude du devenir des rejets tellurique. V^{es} journées. Etud.*

Pollution, Cagliari, C.I.E.S.M. (1976) : 997-1004.

Bethoux J.P., Morin P., Ruiz-Pino D. P., 2002. Temporal trends in nutrient ratios:

chemical evidence of Mediterranean ecosystem changes driven by human activity.

DSRII, Vol 49, 11.

Boulahdid M, 1987. Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Etude du mélange des masses d'eaux et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. *Thèse de*

Doctorat, Université de Paris VII, 266P.

Boulahdid M., Eddalia N., Boudjellal B., et Azzouz M., 1993. Physico-chimie de la baie d'Alger. *2^{ème} Congrès de la société Algérienne de chimie Zeralda (Algérie)., 6P.*

Boulahdid M., Eddalia N., Boudjellal B., et Azzouz M., 2003. Les eaux de la baie

d'Alger. Quelques aspects physico-chimiques et environnementaux. *Annales de*

l'Institut National Agronomique-El Harrach-Vol.24, N°1 et 2, 39-54.

Bouthoux J., 1993. Introduction à l'étude des eaux douces. *Technique Et*

Documentation.243P.

Boutiba M, 2006. Géomorphologie dynamique et mouvement des sédiments le long de la

cote sableuse Jijelienne (Est Algérie). *Thèse. Doc. D'Etat. USTHB. 252P.*

Brahmia A. et Brinis A., 1997. Caractéristiques hydrologiques et niveaux de fertilité des

eaux de la baie de Bous-Imail. Mémoire d'ingénieur, *ISMAL, 126P.*

- Chapon J., 1984.** Les travaux maritimes (les ouvrages intérieurs des ports maritimes-dégagement des accès et plans d'eau des ports). T2 Ed. EYROLLES.365P.
- Copin-Montégut G, 1996.** Chimie de l'eau de mer. *Collection « synthèse »*.290-292P.
- Eddalia N., 1990,** les sels nutritifs et la matière en suspension dans la baie d'Alger et le golfe d'Arzew. Identifications des masses d'eaux. Mémoire d'ingénieur, ISMAL, 103P.
- Gaujous D., 1995 :** La pollution des milieux aquatiques, aide-mémoire, *Technique et documentation*. 40-41P.
- Guellati A., 2003.** Les paramètres physicochimiques et les sels nutritifs dans les eaux de littoral Algérois. Mémoire d'ingénieur, ISMAL, 84P.
- Hadouche Idire, 2002.** Etudes de l'état de pollution de la baie de Bou-Ismaïl par les sels nutritifs et les métaux lourds. *Mém. ING. ISMAL*, 83P
- Jacques G et Tréguer P., 1986.** Ecosystèmes pélagiques marin. Collection d'écologique.19. Edt. Masson. Paris. 243P.
- Lefebvre Y. et al., 1993.** Circuits eau de mer traitements et matériaux. *Edition. TECHNIP. Chambre Syndicale de la Recherche et de la production du Pétrole et du Gaz Naturel. Comité des Techniciens*. 393P.
- Lokmane D., 1993.** Caractéristiques physicochimiques des eaux de la baie de Zemmouri, *Mémoire de DEUA, ISMAL*, 64P.
- Lourguioui H, 2006.** Etude hydrobiologique du barrage de Boukourdane (Wilaya de Tipaza). *Thèse de Magister en environnement et écosystème littoraux, ISMAL*, 84P.
- Millot C., 1985.** Some features of Algerian current. *J. Geophys. Res., Vol. 90N°7 : 7169-7176*.
- Ottmann F., 1965.** Introduction à la géologie marine et littorale. *Edition Masson, Paris*. 259P.

- Riley J. P., Chester R., 1971.** Introduction to marine chemistry. *Academic Press*. London, 465 p.
- Raimbault.P, Bernard.C, Boulhadid.M, Boudjellal.B** :Origin of high phytoplankton concentration in deep chlorophyll maximum (DCM) in a frontal region of the southwestern Mediterranean Sea (Algerian current) Deep –Sea. *Res I.Vol 40 N° 4.792-800 p*
- Raimbault.P Conan.P et Coste.B., 1993.** Le Phosphore en méditerranée occidentale. Donnée récente et pré – évaluation de l'évolution temporelle ou sein des eaux profondes.*Rapp. Comm. Int Mer Med, 34, Vol 34. 68 p*
- Samson-Kechacha F.L., 1981.** Variation saisonnière des matières nutritives de la baie d'Alger. Recherche des facteurs contrôlant le développement du phytoplancton. *Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle, U.S.T.H.B., 70 p.*
- Semmar N., 1992.** reconnaissances des phénomènes hydrologiques et des caractéristiques chimiques au large de la baie d'Alger et au lac Mellah (El Kalla) par les traceurs classiques, *Mémoire de Technicien Supérieur. ISMAL, 178P.*
- Skalar analytical, 2000.** Manuel San Plus Analyser : SA 1050 (Random Access Auto sampler). Breda (Netherlands), 23 p.
- Taupier-Letage I. et Millot C., 1988.** Surface circulation in the Algerian basin during 1984. Océanographies pélagiques méditerranéennes. *Edition H.J. MINAS et P.NIVAL. 79-85P.*
- Treguer P., Delmas R. et Le Jehan S., 1985.** Conservativité et non conservativité de la distribution des matières nutritives et organiques, dissoutes et particulaires, en écosystème marin et estuarien. *Macrotidal., Oceanis, Vol. 11, Fasc. 3 : 169-180.*

Fiche et sites Web consultées :

- Relevé météorologique de l'ONM (Office National de Météorologique), pour les années 1992- 2000.
- www.ifremer.fr
- www.shom.fr
- www.educnet.education.fr
- www.ifen.fr
- www.mumm.ac.be
- www.skalar.fr/pr_san.htm

ANNEXES

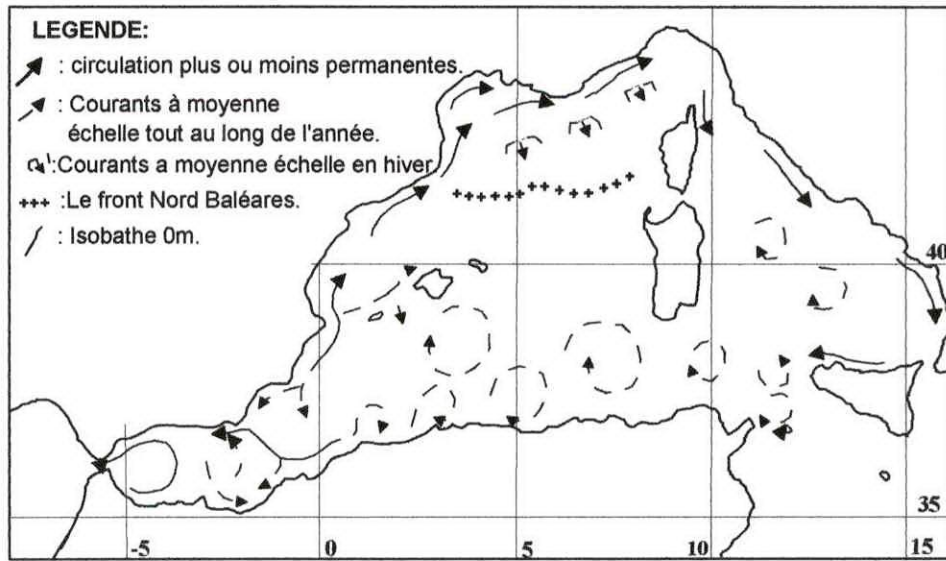


Fig.1 : Circulation de l'eau d'origine Atlantique (Millot, 1987.in Millot, 1989).

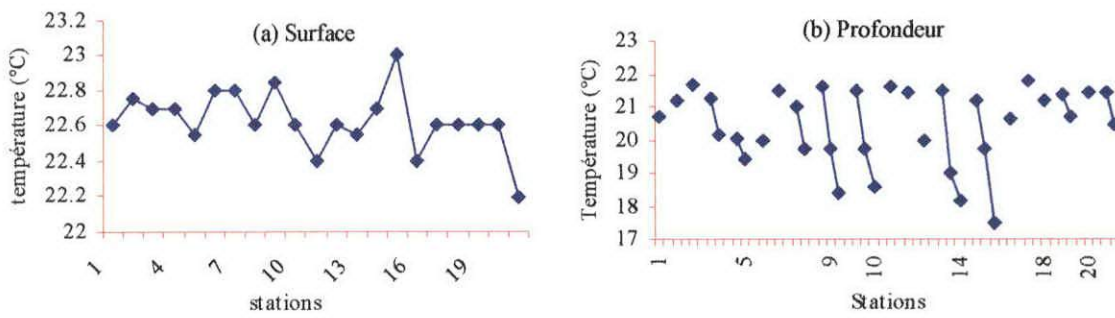


Fig.2 : Variation de la température en fonction des stations.

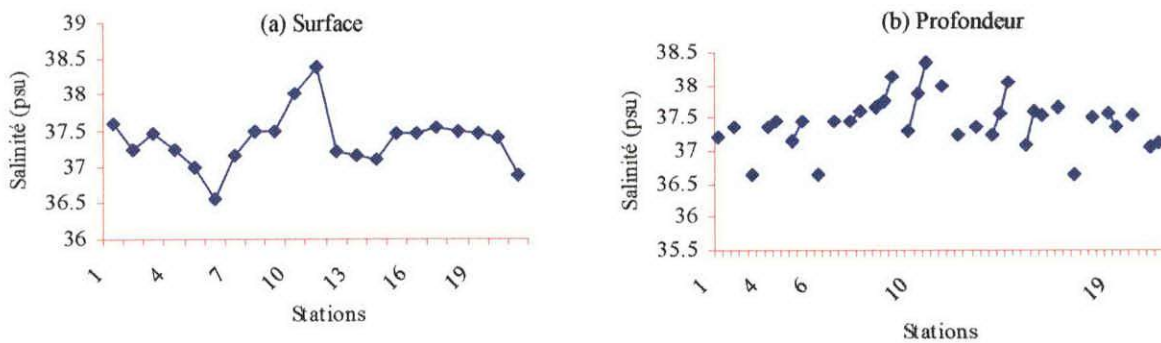


Fig.3: Variation de la salinité en fonction des stations.

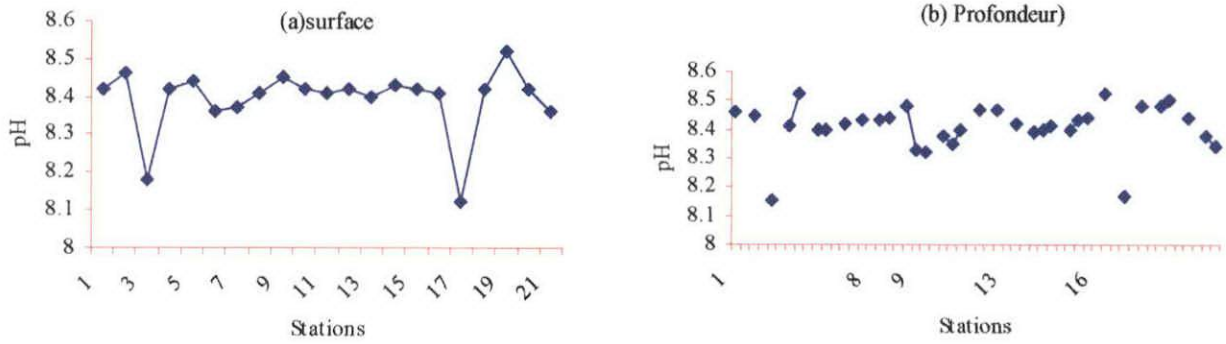


Fig.4 : Variation de pH en fonction des stations.

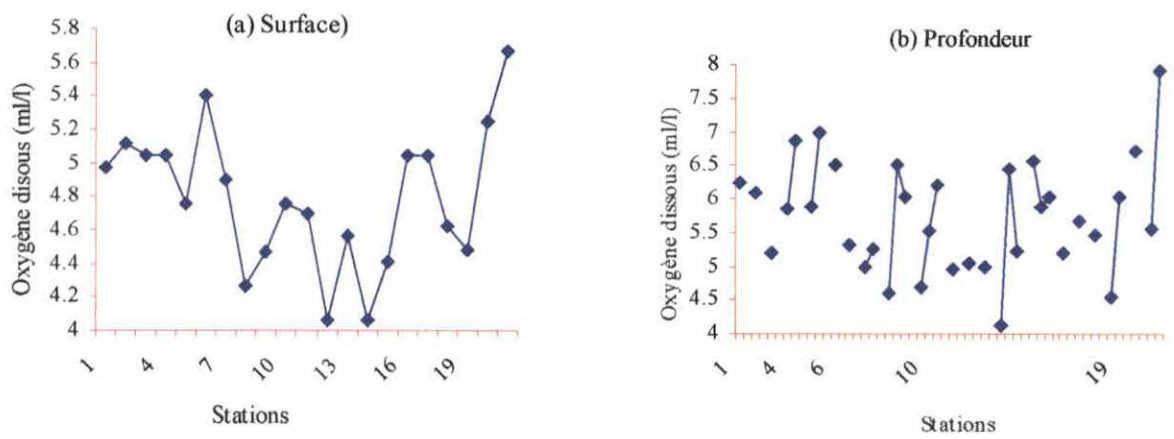


Fig.5: Variation de l'oxygène dissous en fonction des stations.

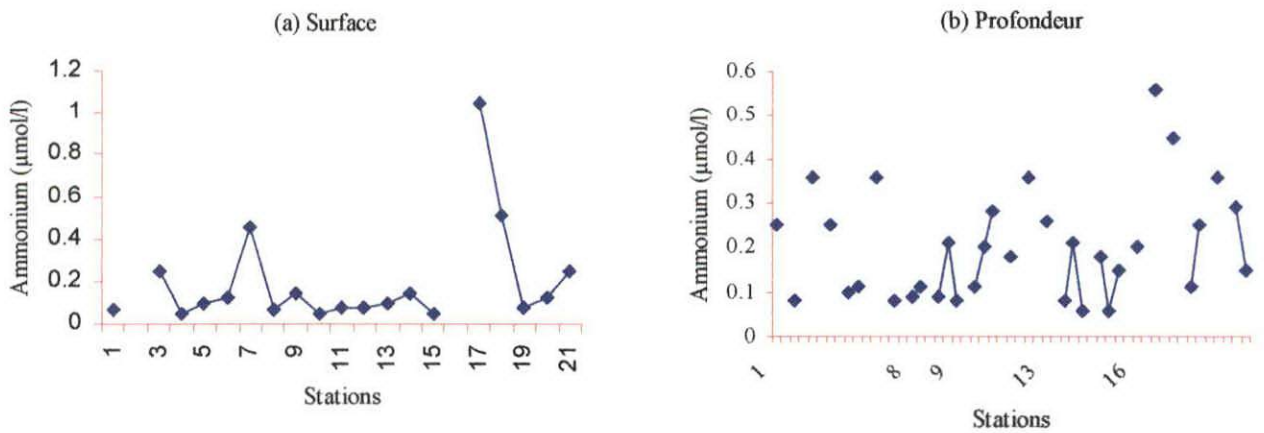


Fig.6 : Variation de l'ammonium en fonction des stations.

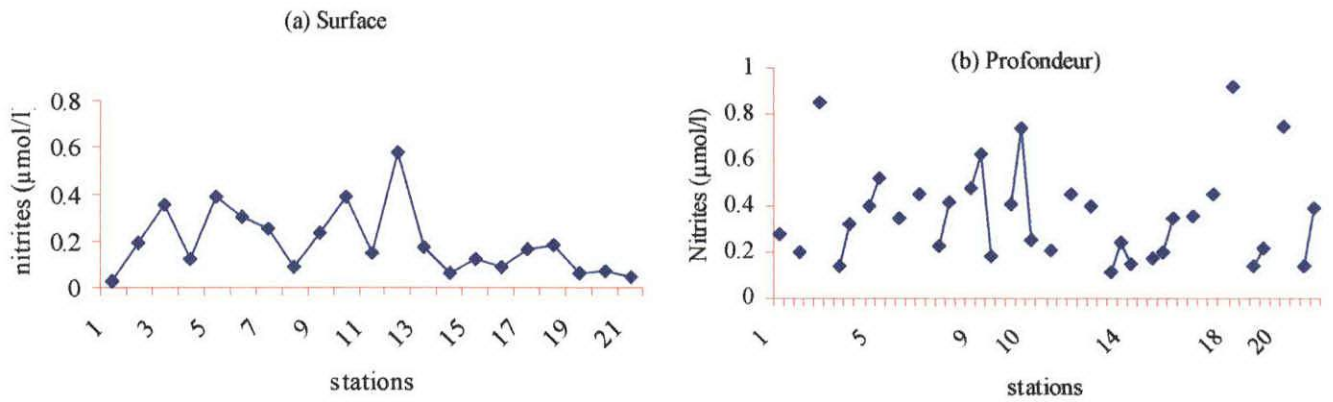


Fig.7: Variation des nitrites en fonction des stations.

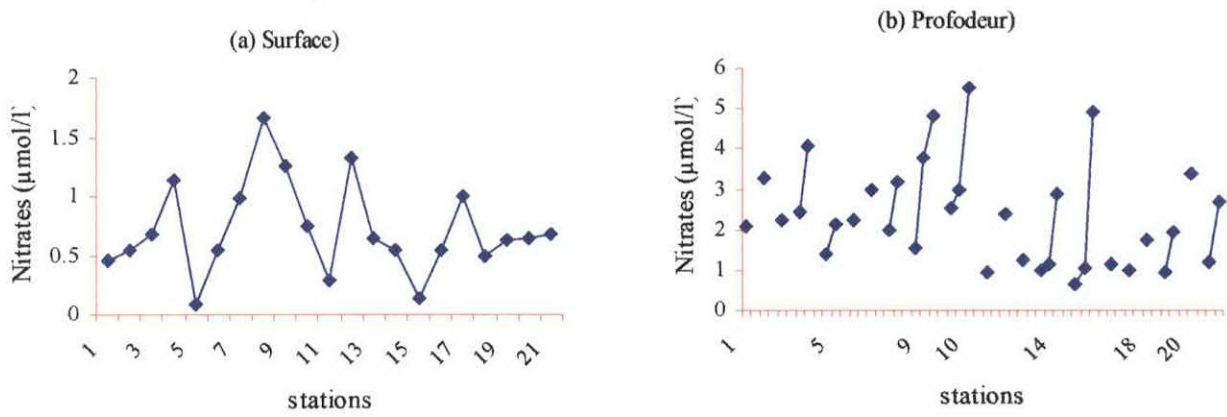


Fig.8: Variation des nitrates en fonction des stations.

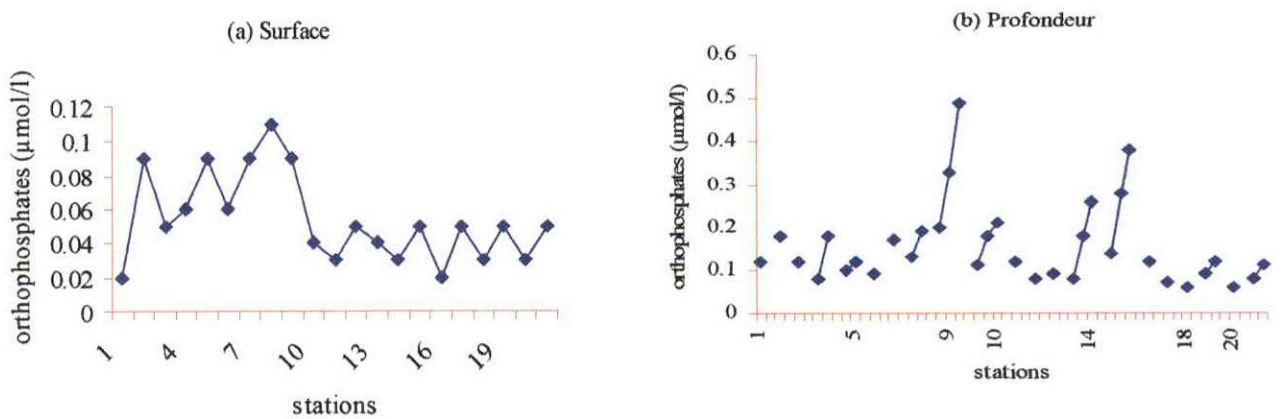


Fig.9: Variation des orthophosphates en fonction des stations.

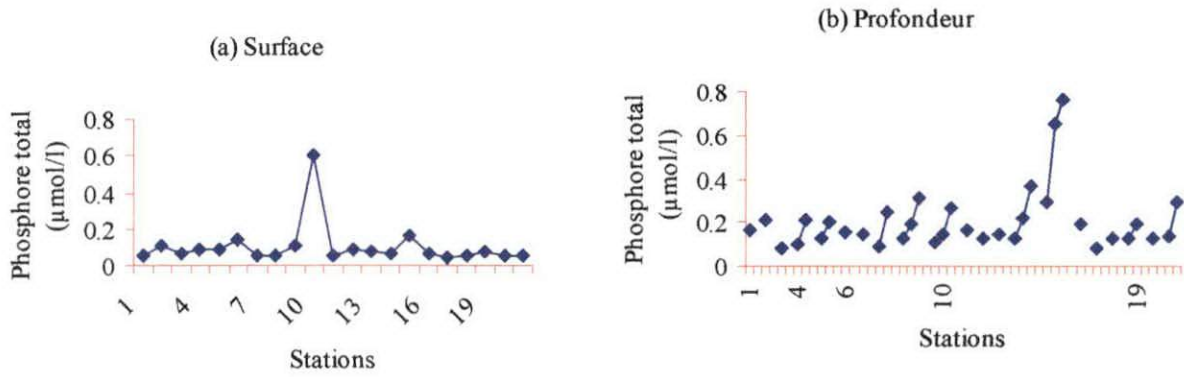


Fig.10: Variation de phosphore total en fonction des stations.

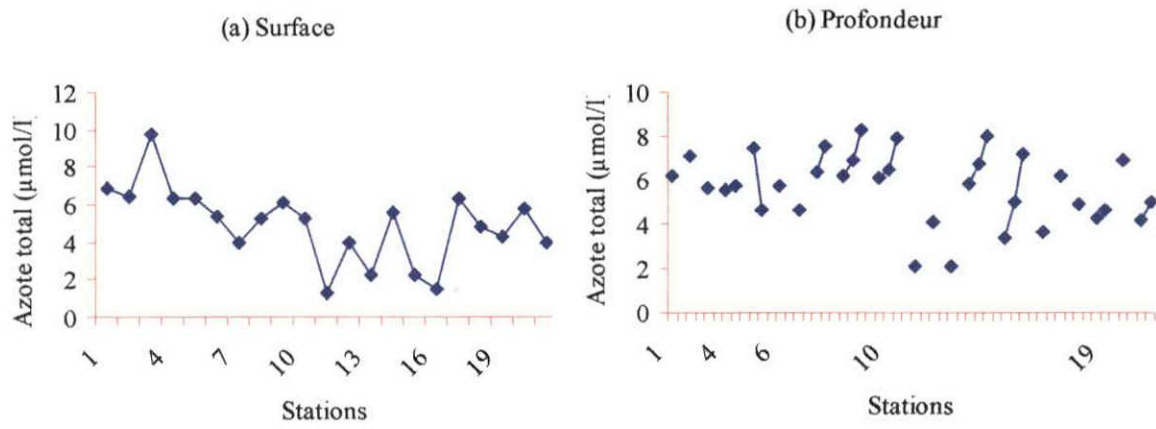


Fig.11: Variation de l'Azote total en fonction des stations.